

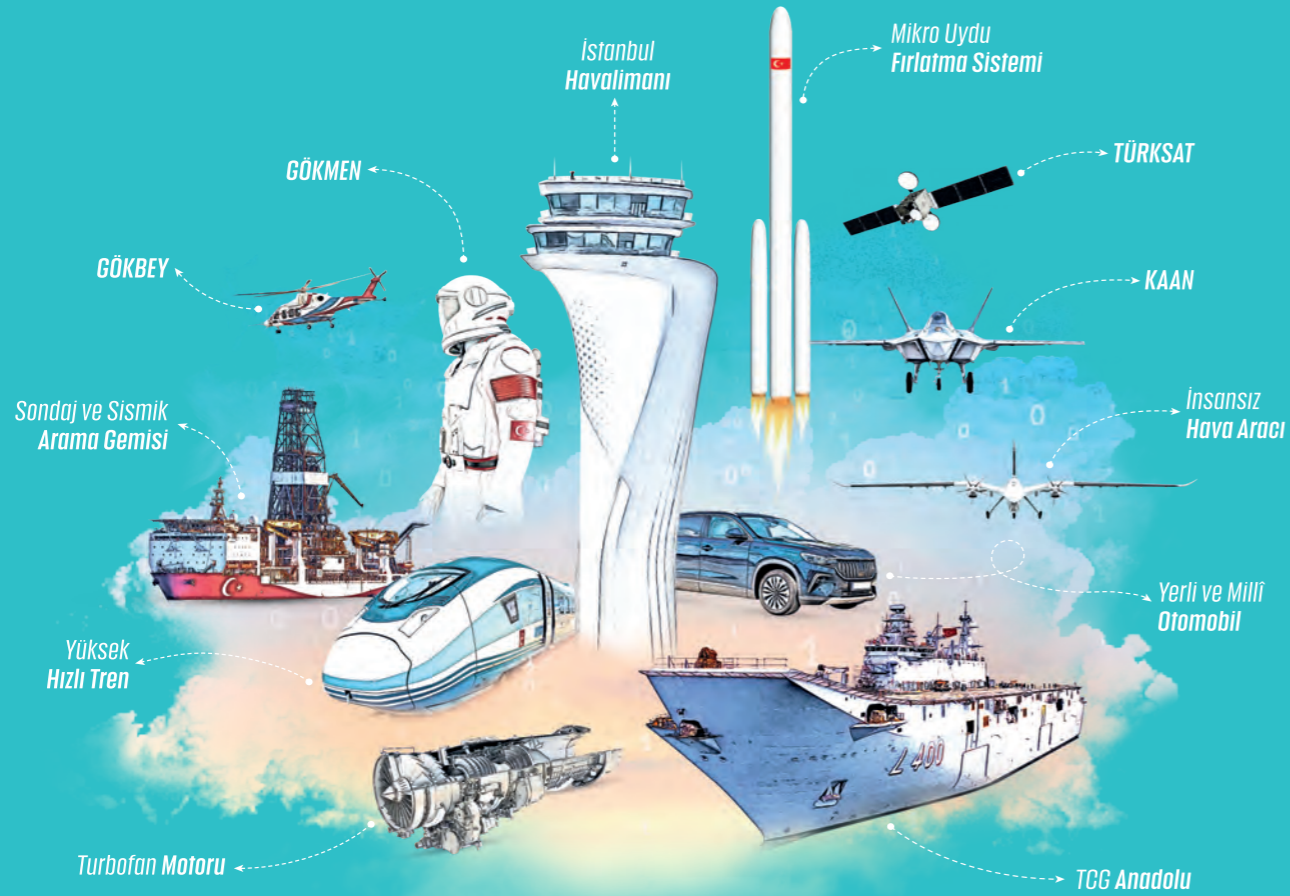
Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr



Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



**BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA
ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.**

ISBN: 978-975-11-7947-0

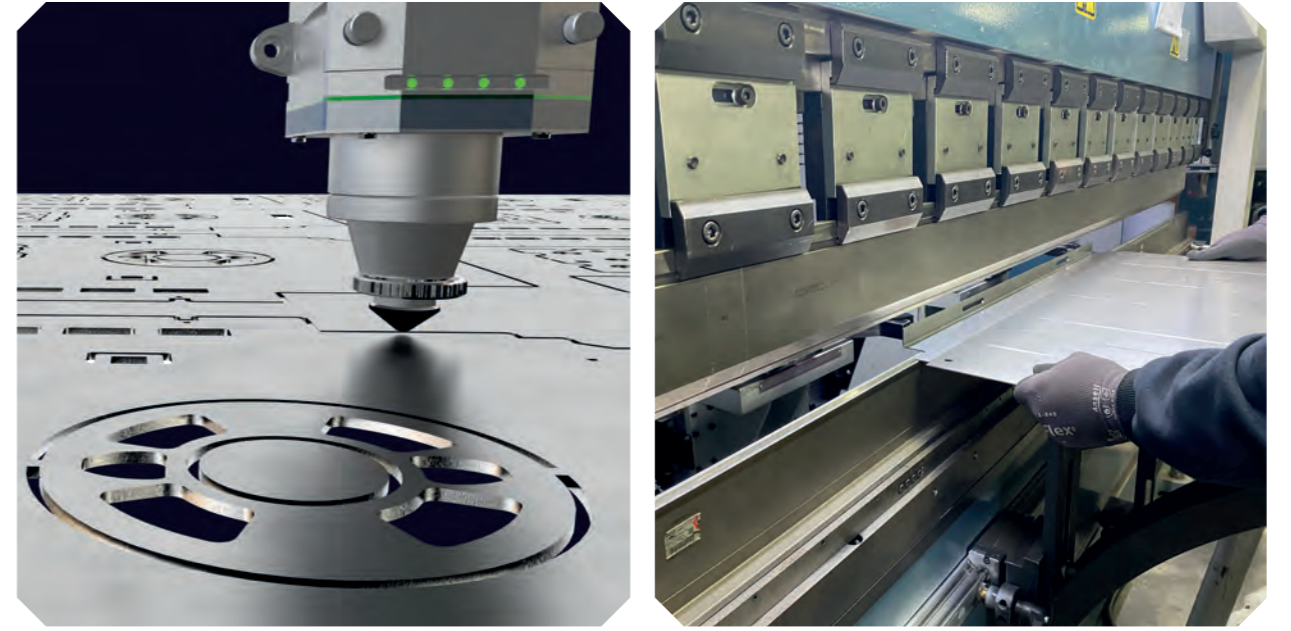
Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşınması Zorunlu Değildir.

METAL TEKNOLOJİSİ ALANI

İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

DERS MATERYALI 11-12

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ
METAL TEKNOLOJİSİ ALANI



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

11-12 DERS
MATERYALİ



MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ
METAL TEKNOLOJİSİ ALANI

İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

11-12 DERS MATERYALI

YAZARLAR

Mehmet Tahsin USLU
Rocuvan BİÇİMLİ



MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI 9384
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ 3044

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir suretle alınıp yayımlanamaz.

Hazırlayanlar

Dil Uzmanı
Abdullah ŞAHİN
Rüstem YERGÖK

Rehberlik Uzmanı
Sema ARSLAN

Program Geliştirme Uzmanı
Zeki BİLGİLİ

Ölçme Değerlendirme Uzmanı
Günay DURUCAN

Görsel Tasarım Uzmanı
Murat KALAOĞLU

ISBN: 978-975-11-7947-0

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır.

BASKI

Ayrıntı Basım Yayım ve Mat. Hiz. Sanayi Ticaret A.Ş.
Saray Mahallesi 126. Cadde No: 20
Kahramankazan/Ankara
Sertifika No: 49599



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlahî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vedd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerihamdan İlahî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'sım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

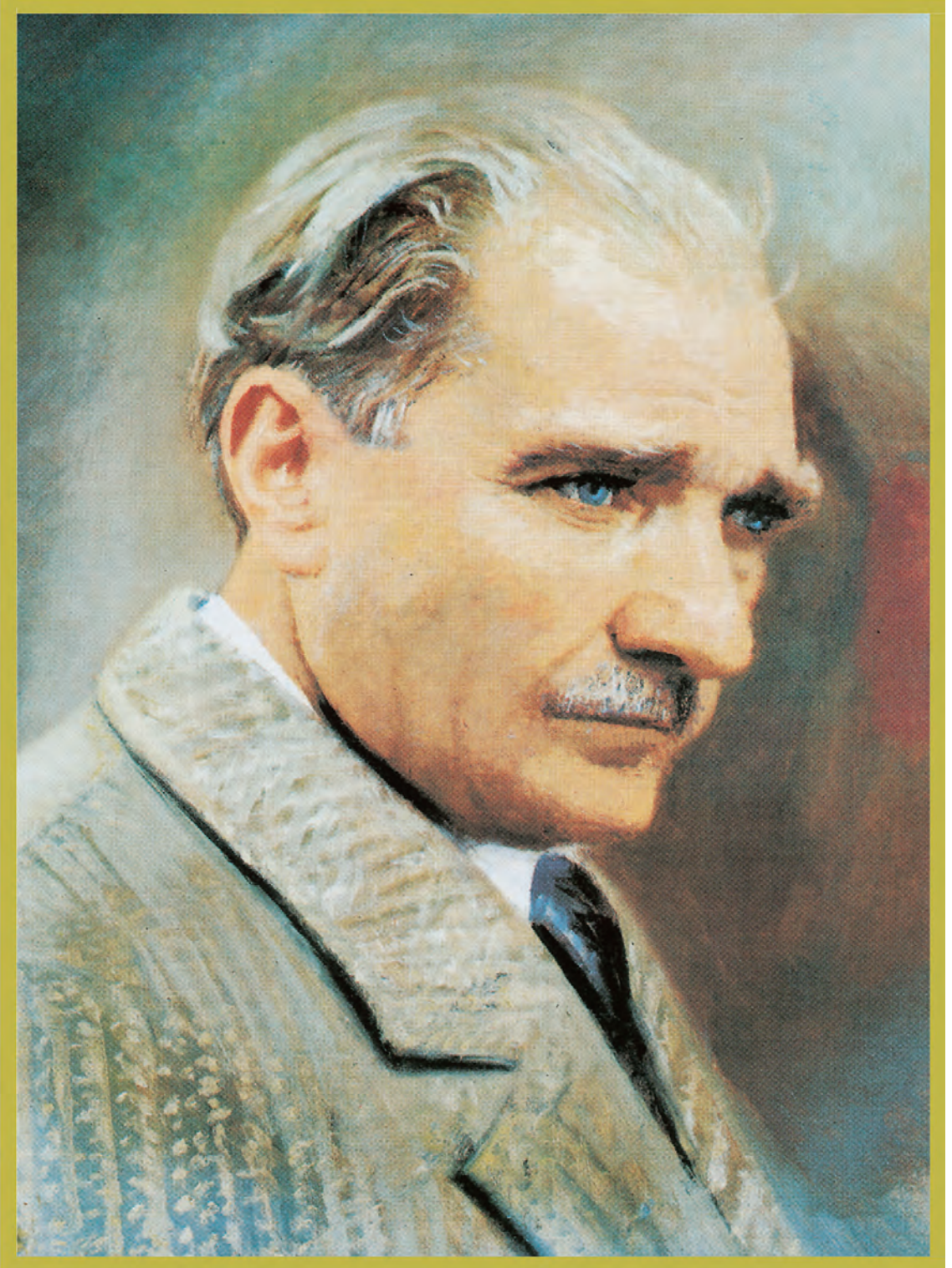
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsaît bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

DERS MATERYALİNİN TANITIMI	12
1. ÖĞRENME BİRİMİ-NC VE CNC İŞ TEZGÂHLARI	14
1.1. NC VE CNC İŞTEZGAHLARI	16
1.1.1. NC ve CNC'nin Endüstride Kullanım Alanları	17
1.1.2. NC ve CNC İş Tezgâhlarının Avantaj ve Dezavantajları	18
1.1.3. NC ve CNC Kesme Tezgâhlarının Çeşitleri	19
1.1.4. NC ve CNC Kesme Tezgâhlarının Çalışma Sistemleri, Teknik Özellikleri ve Donanımları	20
1.1.4.1. NC ve CNC Giyotin Makas Makinesi	20
1.1.4.2. NC Sac Kesme ve Dilimleme Makinesi	21
1.1.4.3. CNC Lazer Kesim Makinesi	28
1.1.4.4. CNC Plazma Kesim Makinesi	49
1.1.4.5. CNC Alevle Kesim Makinesi	59
1.1.4.6. CNC Panç Pres Makineleri	60
1.1.4.7. Uçar Testere ve Makas	67
1.1.5. NC ve CNC Bükme Tezgâhlarının Çeşitleri	68
1.1.6. NC ve CNC Bükme Tezgâhlarının Çalışma Sistemleri, Teknik Özellikleri ve Donanımları	69
1.1.6.1. CNC Abkant Presler	69
1.1.6.2. CNC Büküm Merkezleri	80
1.1.6.3. NC Rollform (Rolform) Makinesi	84
1.1.6.4. NC ve CNC Boru Bükme Makineleri	87
1.2. KESME VE BÜKME YAPILACAK İŞ ALANINDA ALINMASI GEREKEN GÜVENLİK KURALLARI	90
1.2.1. Kesme ve Bükme işlemlerinde Kullanılacak Kişisel Koruyucu Donanımların Önemi	90
1.2.2. NC ve CNC Kesme ve Bükme Tezgâhlarının Güvenlik Donanımları ile Bu Güvenlik Donanımlarının Önemi	91
1.3. KESİLECEK VE BÜKÜLECEK PARÇALARIN İMALAT RESMİ	94
1.3.1. İki Boyutlu çizimin Yapılması ve Üretim Programının Hazırlanması	94
1. Uygulama	101
2. Uygulama	103
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	105

2.ÖĞRENME BİRİMİ - NC VE CNC'DE KESME	108
2.1. NC VE CNC TEZGÂHLARIN KESME PARAMETRELERİNİ BELİRLEME	110
2.1.1. NC ve CNC Kesme Tezgâhlarında Çalışma Öncesi Bakım ve Kontrol	111
2.1.2. NC ve CNC Kesim Tezgâhlarında Kesme İşlem Sırası	112
2.1.3. NC ve CNC Kesim Tezgâhlarında Kesim Tekniğine Uygun Kesici Takım ve Sarf Malzemeleri	113
2.1.4. CNC Kesme Tezgâhlarında Kullanılan Gazlar	121
2.1.5. CNC Kesme Tezgâhlarında Kullanılan Gaz Basınçları	125
2.2. NC VE CNC KESME TEZGÂHLARINDA KESİM İŞLEMİ YAPMA	126
2.2.1. CNC Lazer Kesme Makinesi ile Kesim İşlem Sıraları	127
2.2.2. CNC Plazma Kesme Makinesi ile Kesim İşlem Sıraları	152
2.2.3. CNC Panç Makinesi ile Kesim İşlem Sıraları	159
2.2.4. NC, CNC Giyotin Makinesi ile Kesim İşlem Sıraları	172
1. Uygulama	176
2. Uygulama	178
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	180
3. ÖĞRENME BİRİMİ - NC VE CNC'DE BÜKME	184
3.1. NC VE CNC TEZGÂHLARIN BÜKME PARAMETRELERİNİ BELİRLEMEK	186
3.1.1. NC ve CNC Bükme Tezgâhlarında Çalışma Öncesi Yapılacak Kontroller	187
3.1.2. NC ve CNC Bükme Tezgâhlarında Dikkat Edilecek Hususlar	188
3.1.3. NC, CNC Büküm Tezgâhlarında Bükme İşlem Sırası	190
3.1.4. NC ve CNC Bükme Tezgâhlarında Kalıp Seçimi ve Büküm Tabloları	193
3.1.5. NC ve CNC Bükme Tezgâhlarında Büküm Hataları	202
3.2. NC VE CNC TEZGÂHLARDA BÜKÜM İŞLEMİNİ YAPMAK	204
3.2.1. NC ve CNC Tezgâhlarında Büküm Programının Hazırlanması	204
3.2.2. NC ve CNC Tezgâhlarında Büküm İşleminin Uygulanması	209
1. Uygulama	217
2. Uygulama	219
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	221
4. ÖĞRENME BİRİMİ - NC VE CNC'DE ÜRETİM SONRASI İŞLEMLER	220
4.1. ÜRÜN KONTROL VE SEVK İŞLEMLERİ	222
4.1.1. İşlenen Malzemelere Yönelik Toplama Tasnif ve Temizleme İşlemleri	222
4.1.2. Kesilen ve Bükülen Parçaların Ölçme ve Kontrol İşlemleri	225

4.1.3. İmalat Bilgi Formlarını Düzenleme	229
4.1.4. Tasnif Edilerek İstiflenen Parçaların Stok Alanına Sevk Edilmesi	232
4.2. MAKİNE KONTROL VE BAKIM İŞLEMLERİ	232
4.2.1. İş Tezgâhlarında Oluşması Muhtemel Arızalar	232
4.2.2. İş Tezgâhlarının Periyodik Bakım ve Kontrol İşlemleri	235
4.2.3. Periyodik Bakım Kartları	242
4.2.4. Tezgâhta Oluşan Arızalar İçin Arıza Bildiriminde Bulunma	243
1. Uygulama	245
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	248
Cevap Anahtarı	250
KAYNAKÇA	251

DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Öğrenme birimine genel ağ üzerinden erişmek için karekodu gösterir.

1. NC VE CNC İŞ TEZGÂHLARI

KONULAR

1. NC VE CNC İŞ TEZGÂHLARI
2. KESME/BÜKME YAPILACAK İŞ ALANINDA ALINMASI GEREKEN GÜVENLİK KURALLARI
3. KESİLECEK/BÜKÜLECEK PARÇANIN RESMİ

Öğrenme biriminin konu başlıklarını gösterir.

Öğrenme biriminde neler öğrenileceğini gösterir.

Öğrenme biriminde hazırlık çalışmasını gösterir.

Öğrenme birimi ile ilgili temel kavramları gösterir.

NELER ÖĞRENECEKİNİZ?
1. NC ve CNC kesme/bükme makinelerinin çeşitleri, sistemleri ve kullanılmaları
2. Kesme ve bükme yapılacak makinelerin iş alanında alınması gereken güvenlik kuralları
3. Kesilecek/bükülecek ürünün ölçü boyutu resminin çizilmesini ve malin ayarlanması

| **HAZIRLIK ÇALIŞMASI** |
| 1. Metallerin kesilmesi sürecinde karşılaşılan zorluklar neler olabilir? Düşüncelerinizi sınıf ortamında tartışarak paylaşınız. |
| 2. Laser kesimde kullanılan enflamör (gaz) türleri ve sağlığı ve çevreyi etkilerinden etkilerini araştırarak sınıf ortamında arkadaşlarınızla paylaşınız. |
| **TEMEL KAVRAMLAR** |
| • NC (Sayısal Kontrol) |
| • CNC (Bilgisayarlı Sayısal Kontrol) |
| • Otomatik Sistemler |
| • USB |
| • Torç (Kesme Kafası) |
| • Lazer |
| • Plazma |
| • Termik Kesim |

Öğrenme biriminin üst başlığını gösterir.

Öğrenme biriminin alt başlığını gösterir.

Şema veya görsel numarasını gösterir.

İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

4.1. URÜN KONTROL VE SEVK İŞLEMLERİ

4.1.1. İşlenen Malzemelere Yönelik Toplama Tasnif ve Temizleme İşlemleri

Kesme ve bükme işlemlerinde sac levha yüzeyleri makineye bükülürken ve metal işlemlerinde kesme makineler alınırken (işlemler sırasında) tozlar malzeme yüzeyine dayanabilecek sağlamlık alınır kalitesi kayar (paslanmaz) kalıplar (Örnek 4.1.4.1).

Şeyyar tezgâhı, sac levha işleme için kesme ve bükme makinelerinde kullanılır. Kesme ya da bükme tablası ile aynı yüksekliğe sahip çubuklar işlevlerini makineye aktarır ve alınması kolay ve güvenli ve genişliği ayarlanabilir. Şeyyar tezgâhı, sac levha işleme için (Örnek 4.2.1).

Şeyyar tezgâhı, sac levha işleme için kesme ve bükme makinelerinde kullanılır. Kesme ya da bükme tablası ile aynı yüksekliğe sahip çubuklar işlevlerini makineye aktarır ve alınması kolay ve güvenli ve genişliği ayarlanabilir. Şeyyar tezgâhı, sac levha işleme için (Örnek 4.2.1).

Şeyyar tezgâhı, sac levha işleme için kesme ve bükme makinelerinde kullanılır. Kesme ya da bükme tablası ile aynı yüksekliğe sahip çubuklar işlevlerini makineye aktarır ve alınması kolay ve güvenli ve genişliği ayarlanabilir. Şeyyar tezgâhı, sac levha işleme için (Örnek 4.2.1).

Uygulama adını gösterir.

İLER DÜZEY METAL İŞLEME

2. UYGULAMA: SAC PARÇANIN AÇILI KESİMİ 15 Dak.

AMAC:
NC giyotin makinesinde açılı kesimi işlemi yapmak.

GÖREY:
1. Aşağıda ölçüleri verilen parçanın açılı kesim işlemini NC giyotin makinesinde yapınız.
2. Kesim işleminin ardından parça ölçülerini imalat resmine göre kontrol ediniz.
3. Yapacağınız çalışmayı iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak verilen işlem basamakları ve öneriler doğrultusunda gerçekleştiriniz.
4. Çalışmanız biterken uygulama sonunda verilen kontrol listesindeki ölçüleri dikkate alınız.

İşlem Basamakları

İşlem Basamakları	Öneriler
1. Kişisel koruyucu donanımın (KGD) giyiniz.	İş tehlikesi, iş adıverimi, koruyucu gözlük, koruyucu ayakkabı giymelidir.
2. Makine yağ seviyesini gözetleme camı üzerinden kontrol ediniz.	Makine yağ seviyesi izlenmelidir.
3. Parça imalat resmini inceleyiniz.	Malzeme türü, parça kalınlığı ve ölçüleri kontrol edilmelidir.
4. Kesimi yapılacak parçanın fizik kontrolünü yapınız.	Kesilecek levhanın yüzey düzgünlüğü ve köşe açılarının gözyeşi uygun ölçü aletleri ile kontrol edilmelidir.
5. Makineyi çalıştırma güvenlik donanımlarını kontrol ediniz.	Makine çalıştırarak mekanik parmak koruyucu, çapak bariyeri, acil durdurma butonu kontrol edilmelidir.
6. İş sarğasının kalınlığına göre bıçak boşluk ayarını (kontrol paneli / mekanik olarak) yapınız.	Parça kalınlığına göre NC kontrol paneli üzerinden ya da mekanik olarak bıçak boşluk ayarı yapılmalıdır.
7. Kontrol paneli üzerinden arka dayama ayarını yapınız.	Resimdeki ölçüye göre panel üzerinden dayama ayarı yapılmalıdır.

179

Uygulamanın tavsiye edilen süresini gösterir

Uygulamanın amacını gösterir.

Uygulamanın işlem basamaklarını ve önerilerini gösterir.

Değerlendirme ölçütlerini gösterir.

2. NC VE CNC'DE KESME

8. Giyotin makasla kesim işlemi yapınız.	Ayak pedali kullanarak kesim işlemi yapınız.
9. Ardışık işlemler için ayar ve kesim işlemlerini tekrarlayınız.	Farklı kenarların kesimi için ayar ve kesim işlemleri yeniden yapılmalıdır.
10. Dayama kullanılmadan kesilecek açılı kenarlar için markalama işlemi yapınız.	Uygun markalama alet ve araçları kullanarak markalama işlemi yapılmalıdır.
11. Markalama çizgisi alt bıçak üzerine hizalanarak (çapak döşürme) kesim işlemi yapınız.	Parçanın markalama çizgisi alt bıçak üzerinde doğru şekilde konumlandırılması yapılmalıdır.
12. Kesilen parçanın nispete uygulanmasına kontrol ederek üzerine okul numaranızı yapınız.	Uygun ölçü aletleri (kalibreli) ile ölçme ve kontrol işlemi yapılmalı, parça üzerine markacı kalem ile okul numarası yazılmalıdır.
13. Makineyi kapatınız.	Makine kapatılarak kontrol panosu üzerinde ana şalter (main switch) "0" konumuna getirilmelidir.
14. Artan malzemeyi stok alanına, hurda malzeme geri dönüşümü alanına ayarınız.	Artan malzeme stok alanına, hurda malzeme geri dönüşümü alanına bırakılmalıdır.
15. Makine ve ortam temizliğini yapınız.	Makine tezgahı, kontrol paneli temiz bir bezle silinmeli, çalışma ortamı süpürülerek temiz bırakılmalıdır.

DEĞERLENDİRME:
NC giyotin makinesinde kesim uygulaması, aşağıda verilen kontrol listesi kullanılarak değerlendirilecektir.

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Makine güvenlik sistemlerini kontrol etti.		
2. Parça kalınlığına göre bıçak boşluk ayarını doğru şekilde yapt.		
3. Kesim ölçüsüne göre arka dayama ayarını doğru şekilde yapt.		
4. Kesim işlemi doğru ve güvenli şekilde yapt.		
5. Açık kesimler için markalama ve kesim işlemlerini doğru yapt.		
6. Kesim işlemi teknik resimde verilen ölçü toleransları çerçevesinde yapt.		
7. Hurda ve artan malzemeleri uygun yöntemlerle ayırd.		
8. Makine ve ortam temizliğini yapt.		

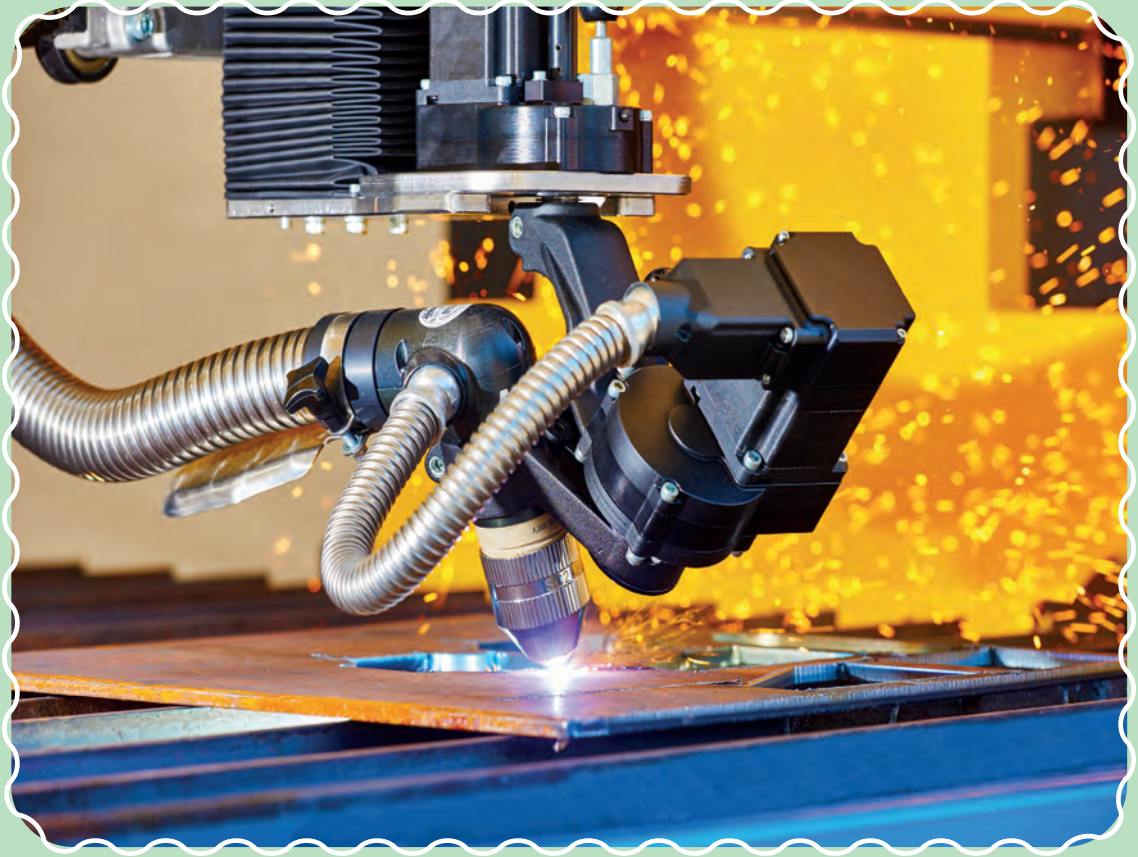
* "Hayır" olarak işaretlenen ölçütler için ilgili konu ve uygulamaları tekrar ediniz.

180

1. ÖĞRENME BİRİMİ



NC VE CNC İŞ TEZGÂHLARI



KONULAR

1. NC VE CNC İŞ TEZGÂHLARI
2. KESME/BÜKME YAPILACAK İŞ ALANINDA ALINMASI GEREKEN GÜVENLİK KURALLARI
3. KESİLECEK/BÜKÜLECEK PARÇANIN RESMİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

1. NC ve CNC kesme bükme makinelerinin çeşitleri, sistemleri ve kullanımları
2. Kesme ve bükme yapılacak makineler için iş alanında alınması gereken güvenlik kuralları
3. Kesilecek bükülecek ürünün iki boyutlu resminin çizilmesi ve imalat aşamaları

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Metallerin kesilmesi sürecinde karşılaşılan zorluklar neler olabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Metalleri keserken sizce hangi tehlikeler olabilir, bunlara yönelik hangi önlemler alınabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

TEMEL KAVRAMLAR

- NC (sayısal kontrol)
- CNC (bilgisayarlı sayısal kontrol)
- otomasyon sistemleri
- USB
- torç (kesme kafası)
- lazer
- plazma
- termik kesim



1.1. NC VE CNC İŞ TEZGÂHLARI

İmalat sektöründe, talaşlı ve talaşsız üretim yöntemlerinin tamamında üretim makineleri uzun yıllar manuel, mekanik ve elektriksel kontrol sistemleri ile kullanılmıştır.



Bilgi notu

II. Dünya Savaşı sonlarına doğru silah ve uçak parçalarında artan imalat ve kalite gereksinimi iş makinelerinde sayısal kontrol fikrinin oluşmasına sebep olmuştur. Böylece 1952 yılında ilk defa talaşlı imalat makinesi, sayısal kumanda sistemi [NC (EnSi)] ile donatılarak makinenin manuel yazılmış üretim programı ile çalışması sağlanmıştır.

Sayısal Kontrol adı verilen bu kumanda yöntemi, NC (Numerical Control) kısa ismi ile anılmaktadır. NC sistem, makinenin bir harf ve takip eden rakamlardan oluşan, belirli bir mantıksal sıraya göre yazılmış kodlar yardımıyla işletilmesidir. Her bir eksen hareketi ve işlem için ayrı ayrı yazılan NC kodların bütününe **üretim programı** adı verilir.

Başlangıçta üretim programları elle yazılıp kâğıt delici zımba ünitesi yardımıyla kâğıt şeritlere aktarıldı. Makineye takılan bu program şeritleri, kâğıt şerit okuma ünitelerinden geçirilerek okutulurdu. Okuma esnasında deliklere denk gelen zaman dilimlerinde ilgili motorlara enerji çıkışı sağlanır, böylece o motora ait mil döner ve istenen hareket gerçekleşirdi. Ancak bu yöntemde hafıza olmadığı için programın tezgâhta saklanması mümkün değildi. Makine parça üretimini bitirip, ikinci parçaya geçtiğinde program şeridi tekrar başa sarılırdı. Farklı ölçülerdeki parçaya geçildiğinde ise yeni bir program şeridi hazırlanıp tezgâha takılarak üretim tamamlanırdı (Görsel 1.1).



Görsel 1.1: Delikli program şeritleri

Makinenin sistemlerini harekete geçiren kodlar günümüzde de kullanılmaktadır. Ancak NC kodların (G kodu) okunması ve işlenmesi günümüzde daha çok teknolojik yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. 1980'lere geldiğinde bilgisayarlar, işlem hızlarının artması ve boyutlarının küçülmesi ile makinelere entegre edilmiş; böylece NC üretim kodları, bilgisayarlar tarafından işletilmeye başlanmıştır. Bu kontrol yöntemi CNC [Computer Numerical Control (SiEnSi)] sistemler olarak anılmaktadır.



NC kontrol teknolojisi, üretim sürecinin otomatik olarak kumanda edilebilmesi için kullanılan dijital bir kontrol yöntemidir. Üretimin devamı için mekanik enerji üretimi ve kontrolü gereklidir. Mekanik enerjiyi sağlayan motorların anahtarlama pozisyonu ve süresi ile açı ve hız gibi değişkenlerin kontrol edildiği kumanda mantığına sayısal kontrol (NC) adı verilir.

Bilgisayarın dâhil edilmesi ile oluşturulan CNC sistem, NC kodların bütününden oluşan üretim programlarını dosya hâlinde dâhilî hafızasında saklayabilmektedir. Ayrıca makineyi oluşturan sistemlerin tamamını kontrol altında tutarak, arızaya meydan vermeden uzun yıllar senkronize (uyumlu) bir şekilde çalışmasını sağlar. Böylece operatör, makinenin tüm bileşenlerini monitörden takip ederek üretime odaklanır.

Üretim programları, makine panelinde ya da aynı programı kullanan başka bir bilgisayarda oluşturulabilir. Gerekli hâllerde programa müdahale edilerek değişiklikler kolayca yapılabilmektedir. Üretim işlem basamakları, simülasyon uygulamaları ile sanal olarak izlenmekte böylece olası hatalar önceden giderilmektedir. Bu özellik sayesinde, hatalı üretim kayıpları önlenmektedir.

Metal imalat endüstrisinde, özellikle metal ve kompozit malzemelerin işlenmesinde iki ana üretim yöntemi uygulanır. Bu yöntemler talaşlı ve talaşsız imalat esasları olarak ele alınabilir.

Talaşlı imalat yöntemlerinde kullanılan CNC makinelerine genellikle CNC iş tezgâhları (CNC torna, CNC freze vb.) adı verilir. Bu tezgâhlarda, tüm çalışma eksenlerinde G kodu üretilmesi gerekir. CNC talaşlı imalat tezgâhları, üç ve daha fazla eksenin hareketi ile üretim gerçekleştirir. G kodlarının üretim programcısı ya da tezgâh operatörü tarafından oluşturulması (yazılması) gerekir. G kodları, operatör tarafından kontrol paneline el ile yazılabilir ya da CAM, Makro ya da Diyalog programlama metodları kullanılarak oluşturulur.

NC, CNC kesme gibi X ve Y eksenlerinin kullanıldığı iki boyutlu makinelerde, G kodunun ayrıca panele girilmesine gerek duyulmaz. G kodları, iki boyutlu çizim programı ile oluşturulmuş “dxf, dwg” gibi uzantıya sahip çizim dosyalarından elde edilerek CAM programlarında kullanılır.

NC, CNC büküm makinelerinde üretim için gerekli olan değerler, iki boyutlu ya da üç boyutlu çizim dosyalarından çekilebileceği gibi kontrol paneli üzerinden el ile girilerek de oluşturulabilir.



Bilgi notu

İçinde bulunduğumuz teknoloji çağında, özellikle internet ortamının sağladığı veriye ulaşım ve paylaşım kolaylığı ile yaşam alanlarının tamamında akıllı donanımların önem kazandığı bir süreci yaşamaktayız. Günümüzde “Endüstri 4.0” atılımı ile bu akıllı sistemlerin birbiriyle bütünleşmiş şekilde çalışması hedeflenmektedir.

1.1.1. NC ve CNC'nin Endüstride Kullanım Alanları

CNC makineleri, otomasyon uygulamalarının ana bileşenlerini oluşturmaktadır. Çünkü CNC makineleri, otomasyon ile uyumlu çalışan sistemlerdir. Birbiri ile entegre hâlde çalışan CNC metal levha işleme makineleri ile üretim akış sırasına göre;

- Bobin hâlindeki sac malzemenin açılarak sürülmesi,
- Markalanması,
- Kesilmesi, delinmesi, bükülmesi,
- Kaynak otomasyonları ile montaj işlemlerinin yapılması,
- Üst yüzey işlemlerinin yapılması, yüksek hız ve hassasiyetle gerçekleştirilir.



CNC makineler, bilgisayar sektöründeki gelişmelere paralel olarak sürekli yenilenen teknoloji ile önceleri talaşlı imalat sektörlerinde kullanılmakta iken, günümüzde bu sektörlerle ilave olarak talaşsız imalat diye adlandırılan (kesme, bükme, kıvrıma, kaynak otomasyonları gibi) üretim dallarında da yoğun olarak kullanılmaktadır.

CNC makinelerin metal imalat sektörlerindeki kullanım alanları şunlardır:

- ➔ Talaşlı imalat tezgâhları
- ➔ Metal levha işleme makineleri
- ➔ Metal kesim makineleri
- ➔ Boru bükme makineleri
- ➔ Kaynak otomasyon sistemleri
- ➔ Montaj otomasyon sistemleri
- ➔ Ölçme, kontrol ve muayene sistemleri
- ➔ Üretim hatlarında taşıma sistemleri

1.1.2. NC ve CNC İş Tezgâhlarının Avantaj ve Dezavantajları

Çalışanlar, üretim sırasında konsantrasyon eksikliğine maruz kalabilir. Bundan dolayı zaman zaman üretim kalitesi ve iş gücü verimi düşebilir. İşletmeler, bu durumun önüne geçebilmek için CNC kontrol sistemine sahip tezgâhların kullanımını her geçen gün artırmaktadır.

Metal teknolojisi alanında kullanılan NC ve CNC makinelerinin avantajları olduğu kadar bazı dezavantajları da bulunmaktadır.

NC ve CNC İş Tezgâhlarının Avantajları

- ➔ Üretim programlarını hafızasında saklama özelliği mevcuttur. İstenildiğinde bu programlar çağrılarak tekrar kullanılabilir.
- ➔ CNC kumanda panelleri, operatörler tarafından anlaşılması ve kullanımı kolay arayüz programlarına sahiptir.
- ➔ Üretim programı, bilgisayarla işleniyor olmasından dolayı esnek, gerektiğinde üretim programında düzenleme ve değişiklik yapılabilir.
- ➔ Üretim programı, tekrarlayan operasyonlar için tekrar çevrimleri (cycle) yaparak üretimi tamamlar. Bu özellik, program oluşturma süresini kısaltır.
- ➔ Panç (sac, metal büküm makinesi), lazer kesim, abkant (delik açma makinesi), gibi CNC makinelerin aralarında haberleşme imkânı olduğu için hızlı ve hassas üretim sağlanabilmektedir.
- ➔ CNC makinelerinin üzerindeki sarf malzemelerinin değişmesi ya da olası arızanın giderilmesi gibi durumlarda, üretim programı kaldığı yerden devam eder.
- ➔ Üretim için gerekli olan ayarlar, giriş panelinden gerçekleştirildiğinden mekanik ayarlar için gereksiz zaman kayıplarının önüne geçilmiş olur.
- ➔ Üretim programı, simülasyon (öğrenmek amacıyla benzerini yapma) ile çalıştırılıp olası hatalar önceden tespit edilir; böylece oluşacak fire kayıplarının önüne geçilir.
- ➔ Üretim kalıpları, bağlantı pabuçları gibi donanımlara ihtiyaç duyulmaz.
- ➔ CNC kesim tezgâhlarında, sac levhadan en az fire oluşacak şekilde yerleşim planı yapılarak malzeme israfı önlenir.



- CNC makinelerde, gelişen optik ve elektronik donanımlar sayesinde hata, önceden fark edilip olası makine arızalarının önüne geçilir.
- CNC bükme makinelerinde büküm öncesi simülasyonu ile kalıp seçimi dayama ayarlarının doğruluğu gibi değişkenler, önceden denenerek parçada oluşacak fire kayıpları engellenir.
- CNC lazer ve plazma tezgâhlarında fiziki temas olmadan kesim gerçekleştiği için parçada deformasyon oluşmaz.
- CNC makinelerde yüksek ivme ve hızlardaki eksen hareketleri ile hızlı ve hassas parça üretimi sağlanmaktadır.
- Hassas ve boşluksuz eksen hareket sistemleri sayesinde üretimde ölçü toleranslarına %100 uyum sağlanmaktadır.
- CNC makineleri, İSG (İş sağlığı ve güvenliği) açısından bakıldığında mekanik koruyucuların yanı sıra elektronik ve optik güvenlik donanımları ile daha güvenli çalışma ortamı yaratır.

NC ve CNC İş Tezgâhlarının Dezavantajları

- CNC makinelerinin yatırım maliyetleri yüksektir.
- Detaylı üretim programı hazırlamak için donanımlı operatörler gereklidir.
- CNC makinelerinin donanımları pahalı ve CNC makinelerinin tezgâhları hassastır.
- Dikkatli kullanılmayı gerektirir.
- Otonom bakımları titizlikle yapılmalıdır.
- Tezgâhta işlenecek malzemenin, işlem öncesi yüzey düzgünlüğü ve fiziksel özellikleri açısından kontrol edilmesi zorunludur.
- CNC tezgâhlarının kullanım ömrü, kuru hava ve kesme gazı gibi sarf malzemelerin arı (temiz, katıksız) oluşuyla doğru orantılıdır. Bu durum, işletme için özel şartlandırıcı giderleri oluşturur.

1.1.3. NC ve CNC Kesme Tezgâhlarının Çeşitleri

Metal malzemelerin kesilmesi, işlenebilirlik (form verme) uygulamalarında ilk işlem basamağını oluşturur.

Kesme Yöntemleri

Kesme yöntemleri genel olarak mekanik kesim ve termik kesim şeklinde gruplandırılabilir.

Mekanik Kesim: Talaş kaldırma (testere) ya da koparma, ayırma (makas) yöntemleri kullanılarak uygulanır.

Termik Kesim: Isı kaynağı kullanılarak metalin ergitilmesi ya da yakılması yöntemleri ile yapılır.

Termik kesim yöntemleri şunlardır:

- Yanıcı gaz ve oksijen aleviyle yakılarak kesme (alevli kesim)
- Elektrik arki ile kesme
- Plazma ile kesme
- Lazer ışını ile kesme

Mekanik ve termik kesme yöntemlerinin uygulandığı tüm makinelerde, CNC kontrol sistemi entegre edilmiştir.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

CNC kesme makineleri, metal malzemelerin yenilikçi ve ileri teknolojik donanımlarla güvenli, hassas ve seri şekilde kesilmesi için kullanılır.

CNC metal kesme makineleri şöyle sıralanabilir:

- ➔ NC ve CNC giyotin makas
- ➔ NC sac kesme dilimleme
- ➔ CNC lazer kesim
- ➔ CNC plazma kesim
- ➔ CNC alevle kesme
- ➔ CNC pañ
- ➔ Otomasyon sistemlerine entegre NC uçar testere veya makas

1.1.4. NC ve CNC Kesme Tezgâhlarının Çalışma Sistemleri, Teknik Özellikleri ve Donanımları

NC ve CNC kesme makineleri; sac ve boru şeklindeki malzemelerin seri, hassas ve güvenli yöntemlerle kesiminin yapıldığı makinelerdir.

Kesme yöntemini belirleyen etkenler şunlardır:

- ➔ Malzeme türü
- ➔ Parça kalınlığı
- ➔ Üretim hızı
- ➔ Üretim adedi
- ➔ Kesim hassasiyeti

CNC sistemin kontrol ettiği kesme uygulamaları, fiziksel temaslı kesim ya da fiziksel temas olmadan yapılan kesim işlemleridir.

Fiziksel temasla kesim yapılan kesim uygulamalarında malzeme, mekanik güçle koparılır (makas, dilme, pañ) ya da talaş kaldırılarak (testere) kesim çizgisinden ayrılır.

Fiziksel temas olmadan yapılan uygulamalarda malzeme; ışın, plazma veya alev kullanılarak ergitilir ya da yakılır.

NC ve CNC kesme makineleri; mekanik ve termik kesme yapan makinelerde mekanik, hidrolik, pnömatik (hava basıncı ile çalışan) ve elektronik sistemlerin bir gövde üzerinde birleştirilerek bunların entegre çalışmaları sağlanan makinelerdir. Tüm sistemlerin tek gövde üzerinde toplandığı sistemler olduğu gibi, bir hat boyunca farklı konstrüksiyon gövdeler üzerinde tek CNC kontrol sistemi tarafından çalıştırılan sistemler de mevcuttur.

1.1.4.1. NC ve CNC Giyotin Makas Makinesi

Sac malzemelerin, belirlenmiş ölçülerde hatasız ve hızlı bir şekilde kesilmesi için kullanılan makinelere **giyotin makas makinesi** adı verilir. Hızlı ve hatasız üretim, malzeme verimini önemli ölçüde etkiler. Makas prensibine göre çalışan biri sabit, diğeri hareketli iki bıçak arasında malzeme, talaş kaldırmadan birbirinden koparılarak kesilir. Kesim esnasında malzemenin, baskı silindirleri ile hareketsiz tutulması önemli bir gerekliliktir. Kullanımı basit, kompakt ve bakımları kolay bir makinedir.

Bıçak hareketinin hidrolik veya redüktörlü mekanik sistemlerle sağlandığı tezgâhlarda, 25 mm kalınlığa ve 10 metre malzeme boyuna kadar kesim yapılabilen makine modelleri mevcuttur. Kont-

1. NC VE CNC İŞ TEZGÂHLARI



rol paneli, sabit ve hareketli makas bıçakları, arka dayama sistemi ve iş sağlığı ve güvenliği risklerine karşı ön ve arka koruma sistemlerinden oluşur (Görsel 1.2 a,b).



a) Ön kısım

Görsel 1.2: Giyotin makine kısımları

b) Arka kısım

Geçmişte bu makineler manuel olarak kullanılırdı. Günümüzde CNC kontrol üstünlüğü sayesinde kesme ile ilgili ayarlar otomatik yapılmakta ve kesim sayıları kolayca takip edilebilmektedir. Giyotin makas makinesi, arka sac destek ve konveyör (taşıyıcı) sistemleri ile donatıldığında otomasyon üretim hatlarının önemli bileşenlerinden biri olmaktadır (Görsel 1.3 a,b).



a) Ön kısım

Görsel 1.3: Otomatik besleme ve istifleme sistemi

b) Arka kısım

Bir giyotin makinesinin CNC makine sınıfına girebilmesi için şu özelliklere sahip olması gerekir:

- ➔ Dayama ayarının panel üzerinden yapılması
- ➔ Dayama geri çekme veya yükseltme ayarının panel üzerinden yapılması
- ➔ Bıçak boşluk ayarının panel üzerinden yapılması
- ➔ Kesilecek malzeme boyuna göre bıçak hareketinin sınırlanması
- ➔ Tek ve seri kesim yapabilmesi
- ➔ Yükleme alanında ön besleme sistemi ile arka kesim alanında istifleme paketleme veya konveyör sistemi olması
- ➔ Kesim adedinin panelden sayılarak kontrol altında tutulması

1.1.4.2. NC Sac Kesme ve Dilimleme Makinesi

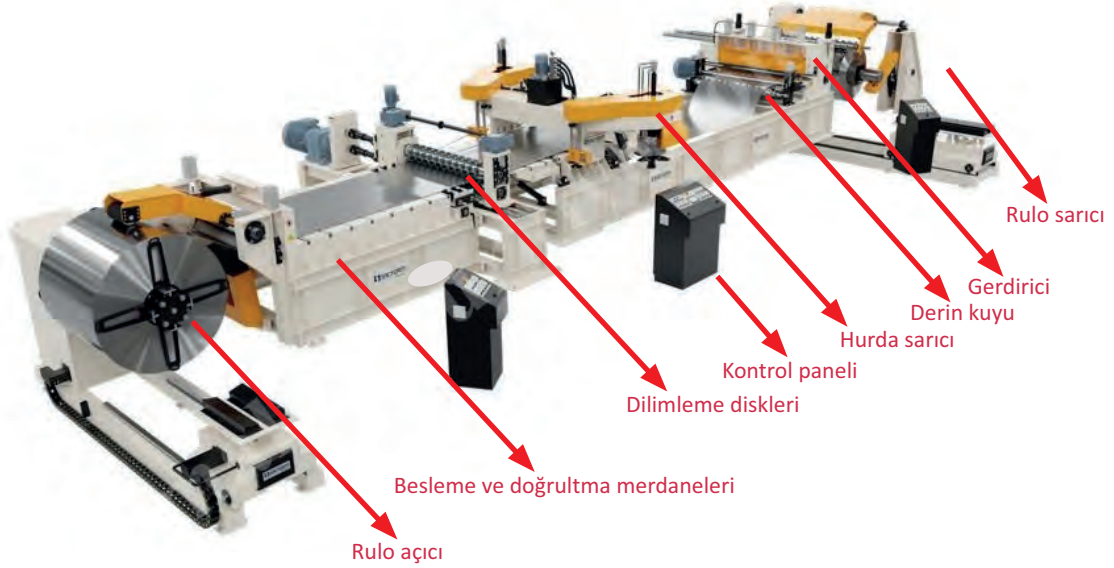
Rulo sac malzemelerin, belirlenmiş genişliklerde şeritlere kesilerek tekrar rulo formunda sarıldığı makinelerdir. Dilimleme makineleri, üretim akışına göre birbirini takip eden istasyonlardan oluşur. İşlem basamakları için kullanılan istasyonlar, ayrı ayrı sürücü sistemlerle kontrol edilebildiği gibi



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

üretim hattının bütünü, aynı NC kontrol sistemi tarafından da çalıştırılabilir.

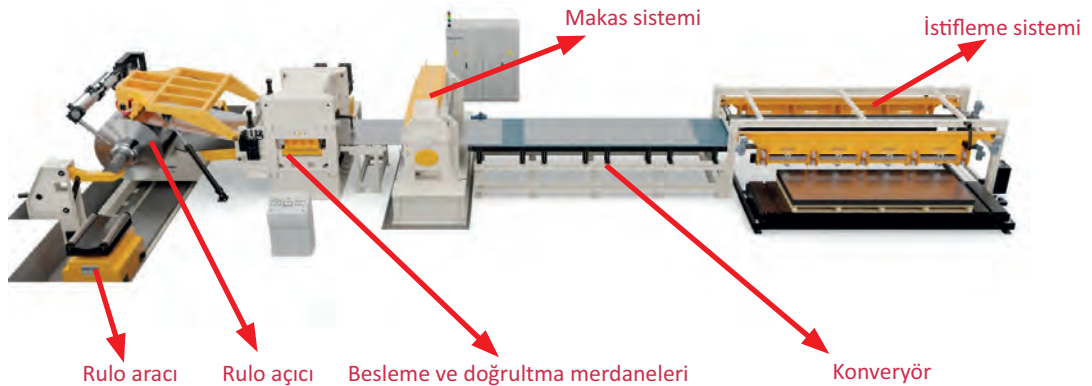
Rulo hâlindeki malzemenin, bobin yükleme aracına yüklenmesi ile hat içerisinde yolculuk başlar. Rulo açıcıda sabitlenen bobin sarmalının, sökme yönünde döndürülerek açılması sağlanır. Çekici ve doğrultucu merdane dizininin geçirilerek doğrusal düzgünlüğü sağlanan şerit, aynı doğrultuda birbirine paralel konumlanmış üzerinde dilme bıçaklarının (kesici dairesel bıçakların) olduğu millerin arasından geçirilir. Alt ve üst milde uygun konuma yerleştirilmiş dilme bıçakları arasından geçerken levha, ince şeritler hâlinde kesilmiş olur. Dilimlere ayrılan şeritler, gerdirilerek yeniden rulo hâline getirilir (Görsel 1.4).



Görsel 1.4: CNC dilimleme makinesi

Dilimleme makinesi, bir başka üretim hattına (örneğin boru imalatı yapan rulo formu) malzeme sağlamak için çalışabilir. Bu durumda dilimlenmiş şeritler, ruloya sarılmaz. Şeritler bir sonraki üretim istasyonu tarafından çekilir.

Rulo levha malzemesinin bir başka kesim yöntemi de doğrultma merdanelerinden sonra hidrolik ya da mekanik bir makas yardımıyla istenilen boy ölçüsünde seri olarak kesilmesidir. Bu işleme **boy kesme** adı verilir. Aynı boyda seri olarak kesilen parçalar, otomatik istifleme sistemi ile paketlenir (Görsel 1.5).



Görsel 1.5: CNC boy kesme makinesi



Dilimleme ve boy kesme makinesi, birden çok üretim istasyonunun tek bir makine mantığı ile çalıştırıldığı otomasyon sistemleridir. Tüm mekanik sistemler, PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici) sürücülerle hassas hidrolik sistemler ve servo (hareket kontrolü yapabilen) motorlarla kumanda edilir. Sistemin bütünü, merkezi sayısal kontrol (NC) sistemi tarafından bilgisayar aracılığı ile çalıştırılır.

Dilimleme ve boy kesme makinelerinde, soğuk haddelenmiş (CRC) sac, sıcak haddelenmiş (şekil verilmiş) (HRC) sac, haddelenmiş ısıl işlem görmüş (DKP) sac, galvanizli (çinko ile kaplanmış) sac, teneke (kalay kaplı sac), boyalı sac, paslanmaz çelik sac malzemelerin yanı sıra; alüminyum, bakır, pirinç ve titanyum levhalar dilimlenebilmektedir. Dilimleme hatlarında, genişliği 500 mm ile 2.500 mm, kalınlığı ise 0,15 mm ile 10 mm arasında değişen rulo malzemeler işlenebilmektedir. Metal bobin işleme, alanında önemli bir üretim hattıdır.

Boru ve profil imalatı, elektrikli ev aletleri, beyaz eşya, gıda ambalaj sanayisi, otomobil, tarım araçları, enerji sistemleri, metal yapı elemanları gibi değişik sektörlerde yaygın olarak kullanılır.

Üretim hattında dilimleme işlemi, 100-250 metre/dakika gibi yüksek hızlarda gerçekleşir. Bu açıdan kurulum maliyeti ve bakım giderleri yüksek olmasına rağmen işletmelere ekonomik açıdan değer katan bir makinedir. Dilimleme hızı otomasyon sisteminin uyumuna, sac kalınlığına göre değişir. Dilimleme makinesinin kalitesi, dakikadaki kesme hızı ile belirlenir. Dilimleme hatları, birçok ardışık işlem basamağının uygulandığı makinelerdir. **Bunlar:**

Rulo Yükleme Aracı

Rulo hâlindeki sac bobin malzemenin, dilimleme hattına yüklendiği giriş bölümüdür. Yüklenecek sac ağırlığına göre hidrolik ya da mekanik yöntemle çalışır. Üzerine koyulan rulo sacın yatayda hareket ettirilerek rulo açma mandrenine emniyetli bir şekilde yerleştirilmesini sağlar. Sac ruloları, yükleme arabasına ağırlığına göre köprülü tavan vinçleri ya da forklift yardımıyla yüklenir (Görsel 1.6).



Görsel 1.6: Rulo aracı

Rulo yükleme aracına bobin ağırlığı 35 tona kadar olan malzemeler yüklenebilmektedir.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Rulo Açıcı

Belirli iç ve dış çap ölçülerine sahip rulo sac malzemenin takıldığı, mekanik ya da hidrolik sistemle bir sonraki işlem basamağının ihtiyaç hissettiği hızlarda açılması için kullanılan makinedir.

Rulo sac malzeme, mandren adı verilen sıkma çenelerine takılarak hidrolik olarak sabitlenir. Hız kontrol sistemine sahip motorlarla döndürülerek sac malzeme açılır.

Duruş ve kalkış zamanı ile açılım hızı ayarları, sensörler ya da bilgisayar sistemi tarafından sağlanır.

Üst kısmında bulunan baskı kolu, rulonun dağılmasını engeller (Görsel 1.7).



Baskı kolu

Rulo

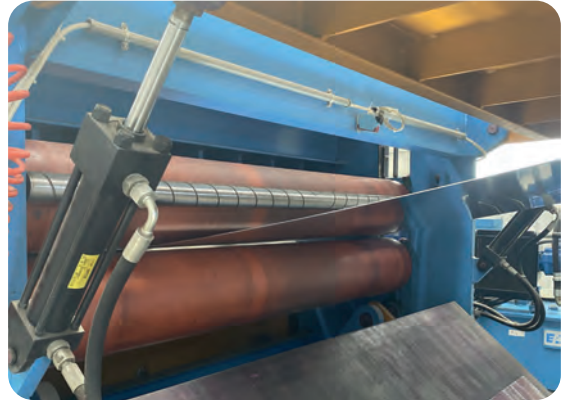
Mandren

Görsel 1.7: Rulo açıcı

Besleme ve Doğrultma Merdaneleri

Rulo hâlindeki malzemenin çekilerek doğrultulduğu ünitedir. Doğrultma işlemi, birbirine paralel millere yerleştirilmiş alt ve üst silindirlerin arasından geçirilerek yapılır. Rulodan açılan sac malzemenin doğrultulması için ters eğim verme prensibinden yararlanır. İlk merdane grubu besleme için kullanılır. Merdane sayıları ne kadar çok olursa doğrultma o denli hassas olur. Yeterince doğrultulmayan sac malzemeler; üretim hatlarında, dilimleme disklerinde ya da boy kesim makaslarında hatalara yol açar.

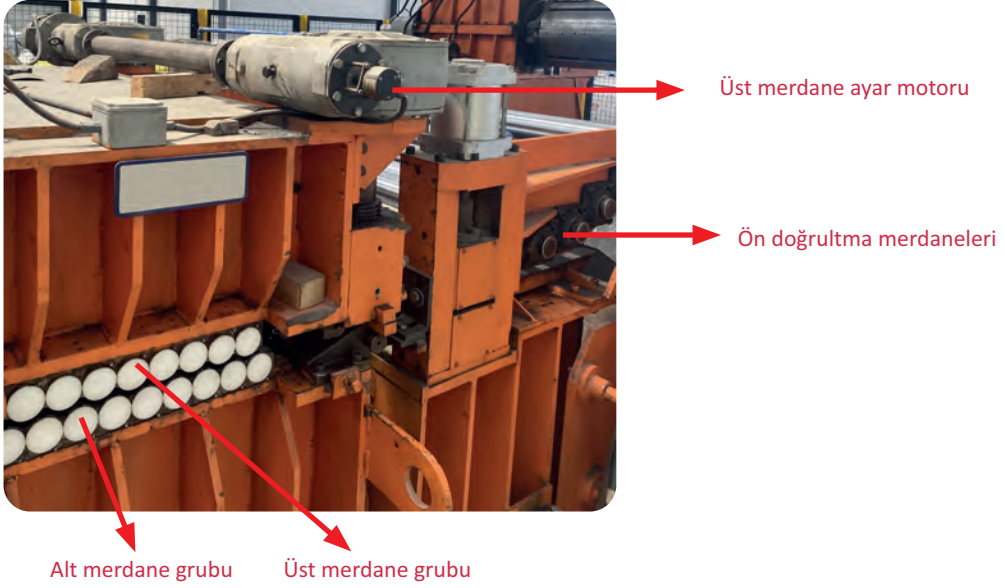
Doğrultma merdanelerinin üst silindirleri, tahriksiz olarak sıralanmıştır. Düşey eksen ayarları bağımsız ya da grup hâlinde yapılabilir. Ayar, işlemi, sonsuz vidalı redüktörlerle motorlu ya da el volanı ile yapılır. Alt silindirler, besleme silindiri ile aynı redüktörden tahrik alarak senkronize bir şekilde çalışır. Besleme hızı, sistemin üretim hızı ile doğru orantılı olacak şekilde bilgisayar sistemi tarafından kontrol edilir (Görsel 1.8).



Görsel 1.8: Rulo besleme ve doğrultma merdaneleri



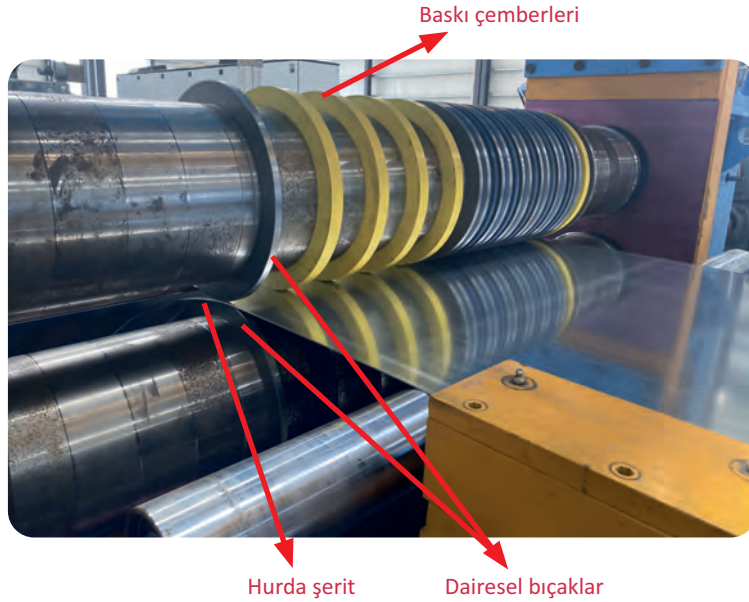
Kalın sacların dilimlenmesi işlemlerinde, ön doğrultma merdanelerinin ardından bir grup merdane ile ikinci bir doğrultma ünitesine daha ihtiyaç duyulabilir (Görsel 1.9).



Görsel 1.9: Hassas doğrultma merdane grubu (ütüleme)

Dilme Makinesi

Doğrultma merdanelerinden geçirilen şerit hâlindeki sac malzeme, dilme bıçakları (dairesele bıçaklar) arasından geçirilerek uzun ve düzgün şeritler elde edilir. Elde edilen şeritlerin genişlik ölçüsü, üretim programına göre alt ve üst miller üzerine dilme bıçaklarının, mesafe ayar burçlarının ve ara parçaların dizilmesi ile elde edilir. Bıçakların miller üzerine dizilimi, operatörler tarafından el yordamı ile yapılabileceği gibi programlanabilir bıçak dizme sistemi ile de yapılabilir (Görsel 1.10).



Görsel 1.10: Dilme makinesi



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Dilme bıçakları, kesimi yapılacak sacın mekanik özelliklerine ve kalınlığına göre alaşımlı takım çeliklerinden farklı ölçülerde, ısıl işlemlerden geçirilerek üretilir (Görsel 1.11).



Görsel 1.11: Dilme bıçakları

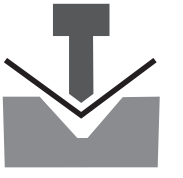
Dilme makinelerinde işlem süresi uzun sürmez. Dilme süresi, sac kalınlığına göre değişmekle birlikte dakikalarla ölçülebilecek kadar kısa sürer. Bu esnada otomatik dilme turnikesi adı verilen düzenekte yedek miller üzerine bir sonraki dilme programının bıçakları dizilir.

Dişi ve erkek bıçaklar olarak iki gruba ayrılan dairesel diskler, hassas bir ayar işlemi ile millere dizilir. Dilme turnikesi dilme milleri ile aynı doğrultuda raylar üzerinde hareket eden yedek millerden oluşur. Bıçak değişim işleminde önce, eski bıçak dizileri, bıçak sıyrıcıyla boş mile kaydırılır. Ardından turnike döndürülerek yeni bıçak dizileri dilme miline geçirilir.

Bıçaklar arasındaki boşluk ayarı sentil mastarı ile kontrol edilir. Sabitleme ve ayarlar yapıldıktan sonra makine dilmeye hazır hâle gelir. Dilme turnikesi, sayesinde bu işlem kısa sürede ve kolayca gerçekleştirilir (Görsel 1.12).



Görsel 1.12: Dilme turnikesi



Çapak Toplama

Dilimleme işleminde üretilen sac şeritlerin hassas ölçüde olması, sac bobinin kenar kısımlarının üretim hataları içerebileceği gibi sebeplerden dolayı en dıştaki dairesel bıçaklarla şeritler hâlinde bir miktar hurda ayrılır. İki kenardan ayrılan bu hurda şeritlerine **çapak** adı verilir. Sac kalınlığına ve malzeme cinsine göre dakikada 50-250 metre gibi yüksek hızlarda kesim yapabilen bu makinelerde, çapak şeritlerinin aynı hızla toplanması gerekir. Aksi hâlde ortamda biriken bu atıl şeritler büyük sorun yaratır.

Bu şeritler, dilme ünitesinin iki yanında bulunan çapak sarma düzeneğine sarılarak ya da ezilerek bertaraf edilir.

Derin Kuyu

Dilimlenmiş sac malzeme, şeritler hâlinde gerdirici ve rulo sarma ünitesine doğru yol alırken **derin kuyu** adı verilen bir genlik (sarkma) havuzuna sarkıtılır (Görsel 1.13).



Görsel 1.13: Derin kuyu

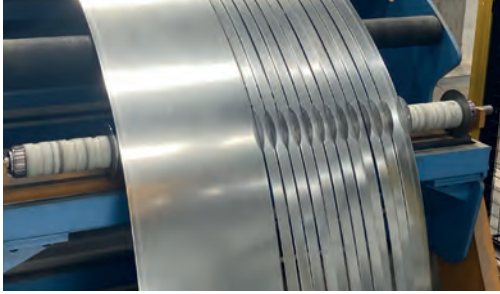
Üretim esnasında dilimleme hızı ile gerdirme ve rulo sarma hızları arasında fark oluşur. Sarılan rulo çapı büyüdükçe bu hız farkı artar. Derin kuyu, üretim hattındaki bu hız farklılıklarını tolere (gidermek) etmek için kullanılır. Dilme bıçaklarının kullanım ömrü her zaman aynı olmayabilir. Bazı bıçaklar çapaklı kesim yapabilir. Bu bıçaklara ait şeritler derin kuyuda farklı genlik gösterir. Ayrıca rulo sarma sisteminde olası bir hata durumunda şeritler geri açılarak yeniden sarılır. Bu aşamada şeritler derin kuyuya bırakılır. Böylece dilme üniteleri etkilenmeden rulo yeniden sarılır. Kuyu derinliğinin mümkün olduğunca fazla olması istenir.

Derin kuyunun her iki tarafında bulunan kapaklar başlangıçta kapatılır. Böylece ilk şeritlerin kuyu üzerinden kolayca geçmesi ve yönlendirme seperatörlerine (ayırıcı) doğru ilerlemesi sağlanır. Hat üretime başladığında operatör, kesim hızlarına müdahale ederek bir miktar malzemenin kuyuya sarkmasını sağlar.



Gerdirci ve Rulo Sarma

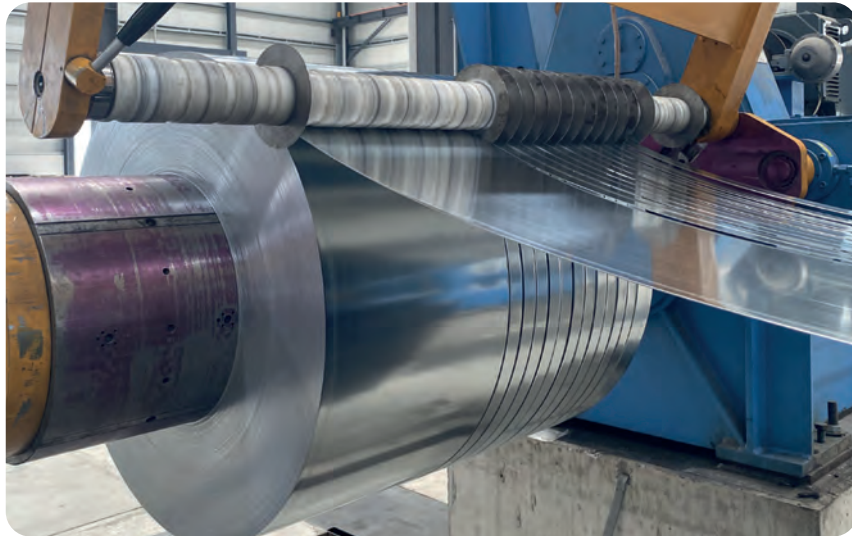
Derin kuyudan çıkan şeritler, rulo sarma ünitesinde gerdirilerek sarılır. Böylece dilimlenmiş ürünler, sıkı şekilde rulo hâline getirilir. Gerdirme ünitesi şeritleri, dilimleme akış yönünün tersine asılarak yapılır. Gerdirme işlemi, kauçuk ya da plastik kaplı silindirin, sac akış yönünün tersine asılması ile yapılır. Böylece rulo, sürekli gergin hâldeki şeritlerin sarılması ile oluşur (Görsel 1.14).



Görsel 1.14: Rulo sarma separatörü ve gerdirci

Gergi silindirlerinin önünde derin kuyudan çıkan sacı sıkıştırıcı keçe kaplı hava yastık sistemleri, gerginliğin başlangıç noktasını oluşturur.

Gerdirme sonrasında şeritler, rulo sarıcı tarafından çekilerek sarılır (Görsel 1.15).



Görsel 1.15: Rulo sarıcı

1.1.4.3. CNC Lazer Kesim Makinesi

CNC kesme makinelerinde; lazer kesim, plazma kesim ve alevli kesim yöntemi uygulanır. Kesimde hangi yöntemin kullanılacağı bazı değişkenlere göre belirlenir. Kesilecek malzeme cinsi, malzeme kalınlığı, kesim kalitesi, kesme hızı ve kesim için gereken sarf malzeme maliyeti bu değişkenlerin başında gelir.

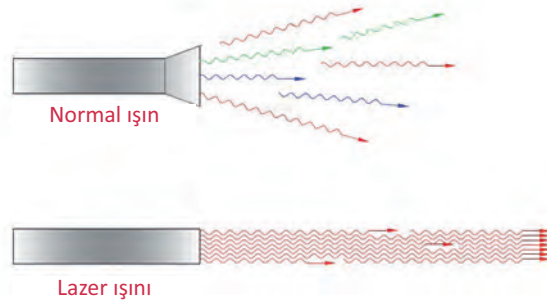
Lazer Işını

Lazer, Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Işık Emisyonunun Stimüle Edilmesi) kelimesinin baş harflerinden oluşan "Uyarılmış Radyasyon Yayımlanması Yoluyla Işık Kuvvetlendirilmesi" anlamını taşıyan teknik bir terimdir.



Lazerin oluşumu, atom veya molekül enerji düzeyleri arasında oluşan elektron geçişleri esnasında ortaya çıkan fotonlara (elektro manyetik en küçük ışık) dayanır.

Her elementin atom yapısında ona has bir atom dizilim düzeni vardır. O atomların elektronları, kararlı bir yörünge sisteminde belli bir enerji seviyesinde bulunurlar. Elektronlar dışarıdan gelen bir enerjiyle (ısı, ışık, elektrik) uyarıldığında bir üst enerji seviyesindeki yörüngeye geçerler. Yeniden eski kararlı konumuna dönme eğiliminde olan elektronlar, daha önce aldığı enerjiyi salınımla dışarıya verirler. Bu, lazer ışığının oluşma prensibidir. Atom, kendine uygun olan bir ışık enerjisiyle uyarılırsa kısa süre içinde aynı ışık demeti ve aynı doğrultuda ama daha şiddetli bir ışık enerjisi yayar. Lazer ışını, herhangi bir ışık kaynağından daha yoğun ve şiddetlidir. Son derece düzgün bir ışıktır. Normal ışık her yöne sapma yaparken lazer, bir ışık hüzmesi hâlinde bir noktaya hedeflenebilir. Bu özelliğinden dolayı küçük bir noktaya büyük bir enerji yükleyebilir. Lazer ışını; aynı dalga boyuna sahip, tek renkli, yüksek genlikli, birbirine paralel ışın türüdür (Görsel 1.16).



Görsel 1.16: Lazer ışını yayılma şekli

Lazeri, normal ışıktan ayıran iki nokta vardır.

- ➔ Lazer yalnızca bir frekanstaki ışıktan elde edilir, tek renklidir.
- ➔ Normal ışın, dalgalar hâlinde (elektromanyetik radyasyonun bir formu) dağılarak ilerlerken bir miktar yok olabilir; lazer dağınık ilerlemez, yani yok olmaz.

Lazer ışınının dalga boyu, rezonatörde (lazer üretici) aktif madde tarafından oluşturulur. Tek dalga boyunda (dar bir spektral genişlik) dağılımı (ışın kaybı) az olan lazer ışını, yüksek miktarda enerji taşır.

Ayrıca küçük dalga boyu; ışının kolay odaklanmasını, malzeme tarafından daha iyi absorbe edilmesini sağlar. Bu özelliğinden dolayı lazer ışını, metal malzemelerin yüksek enerji gerektiren markalama, kesme ve kaynak gibi işlemlerinde kullanılır.

Lazer ışını, lazer aktif maddelerinin rezonans hücresi içerisinde uyarılması ile elde edilir.

Lazer, uyarılan aktif madde çeşitlerine göre aşağıdaki yöntemlerle elde edilir. Bunlar:

- ➔ Gaz lazeri (CO₂)
- ➔ Katı kristal lazeri (Nd YAG)
- ➔ Sıvı lazeri (neodimoksit, neodimklorür)
- ➔ Yarı iletken lazeri (Fiber lazer)



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME



Bilgi Notu

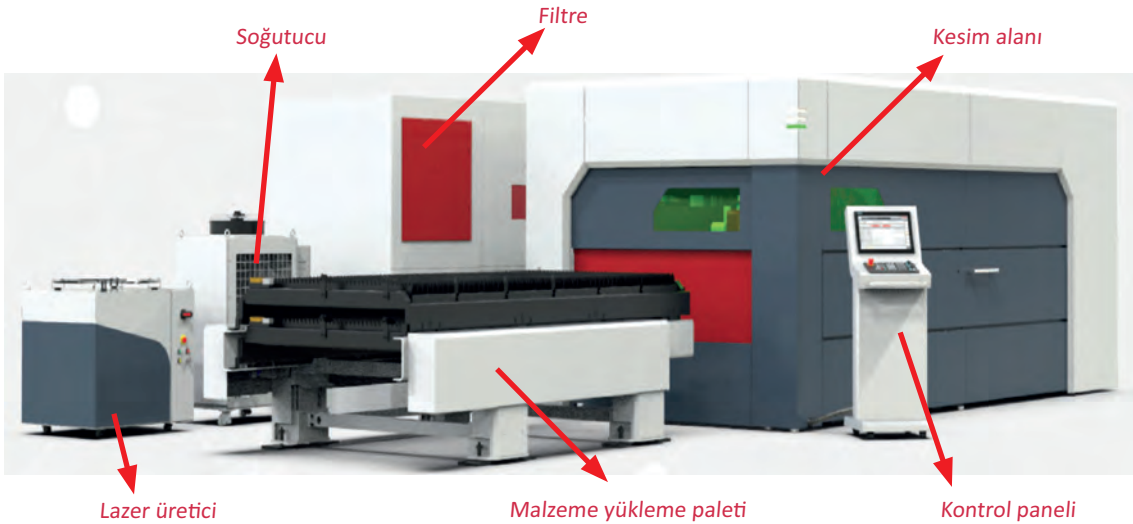
Hangi ortamdan üretilirse üretilsin lazer ışını, aslında insan vücuduna zarar verebilecek seviyelerde enerji taşıyabilen bir ışık türüdür. Laboratuvar ortamlarında ilk üretildiği günden bugüne birçok gelişim aşamasından geçerek güvenli ve teknolojik ürün hâline gelmiştir. Günümüzde farklı sektörler tarafından yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Lazer teknolojisinin kullanıldığı alanlar şunlardır:

- Tıbbi alanlar
- Endüstri alanları (Malzeme işleme vb.)
- Ar-Ge ve Savunma Sanayi
- Optik depolama
- İletişim
- Gösteri

CNC Lazer Kesim

Düzgün yüzeyli levha, profil ya da boru malzemelerin, yüksek güç üreten lazer optiği ile yakılarak, eritilerek ya da buharlaştırılarak kesilmesi işlemidir. Kesme işleminde erimiş metal parçacıklarının, kesim çizgisinden uzaklaştırılması için kesme gazı kullanılır. Lazer ışığın çıkış noktası olan ağızlık (nozül), CNC teknolojisi ile parça üzerinde üç boyutta hareket ettirilerek yönlendirilir. Hareket sistemi, G kodunu kullanan CNC kontrol sistemi ile çalıştırılır. Böylece çizilen desen, yüksek bir hızla takip edilerek kesilir. Endüstriyel kesim uygulamalarında, birbirini tamamlayan farklı sistemlerin oluşturduğu CNC lazer kesim makineleri kullanılır (Görsel 1.17).



Görsel 1.17: Lazer kesim makinesi

Lazer kesme tekniği, yüksek yoğunlukta ısı enerjisi barındıran lazer ışını ile yapılan kesme işlemidir. Temassız, titreşimsiz ve yüksek hızlarda gerçekleşir. Kesme işleminde lazer, su ile soğutulan bir mercekle (lens) tarafından kesim noktasına odaklanır. Kesim kanalına giren yüksek enerjili (sıcaklığı 11.000 °C'ye kadar çıkabilen) ışın, parça tarafından emilir. Malzeme özelliğine göre bir miktar ışın emilmeden yansıtılır. Odaklanma neticesinde yüksek yoğunluktaki enerjisiyle ışın, malzemeyi kısa bir sürede ısıtır; yakar ya da buharlaştırır.



Metal, plastik, cam, ahşap, seramik gibi malzemelerin işlendiği endüstriyel alanlarda lazer kesme tekniği yoğun olarak kullanılmaktadır.

Malzeme özelliklerine göre lazer kesme yöntemleri şunlardır:

- ➔ Yakarak kesme
- ➔ Ergiterek kesme
- ➔ Buharlaştırarak kesme

Lazer kesim makinesinde malzeme cinsi, kalınlığı ve kesim gazı seçildiğinde kesme programı bu üç yöntemden birini kullanır. Böylece farklı kesme tekniği kullanılarak sünger gibi yumuşak gereçlerden seramik gibi çok sert gereçlere, kadar çok farklı malzeme türünün kesimi yapılabilir.

Yakarak Kesme

Lazer ışını, nozul deliğinden basınçlı oksijen (O_2) gazı ile birlikte kesim noktasına ulaşır. Lazer ışını tarafından yüzeyinden ertilmeye başlayan çelik, oksijen gazı ile hızlı bir şekilde yanarak oksit oluşturur. Yanan demirin çıkardığı ilave ısı, kesmeyi kolaylaştırır. Aynı zamanda yanmış demir oksit parçacıkları, üflenmiş gaz ile püskürtülür. Böylelikle oksijen gazı hüzmesiyle daha kalın malzemelerin yakılarak kesilmesi mümkün olmaktadır.

Yakarak kesme yönteminin uygulanması için şunlar gereklidir:

- ➔ Kesilecek metalin, oksijen ile temasta oksit oluşturabilmesi
- ➔ Oluşan oksit cürufunun ertime sıcaklığı, metalin ertime sıcaklığından düşük olması
- ➔ Erimiş oksit tabakasının kesme kanalından kolay atılabilmesi için akıcılığının yüksek olması

Düşük alaşımli çelik gereçlerin lazerle kesiminde yakarak kesme yöntemi kullanılır.

Yakarak kesmede kesme gazı oksijendir. Gaz basıncı en fazla 6 bar seviyesinde olmalıdır. İnce sacların yakarak kesiminde ve kesim kalitesinin önemsenmediği durumlarda, oksijen yerine uygun basınçta şartlandırılmış kuru hava kullanılabilir.

Ergiterek Kesme

Bir diğerk kesme yöntemi ertiterek kesme yöntemidir. Odaklanmış lazer ışını ile malzeme ertiyik hâle getirilir, yüksek basınçli kesme gazı ile erimiş metal parçacıkları kesme çizgisi boyunca dışarı püskürtülerek kesim yapılır.

Ergiterek kesme yöntemi; paslanmaz çelik, titanyum, alüminyum, pirinç gibi alaşımların çapaksız kesilmesi için kullanılır.

Bu yöntemde kesme gazı olarak argon (Ar), helyum (He) gibi soy gazlar ya da azot (N_2) gazı (ekonomik olduğu için) kullanılır. Kesme gazları yüksek basınçta kullanılır. Parça kalınlığına göre 20 bar basınç değerine kadar çıkılabilir.

Buharlaştırarak Kesme

Bu yöntemde malzemeye yüksek yoğunluktaki lazer ışını ile kesme çizgisi boyunca ani bir ısı girdisi sağlanır. Böylece yerel bir bölge, kaynama sıcaklığının üzerindeki bir ısıya maruz kalarak hızlı bir şekilde buharlaşır. Buharın kesme gazı ile püskürtülmesi sonucu kesim tamamlanır.

Bu yöntemle ısı etkisi altında kalan bölge azalmış ve düzgün bir kesim yüzeyi elde edilir. Bu yöntem ile ince metal levhalar, seramik, deri, akrilik, ahşap, kauçuk, kâğıt ve plastikler kesilebilmektedir. Lazerle buharlaştırma yönteminde, kesme gazı daha ziyade koruyucu atmosfer oluştur-



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

mak için kullanılır. Argon (Ar), helyum (He) veya azot (N_2) gazı kullanılır.

Endüstriyel üretim tesislerinde iki tür lazer kesim makinesi daha sık kullanılmaktadır. Bunlar:

- Karbondioksit lazeri
- Fiber lazer

Her iki lazer kesim makinesi, lazer ışını ile kesme yaparken ışığın üretilmesi ve kesme noktasına kadar iletim yöntemlerinde farklılıklar içerir.

Karbondioksit lazeri, kurulum maliyeti yüksek olmasına rağmen sürekli ve kararlı ışın çıkışı ile daha kalın gereçlerin kesiminde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

Fiber lazer ise görece ekonomik kurulum maliyeti ile küçük ve orta ölçekli endüstriyel işletmelerde yüksek kullanım oranına sahiptir.

Karbondioksit (CO_2) Lazer Makinesi

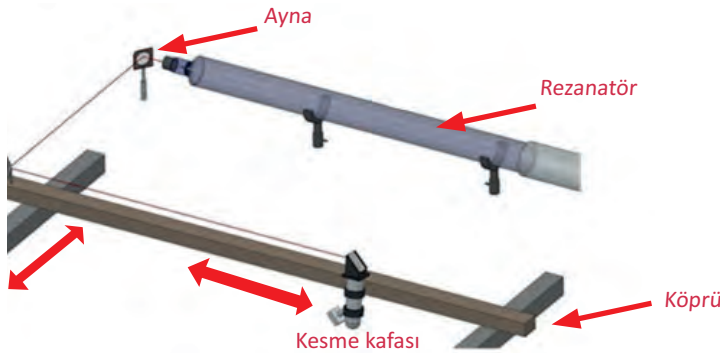
Lazer ışını, rezanatör (lazer üretici) adı verilen ünite üretilir. Üretilen ışın ayna sistemi ile taşındığı için rezanatör ünitesi tezgâh gövdesine rijit (katı,sert, bükülmez) bir şekilde konumlanmıştır.

Lazer aktif maddesi olarak karbondioksit (CO_2), azot (N_2) ve helyum (He) gaz karışımı (%4,5 karbondioksit, %13,5 azot ve %82 helyum) kullanılmaktadır. Bu karışımda, CO_2 aktif madde olarak kullanılırken N_2 ve He gazları lazer üretimine destek amacıyla kullanılır (Görsel 1.18).

Lazer üreticinde paralel ışın hüzmeleri şeklinde üretilen lazer, aynalara zarar vermemesi için ışın teleskobunda genişletilir. Aynalar, yardımıyla hareketli köprü bağlantılarından yansıtılarak kesme kafasına kadar gelir (Görsel 1.19). Aynalar, kire ve toza karşı özel kövrüklerle korunur. Köprünün, kesme tablası üzerindeki tüm konumlarında aynalar sürekli birbirini görecekle tasarımıyla yerleştirilmiştir. Aksi hâlde odak bozulur ve kesme gerçekleşmez. Bu tür tezgâhlarda ayna bakım ve kontrolleri periyodik olarak yapılır ve gerektiğinde aynanın değişimi sağlanır.



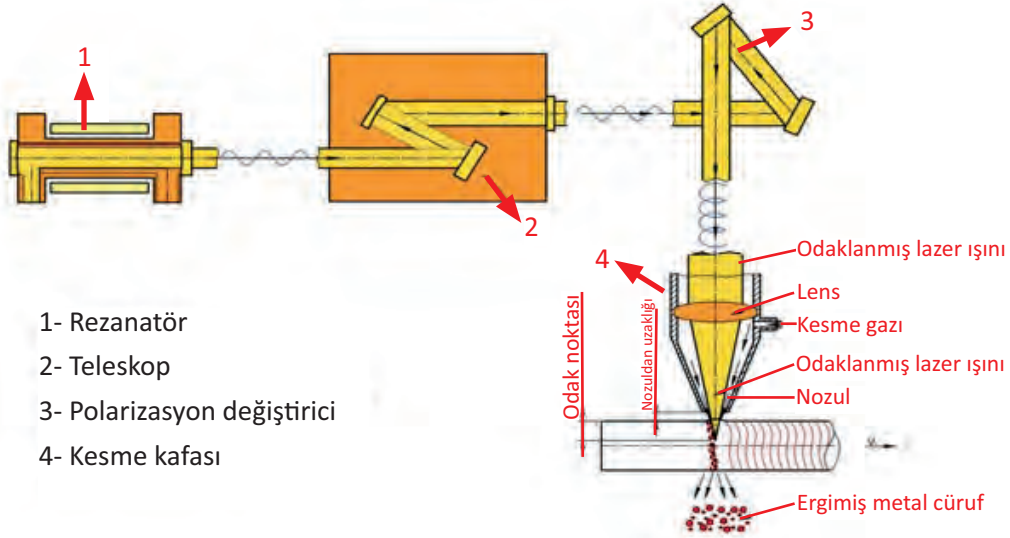
Görsel 1.18: Karbondioksit lazer oluşum gazları



Görsel 1.19: Karbondioksit lazeri ayna sistemi



Lazer ışını, kesme kafasına gelmeden önce polarizasyonu (dalga formu) değiştirilir ve her yönde hatasız kesme yapabilmesi için lineer (doğrusal) formdan dairesel polarizasyona dönüştürülür. Ardından kesme kafasında bulunan mercekle ışının oldukça küçük bir noktaya odaklanması sağlanır. Böylece kesme için gerekli ısı güç yoğunluğu elde edilir (Görsel 1.20).



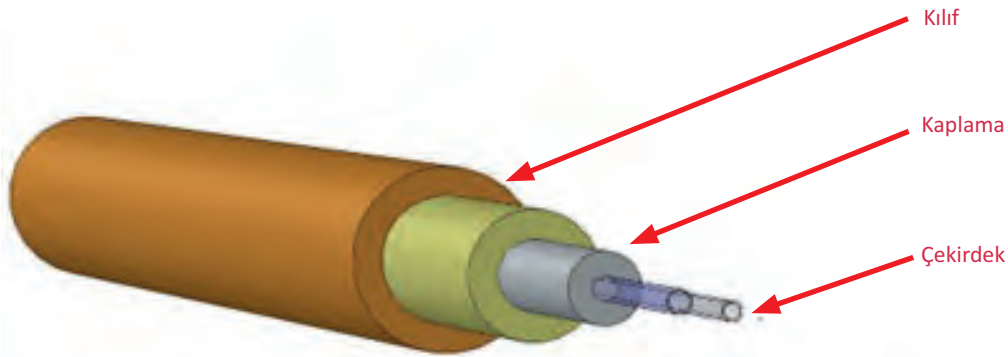
- 1- Rezonatör
- 2- Teleskop
- 3- Polarizasyon değıştirci
- 4- Kesme kafası

Görsel 1.20: Karbondioksit lazeri ışın yolu

Fiber Lazer Makinesi

Fiber lazer kesim makinelerinde lazer ışını, karbondioksit lazerlerine göre farklı bir yöntemle elde edilir. Yarı iletken diyotlarla oluşturulan lazer ışını, fiber rezonatörde birleştirilir. Elde edilen ışın, fiber kablo ile kesme kafasına kadar iletilir.

Fiber kablo, çekirdek kısmı silisyumoksit adı verilen cam ham maddesinden oluşmuş liften meydana gelir. Çekirdeğin dış kısmı cam kılıfla (kaplama) korunur. Son katmanı koruma kılıfından oluşan özel kablo türüdür. Montajı özel bağlantı elemanları ile sağlanır (Görsel 1.21).



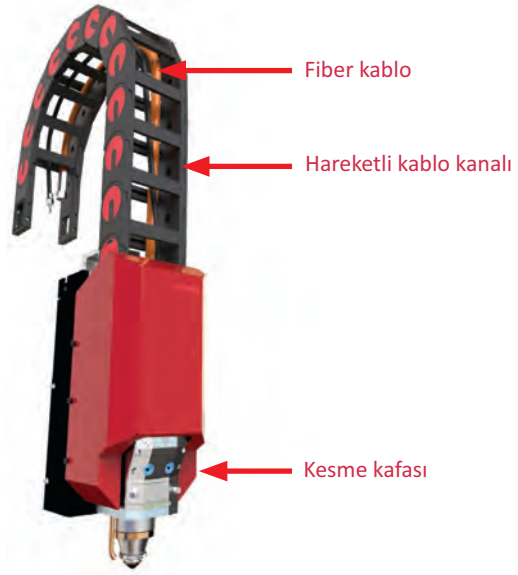
Görsel 1.21: Fiber kablo kesiti



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Fiber lazer ünitelerinde lazer ışını, fiber kablunun çekirdek boşluğunda iç cidara çarparak ve yansırarak kesme kafasına kadar ulaşır. Işın iletiminde fiber kablo kullanıldığı için sistem tasarımı daha esnek ve sistem daha hızlıdır (Görsel 1.22).

Kesme kafasına ulaşan lazer, önce kolimatör (sınırlayıcı, hızalayıcı, düzenleyici) mercekte (collimator lens) toparlanır ve tek hüzmeye şeklinde odak merceğine (focus lens) düşürülür. Odak merceği ile ışının odak ayarı sağlanır. Bu sebepten fiber lazer kesme kafalarında en az iki mercek bulunur. İlk mercek, ışını odak merceği için düzenli hâle getirirken ardından gelen ikinci mercek, ışının odaklanmasını sağlar.



Görsel 1.22: Fiber lazer iletimi

Not: Rezonatör, kesme kafası ve mercekler su ile soğutur.

Fiber lazer kesme kafası, karbondioksit lazerlerde olduğu gibi CNC router (rutır) hareket sistemi üzerindeki köprüye monte edilmiştir. Kesme kafası bileşenlerinden mercek ile ışın, kesme noktasına odaklanarak ışığın yoğunluğu ve gücü artırılır.

CNC router [rutır (yönlendirici)] hareket sistemi ile kesme kafasının X ve Y eksenlerinde her noktaya hareket etmesi sağlanır. İki eksen hareketi ile üretim programında çizilen kenar ayrıntıları takip edilerek parça kesimi yapılır. Z eksenindeki dikey yönlü hareketi ise bir yaklaşma sensörü ile sağlanır.

Yaklaşma sensörü, kesme kafasındaki nozul ile parça yüzeyi arasında sürekli 1 mm yükseklik olacak şekilde mesafe ayarı yaparak Z eksen hareketini kontrol eder.

Lazer ile Kesme Yönteminin Avantajları

- ➔ Kesim çizgisi dar bir aralıkla gerçekleşir.
- ➔ Kesim hızı diğer kesim yöntemlerinden daha yüksektir.
- ➔ Plazma kesim yöntemine göre kesim kenarları daha dar ve kenarları daha paraleldir.
- ➔ Mekanik kesme takımlarında olduğu gibi kesme takımları (lazer ışını) aşınmaz.
- ➔ Konstrüksiyon olarak karmaşık desenlerin kesimi, diğer yöntemlere göre daha başarılıdır.
- ➔ Dar bir odak noktasına yüksek yoğunluklu enerji verildiği için ısıdan etkilenen bölge sınırlıdır. Çarpılma ve eğilme olmaz.
- ➔ Çok ince (0,025 mm kalınlık) parçalarda dahi çarpılma ve bozulma olmadan kesim yapılabilir.
- ➔ Kesim yüzeyi dar ve düzgün olduğundan sonraki işlem (kaynak gibi) basamakları için ilave yüzey işlemi ya da temizlik gerektirmez.
- ➔ Çok karmaşık parçalar, yüksek hızda kesilmesine rağmen gürültü kirliliği oluşturmaz.
- ➔ İş sağlığı ve güvenliği yönünden güvenilir bir yöntemle kesme işlemi gerçekleştirilir.

1. NC VE CNC İŞ TEZGÂHLARI



Ahşap, deri, cam, seramik, plastik gibi değişik malzeme türleri de lazer kesim teknolojisi ile kesilebilmekte ve buna bağlı olarak pek çok sektörde lazer kesim makineleri görülmektedir.

Lazer kesim makinelerinde, kapasitesi dâhilinde belirli kalınlığa kadar farklı türdeki metal malzemeler de kesilebilmektedir (Tablo 1.1).

Tablo 1.1: Malzeme Türüne Göre Kesim Kapasiteleri

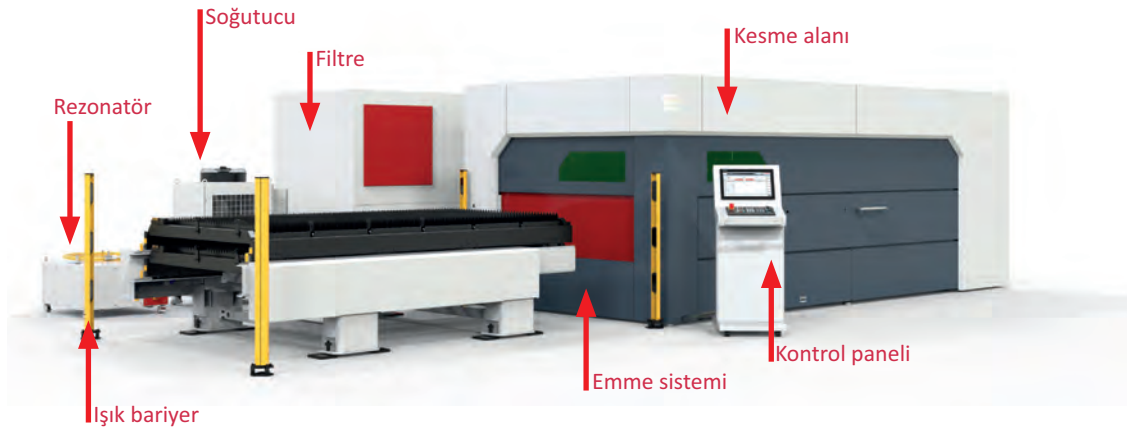
Ürün	2 kW	4 kW	6 kW	10 kW	15 kW
Siyah Sac	12 mm	20 mm	25 mm	30 mm	35 mm
Paslanmaz Çelik Sac	6 mm	10 mm	15 mm	25 mm	35 mm
Alüminyum	6mm	12 mm	20 mm	25 mm	35 mm
Bakır	3 mm	6 mm	10 mm	15 mm	25 mm
Pirinç	6 mm	10 mm	12 mm	20 mm	20 mm

Yukarıda verilen tablo, fiber lazer kesim makinelerine ait veriler içermektedir. Üretici ve kullanıcılar tarafından genel kabul görmüş değerlere göre fiber lazer kesim makineleri, CO₂ lazer kesim makinelerine göre enerji verimliliği açısından (ürettikleri kW kapasite için harcadıkları enerji miktarı) daha başarılı sonuçlar vermektedir. Ayrıca CO₂ lazer tezgâhlarında periyodik aralıklarla ayna bakımı, körük kontrolü, ışın hizalaması, lens kontrolü gibi ilave bakım çalışmalarına ihtiyaç duyulur. Düşük işletme maliyetlerinden dolayı fiber lazer teknolojisi, günümüzde yoğun olarak tercih edilmektedir.

CNC lazer kesim makineleri, 1 kW-50 kW kapasite aralığında üretilmektedir. Makine gücü arttıkça kesilebilen malzeme kalınlığı da artmaktadır. Metal endüstrisi alanında kesim yapan tezgâhlarda, 4 kW ile 10 kW kapasite aralığındaki makineler yoğun olarak kullanılmaktadır.

Lazer Kesim Makinelerinin Kısımları

CNC lazer kesim makinelerinde farklı işlevlere sahip ünitelerin, bilgisayar tarafından kontrol edilmesi ile eş zamanlı çalışma sağlanır (Görsel 1.23).



Görsel 1.23: Lazer kesim makinesi



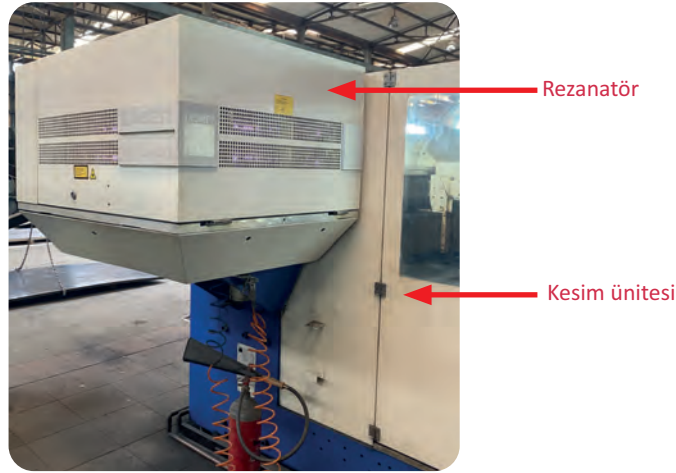
İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Metal endüstrisinde kullanılan CNC lazer kesim makinesi şu sistemlerden oluşmaktadır:

- ➔ Rezanatör
- ➔ Lazer kesim ünitesi
- ➔ Levha yükleme ünitesi
- ➔ Aspiratör ve filtre ünitesi
- ➔ Su soğutma grubu
- ➔ Kontrol paneli

Rezanatör

Lazer ışınının oluşturulduğu ünedir. Karbondioksit lazerleri üreten makinelerde, makine gövdesine bağlı olmak zorundadır (Görsel 1.24).



Görsel 1.24: Rezanatör (CO₂ lazer)

Fiber lazer üreten makinelerde, gövdeden bağımsız ayrı bir modül şeklinde bulunur (Görsel 1.25).



Görsel 1.25: Rezonatör (Fiber lazer)

1 kW-50 kW arasında güç üretebilen modelleri mevcuttur. Günümüz metal endüstrisinde, ortalama 10 kW güç üreten tezgâhlar yoğun olarak kullanılmaktadır.

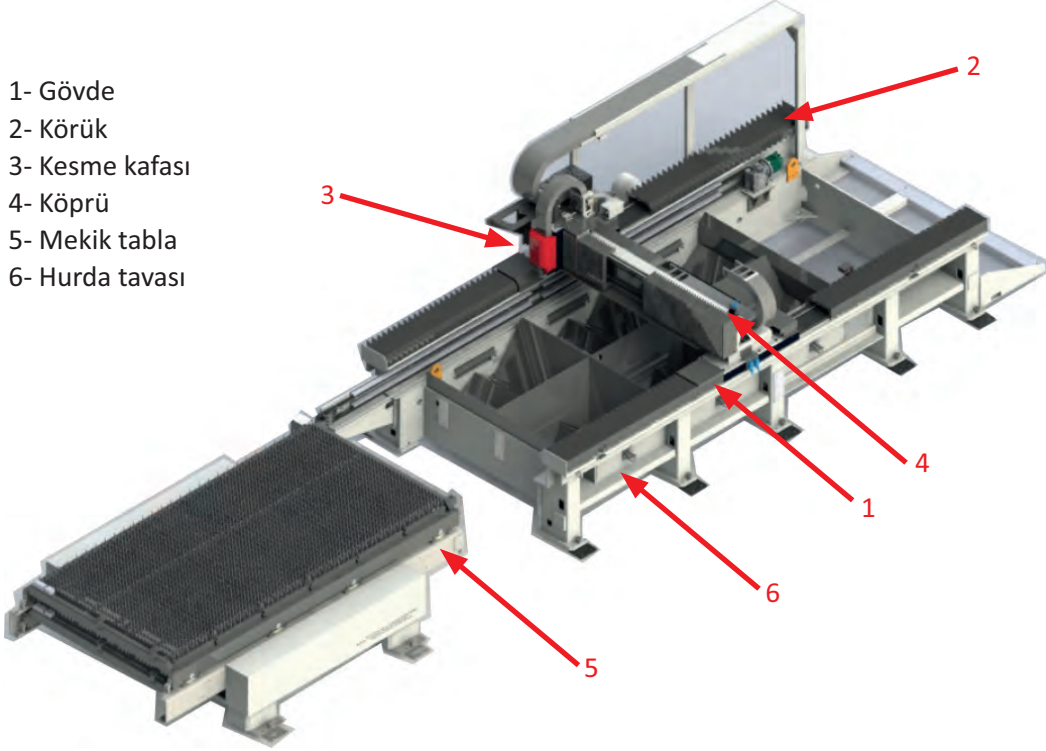


Lazer Kesme Ünitesi (Gövde)

Lazer kesim ünitesi, içerisinde lazer kesim donanımlarını bulunduran, kesim işleminin yapıldığı gövde kısımdır (Görsel 1.26).

Gövde, çelik konstrüksiyon üretimi olup ışın sızmalarına karşı kapalı bir tasarıma sahiptir. Ayrıca kapalı kesim ünitesi ile kesme işlemi, dış ortamın kirleticilerine karşı korunmaktadır.

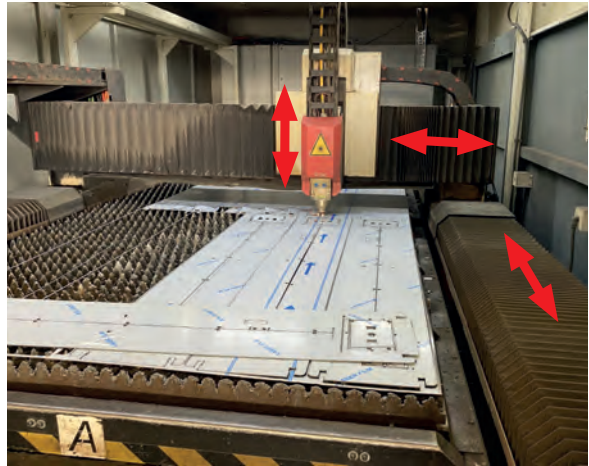
- 1- Gövde
- 2- Körük
- 3- Kesme kafası
- 4- Köprü
- 5- Mekik tabla
- 6- Hurda tavası



Görsel 1.26: Kesme ünitesi

Tasarımına göre yükleme alanında ön, arka ve bazı durumlarda yan yüzeylerinde servis kapıları bulunur.

Kesme ünitesinde, kesme kafası ve kesme kafasını üç eksende hareket ettiren köprü donanımları bulunur. Köprü, çoğunlukla alüminyum malzemeden CNC talaşlı imalat yöntemleriyle titizlikle üretilmiştir. Eksen hareketlerinin gerçekleştiği donanım, makinenin en hassas kısmıdır. Köprünün X, Y ve Z eksenlerinde hareketleri, CNC kontrol sistemi tarafından yönetilir (Görsel 1.27).



Görsel 1.27: Kesme ünitesi, köprü X, Y ve Z eksen hareketleri



Eksen hareketleri iki farklı tahrik sistemi ile sağlanır. Bunlar:

- Helisel kremayer tahrik sistemi
- Lineer motor hareket sistemi

Helisel Kremayer Tahrik Sistemi

Helisel kremayer (sarmal dişli, çark) tahrik sistemi, boşluksuz rediktör ve servo motorlarla sağlanır (Görsel 1.28). Kremayer tahrik sistemi ile kesme kafası levha üzerinde 3 m/sn hızlara ulaşmaktadır.

Bu hız seviyelerine 28 metre/sn²lik ivme ile (yaklaşık 3G) ulaşır. Bu durum toplam kesme süresini etkileyen en önemli faktördür.



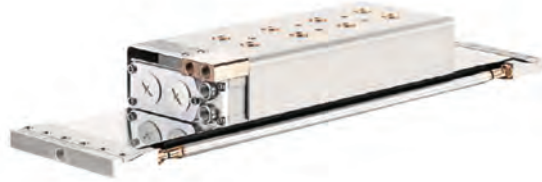
Görsel 1.28: Helisel kremayer tahrik sistemi

Lineer Motor Hareket Sistemi

Lineer motor hareketi, doğrudan elektromanyetik prensibine göre çalışan sürtünmesiz motorlarla sağlanır. Pozisyon bilgisi, lineer cetvel üzerinden optik sensörlerle alındığı için mikron seviyelerinde pozisyon hassasiyeti sağlanır. Motor ve sürücülerinin su ile soğutulması gereklidir (Görsel 1.29).

Lineer motor 1-10 G ivme ile 5 m/sn hıza ulaşabilir. Yüksek hız ve ivmeye sahip eksen hareket sistemidir.

Lineer motor sistemi, Z eksenini (düşey doğrultular) için kullanılmaz.



Görsel 1.29: Lineer motor hareket sistemi

Kesme Kafası

Lazer ışınının kesme işlemini gerçekleştirdiği devre elemanıdır. Lazer kesim makinesinin en önemli devre elemanıdır. Rezanatörden gelen ışının, kesim için uygun forma dönüştürülerek odak lensi tarafından parça yüzeyine gönderilmesini sağlar.

Kesme kafasında bir diğer önemli kısım nozuldur (ağızlık). Nozul; lazer ışınının, kesme gazı ile birlikte parça yüzeyine eş eksenli bir doğrultuda gönderilmesini sağlar. 0,8-4 mm arasında değişen nozul çapı, parça kalınlığına göre seçilir. Nozul çapının değişimi ile kesme gazının basınç ve debisi, farklı kesim kalınlıkları için kontrol altında tutulur.

Kesme kafası (torç) dizaynı ve işlevi ile kesme hızı, kesim kalitesi ve hassasiyeti üzerinde önemli rol oynar.

Kesme kafası aşağıdaki elemanlardan oluşur:

- Odak merceği
- Nozul
- Seramik
- Fiber kablo bağlantı elemanı
- Kesme gazı ve soğutma suyu bağlantı elemanları

Kesme kafası, değişen malzeme kalınlıklarına göre istenen odak ayarının otomatik yapıldığı sisteme sahiptir. Odak ayar parametrelerinin geniş aralıkta olması istenir.

1. NC VE CNC İŞ TEZGÂHLARI



Bazı uygulamalarda mevcut lens ile istenen odak mesafesi ayarlanamaz. Bu durumda lensin değişmesi gerekir. Genellikle farklı kapasite lens takılmış yedek kesme kafası değiştirilerek uygulama kolaylığı sağlanır.

Nozul, lazer kesme kafasının ışın çıkan alt kısmına takılan parçadır. Kesilecek parça kalınlığına göre değişik çaplarda üretilir (Görsel 1.30).



Görsel 1.30: Kesme kafası bileşenleri

Lens, lens koruma camı, seramik, nozul; kesme kafasında bulunan sarf malzemeleridir (Görsel 1.31 a,b). Bu sarf ürünlerinden en çok değişim gerektiren malzeme nozuldur. Nozul kapasitesi, üzerindeki numara ile belirlenir ve seçilir. Kesilecek malzeme kalınlığına göre projede belirtilen numaralı nozul, otomatik olarak makine tarafından ya da operatör tarafından değiştirilir. Seramik, görece daha uzun çalışma ömrü olan malzemedir. Lens, kesme kafası arızası ve ışın yoğunluğunda aşırı değişimler olmadığı sürece uzun kesme sürelerine sahip bir sarf ürünüdür.



Görsel 1.31: Kesme kafası sarf malzemeleri



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Çelik konstrüksiyon imalatlarında kesim kenarının, kaynak ağzı formunda oluşması istenir. Kesme kafası uygun açıda yatırılarak istenen açıda kesim kenarı elde edilir. Açılı kesme tekniği için 0-45° arasında istenilen açı değerinde eğilebilen özel kesme kafası kullanılır. Kenar açı değerleri, kesim programından alınarak CNC kontrol sistemi tarafından işlenir (Görsel 1.32).



Görsel 1.32: Açılı kesim özelliği

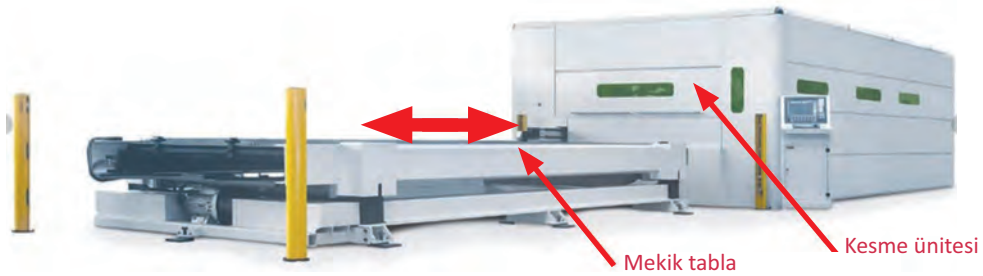
Kaynaklı birleştirme tasarımları için kullanılan kesim tekniği ile parça kenarı, değişik kaynak ağzı formlarında oluşturulabilir (Görsel 1.33). Bu kesim yönteminde kesilebilecek malzeme kalınlığı, kesim açısına göre belirlenir.



Görsel 1.33: Açılı kesim örnekleri

Malzeme Yükleme Tablası (Mekik Tabla)

Kesimi tamamlanmış parçaların alınması ve yeni levhaların makineye yüklenmesi anında geçen zaman, üretim kaybıdır. Bu işlemlerin zaman kaybetmeden yapılmasını sağlayan düzeneğe **yükleme tablası** (mekik tabla) adı verilir (Görsel 1.34).



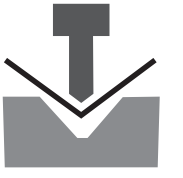
Görsel 1.34: Yükleme tablası (mekik tabla)

Mekik tabla, iki tablanın yer değişimi sağlanarak çalışır. Kesme ünitesinde kesim işlemi devam ederken operatör, dışarıdaki tabla üzerinde kesilmiş parçaları ayırır. Ardından aynı tablaya yeni levhayı yükler. Bu esnada hurda malzemeler, geri dönüşüme atılır.

Kesim işlemi bittiğinde içerideki ve dışarıdaki tablaların yer değişimi otomatik olarak yapılır. Değişim işlemi, servo motorlarla kontrol edilir. Değişim süresi yaklaşık 30 saniyedir. Böylece kesme kafası, sadece değişim süresi kadar bekleyip çalışmaya devam eder.

Soğutucu

Rezanatör ve kesme kafası aşırı ısınır. Rezanatörde istenmeyen ısı birikimi, lazer üretimi esnasında oluşur. Kesme kafasındaki ısı birikiminin sebebi ise lazer ışığına maruz kalan optik bileşenlerden (kalimatör lens, odak lensi) kaynaklanır.



Lazer kesim tezgâhında rezanatör ve kesme kafası, su bazlı bir soğutma grubu tarafından (chiller) soğutulurak bunların aşırı ısınması engellenir (Görsel 1.35).

Soğutma grubu kontrolü ve çalışma verilerinin takibi, CNC kontrol paneli üzerinden sağlanır.

Emme Filtre Sistemi

Lazer kesim işlemi esnasında ortama aşırı miktarda toz, duman ve metal partikülleri yayılır. Bu kirleticilerin fabrika içerisine salınması, önce kesim operatörünün, sonra tüm fabrika çalışanlarının sağlığını olumsuz etkiler. Kirlenmiş hava, diğer makine ve donanımlara da büyük zarar verir.

Kesim alanında serbest dolaşan duman ve partiküller, kesme elemanlarına ve parça yüzeyine yapışarak kesme kalitesini olumsuz yönde etkiler.

Kesim atıkları ile kirlenmiş havanın tamamı, emiş sistemi ile çekilir. Yüksek performanslı, kartuş panel filtrelerden geçirilir. Böylece temizlenmiş hava, yeniden fabrika içerisine ya da dış ortama bırakılabilir (Görsel 1.36).



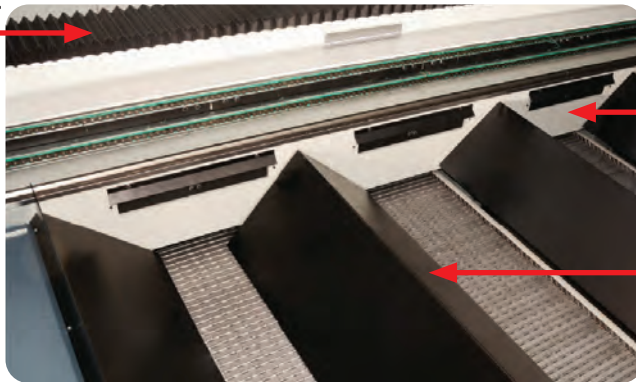
Görsel 1.35: Soğutucu



Görsel 1.36: Duman emme sistemi

Kesme alanının tamamı, kirli hava emiş sistemi ile donatılmıştır. Kesim ızgaralarının altında bulunan klapeler (açılır kapanır vana) kesme kafasının hareketine göre açılarak güçlü bir emiş etkisi sağlar (Görsel 1.37).

Eksen körükleri



Emiş kapakları

Kesme yüzeyi

Görsel 1.37: Kesme alanı duman emme klapeleri



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Kontrol Paneli

CNC lazer kesim makinesine ait bileşenlerin, kontrol ve kumandasının yapıldığı dokunmatik ekrana sahip görüntü panelidir.

Kumanda paneli ve ekran, tezgâhın kesim ünitesi üzerinde sabit olarak bulunabileceği gibi hareketli metal bir platform üzerine monte edilmiş modelleri de mevcuttur (Görsel 1.38).



- 1- Dokunmatik ekran / Arayüz
- 2- Kesme hızı pot.
- 3- Kumanda / Klavye
- 4- Acil durum kapama

Görsel 1.38: Kontrol paneli

Kontrol panelinden gerçekleştirilen işlemler şunlardır:

- ➔ Makineye ait sistemlerin kontrol ve kumandası
- ➔ Periyodik bakım takibi ve arıza teşhisi
- ➔ Veri ağı üzerinden diğer bilgisayar ve makinelere bağlanabilme
- ➔ Kesim programlarını saklama, seçme, düzenleme
- ➔ Kesim programlarının çizimini yapılabilme
- ➔ Haricî programlarda çizilmiş değişik uzantıları (DXF, DWG, IGES gibi) içe aktarma
- ➔ Yerleşim planının yapılması
- ➔ Malzeme açısı ve ölçü kontrolü (Tabla üzerinde malzemenin açısı ve ölçülerinin kontrolünü yapar.)
- ➔ Kesim parametrelerinin makineye yüklenmesi
- ➔ Kesme işleminin takibi

CNC kontrol sistemlerinde, önceden operatör tarafından yapılan bazı görevler, günümüz teknolojisi ile makine tarafından otomatik olarak yapılmaktadır. Kesme işleminin başarılı bir şekilde yerine getirilmesi, bir dizi işlemin sırası ile yerine getirilmesine bağlıdır.

Kesme işlemine öncelikle iki boyutlu (2D) resim çizimi yapılarak başlanır. Elde edilen çizim dosyası, CNC kesim tezgâhı kontrol sistemine internet ağı üzerinden ya da haricî bellek ile aktarılır. Kontrol sisteminin kendi yazılımı (üretici firmaların kendi geliştirdikleri kesim programı CAD/CAM) ile dosya bulunup açıldığında, çizim dosyasının uzantısı, CNC kesim yazılımına dönüştürülür. Bu yazılım ile kesim desenleri, gelişmiş geometri ve düzenleme özellikleri yardımı ile levha resmi üzerine yerleştirilir. Levha üzerine desenlerin konumlandırılması yapılırken en az fire verecek bir yerleşim planı hazırlanır. Plan, desenlerin üzerinde patlatma (delme) noktaları, giriş noktaları, ortak kesim kenarı olup olmadığı, desen kesim sırası gibi hususlar göz önünde bulundurularak hazırlanır. Bu çalışmaya **yerleşim planı** adı verilir. Tecrübeli operatörler tarafından hazırlanması, kesim maliyetlerini olumlu yönde etkiler. Kesim programı, CNC kesme tezgâhı kontrol panelinde yapılabileceği gibi aynı yazılımı kullanan haricî bir bilgisayarda hazırlanıp makine sistemine aktarılabilir.



Yerleşim planı ve kesme parametrelerini içeren kesme programı içerisinde malzeme cinsi, kalınlığı ve ölçüleri de bulunur. Operatör, kesim işlemine başlamak için makine hafızasından numaralandırılmış kesme programını çağırdığında bahsedilen kesim parametrelerinin tamamı ekrana gelir.

Bu parametreler, malzeme cinsi ve kalınlığına göre kesme gazı türü ve basıncı, nozul numarası, lens çapı, odak mesafesi gibi değerlerdir. Bu değerlerden odak lensi ve kesme gazı ile ilgili olanları tezgâh, otomatik olarak gerçekleştirirken nozul ile ilgili olanları operatör, el ile (manuel) yapar. Kesme programında belirtilen çaptaki nozulun seçimi ve takılması, operatörün sorumluluğundadır. Doğru nozul kullanmak, kesim kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Kesme kalitesini ve hızını etkileyen bu ayar işlemlerinin bir kısmı, makine tarafından yapılırken bazıları, operatör tarafından yapılır.

Nozul değişimini takiben bir dizi ayar işleminin yapılması gerekir. Bu işlemler:

Nozul Seçme ve Değiştirme

Bazı makinelerde verimliliği artırmak için nozul seçimi, otomatik bir sistem tarafından gerçekleştirilir. Otomatik nozul seçme ve takma özelliği olan makinelerde projeye uygun nozul, ilgili nozul standı üzerindeki nozullardan seçilerek, kesme kafasına otomatik olarak vida helisi yardımı ile takılır. Bu sistemin verimli çalışması, kesim programında belirtilen nozulların doğru stant numaralarına yerleştirilmesine bağlıdır (Görsel 1.39).



Görsel 1.39: Otomatik nozul değiştirici

Kesme kafası, program başladığında nozul standı üzerinde belirlenmiş nozul numarası üzerine gelerek, nozulu ilgili kanala döndürerek bağlar. Ardından nozul yükseklik ayarı (kalibrasyon) yapmak üzere kalibrasyon plakası üzerine yönelir.

Nozul Yükseklik Ayarı (Kalibrasyon - Dias)

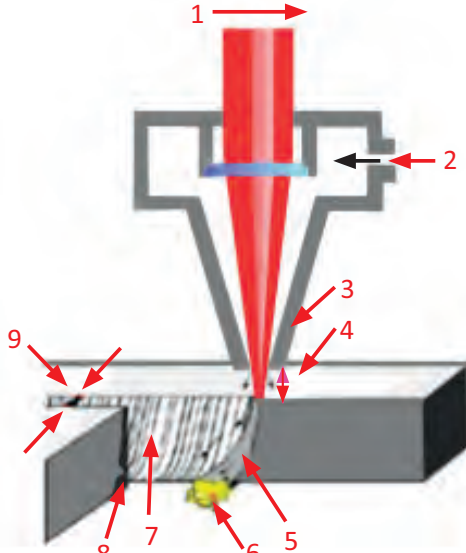
Nozul uç kısmının kesilecek parça yüzeyi ile arasındaki mesafenin büyüklüğü, kesme kalitesi üzerinde önemli rol oynar. Nozul değişimlerinde ve uzun kesme süreleri sonunda, nozul yükseklik ayarının yeniden yapılması gereklidir.

Yükseklik ayarı, makine kesim tablası üzerindeki bir platform aracılığı ile makine tarafından otomatik olarak gerçekleştirilir. Kesme kafası (torç), nozul değişiminden sonra kalibrasyon plakası (çoğunlukla pirinç malzemenen yapılmış pleyt) üzerine giderek, Z eksenı boyunca nozul ucu, kalib-



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

rasyon plakasına değinceye dek aşağıya iner. Değme gerçekleştiğinde kapasitif sensör yardımıyla bu nokta referans alınarak nozul ucu yaklaşık 1 mm yukarıya kaldırılır. Bu işlem üç kez tekrarlanarak doğrulaması yapılır. Böylece kesme kafası ve nozul kalibrasyonu (DİAS) sağlanır (Görsel 1.40).



Görsel 1.40: Nozul yüksekliği

- 1- Kesme hızı
- 2- Yardımcı gaz
- 3- Nozul
- 4- Nozul yüksekliği
- 5- Eriyik malzeme
- 6- Curuf
- 7- Kesme yüzgeği
- 8- Isıdan etkilenen bölge (ITAB, HAZ)
- 9- Kerf (kesme kanalı) kanalı genişliği

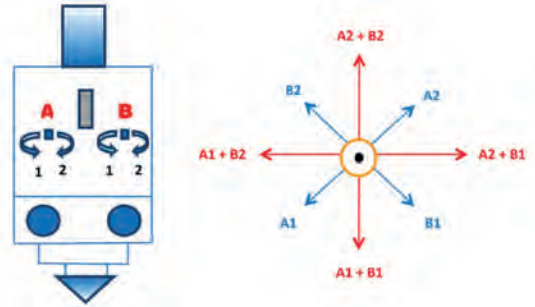
Nozul yüksekliğinin ayarlanması ile odak ayarı ve odak derinliğinin, CNC kontrol panelinde gösterilen değerlerde olduğu kesinlik kazanır. Çünkü nozul yüksekliği, odak derinliğinin içinde yer alan bir mesafedir. Nozul yükseklik ayarı ile elde edilen mesafe, kesme işlemi boyunca sensörler yardımıyla korunur. Böylece parça yüzeyinde oluşabilecek yükseltilere rağmen yüksek kalite ve hassasiyette kesim gerçekleşir.

Nozul Işın Merkez Ayarı (Tape shot)

Lazer ışını ile kesme gazı, nozul ucundaki delikten birlikte çıkar ve parça yüzeyine sevk edilir. Kesme gazı ile lazer ışının merkez eksenine, eş doğrultuda ve gaz hüzmesinin merkezinde konuşlanması gerekir. Nozul lens değişimlerinde ya da kesme kafası (torç) değişimlerinde ışın merkez ayarının, kontrol edilmesi önemli bir gerekliliktir.

Bu işlem için 1 mm nozul takılmalıdır (Gerekirse ayar işleminden sonra nozul değiştirilebilir). Nozulun uç kısmına özel bir bant yapıştırılır. Düşük bir frekansta (makine kapasitesinin %10'u kadar) ışın ile bir test atışı yapılarak bant üzerindeki yanık nokta teşekkülü izlenir. İzlemek için tezgâh üreticisi tarafından temin edilen mercekle kullanılır. Böylece görüntü büyütülerek nozul uç kısmının iz düşümü içerisinde, lazer noktası belirgin şekilde görünür. Noktanın dairenin merkezinde olmaması (kenarda olması) durumunda, kesme kafasında bulunan mercekle ayar vidaları yardımıyla mercekle hareket ettirilerek ışın yolunun merkeze çekilmesi sağlanır. İşlem süresince gerektiği kadar test atışı yapılarak iz düşümü izlenir, böylece ayar tamamlanır (Görsel 1.41).

Ayar işlemi boyunca test atışlarında, lazer ışına karşı gereken iş güvenliği tedbirleri mutlaka alınmalıdır.



Görsel 1.41: Nozul merkez ayarı



Nozul Temizleme

Nozul değişimini ve kalibrasyonu tamamlanan kesme kafası, kesim işlemine başlamadan önce ince ve hassas tellerden oluşan sabit bir fırça üzerine giderek nozul deliğinin bulunduğu alın kısmını temizler. Böylece nozulun alın kısmına yapışan cüruf ve atıklar temizlenir. Nozulun ucundaki cüruf ve atıklar, kesme kalitesini bozacağı gibi nozul yükseklik ayarını da etkileyebilir. Bu işlem, sadece her program başında değil uzun süren kesimlerde, belirli patlatma (delme) sayısından sonra otomatik olarak gerçekleştirilir (Görsel 1.42).

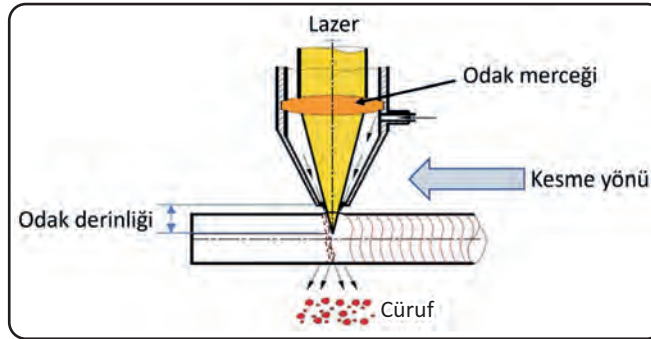


Görsel 1.42: Otomatik nozul temizleme

Odak Ayarı

Odak noktasının konumu, kesilecek malzemenin kalınlığına ve istenen kesim kalitesine göre kontrol sistemi tarafından belirlenir. Odak mesafesi ayarı, kontrol paneli üzerinden operatör tarafından müdahale edilebilen bir ayar parametresidir.

Odak noktası, kesilecek malzemenin üst ve alt yüzeyleri arasında olur. Işının nozulu terk ettiği nokta ile en küçük ve enerjisinin en yoğun olduğu nokta arasındaki mesafedir. Genel uygulamalarda odak derinliği, kesilecek parça kalınlığının yarısından daha az derinliğe denk gelir (Görsel 1.43).



Görsel 1.43: Odak mesafesi

Daha temiz bir kesim yüzeyi ve daha geniş kesme kanalı istenilen uygulamalarda, odak mesafesi artırılabilir.

İnce malzemelerin kesiminde, küçük odak mesafesi ayarlanır. Odak mesafesinin küçük olması, ince ve kenarları paralel bir kesme kanalı (kerf) oluşturur.

Malzeme kalınlığı arttıkça odak mesafesi artar. Odak mesafesinin fazla olması, merceği kirlenmelere karşı korurken daha geniş kesme kanalı oluşturur.

Kesme işlemi için kullanılan her merceğin, ayarlanabilir odak mesafe miktarları sınırlıdır. Ayar yapılması istenilen odak mesafesi, ilgili merceğe ait odak mesafe sınırları içinde olmalıdır.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Daha uzun odak mesafesi istenen durumlarda mevcut mercek, daha büyük çaplı mercek ile değiştirilerek odak nokta büyüklüğü ve odak mesafesi arttırılabilir.

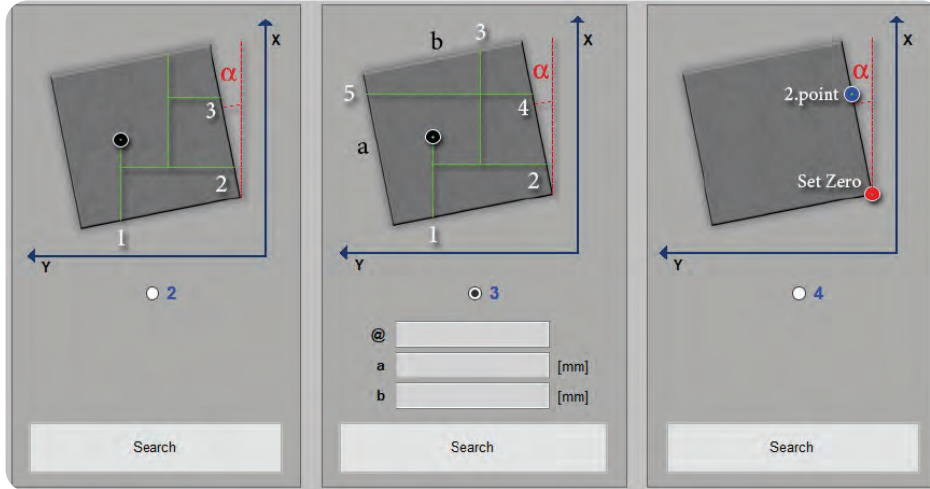
Odak noktası ayarı, önceleri farklı yöntemlerle manuel olarak (plastik malzemeye darbe yöntemi, mavi kıvılcım yöntemi gibi) yapılırdı. Günümüzde lens odak ayarı CNC kontrol sistemi tarafından otomatik olarak yapılmaktadır. Operatör, belli sınırlar dâhilinde sıfır mesafe odak ayarına, artı (+) ve eksi (-) değerlerde müdahale edebilmekte; böylece kesim kalitesi ve kesme hızını etkileyebilmektedir.

Sac Arama (Ölçme) Özelliği

Kesme tablası ya da mekik tabla üzerine rastgele koyulan sac malzemenin, boyutlarının ve kesme tabla üzerindeki konumunun (X ve Y eksenlerine göre yaptığı açının) ölçülmesi gerekir. Bu işlem, CNC kontrol sistemi tarafından kesme kafası aracılığı ile sac malzeme yüzeyi ölçülerek bulunur.

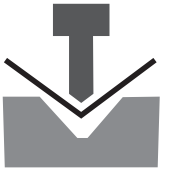
Bu işlem makine tarafından otomatik yapılır ve sacın ölçülerinin, kesme programında istenen toplam yüzey ölçülerine uygun olup olmadığına karar verilir.

Ayrıca sac malzemenin kenar yüzeyinin, kesme tablasının kenarı (Y eksen) ile yaptığı açı ölçülür. Bu şekilde tabla üzerindeki açılal konumu saptanır. Bu konuma göre kesme programı, aynı açı miktarı kadar döndürülerek çizimdeki kenar (motif) ile mevcut parça kenarının aynı doğrultuya gelmesi sağlanır. Böylece kesimi yapılacak malzemenin, kesme tablasındaki konumu ne olursa olsun motiflerin doğru bir şekilde kesilmesi sağlanır. Parça boyutlarına göre farklı ölçme tekniklerinden biri seçilerek sac arama özelliği aktif hâle getirilir (Görsel 1.44). Tüm bu işlemler, CNC kontrol sistemi tarafından otomatik olarak yapılır.

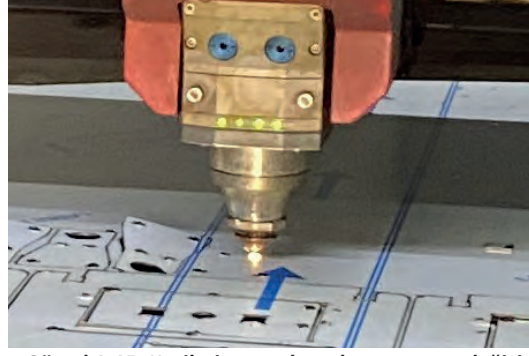


Görsel 1.44: Sac arama işlevi

Ayar işlemleri tamamlandıktan sonra operatörün komutu ile kesim işlemine başlanır. Kesim süresi boyunca operatör, kesme kafasının hareketlerini takip eder. İşlemin gözle kontrolü, kesme ünitesi dışında koruma camlı bölgeden yapılır. Kesme hızı, operatör tarafından anlık olarak değiştirilebilir. Hızın anlık belirlenmesinde kesme parametreleri dışında önemli bir husus da o proje için istenilen kesim kalite ve maliyet ilişkisidir. Hız arttıkça kesim yüzeyi düzgünlüğü değişir ve pürüzlülük artar. Bununla birlikte kerf kanalı daralır ve kesim süresi kısalmır. Bu durum kesim maliyetini düşürür.



Özellikle küçük parçalar, kesim işleminde sorun yaratabilir. Kesimi biten parça, ana levhadan ayrılarak konumunu değiştirir. Bazen ızgaradan aşağıya düşer bazen de eğilerek yukarıya kalkar (Görsel 1.45). Kesme kafası, bu parçalara takılarak durur. Bu olumsuzluğu önlemek için küçük parçalı kesimlerde kesme işlemi arada durdurulur. Kesimi biten parçalar, levha içerisinden mıknatıs yardımı ile toplanıp işleme devam edilir.



Görsel 1.45: Kesilmiş parçaların konumunun değişimi

Bu şekilde sorun yaratabilecek durumlar, kesme programı oluşturulurken göz önünde bulundurulur. Kesme programının aşamalarından biri olan yerleşim planı hazırlama evresinde, desen sırası ve kesme kafasının ilerleme yönü belirlenirken sürekli ileriye doğru hareket edecek bir yaklaşım benimsenir. Nozulun, kesimi bitmiş parça boşluklarından geçmemesi sağlanır.

Lazer Kesim Örnekleri

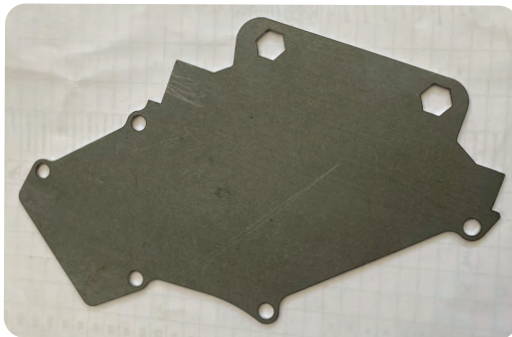
Lazer kesim işleminin daha başarılı olması için aşağıda sıralanan şartların sağlanması gerekir.

- ➔ İstenilen tür ve kalınlıktaki metal malzemenin kesilebilmesi
- ➔ İstenilen hızlarda kesim yapılabilmesi
- ➔ İstenilen yüzey düzgünlüğünde pürüzsüz kesim yapılabilmesi
- ➔ Mümkün olan en dar kesme boşluğu (kerf) ile kesilmesi
- ➔ Mümkün olan en az kerf konikliği (kesme boşluğu kenar eğimi) ile kesilmesi
- ➔ Isıdan etkilenen bölgenin en dar ölçülerde olması
- ➔ Desene giriş ve köşe kesim noktalarında geometrik sürekliliğin bozulmaması
- ➔ Alt yüzeyde cüruf birikimi olmadan kesim yapılabilmesi

Lazer kesim kalite ve hassasiyetinin sağlanması için bazı değişkenlerin doğru seçilmesi ve ayarlanması gerekir.

Bu değişkenler şunlardır:

- ➔ Malzeme türüne ve kalınlığına uygun makine ve donanım
- ➔ Uygun kesme gazı
- ➔ Kesme gazı basıncı
- ➔ Kesme hızı
- ➔ Doğru ayarlanmış parametreler (nozül, nozul kalibrasyonu, odak ayarı, tape shot vb.) (Görsel 1.46).



a) Doğru kesim



b) Hatalı kesim

Görsel 1.46: Lazer kesim örnekleri



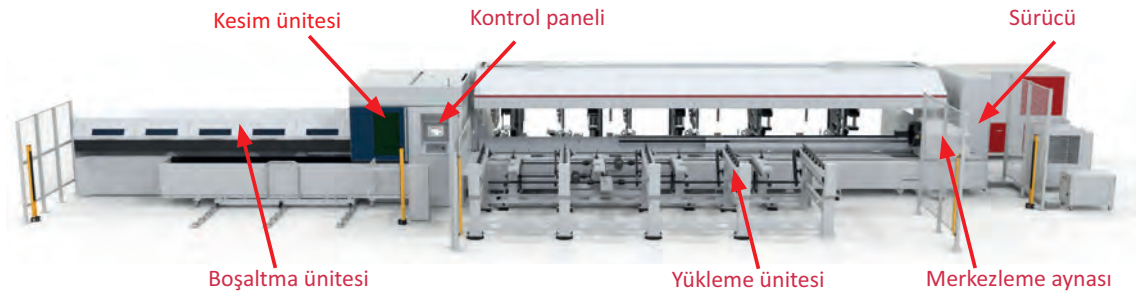
Lazer Kesme Yöntemi ile Boru ve Profil Kesimi

Lazer boru kesme makineleri; boru ve profil boru malzemelere delme, kesme, ara kesit kesimleri gibi işlemleri tam otomatik yükleme ve boşaltma sistemleri ile el değmeden gerçekleştiren makinelerdir. Lazer kesim tekniği ile değişik form ve ölçülerdeki malzemeler, belirli kalınlığa kadar kesilebilmektedir (Tablo 1.2).

Tablo 1.2: Parça Formuna Göre Kesim Kapasiteleri

PARÇA FORMU	MAKSİMUM ÖLÇÜ	KALINLIK
BORU	Ø 220 mm	10 mm
KARE PROFİL	150 X 150 mm	10 mm
DİKDÖRTGEN PROFİL	150 X 100 mm	10 mm

Lazer boru kesim makineleri; otomotiv, mobilya, raf sistemleri, tarım makineleri, çelik konstrüksiyon, enerji nâkil hatları gibi alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır. CNC lazer boru kesme makineleri otomatik yükleme ve boşaltma sistemleri ile donatılmış makinelerdir (Görsel 1.47).

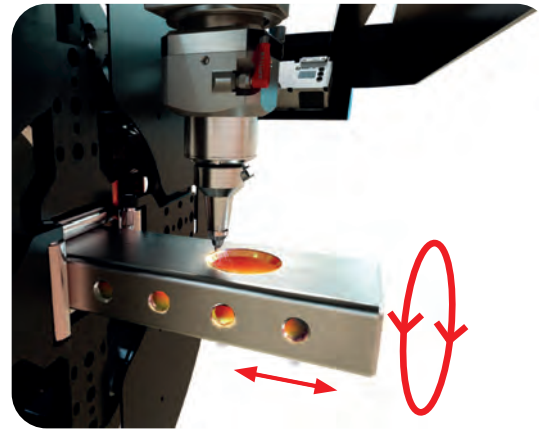


Görsel 1.47: Lazer boru kesim makinesi

Yükleme ünitesi üzerinden (istiften) boru transfer sistemi ile tek tek alınan boruların, boy ölçüm sistemi tarafından ölçümü yapılır ve ölçüm değerleri CNC kontrol birimine iletilir. Boru profilin et kalınlığına göre gücü ayarlanabilen dört çeneli tutucular ile boru kavranır ve merkezleme aynasına sürülür.

Merkezleme aynası, kesim programındaki ölçülere göre profil boru gelmeden önce çene ölçülerini ayarlar ve kesme kafasının hemen önünde bulunur.

Parça, sürücü ünite tarafından helisel kremayer dişli eksen hareketleri ile 2 (X, Y) boyutta hareket ettirilir. Kesim kafası, Z eksen hareketi ile sadece nozul yüksekliğini (değişen parça kenarlarına göre) ayarlar. Kesim kafası 0-45° yatırılarak eğimli kesimler yapılabilir. Kesimi biten profil borular, boşaltma ünitesine doğru sürülerek işlem bitirilir (Görsel 1.48).



Görsel 1.48: Lazer boru kesiminde eksen hareketleri



1.1.4.4. CNC Plazma Kesim Makinesi

Plazma yöntemi ile iletken olan tüm metallere markalama, kesme ve oluk açma işlemleri uygulanabilir.

Plazma yöntemi, portatif makineler sayesinde hava basıncı ve elektrik enerjisinin olduğu her yerde el yordamı ile kullanılabilir.

Ayrıca kesme gövdesi üzerine monte edilmiş CNC teknolojisini kullanan köprü donanımı ile ağır ve büyük ebatlara sahip levhaların, yüksek hız ve hassasiyetle kesilmesi mümkündür (Görsel 1.49).

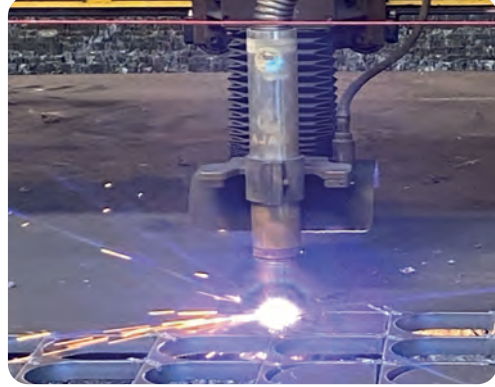


Görsel 1.49: CNC Plazma kesim makinesi

Plazma Kesim

Doğru akım güç kaynağından alınan elektrik enerjisinin, basınçlı havayı iyonize etmesi sağlanır. İyonize olmuş basınçlı hava akımına **plazma** adı verilir.

Yüksek sıcaklığa sahip plazma, torç yardımıyla iletken metal yüzeyine yönlendirilirse kesme ya da oluk açma işlemi gerçekleşir (Görsel 1.50).



Görsel 1.50: Plazma kesim

CNC plazma kesim makinelerinin imalat sektörlerinde yoğun olarak kullanım sebepleri şunlardır:

- Diğer CNC kesme teknolojilerine göre yatırım maliyeti düşüktür.
- Kesme işlemi için sarf malzeme maliyetleri düşüktür.
- Yüksek hızlarda kesim gerçekleştirir.
- Açılı kesim yapılı ve açı ayarı panelden kontrol edilebilir.
- Boru ve profil malzemelere kesim uygulanabilir.
- Köprü üzerine oksijen-gaz alevle kesme torcu bağlanabilir.
- Köprü üzerine çoklu delik delme, havşa (vida yuvası açma) açma ve vida çekme ünitesi bağlanabilir.
- Kesme kalitesinin iyileştirilmesi için gelişen bir teknolojiye sahiptir.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

CNC plazma kesim makinelerini yaygın olarak kullanan sektörler şunlardır:

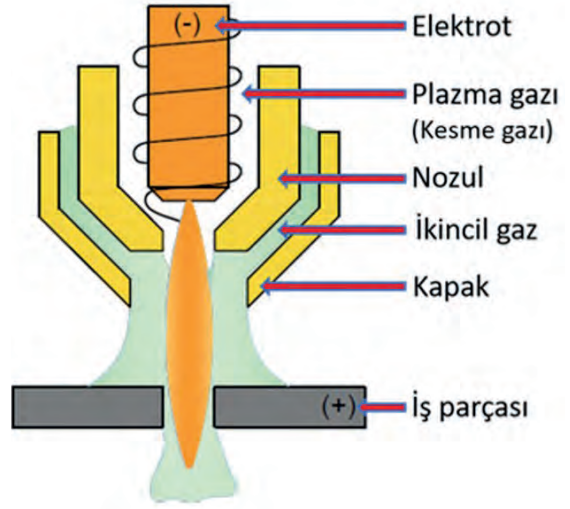
- ➔ Vagon sanayi
- ➔ Gemi inşa sanayi
- ➔ Çelik konstrüksiyon imalatı
- ➔ İş ve tarım makineleri imalatı
- ➔ Basıncılı kap ve kazan imalatı
- ➔ Enerji makineleri (rüzgâr türbini) imalatı

Kesim İşlemi

Plazma kesim yönteminde belirleyici unsur malzeme cinsi ve kalınlığıdır. Diğer değişkenler bu özelliklere göre belirlenir.

Kesme işlemi, torç içerisinde bulunan elektrot yardımıyla kesme gazının plazma oluşturması prensibine dayanır. Kesme işleminde sarf edilen gazın önemli bir miktarı plazma oluşumu için harcanır. Ayrıca bir miktar gaz, plazma arkının çevresinden parça yüzeyine doğru burulma hareketi ile akar. Nozul çevresinden akan diğer gaz hattı, plazmanın dağılmasını engellediği gibi belirli bir doğrultuda toparlanmasını da sağlar. Böylece plazma arkının ısı, kesme kanalı içerisine odaklanır (Görsel 1.51).

Plazma arkını dıştan sarmalayan gaz hattına **ikincil gaz** ya da **soğutma gazı** adı verilir. Plazma, gaz türüne göre belirlenir. Plazma oluşumu için kullanılan gazlar, aynı zamanda ikincil gaz olarak kullanılabilir.



Görsel 1.51: Plazma gaz akış şeması

Kesme gazları, kesim yapılacak malzeme türüne göre değişir.

➔ Hava

Normal kesme kalitesi ve kesme hızları için düşük ve orta alaşımlı çelik malzemelerde kullanılır. Ekonomik açıdan düşük maliyetlidir.

➔ Oksijen (O₂)

Düşük ve orta alaşımlı çelik için yüksek kesme hızı ve yüksek kesim kalitesi elde edilir. Kullanılan gaz, %99,9 saflıkta oksijendir.

➔ Azot (N₂)

Paslanmaz çelik ve alüminyum malzemelerde yüksek kesme hızı ve yüksek kesim kalitesi için kullanılır.

➔ F5 ve H35

Argon ve helyumdan oluşan karışım gaz türleridir. İnce paslanmaz çeliklerin ve alüminyum malzemelerin yüksek kesim kalitesi için kullanılır.

Kesme gazlarının kullanım basınçları, CNC sistem tarafından kesim ihtiyacına göre belirlenir. Basınç ayrıca kontrol panelinden düzenlenebilir. Gaz iletim hatlarındaki arızalar, panele yansıtılarak



tezgâhın çalışması, kontrol sistemi tarafından durdurulur.

CNC plazma kesme makinelerinde kesme akım aralığı, 30 amper ile 400 amper arasında değişir. Alışlagelmiş kesim tezgâhlarında kesme akımı, 130 ve 260 amper olarak kullanılır.

Akım şiddeti ve plazma gazı seçimine göre farklı malzemeler, değişik kalınlık değerlerine kadar plazma kesim tekniği ile kesilebilmektedir (Tablo 1.3).

Tablo 1.3: CNC Plazma Kesmede Malzeme Kalınlıkları

MALZEME	AKIM ŞİDDETİ AMPER	GAZ	PATLATMA KALINLIĞI	MİNİMUM KESİM KALINLIĞI	MAKSİMUM KESİM KALINLIĞI	GAZ SARFIYATI Lt/dk.
ÇELİK	130	O ₂	30	3	2	16
	260	O ₂ /HAVA	40	6	65	28,5
	260	N ₂	40	40	100	-
PASLANMAZ ÇELİK	130	N ₂	15	6	20	78,5
	260	HAVA	25	6	50	-
	260	N ₂	40	10	100	123
ALÜMİNYUM	130	N ₂ /HAVA	20	6	25	40
	260	N ₂	40	6	50	114

Patlatma Noktası

Kesime başlama noktası, kesim kenarının dışında seçilen patlatma noktasıdır.

Patlatma, plazma ark parametrelerinde anlık değişim gerçekleştirilerek parça üzerinde delik açılması işlemidir. Bu işlem, saniyenin yarısı kadar bir sürede gerçekleşir. Patlatma anında torç bir miktar yükseltilir, böylece sarf malzemelerinin, sıçrayan eriyik metal damlalarından korunması sağlanır. Patlatma işlemi ile açılan kanaldan kesim devam eder. Patlatma ve kesime başlama, CNC sistem tarafından kontrol edilir.

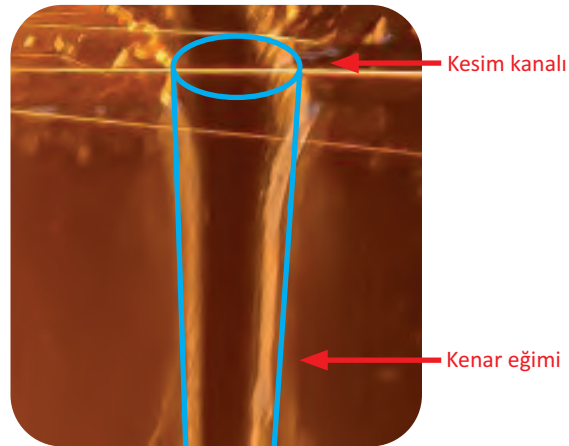
Patlatma kalınlığı, tüm kesim kapasitelerinde en yüksek kesim kalınlığından daha düşüktür.

Giriş Noktası

Üretim programına göre kesilecek desen dışında gerçekleştirilen patlatma ile kesme kanalı oluşturulur. Kesme kanalı, kısa bir hat ile kesim deseni çizgisine giriş yapar. Bu noktaya **giriş noktası** adı verilir. Kesim programı yapılırken giriş noktasının, desen çizgisine en düşük açı ile girmesi sağlanır. Aksi hâlde kesilen parçaların başlangıç noktalarında çentik oluşumları gözlenir.

Plazma kesim uygulamalarında kesim yüzeyinde az da olsa çapak oluşumu gözlenir. Çapak oluşum miktarı, tezgâh bileşenleri ve parametre ayarlarına bağlı olarak az ya da çok olabilir. Kesim kalitesini belirleyen önemli özelliklerden biri de kenar eğim açısıdır.

Plazma kesimde, kesilen parça üzerinde oluşan kesme kanalına **kerf** denir. Kesme kanalında, plazma hüzmesinin giriş yaptığı üst yüzey ile çıkış yaptığı alt yüzey genişlikleri arasında bir fark meydana gelir. Kerf kanalında, az da olsa konik bir oluşum gözlenir. Kesilen parça kalınlığı arttıkça konik oluşumun eğimi de artar (Görsel 1.52).



Görsel 1.52: Kesim kenar eğimi



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Not: ISO 9013 Termal Kesim - Termal Kesimlerin Sınıflandırılması - Geometrik Ürün Özellikleri ve Kalite Toleransları standardı aşağıdaki parça kalınlıkları için kesim yöntemlerini açıklar.

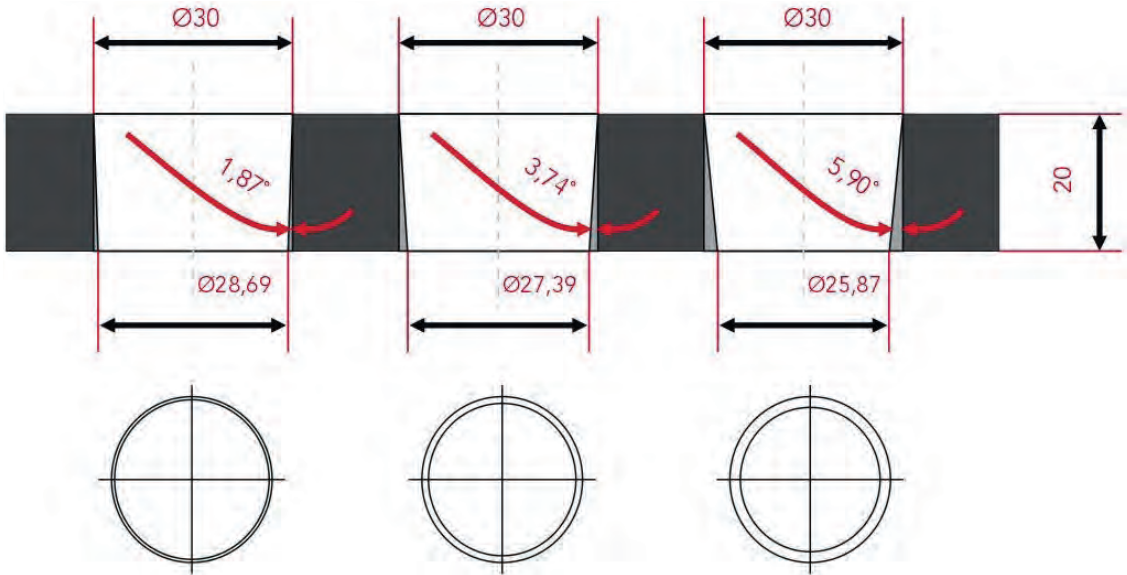
- 3 mm-300 mm arası alevli kesim
- 0,5 mm-150 mm arası plazma kesim
- 0,5 mm-32 mm lazer kesim

Buna göre kesme kanalı kenar eğimleri, 5 ayrı sınıfta değerlendirilmiştir (Tablo 1.4).
1 ve 2. sınıf kenar eğim açıları, lazer kesim uygulamalarında elde edilebilecek kadar düşüktür.
3 ve 4. sınıf kenar eğim açıları, plazma kesim uygulamalarında elde edilir.
5. sınıf kenar eğim açıları, alevle kesim uygulamalarında elde edilir.

Tablo 1.4: Kesim Kenarı Eğim Standardı

ISO 9013 SINIF 3	ISO 9013 SINIF 4	ISO 9013 SINIF 5
10 mm Açık / Eğim: 3.18°	10 mm Açık / Eğim: 6.33°	10 mm Açık / Eğim: 9.75°
12 mm Açık / Eğim: 2.58°	12 mm Açık / Eğim: 5.15°	12 mm Açık / Eğim: 8.00°
20 mm Açık / Eğim: 1.871°	20 mm Açık / Eğim: 3.74°	20 mm Açık / Eğim: 5.90°

Uygulanan kesim yöntemine göre farklı kenar eğim açıları elde edilir (Görsel 1.53).



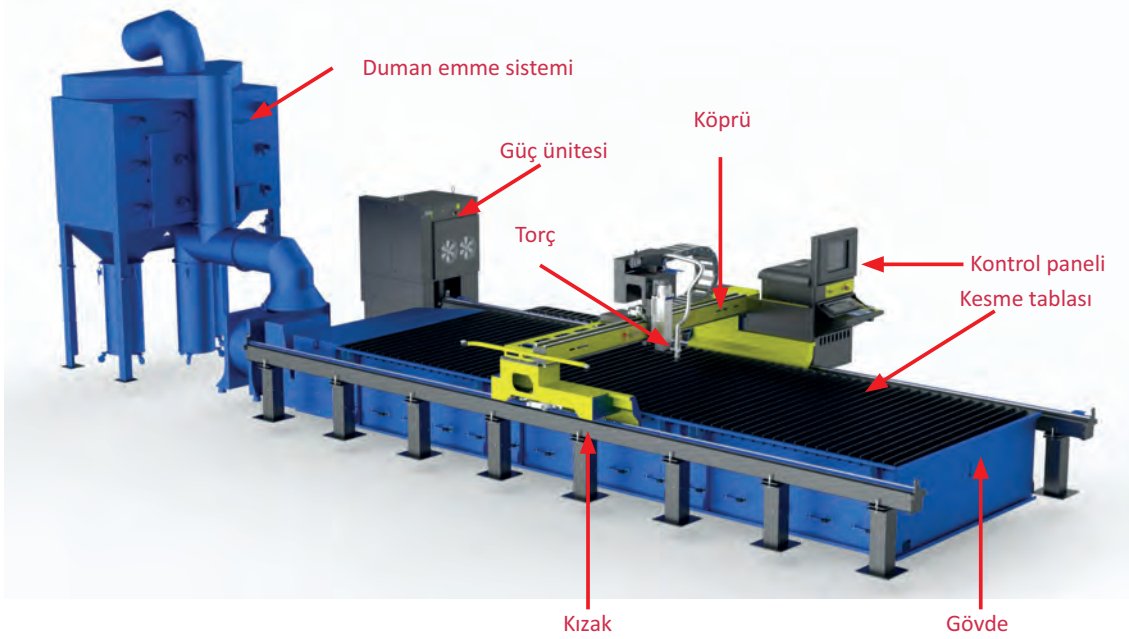
Görsel 1.53: Kesim kenar açıları



Kenar eğimi istenmeyen uygulamalarda, özellikle 4. ve 5. sınıf kenar eğimi ile kesim yapıldığında parça kesim kenarlarına talaşlı imalat yöntemi ile düzeltme gerekebilir.

Plazma Kesim Makinesinin Kısımları

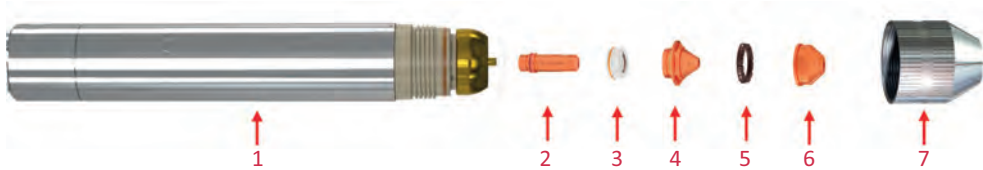
CNC plazma kesim makineleri; torç, gövde, köprü, plazma güç kaynağı, CNC kontrol ünitesi ve duman emme sisteminden oluşur (Görsel 1.54).



Görsel 1.54: CNC plazma makinesi kısımları

Torç

Kesme işlemi için gerekli olan plazmanın oluşturulduğu kesme aparatıdır. Elektrik ve gaz iletim hatları, torcun gövde kısmında toplanır. Plazma, sarf malzemelerinin takılı olduğu uç kısımda oluşur (Görsel 1.55).



Görsel 1.55: Torç

Torç bileşenleri şunlardır:

1. Gövde
2. Elektrot
3. Girdap halkası (Swirl ring)
4. Nozul
5. Gaz ringi
6. Koruma (Shield)
7. Koruma kapağı (Shield cap)



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Kesim süresi boyunca kesme akımı ve voltajına bağlı olarak torç bileşenleri aşınır ve yıpranır. Kaliteli kesim için belirli bir kesim süresi sonunda sarf malzemeleri yenilenmelidir. Ayrıca CNC, kontrol zamanı geldiğinde sarf malzeme değişimi için operatörü uyarır (Görsel 1.56).



Görsel 1.56: Torç sarf malzemeleri

Düz kesim kenarı istenen uygulamalarda, sabit açılı plazma torcu kullanılır.

Çelik konstrüksiyon uygulamalarında, kesim kenarının kaynaklı birleştirmeler için hazır olması istenir. Açılı kenar gereksinimi, açı ayarlı torç kullanılarak karşılanır (Görsel 1.57 a,b).



a) Manuel açı ayarlı torç



b) Otomatik açı ayarlı torç

Görsel 1.57: Açı ayarlı torç çeşitleri

Açı ayarlı plazma torçları kullanılarak istenilen açıda kesim gerçekleştirilir. Böylece malzeme kesilirken kesim kenarı, kaynak ağzı formunu alır (Görsel 1.58).



Görsel 1.58: Plazma kesimde kaynak ağzı formları



Gövde

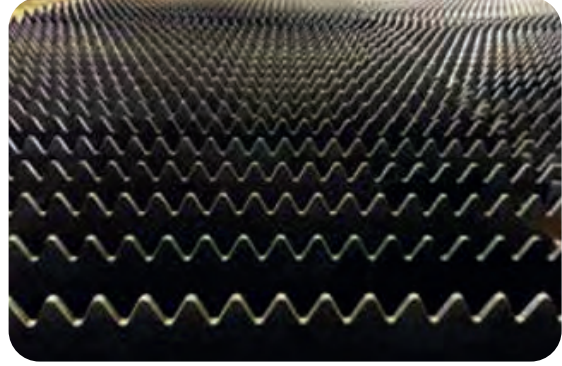
Üzerine kesilecek malzemenin koyulduğu, iki kenarındaki kızaklar üzerinde köprü donanımını taşıyan ve tezgâhın ana bileşeni olan kesim masası kısmıdır.

Gövde üzerinde, her iki kenarda ray kızaklarının olduğu sabit kesme tablası bulunur. Bazı makine çeşitlerinde mekik tabla sistemi de kullanılmaktadır.

Çelik konstrüksiyon ve CNC talaşlı imalat yöntemi ile üretilen gövde, metrekare alanda 1 ton malzemeyi taşıyabilecek tasarıma sahiptir.

Makine türüne göre sulu sistem kesim masası olabileceği gibi mekanik duman emme sistemi ile de çalışabilir.

Kesim anında malzeme de olabilecek esneme ve titreşimleri ortadan kaldırmak için ızgara tasarımı kullanılır (Görsel 1.59).



Görsel 1.59: Kesim tablası ızgaraları

Kesme ızgaralarının her iki yönünde, köprü donanımının üzerinde hareket ettiği kızaklar bulunur. Kızaklar, üzerindeki hareket, kuru sistem helis kremayer dişli ve servo motor teknolojisi ile sağlanır (Görsel 1.60).



Görsel 1.60: Kremayer dişli ve servo motor

Kızaklar üzerinde torç hareketini, sağlayan tüm donanımları taşır. Köprü adını, kesme tablası üzerindeki konumundan alır. Torcun üç eksen hareketi köprü tarafından sağlanır.

Plazma kesim makinelerinde; uzun kenar (kesme tablası boyu) X eksen, kısa kenar (köprü) Y eksen, torç düşey hareketleri Z eksen olarak tanımlanmıştır (Görsel 1.61).



Görsel 1.61: X, Y, Z eksenleri



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

X ve Y eksen hareketleri, köprü üzerindeki servo motorlarla sağlanır. Servo motorlar, kesme tablasının tamamını kapsayacak şekilde geniş bir hareket alanına sahiptir.

Z eksen hareketi, sadece aşağıdaki işlemler için gerçekleşir.

- ➔ Patlatma anında torcun yükselmesi
- ➔ Nozul yükseklik ayarı
- ➔ Parça sıfır alma (parça ölçümü)

Z eksen hareketi, torç yükseklik kontrol (THC), sistemi tarafından sağlanır. THC yükseklik ayarını üç farklı metot ile gerçekleştirir.

Yükseklik alma ayarı, iyi bir kesme kalitesi için mutlaka yapılması gereken bir ayar parametresidir. Elektrot ve torç bileşenleri, kesim süresi boyunca aşınır. Patlatma sayısına bağlı olarak aşınma miktarı da artar. Aşınmış elektrot, plazma arkında voltaj yükselmelerine yol açar. Kesim süresine bağlı olarak operatör tarafından belirli aralıklarla, yükseklik ayarının yenilenmesi gerekir. Bazı makinelerde bu ayar, kendiliğinden (THC) yenilenir. Yeni kesme programı başlatılırken yükseklik ayarı mutlaka yapılır. (Görsel 1.62).

Yükseklik ayarı, CNC kontrol sistemi tarafından üç farklı yöntem kullanılarak yapılır.

Omik Kontrol

İnce ve temiz malzemelerde, elektriksel temasın mümkün olduğu hâllerde, parça yüzeyinden omaj değeri ölçümü ile yükseklik belirlenir.

Ark Kontrol

İnce ve boyalı saclarda, ince bir ark oluşturulur. Ark parametrelerine göre yükseklik belirlenir.

Siviç (Switch) Kontrol

Esneme yapmayacak kadar kalın malzemelerde THC kızzakları, torç malzeme yüzeyine belirli bir basınç yapana kadar indirilir. Kızzaklar temas noktasından program değeri kadar yukarıya çekilerek yükseklik ayarı yapılır.

Güç Ünitesi

Plazma oluşumu için gerekli olan elektriksel parametrelere uygun, enerji üretimini sağlayan ünedir. Diğer bir ismi de plazma jeneratörüdür. 30 amperden 400 amper kadar akım üretebilen üniteler mevcuttur. Endüstriyel sektörde en yaygın kullanılan plazma üniteleri, 130 ve 260 amper akım üreten modellerdir. Diğer önemli parametre, kesme gerilim (voltaj) değeridir. Bu değerler, kontrol panelinden girilen değere göre CNC kontrol sistemi tarafından kumanda edilir. Optimum çalışma koşullarına göre kontrol sistemi, voltaj ve akım değerine kendisi müdahale eder (Görsel 1.63).

Güç ünitesi içerisinde sıvı soğutma sistemi bulunur. Sıvı soğutma sistemi, güç ünitesini ve torç bileşenlerini soğutur. Sistem torç içerisinde dolaşarak soğutma yaptığı için elektriği iletmeyen sıvı tercih edilir.



Görsel 1.62: Torç Z eksen hareketi



Görsel 1.63: Plazma jeneratörü



Duman Emme Sistemi

Kesme işlemi süresince çıkan zararlı gaz, duman ve partiküllerin emilerek filtre edilmesi için kullanılır (Görsel 1.64). Kartuşlu filtreye sahiptir. Kesme tablasındaki ızgaraların alt kısmından, sadece torcun kesme yaptığı yüzeyden emiş yapar.

Duman emme sistemi dışında ayrıca sulu sistem kullanılır. Sulu sistemde kesme tablasının alt kısmı, su haznesi şeklindedir. Kesim artıkları, su dolu hazneye düşer. Böylece toz ve duman oluşumu azaltılır.

Kontrol Paneli

Plazma kesme makinesine ait bileşenlerin kontrolünü sağlayan ana kumanda sistemidir (Görsel 1.65).

Üretim programının gerektirdiği tüm parametre ayarlarının, operatör tarafından yüklendiği ünedir. Kesme süresi boyunca tüm değişkenleri, sürekli kontrol altında tutar. Olası hataları, oluşmadan engeller.

Farklı uzantılara sahip CAD çizim dosyalarını tanır ve çalıştırır. Hafızasına gömülü olan çeşitli geometrik şekiller, sadece ölçü girilerek kolaylıkla çizilir. Ağa bağlanarak ya da USB bellek yardımıyla dış kaynakta hazırlanmış üretim programlarını çalıştırır. Kesme için gerekli olan tüm parametre ayarlarını, otomatik olarak gerçekleştirir.

Sac sıfırı alma özelliği ile sacın, kesme tablasına gelişigüzel koyulmasına imkân sağlar. Sac malzemenin, tabla üzerinde konum açısını ölçer ve kesme programını aynı açı değeri kadar döndürür.

Kontrol panellerinin yanı sıra plazma tezgâhlarında ayrıca el kumanda sistemleri de bulunur. Başlama, durdurma, kesim hızı gibi temel işlemler el kumanda ünitesi tarafından kontrol edilebilir.

Plazma tezgâhlarının kontrol panellerinde kendilerine has arayüz uygulamaları kullanılır. Arayüz tasarımları, marka ve modele göre değişmekle birlikte parametre içerikleri aynıdır (Görsel 1.66).



Görsel 1.64: Duman emme sistemi



Görsel 1.65: CNC kontrol paneli

PARAMETRELER	
SULU KESİM SİSTEMİ	OFF
EKSEN TİPİ	100
YUKARI KALKIŞ MESAFESİ	20.000 mm
MIKRO JOINT	OFF
İLK YÜKSEKLİK MODU	ON
MAKİNA CİSİ	YERLEŞTİRİLMİŞ
KESİM TABLOLARI	
PURGE	EMİLEMEK ZORUNLU
V EKSENİ MAKİNA SIFIRI	0
THC DESETLERİ	
DALİSİZLİK TORCH	ON
KENAR BUL	
DİL	YERLEŞTİRİLMİŞ
CİKİS	

Görsel 1.66: Panel arayüzü (parametreler 1)



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

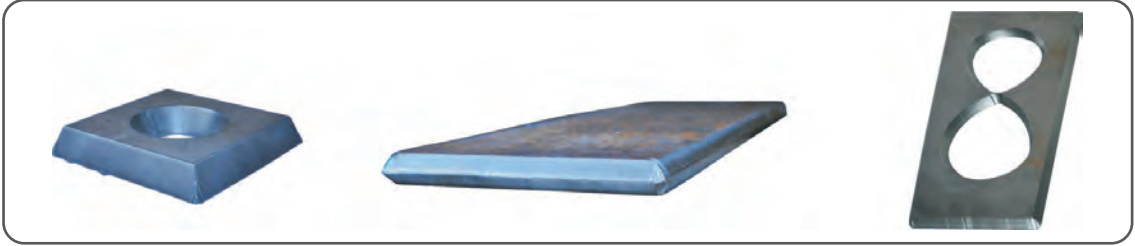
Kesim tabloları sekmesi seçildiğinde kesme programı için gerekli olan değişkenlerin listesi açılır (Görsel 1.67).



Görsel 1.67: Panel arayüzü (parametreler 2)

Malzeme türü, kesme akımı, kalınlık, kesme gazı seçildiğinde torç bileşenleri, (kesim uçları) CNC kesme programı tarafından belirlenir.

Plazma kesim tekniği ile değişik kalınlıklarda levha ve boru malzemeler, yüksek hız ve hassasiyette kesilebilmektedir (Görsel 1.68).



Görsel 1.68: Plazma ile açılı ve düz kesim uygulamaları

Plazma İle Boru Kesme

CNC plazma boru kesim tekniği, plazma makinesine entegre edilerek çalıştırılan boru pozisyoner sistemi ile gerçekleştirilir (Görsel 1.69).



Görsel 1.69: Plazma ile boru kesme



Boru kesim işleminde, patlatarak kesim yöntemi ile en fazla 40 mm kalınlığındaki boru malzemeler, plazma yöntemi ile kesilmeye uygundur. Dışarıdan girilerek gerçekleştirilen boru kesimlerinde, malzeme kalınlığı 60 mm'ye kadar çıkabilmektedir (Görsel 1.70 a,b,c).



a) Dik açılı kesim



b) Açılı kesim



c) Geometrik kesim örneği

Görsel 1.70: Plazma ile boru kesme uygulamaları

1.1.4.5. CNC Alevle Kesim Makinesi

Plazma kesim teknolojisi ile kesilmeyecek kalınlıktaki malzemelerin, CNC sistemle seri olarak kesilmesi için kullanılır.

Alevle kesim sistemi, plazma kesim makinelerinin opsiyon özelliğidir. Makinenin tüm bileşenleri aynıdır. CNC plazma kesim makinesinde alevle kesme işlemi için ilave donanım gerekir. İlave olarak yanıcı gaz ve oksijen gazı iletim hortumları, otomatik valf sistemleri ve CNC kontrol sistemi için geliştirilmiş gaz kesim başlığı kullanılır (Görsel 1.71).

Yanıcı gaz olarak propan (C_3H_8) tercih edilir. Yanıcı gaz olarak saf oksijen (O_2) gazı kullanılır.

Bu yöntemle 300 mm kalınlığa kadar kesim yapılabilir. Kaynak ağzı formunda yüzey elde edebilmek için istenildiği takdirde açılı kesme başlığı kullanılabilir. Aynı köprü üzerinde çok sayıda alevle kesim başlığı kullanılarak işleme hızı artırılabilir (Görsel 1.72).



Görsel 1.71: CNC alevle kesim başlığı

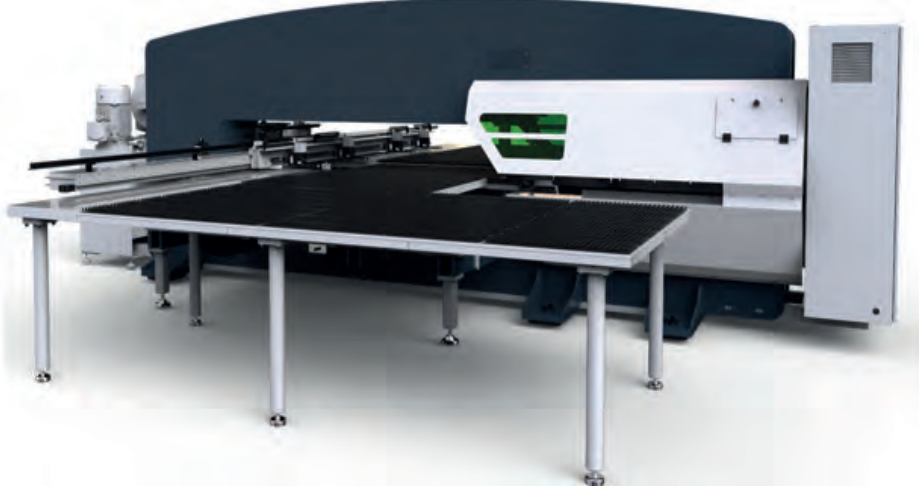


Görsel 1.72: CNC alevle kesim



1.1.4.6. CNC Panç Pres Makineleri

Panç pres, levha malzemelerden kalıplar yardımıyla istenilen şekillerin kesilerek (kopartılarak) çıkarıldığı makinelerdir (Görsel 1.73). Aynı zamanda belirli ölçüler dâhilinde şişirme, kabartma, markalama gibi form verme işlemlerini de yapabilmektedir.



Görsel 1.73: CNC panç pres

Panç presler, adından da anlaşılacağı üzere, kalıplar ve baskı gücüyle form verme işlemlerini kapsadığı için aslında bir form makinesidir. Bu tanımlamadan yola çıkılarak, kullanım esası açısından levha işleme tezgâhı gibi görünse de günümüzde, daha çok kalıplar yardımıyla geometrik açıdan çok karmaşık olmayan küçük parçaların kesilerek (koparılarak) çıkarıldığı makinelerdir. Herhangi bir termik enerjiyi kullanmadan mekanik ve temaslı kesme yapar. Aynı zamanda kesme işleminde kalıp kullanıldığı için işletme maliyeti düşük olan kesme tezgâhıdır. Panç preslerde, belirli kalınlığa kadar (6 mm) malzeme işlenebilmektedir.

Panç (Punch) pres makineleri, kesme ve form verme işlemlerini (pançlama), CNC kontrol teknolojisini kullanarak yapar (Görsel 1.74). Panç preste çeşitli amaçlar için kullanılan kalıpların seçimi, işlenecek levhanın seçilen kalıp arasına konumlandırılması CNC kontrol sistemi ile sağlanır.



Görsel 1.74: Panç pres uygulama örnekleri

CNC panç preste, belirli kalınlığa kadar metal levha malzemeler, yüksek hızlarda işlenebilmektedir.

Sektörde yaygın kullanım alanına sahip makinelerin başlıca kullanım üstünlükleri şunlardır:

- ➔ İşletme maliyeti düşüktür.



- Kesme ve delme işlemleri için ilave girdiye (plazma, lazer, oksî-gaz alevî, kesme gazı vb.) gerek duyulmaz.
- Kalıp ömrü yüksektir. Gerektiğinde mikron seviyelerinde defalarca taşlama yapılarak uzun süre kullanılabilir.
- Koordinat eksen hızları ve taretin (CNC tezgâhlarında kesici takımların yer aldığı döner ekipman) kalıp pozisyonlama hızı yüksek olduğu için işleme süresi bakımından elverişli tezgâhlardır.
- Kesme ve delme işlemlerinin yanı sıra belirli ölçülerde form verme işlemlerini yapabilir.
- CNC kontrol sistemi sayesinde seri ve hassas üretim gerçekleştirir.
- Üretim şekli, İSG (iş sağlığı ve güvenliği) riskleri açısından güvenli bir çalışma ortamı sağlar.
- Kesme ve delme işlemleri esnasında duman, toz ve partikül atığı yoktur. Duman emme ve filtre ekipmanına gerek duyulmaz.

CNC pañç pres kullanım alanları şunlardır:

- Elektrik ve elektronik pano imalatı
- Enerji ve klima sektörü
- Makine ve yedek parça imalatı
- Otomotiv gövde bileşenleri
- Metal eşya imalatı
- Aksesuar imalatı

Pañç preste kesme, çeşitli amaçlar için kullanılan zımba (üst kalıp) ve dişi (alt kalıp) kalıp takımları ile yapılır. Taret adı verilen dairesel istasyon üzerinde takım yataklarına dizilmiş takımlar, döndürülerek çekiç (koçbaşı) ile aynı doğrultuya hizalanır.

Metal levha, koordinat tablası üzerine sac tutucular (klemler) ile bağlanır. Levha, alt ve üst taret arasında X ve Y eksenlerinde çizilen resme göre yer değiştirilerek (kaydırılarak) konumlandırılır. Resme göre seçilmiş takım, taret üzerinde döndürülür ve çekiç altına getirilerek hizalanması sağlanır. Seçilen kesme takımı, levhanın neresinde işlem yapılacak ise o nokta koordinat sistemi hareketi ile kaydırılarak zımba, levha altına konumlandırılır. Anlık bir duraksama ile hidrolik çekiç zımba üzerine hızlı ve güçlü bir vurma etkisi yaratır. Vurma etkisi ile zımba dişi, kalıp içerisine ilerler. İki kalıp arasına önceden konumlanmış levha, bu noktada kesilir.

Taretin döndürülerek takımın seçilmesi, levhanın kaydırılarak konumlandırılması, hidrolik çekicinin zımba üzerine vurma etkisi ile döngü tamamlanır. Bir sonraki işlem döngüsüne başlanır. Bu işlem, döngüleri, yüksek hız ve hassasiyetle CNC kontrol sistemi tarafından çalıştırılır.

Çizilen resme göre (CAD) bir üretim programı, (CAM) oluşturulur. Buna göre resimde çizilen şeklin, hangi takımlar kullanılarak işleneceği programı yapan operatör tarafından belirlenir. Taret üzerinde hangi takım yatağına hangi kalıp çiftinin takılacağı, vurma ve ilerleme hızları, kullanılacak takımların işlem sırası gibi parametreler program hazırlığında belirlenir. Bu işlemler tezgâhın panelinden ya da aynı programı kullanan haricî bir bilgisayar tarafından yapılır. Hazırlanan üretim programı çalışma ağı üzerinden ya da USB bellek yardımıyla makine kontrol paneline yüklenir.

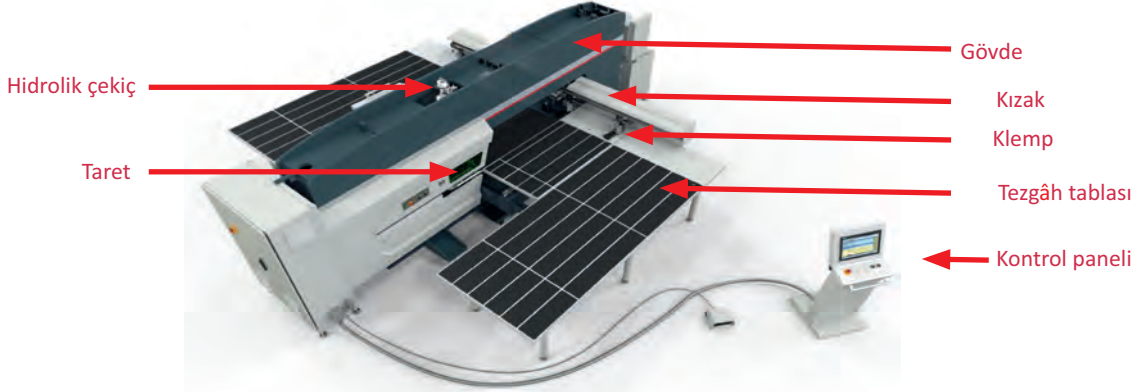
Programın seçilmesiyle işlem başlar. Projeye uygun metal levha, tezgâh tablası üzerindeki referans noktasına (X pimi) temas ettirilerek tutuculara (klemp) bağlanır. Üretim programına göre kullanılacak delme ve kesme takımları, taret üzerinde ilgili istasyonlara takılır. Ardından program çalıştırılarak üretim tamamlanır.

Çizilen resme göre tüm noktalar kesilerek ya da delinerek işlendiğinde levha, tezgâh tablası üzerindeki başlangıç alanına gelir. Sac tutucuların açılması ile operatör işlenmiş malzemeyi alır ve yeni levhayı tutuculara bağlar.



CNC Panç Pres Makinelerinin Kısımları

Panç pres tezgâhları; gövde, taret, koordinat sistemi, tezgâh tablası ve kontrol sistemi ana bileşenlerinden oluşur (Görsel 1.75).



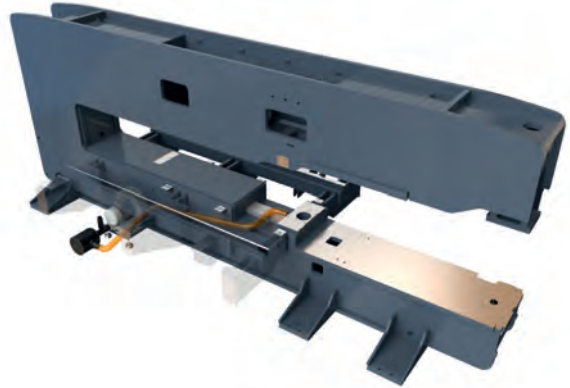
Görsel 1.75: Panç pres tezgâh kısımları

Makine Gövdesi

Panç pres makineleri, çelik konstrüksiyon gövde üzerinde entegre sistemlerden oluşmaktadır. Gövde, özel çelik alaşımlardan kaynaklı bağlantı ve 5 eksenli CNC işleme merkezlerinde güçlendirilmiş bir tasarım ile üretilir. Kaynak sonrası oluşan gerilimler, değişik yöntemlerle (vibrasyon, ısıtma işlemi vb.) giderilir. Böylece tezgâhın, eğilme ve burulmalara karşı dayanımı artırılarak uzun yıllar ağır hizmet koşullarında çalışması sağlanır.

Panç pres makineleri, C ve O tipi gövde tasarımına sahiptir. O tipi makine gövdeleri, görece daha büyük ölçülerde levha malzemelerin işlenmesinde tercih edilir (Görsel 1.76).

Kalıpların hassas hizalanması, artırılan basma gücü (koçbaşı vuruş gücü), seri vuruş sayılarının artması gibi değişkenler üzerinde gövde tasarımı oldukça etkilidir.



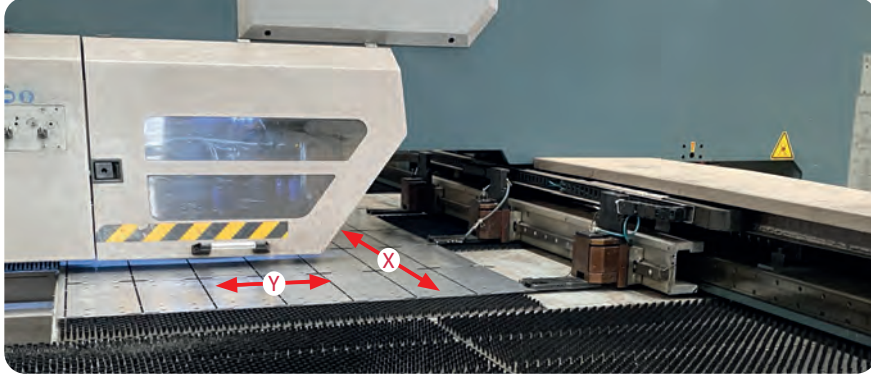
Görsel 1.76: C tipi panç gövdesi

Koordinat Sistemi (Kızak)

Koordinat sistemi, kızaklar yardımıyla X ve Y eksenlerindeki hareketi sağlar. Kızak hareketleri, lineer yataklar üzerinde servo motorlar kullanılarak sağlanır. Eksenin hızlı ya da yavaş hareketleri, ani duruşları kontrol paneli ile sağlanır. X ekseninde 160 m/dk, Y ekseninde 80 m /dk gibi yüksek hızlara yüksek bir ivmeyle (1 g) çıkabilen eksen hareketleri ve buna paralel koçbaşı vuruş hızları ile oldukça seri bir pançlama (kalıp ile kesme-form verme) işlemi gerçekleştirilir. Eksenlerin hızlanma ve yavaşlaması (ivme) programlanabilir. Kalın ve ağır parçalar işlenirken eksen hızları düşük tutulur. Böylece hassas hizalama sağlanır.



Koordinat sisteminin uzun kenarı X eksenini, tarete doğru 90° dik açıyla uzanan kenar ise Y eksenini ifade eder. Panç tezgâhlarında levha ölçme özelliği yoktur. Levha malzeme, sac tutuculara X pimi adı verilen referans pimine dayanarak bağlanır (Görsel 1.77).

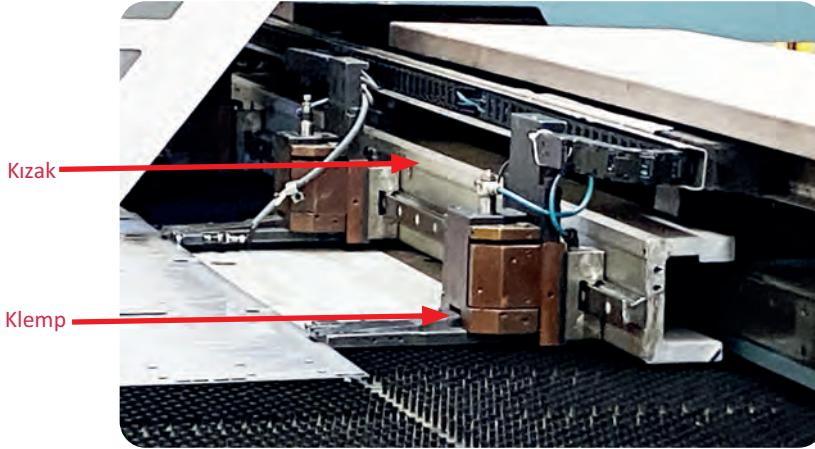


Görsel 1.77: Koordinat hareket sistemi

Panç preslerde, 1.500 x 3.000 mm ölçülerinde, paslanmaz çelik sac 3 mm, DKP ya da galvaniz sac malzeme 6 mm kalınlığa kadar işlenmektedir.

Sac Tutucular (Klemp)

Sac tutucular, içlerindeki büyük çapta pnömatrik silindirler aracılığı ile kapanan çenelere sahiptir. Sertleştirilmiş çelikten yapılan çenelerin iç yüzeyi iğne yapılıdır. Böylece işlenecek levhayı, yüksek hızdaki zımba vuruşlarında bile sıkıca kavrar. Bağlanacak levha ölçüsüne göre sac tutucular, koordinat kızakları üzerinde kaydırılarak uygun mesafede sabitlenir. Tutucular, levha bağlandıktan sonra merkezi pnömatrik kilitleme sistemi ile kapatılır (Görsel 1.78).



Görsel 1.78: Sac tutucular (Klemp)

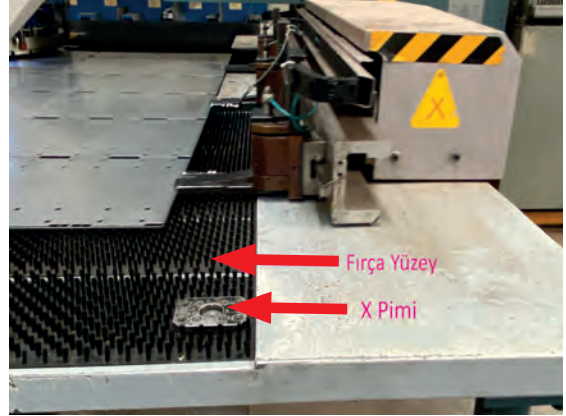
Panç tezgâhlarında en az iki sac tutucu bulunur, bazı modellerde dört tutucu bulunabilir. Tutucuların doğru pozisyon almaları, CNC kontrol sistemi ile sağlanır. Repozisyon (yeniden pozisyon alma) özelliği ile X eksenini boyunca daha uzun ölçülerdeki sac levhanın işleme imkânı sağlar. Sac tutucular kilitli durumda iken, repozisyon baskı silindirleri levhayı sıkıştırdığında, sac tutucular açılarak, X eksenini boyunca ileriye hareket ederek (kaydırarak) yeni konumunda sacı kavrar. Böylece daha uzun ölçülerdeki levhanın, ileriki noktalarından tutulması sağlanır. Baskı silindirleri sayesinde işlenmekte olan levhanın, referans noktası bozulmadan sac tutucular yer değiştirilir. Bu işlemler, CNC kontrol sistemi tarafından otomatik olarak yapılır.



Tezgâh Tablası

Klemlere bağlanan levha malzemenin üzerinde gezdiği, makinenin sabit tablasına verilen isimdir. CNC kontrol sisteminin referans noktasını oluşturan X pimi, tezgâh tablası üzerinde bulunur. İşlenecek parça, X pimine dayandırılarak klemlere bağlanır. Böylece parçanın X ve Y eksen kenarları ile köşesi, programa uygun şekilde konumlandırılır (Görsel 1.79).

Tezgâh tablasının yüzeyi bilyeli ya da fırçalı olarak imal edilir. Ağır ve büyük ölçülü levhaların işlendiği tezgâhlarda bilyeli yüzey tercih edilir. Paslanmaz çelik gibi hassas ve çizilmesi istenmeyen malzemelerin işlendiği makinelerde, fırçalı yüzeyler daha sık kullanılır. Makinede aşırı titreşim, istenmeyen bir durumdur. Önemli titreşim kaynaklarından biri, işlenen levhanın tezgâh tablasına aktardığı titreşimdir. Bu etkiyi azaltmak için tezgâh tablasının üzerine birbirlerine yakın şekilde fırçalar döşenir. Levha zimbadan aktarılan ses ve titreşim, fırçalar yardımıyla söndürülür. Aşırı gürültü ve devam eden titreşimin azaltılması sağlanır. Tezgâh yüzeyinde fırça kullanmanın bir başka sebebi ise eksen hareketlerinin, sürtünmesi azaltılmış yüzeyde daha hassas ve hızlı olmasıdır.



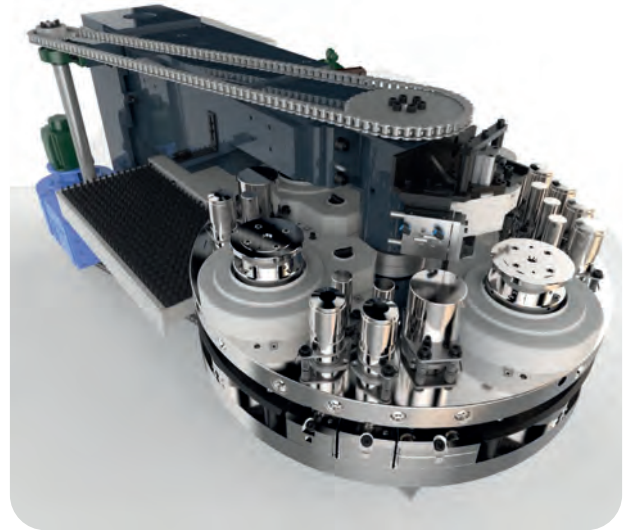
Görsel 1.79: Tezgâh tablası (fırça yüzey, X pimi)

Taret

Üzerine, kesme (delme) ve form verme takımlarının dizilerek takıldığı, alt ve üst olmak üzere iki adet daire şeklinde platformdur. Eş zamanlı ve paralel olarak kendi eksenini etrafında dönen, ilgili takımları koçbaşı (hidrolik çekic) altında hizalayarak kesme ve form verme işlemlerini gerçekleştiren kısımdır. Alt taret üzerine alt kalıplar (dişi kalıp), üst taret üzerine üst kalıplar (zımba) takılır (Görsel 1.80).

Dönme hareketi, zincir dişli ve servo motorla sağlanır. Alt ve üst taretin dönme hareketi ile takım hizalaması sona erdiğinde en uygun pozisyonun sağlanması ve tekrarlanan vuruşlarda pozisyonun korunması için alt ve üst taretlerde ayrı ayrı olmak üzere iki adet pnömatik silindir ve merkezleme pimi kullanılır. Servo motor ve silindirlerin kontrolü CNC kontrol sistemi tarafından sağlanır.

Taret üzerinde farklı ölçülerdeki kalıpların bağlanabildiği kalıp yataklarına **sabit istasyon** adı verilir. Makine türüne ve kapasitesine göre değişmekle birlikte ortalama 20 ila 30 adet sabit istasyona, kalıplar istenilen açıda bağlanabilmektedir. İstasyon büyüklükleri, kalıpların köşegen ölçülerine göre A, B, C, D ve E kategorilerine göre sınıflandırılmıştır. A ve B sınıfı istasyonlar, küçük ölçülerdeki kalıpların bağlandığı istasyonlardır.



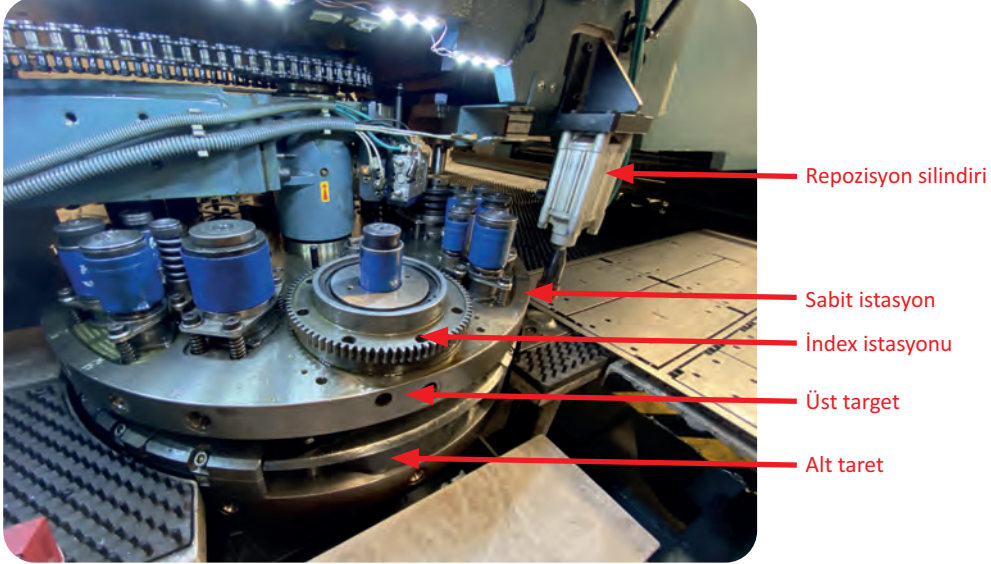
Görsel 1.80: Taret



Sırası ile köşegen ölçüsü (dişi kalıp köşegeni) en büyük kalıp olan E istasyonuna bağlanır (Görsel 1.81).

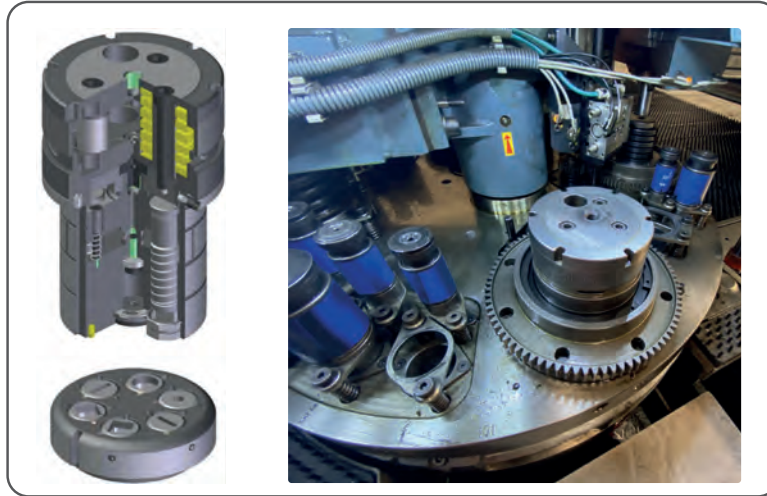
Panç makinelerinde taret hareketinden bağımsız, kendi eksenini etrafında 360° dönebilen index (indeks) istasyonları bulunur. Bu yataklara bağlanan kalıpların, değişik açılara döndürülmesi ile karmaşık desenler, tek kalıpla kısa sürede işlenebilmektedir. Tezgâh türüne göre değişmekle birlikte, panç preslerde farklı adetlerde index istasyonları bulunur.

Taretin kalıp değiştirme ve pozisyonlama süresi, ortalama 0,6-3 saniye arasında değişir. Koordinat sisteminin yüksek eksen hızları ve taretin yüksek kalıp değişim hızı, işlenebilirlik maliyetlerini düşürmektedir.



Görsel 1.81: Kalıp istasyonları

Index istasyonlara tek kalıp bağlanıp, eksenini etrafında döndürülerek kullanılabilceği gibi multitool (çoklu kalıp yatağı) adı verilen haricî bir kalıp yatağı bağlanarak ikinci bir taret işlevi kazanırlar. Multitool kalıp yatağına, köşegen boylarına göre 3,6,8 ve hatta küçük boyda 20 farklı kalıp takılabilir. Böylece asıl taretin döndürülmesine gerek duyulmadan, multitool döndürülerek daha kısa sürede (0,6 sn) kalıp, pozisyonlandırılır (Görsel 1.82).



Görsel 1.82: Çoklu kalıp (multitool) yatağı



Kalıplar

Delme, kesme ve form verme işlemi için kullanılır. Kovan ve zımba grubu, üst tarette; dişi kalıp ise şim (yükseklik ayar pulu) üzerinde, alt taretteki ilgili istasyona bağlanır (Görsel 1.83).

Kalıplar, kaliteli takım çeliğinden imal edilir. Kovan dış çapları, kalıp şeklinin köşegen ölçüsüne göre belirli çapta gruplandırılır. Bu çaplara göre kalıplar, A, B, C, D veya E istasyonlarına bağlanır. Üretimde hangi kalıp türü ile çalışılacağı, hangi kalıbın hangi istasyona bağlanacağı gibi bilgiler, CAD/CAM programında tanımlanır. Operatör, programa göre ilgili istasyona, seçilen kalıpları bağlar ve sacı, klemlere yükleyerek işlemi başlatır.

Aşınan ve hassasiyeti azalan kalıpların, özel kalıp taşlama makineleri ile mikron seviyelerinde bilenerken uzun süre kullanılmaları sağlanır. Dişi kalıplara, belirli bir taşlama mesafesi tanımlanır. Bu mesafe azaldıkça dişi kalıp alt şimi değiştirilir. Böylece dişi kalıbın taret yükseklik konumu sabit tutulur.

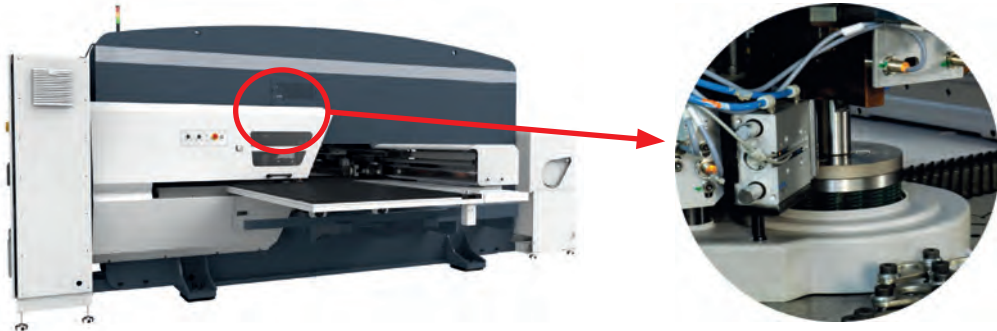


Görsel 1.83: Panç kalıpları

Hidrolik Set (Koçbaşı)

Panç preslerde, pozisyonlanmış kalıba vurma etkisi, servo motor ile tahrik edilen mekanik sistemler veya gücünü hidrolik devreden alan sistemler ile sağlanır.

Hidrolik sistemler, PLC / CNC arayüzü ile tezgâhın CNC kontrol merkezi tarafından kumanda edilen; strok uzunluğu, vurma gücü optimizasyonu, vuruş sayısı, vuruş süresi gibi değişkenlerin kontrolünü, elektronik kopyalama valfleri ile sağlayan gelişmiş hidrolik devreleridir. Hidrolik set, CNC kontrol biriminden gelen komutlara, hassas orantılı tepkilerle çok hızlı cevap verir. Geri bildirim ve basınç sensörleri ile işlem güvenliği ve arıza tespiti özelliklerine sahiptir. Vibrasyondan (titreşim) kaynaklı mekanik gerilmelere karşı dayanıklı tasarımla imal edilir (Görsel 1.84).



Görsel 1.84: Hidrolik set



Kontrol Paneli

Panç preslerde kontrol ünitesi ve ekran çoğunlukla hareketli bir metal platform üzerine monte edilmiştir. Bilgisayar ve diğer kontrol donanımları, ayrı bir dolap içerisinde bulunur. Kontrol ünitesi üzerinden kalıplama programı yapılabileceği gibi network ağı üzerinden (ethernet) haricî bilgisayarla da sisteme ulaşılabilmektedir. Tüm CNC makinelerde olduğu gibi hata ve arızalar, tanımlama fonksiyonları ile kontrol panosundan alınan görsel uyarılarla kolayca belirlenmektedir (Görsel 1.85).

Pançlama İşlemi

Panç preste, tasarımda planlanan (CAD) desenlerin işlenmesi için CAM programı ile kalıp seçimi ve pançlama sırası belirlenirken kesimi biten parçanın işlenecek levhadan ayrılması (kopması) istenmez. Ayrılması durumunda kopan parça, makine durdurulup alınmadığı takdirde taret bileşenlerine sıkışarak, arızalara ve işlenen levhanın zarar görmesine yol açar. Bu durumun oluşmaması için desen tamamen kesilmez. İşlenen parçanın, belirli aralıklarla ana levhaya bağlantısını sağlayan bağlantı (joint) noktaları bırakılır (Görsel 1.86).

Sac levhanın üzerindeki tüm desenler kesildiğinde program biter ve sac, tezgâh tablası üzerinde başlangıç noktasına gelir. Operatör, klempelerin açılmasıyla sac levhayı alır ve stok alanına bırakır. Pançlama işlemi devam edecek ise önce yeni levhayı, klemplere (X pimine dayanarak) yükler. Ardından işlemi biten levha üzerindeki tüm parçaların bağlantı noktalarını kopartarak kenar yüzeylerine, sac raybası ile raybalama (pürüz alır) işlemi uygular. Desen kenar atıklarını (hurda şeritler) geri dönüşüme atar. Operatörün görev döngüsü, pançlama programındaki levha sayısı bitene kadar bu şekilde devam eder.

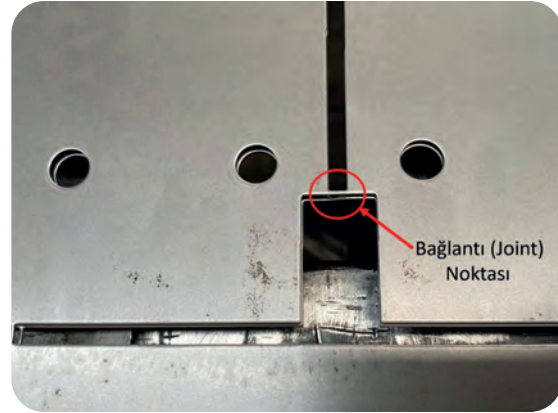
1.1.4.7. Uçar Testere ve Makas

Açık (trapez) ya da kapalı (boru) profil kesitlerde ve belirli boylarda parça üretimleri, rollform makinelerinde gerçekleştirilir. Rollform makineleri ya da sıcak, soğuk hadde hatları, pasajlar hâlinde sürekli malzeme akışının sağlandığı üretim hatlarıdır. İşlenecek parça gibi işlenmiş ve son profil şeklini kazanmış malzeme de üretim hattını kesintisiz şekilde terk eder.

Form verme hatlarında üretilen parçaların, piyasaya arz edildikleri boylarda kesilmesi gerekir. Kesme işleminin, seri bir yöntemle ve ana üretim hattı durdurulmadan gerçekleştirilmesi gerekir. Üretimin devam ettiği tezgâhtan çıkan ürünün kesimi için gezer eksenli makas ve testere geliştirilmiştir. İki boyutta hareket ederek kesme işlemini yapan bu tezgâhlar, üretim hattını terk eden



Görsel 1.85: Kontrol paneli



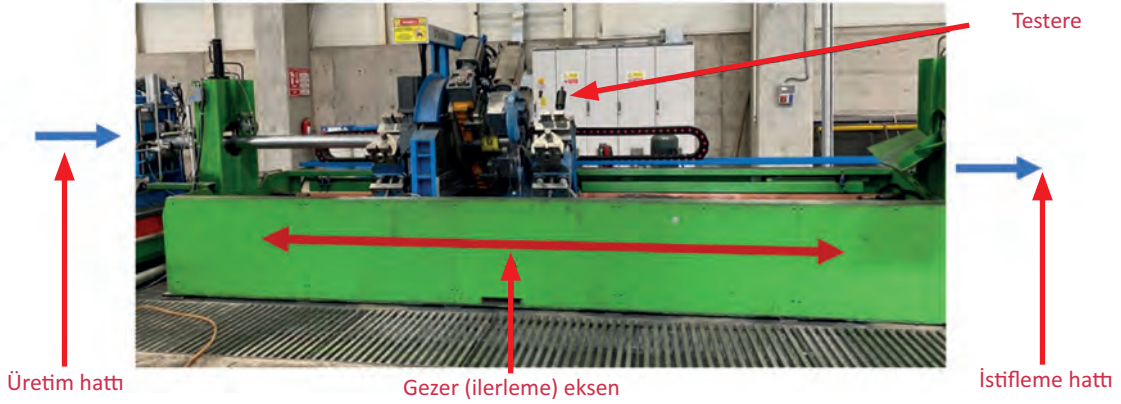
Görsel 1.86: Bağlantı (joint) noktası



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

ürün ile aynı doğrultu ve eksende hareket eden gövde ve kesme işlemi yapan testere veya makas sisteminden oluşur.

Kesim için boy ve hız ölçüsü, üretim hattındaki enkoderden (inkoder-elektronik okuyucu) alınır. Ürün boyu, kesim için ayarlanan mesafeye ulaştığında gövdeyi hareket ettiren motor sürücüleri, üretim hattı hızına senkronize (uyumlu) olur. Aynı şekilde kesme noktası belirlendiği an, gövde üzerindeki testere veya makasa, kesme için gerekli kumanda uyarısı gönderilir. Gövde ilerlerken kesme işlemi eş zamanlı şekilde bitirilir. Gövde yeniden boy yakalamak için başlangıç noktasına geri döner. Kesilen boy, ürün istifleme sistemine doğru ilerlerken kesim döngüsü, üretim hattı duruncaya dek devam eder (Görsel 1.87).



Görsel 1.87: Uçar testere

Uçar testere gezer gövdesi üzerinde kesme işlemi, farklı yöntemlerle gerçekleşir.

- ➔ Giyotin makas
- ➔ Daire testere
- ➔ Şerit testere

Üretim hattından çıkan ürünün cinsine, boyutlarına ve profil şekline göre bu yöntemlerden biri kullanılır. Böylece üretim süreci ve hızı etkilenmeden çıkan ürünler, belirlenmiş boylarda kesilerek otomatik istifleme sistemleriyle lojistik açıdan hazırlanır. Uçar makas ve testereleri, üretim hattı CNC kontrol sistemi ile entegre çalışır.

1.1.5. NC ve CNC Bükme Tezgâhlarının Çeşitleri

Metal imalat sektöründe eğme, bükme, kıvrırma işlemleri, talaşsız imalat yöntemlerinden bazılarıdır. Metal malzemelerin, talaşsız imalat esaslarında işlenebilirlik (form verme) bakımından en göze çarpan özellikleri, soğuk işlenebilirliğe olan yatkınlıkları (metalurjik özellikleri) ve boyutlarıdır. Levha formundaki sac malzemeler ve sac malzemelerden elde edilmiş boru formundaki malzemelerin bükülebilmeleri, belli ölçü ve açı değerlerine kadar mümkündür.

NC ve CNC kontrol teknolojilerini barındıran bükme ve form verme makineleri, genel olarak üç başlık altında incelenecektir.

- ➔ NC, CNC Abkant Presler
- ➔ CNC Büküm Merkezleri
- ➔ NC Rollform Makineleri
- ➔ NC, CNC Boru Bükme Makineleri



1.1.6. NC ve CNC Bükme Tezgâhlarının Çalışma Sistemleri, Teknik Özellikleri ve Donanımları

NC ve CNC bükme makineleri, CNC kontrol sistemi tarafından kumanda edilen mekanik hidrolik pnömatik ve elektronik sistemler bütünüdür.

1.1.6.1. CNC Abkant Presler

Sac levhaların, kalıplar arasında belirlenmiş ölçü ve açı değerlerinde bükülmeye başlaması, 2. Dünya Savaşı yıllarına dayanmaktadır. Bu tarihlerde kullanılmaya başlanan abkant presler, normal preslerin kullanım alanlarını büyük ölçüde daraltmıştır.

Önceleri tamamen mekanik ve elektriksel kontrol ile çalışan hidrolik sistemler, günümüzde NC ve CNC kontrol üstünlükleri ile birleşmiş. Bu teknoloji sayesinde; gelişen güç optimizasyonu (ayarları), hidrolik sistemlerin kontrol ve hassasiyeti, kalıp teknolojileri, dijital ortamlarda programlama yapabilmesi, ölçü ve açılardaki hassasiyet ve yüksek üretim hızları ile endüstrinin vazgeçilmez üretim tezgâhları olmuştur.

Bükme veya kavis verme işlemleri, metal levha işlemenin önemli uygulama alanlarından biridir. Belirli boy ve kalınlıktaki parçaların, karmaşık kesit şekillerinde bükülmesi için abkant presler kullanılır.

Abkant presler; demir çelik endüstrisi, uçak, otomotiv, gemi imalatı, enerji sistemleri imalatı, beyaz eşya imalatı gibi soğuk form verme işlemlerinin uygulandığı tüm sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

İki kenarda eş zamanlı ve kontrollü biçimde çalışan iki hidrolik silindire bağlı üst kalıp ile aynı doğrultuda yerleştirilmiş alt kalıp arasında, levha hâldeki sac malzemenin sıkıştırılarak büküldüğü makinelerdir (Görsel 1.88). Kalıp değişimleri ve montajını kolaylaştıran donanımları, CNC kontrol panelinde yapılan büküm programına göre hareket eden arka dayama fonksiyonu, iş sağlığı ve güvenliği yönünden oldukça emniyetli koruma donanımları ile operatör tarafından kolayca kullanılan bağımsız bir form verme tezgâhidir. 180°den küçük tüm açılarda hassas büküm yapabilir. Ardışık bükümler ile istenilen kesitte profiller üretilebilir. Gelişen teknolojik donanımlar ile bu işlemler, neredeyse tüm ölçü ve açı değerlerinde, hassas ve yüksek üretim hızlarında mümkün olmaktadır.

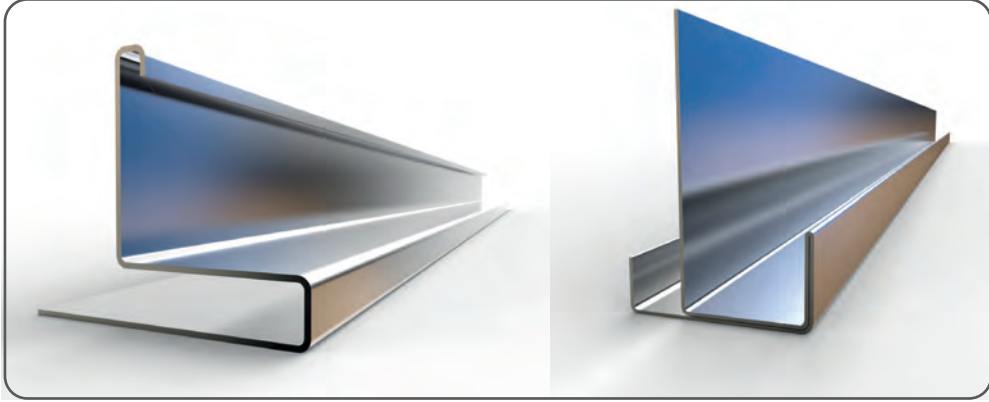


Görsel 1.88: CNC abkant pres



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Çeşitli kalınlık, boy ve genişliklerdeki metal levha malzemelerin, aynı doğrultuda iki kalıp (alt ve üst) arasında deformasyona uğratılarak V formuna dönüştürüldüğü pres tezgâhlarıdır. NC ve CNC kontrol sistemleri sayesinde, 180°den küçük olan tüm açılarda V formu yüksek hassasiyet oranıyla sağlanabilmektedir (Görsel 1.89).



Görsel 1.89: Abkant pres büküm örnekleri

Makine ana gövdesi üzerinde, üst ve alt tabla adı verilen iki platform bulunur. Üst tabla, düşey yöndeki hareketini, makine gövdesinin iki kenarına sabitlenen iki hidrolik silindir pistondan (Y1 ve Y2) alır. Alt tabla, makine gövdesinin bir bileşeni olarak rijit yapısını yüksek basma güçlerinde koruyacak bir tasarımla üretilir.

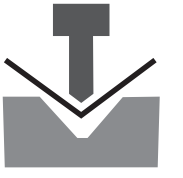
Alt ve üst tablaya, parça ve büküm ölçüleriyle büküm profil şekline göre seçilen kalıp çiftleri bağlanır. Bu kalıp çiftleri arasında üst tablanın düşey yöndeki (aşağıya doğru) hareketi ile sıkışan parça, zorlanarak şekil değiştirir.

Abkant presler, 60 ton ile 600 ton basma kapasiteleri ile 1.250 mm (1,25 m)'den 6.000 mm (6 m)'ye kadar levha boylarını işleyebilecek farklı modellerde seri olarak üretilir. Özel proje üretimlerinde presin tonaj kapasitesi, 6.000 mm (6 m)'ye 1.250 ton değerine kadar çıkmaktadır.

İhtiyaca göre özel büyüklüklerde tezgâh üretimi yapılabildiği gibi tandem (tümleşik iki pres) ya da tridem (tümleşik üç pres) olarak üretilip aynı CNC kontrol sistemi ile kumanda edilebilir (Görsel 1.90).

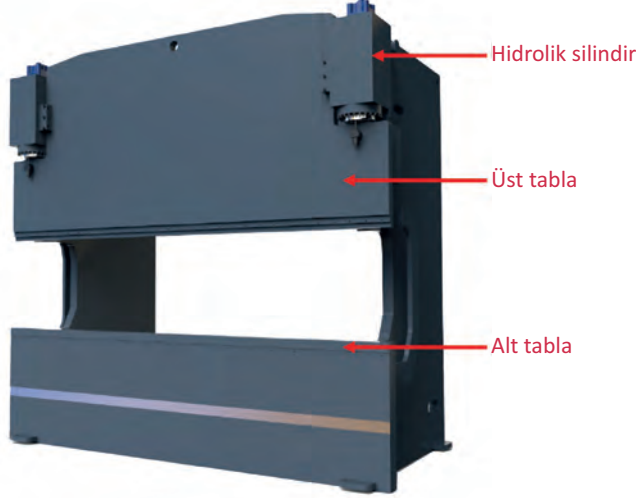


Görsel 1.90: Tridem (tümleşik üç adet) abkant pres



Gövde

Büküm esnasında uygulanan yüksek tonajlı hidrolik güç, presin alt ve üst tablalarında ve bunlara bağlı olarak pres gövdesinde esneme, eğilme ve burulma risklerini doğurur. Gövde de bu esneme ve burulmaları en aza indirmek için, gövdenin mümkün olan en düşük tezgâh yüksekliği ve güçlendirilmiş konstrüksiyon tasarımı ile imal edilmesi gerekir. İmalatta kaynak işlemi sonrası, gerginlik giderme yöntemleri uygulanmalı ve CNC işleme merkezlerinde, hassas gönye değerlerine sahip yataklama yüzeyleri elde edilmelidir (Görsel 1.91).



Görsel 1.91: Gövde tasarımı

Üst tabla, kızaklama sistemi ile gövde üzerinde düşey yönlü hareketini gerçekleştirirken, en az sürtünme kuvvetlerine maruz kalarak çalışır. Üst tabla, her iki kenardan ayarlanabilir bağlantı noktaları sayesinde Y1 ve Y2 piston eksenleri ile aynı doğrultuda olacak şekilde, küresel yataklama ile bağlanır. Kızak sistemi, manuel ve otomatik yağlama sistemi ile yağlanır.

Hidrolik Sistem

Büküm işlemi, iki adet hidrolik pistonun ürettiği hareket ile gerçekleşir. Bu hareketi, üst tabla aracılığı ile üst kalıba iletirler. SEA1050 (kalıp imalatında kullanılan yüksek karbon ve mangan içeren çelik) malzemeden hassas üretim metotları ile üretilen silindir ve pistonlar, üst tablaya küresel yataklama sistemleri ile bağlanır. Böylece pistonların birbirinden bağımsız olarak gelebilecek dengesiz yükleri, eşit oranda emilimleri sağlanır. Hassas keçe ve kapak yapıları sayesinde silindirlerin, yüksek güç altında uzun yıllar sızıntı oluşturmadan çalışmaları sağlanır (Görsel 1.92).



Görsel 1.92: Hidrolik sistem



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

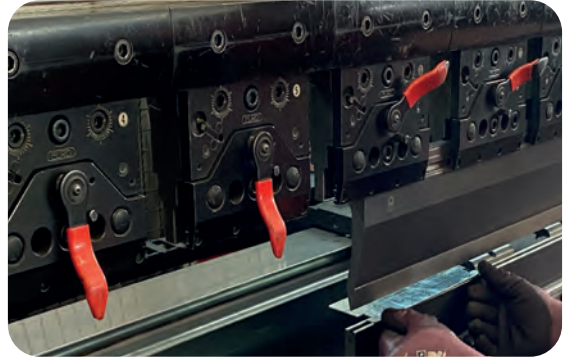
Hidrolik devrenin bütünü, pres gövdesi üzerine monte edilmiştir. Her iki silindir, birbiri ile tam senkronize çalışır. Senkronizasyon, hassas lineer enkoderlerin ölçümü ve PLC kontrolün hızlı (milisaniyeler içinde) komutları ile sağlanır. Hassas yük tutma valfleri, yüksek basınç miktarlarında bile, piston pozisyonlarının sabit kalmasını sağlar. CNC kontrol sistemi ile uyumlu çalışan oransal kontrol valfleri, hassas ve tekrarlanabilir bükümler gerçekleştirir.

Üst Kalıp Tutucular

Üst kalıplar, tablaya kalıp tutucu adı verilen bağlantı aparatları ile monte edilir. Tutucular, kullanılacak kalıbın bağlantı kısmının tasarım türüne göre sektör tarafından kabul görmüş farklı tiplerde üretilir. Sıkma yöntemine göre de kalıp tutucular; mekanik, pnömatik ve hidrolik sıkma özellikli olarak üretilir. Mekanik sıkma özellikli kalıp tutucular, hızlı sıkma kalıp tutucuları (Görsel 1.93/a) ve manuel sıkma kalıp tutucularıdır (Görsel 1.93/b).



a) Hızlı sıkma



b) Manuel sıkma

Görsel 1.93: Mekanik kalıp tutucular

Kalıp tutucuların bir diğer seçim kriteri, presin sağladığı basma gücüne gösterdikleri dayanım özellikleridir. Basma gücüne göre Avrupa tipi kalıp tutucular 200 ton/metre, wila tipi kalıp tutucular 250 ton/metre değerlerinde kullanılmaktadır. Standart 3 metrelik bir abkant preste, 15 adet kalıp tutucu bulunur. Bu sayı artırılabilir.

Üst kalıp montajında, pnömatik ve hidrolik sistem tarafından sıkma ve sabitleme işleminin yapıldığı kalıp tutucular da kullanılmaktadır. Hidrolik kalıp tutucular, bölgesel bombeleme özelliklerinden dolayı kalıp deformasyonunu azaltma konusunda daha başarılıdır. Bu tutucular, 400 ton/m'ye çıkan dayanımları ile 600 ton ve daha yüksek kapasiteli özel uygulamalar için kullanılan abkant preslerde tercih edilir (Görsel 1.94).



Görsel 1.94: Hidrolik kalıp tutucular



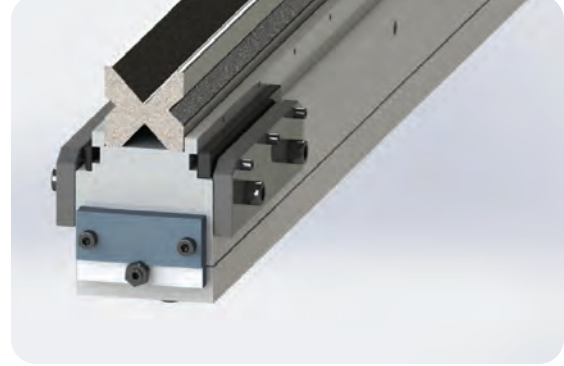
Alt Kalıp Tutucular

Abkant preslerde, ISO standartlarında üretilen, alt kalıpları kolayca bağlayabilme imkânı sunan, alt kalıp tutucular kullanılır (Görsel 1.95).

Bombeleme Sistemi

Abkant preslerde büküm anında kullanılan yüksek hidrolik güç, alt ve üst tablalarda sehim oluşumlarına yol açar.

Sehim, eğilme etkisi altındaki bir yapı elemanının elastik şekil değişim sınırları içerisinde kalmak koşulu ile önceki ekseni ile son ekseni arasındaki deformasyon oluşması, şeklinde tanımlanır. Sehim etkisini; abkant preste değerlendirildiğinde, kalıp yatağında bükülmüş bir levhanın büküm açısı ve doğrultusunun levha boyunca farklılıklar göstermesi, şeklinde açıklayabiliriz (Görsel 1.96).

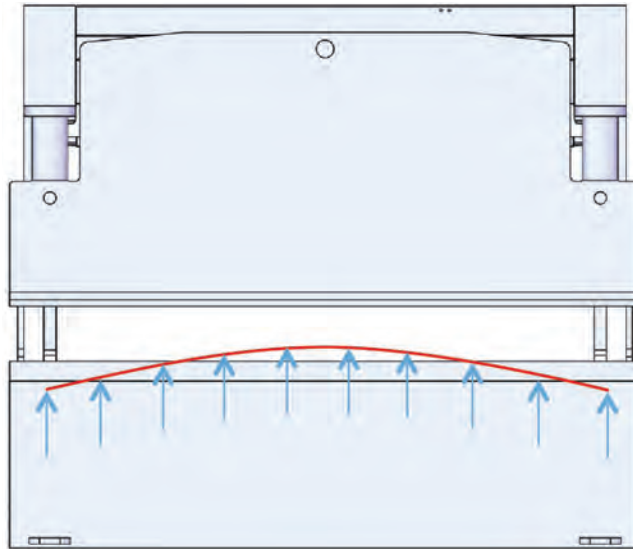


Görsel 1.95: Alt kalıp tutucu



Görsel 1.96: Bükümde şekil değişimi (sehimi)

Bu durumu önlemek için alt tabla üstüne (alt kalıp tutucu altına) ve üst tabla kalıp tutucularına sehim ile aynı doğrultuda farklı yönde bombe vermek gerekir (Görsel 1.97). Bu şekilde sehimi etkisinin ortadan kalktığı, doğru ve homojen açılarda bükümler elde edilir.

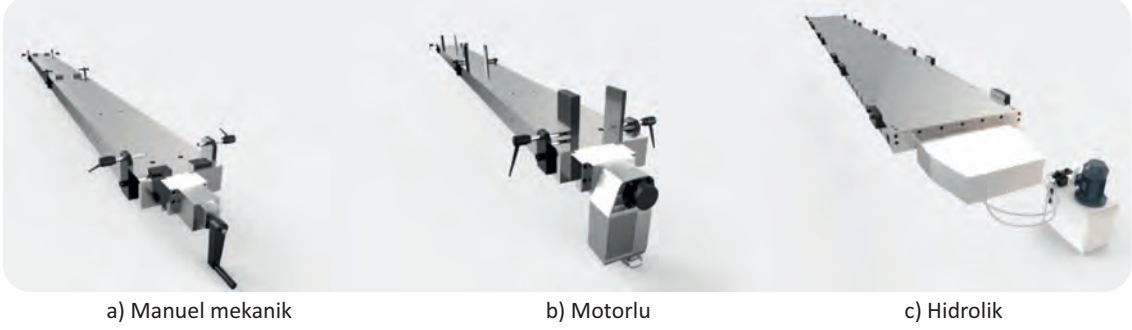


Görsel 1.97: Alt tabla bombeleme



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Alt tabla üstüne yerleştirilen bombeleme sistemleri ile bükümün her noktasında hassas bükümler elde edilir. Bombeleme sistemlerinde malzeme kalınlığı ve diğer değişkenler göz önüne alınarak otomatik hesaplanan büküm farklılıkları, CNC kontrollü motor ve hidromekanik sistem ile ya da el yordamı ile ayarlanan mekanik sistemlerle ortadan kaldırılır (Görsel 1.98).



Görsel 1.98: Bombeleme sistemleri

Büküm Kalıpları

Levha sac malzemelerin istenilen şekil ve boyda bükülerek işlenmesinde abkant kalıpları önemli rol oynar. Abkant kalıpları, alt kalıp ve üst kalıp olmak üzere kalıp çifti şeklinde kullanılır. Alt kalıp büküm işlemi için kullanılacak ise kalıp, V şeklinde olur. Üst kalıbın aynı doğrultuda aşağı hareketi ile sac malzeme, V şeklindeki kanal içerisinde sıkışır. Sacın kalınlığı ve büküm boyuna göre değişmekle birlikte yüksek kuvvetlerle kanal içerisine itilen sac, kalıp boyunca hassas ve doğru açıyla bükülür. Bu güç, çoğunlukla hidrolik devreden alınır. Abkant kalıbının, bu yüksek güç miktarlarını karşılayabilecek malzeme kalitesi ve tasarımıyla üretilmesi gerekir. Çeşitli tip ve ebatla abkant kalıpları üretilmektedir. Bunları, şekillendirme kesitinden bağımsız olmak üzere kalıp tutuculara bağlama türü bakımından kabul görmüş bazı ürün grupları hâlinde bulmak mümkündür (Avrupa tipi, wila tipi, multi V tipi gibi).

Üst ve alt kalıpları; tekli, çoklu ve bütün hâlde bulmak mümkündür (Görsel 1.99).



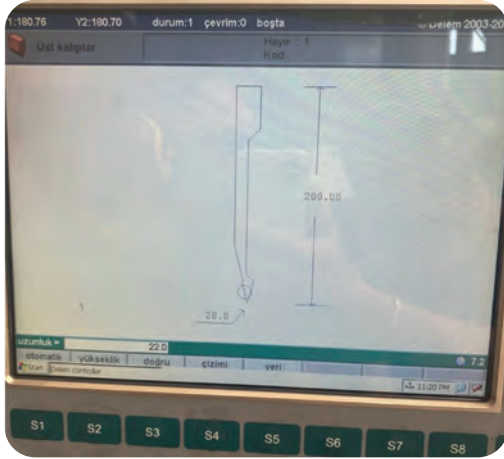
Görsel 1.99: Abkant kalıpları



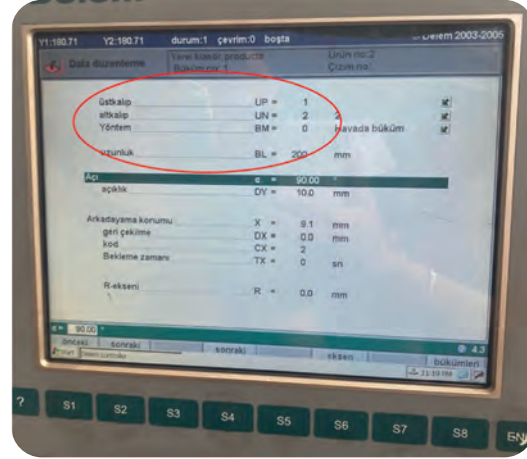
Bükme için kullanılacak kalıpların seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır:

- ➔ Büküm açısı ve şekli
- ➔ Parça kalınlığı
- ➔ Parçanın (büküm) boyu
- ➔ Büküm kenarlarında istenen uzunluk
- ➔ Bükümlerin birbirine olan uzaklığı
- ➔ Abkant presin tonajı (büküm kapasitesi)

Yukarıda bahsedilen değişkenler değerlendirildikten sonra, kalıp standından ilgili kalıp çifti seçilerek (uygun boyda) kalıp tutuculara bağlanır. Büküm programı hazırlanması aşamalarından biri de seçilen kalıbın, ilgili arayüzde CNC kontrol paneli üzerinden tezgâha tanıtılmasıdır (Görsel 1.100 a,b).



a) Kalıp resmi



b) Kalıp bilgileri

Görsel 1.100: Kalıpların tezgâha tanıtılması

Arka Dayama

CNC abkant preslerde bükümlerin hatasız ve tam doğrulukta yapılabilmesi için arka dayama sistemi kullanılır. Dayama sistemleri, hafif ve dayanıklı olabilmeleri için alüminyumdan üretilir. Böylece hızları ve hassasiyetleri artırılır. Hızlı ve hassas hareketlerini bilyeli, vida mekanizmalı (ballscrew) miller ve lineer kızaklarla sağlayan arka dayama sistemi CNC kontrol sistemi, tarafından kumanda edilir. Arka dayama sistemi, Abkant presin arka kısmına rijit şekilde bağlı olan platform üzerinde çalışır (Görsel 1.101).



Görsel 1.101: Arka dayama bileşenleri ve eksenleri



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Dayama sistemi, iki adet dayama dili, iki adet kule ile bunların hareketlerini sağlayan mil ve kızak sistemlerinden oluşur.

Operatör, büküm işleminde parçayı alt kalıp üzerinden ileriye doğru sürerek programa göre önceden konumu ayarlanmış arka dayama diline dokundurur.

Operatör, pedala bastığında programdaki büküm değeri kadar üst kalıp, aşağıya iner ve büküm gerçekleşir. Üst kalıp geri döndüğünde (ayarlanmış üst limit noktası) arka dayama, bir sonraki büküm boyu için yeni konumuna hareket eder. Dayama eksen hareketleri tamamlanmadan büküm işlemi başlamaz.

Bazı bükümlerde pedala basıldıktan ve üst kalıp bir miktar aşağıya indikten sonra (iki kalıp arasında parça sıkıştırıldığında) arka dayama dili, bükülen parçaya takılmaması için geri çekilir. Hangi bükümde geri çekileceğini ve çekilecek mesafeyi CNC kontrol sistemi, programındaki büküm senaryolarından kendi belirler.

Dayama Eksenleri

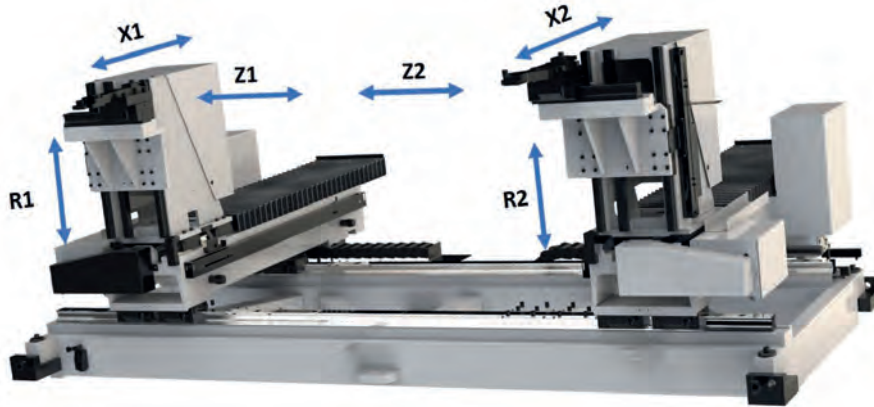
Y1 ve Y2 Eksenleri: Abkant presin üst tablasını hareket ettiren iki adet silindirin eksenleridir. İki silindir, senkronize çalışsalar da bazı uygulamalarda bu senkronizasyon devre dışı bırakılarak (CNC kontrol sistemi tarafından) üst tablanın küçük bir eğim ile hareket etmesi istenebilir.

X1 ve X2 Eksenleri: Kulelerin (buna bağlı olarak dayama dillerinin), kızak üzerinde geriye doğru ilerleme eksenleridir. Kontrol paneli tarafındaki kulelerin ilerleme eksenini X2, uzak kenardaki kulelerin ilerleme eksenini X1'dir. Çapraz bükümler için kullanılır.

Z1 ve Z2 Eksenleri: Dayama dillerinin birbiri ile olan mesafeleri Z1, kontrol panelinin olduğu kenar ile yakın dayama dili arasındaki mesafe Z2 eksenidir.

R1 ve R2 Eksenleri: Kulelerin her birinin, düşey yöndeki hareketlerinin (yükselme eksenini) gerçekleştirdiği eksenlerdir. Kontrol paneli tarafındaki kulelerin eksenini R2, uzak kenardaki kulelerin yükselme eksenini R1'dir.

Delta X (ΔX) Eksenini: Kontrol ünitesi tarafındaki dayama dilinin, X eksenini doğrultusunda otomatik olarak hareket ettirilebildiği bir (en fazla 125 mm) hareket opsiyonudur. ΔX eksenini, sadece Z1 ve Z2 eksen hareketlerinin sağlandığı tezgâhlarda, R eksenini sabit konumda iken operatör kontrolünde kullanılan bir eksenidir. Konik sac bükümlerinde kullanılır (Görsel 1.102).



Görsel 1.102: Arka dayama eksenleri

Kule tipi arka dayamaya sahip bir abkant pres;

- Y1 ve Y2 üst tabla silindir eksenleri
- X1 ve X2 dayama dilinin kalıptan açılma eksenleri (ayrı ayrı)
- R1 ve R2 dayama dillerinin birbirinden ayrı yükselme (düşey) eksenleri
- Z1 ve Z2 dayama dillerinin birbirlerinden ayrı sağa ve sola hareketleri



Şeklinde açıklanan toplamda 8 eksenli bir prestir. Bu pres ile çapraz şekiller dâhil, karmaşık parçaların bükülerek elde edilmesi de mümkündür.

R1 ve R2 eksenlerinin hareket etmediği, delta X (ΔX) eksen fonksiyonuna sahip bir abkant pres, 7 eksenli sınıfına girer. Bu abkant preste, belli ölçülerde konik bükümler elde etmek mümkündür.

Y1, Y2, R1, X (x1 ve x2 birlikte), Z1 ve Z2 dayama eksen hareketine sahip bir abkant pres, 6 eksenli pres sınıfına girer.

Arka dayama eksenlerinin tamamı, CNC kontrol sistemi tarafından ayarlanabilir.

Abkant Preste Bükme Yöntemleri

Bilindiği gibi sac malzemeler, elastik yapılarından dolayı bükülmeden önceki formlarına dönme eğilimindedir. Bu durum, geri esneme (yaylanma) adı verilen ve büküm kalitesini etkileyen önemli bir sorundur.

Geri esneme miktarı, aşağıdaki değişkenlere bağlı olarak değişir.

- ➔ r/s [büküm radiusü (radyüsü-yarıçapı)/(sac kalınlığı)] oranına
- ➔ Malzeme cinsine
- ➔ Malzemenin dayanım özelliklerine
- ➔ Malzemenin sertlik dağılımına
- ➔ Malzemenin üst doku özelliklerine (DKP, galvaniz vb.)

Abkant preslerde, alt ve üst bükme kalıplarının özelliklerine ve büküm esnasındaki konumlarına göre farklı büküm teknikleri kullanılmaktadır.

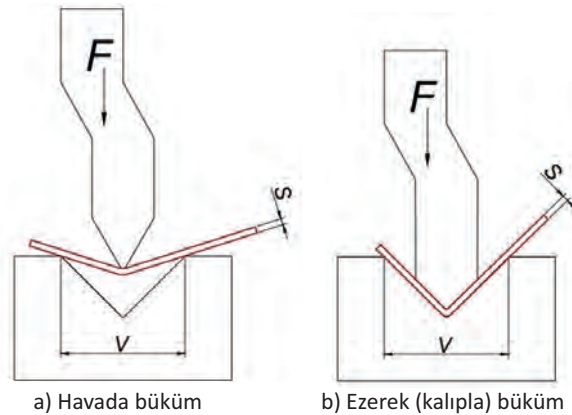
Havada Büküm

Havada büküm işleminde üst kalıp sac malzemeyi, alt kalıp (V kanal) açıklığı içerisine doğru iter. Büküm kenarları, alt kalıp yan duvarlarına temas etmez. Büküm işlemi esnasında üst kalıp, (zımba) ile alt kalıp arasında boş bir alan kalır. Üst kalıp aşağı doğru hareket ederken sac kenarları, yukarı doğru katlanır. Üst kalıp, ne kadar aşağı bastırırsa büküm açısı o kadar dar olur. Bu yöntem, standart alt kalıp açıklarından farklı (daha büyük açı değerleri) büküm açıları elde etmek için uygulanır (Görsel 1.103 a).

Sac kalınlığına ve büküm boyuna göre aşağı inme miktarı ve basma kuvveti, kontrol sistemi tarafından hesaplanır. Basma kuvveti hiçbir zaman en büyük değere ulaşmaz. Bu yöntemde fazla miktarda geri esneme oluşur.

Ezerek Büküm

Ezerek (kalıpla) bükme işleminde parça, üst kalıp tarafından alt kalıp içine tamamen bastırılır. Bu yöntemde alt ve üst kalıpların birbirine tam uyumlu olması gerekir. Bükme işlemi alt noktaya ulaştığında alt kalıp yan duvarlarına yapışan ve ezilen parçada, geri esneme neredeyse hiç oluşmaz. İstenilen büküm açıları, tam olarak elde edilir. Bu yöntemde büküm açıları standarttır ve alt kalıp, V kanal açıklığına bağlıdır. Bu nedenle ezerek bükme işleminde, her açı ve form şekli için özel alt ve üst bükme kalıpları kullanılır (Görsel 1.103 b).



Görsel 1.103: Büküm yöntemleri



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Ezerek bükme işleminde üst kalıp, alt noktaya ulaştıktan sonra pres basma gücünü arttırmaya devam eder. Kontrol sistemi tarafından ayarlanan süre sonunda parça, üst ve alt kalıpların şeklini alır. Bu yöntemde parça kalınlığı ve büküm boyuna göre basma gücü, en yüksek seviyeye ulaşır.

Büküm Tonaj Hesabı

Abkant preslerde büküm işleminin, imalat resminde istenen doğrulukta ve hassasiyette gerçekleşmesi kalıp seçimi ile yakından ilgilidir.

Belirli kalınlıktaki sacın, belirli bir kenar ve açı ölçüsünde bükülebilmesi için özellikle alt kalıp genişliği önemli rol oynar. Her sac kalınlığı için belirlenmiş kalıp genişlik (V kanal genişliği) ölçüleri vardır. Kalın parçalar, dar bir V kalıpta bükülürse abkant presin basma gücü aşılır ya da kıvrım yerinden sac ezilir. İnce malzemeler de çok geniş bir V kalıpta bükülürse köşe radüs (kırılmaları önlemek için, köşelere verilen dairesel kıvrım) ölçüsü çok büyük olur. Büküm açıları tutmaz, büküm kenarlarının doğrusal düzgünlüğü elde edilemez.

V kalıbın seçilmesinde önemli hususlar; sacın kalınlığı, büküm kenar uzunluğu ve radyüs değeridir. Bu değişkenlere bağlı olarak diğer önemli husus, presin basma gücüdür. Buna **abkant pres tonajı** adı verilir.

Basma gücü ifadesi ile abkant preste ulaşılabilen en yüksek basma gücü anlatılmak istenir. Abkant presin basma gücü, hidrolik devre seçimi ve buna bağlı gövde konstrüksiyonu ile ilgilidir. Hidrolik devre, her abkant pres modelinde belirli bir değere kadar güç üretmek üzere ayarlanmıştır. Aksi hâlde sınırlandırılmayan hidrolik basınç, gövde bileşenlerine ciddi zarar verir ve tezgâh kullanılamaz hâle gelir. Abkant pres üreticileri, pres ile birlikte tonaj bilgisini ve tonaja bağlı sac boyutları ile kalıp ölçüsünü içeren bir grafik verirler. Operatör, sac kalınlığına göre preste büküleceği sac kalınlığı ve boyunu grafikteki değer ile karşılaştırır. Genel olarak her sac kalınlığı için üç farklı V kalıp genişliği tayin edilmiştir. Grafikteki değerle büküm boyutlarına göre orantı kurularak pres tonajı içerisinde yer alan kalıplardan biri tercih edilir (Tablo 1.5).

Tablo 1.5: Sac Kalınlığı ve Kalıp Genişliğine Göre Pres Tonajı (L=1 metre için)

V	b	r _i	S (mm)																					
			0,5	0,8	1	1,2	1,5	1,8	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	12	15	18	20
6	5	1	2,5	6,5	10																			
8	6	1,3	2	5	8	11																		
10	7	1,7	1,5	4	6	9	13																	
12	9	2		3	5	7	11	16																
15	12	2,7			5	6	9	13	16															
20	15	3,3				4	7	10	12	19														
26	18	4,2					4	7,5	9	14	21													
30	22	5						6,5	8	12	19	24												
32	23	5,4							7,5	11,8	17	23	30											
37	25	5,8								10	14,5	20	26	33										
42	29	6,7									13	17	23	29	33,5									
45	32	7,5										16	21	27	33	48								
50	36	8,3											19	24	30	43	58							
60	43	10												20	25	36	49	64						
70	50	11,5													21	31	42	55	69					
80	57	13,5														27	37	48	60	75				
90	64	15															32	42	54	66	95			
100	71	17																38	48	60	86	134		
130	93	22																	37	46	66	103	149	
180	130	30																		33	48	75	107	153
200	145	33																			43	67	83	119
250	180	42																				54	77	92

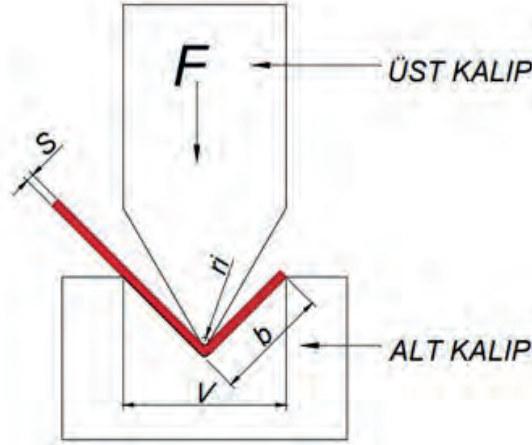
F: Bükme Kuvveti (Ton) L: Boy (mm) r_i: İç Radyüs (mm) R_m: Malzemenin Kopma Gerilmesi (daN / mm²)
V: Kanal Genişliği (mm) b: Minimum Sac Kıvrım Boyu (mm) S: Sac Kalınlığı (mm)



Basma gücü ile ilgili genel yaklaşım, kalıp genişliği ne kadar büyük olursa büküm için gerekli olan basma gücü o denli düşük olur. Ancak kalıp genişliği büyüdükçe büküm kenarı genişliği (minimum sac kıvrırma boyu) artar. Bu bakımdan büküm kenar genişliği, kalıp seçiminde sınırlayıcı bir ölçüdür (Görsel 1.104).

Günümüzde CNC kontrol sistemi, basma gücünü aşan büküm işlemlerine büküm programının hazırlık aşamasında izin vermemektedir. Ayrıca sac kalınlığı, büküm boyu ve seçilen kalıba göre her büküm için oransal güç ayarı yaparak en ideal basma gücünü sağlamaktadır.

Tonaj grafiğinin olmadığı durumlarda, aşağıdaki formüle göre basma gücü belirlenebilir. Bunun için kullanılan metal levha malzemenin çekme (kopma) gerilmesi değerine ihtiyaç duyulur.



Görsel 1.104: Kalıp ölçüleri

$$F = \frac{1,42 \times R_m \times S^2 \times L}{1.000 \times V} \text{ (Ton)}$$

F= Bükme kuvveti (Ton)

Rm =Malzemenin çekme (kopma) gerilmesi (kg/mm²)

S = Sac kalınlığı (mm)

L = Boy (mm)

V = Kanal genişliği (mm)

Sabit Sayı = 1,42

Sabit Sayı= Kalıp genişliği, sac kalınlığının 10 katından küçükse aşağıdaki formülde çıkan değer yazılır.

$$\text{Sabit Sayı} = \frac{4 \times S}{V} + 1$$

Örnek soru: 1.000 mm boyunda, 4 mm kalınlığında (St 42) sac malzemenin atölyede bulunan 45 mm kanal genişliğine sahip V kalıpla bükülebilmesi için gerekli olan basma gücünü hesaplayınız.

L= 1.000 mm

S= 4 mm

V= 45 mm

Rm= 42 kg/mm² (St 42 çelik için, çekme dayanımı)

F=?

$$F = \frac{1,42 \times 42 \times 4^2 \times 1.000}{1.000 \times 45} = 21.205 \text{ kg} \sim 21 \text{ ton}$$



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Tonaj grafiğinde 4 mm kalınlık sütunu incelendiğinde 32, 37, 42, 45, 50 mm kanal genişliğine sahip V kalıpların bu kalınlıktaki bükümler için önerildiği görülmektedir. Kanal genişliği arttıkça b ölçüsü artmakta, bununla birlikte basma gücü düşmektedir.

Kontrol Paneli

Abkant preslerde büküm programı, genellikle pres kontrol paneli üzerinden gerçekleştirilir. Kalıp seçimi, parça kalınlığı, büküm açısı, dayama ayarları gibi değerler kontrol paneli üzerindeki arayüzden girilerek büküm programı oluşturulur (Görsel 1.105).



Görsel 1.105: CNC kontrol panelleri

Abkant pres türüne ve teknolojisine göre farklı kontrol panelleri kullanılır.

Genel olarak kontrol panellerinin ekranında ve yazılımlarında aşağıdaki özelliklerin olması istenir.

- ➔ 2D renkli grafik ekran
- ➔ 3D renkli grafik ekran
- ➔ Simülasyon özelliği
- ➔ Çevrim dışı yazılım (offline software) özeliği ile haricî bilgisayarda program yapma, simüle etme, açınım ölçülendirme
- ➔ DXF ve 3D formatlı dosyalarla parça yönetimi
- ➔ Otomatik büküm sıralama
- ➔ Kolay büküm fonksiyonu
- ➔ Dokunmatik ekrandan parmakla şekil oluşturma, ardından ölçülendirme
- ➔ Eldiven ile kullanılabilir hassasiyette dokunmatik ekran donanımı
- ➔ USB ile kolay veri aktarımı

1.1.6.2. CNC Büküm Merkezleri

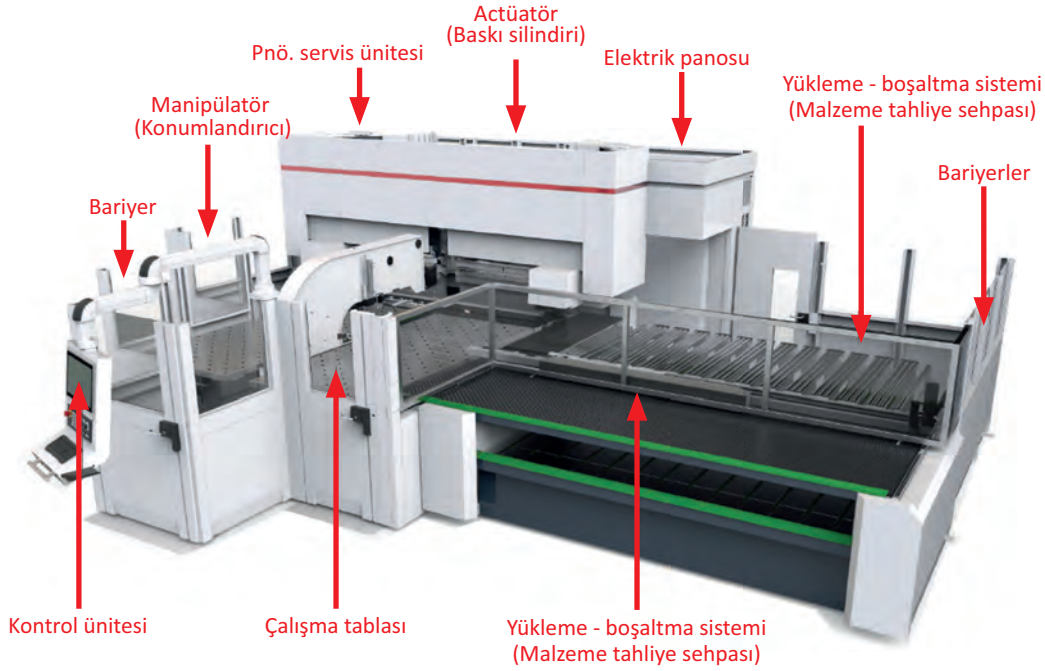
Sac levhaların bükülerek şekillendirilmesinde, alışılmış büküm makinelerine göre daha gelişmiş teknolojiye sahip büküm merkezleri yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Büküm merkezlerinde otomatik sistemle yüklenen parçaların hassas, tam doğrulukta, tekrarlanabilir ve karmaşık bükümleri, insan hatalarından arındırılmış bir sistemle seri olarak gerçekleştirilir. Standart abkant preslerde arka dayama eksen hareketlerinin sınırlı olması, üst tablanın hareketinin ve doğrultusunun belli eksenlere bağlı gerçekleşen basma etkisi, üst ve alt kalıba bağlı şekillendirme kısıtlamaları gibi hususlar yüzünden yapılan büküm işlemi, belirli profillerin (şekillerin) dışına çıkamamaktadır.

1. NC VE CNC İŞ TEZGÂHLARI



Gelişmiş teknolojilerine rağmen abkant presler, saydığımız yetersizlikleri sebebi ile belli sektörlerde kullanım alanlarını CNC büküm merkezlerine bırakmaktadır (Görsel 1.106).



Görsel 1.106: CNC büküm merkezi

CNC Büküm Merkezlerinin Avantajları

Abkant preste saydığımız sınırlayıcı hususların neredeyse tamamının bertaraf edildiği büküm merkezleri, kuruldukları işletmeler için belli avantajları da beraberinde getirir.

- ➔ Açınım boyutlarında kesilmiş ve hazırlanmış levhalar, manipülâtör sistemler yardımı ile insan eli değmeden makineye yüklenir, referans noktalarına konumlandırılır ve işlenir.
- ➔ Sahip olduğu 32 eksen hareketi ile karmaşık sayılabilecek tüm bükümler hassasiyetle yapılır.
- ➔ Sonsuz takım seçimi ve kombinasyonu otomatik sistemle yapılır.
- ➔ Parçalar, bükümle ilgili işlemler açısından bitmiş hâlde teslim edilir.
- ➔ CNC kontrol sistemi, üretimin tüm aşamalarının hassas ve tam doğrulukta gerçekleşmesini sağlar.
- ➔ Büküm merkezleri, istenildiğinde bir önceki işlem birimi olan panç ya da lazer sistemi ile entegre hâlde, tek CNC kontrol sistemi tarafından üretim hattı olarak kullanılabilir.
- ➔ Yetişmiş kalifiye elemanların, makine başında üretimin kontrolü için geçirdikleri atıl zamanı ortadan kaldırır.
- ➔ Baskı sistemlerinde hidrolik devre kullanılmadığı için çevreci bir donanımdır.
- ➔ Akıllı tüketim özelliği ile baskı için gerekli güç ayarlaması, tüm işlem basamaklarında anlık gerçekleştirildiğinden enerji tüketimi açısından son derece verimlidir.
- ➔ Ürün başına harcanan imalat süresi sabittir. Böylece aksamayacak bir üretim planı hazırlanabilir.
- ➔ Operatörden bağımsız olduğu için planlanabilir bir üretim akışı sağlar.
- ➔ İş kazalarını ve yaşamsal tehlikeleri en aza indirir.



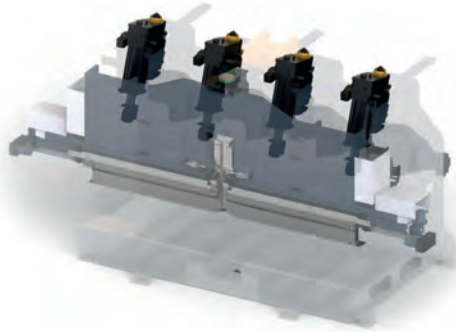
Büküm İşlemi

Levha malzeme, manipülatör yardımı ile tezgâh tablası üzerinde hareket ettirilerek büküm alanında uygun pozisyona getirilir.

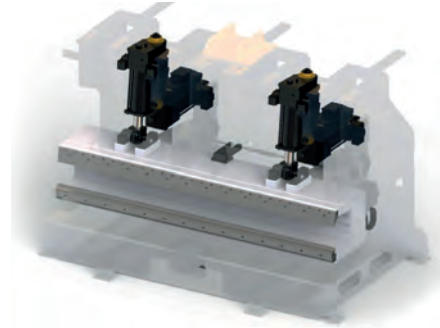
CNC büküm merkezinde pozisyona getirilen sacı sabitleme ve bükme için gereken baskı kuvveti, actüatör adı verilen elektro-mekanik silindirlere elde edilir. Çalışma şekli, elektrik motorunun ürettiği hareketin bir mile aktarılması prensibine dayanan actüatör silindirleri, saniyede 200 mm hıza ulaşabilir.

Baskı ve büküm sisteminde iki farklı silindir grubu kullanılır.

- ➔ Baskı grubu silindirleri (Görsel 1.107 a)
- ➔ Büküm grubu silindirleri (Görsel 1.107 b)



a) Baskı Silindirleri



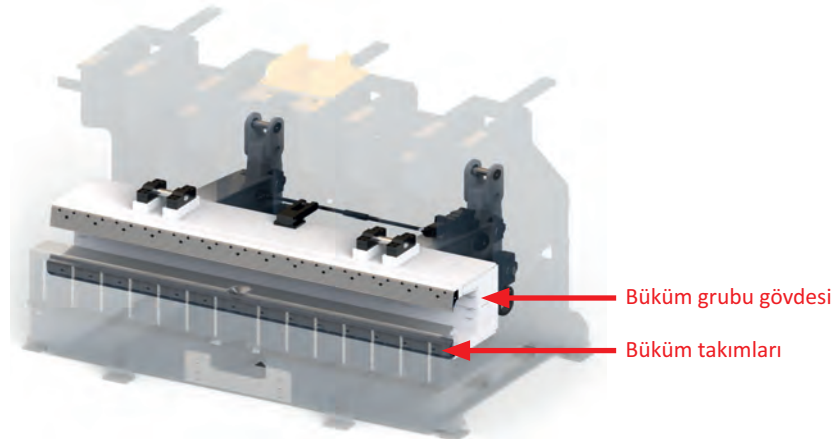
b) Bükme silindirleri

Görsel 1.107: Silindir grupları (actüatörler)

Sac malzemenin çalışma tablası üzerine alınması ve büküm ekseninin istenilen pozisyona getirilmesi için otomatik yükleme sistemleri ve konumlandırıcı kullanılır.

Baskı silindirleri, büküm alanında uygun pozisyona getirilmiş sac malzemenin bükme takımları ile işlenebilmesi için tabla üzerinde sabit (rijit) tutulmasını sağlayan silindirlerdir. Baskı gücü ve hangi silindirlerin saca baskı uygulayacağı, sac ebatlarına göre formüle edilerek yazılım içine eklenen verilerden CNC kontrol sistemi tarafından tayin edilir. Büyük ebatlardaki sac levhalarda, tüm baskı silindirleri sacı tutmak için devrededir.

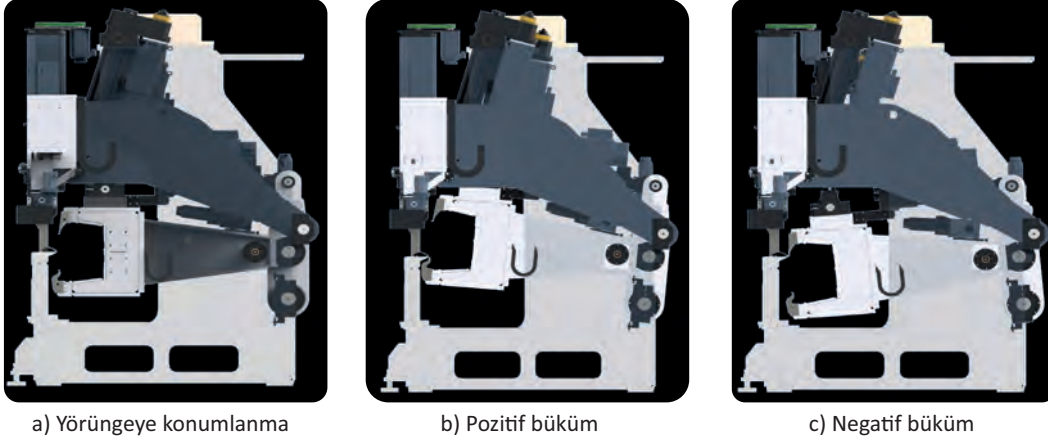
Referanslama işlemi ile bükülecek kenarın büküm çizgisi, makine büküm eksenine getirilerek baskı silindirleri ile sabitlenir. Büküm grubu gövdesinin büküm yönüne göre aşağıya ya da yukarıya hareketi, ile büküm işlemi gerçekleşir. Gövde hareketini büküm grubu silindirleri sağlar (Görsel 1.108).



Görsel 1.108: Büküm grubu elemanları



Büküm grubunun, bükülecek şekle ve doğrultuya göre yatay ve düşey silindiler tarafından hareket ettirilerek uygun büküm pozisyonu alması sağlanır. Bu pozisyona **büküm yörüngesi** adı verilir (Görsel 1.109 a).



a) Yörüngeye konulma

b) Pozitif büküm

c) Negatif büküm

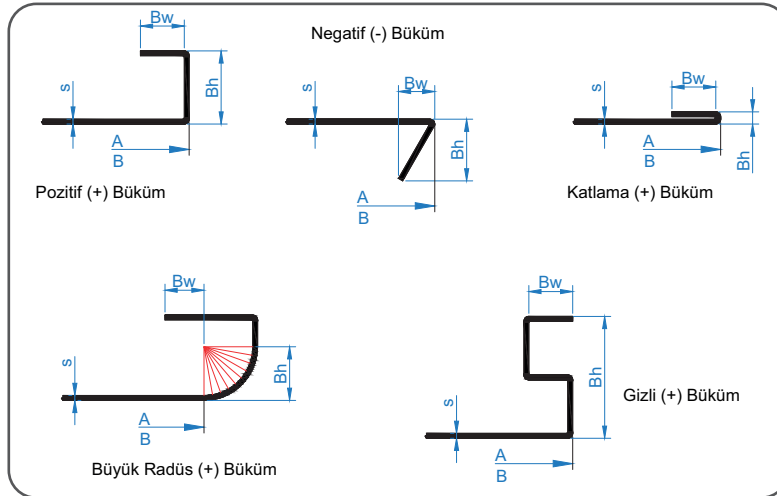
Görsel 1.109: Büküm işlemleri

Büküm Yönü

- ➔ Büküm işlemi alt bıçak ile yapılıyorsa (büküm gövdesi yukarı yönlü çalışıyorsa) pozitif büküm adı verilir (Görsel 109 b).
- ➔ Büküm işlemi üst bıçak ile yapılıyorsa (büküm gövdesi aşağı yönlü çalışıyorsa) negatif büküm olarak adlandırılır (Görsel 1.109 c).

Büküm gövdesinin yörünge hareketleri, büküm işleminin negatif ya da pozitif olarak gerçekleştirilmesi, hazırlanan büküm programına göre CNC kontrol sistemi tarafından sağlanır.

Büküm merkezlerinde, çeşitli büküm gereksinimleri için değişik alt ve üst büküm takımları geliştirilmiştir. Büküm programına göre seçilen takımlar, gövde üzerinde ilgili alana otomatik sistemle takılır. Standart büküm takımları ile aşağıdaki bükümler gerçekleştirilebilir (Görsel 1.110).



Görsel 1.110: Standart büküm takımları ile yapılabilen büküm profilleri

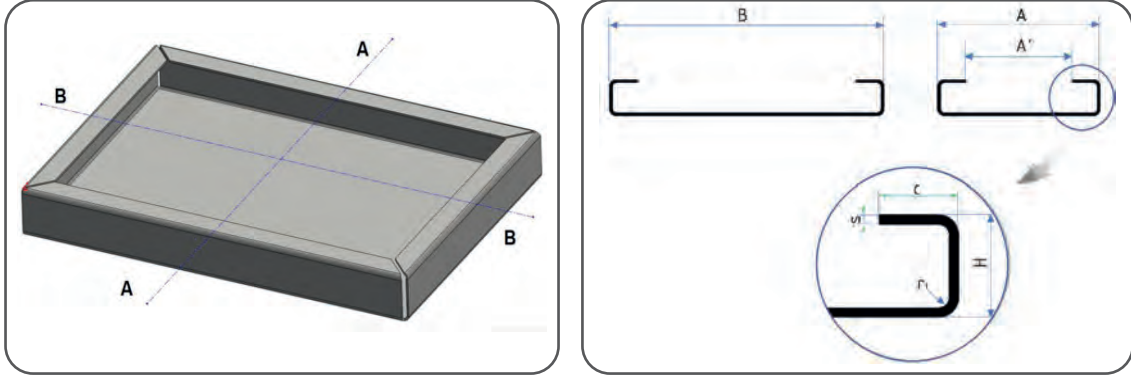
CNC büküm merkezi, üretilecek parçayı farklı yardımcı sistemler (yardımcı büküm ve baskı grupları, köprü klemp, engraver çizici grup, otomatik yükleme boşaltma sistemi) kullanarak büküm programına göre tam doğrulukta işler ve malzemeyi tahliye sehvası üzerine bırakır. Malzemenin,



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

bu noktadan bir konveyör aracılığıyla başka bir işlem alanına doğru sevkıyatı devam eder. Belirli limitler dâhilinde kompleks parçalar, dâhil tüm kenarlar, büküme göre boyları ayarlanmış büküm takımları ile işlenir. Parçalar el değmeden ve ilave bir köşe alıştırma işlemine gerek duyulmadan üretilir.

CNC büküm merkezlerinde, üretici firmaya göre değişmekle birlikte genel kabul görmüş işlenebilirlik ölçüleri, aşağıdaki tabloda verilmiştir (Görsel 1.111 a,b).



a) Perspektif

b) Kesit görünüşü

Görsel 1.111: Örnek büküm kesit görünüşleri

A, B: Kenar büküm uzunlukları (Tablo 1.6)

A': Bükümler arası genişlik

H: Büküm yüksekliği

C: İçe bükülebilir uzunluk

S: Parça kalınlığı

Tablo 1.6: CNC Büküm Merkezinde Büküm Ölçü Limitleri

BÜKÜM ÖLÇÜSÜ	S	A	A'	B	H	C
Maksimum ölçü		1.524		2.800	254	50
Minimum ölçü		150	150	215	SX5	
Maksimum kalınlık (Çelik)	3,2					
Maksimum kalınlık (Paslanmaz çelik)	2.2					
Maksimum kalınlık (Alüminyum)	4					
Minimum kalınlık	0,5					
Minimum iç radüsü (ri)	S (Sac kalınlığı kadar)					
Tezgâhta maksimum döndürülebilir çap	3.300					
Bir adımda maksimum bükme açısı	135°					

1.1.6.3. NC Rollform (Rolform) Makinesi

Metal levha malzemelerinin, belirli kalınlıklara kadar daha uzun boylarda (rulo sac malzemelerin) belirli formlarda bükülmesi işlemleri, rollform makinelerinde gerçekleştirilmektedir. Rollform makinelerinde, sac hâldeki malzemelere kalıplar yardımıyla kademeli olarak adım adım form verilerek bu malzemeler açık ya da kapalı profil formları hâline getirilir. Aynı doğrultuda birbiri ardına dizilmiş pasajlarda bulunan döner kalıpların (diskler) oluşturduğu alt ve üst kalıp çiftleri arasın-



dan zorla geçirilen şerit hâldeki levha malzeme, her pasajda adım adım form alarak nihai profil şekli ile tezgâhi terk eder. Şerit hâldeki sacın ilerleme hızı, kalıp pasajlarının dönme hızları NC kontrol sistemi tarafından belirlenir ve kumanda edilir. Önceden dilimlenmiş ve boy kesimi yapılmış şeritlerin işlendiği tezgâhların yanı sıra rulo sac malzemeden kesintisiz besleme ile çalışan tezgâhlar da mevcuttur. Bu tezgâhların son pasajından sonra, bükme işlemi durdurulmadan uçan testere ile parça, istenilen boylarda kesilir. Rulo sac ile beslenen rollform makinelerinde üretim akışı kesintisiz gerçekleşir.

Rollform makineleri, profil boru imalatı, kara yolları yol bariyeri imalatı gibi seri büküm ve form verme işlemlerinin uygulandığı tüm sektörlerde yoğun olarak kullanılmaktadır.

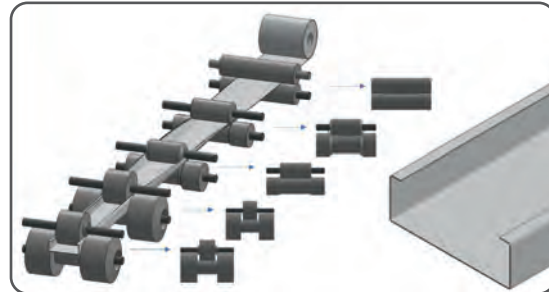
Rollform makineleri, şerit ya da rulo hâlindeki sac malzemelerin, silindir şeklindeki kalıplarla (makaralar) adım adım bükülerek şekil verildiği makinelerdir. Rollform işlemi, oda sıcaklığında (soğuk şekillendirme) yapılır. Malzemenin kalınlığı değiştirilmeden makaralarla uzunlamasına (hadde çizgileri doğrultusunda), birbirine paralel büküm çizgileri boyunca yapılan, yüksek verimli bir işlemdir. Yüksek verimli oluşu, rollform yöntemiyle üretilen parçaların yüksek dayanıma sahip olması ve işlemin yüksek üretim hızlarında gerçekleşmesine dayanır.

Belli profil şekillerinin seri olarak bükümünün yapıldığı rollform makineleri, abkant presin boyut kısıtlamalarına cevap verebilmek için geliştirilmiştir. Rollform makinelerinde şekillendirilmiş profillerin diğer yöntemlerle üretilenlere göre dayanımları daha yüksek olur. Çatı örtü malzemelerinden olan trapez panellerinin üretim metodu, rollform makinelerinin üretim şekline iyi bir örnektir. Ayrıca, otomotiv (kapı güçlendirme, taban sacı panelleri, koltuk rayları vb. yapısal gövde parçaları), beyaz eşya, vagon sanayi gibi pek çok sektör rollform makinelerini yoğun olarak kullanmaktadır (Görsel 1.112).



Görsel 1.112: Rollform makinesi

Rollform makinesi, çok sayıda sistemin bir hat boyunca dizilerek ardışık işlem basamaklarını gerçekleştirdiği tümleşik üretim hattından oluşur. İşlem projeye uygun ölçülerdeki rulo sacın rulo açıcıda açılarak, doğrultma merdanelerinden geçirilip şekillendirme makaralarının (kalıp) arasına sürülmesiyle başlar. Makaralar, birbirini takip eden pasajlar hâlinde adım adım parçayı bükür. Pasaj sayısı, şekillendirilecek profil şekline ve ihtiyacına göre belirlenir. En son pasajda nihai şeklini alan parça, uçar testere veya makas ile istenilen boylarda kesilerek istiflenir. Yüksek hızlarda kesintiye uğramadan devamlı form verme işlemi, sistemin düşük maliyet ve yüksek üretim hacmiyle çalışmasını sağlar (Görsel 1.113).



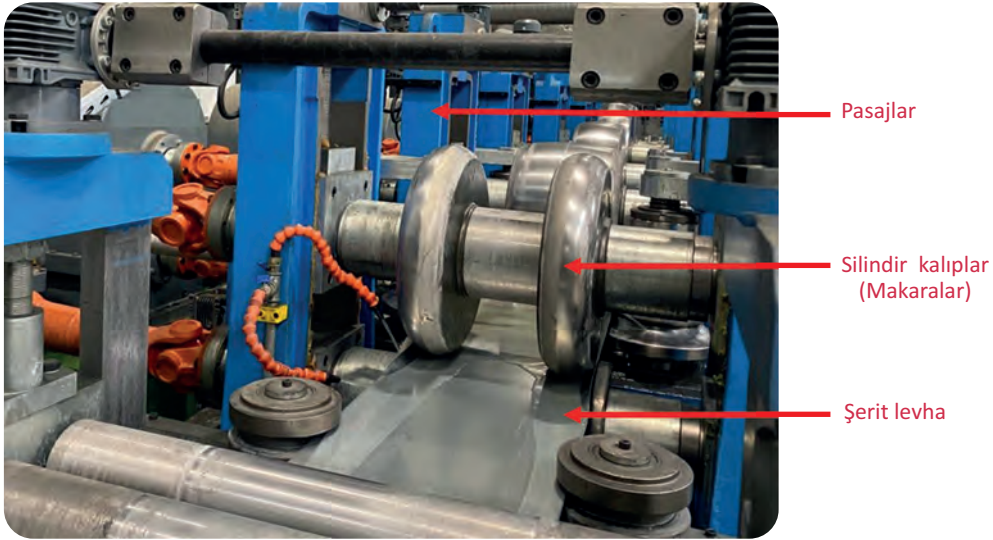
Görsel 1.113: Rollform şekillendirme şeması



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Boru imalatı gibi kapalı formlar elde edilecek ise son şekillendirme pasajından sonra parça, kaynak modülüne girer. Kaynak modülünden çıkan parça, sırası ile çapak alma (freze) ve kalibrasyon pasajlarından geçirilerek son şeklini alır. Ardından uçar testere ile eşit boylarda kesilerek istiflenir.

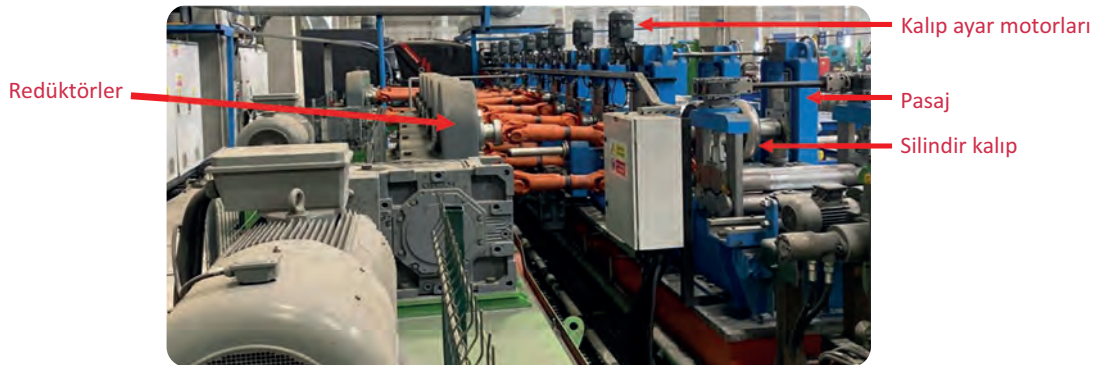
İstenilen profil şekline göre üretilen makaralar, kalıp çifti (üst ve alt kalıp) şeklinde, pasajlarda alt ve üst paralel doğrultulara yerleştirilmiş miller üzerine takılır. Hat üzerindeki tüm pasajlarda makaralar, şerit levhanın eksenini değiştirmeyecek bir doğrultuda sıralanır ve hizalanır. Şerit levhanın boyutlarına göre millerden biri ya da her ikisi, haricî bir redüktör tarafından aks ve miller kullanılarak döndürülür. Dönme etkisiyle makaralar arasından sürülen sac levha, zorlanarak makara kalıplarının şeklini alır. Levha, sırası ile pasajlarda ilerledikçe şekil daha belirgin hâle gelir ve adım adım profil şekli tamamlanır (Görsel 1.114).



Görsel 1.114: Pasajlarda form verme

Makaralar, dönme etkisiyle levhaya form verirken aynı zamanda bir önceki pasajdan çektikleri şerit levhanın bir sonraki pasaja doğru ilerlemesini sağlar.

Şerit levha, pasajlar arasından ilerlerken hızın tüm pasajlarda eşit olması gerekir. Aksi hâlde sac levha, iki pasaj arasında bombe yapar. Tüm pasajlarda ilerleme hızının eşit olması için şekillendirme makaralarının tamamı tek bir motor tarafından tahrik edilir. Elektrik motoru, tüm millerin güç gereksinimini karşılayacak büyüklükte seçilir. Motor mili dönme hareketi, sıra ile her pasaj için ilgili redüktör tarafından aks ve miller kullanılarak pasajlara aktarılır. Böylece pasajlar arasındaki devir ve hız senkronizasyonu sağlanır (Görsel 1.115).



Görsel 1.115: Rollform güç aktarma sistemi



Projenin ihtiyacına göre gerekli görülen işlem basamakları (parça ekseninde modüller hâlinde), üretim hattına ilave edilebilir. Rulo açıcı, doğrultucu, sürücü, şekillendirme pasajları; kaynak, temizleme, kalibrasyon pasajları ve uçar testere aynı hat boyunca birbirini takip eden sistemlerdir. Üretim hattının tamamına ait sürücüler, CNC kontrol sistemi tarafından kumanda edilir.

1.1.6.4. NC ve CNC Boru Bükme Makineleri

Boru bükme, boru formundaki malzemelerin boy eksenini üzerinden eğilerek yeniden şekillendirilmesi işlemidir.

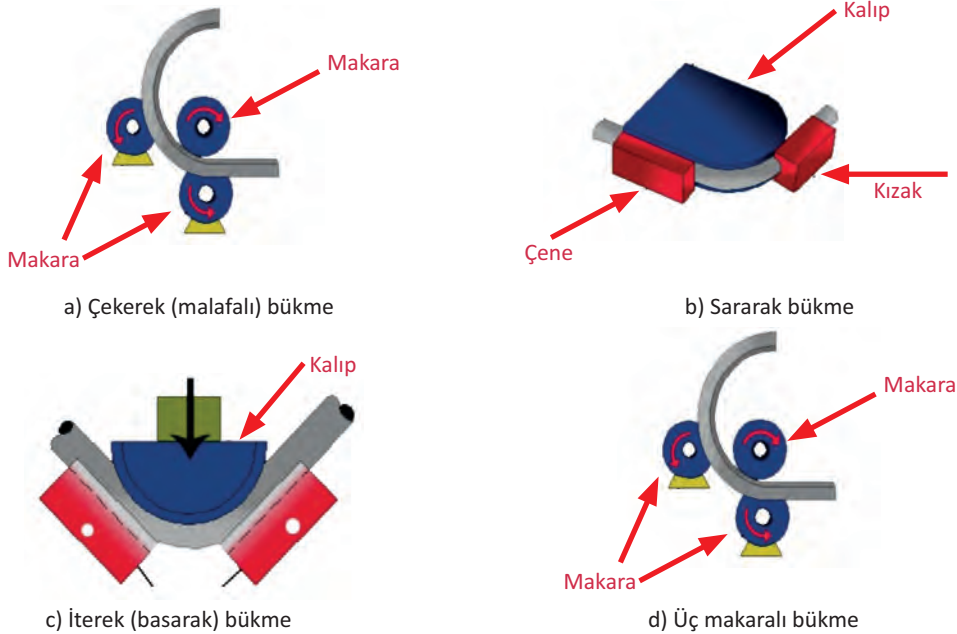
Borular bükülmeye karşı kırılma, ezilme, katlanma gibi zorluklar gösterir. NC ve CNC boru bükme makineleri, bükme işlemini soğuk şekillendirme (oda sıcaklığında) yöntemiyle gerçekleştirir.

Borular, 4 farklı yöntemle boy ekseninden bükülebilir (Görsel 1.116 a,b,c,d).

Bu yöntemler şunlardır:

- ➔ Çekerek (malafalı) bükme
- ➔ Sararak bükme
- ➔ İterek (basarak) bükme
- ➔ Üç makaralı bükme

NC ve CNC bükme makineleri, genel olarak malafalı büküm gerçekleştiren makinelerdir.



Görsel 1.116: Bükme çeşitleri

Çekerek bükme ve sararak bükme yöntemi esas itibarıyla birbirine benzerlik gösterse de aradaki en temel fark, **malafa** adı verilen parçadır. Çekerek bükmede boru içerisine konulan malafa, borunun mengene ile kalıp arasında kalan büküm alanının çökmesini ve şekil değiştirmesini engeller. Böylece boru, kalıba sarılarak istenilen açı kadar bükülür. Bu sebepten malafalı bükümler, sert yapıda ve ince et kalınlığındaki borularda başarılı sonuçlar verir.

İterek ve üç makara ile bükme yöntemleri, et kalınlığı yüksek boruların büyük çaplı bükümleri için kullanılır.

Boru bükme işlemlerinin seri ve hatasız gerçekleşmesi için NC ve CNC boru bükme makineleri geliştirilmiştir.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

NC büküm makinelerinde büküm, açı değeri kontrol panelinden girilerek gerçekleştirilir. Açı değeri dışındaki tüm mesafe değerleri, operatör tarafından dayama sistemi kullanılarak belirlenir. NC boru bükme makineleri, önceden ayarlanmış dayama parçasına operatör tarafından yerleştirilen boruyu, kalıp ve mengene arasında çekerek bükme işlemini yapar.

CNC boru bükme makineleri ile büküm açı değeri ayarı, ardışık iki büküm arasındaki mesafenin ayarı ve borunun kendi eksenini etrafında döndürülmesi ile yapılan ardışık büküm açısal farkı (3. eksen) ayarı operatör eli değmeden otomatik olarak yapılır. CNC büküm makinelerinin avantajlarından biri de aynı parça üzerinde farklı çaplarda (radüs) bükümler için kalıpların otomatik değişiminin sağlanmasıdır. Böylece farklı ölçü ve açıdaki sıralı bükümler, seri ve hatasız şekilde el değmeden otomatik olarak gerçekleştirilir (Görsel 1.117).

Bu makineler; boru ve profil formundaki malzemelerin soğuk bükümü için tasarlanmış, NC ve CNC kontrol sistemi ile kumanda edilen, hassas büküm makineleridir.

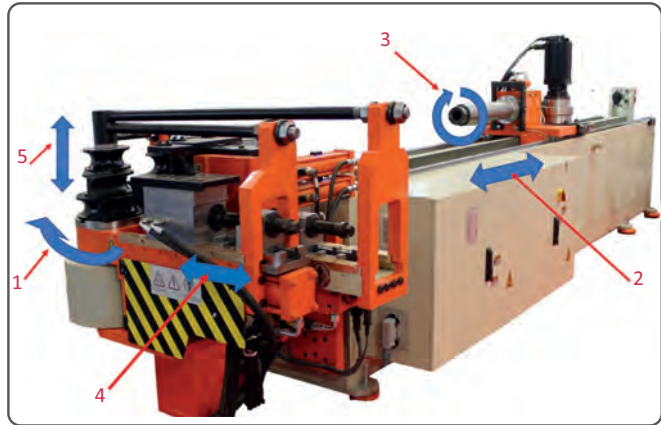


Görsel 1.117: CNC boru bükme makinesi

CNC boru bükme makinesi büküm hareketlerinin gerçekleştirdiği eksenler şunlardır:

- ➔ 1 Numaralı eksen, büküm kolunun servo motor tarafından döndürüldüğü büküm eksenidir.
- ➔ 2 Numaralı eksen, pens ve araba (sürücü) grubunun servo motor tarafından kızaklar üzerinde ileri geri hareketinin gerçekleştirildiği bükümler arası mesafe eksenidir.
- ➔ 3 Numaralı eksen, ardışık bükümler arasında, borunun kendi eksenini etrafında döndürülerek iki komşu büküm arasında açısal farkın yaratıldığı eksenidir.
- ➔ 4 Numaralı eksen, kalıp değişim işleminin gerçekleştirilmesi için bükme grubunun hidrolik sistem tarafından ray üzerinde sağa ve sola hareket ettirildiği eksenidir.
- ➔ 5 Numaralı eksen, kalıp seçiminin yapılabilmesi için bükme grubunun yukarı aşağı hareketinin gerçekleştirildiği eksenidir.

Görselde işaretlenen 4 ve 5 numaralı eksenler, sadece kalıp değişim işleminde kullanılan eksenlerdir. Bükme işlemleri için kullanılan eksenler 1, 2 ve 3 numara ile işaretlenen eksenlerdir. Belirtilen eksen hareketlerinin tamamı, CNC kontrol sistemi tarafından kumanda edilir (Görsel 1.118).



Görsel 1.118: CNC boru bükme makinesi eksenleri

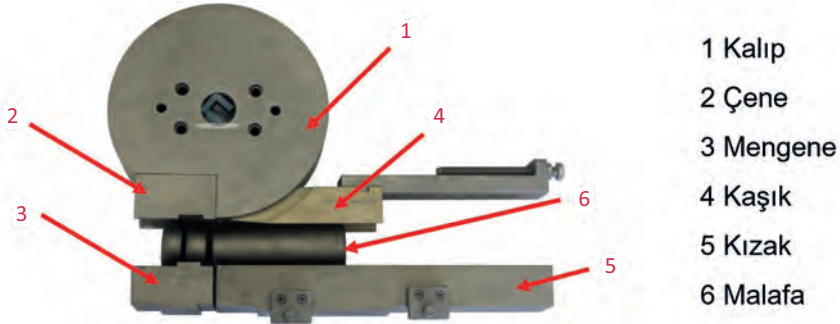


Büküm programı hazırlanırken Görsel 1.117’de gösterilen 1 numaralı eksen büküm açısı, 2 numaralı eksende iki büküm arasındaki mesafe ve 3 numaralı eksen büküm açılal fark değeri kontrol panelinden girilir. Büküm programı tamamlandığında ilgili boru çapı ve büküm radüs ölçüsüne uygun bükme kalıplarının değışimi yapılır. Çoklu büküm kalıbı özelliği olan makinelerde, kalıp değışimi CNC kontrol sistemi tarafından otomatik yapılır. Tek kalıbın bağlanabildiği NC sisteme sahip büküm makinelerinde, kalıp seçimi ve montajı operatör tarafından el ile yapılır.

Malafa, konumu (kalıp çenesine göre) mengene çenesi, kızak ve kaşık baskı gücü ayarı gibi faktörler hatasız boru bükümünde önemli rol oynar. Seri büküm işlemlerine geçmeden önce, büküm programı ile bükme grubu parçalarının doğru ayarının yapılabilmesi için deneme bükümlerinin yapılması gereklidir.

Büküm programı oluşturulan boru formundaki parça, malafa içinde olacak şekilde pens içerisine yerleştirilir. Programın başlatılması ile sürücü (araba) kızaklar üzerinde hareket ederek borunun, kalıp içerisinde 2. eksen değeri kadar (büküm noktasına kadar) sürülmesi sağlanır. Ardından mengene çenesi kapatılır, kaşık ve kızakın kapanması ile büküm başlar. Enkoder sayısal kontrolü ile çalışan servo motor tarafından ayarlanmış değeri kadar büküm gerçekleşir. Birinci büküm tamamlandığında, bükme kolu başlangıç noktasına dönmeden önce sırası ile mengene açılır; pens, ayarlanmış değeri kadar öne sürülerek borunun kalıptan ayrılmasını sağlar. Ardından büküm kolu, başlangıç noktasına geri döner ve bir sonraki büküm döngüsü başlar. Programa göre diğer eksenlerin hareketi ile boru, ileri sürülür veya eksen etrafında (3. eksen) döndürülür. Ardından yeni büküm için döngü devam eder. Tüm bu işlemler, CNC kontrol sistemi tarafından kumanda edilir.

Bükme grubu kalıp, çene, mengene, kaşık, kızak, malafa parçalarından meydana gelir. Hatasız ve hassas bükümler elde etmek için bükme grubu elemanlarının birbirine göre konum ve baskı gücü ayarlarının doğru şekilde yapılması gerekmektedir (Görsel 1.119).



Görsel 1.119: Bükme grubu parçaları

CNC boru bükme makineleri otomotiv, tarım makineleri, gıda imalat teknolojileri, tesisat, metal mobilya, aksesuar, yapı elemanları imalatı gibi alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır (Görsel 1.120).



Görsel 1.120: CNC boru bükme örnek parçalar



1.2. KESME VE BÜKME YAPILACAK İŞ ALANINDA ALINMASI GEREKEN GÜVENLİK KURALLARI

Kesme ve bükme uygulamaları için kullanılan tezgâhlar; tezgâhı kullanan operatör, aynı alanı kullanan diğer çalışanlar ve çevre açısından bazı riskleri barındırır. Bu risklerin tehlike yaratmadan bertaraf edilmesi ya da en aza indirilmesi için bir dizi önlemler alınmalıdır. Bu önlemleri personel, makine ve teçhizat, çalışma alanı ve çevre şeklinde gruplandırmak mümkündür.

1.2.1. Kesme ve Bükme İşlemlerinde Kullanılacak Kişisel Koruyucu Donanımların Önemi

Kesme ve Bükme İşlemlerinde Kullanılan Kişisel Koruyucu Donanımlar

- Eldiven
- İş ayakkabısı
- Koruyucu gözlük
- Kulaklık (Panç preslerde zorunlu)
- Toz maskesi (Plazma kesim ve alevli kesimde zorunlu)
- Baret (Alanda tavan vinci çalışması hâlinde zorunlu)

Yönetmelikler ve Standartlar

20.06.2012 tarih ve 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamında yer alan işletmelerde, "Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik".

1 Mayıs 2019 tarih ve 30761 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan "Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği".

CE işareti olan bir ürün, kişisel koruyucu direktiflerini içeren standartlara göre hazırlanan zorlu testleri geçmiş ve kaliteli malzemelerden imal edilmiş, yüksek performanslı ürün demektir. CE [(Conformité Européenne (Konformite Yüropiene) (Avrupa'ya Uygunluk)] işareti, Avrupa normlarına uygunluk anlamına gelir. Haksız kullanımı, cezai yaptırımlara yol açan bir sertifikalandırma sistemidir.

İş yerinde, işveren tarafından bulundurulması ve yapılan işe göre çalışan tarafından kullanılması zorunlu olan "Kişisel Koruyucu Donanımların" (KKD), yukarıda yazılı yönetmeliklerde belirtilen hususlara uygun olarak üretilmiş olmasına dikkat edilmelidir (Tablo 1.7).

Tablo 1.7: Kesme ve Bükme İşlemlerinde Kişisel Koruyucu Donanım ve Standartları

KORUMA DONANIMI	STANDART
Ayakkabı	TS EN ISO 20345, 20346, 20347
Eldiven	TS EN 388, 407, 420
Gözlük	TS 5560, EN 166
Baret	TS EN 397, TS EN 812
Toz Maskesi	TS EN 149
Kulak Koruyucusu	TS EN 352

Kesme ve bükme işlemlerinde; iş ayakkabısı, eldiven, koruyucu gözlük, kullanılması zorunlu kişisel koruyucu donanımlardır. Ayrıca plazma kesim, alevli kesim uygulamalarında toz maskesi; tavan vinci ile yükleme işlemlerinin yapıldığı alanlarda baret; panç pres ve preslerin olduğu (85 dB ve üzeri gürültü) çalışma ortamlarında kulak koruyucu, zorunlu kişisel koruyucu donanımlara eklenmelidir.

Bu donanımlara ait emredici (mavi zeminli) iş sağlığı ve güvenliği levhaları, çalışma alanlarına asılmalıdır.



1.2.2. NC ve CNC Kesme ve Bükme Tezgâhlarının Güvenlik Donanımları ile Bu Güvenlik Donanımlarının Önemi

Makinelere takılan koruyucularla ilgili tanımlayıcı ilkeler, “Makine Emniyet Yönetmeliğin” (2006 42/AT) ayrıntıları ile belirtilmiştir.

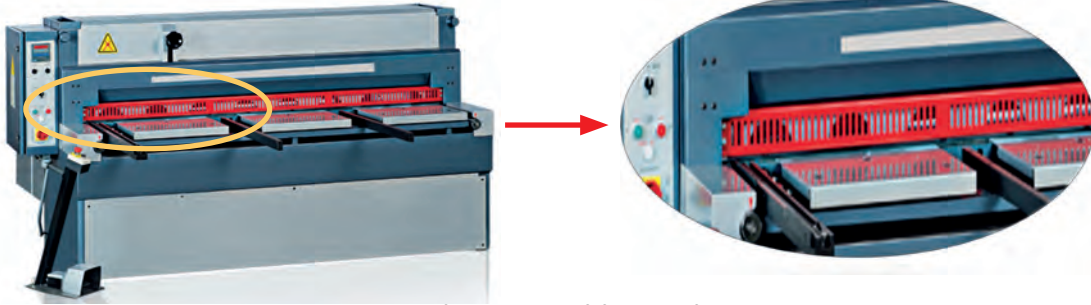
Buna göre makinelerin tasarımı ile ilgili temel sağlık ve güvenlik kuralları başlıklı bölümde, koruma sistemleri; makinenin kendisine ait olan muhafaza sistemleri ve çalışma alanına (çevre) ait koruma ve muhafaza sistemleri olarak nitelendirildiği görülmektedir.

Makine Güvenliği

Kesme ve bükme makinelerinde iş sağlığı ve güvenliği açısından oluşan riskler, optik ve elektronik koruma donanımlarının yanında mekanik (fiziksel) uzaklaştırıcılarla önlenmeye çalışılmaktadır.

Mekanik Koruyucu Kapaklar

Fiziksel olarak çalışanı tehlikeli ortamdan uzaklaştırmayı amaçlayan tertibatlardır (Görsel 1.121).



Görsel 1.121: Parmak koruyucular

Yüksek hızlarda dönme, vurma, ısı ve optik etki yaratan makine donanımlarının oluşturduğu riskler, mekanik kapaklar kullanılarak en aza indirilir. Mekanik kapakların sürekli kapalı konumda olmaları şartı, kapı üzerine monte edilmiş kapı sivici (mini şalter) ile sağlanır. Böylece kapak tam olarak kapatılmadan tezgâh çalıştırılmaz (Görsel 1.122).



Görsel 1.122: Mekanik kapak koruyucular

Işık Bariyerleri

Bükme ve kesme makinelerinde, çalışma ve yaklaşma alanlarını kontrol altına almak için ışık bariyerleri kullanılır (Görsel 1.123).



Görsel 1.123: Işık bariyeri ile alan koruma (Lazer mekik tabla hareket alanı)



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Aynı doğrultu üzerine karşılıklı konumla yerleştirilen ışık kaynağı ve alıcısı iki bariyer, aralarında insan gözüyle görülmeyen bir alan yaratır. Bu alana giren yabancı bir nesne olduğunda ışık bariyeri, bir uyarı sinyali oluşturur. Tezgâh kontrol paneli, bu uyarı sinyalini aldığı anda tüm sistemi anında durdurur (Görsel 1.124).



Görsel 1.124: Abkant pres kalıp ışık bariyeri (el ve parmak koruma)

Işık bariyerlerinin algıladığı risk ortadan kalktığı anda sistem kendiliğinden çalışmaya devam etmez. Makinenin kaldığı yerden çalışmaya devam etmesi için operatörün güvenlik adımlarını sıfırlaması gerekir. Böylece operatörün güvenlik riskini değerlendirmesi sağlanır (Görsel 1.125).



Görsel 1.125: Giyotin makas ışık bariyeri (ön ve arka)

Acil Durdurma (E-stop) Butonu

EN ISO 13850 standardı, çeşitli durdurma kategorilerini tanımlamanın yanı sıra acil durdurma butonunun renk ve özellikleri ile ilgili tanımlamaları kapsar. Buna göre acil durdurma butonu; bulunduğu alanda açıkça tanımlanabilir, kolayca görülebilir ve hızlı şekilde erişilebilir olmalıdır. Bu nedenle acil durdurma butonu, sarı arka plan üzerine kırmızı renk olmalıdır (Görsel 1.126).



Görsel 1.126: Acil durdurma butonu

Rollform üretim hattı, sac kesme ve dilimleme hattı gibi geniş çalışma alanına sahip tezgâhlar da, acil durdurma sistemi buton yerine hattın her iki kenarına çekilen bir ucu butona bağlanmış "Acil Çekip Durdurma İpi" kullanılır.

Çalışma Alanı Güvenliği

Çalışma alanı güvenliği denildiğinde tezgâh çalışanlarının ve makinenin konuşlandırıldığı alanda bulunan diğer kişilerin, güvenliğini tehdit edecek risklere karşı alınacak tedbirler anlaşılmaktadır.

Makinenin anlık çalışma ya da hazırda bekleme ve arıza durumunun kolayca anlaşılması için pano lambası (tepe lambası) kullanılır.

1. NC VE CNC İŞ TEZGÂHLARI



Yeşil renk çalıştığını, kırmızı renk bekleme konumunda olduğunu, sarı renk bakım veya arıza durumunu belli eder (Görsel 1.127).



Görsel 1.127: Makine pano lambası

Kesme işlemlerinde kullanılan kesme ve yardımcı gaz tüpleri, makineden bağımsız bir alanda kurulmuş tüp standı üzerinde dik konumda ve duvara zincirle bağlı durumda kullanılmalıdır. Gaz türüne ve tezgâh gereksinimine (debi / basınç) uygun seçilmiş regülatörler kullanılmalı ve hortum bağlantıları periyodik aralıklarla kontrol edilmelidir.

Çalışma alanı, makine çevresinde gerekli boşluk bırakılarak metal separatörlerle çevrilmeli; işi olmayan personelin tezgâh hareket alanlarından uzak olmaları sağlanmalıdır (Görsel 1.128).



Görsel 1.128: Ayrılmış makine alanı

CNC kesme ve bükme makineleri, verimli ve yüksek kapasiteli üretim imkânı sağlayan ve bunun için yüksek miktarda enerji tüketen makinelerdir. Çevre faktörü açısından makinelerin periyodik bakımlarının zamanında yapılması ve üretim kapasitelerinin üzerinde çalıştırılmaya zorlanmama-ları gerekmektedir. Makinelerin, yeterince tecrübe ve bilgi sahibi operatörler tarafından kullanılarak daha verimli çalışmalarını sağlanmalıdır.

Kesme İşlemlerinde İş Kazası Riskleri

Mekanik kesme yönteminin kullanıldığı tezgâhlarda karşılaşılan iş kazası riskleri şunlardır:

➔ Yüksek hızlarda dönen ya da düşen kesici takımların (makaslar, testere diskleri, şeritler, pañç zimbaları vb.) yarattığı iş kazası riskleri



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

- ➔ Kesilen parçaların tezgâhtan ayrılması (fırlaması) riskleri
 - ➔ Makine arızalarında elektrik çarpması riski
 - ➔ Parçaların çalışanın üzerine düşmesi riskleri
 - ➔ Kesim kenarlarında oluşan çapakların çalışana vereceği zararlar
- Termik kesme yöntemlerinin kullanıldığı makinelerde karşılaşılan riskler:
- ➔ Lazer ışığı ve plazma ark ışığının çalışana yaratacağı riskler
 - ➔ Lazer ve plazma kesim makinelerinin radyasyon etkisinden kaynaklanan riskler
 - ➔ Parçalarda yüksek ısı birikimi riski
 - ➔ Lazer ve plazma kesme işlemlerinde kullanılan gazların sızıntı riski
 - ➔ Alevle kesme işlemlerinde kullanılan gazları patlama riski
 - ➔ Makine arızalarında elektrik çarpması riski
 - ➔ Kesilen parçaların çalışanın üzerine düşmesi riski
 - ➔ Kesim kenarlarında oluşan çapakların çalışana vereceği zararlar

Bükme İşlemlerinde İş Kazası Riskleri

Bükme işlemlerinin gerçekleştirildiği tezgâhlarda iş kazası riskleri:

- ➔ Büküm makinelerinde elin ya da kolun kalıplar arasına sıkışması riski
- ➔ Kalıpların ve makaraların değişiminde oluşacak kaza riski
- ➔ Boru bükme ve abkant pres makinelerinde bükülen parçanın çalışana çarpması riski
- ➔ Tezgâh arızalarında elektrik çarpması riski

Kesme ve Bükme İşlemlerinin Çevreye Olan Etkileri

- ➔ Lazer kesim ışının çevreye yansımaları
- ➔ Plazma kesim ışının çevreye yansımaları
- ➔ Plazma ve lazer tezgâhlarının oluşturduğu radyasyonun çevreye etkileri
- ➔ Özellikle termik kesim işlemlerinde oluşan toz, duman ve cürufun çevreye olan etkileri
- ➔ Panç, rollform gibi yüksek ses üreten tezgâhların oluşturduğu gürültü kirliliği
- ➔ Makinelere ait hidrolik ve otomatik yağlama sistemlerindeki yağın sızıntı riski

Çalışan personelin ve makine teçhizatın uygun koruyucu donanımlarla güçlendirilmesi bahsedilen risklerin en aza indirilmesi sağlanır.

1.3. KESİLECEK VE BÜKÜLECEK PARÇALARIN İMALAT RESMİ

CNC üretim teknolojileri, ürünlerin tasarlanması ve üretim süreçlerinin bilgisayar sistemleri tarafından yapılmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda karşımıza iki farklı tanım çıkmaktadır.

Bir çizim programı olan CAD, sadece tasarım oluşturulma sürecinde kullanılır. CAD ile üretilen tasarım dosyası, daha sonra bir CNC tezgâhta, CAM programı ile çalıştırılarak üretim gerçekleştirilir. CAD için tasarım yapan operatör ve bilgisayar yeterli olurken, CAM için ilave olarak üretimi gerçekleştirecek CNC makine gereklidir.

CAD bilgisayar destekli çizim, CAM bilgisayar destekli üretim anlamına gelmektedir.

CNC kesme ve bükme makinelerinde, CAD ve CAM programlarının tümleşik versiyonları kullanılır.

CNC kesim tezgâhlarında üretim programı hazırlığı, makine kontrol panelinden yapılabileceği gibi haricî bilgisayar üzerinden yapılarak bilgisayar ağı ya da haricî bellek ile makineye ait CAD ve CAM programına taşınabilir.

1.3.1. İki Boyutlu Çizimin Yapılması ve Üretim Programının Hazırlanması

Kesim makinelerinde kullanılan mevcut CAD ve CAM programları, iki boyutlu çizim uygulamala



rını kendileri yapabildiği gibi haricî kaynaktan aktarılan dxf, dwg gibi uzantılara sahip CAD dosyalarını açarak işleyebilir.

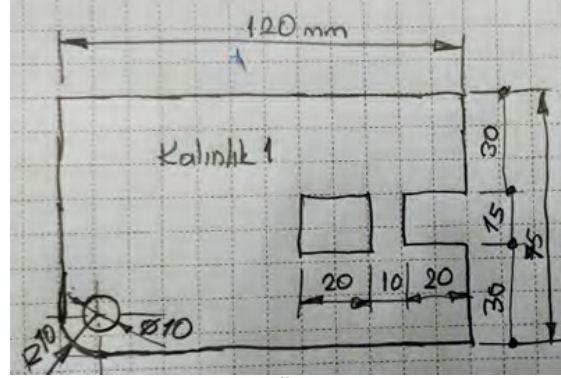
- Tüm kesim uygulamalarında üretim programı hazırlama işlemi belirli adımlarla tamamlanır.
- İki boyutlu çizimin yapılması
- Çizim dosyasının CAD ve CAM uygulaması ile açılması
- Parça ile ilgili parametrelerin girilmesi (parça türü, kalınlığı, kesim adedi vb.)
- Kesme takımlarının belirlenmesi (panç preslerde)
- Resmi oluşturan çizgilerin işlenmesi (kesilmesi)
- Kesilecek levha üzerine parçaların yerleşiminin yapılması
- NC kodların oluşturulması
- Simülasyon ön izlemesi
- Üretim programının kaydedilmesi

CNC bükme makinelerinde iki boyutlu çizim uygulamaları, genellikle makine kontrol paneli üzerindeki CAM uygulaması ile gerçekleştirilir. Haricî kaynaktan hazırlanmış (dxf, dwg gibi) CAD dosyalarını tanıyan, açan ve işleyen kontrol panelleri geliştirilmiş olsa da sektör günümüzde bu teknolojiyi tam olarak kullanmamaktadır.

NC ve CNC ile imalatı yapılacak ürün çizimi işlem aşamaları şunlardır:

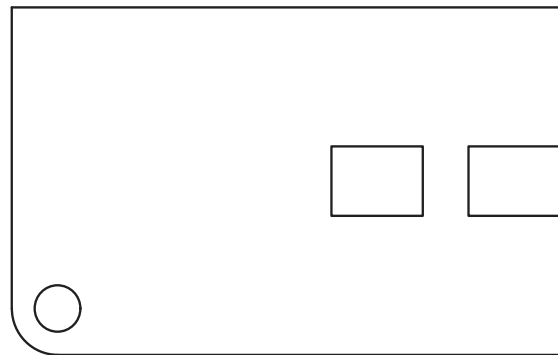
Kesim Programı Hazırlama

- İmalatı yapılacak ürünün ölçülü kroki çizimi ya da görseli hazırlanır (Görsel 1.129).



Görsel 1.129: Ürün kroki çizimi

- Haricî bilgisayarda iki boyutlu paket programı kullanılarak (dxf, dwg uzantılı) CAD dosyası oluşturulur (Görsel 1.130).



Görsel 1.130: İki boyutlu çizim dosyası



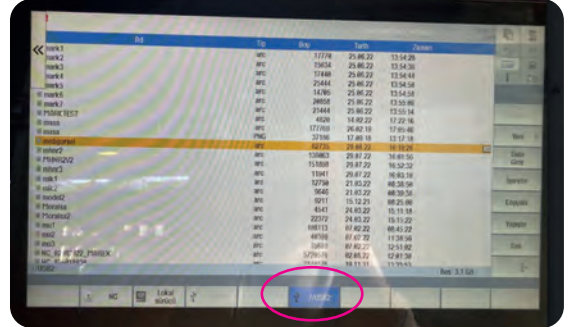
İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

- ➔ Ürün etiketi ile isimlendirilen dosya, USB belleğe kaydedilir. USB bellek, tercih edilen CNC kesim (örneğin lazer kesim) makinesi kontrol panelinde haricî kaynak girişine takılır (Görsel 1.131).



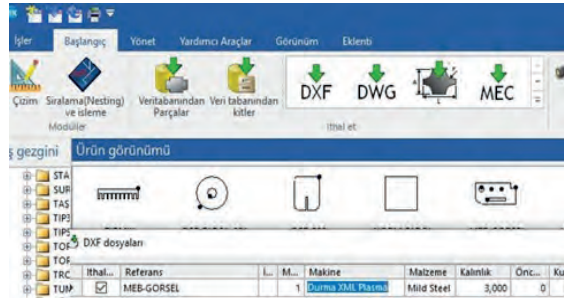
Görsel 1.131: USB haricî belleğin tezgâh paneline takılması

- ➔ Makine kontrol paneli arayüzünde USB kaynak girişi seçilir. USB haricî bellek dosyalarında ürün ismiyle bulunan dxf uzantılı iki boyutlu çizim dosyası açılır (Görsel 1.132).



Görsel 1.132: Kontrol paneli arayüzü, USB bellek dosyaları

- ➔ Kesim makinesinin kullandığı (üretici firmasının tercih ettiği) CAD/CAM uygulaması ile açılan ekran üzerinde parça ile ilgili tanımlayıcı parametreler sırası ile girilir (Görsel 1.133).



Görsel 1.133: MEB görsel isimli dosyanın CAD/CAM programı ile açılması

- ➔ İki boyutlu resmi oluşturan çizgilerin tamamının kesilerek işlenmesi için öncelikle desene giriş desenden çıkış noktalarının, parçayı oluşturan şekillerin kesim sıralarının belirlenmesi gerekir. Bu işlem yazılım tarafından yapılır. İşlem bittiğinde, tüm çizgiler kesilerek işlenmiş olur (Görsel 1.134).

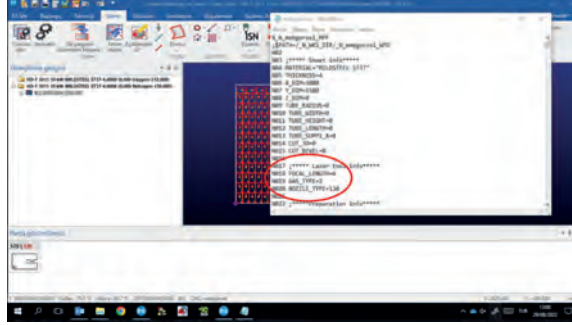


Görsel 1.134: Kesim ayrıntıları komut satırı

1. NC VE CNC İŞ TEZGÂHLARI



- Ardından kesim için kullanılacak sac ölçüleri belirlenir.
- Yerleştirme gezgini ile, seçilen sac levha görüntüsü üzerine program tarafından belirlenen sayıda parça yerleştirme işlemi tamamlanır. Yerleşim planı ve kesim sırası belirlendikten sonra levha üzerindeki yerleşim planı, iki boyutlu işlenmiş tek parça resim olarak tanımlanır. Kesme yöntemine göre CNC kontrol sistemi, torç ya da levhanın hareketini sağlayabilmek için NC kodlarına ihtiyaç duyar. Bunun için NC kodların oluşturulması gerekir (Görsel 1.135).



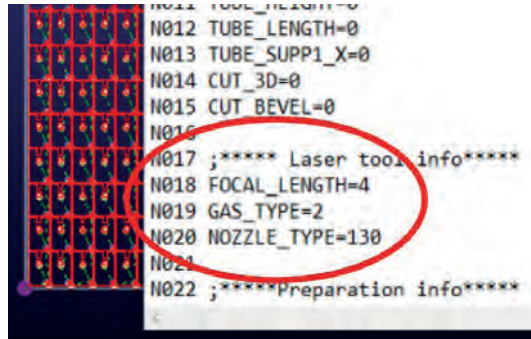
Görsel 1.135: Parça yerleşimi komut satırı

- Yerleşim işleminin yapılmasının ardından NC kod oluşturma süreci başlatılır. NC kodlar, levha üzerine yerleşimi yapılan parçaların tamamını tek parça olarak üretecek bir bütünlükle oluşturulur.
- NC kodların oluşturulması işlemi tamamlandığında simülasyon ekranı açılır ve kesim işleminin bir benzeri ekran üzerinden kontrol edilir (Görsel 1.136).



Görsel 1.136: Simülasyon komut satırı

- Simülasyon ekranında herhangi bir sorun tespit edilmez ise programın kaydedilmesi ile işlem tamamlanır.
- Kesme programının kaydedilmesinden önce, NC kodlarının bulunduğu ilgili ekrandan kesim teknolojisi ile ilgili bilgiler kontrol edilmelidir (Görsel 1.137).

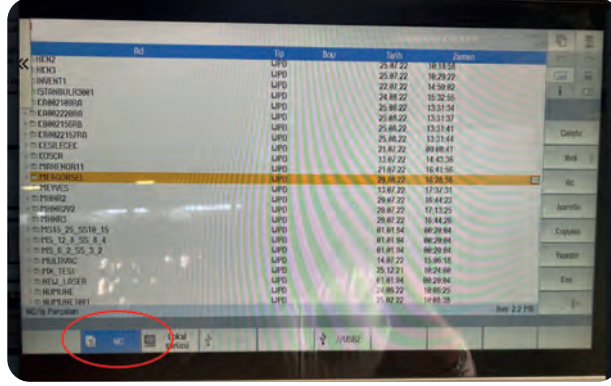


Görsel 1.137: Kesim teknolojisi bilgileri



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

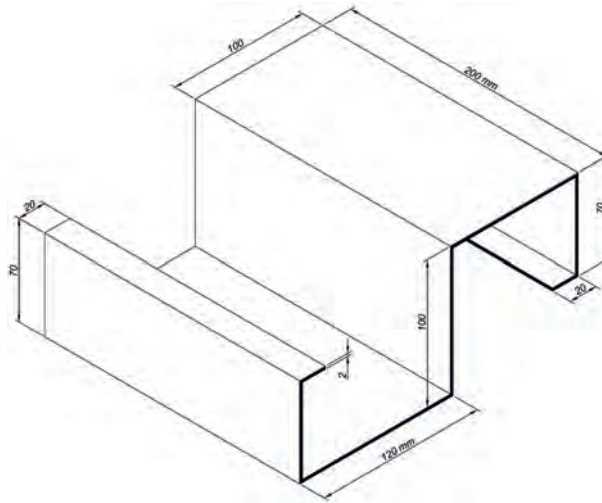
- ➔ Kesim parça üretim programı, iş parçasının etiket bilgisi ile kaydedilir (Görsel 1.138).



Görsel 1.138: Tamamlanan kesim programının kaydedilmesi

Büküm Programı Hazırlama

- ➔ İmalatı yapılacak ürünün ölçülü kroki çizimi ya da görseli hazırlanır (Görsel 1.139).



Görsel 1.139: Ürün kroki çizimi

- ➔ Büküm programının oluşturulmasında ilk işlem basamağı, ürüne ait büküm tasarımının yapılmasıdır.
- ➔ Tasarım paket programları kullanılarak parçanın, büküm profil görüntüsü ve açınım resmi çizilir.
- ➔ Günümüzde haricî kaynaktan (USB bellek) üç boyutlu çizim dosyalarını işleyerek büküm programını hazırlayan abkant presler olsa da büküm programının kontrol paneli üzerinden yapılması yöntemi en geçerli yöntemdir.
- ➔ Büküm programının oluşturulması için öncelikle, dokunmatik ekranda büküm profili serbest ölçülerde parmak dokundurularak çizilir (Görsel 1.140).



Görsel 1.140: Ekran üzerinde iki boyutlu çizim işlemi

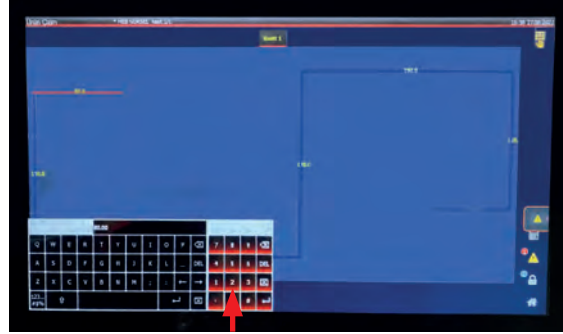


- ➔ Serbest el ile dokunmatik ekranda oluşturulan ön çizim şekli, hizalama komutuna dokunularak 90° dik kenarlar elde edilir (Görsel 1.141).



Görsel 1.141: Hizalama tuşu ile kenarların düzeltilmesi

- ➔ Sırası ile büküm kenar çizgilerine çift tıklanarak açılan klavye sekmesi üzerinden kenar boyu girilir. Bu işlem ürünü oluşturan tüm büküm kenarlarına uygulanır (Görsel 1.142).



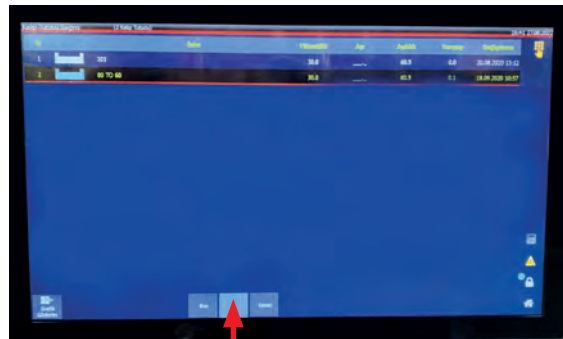
Görsel 1.142: Klavye ile kenar uzunluk ölçülerinin girilmesi

- ➔ Tüm kenarların ölçüsü girildiğinde panel üzerinde iki boyutlu ürün çizimi tamamlanır (Görsel 1.143).



Görsel 1.143: İki boyutlu çizimin kontrol paneli üzerinde tamamlanması

- ➔ Sonraki aşamada program kütüphanesindeki kalıplardan çizimi yapılan ürün için uygun olan kalıp ve kalıp bağlantısı operatöre gösterilir. Operatörün onayıyla sonraki aşamaya geçilir.
- ➔ Program hafızasındaki kalıp işletmede yok ise tezgâha bağlanacak kalıp, kalıp etiket bilgileri ve kodu ile programa tanımlanır (Görsel 1.144).

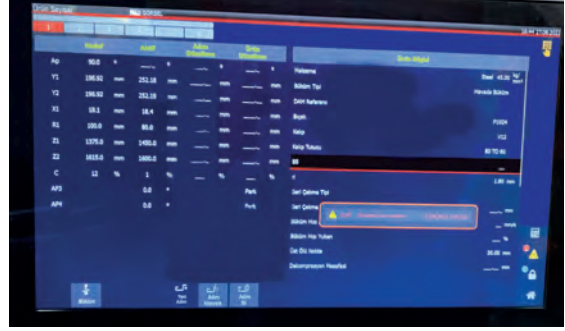


Görsel 1.144: Kalıp ve kalıp tutucuların seçilmesi



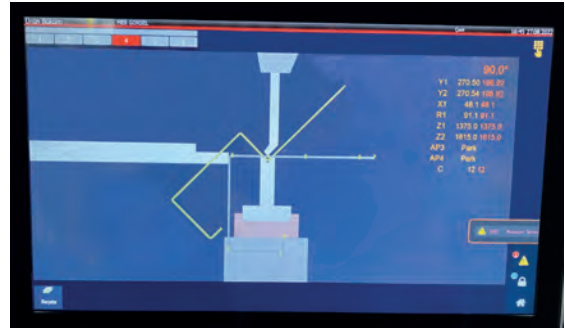
İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

- ➔ Büküm programı, bir önceki aşamada yapılan çizimden belirlenen büküm kenar uzunlukları (dayama eksen mesafeleri) ve büküm açısı değerleri ile köşe sayısı kadar büküm programını oluşturur.
- ➔ Büküm programını oluşturan büküm noktaları, operatör tarafından sıra ile açılarak parça kalınlığı, bükülecek parça boyu ve büküm açısı değerleri kontrol edilir (Görsel 1.145).
- ➔ Kontrol işleminin ardından büküm sırasının ve kalıp seçiminin doğruluğunu test etmek için simülasyona geçilir.



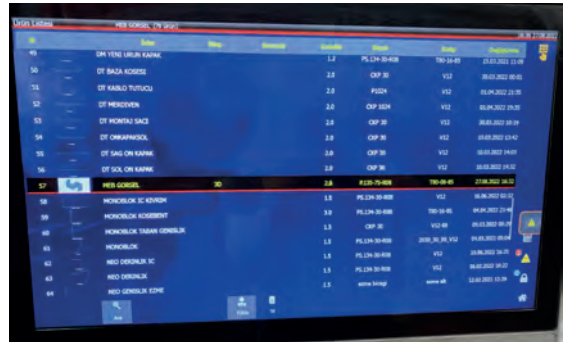
Görsel 1.145: Programda büküm adımlarına ait ölçü ve açısı değerlerinin kontrol edilmesi

- ➔ Büküm programında çizim ve kalıp seçiminin ardından simülasyon uygulaması çalıştırılarak bükme anında bükülen kenarın kalıplara (olası) çarpma durumu gözden geçirilir.
- ➔ Simülasyon ile çarpma durumu ya da bükümü mümkün olmayan kenar hatalarının ortaya çıkması durumunda, kalıp değişimi ve büküm sıra değişimi yapılarak sorun oluşmadan çözülmüş olur (Görsel 1.146).



Görsel 1.146: Simülasyonun çalıştırılması

- ➔ Simülasyon gösteriminin ardından büküm programı tamamlanarak abkant pres CNC kontrol sistemine ait bilgisayarın ilgili hafıza birimine ürün, etiket (isim veya ürün kodu) bilgisi ile kaydedilir (Görsel 1.147).



Görsel 1.147: Büküm programı dosyasının makine hafızasına kaydedilmesi



1. UYGULAMA: BAĞLANTI PLAKASI ÇİZİMİ



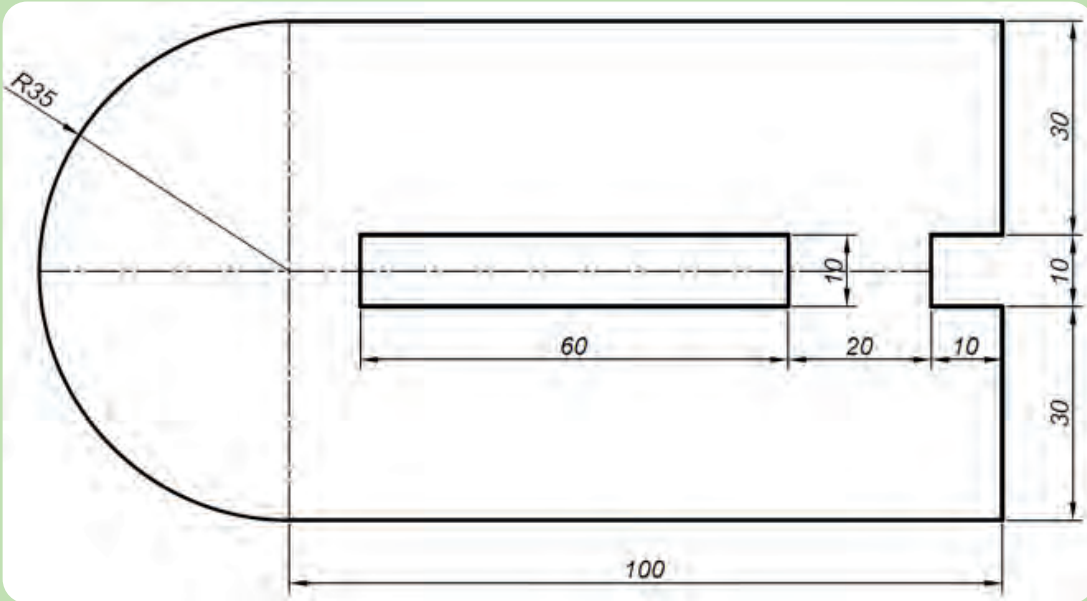
10 dk.

AMAÇ

İki boyutlu çizim dosyası oluşturularak kayıt formatını değiştirmek.

GÖREV

1. Yapacağınız çalışmayı iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak verilen işlem basamakları ve öneriler doğrultusunda gerçekleştiriniz.
2. Aşağıda ölçüleri verilen bağlantı plakasının iki boyutlu çizim dosyasını oluşturarak dwg. formatında kaydediniz.
3. Kaydedilen çizim dosyasının kayıt formatını dwg. formatından dxf. formatına dönüştürünüz.
4. Çalışmanızı planlarken uygulama sonunda verilen kontrol listesindeki ölçütleri dikkate alınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
1. Paket programı açınız.	Cihazlar, iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak açılır.
2. Çizim programını hazır hâle getiriniz.	Çizimde kullanılacak araç çubukları açılır.
3. Çizimin işlem sırasını belirleyiniz.	Çizime bir işlem sırası verilerek işlemler basitleştirilir.
4. Öncelikle çizimi kaydediniz.	Bir klasör içine dosya olarak açılır. Kayıt işlemi belli sürelerde çizim güvenliği için tekrarlanır.
5. Eksen çizgilerini çiziniz.	Farklı çizgi komutları da kullanılabilir.
6. Daire ve yayları çiziniz.	Farklı daire ve yay çizilebilir.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

7. Doğruları çiziniz.	Farklı ölçülerde doğrular çizilir.
8. Çizimi dwg. formatında kaydediniz.	Farklı kayıt ortamına kaydedilir.
9. Çizim üzerinden ikinci tür kayıt açınız.	Farklı kayıtme için ikinci kayıt yapılmalıdır.
10. Çizimin dxf. formatını seçiniz.	Farklı formatta kayıtme yapılmalıdır.
11. Yaptığınız çalışmayı, bilgisayar ağı ile makineye veya haricî bellek ortamına kaydediniz.	Farklı kayıtme ortamlarından biri tercih edilmelidir.

DEĞERLENDİRME

Bağlantı plakası çizimi ve kayıt formatının değiştirilmesi uygulaması, aşağıda verilen kontrol listesi kullanılarak değerlendirilecektir.

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Çizim araç gerecini hazır hâle getirdi.		
2. Paket programı çizime ve ölçümlendirmeye göre ayarladı.		
3. Çizimi dwg. formatında kaydetti.		
4. Çizim üzerinden ikinci tür kayıt penceresini açtı.		
5. Çizimi dxf. formatını seçerek kaydetti.		
6. Çizimi, bilgisayar ağı ile makineye veya haricî bellek ortamına kaydetti.		

“Hayır” olarak işaretlenen ölçütler için ilgili konu ve uygulamaları tekrar ediniz.



2. UYGULAMA: SLOT PARÇASI ÇİZİMİ



10 dk.

AMAÇ

İki boyutlu çizim dosyası oluşturularak kayıt formatının değiştirmek.

GÖREV

1. Yapacağınız çalışmayı iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak verilen işlem basamakları ve öneriler doğrultusunda gerçekleştiriniz.
2. Kaydedilen çizim dosyasının kayıt formatını dwg. formatından dxf. formatına dönüştürünüz.
3. Aşağıda ölçüleri verilen slot bağlantı plakasının iki boyutlu çizim dosyasını oluşturarak dwg. formatında kaydediniz.
4. Çalışmanızı planlarken uygulama sonunda verilen kontrol listesindeki ölçütleri dikkate alınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
1. Paket programı açınız.	Cihazlar, iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak açılır.
2. Çizim programını hazır hâle getiriniz.	Çizimde kullanılacak araç çubukları açılır.
3. Çizimin işlem sırasını belirleyiniz.	Çizime bir işlem sırası verilerek işlemler basitleştirilir.
4. Öncelikle çizimi kaydediniz.	Bir klasör içine dosya olarak açılır. Kayıt işlemi belli sürelerde çizim güvenliği için tekrarlanır.
5. Eksen çizgilerini çiziniz.	Farklı çizgi komutları da kullanılabilir.
6. Daire ve yayları çiziniz.	Farklı daire ve yay çizilebilir.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

7. Doğruları çiziniz.	Farklı ölçülerde doğrular çizilir.
8. Çizimi dwg. formatında kaydediniz.	Farklı kayıt ortamına kaydedilir.
9. Çizim üzerinden ikinci tür kayıt açınız.	Farklı kayıt için ikinci kayıt yapılmalıdır.
10. Çizimin dxf. formatını seçiniz.	Farklı formatta kayıt yapılmalıdır.
11. Yaptığınız çalışmayı, bilgisayar ağı ile makineye veya haricî bellek ortamına kaydediniz.	Farklı kayıt ortamlarından biri tercih edilmelidir.

DEĞERLENDİRME

Slot plakası çizimi ve kayıt formatının değiştirilmesi uygulaması, aşağıda verilen kontrol listesi kullanılarak değerlendirilecektir.

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Çizim araç gerecini hazır hâle getirdi.		
2. Paket programı çizime ve ölçümlendirmeye göre ayarladı.		
3. Çizimi dwg. formatında kaydetti.		
4. Çizim üzerinden ikinci tür kayıt penceresini açtı.		
5. Çizimi dxf. formatını seçerek kaydetti.		
6. Çizimi, bilgisayar ağı ile makineye veya haricî bellek ortamına kaydetti.		

“Hayır” olarak işaretlenen ölçütler için ilgili konu ve uygulamaları tekrar ediniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere cümlelerdeki bilgiler doğruysa "D", yanlışsa "Y" yazınız.

1. () Kesme ve bükme uygulamaları için kullanılan tezgâhlar, çevre açısından yüksek tehlike riskleri oluşturur.
2. () İş ayakkabısı, kesme ve bükme işlemlerinde kullanılan kişisel koruyucu donanımlardan biridir.
3. () "Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği" 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamında yer alan işletmeler için yayımlanmıştır.
4. () CE işareti olan bir ürün, kişisel koruyucu direktiflerini içeren standartlara göre hazırlanan zorlu testleri geçmiş ve kaliteli malzemelerden imal edilmiş yüksek performanslı ürün demektir.
5. () Mekanik koruyuculu kapaklar, fiziksel olarak çalışanı tehlikeli ortamdaki uzaklaştırmayı amaçlayan tertibattır.
6. () Bükme ve kesme makinelerinde, çalışma ve yaklaşma alanlarını kontrol altına almak için plastik bariyerler kullanılır.
7. () Acil durdurma butonu sarı arka plan üzerine kırmızı renk olmalıdır.
8. () Makinenin anlık çalışma ya da hazırda bekleme ve arıza durumunun kolay anlaşılması için pano lambası (tepe lambası) kullanılır.
9. () Makinenin; yeşil renk çalıştığını, sarı renk bekleme konumunda olduğunu, kırmızı renk bakım veya arıza durumunu belli eder.
10. () Kesme işlemlerinde kesilen parçaların makineden ayrılması (fırlaması), iş kazası risklerinden biridir.

B) Aşağıdaki soruları okuyunuz, doğru cevaplarını işaretleyiniz.

11. Mekanik enerji sağlayan motorların anahtarlama pozisyonu ve çalışma süresi ile açı, hız gibi değişkenlerin kontrol edildiği kumanda düzenine ve sistemine ne ad verilir?

- A) El ile (manuel)
- B) CNC
- C) NC
- D) Tam otomatik
- E) Yarı otomatik

12. Aşağıdakilerden hangisi NC ve CNC makinelerinin metal imalat sektörlerindeki kullanım alanlarından biri değildir?

- A) Boru bükme makineleri
- B) Kaporta tamir işleri
- C) Kaynak otomasyon sistemleri
- D) Metal kesim makineleri
- E) Talaşlı imalat tezgâhları

13. Aşağıdakilerden hangisi NC ve CNC iş tezgâhlarının avantajlarından biri değildir?

- A) CNC kesim makinelerinde, sac levhadan en az fire oluşacak şekilde yerleşim planı yapılarak malzeme israfı önlenir.
- B) CNC kumanda panelleri, operatörler tarafından anlaşılması ve kullanımını kolay arayüz programlara sahiptir.
- C) Üretim hızları hantaldır.
- D) Üretim programı, simülasyon ile çalıştırılıp olası hatalar önceden tespit edilir, böylece oluşacak fire kayıplarının önüne geçilir.
- E) Üretim programlarını hafızasında saklama özelliği mevcuttur. İstenildiğinde bu programlar çağrılarak tekrar kullanılabilir.

14. Aşağıdakilerden hangisi NC ve CNC mekanik kesim yöntemlerinden biridir?

- A) Elektrik arkı ile kesme
- B) Lazer ışını ile kesme
- C) Plazma ile kesme
- D) Şerit testere ile kesme
- E) Yanıcı gaz ve oksijen alevi ile yakılarak kesme

15. Aşağıdakilerden hangisi NC ve CNC termik kesim yöntemlerinden biridir?

- A) CNC lazer ışını ile kesme
- B) CNC paç
- C) NC ve CNC giyotin makas
- D) NC ve CNC sac kesme ve dilimleme
- E) NC ve CNC uçar testere

16. Aşağıdakilerden hangisi CNC sac kesme ve dilimleme makinesinin kısımlarından biri değildir?

- A) Derin kuyu
- B) Hurda sarıcı
- C) Kontrol paneli
- D) Rulo açıcı
- E) Torç (Kesme kafası)

17. Aşağıdakilerden hangisi uyarılmış radyasyon yayılması yoluyla ışığın kuvvetlendirilmesi ilkesinden yararlanılarak elde edilen ışın türüdür?

- A) Elektrik ark
- B) Lazer
- C) Oksi-gaz
- D) Plazma
- E) Ultrason

18. Aşağıdakilerden hangisi lazer ile kesme yönteminin avantajlarından biri değildir?

- A) İş sağlığı ve güvenliği yönünden güvenilir bir yöntemle kesme işlemi gerçekleştirilir.
- B) Kesim çizgisi, dar bir aralıkla gerçekleşir.
- C) Kesim hızı, diğer kesim yöntemlerinden daha yüksektir.
- D) Kesim yüzeyi dar ve düzgün olduğu için sonraki işlem (kaynak gibi) basamakları için ilave yüzey işlemi ya da temizlik gerekir.
- E) Lazer kesme takımları uzun ömürlü olur.

19. Aşağıdakilerden hangisi CNC lazer kesim makinesini oluşturan sistemlerden biri değildir?

- A) Aspiratör ve filtre ünitesi
- B) Lazer kesim ünitesi
- C) Kontrol paneli
- D) Rezanatör
- E) Vantilatör ünitesi

20. Aşağıdakilerden hangisi iyonize olmuş basınçlı hava akımıdır?

- A) Elektrik ark
- B) Lazer
- C) Oksi-gaz
- D) Plazma
- E) Ultrason

2. ÖĞRENME BİRİMİ



NC VE CNC'DE KESME



KONULAR

1. NC VE CNC TEZGÂHIN KESME PARAMETRELERİNİ BELİRLEME
2. NC VE CNC TEZGÂHTA KESİM İŞLEMİNİ YAPMA

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

1. NC ve CNC kesme tezgâhlarında çalışma öncesi kontrol aşamaları
2. Kesme tekniğine göre NC ve CNC kesim tezgâhlarının sarf malzemeleri
3. Kesme tekniğine göre kesim parametreleri
4. NC ve CNC kesme tezgâhlarında üretim programı oluşturma
5. NC ve CNC kesme tezgâhlarında kesim işlemi uygulama adımları

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. El yordamı ile yapılan ölçme ve markalama işlemlerine nazaran otomatik ölçme sistemlerinin sağlayacağı faydalar neler olabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Değişik kesim teknikleriyle elde edilmiş kesim yüzeylerinin yüzey kaliteleri hakkındaki görüşlerinizi, önceki deneyimlerinize dayanarak arkadaşlarınızla paylaşınız.
3. Levha kesim işlemlerine ait CAD/CAM paket programları hakkında araştırma yaparak arkadaşlarınızla paylaşınız.

TEMEL KAVRAMLAR

- lens (mercek)
- nozul
- matriks
- form verme
- CAD/CAM
- komut
- NC kod
- simülasyon



2.1. NC VE CNC TEZGÂHLARIN KESME PARAMETRELERİNİ BELİRLEME

Metal kesim uygulamalarında, farklı kesim kalitelerine sahip değişik yöntemler kullanılır. Yüksek kesim kalitesine sahip bir uygulama, ancak yüksek yatırım maliyetlerine sahip donanımlar ve pahalı sarf giderleri ile elde edilebilmektedir. Daha başarılı ve verimli kesme uygulamalarına ulaşmak için günümüzde yeni kesme teknolojileri üzerine çalışmalar devam etmektedir.

Endüstriyel boyuttaki bir kesme işleminin verimli ve başarılı sayılabilmesi için aşağıdaki kesme kriterlerini karşılaması gerekir.

- ➔ Levha ve boru formundaki her parçayı kesebilmeli.
- ➔ Levha ve boru formundaki farklı malzeme türlerini kesebilmeli.
- ➔ Mümkün olan en yüksek kalınlık değerlerine sahip levhaları, mekanize sistemler ile kesebilmeli.
- ➔ Mümkün olan en büyük boyutlardaki parçaları kesebilmeli.
- ➔ Mümkün olan en küçük boyutlardaki parçaları kesebilmeli.
- ➔ Kesim işlemi esnasında parça deforme olmamalı.
- ➔ Yüksek hassasiyete sahip kesim yüzeyi olmalı.
- ➔ Alt yüzeyde çapaklanma olmamalı.
- ➔ Enerji ve kesme gazı tüketimi az olmalı.
- ➔ Kesim kenarının parça yüzeyine olan eğim açısı (kerf açısı) en küçük değerde olmalı.
- ➔ Makinede kesim için kullanılan sarf malzemeleri (nozül, porselen, kesme takımları vb.) uzun ömürlü olmalı.
- ➔ Kesme, yükleme ve boşaltma hızları yüksek olmalı.
- ➔ Yüksek kesim hızlarında ve adetlerinde, kesim kalitesi değişmemeli.
- ➔ Otomasyon sistemlerine entegre edilmeye elverişli bir donanımı olmalı.

NC ve CNC kesme makineleri, bu kriterleri karşılamak amacıyla üretilmiş ve daha çok levha ve boru formundaki malzemeleri kesmek üzere geliştirilmiştir. Değişik kesitlerde dolu profil gereci kesmek amacıyla üretilen özel CNC kesim makineleri de mevcuttur.

Levha formundaki sac malzemeler, CNC teknolojileri ile yüksek kesim kalitesinde seri olarak kesilebilmektedir. CNC kesim teknolojileri iki farklı kesim metodu ile çalışır.

Temaslı Kesim

Levha yüzeyine temas eden kesme takımları aracılığı ile gerçekleştirilen mekanik kesme yöntemleridir.

Bu yöntemler;

- ➔ Gilyotin makas (düz ve dairesel makas bıçakları ile)
- ➔ Panç pres (zımba ve alt kalıp takımları ile)

Temassız Kesim

Herhangi bir mekanik kesme takımı kullanılmadan ve parça yüzeyine temas edilmeden yakılarak ya da ertirilerek yapılan termik kesme işlemidir.

Bu yöntemler;

- ➔ Lazer kesim (optik)



- ➔ Plazma kesim (ark)
- ➔ Alevle kesim (Oksijen-yanıcı gaz)

CNC kesim teknolojilerinde kesme yöntemini belirleyen önemli parametreler şunlardır:

- ➔ Malzeme türü
- ➔ Parça kalınlığı
- ➔ Kesilecek parçanın şekli
- ➔ Kesim yüzey hassasiyeti
- ➔ Kesim kenar açısı (kerf açısı) değeri
- ➔ Kesim adedi



Bilgi Notu

Her türden levha formundaki malzemeyi, NC ya da CNC kesme ve bükme makinelerini kullanarak şekillendiren kişiye **operatör** denir. CNC kesme ve bükme işlemlerinde çalışan operatör, kullandığı makinenin tüm özelliklerini ve donanımlarını bilerek, gerektiğinde yetkisi dâhilindeki arıza senaryolarına müdahale edebilecek yeterlikte olmalıdır. Operatör, sorumlusu olduğu makinenin günlük, haftalık, aylık ve altı aylık periyodik bakım ve kontrol uygulamalarını yapmalı ve bakım takvimini takip etmelidir. Makinenin günlük temizliğinden ve sarf malzemelerinin stok durumundan operatör sorumludur.

2.1.1. NC ve CNC Kesme Tezgâhlarında Çalışma Öncesi Bakım ve Kontrol

CNC kesim makineleri; elektronik, pnömatik, hidrolik, mekanik ve optik sistemlerin bir arada çalıştığı karmaşık, teknolojik ve kurulum maliyeti yüksek ürünlerdir.

CNC kesim makinelerinin uzun yıllar hizmet üretmeye devam edebilmesi, periyodik kontrol ve önleyici bakım hizmetlerinin aksatılmadan yerine getirilmesine bağlıdır. Bu işlemler makine bakım elemanları tarafından belirli aralıklarla yapılır.

CNC kesim makineleri, periyodik kontrol işlemlerinden bağımsız olarak her kesim işleminden önce aşağıdaki hususlar açısından kontrol edilmelidir.

- ➔ İş sağlığı ve güvenliği donanımlarının kontrolü
- ➔ Hareket sistemlerinin kontrolü
- ➔ Yağ seviyesi kontrolü
- ➔ Kesme gazları ve hava basınçlarının kontrolü
- ➔ Emiş filtre sistemi olan makinelerde, filtre kasaterinin ya da toz kovalarının kontrol edilerek sürekli kullanıma elverişli olmaları sağlanmalıdır.

İş Sağlığı ve Güvenliği Donanımlarının Kontrolü

Panç, lazer, plazma gibi teknolojileri kullanan CNC kesim makineleri, yüksek eksen hızlarında çalışan yönlendirici [CNC router (Siensi rutır)] sistemlere sahiptir. Bu hareketli aksamın, makine operatörüne ve diğer çalışanlara zarar vermemesi için bu aksam, mekanik koruyucular ve ışık bariyerleri ile sınırlandırılmış alanda çalışır.



Mekanik koruyucu donanımların çalışma anında aşırı sarsıntı ve gürültü yapmayacak sağlamlıkta (rijit), kullanıma uygun olduğundan emin olunmalıdır. Mekanik koruyucuların, elektrik kumanda devresi üzerinde seri bağlı kontakları [switch (siviç)] bulunur. Güvenlik sivicinin doğru şekilde çalışıp çalışmadığı, çalışma testleri yapılarak anlaşılabilir. Kapak açıldığında kontrol panosu üzerinde hata bildirim mesajı görüntülenir. Kapak kapatılmadığı sürece sistem devreye girmez.

NC, CNC kesme makinelerinin tamamında çalışma alanı, ışık bariyerleri ile güvenlik altına alınmıştır. Birbirini gören karşılıklı ışık bariyerleri arasına fiziksel engel girdiğinde, aynı şekilde makine hata bildirimini vererek çalışmayı durdurur.

Lazer kesim uygulamalarında kullanılan yoğunlaştırılmış lazer ışınının, insanlara zarar vermesi için koruyucu cam bölmelerin ardından lazer kesiminin izlenmesi sağlanır. Kesme kafasının içinde çalıştığı kabin kapılarının, çalışma anında kapalı konumunu muhafaza etmesi için kapı kontakları (switch) kullanılır.

Giyotin makinelerinde el parmağın makas arasına sıkışmasını önlemek için mekanik parmak koruyucu ya da ön panel önüne yerleştirilmiş ışık bariyeri kullanılır.

Bu koruyucu donanımların her kullanımından önce doğru şekilde çalıştığından emin olunmalıdır. Bu kontrol işlemleri makine operatörü tarafından yapılır.

Hareket Sistemlerinin Gözle Kontrolü

Çalışma öncesi genel mekanik aksamın gözle kontrol edilmesi, olası büyük arızaların önlenmesi açısından önemlidir. Bu işlem için şunlar gereklidir:

- ➡ Giyotin makinesinde arka dayama sistemi ile alt ve üst bıçak bağlantılarının kontrolü
- ➡ Panç preste taret ve bileşenleri, koordinat hareket sistemi ve bileşenlerinin kontrolü
- ➡ Lazer kesim makinesinde kesme kafası ve köprü bileşenlerinin kontrolü, koordinat eksenleri ve körüklerin kontrolü
- ➡ Plazma kesim makinesinde köprü bileşenleri ve torç, koordinat kızakları ve kremayer hareket sistemi bileşenleri kontrol edilmeli; sarsıntı, zorlanma ve gürültülü çalışma durumlarında bakım birimine haber verilmelidir.

Yağ Seviyesi Kontrolü

CNC panç ve NC giyotin makinelerinin hidrolik ve mekanik sistemlerinin yağ rezerv tankının seviyesi (gözetleme camı) kontrol edilmesi gereken noktalardan biridir. Yağ seviyesi uygun değerde değilse bakım birimine haber verilmelidir.

Kesme Gazları ve Hava Basınçlarının Kontrolü

Panç pres, lazer kesim, plazma kesim ve giyotin makinelerinin pnömatik sistemlerinde kullanılan şartlandırılmış basınçlı havanın basınç seviyesi, kurutma ve filtre şartları gözle kontrol edilmelidir.

Plazma, lazer ve alevle kesim makinelerinde kullanılan kesme gazlarının (hava, oksijen ve nitrojen vb.) basınç seviyeleri gözle kontrol edilmelidir. Gaz basınçları, CNC sistemin kontrol paneli üzerinden dijital olarak da izlenebilir.

2.1.2. NC ve CNC Kesim Tezgâhlarında Kesme İşlem Sırası

Kesme yöntemine göre ayrıntıları değişmekle birlikte operatör, belirli adımları uygulayarak kesme işlemini gerçekleştirir.

CNC kesim makinelerinde işlem sıraları şunlardır:

- ➡ İmalat resminin incelenmesi



- ➔ Onaylanmış iş emrine göre kesme programının (CAD, CAD/CAM) hazırlanması
- ➔ Kişisel koruyucu donanımların (KKD) giyilmesi veya takılması
- ➔ İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin (makine ve çalışma alanı) kontrol edilmesi
- ➔ Kesme işleminde kullanılacak ölçme, kontrol araçları ve aletlerin hazırlanması
- ➔ Makine ve donanımın kontrol edilmesi
- ➔ Hazırlanmış kesme programının ilgili kaynaktan (bilgisayar ağı, haricî bellek) çekilerek çalıştırılması
- ➔ Kesme parametrelerine göre makine ayarlarının yapılması
- ➔ Malzeme seçimi ve malzemenin fiziki kontrolünün yapılması
- ➔ Kesme işleminin yapılması
- ➔ Kesilen parçanın, imalat resmine uygunluğunun kontrol edilmesi
- ➔ Üretim, sevk ve fire ile ilgili formların doldurulması
- ➔ Makinenin kapatılarak bir sonraki uygulama için hazır hâle getirilmesi
- ➔ Depolama ve bertaraf yöntemlerine göre artan malzeme, geri dönüşüm ve kontamine (yağa bulaşmış nesne) atıkların ayrıştırılması
- ➔ Makine ve uygulama alanı temizliğinin yapılması

2.1.3. NC ve CNC Kesim Tezgâhlarında Kesim Tekniğine Uygun Kesici Takım ve Sarf Malzemeleri

Kesim tekniğine göre NC, CNC kesim makinelerinde farklı kesme elemanları kullanılır.

Plazma ve lazer kesim tekniğinde kesme işlemi, malzemenin ısı (lazer, ark) enerjisi ile eritilmesi sonucu gerçekleşir. Kesim için gerekli enerjiyi yoğunlaştırmak ve kesim noktasına yöneltmek için torç bileşenleri kullanılır.

Panç preslerde kesme işlemi, malzemenin kalıplar yardımıyla koparılması sonucu gerçekleşir. Pançlama işlemlerinde kullanılan kalıp çiftlerine (zımba ve alt kalıp) **kesici takımlar** adı verilir.

CNC kontrol teknolojilerine sahip makinelerde kullanılan torç bileşenleri ve kesici takımlar, en uygun kesme tekniği ile çalışılması durumunda bile belirli bir süre sonunda kullanım ömürleri biter ve kesme kalitesi düşer. Bu durumda ilgili ekipmanın değiştirilmesi gerekir. Kullanım ömrü olan ve belirli bir çalışma süresinden sonra değişimi sağlanan ekipmana **sarf malzemeler** adı verilir.

Kesici takımlardan ve sarf malzemelerinden en iyi verimi alabilmek için kesim parametrelerine uygun ekipmanın kullanılması gerekir. Kesim parametrelerinin en önemlisi parça kalınlığıdır.

Lazer Kesim Sarf Malzemeleri

Lazer kesim işlemi, bir dizi lazer ve gaz parametrelerinin iyi ayarlanmasına bağlı olarak yüksek hız ve hassasiyette yapılan bir işlemdir.

Ayarlanan değere göre yazılım, operatöre kesme projesi ile ilgili birtakım bilgiler verir. Buna göre operatör, programın önerdiği çaptaki nozulu ve odak uzaklığı belirtilen lense kesme kafasına takarak kesme işlemini başlatır.

Lazer ışını, kolimatör lens (fiber lazer) ile doğrultusu ayarlanıp odak lense ile belirli bir noktaya yoğunlaştırılır.



Bilgi Notu

Lazer parametreleri şunlardır:

- ➔ Dalga boyu
- ➔ Işın çapı ve iş parçası üzerindeki odak pozisyonu
- ➔ Lazer ışın polarizasyonu
- ➔ Lazerin gücü
- ➔ Mod tipi

Lazer polarizasyonu, dalga boyu ve odak pozisyonu lazer ışınının malzeme üzerinde absorbe edileceği noktaya gelmesine olanak veren parametrelerdir.

Lazer modu (ışının yoğunluk dağılımı), lazer gücünün bir fonksiyonudur. Farklı lazer modelleri ile farklı mod değerlerinde lazer ışınları elde edilir. Bu sebepten lazer ışınları farklı kategorilere ayrılır.

Operatör tarafından lazer ışın parametrelerine müdahale edilemez. Lazer parametreleri, malzeme türü ve kalınlığı, kesme gazı seçimi, lazer gücü ve kesme hızı gibi bilgiler panele girildiğinde, CNC kontrol sistemi aracılığı ile lazer kontrol sistemi tarafından en ideal değere otomatik olarak ayarlanır.

Lensler ve aynalar, kesme makinesinin optik sistemini oluşturur. Özellikle CO₂ lazer sistemine sahip makinelerde ışın, aynalar yardımıyla iletilerek odak lensine ulaştığı için ayna ve lens grubunun temiz tutulması son derece önemlidir. Kesme kafası içerisinde pozitif basınçlı hava ve lens koruma camları, optik sistemin kirlenmesine engel olur. Bu koşullara rağmen lens yüzeyinde film tabakası şeklinde biriken kir ve oluşabilecek ince çizikler, ışının mercek tarafından daha fazla emilmesine ve aşırı ısınarak lens yüzeyinde deformasyon oluşmasına yol açar (Görsel 2.1 a,b). Bu durum kesim kapasitesini ve kalitesini düşürür.



a) Odak merceği (Lens)



b) Mercek deformasyonu

➔ Işın deformasyonu

Görsel 2.1: Lazer kesim odak merceği (Lens)

Endüstriyel kullanımlarda operatörün lens ve ayna kontrollerini belirli aralıklarla yapması gerekmektedir. Optik sistemin temizliği, titizlikle yapılması gereken bir bakım işlemidir. Hassasiyetle yatağından sökülen lens ve aynaların yüzeyindeki kir ve toz; kulak pamuğu, alkol ya da özel solisyon yardımıyla temizlenir. Temizlik işleminde optik parçaların yüzeyine elle veya herhangi bir aletle dokunulmaz.

Lens (mercek) seçimi, lens odak uzaklığını etkiler. Odak uzaklığı, **inç** ölçü birimi ile ifade edilir. Lens odak uzaklığı, lensin odağa olan uzaklığıdır. Bir başka deyişle parçanın lense olan uzaklığı anlamına gelir. Parça kalınlığı ne kadar artarsa odak uzaklığı da o kadar artar.



Lens seçimi ayrıca kerf açısı (diklik) üzerinde de etkilidir. Aynı kalınlıktaki parça, farklı odak uzaklığına sahip lensler ile kesildiğinde büyük odak mesafeli lens ile kesilen kenar açısı daha dik bir kesim açısı oluşturur.

Hangi lensin kullanılacağı malzeme cinsi, parça kalınlığı, istenilen kenar düzgünlüğü (kerf açısı) ve lazerin gücüne göre belirlenir. Bu değişkenler kesim programına girildiğinde en uygun lens, yazılım tarafından belirlenir.

Nozul, kesme kafası çıkış noktasında lazer ışını ile kesme gazını birleştiren, tercihen saf bakır veya pirinçten yapılmış ve merkezindeki delik çapına göre seçimi yapılan sarf malzemesidir.

Nozul çapı, kesilen levhanın malzeme türü ve kalınlığına göre belirlenir. Ayrıca kesme gazı türü, kesme hızı, lazer kesim makinesinin kesme gücü nozul seçiminde etkili parametrelerdir. Bahse konu parametreler, kesim programına girildiğinde ilgili proje için ideal nozul çapı yazılım tarafından belirlenmektedir. Operatör, kesme kafasına belirtilen çaptaki nozulu takarak kesme işlemini başlatır.

Lazer kesimde $\emptyset 1$ - $\emptyset 1,2$ - $\emptyset 1,5$ - $\emptyset 1,8$ - $\emptyset 2$ - $\emptyset 2,5$ mm nozullar en çok kullanılan nozul çaplarıdır.

Nozul, kesim anında levha yüzeyine çarpması durumunda, yükseklik ayarının değişmesi durumunda, ışın merkez ayarı yapılmamış kesme kafası ile kesim yapılması durumunda hassasiyetini yitirir ve nozul, deformasyona uğrayarak kesme kalitesinin düşmesine yol açar (Görsel 2.2 a,b).



Görsel 2.2: Lazer kesim nozulu

Lazer kesimde kalimatör lens, odak lensi, lens koruma camı, nozul ve nozul tutucu seramik yüzük sarf malzemeleridir. Bu malzemelerden değişimi en fazla gerçekleştiren sarf ürünü, nozul ve lens koruma camıdır. Diğer sarf ürünleri, optik sistemin temizliğine ve sistemin tekniğine uygun kullanılmasına bağlı olarak daha az yıpranan ürünlerdir.

Plazma Kesim Sarf Malzemeleri

Plazma arkı, ark ısısı ile iyonize olarak yüksek sıcaklığa (10.000-14.000°C) çıkan gazın, nozul deliği içerisinde geçerken aşırı ivlenmesi ile parça üzerinde temassız kesme yapabilmek için kullanılır. Torç içerisinde arkin oluşumu için elektrot, iyonlaşan plazmanın odaklanması için nozul kullanılır. Torç bileşenleri, kesme parametrelerine uygun teknik kullanıma ve kesilen parçanın temizliği ve düzgünlüğüne (doğrusal) göre değişmekle birlikte belirli kullanım ömrüne sahiptir. Sarfı en yüksek olan torç bileşenleri elektrot, nozul ve koruma kapağıdır [shield-shield cap (şild-şild kep)].



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

CNC kontrol teknolojisi ile torç parça üzerine temas etmeden kesme işlemini yaparken, özellikle patlatma (başlangıç) noktalarında geri sıçrayan sıcak metal damlaları, nozul yüzeyinde deformasyona yol açabilir (Görsel 2.3 b).

Plazma oluşumu için kullanılan gazlar (özellikle hava) içerisinde bulunan nem, iyonlaşma anında kesim kalitesini olumsuz yönde etkilerken elektrot ve nozul gibi sarf elemanlarında deformasyon oluşturabilir. (Görsel 2.3 a,b).



a) Elektrot deformasyonu



b) Nozul deformasyonu

Görsel 2.3: Plazma kesim sarf malzemeleri

Nozul ve elektrot seçiminde en etkili parametre parça kalınlığı ve buna uygun seçilen akım şiddeti (amper) ayarıdır. Düşük akım şiddeti için üretilmiş bir nozul, yüksek akım şiddetinde kullanılırsa deforme olur. Aynı şekilde yüksek akım şiddeti için üretilen nozul, düşük akımda kullanılırsa plazma arkı odak ayarı bozulur ve nozulun kesim kalitesi düşer.

Alevle (Oksijen) Kesim Sarf Malzemeleri

Alevle kesim, parçanın uygun basınçlardaki LPG (Likit Petrol Gazı) ya da propan yanıcı gazları ve oksijen yakıcı gazının kesme torcu (şaloma) içerisinde oluşturduğu yüksek sıcaklıklı alev jeti ile 1.100 °C sıcaklığa kadar tavlaniş ikincil bir oksijen gazı hüzmesi ile yakılarak kesilmesi işlemidir. CNC kontrol teknolojisi ile kesme torcu parça yüzeyine temas etmeden kesme yapar. Bu yöntem, diğer kesim yöntemleri ile kesilemeyecek kalınlıktaki parçalara uygulanır. Bu yöntemin uygulanabilmesi için malzemenin oksijen gazı ile ergime sıcaklığından daha düşük bir sıcaklıkta yanarak oksit oluşturabilmesi gerekir.

Parça kalınlığına göre seçilen ve en çok değişimi yapılan sarf ürünleri, ısıtma kovani ve nozuldur. Parça kalınlığı 100 mm'ye kadar olan kesimlerde 2-100 gövde numaralı ısıtma kovani, 100 mm'den daha kalın parçalarda 100-300 gövde numaralı ısıtma kovani kullanılır (Görsel 2.4 a,b).



a) Isıtma kovani



b) Nozul

Görsel 2.4: Alevle kesim sarf malzemeleri



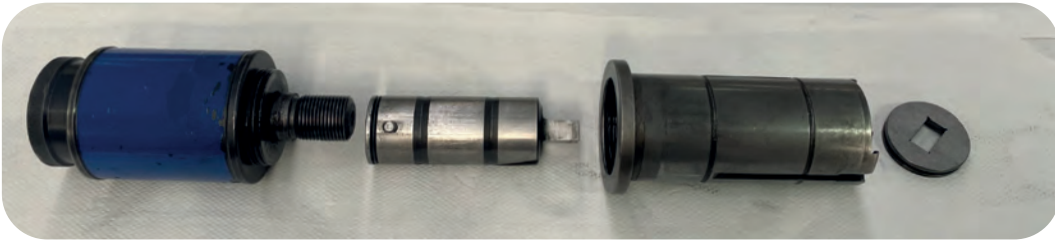
Panç Pres Kesici Takımları

Panç kesim, kesme takımları ile parça yüzeyinden mekanik yöntemlerle parçanın kopartılarak kesildiği temaslı kesim yöntemidir. Levha formundaki gerecin işlendiği panç presler olduğu gibi değişik form ve kalınlıkta gereç üzerinde (köşebent vb.) delik açma gibi kesme, boşaltma işlemlerinin yapıldığı panç presler de mevcuttur. CNC kontrol teknolojisi kullanılarak yapılan kesme işleminde diğer CNC kesim yöntemlerinden farklı olarak, koçbaşı ve taret hareketi ile seçilen kesme kalıpları aynı doğrultuda konumlarını muhafaza ederken, parça X ve Y eksenlerinde hareket ettirilerek kesim deseninin takip edilmesi sağlanır.

Panç pres şekillendirme kalıplarının geliştirilmesi ve kategorize edilmesi, panç pres üreticisi firmaların tarihsel ve teknolojik gelişimi ile paralel bir süreci izlemiştir.

Panç preste taret ve takım bağlama yataklarının tasarımı, markalara göre değişkenlik gösterir. Kesici kalıplar, bu farklılıklara göre değişik stillerde üretilir.

Panç pres kalıpları, kalıp yataklarına kolay sökülüp takılabilecek adaptör seti ile birlikte üretilir ve kullanılır. Alt ve üst kalıp çiftlerine (zımba ve matris) **panç pres işleme takımları** adı verilir. Panç pres takım seti şeklinde üretilen üst kalıplar; zımba, kovan ve sıyrıcıdan (kesici kalıplardan) oluşur (Görsel 2.5).



Görsel 2.5: Üst kalıp (zımba)

Panç pres şekillendirme takımları, uygulama şekline göre gruplar hâlinde üretilir. Panç preste uygulamaya özel takımlarla aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir.

- ➡ Markalama
- ➡ Harf ve rakam damgalama
- ➡ Sıvama
- ➡ Şişirme
- ➡ Dış formu verme
- ➡ Kılavuz çekme
- ➡ Köprü formu verme
- ➡ Yüksek form verme
- ➡ Menteşe formu verme
- ➡ Kesme
- ➡ Kesme ve şişirme (panjur)

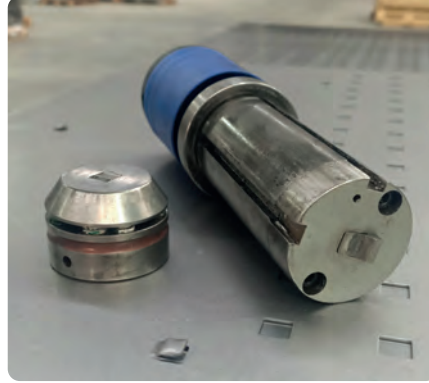
Form verme işlemi, levha malzemenin form verme kalıpları arasında sıkıştırılarak yapılan bir soğuk şekillendirme işlemidir. Bu işlem iki farklı amaç için yapılır.

Şekil değişiminin parça arka yüzüne geçmeden sadece ön yüzeyde oluşturulan şekil verme işlemine **markalama** adı verilir ve bu işlem panç pres markalama kalıpları ile yapılır.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

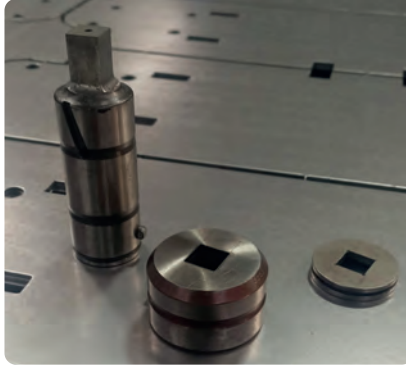
Parça üzerinde oluşturulan şekil değişiminin, tüm kesit alanında ve arka yüzeyde oluşması isteniyorsa bu işleme panç preste **form verme** adı verilir ve bu işlem form verme kalıpları ile yapılır (Görsel 2.6).



Görsel 2.6: Panç pres form verme kalıpları

Kesme kalıpları, 6 mm kalınlığa kadar levha malzemelere geometrik şekillerde, boşluklar oluşturmak ya da çizgisel kenar kesimlerini yapmak için kullanılır. Levha harici malzeme işleyen panç preslerde de kesici kalıplar, aynı tasarım ve imalat esaslarına göre üretilir.

Kesici kalıplar, değişik geometrik şekillerde projeye uygun ölçülerde üretilir. Çizgisel kenar kesimleri, dikdörtgen kesitli kalıplarla yapılır (Görsel 2.7).



Görsel 2.7: Panç pres kesme kalıpları

Üst kalıplar (zımba), HSS çeliği ve karbür çeliğinden üretilir. Zımba, işlenecek malzeme türü ve kalınlığına göre çeşitli ısıtma işlemlerinden geçirilerek türüne göre 65 HRC [Rockwell (rokvel)] değerine kadar sertleştirilir. Çalışma anında vurma etkisinden dolayı yüksek darbe dayanımları arandığı için zımbanın, HSS çeliğinden ve karbür çeliğinden üretilmesi tercih edilir. Ayrıca paslanmaz çelik malzeme kesecek kalıplar ve alüminyum gibi zımba yüzeyine sıvanma ihtimali olan malzemeleri kesecek kalıplar, özel bir yüzey kaplaması ile üretilir. Yüzey kaplaması zımba ömrünü uzatır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: Kesici Kalıplara Uygulanan Yüzey Kaplama Yöntemleri

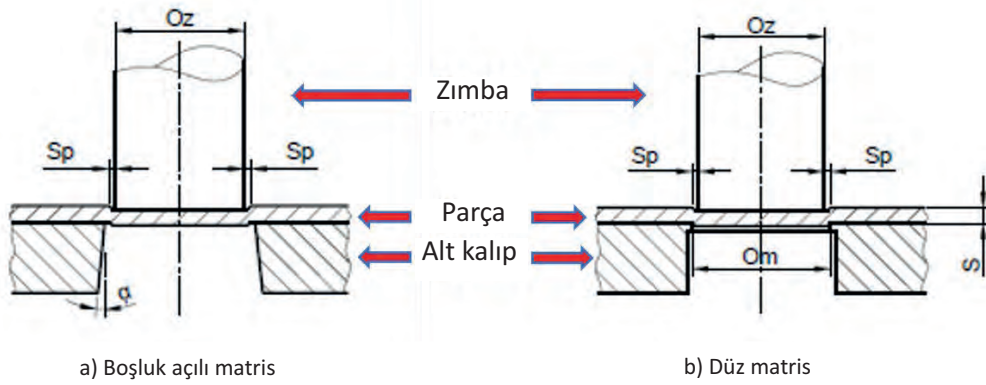
Pançlama Yapılacak Malzeme Türü	Kesici Takımlar Kaplama Türü
Paslanmaz çelik	TiCN (titanyum karbon nitrür)
Alüminyum	DLC (elmas karbon-carbon like diamond)



Alt kalıplar (matris), kullanım amacına ve kalite gerekliliklerine göre farklı yöntemlerle üretilir. HSS çeliğinden ve yüksek karbon, krom ve karbür içeren karbür çeliğinden tel erozyon yöntemiyle üretilebildiği gibi kobalt ve tungsten alaşımlı malzemeden toz metalurjisi yöntemi ile de üretilebilir.

Alt kalıplar, yüksek darbe etkisi altında yüksek çalışma hızlarında görev yapar. Bu sebepten kesici takımların, yüksek darbe dayanımı, yüksek aşınma direnci, yüksek sıcaklık değerlerinde sertliğini kaybetmeyen yapıda olmaları istenir.

Alt kalıp (matris) ile zımba arasında bir ölçü farklılığı bulunur. Bu ölçü farklılığına **kesme boşluğu** adı verilir. Kesme boşluğu, malzemenin kalıpta rahat kesilebilmesi, düzgün ve çapaksız kesim yüzeyi için gerekli bir toleranstır. Kesme boşluğunun miktarı, kesilecek malzemenin kesme dayanımına, parçanın kalınlığına, kesme kalıplarının yüzey kalitesine bağlı olarak belirlenir (Görsel 2.8).



Görsel 2.8: Alt kalıp kesme boşluğu

Oz: Zımba çapı

S: Parça kalınlığı

Om: Kesilen parça çapı

α: Matris boşluk açısı

Sp: Bir taraftaki boşluk değeri

Panç pres uygulamalarında zımba, imalat resmindeki değere göre seçilirken alt kalıp seçimi, parça cinsi ve kalınlığına göre belirlenir. Kesilecek olan malzeme cinsine göre levha kalınlığının belirli bir yüzde değeri kadar kalıp boşluğu dikkate alınarak alt kalıp seçimi yapılır (Tablo 2.2).

Tablo 2.2: Kesici Kalıplarda Matris Boşluk Değerleri

Malzeme	En düşük	İdeal	En yüksek
Yumuşak çelik (DKP)	%10	%15	%20
Çelik (%0,50 Karbon)	%12	%18	%24
Paslanmaz çelik	%15	%20	%25
Alüminyum	%5	%10	%15
Bakır	%8	%12	%16
Pirinç	%6	%11	%16



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Toplam alt kalıp boşluğu = Levha kalınlığı (mm) . % x değeri



Örnek soru ve cevap

Panç preste 1 mm kalınlıktaki paslanmaz çelik malzemeden levha üzerine \varnothing 10 mm delik delinecektir. Alt kalıp boşluk değeri ne olmalıdır?

Tablo incelendiğinde paslanmaz çelik için ideal boşluk değeri sac kalınlığının %18 olduğu görülmektedir. Buna göre; Alt kalıp boşluk değeri = 1 mm x %20

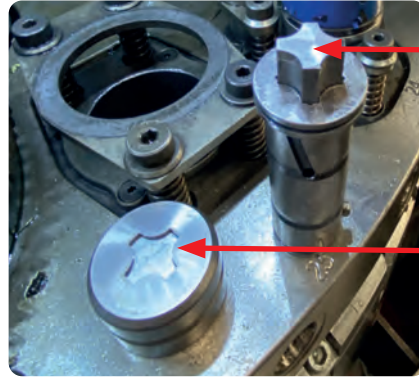
= 0,18 mm (bir kenardaki boşluk değeri)

= \varnothing 10,40 mm matris çapı

Levhadan kesilen parça (levhada açılan boşluk) üzerindeki ölçü önemli ise kesme boşluğu matrise verilir. Eğer çıkan (kalıptan atılan pul vb.) parçanın ölçüsü önemli ise kesme boşluğu zimbaya verilir.

Panç pres, takımları belirli bir kullanım ömrü sonunda körelir; panç pres takımlarının kesme kalitesi düşer. Bu durum kendini en çok çapaklı kesimle gösterir. Kesme kalıpları, belirli aralıklarla özel kalıp bileme makinelerinde çok ince ölçülerde bilenerek eski kesme kalitesine yeniden kavuşabilir. Zimba bileme işleminde, çapaklı kesim belirtileri ya da körelmesi beklenmez. Belirli aralıklarla zımbanın bilenmesi ile kesim kalitesi arttığı gibi hem üst hem de alt kalıp ömrü uzar. Alt kalıp bilenmesi, daha hassas ve belirli ölçülere kadar yapılabilen sınırlı bir yenileme işlemidir. Bu sebepten zımbanın sürekli keskin bir yüzeye sahip olması, özellikle alt kalıp ömrü üzerinde etkilidir.

Alt kalıplar, (çapak atma kanalı) boşluk açısı ile üretildikleri için kalıp kesme yüzeyi üzerinde belirli bir ölçü derinliğinden sonra kesme boşluğu (konik yapıdan dolayı) artmaya başlar. Belirli bir mesafe bilindikten sonra alt kalıp kesme boşluğundaki bu artış, matrisi kullanılamaz hâle getirir (Görsel 2.9).



Görsel 2.9: Panç pres kesici kalıplar

Panç preste kesici kalıplar, kesilecek olan şeklin geometrisine ve parça kalınlığına göre belirlenir (Görsel 2.10).



Görsel 2.10 : Panç pres alt kalıp (matris) çeşitleri



2.1.4. CNC Kesme Tezgâhlarında Kullanılan Gazlar

NC ve CNC kesme makinelerinde kesme yöntemine göre değişen türde gazlar kullanılır. Bazı makineler mekanik yöntemle kesme yaptığı için kesme gazı kullanmazlar. Ancak hibrit bir teknoloji ile çalışan makineler, mekanik donanımları bünyesinde pnömatik devreler barındırdığı için şartlandırılmış havayı kontrol ve kumanda sistemlerinde kullanır. Makinenin mekanik donanımları için gerekli olan hava basıncı ortalama 4-6 bar arasında değişir.

Plazma, lazer, alevli kesim gibi termik kesme yönteminin kullanıldığı CNC kesim makinelerinde kesim yöntemlerine göre farklı gaz türleri kullanılır.

Lazer Kesimde Kullanılan Gazlar

Endüstriyel lazer kesim makinelerinden en çok kullanılan tür olan CO₂ lazer (gaz lazeri) kesim makinesinde iki farklı amaç için gaz türleri kullanılır. Bunlar, lazer oluşumu için gerekli olan gazlar ve kesme işleminde gerekli olan kesim gazlarıdır.

Lazer Oluşum Gazları

Gaz lazeri kullanan kesim makinelerinde lazer ışını oluşturmak amacıyla makine tarafından karıştırılarak kullanılan üç farklı tür gaz bulunur. Bunlar; sisteme adını veren karbondioksit (CO₂), helyum (He) ve azot (N₂) gazıdır.

Lazer oluşum gazlarının yüksek saflık derecesinde olması istenir. Lazer oluşumunda ve lazer ışın yolunda nem (H₂O) ve oksijenin (O₂) varlığı; ışın çıkış gücünün azalmasına, elektriksel deşarj kararlılığının bozulmasına, optik devre elemanlarının sık servis hizmeti görmesine ve değişimine yol açmaktadır.

Lazer oluşum gazları, özel karışım oranlarında karıştırılmış olarak piyasadan temin edilebildiği gibi yüksek saflık derecesinde ayrı ayrı tüplerde de bulunabilir. Bu şekilde ayrı ayrı sisteme bağlanan tüpler, makine tarafından belirli oranlarda karıştırılarak kullanılır. Özel üçlü karışım (lazer serisi) gazlar, kullanılacağı lazer sınıfına (lazer-1, lazer-2 vb.) göre hazırlanır (Tablo 2.3).

Tablo 2.3: Lazer Oluşum Gazları

Gaz içeriği	Gaz adı	Açıklama
N ₂ + CO ₂ + He	Lazer Serisi Gazlar	Gravimetrik dolum yöntemiyle hazırlanmış özel karışım gaz
N ₂	Azot	Makine tarafından karıştırılarak kullanılan gazlar
CO ₂	Karbondioksit	
He	Helyum	

Ayrıca azot gazı, lazer makinesinin optik sisteminin (ışın yolu) soğutulması ve temizliği amacıyla da kullanılır.



Lazer Kesim Gazları

Hangi yöntemle üretildiğine bakılmaksızın lazer ışını ile kesme işleminde kesme gazı kullanılır. Kesme gazı kerf boşluğundaki ergimiş metali süpürerek uzaklaştırmak için kullanılır, kesme gazı olarak azot tercih edildiğinde kesim yüzeylerinde oluşabilecek oksitlenme, renk değişimi ve cüruf tabakası önlenir. Ayrıca kesme gazı, kesme kafası bileşenlerini soğutmaya yardımcı olur.

Lazer kesimde kesme gazı olarak oksijen veya azot gazı kullanılır. Yüksek saflık değerinde dolumu yapılan kesme gazları kesilecek malzeme türüne göre belirlenir (Tablo 2.4).

Kesme gazı olarak azot gazı kullanmanın avantajları şunlardır:

- Temiz bir kesim kenarı elde edildiği için işçilik gideri azalır.
- Yüksek kesme hızları elde edilir.
- Ekzotermik reaksiyonlardan (oksijen ile reaksiyon sonucu ortaya çıkan ısı) oluşan aşırı ısınma oluşmaz.
- Azot gazı ile kesilen parçalarda korozyon direnci daha yüksek olur.
- Malzemede kesim kenarlarında renk değişimi en aza iner.

Bir diğer yardımcı kesme gazı oksijendir. Oksijen gazı reaktif bir gaz olduğu için kesim kenarları azot gazı ile kesilmiş kenarlar kadar iyi değildir. Ancak oksijen, lazer ışının gücüne olumlu yönde tesir ettiği için kalın yumuşak, çelik levhaların kesiminde tercih edilir.

Aynı şekilde kesim kalitesinin yeterince önemsenmediği, kesim maliyetinin önemli olduğu ince yumuşak, çelik levhaların kesiminde havanın kullanıldığı uygulamalar da mevcuttur. Hava kullanımı için ön şart, iyi bir şartlandırma yapılmasıdır.

Tablo 2.4: Lazer Oluşum Gazları

Gaz içeriği	Gaz adı	Kullanıldığı malzeme
N ₂	Azot	Paslanmaz çelik Alaşımlı çelik Alüminyum
O ₂	Oksijen	Karbon çeliği
Hava	Hava	İnce karbon çeliği

Plazma Kesimde Kullanılan Gazlar

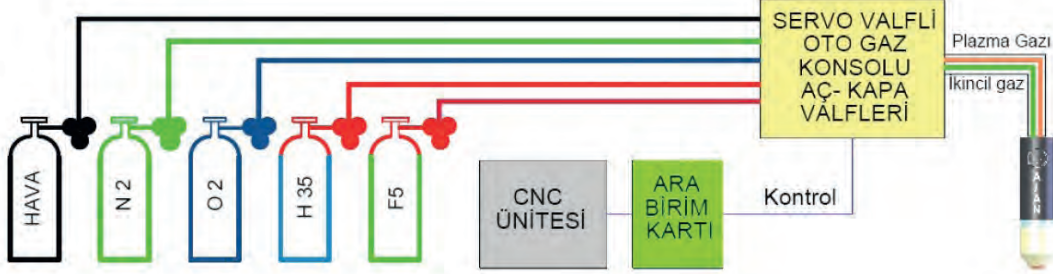
Plazma, elektrik arki ile ısıtılarak kısmen iyonize olmuş ve elektriği iletir hâle gelmiş gaz demektir. Plazma oluşumu için kullanılan gaz, ani ısı artışı ile yüksek bir ivme kazanır. Sahip olduğu yüksek ısı enerjisi ve sıcaklık seviyesi ile nozul kanalından parçaya odaklandığında kesim noktasındaki metal malzemeyi yüksek bir hızla eritir. Plazmanın yoğunluğu ve hızı; kullanılan gazın cinsine, arkın elektriksel parametrelerine, nozul çapına, torcun parçaya olan mesafesine göre değişir.

Plazma kesimde, plazma gazı kadar önemli olan diğer bir gaz akış hattı daha bulunur. Bu gaz akışına **ikincil gaz** ya da **soğutma gazı** adı verilir. İkincil gaz, kesme torcu içerisinde nozul çevresinden kesme bölgesine gönderilir.



Torcun soğutulmasını sağlayan ikincil gaz, plazma arkını daraltıp toparlarken kesim bölgesini atmosferin olumsuz etkilerinden korur. İkincil gaz, kesim anında kullanılan plazma gazına göre belirlenir. Plazma oluşumu için kullanılan gazlar, aynı zamanda ikincil gaz olarak da kullanılabilir.

Plazma kesimde gaz akış basınçları ve debileri, kesme hızına göre CNC kontrol birimi tarafından servo kontrollü oransal valfler aracılığı ile otomatik olarak sağlanır. Kesme hızlarındaki değişimler, aynı anda ihtiyaç hissedilen gaz debilerinin artmasına yol açar. Bu kontroller kesme anında hız, akım şiddeti gibi değişkenlere göre belirlenir. Gaz basınçları, kontrol paneli üzerinden kontrol edilebilir (Görsel 2.11).



Görsel 2.11: Plazma kesimde plazma gazı ve ikincil gaz kontrol sistemi

Hava: Ekonomik maliyeti düşük, elde edilmesi kolay ve düşük karbonlu çelik gereçte iyi sonuç veren plazma ve ikincil gazdır. Ancak kesim yüzeylerinde ince bir nitrür tabakası ve çapak oluşturur, metalurjik olarak kesim yüzey yapılarında değişimler oluşturabilir (Kesim yüzeyleri, işlenebilirlik, form verme ve kaynak uygulamalarında sorun çıkartabilir). Bu durum torç bileşenlerinin kullanım ömrünü azaltır.

Plazma ve lazer kesim uygulamalarında kullanılan basınçlı havanın, tüm kirleticilerden arındırılmış ve mümkün olan en yüksek hassasiyette nemden ayrıştırılmış (kurutulmuş) olması gerekir. Yüksek kuruluk oranında basınçlı ve temiz havanın elde edilmesi, kesim kalitesi üzerinde önemli etkiye sahiptir (Görsel 2.12).



Görsel 2.12: Hava şartlandırma sistemi

1. Birinci kademe kompresör
2. İkinci kademe kompresör
3. Kimyasal kurutma
4. Gaz soğutmalı kurutma
5. Ara separatör
6. Şartlandırılmış hava tankı



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Oksijen: Düşük ve orta karbonlu çelik gereç için en iyi sonuç veren ideal gaz türüdür. Basınçlı tüpten sağlandığı için hava gibi rutubet ve olumsuz koşullardan arındırılmıştır. Torç bileşenleri korunur.

Azot: Paslanmaz çelik ve alüminyum malzemelerde plazma gazı ve ikincil gaz olarak kullanılır. Hava ile kesimde olduğu gibi çapak oluşumu ve metalurjik yapıda değişiklikler gözlenir. Sarf ömrü açısından ekonomiktir.

Hidrojen Argon (H35): Paslanmaz çelik ve alüminyum malzemelerin kesiminde kullanılan gaz karışımıdır. H35 gaz sınıfı (%35 hidrojen, %65 argon) adıyla anılır.

Hidrojen Azot (F5): Paslanmaz çelik ve alüminyum malzeme kesiminde kullanılan gaz karışımıdır. F5 gaz sınıfı (%5 hidrojen, %95 azot) adıyla anılır.

Gaz tüpleri, yüksek hız ve adetlerde kesim yapılan işletmelerde birbirine paralel bağlantıları yapılmış tüp demetleri şeklinde bulundurulur (Görsel 2.13).



Görsel 2.13: Gaz tüpü demetleri

Plazma gazı ve ikincil gaz seçimlerinin birbiri ile uyumlu olması, kesim kalitesi ve maliyeti açısından önemli bir husustur. İkincil gaz, plazma gazına göre belirlenir (Tablo 2.5).

Tablo 2.5: Plazma Kesimde Kullanılan Plazma Gazı ve İkincil Gaz Seçim Kriterleri

Plazma gazı	İkincil gaz
Hava	Hava
Oksijen	Hava-Oksijen
Azot	Azot
Hidrojen-Argon (H35)	Azot
Hidrojen-Azot (F5)	Azot



Alevle Kesimde Kullanılan Gazlar

Alevle kesim, plazma ve lazer kesim yöntemlerinin gelişmesiyle önemini her geçen gün yitiren bir kesme yöntemidir. Ancak belirli bir kalınlıktan sonra karbon çeliklerinin ve yüksek mukavemetli çeliklerin ekonomik yöntemle kesilmesi için hâlen yoğun olarak kullanılan mekanize kesim yöntemidir. Günümüzde 20 mm'den daha kalın çelik malzemelerin kesilmesinde en ekonomik yöntem oksijen gazı mekanize kesim (otojen kesim) yöntemidir.

Mekanize alevle kesme işleminde, ısıtma alevi ve ilave oksijen jeti iki farklı alev çeşidi oluşturur. Isıtma alevi, malzemenin tutuşma sıcaklığına kadar ısıtılması için kullanılırken yanıcı gazın tam verimli yanmadığı alev türüdür. Tutuşma sıcaklığına çıktığında ilave gönderilen oksijen jeti, yanıcı gazın tamamen yanmasına yol açar; aynı zamanda yoğun oksijen jeti, ısınmış malzemeyi yakarak hızlı bir şekilde demir oksitleri oluşturur. Birincil alev (ısıtma alevi), kesme hızını ve maliyetini etkileyen en önemli alev evresidir.

Alevle kesimde yanıcı gaz olarak asetilen ve hidrokarbon gazları kullanılır.

Asetilen

Birincil alev (ısıtma alevi) gücü ve sıcaklığı en yüksek gazdır. Kesme hızı ve performansı yüksektir. Sürekli gaz tüketiminde (500 litre/saat) çok sayıda tüpten oluşan tüp demeti şeklinde kullanılır.

Propan

Birincil alev gücü ve sıcaklığı düşük olduğu için kesme performansı iyi değildir. Isıtma ve delme süreleri yüksektir. Isıtma alevi için oksijen tüketim miktarı asetilene göre dört kat daha fazladır. Sıvı hâlde bulunduğu için daha fazla miktarda gaz depo edilebilir.

Propana ek olarak diğer hidrokarbon gazlarından etilen ve metan ağırlıklı doğal gaz alevle kesimde yanıcı gaz olarak kullanılır. Hidrokarbonlar, depolama üstünlükleri ve gaz maliyetleri açısından kesme işlemlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır.

Oksijen

Birincil alevde ve kesme jetinde kullanılan oksijen gazı, yüksek saflıkta tüplerde depo edilen gazdır. Yüksek sarfiyat sebebi ile mekanize alevle kesimde tüp demetleri şeklinde kullanılır.

N25 Safılık Değeri

Oksijen gazının standart saflık kalitesi, hacimce %99,5 değerinde olan oksijen gazı, N25 kodu ile anılır. Bu saflık kalitesi, oksijen ile kesme işlemi için yeterlidir.

N35 Safılık Değeri

Bu sınıfa giren oksijen gazının saflık kalitesi, hacimce %99,95'tir. Yüksek kalitede saflık derecesi anlamına gelir. N35 oksijen gazı ile daha iyi kalitede ve daha yüksek performansta kesim işlemi yapılabilmektedir.

2.1.5. CNC Kesme Tezgâhlarında Kullanılan Gaz Basınçları

CNC kesim makinelerinde kesim yönteminin güç faktörü (lazer kW gücü, plazma akım şiddeti), parça kalınlığı ve kesim hızı parametrelerine göre kullanılan gaz sarfiyatları değişkenlik gösterir. Kesim makinesi gaz sarfiyatını (gaz akış debisi), CNC kontrol sistemi yazılımı tarafından denetler ve ayarlar. Kesim parametreleri programa girildiğinde, kesim hızına göre basınç değişkenine CNC kontrol sistemi tarafından müdahale edilerek en ideal gaz debi ayarı otomatik olarak sağlanır.



CNC termik kesim makinelerinde her ne kadar kesim işlemi anındaki basınçlar makine tarafından ayarlanmış olsa da, haricî kaynaktan (gaz tankı veya tüp demetleri) sağlanan gazların, makine girişinde belirlenmiş regülatör çıkış basınçlarında olması gerekmektedir (Tablo 2.6).

Tablo 2.6: CNC Kesim Makineleri Giriş Gaz Basınç Değerleri

Plazma kesim		Lazer kesim		Alevle kesim	
Oksijen	8,5 Bar	Oksijen	8,5 Bar	Oksijen	8,5 Bar
Azot	8,5 Bar	Azot	25 Bar	Asetilen	1 Bar
Hava	7-9 Bar	Hava	7-9 Bar	Propan	2,5 Bar
H35	8,5 Bar				
F5	8,5 Bar				

2.2. NC VE CNC KESME TEZGÂHLARINDA KESİM İŞLEMİ YAPMA

NC, CNC kesme işlemlerinde uygulama adımları, kesme yöntemine göre değişiklik gösterse de temel fark, kesme programının oluşturulması sürecidir.

NC, CNC mekanik kesme yöntemlerinde pançlama işlemi dışında kalan giyotin makas, dilimleme makineleri ve uçar testere makinelerinde, genel olarak ayrıntılı kesme programına gerek duyulmadığı gibi kesme ünitelerine ait tüm müdahaleler kontrol paneli üzerinden anlık gerçekleştirilir. Üretim akışı ve anlık değişkenlere göre operatör, kontrol paneli aracılığı ile sistemin tüm değişkenlerine kolayca müdahale edebilir.

CNC termik kesimler ve pançlama işlemlerinde, üretim yüksek hızlarda gerçekleşir. Bu makinelerde kesme işleminin yapılabilmesi, çok sayıda sistemin birbiri ile uyumlu çalışmasına bağlıdır. Tüm bu sistemlerin çalışma anında gözlemlenmesi, kesme parametrelerinin (termik/optik güç, gaz basınçları, koordinat sisteminin hareketleri vb.) anlık değişimlere göre ayarlanması operatör tarafından yapılamayacak kadar zor uygulamalardır.

CNC kontrol sistemi tarafından çalıştırılan CAD/CAM yazılımları ile bu karmaşık işlemlerin tamamı kolayca kontrol edilir. Yazılım, kesme güç ünitelerinin kontrolü için gerekli bilgileri ve koordinat sisteminin hareketi için gerekli NC (G kodu) kodları, yazılıma yüklenen kesme programından alır.

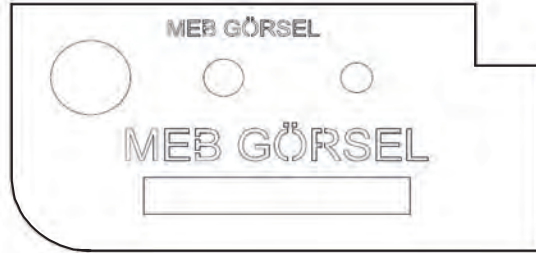
CAD/CAM; yazılımları, iki veya üç boyutlu tasarım ve çizim uygulamalarının yanı sıra kesme tekniğine göre makine donanımlarını göz önünde bulundurarak levha üzerine desenin yerleşimi, patlatma ve giriş noktalarının belirlenmesi, NC kodlarının alınması ve kesim parametrelerine göre en ideal sarf malzemenin belirlenmesi gibi birçok işlemi gerçekleştirir. CNC kesme makinelerinde, makine üreticilerinin kendi markaları ile oluşturdukları yazılımların yanında genel amaca hizmet eden CAD/CAM paket yazılımları da yoğun olarak kullanılmaktadır.



2.2.1. CNC Lazer Kesme Makinesi ile Kesim İşlem Sıraları

İmalat resminin (Görsel 2.14) incelenmesinin ardından lazer kesim tekniği ile kesilmesine karar verilen iş parçası için işlem sırası şu şekildedir:

- ➔ İki boyutlu çiziminin oluşturulması
- ➔ Kesim programının hazırlanması
- ➔ Makine ile ilgili kontrollerin yapılması
- ➔ Kesim programının makinede açılarak gerekli ayarların yapılması
- ➔ Kesim işleminin yapılması



Görsel 2.14: "MEB GÖRSEL" isimli iş parçası

Malzeme cinsi: Paslanmaz çelik

Parça kalınlığı: 1,5 mm

Kesim adedi: 1 adet

Markalama: Küçük puntalarla yazılan "MEB GÖRSEL" yazısı markalama yapılacaktır.

İki Boyutlu Çizim Dosyası Oluşturma

Kesim işlemi için sunulan imalat resmi, CAD/CAM uygulamaları için belirli uzantılara (dxf veya dwg) sahip ve tam doğrulukta çizilmiş olması gerekir.

Kesimi istenen parçaya ait imalat resminin, hangi kaynaktan geldiğine bakılmaksızın kesim programını hazırlayacak operatör tarafından iki boyutlu paket yazılım ile parça resminin yeniden çizilmesi önerilir. Böylece müşteriden gelen resim içerisindeki olası hatalar ayıklanmış olur.

Parça üzerinde CNC lazer makinesi ile kesim haricinde markalama, yazı kesimleri gibi işlemlerin yapılması istendiği durumlarda, iki boyutlu çizimde ilgili alanlar farklı renk ve çizgi türü ile çizilir. CAD/CAM yazılım uygulamaları, farklı renk ve türdeki çizgileri markalama olarak işler. Diğer tüm kenar ayrıntı çizgilerini keserek işler. Hangi renk ve çizgi türünde, ne gibi işlemlerin yapılacağı, CAD/CAM programında tanımlanır.

Bu açıdan bakıldığında lazer kesim işlemi için hazırlanacak iki boyutlu çizim işleminin CAD/CAM uygulama özelliklerini bilen personel tarafından yapılması, bir sonraki aşama olan kesim programı hazırlığında kolaylık sağlamaktadır (Görsel 2.15).



Görsel 2.15: İş parçasına ait, iki boyutlu çizimin oluşturulması



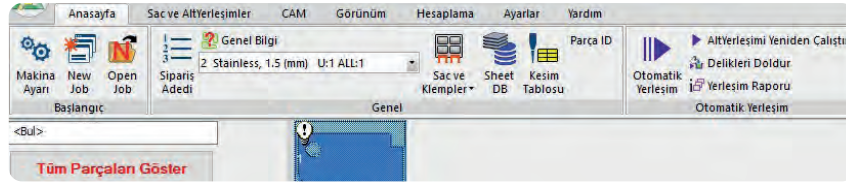
Kesim Programının Hazırlanması

Kesim programı makine kontrol paneli üzerinden yapılabileceği gibi aynı programı kullanan harici bilgisayar tarafından yapılarak bilgisayar ağı üzerinden veya harici bellek ile makineye aktarılabilir.

Lazer kesim makinelerinde, CAD/CAM yazılımı olarak, makine üretici firmasının kendi markası ile oluşturulmuş programları ya da genel tasarım ve üretim paket programları yoğun olarak kullanılmaktadır (Görsel 2.16).

CNC kesim parça üretim programı (CAM) aşağıdaki işlem adımları ile oluşturulur.

- ➔ İki boyutlu çizim dosyasının CAM programı ile açılması
- ➔ Malzeme türü ve kalınlığının girilmesi
- ➔ Resim dosyasının doğrulanması (çizgi hatalarına karşı)
- ➔ Takım seçimi ve resmi oluşturan çizgilerin işlenmesi (kesim ya da pançlama)
- ➔ Levha üzerine yerleştirme (dağılım) işlemlerinin yapılması
- ➔ NC kodların (G kodları) oluşturulması
- ➔ Simülasyon
- ➔ Parça programının kaydedilmesi



Görsel 2.16: CAD/CAM programı menü ve komut satırı görüntüsü

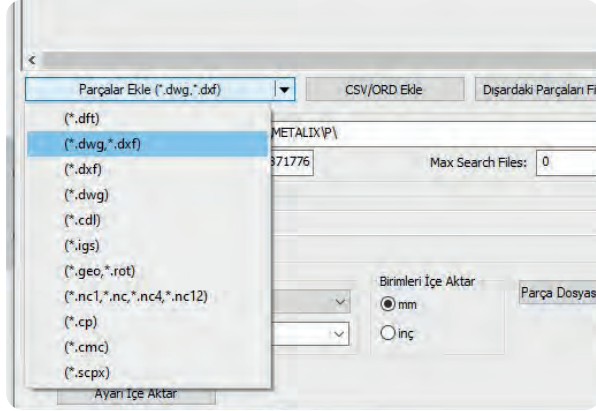
Programın ana sayfası üzerinde, sol üst köşede bulunan kullanıcı panelinde, **Ana sayfa** komut satırı içerisinde **New Job** (yeni iş) sekmesine tıklanır. Ardından program ana ekranı üzerinde açılan pencereden çizim dosyası seçilir (Görsel 2.17).



Görsel 2.17: CAD/CAM programı çalışma ekranı

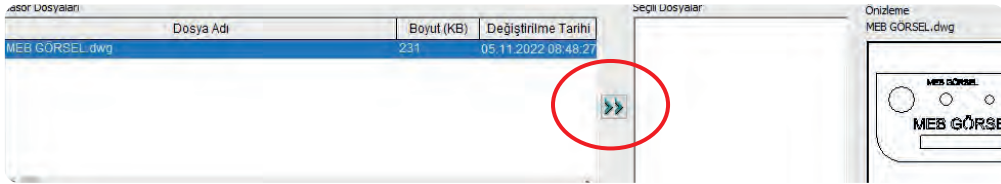


CAD/CAM programları iki boyutlu çizimi, kendi tasarım aşamalarında yapabildiği gibi haricî iki boyutlu çizim programlarında oluşturulmuş farklı uzantılara sahip çizim dosyalarını da işleyebilmektedir (Görsel 2.18).



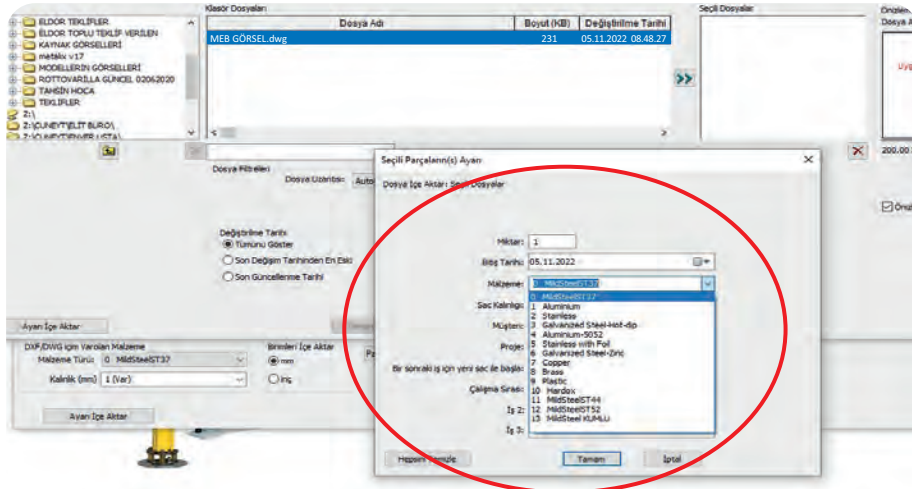
Görsel 2.18: CAD/CAM programının kabul ettiği dosya uzantıları

İçer aktar sekmesi üzerinden açılan dosya yolu ekranında, solda açılan dizinden iki boyutlu çizim dosyasının ismi seçilir. Orta sütunda çizim dosyasının adı **dwg** formatında görünür. Sağ tarafta bulunan boş kutuya resmin aktarılması ile CAM programı oluşturma süreci başlar. Seçili dosya isminin sağ kısmında bulunan ilerleme sekmesine basıldığında parça bilgi ekranı açılır (Görsel 2.19).



Görsel 2.19: İçer aktar ekranında dosya yolundan çizim dosyasının seçilmesi

İki boyutlu çizim dosyası, bu aşamadan sonra kesim işlemi için CAM programı tarafından işlenir. Parça ile ilgili teknik bilgilerin ilgili satırlara sıra ile girilmesi sağlanır (Görsel 2.20).



Görsel 2.20: İçer aktarılan dosyanın malzeme cinsi, kalınlığı ve adet bilgisi girişi



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Açılan bilgi giriş penceresinde sırası ile miktar (adet), malzeme türü, sac kalınlığı vb. bilgi giriş satırları bulunur. Bu satırlara sıra ile tıkladığında ilk açılan ayrıntı penceresinden proje için istenen malzeme türü seçilir (Görsel 2.21).

Seçili Parçaların(s) Ayarı

Dosya İçer Aktar: Seçili Dosyalar

Miktar: 1

Bitiş Tarihi: 05.11.2022

Malzeme: 0 MildSteelST37

Sac Kalınlığı: 1

Müşteri: 1

Proje: 13 MildSteel KUMLU

Bir sonraki iş için yeni sac ile başla:

Çalışma Sırası:

İş 2:

İş 3:

Hepsini Temizle Tamam İptal

Görsel 2.21: Malzeme türü seçim penceresi

İkinci satır, parça kalınlığı seçim ekranıdır. Bu satıra tıkladığında açılan ekrandan bulunan, hazır verilerden uygun olan sac kalınlığı seçilir (Görsel 2.22).

Seçili Parçaların(s) Ayarı

Dosya İçer Aktar: Seçili Dosyalar

Miktar: 1

Bitiş Tarihi: 05.11.2022

Malzeme: 2 Stainless

Sac Kalınlığı: 1.5 (Var)

Müşteri: 1 (Var)

Proje: 1.2 (Var)

Bir sonraki iş için yeni sac ile başla:

Çalışma Sırası:

İş 2:

İş 3:

Hepsini Temizle Tamam İptal

Görsel 2.22: Sac kalınlığı seçim penceresi

Malzeme türü, kesim adedi ve parça kalınlığı bilgileri seçildikten sonra **Tamam** butonuna tıklanır (Görsel 2.23).

Seçili Parçaların(s) Ayarı

Dosya İçer Aktar: Seçili Dosyalar

Miktar: 1

Bitiş Tarihi: 05.11.2022

Malzeme: 2 Stainless

Sac Kalınlığı: 1.5 (Var)

Müşteri: 1

Proje: 13 MildSteel KUMLU

Bir sonraki iş için yeni sac ile başla:

Çalışma Sırası:

İş 2:

İş 3:

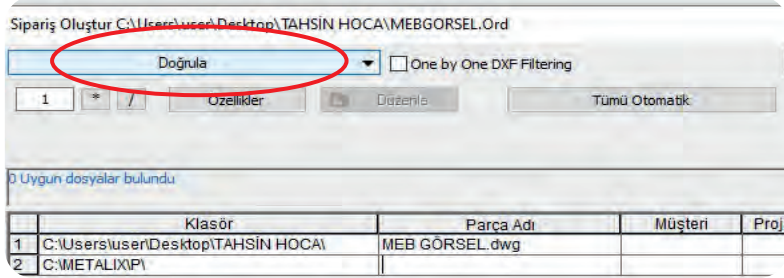
Hepsini Temizle Tamam İptal

Görsel 2.23: Parça ile ilgili bilgi ekranı



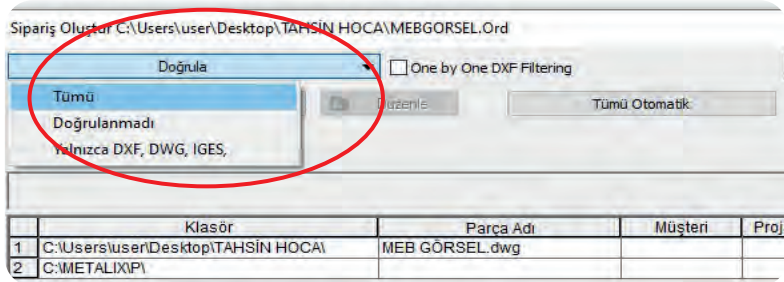
Tamam butonuna basılması ile doğrulama ekranı açılır. Bu işlem basamakları ardışık şekilde devam eder. Programdan çıkış yapılmadığı sürece ardışık ekranlar, programı yapan kişiye işlem basamaklarının adım adım tamamlanması hususunda yardımcı olur. Malzeme türü ve parça kalınlığı değerleri, programın daha sonraki aşamalarında tekrar güncellenebilmektedir.

Doğrulama ekranı, kesim işleminde herhangi bir hatanın oluşmaması için iki boyutlu resmin ve kesilecek parçaya ait bilgilerin doğrulamasının yapıldığı bir program aşamasıdır (Görsel 2.24).



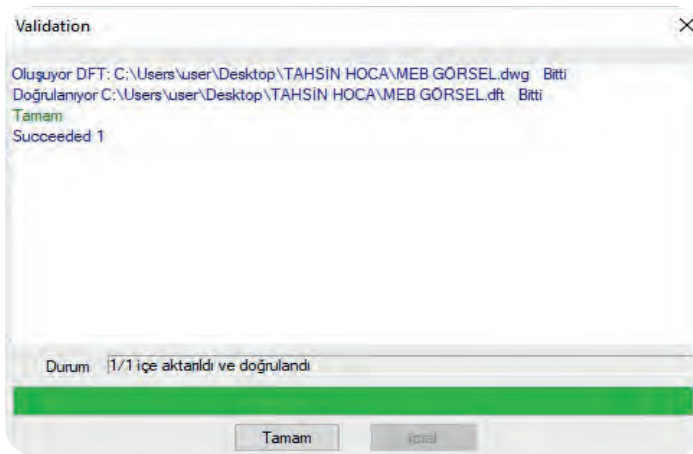
Görsel 2.24: Bilgi doğrulama ekranı

Doğrula komutuyla açılan dizinde, **Tümü** sekmesi seçilerek doğrulama işlemi başlatılır (Görsel 2.25).



Görsel 2.25: Doğrulama yapılacak dosya seçimi

Doğrulama işleminin devam ettiği açılan penceredeki yeşil renkli bar ile anlaşılır. Bar çubuğunun sona ulaşması, doğrulama işleminin bittiği ve herhangi bir sorunun bulunmadığı anlamına gelmektedir. **Tamam** butonuna tıklanarak doğrulama işleminden çıkılır (Görsel 2.26).

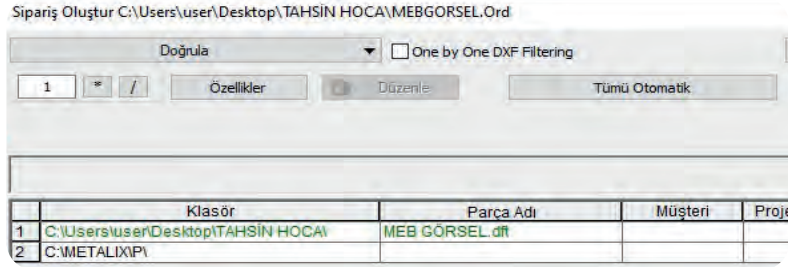


Görsel 2.26: Doğrulama işlem çubuğu



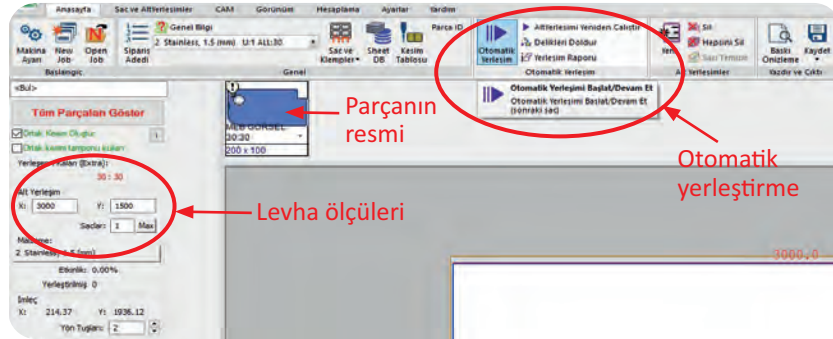
İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Açılan bilgi doğrulama ekranında, dosya satırının yeşil renge dönmesi, doğrulanmış dosya anlamına gelir. CAD/CAM programına yüklenen çizim dosyasındaki tüm çizimler, doğru ve CAM yazılımı ile işlenebilmesinin önünde engel oluşturabilecek (çift çizgi, hatalı köşe birleşimi vb.) bir sorunun olmadığı anlamına gelmektedir. Sorun olması durumunda yazılım, çizim dosyası üzerinde kırmızı renk ile hata verir (Görsel 2.27).



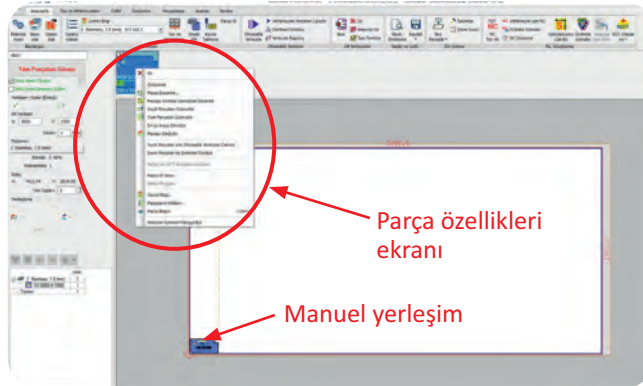
Görsel 2.27: İşlem sonu bilgi doğrulama ekranı

Bilgi doğrulama ekranında **Tamam** butonuna basıldığında yerleşim planı ekranı açılır. Ekran üzerinde levha seçimi ve doğrulanmış parça resmi görünür. Seçilen levha üzerine parçanın manuel olarak yerleştirilmesi için parça resmine çift tıklanır. Parça, levha üzerinde sol alt köşeye yerleşir. Kesim adedi fazla olan kesimlerde, otomatik yerleşim işlemi başlatılabilir. Otomatik yerleşim butonu, komut satırında bulunur (Görsel 2.28).



Görsel 2.28: Yerleşim planı ekranı

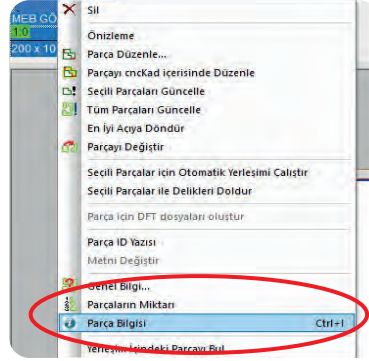
Parça resmi üzerine sağ tıkladığında açılan pencereden parça düzenleme, parça bilgisi gibi parça ve parçaya ait düzenleme komutlarına ulaşılabilir (Görsel 2.29).



Görsel 2.29: Manuel yerleşimde parça özellikleri ekranı

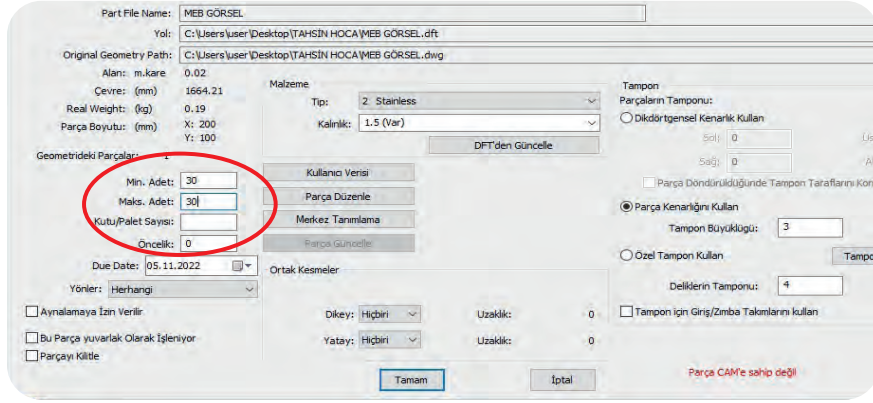


Parça düzenleme dizini içerisinde **Parça Bilgisi** sekmesi seçildiğinde kesim adedi, malzeme türü ve parça kalınlığı değerleri değiştirilebilir (Görsel 2.30).



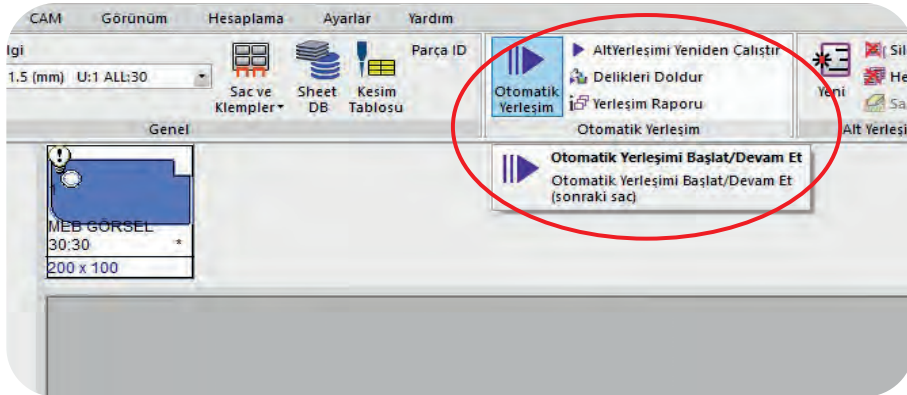
Görsel 2.30: Parça bilgisi satırı

Parça bilgisi sekmesine girildiğinde kesim adedi (kesim sayısı), malzeme türü, parça kalınlığı güncellenir (Görsel 2.31).



Görsel 2.31: Parça kesim sayısının değiştirilmesi

Parça kesim sayısının güncellenmesinin ardından **Tamam** butonuna tıklandığında manuel yerleşim ekranına dönlür. Bir önceki ekranda kesim adedi güncellenen (30 adet) parçaların levha üzerine yerleşimi, program tarafından otomatik olarak yapılabilir. Bu özelliği çalıştırmak için komut satırında bulunan **Otomatik Yerleşim** komutu tıklanır (Görsel 2.32).

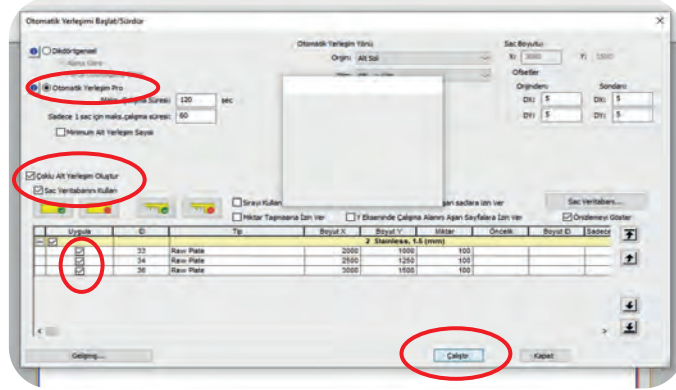


Görsel 2.32: Otomatik yerleşim komut satırı



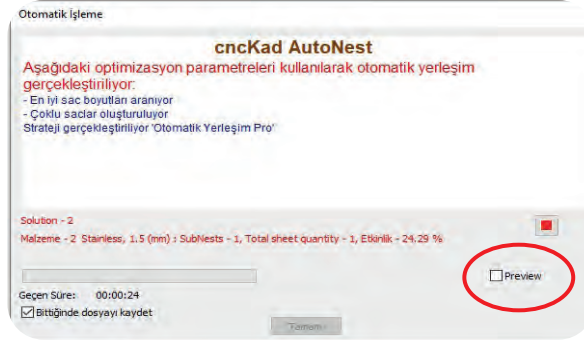
İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Açılan otomatik yerleşim ekranında, kesimin yapılacağı levha ölçülerinin yeniden belirlenmesi gerekir. **Çalıştır** butonu ile program, geometrik şekilleri değişik düzenleme yöntemleriyle yerleştirerek en uygun yerleşim şeklini belirler. En uygun yerleşim şekli, kesim yapılacak levhadan en verimli şekilde yararlanılacak ve en az fire oluşturulacak düzenleme anlamına gelmektedir. Operatör bu aşamada, isterse stokta bulunan tüm levha boyutlarını seçerek değişik boyutlardaki levhaların tamamı için en ideal yerleşim düzenini oluşturabilir. Yazılımın, yerleşim planı üzerindeki olasılıkları, değerlendirme süresi açılan pencerede sınırlandırılabilir (Görsel 2.33).



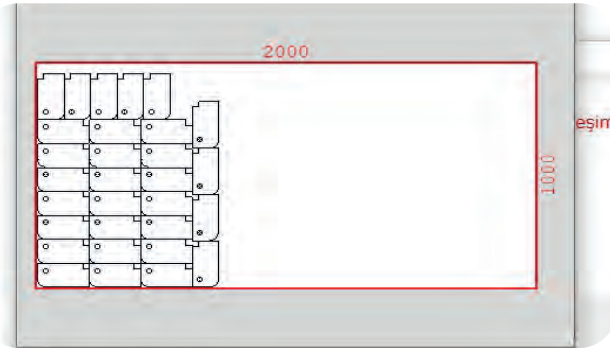
Görsel 2.33: Otomatik yerleşim bilgi ekranı

Algoritma, otomatik yerleşim yaparken aynı anda ekranda anlık yerleşimler izlenebilir. Bunun için **Preview** kutucuğu seçilmelidir. Otomatik yerleşim, özellikle aynı anda farklı şekil ve ölçülerdeki parçaların kesim işlemlerinde başarılı sonuçlar vermektedir (Görsel 2.34).



Görsel 2.34: Otomatik yerleşim aşaması

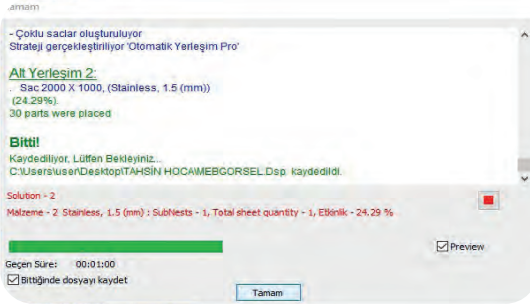
Otomatik yerleşim işlemi boyunca değişik yerleşim düzenleri ekranda gösterilir (Görsel 2.35).



Görsel 2.35: Anlık yerleşim planının izlenmesi



Durum çubuğu (yeşil bar) son noktaya ulaştığında görünen düzen, yazılımın önerdiği yerleşim düzenidir. Yerleşim ekranı üzerindeki bildirimlerden yerleşimin otomatik olarak yapıldığı anlaşılır. **Tamam** butonu tıklanarak CAM aşamasına geçilir (Görsel 2.36).



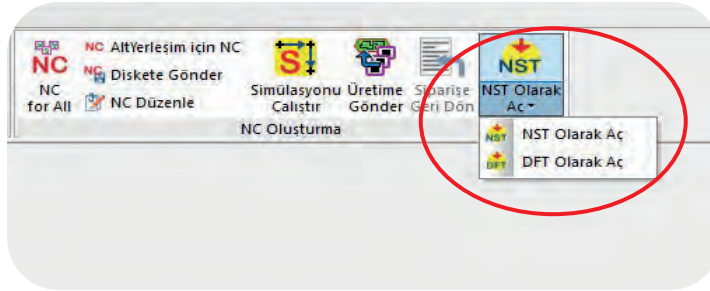
Görsel 2.36: Otomatik yerleşim işleminin tamamlanması

Levha üzerinde parçaların otomatik yerleşiminin ardından komut satırında sağda bulunan **NST** komutuna tıkladığında iki ayrı pencere açılır.

NST komutu, CAM oluşturma sürecine ait komuttur. Levha üzerine yerleşimi yapılan iki boyutlu parçaların bir bütün hâlinde ya da tek tek işlenebilmesi için gerekli CAM oluşturma sürecini başlatır.

NST komutu altında açılan dizinden **NST Olarak Aç** sekmesi seçildiğinde yerleşimi tamamlanmış parça grupları içinde her parçayı ayrı ayrı tanımlar. Bu durum kesim işlemi anında parça bazlı müdahale etmeyi kolaylaştırır.

DFT Olarak Aç sekmesi seçildiğinde parçaların yerleşimi ile oluşmuş parça gruplarının tamamını tek parça olarak algılar ve böylece onun işlenmesini sağlar (Görsel 2.37).



Görsel 2.37: Çizgilerin işlenmesi ile ilgili işlem komutu

Yerleşim planı NST olarak açıldığında komut satırında beliren komutlardan **Otomatik Kesim Sihirbazını Çalıştır** sekmesi seçilir. Böylece parça grubunu oluşturan parçaların, tek tek giriş noktalarının (patlatma) ve kesim işlem sırasının belirlenmesi sağlanır.

Bu aşama, CAD tasarımı ile oluşturulmuş çizgilerin, lazer veya panç gibi makinelerle kesilerek ürüne dönüştürüldüğü bir yazılım aşamasıdır.

Yazılım, kesim makinesini en verimli şekilde kullanmaya odaklı çözümleri otomatik olarak sunmaktadır. Kullanımı kolay, anlaşılır komut satırlarına ve sekmelere sahiptir.

Yazılım, kesme çözümlerini oluştururken malzeme türü, kalınlığı, nozul, lens, gaz türü, kesme performansı, köşe kesimleri, ortak çizgi kesimleri, şekil büyüklükleri, giriş-çıkış noktaları, kesme takımının izleyeceği yol, makine kapasitesi ve kesim sınırlandırmalarını dikkate alır. Bu değişkenlerin tamamı hesaba katılarak kesme teknoloji tabloları oluşturulur.



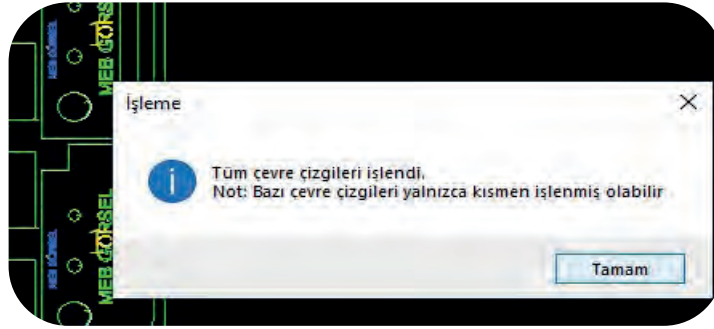
İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Yazılım tarafından yapılan öneri ve tabloların kabul edilmesi ile işlemci, NC kodları üretir. Böylece bir bütün hâlinde oluşturulan kesim programı, dakikalar içerisinde hazır hâle gelerek makineye yüklenir (Görsel 2.38).



Görsel 2.38: Otomatik kesim komutu

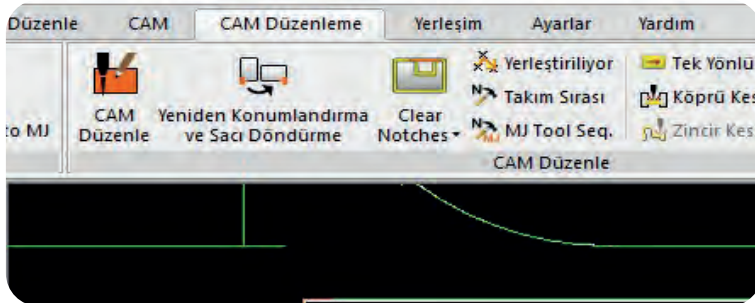
Tüm çevre çizgilerinin işlenmesi bittiğinde ekranda uyarı penceresi belirir. Uyarı penceresinde **Tamam** butonu tıklandığında NC kodların oluşturulma sayfasına geçilir (Görsel 2.39).



Görsel 2.39: Çizgilerin kesim işlemi ile işlenmesi

Parça içerisinde her giriş-çıkış noktası arasındaki kesim hattına **kontur** adı verilir. Otomatik kesim komutu ile oluşturulan kesim işleminde giriş-çıkış noktaları, bir sonraki konturun giriş noktasının konumuna göre belirlenir. Böylece daha önce kesilmiş parça üzerinden geçilmeden konturlar arası geçiş süresi en aza indirilir. Buna **kesme yolu performansı** denir.

Değişen ekranda kesim için giriş-çıkış noktaları belirgin hâlde izlenebilir. Gereken kontroller yapıldıktan sonra, CAM komut satırından **CAM Düzenleme** ya da **NC** komutlarından biri seçilerek devam edilir. **NC** kodları oluşturulmadan önce, **CAM Düzenleme** komutu ile son kontroller gerçekleştirilir (Görsel 2.40).



Görsel 2.40: CAM işlemleri komut satırı

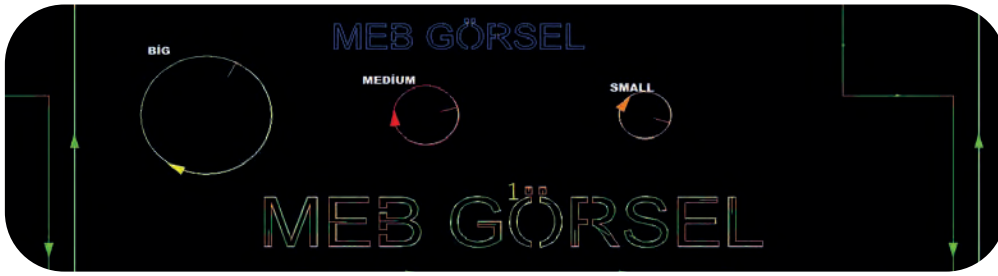


CAM Düzenleme komutu ile ileri kesim parametreleri tanımlama ve ayarlama özelliği aktif hâle getirilir. Bu ekran üzerinden bir önceki aşamada gerçekleştirilen CAM işlemi ve ayrıntıları kontrol edilir. Gerekğinde düzenlemeler yapılabilir (Görsel 2.41).

Daha kaliteli bir kesim işlemi için kesim makinesi, aynı parça üzerinde farklı kesim parametrelerini kullanabilmektedir. Bunun için parça şeklini oluşturan çizgilerde, büyüklüklerine göre farklı renkler görünür.

Görseldeki her rengin, kesim teknolojisinde bir karşılığı vardır.

- Yeşil renk**, hızlı kesim teknolojilerini,
- Sarı renk**, büyük şekillerin kesim teknolojilerini,
- Kırmızı renk**, orta büyüklükteki şekillerin kesim teknolojilerini,
- Turuncu renk**, küçük şekillerin kesim teknolojilerini,
- Mavi renk**, markalama işlemine ait kesim teknolojilerinin uygulanacağı yerleri belirtir.



Görsel 2.41: Kesim teknolojisinde renklerin tanımı

Komut satırında bulunan Ayarlar komutu altında teknoloji tablosu açılır.

Kesme teknoloji tablosu, aşağıda verilen parametrelerin görüntülenmesine ve düzenlenmesine olanak tanımaktadır.

- Farklı büyüklükteki şekiller için farklı kesim hızları
- Farklı büyüklükteki şekiller için farklı giriş-çıkış tanımlamaları
- Köşe açıları
- Delik ve parçaların üst üste binmesi
- Detaylı gaz parametreleri
- Detaylı delik parametreleri
- Minimum ve maksimum çap ölçülerine karşılık gelen değerler

Kesme	Geometri	Genel	İşleme	Film Yalıtım				
Contour Size	Min Diameter	Max Diameter	Entry Min	Entry Max	Exit Min	Exit Max	Exit Radius Minimum	Exit Radius Maximum
Small	0.75	1.5	0.1	1	0	0	0.15	0.15
Medium	1.5	3	0.5	2	0	0	0.15	0.15
Big	3	6	1.5	4	0	0	0.15	0.15
Flat	6	9999.9	2	4	0	0	0.15	0.15

Görsel 2.42: Kesme teknoloji tablosu

Kesme teknoloji tabloları, aynı CAD/CAM programının kullanıldığı, farklı marka ve model lazer kesim makinelerine özgü ve kesilecek malzeme bazlı oluşturulur. Her makine için farklı (makineye özgü) tablo kombinasyonları yüklü olarak çalıştırılır. Aynı türde ve kalınlıktaki malzemeyi farklı makineler, farklı sarf malzemeleri (nozül, lens) ve farklı gaz basınç değerleri ile kesebilmektedir.

Ancak ileri kesim ayarlamaları, gerektiğinde haricî tablo düzenlemeleri yapılarak kullanılabilir (Görsel 2.42).



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Parça türü ve kalınlığına göre önerilen gaz türü, nozul ve lens özellikleri teknoloji tablosundan incelenebilir (Görsel 2.43).

Geçerli Olanı Ayarla Sac Parametreleri 2 Stainless 1.5 (mm)

CT Malzemesi: 2 STAINLESS (Stainless Steel) Kopyala Malzeme Kesim Verileri

Kalınlık: 1.5 Yeni/Kopya Kalınlık Sil

Gaz: Nitrogen Yeni/Kopya Gaz Sil

Nozle: 2mm Single Yeni/Kopya Kafa Sil

Lens: F125 Yeni/Kopya Lens Sil

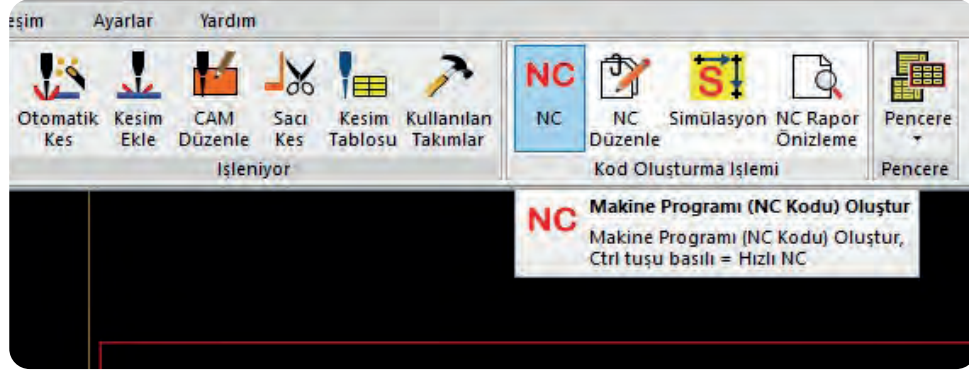
Çevre Çizgisi Boyutu
 Çevre Çizgisi Boyutları İçin Çap Kullan
 Kontür Boyutları İçin Alan Kullan

Görüntüleme Modu
 mm/dk.
 m/dk.

Gaz
 Bar
 m³ / Hr

Görsel 2.43: Kesme teknoloji tablosu

Komut satırında **NC** komutu ile açılan dizinde Makine Programı **NC Kodu Oluştur** sekmesi seçilir (Görsel 2.44).



Görsel 2.44: NC kod oluşturma komutu

NC kod oluşturma süreci, bir dizi bilgi penceresinin ardışık açılması ile devam eder. Bunlardan ilki proje, parça ve müşteri bilgi ekranıdır. Bu bilgiler doldurularak **Sonraki** komutu ile devam edilir (Görsel 2.45).

Çizim Numarası:

Müşteri:

Proje:

Tanım:

Revizyon (Sürüm):

Dosya Oluşturma: 05.11.2022, 09:08:29

Son düzenleme: 05.11.2022, 09:08:29

Son Geometri Değişti:

Kopyala Yapıştır

< Geri Sonraki > İptal Yardım

Görsel 2.45: Proje bilgi ekranı



Kesme giriş-çıkış noktaları öncesi ve sonrası, kesme kafası hareketlerinin tayin edildiği bilgi ekranıdır. Açılan dizinde **Up** sekmesi ile kare hareket, **Floglop** sekmesi ile kurbağalama hareket tayin edilir.

NONE olarak bırakılıp **Sonraki** komutu tıkladığında yazılım, kesme kafası hareketlerini yüksek performans kriterlerine göre kendisi belirler (Görsel 2.46).

Görsel 2.46: Kesme kafası hareketleri bilgi ekranı

Parça içerisindeki delik ve şekillerin kesilme sırasının ve yönünün, parçalar arasındaki geçiş sırasının ve yönünün belirlendiği bilgi ekranıdır.

Kesme kafasının kesilmiş parçaların üzerinden geçmeden (çarpmadan) en az zamanda kesimin tamamlanmasını sağlayacak sıralama şekli seçilmelidir.

Açılan dizinde **Yılan Y**, **Tek Yön Y**, **Yılan X**, **Tek Yön X** ve **En Hızlı** sekmeleri bulunur.

En Hızlı sekmesi seçilerek sıralamanın yazılım tarafından yapılması sağlanır.

Ardından **Sonraki** komutu tıklanır (Görsel 2.47).

Görsel 2.47: Kesme sırası bilgi ekranı

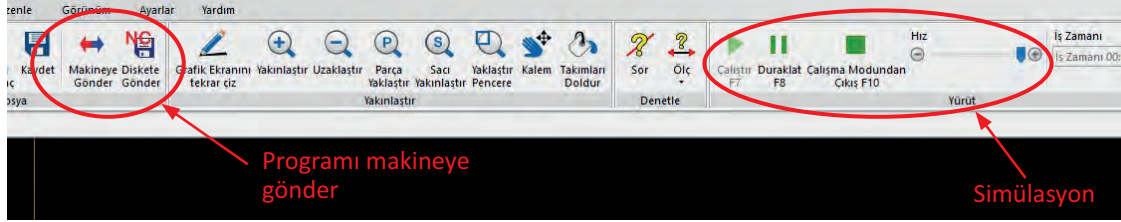
Kesici takımlar bilgi ekranı, lazer kesme işleminde kullanılacak kesici takımların seçiminin yapıldığı bilgi ekranıdır. Bu ekranda sunulan tüm takımlar seçilerek **Sonraki** komutu tıklanır (Görsel 2.48).

Görsel 2.48: Kesici takımlar bilgi ekranı



Tamam komutunun tıklanması ile bir önceki ekran kapanır ve programın devamında simülasyon ekranı açılır. Simülasyon işlemi, bilgisayar ekranında kesme programının birebir benzerinin tüm ayrıntıları ile çalıştırıldığı bir deneme kesim uygulaması bölümüdür. Simülasyon uygulaması ile program kaydedilmeden ve makineye gönderilmeden son kez tüm aşamaların kontrol edilmesi sağlanır. Kesim kafasının olası hatalı hareketleri ve diğer değişkenlerde oluşabilecek hata durumlarında yeniden düzenleme yapılabilir.

Simülasyon hızına müdahale edilerek kontrol işlemi kısa sürede bitirilir (Görsel 2.52).

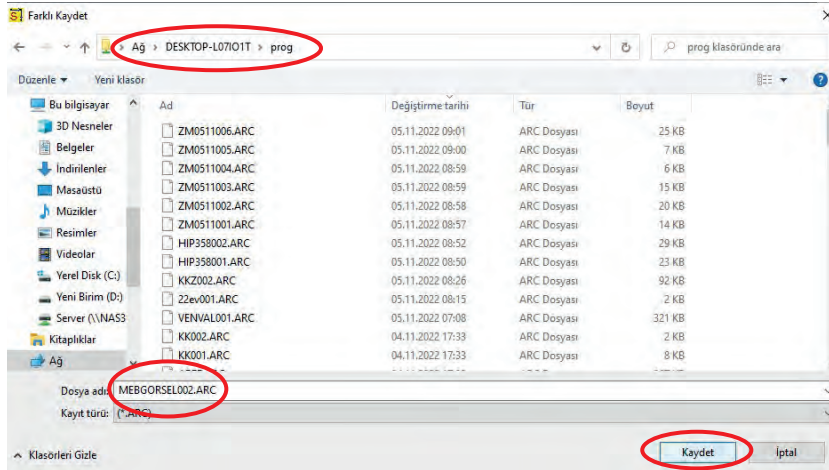


Görsel 2.52: Simülasyon ekranı

Simülasyon işlemi tamamlandığında, komut satırındaki **Makineye Gönder** komutu seçilerek kesim program dosyasının kaydedilmesi sağlanır.

Makineye dosya göndermek için önceden tanımlanmış klasöre kaydedilen kesme programı, bilgisayar ağı üzerinden makineye iletilir.

Kesme programı, aynı şekilde komut satırındaki **Diskete Gönder** komutu seçilerek açılan pencereden **Kaydet** komutu ile ağ üzerinden açılan klasöre kaydedilir. Ayrıca USB haricî bellek içerisine yüklenebilir (Görsel 2.53).



Görsel 2.53: Kesim programının makineye aktarılması ve kaydedilmesi

Makine İle İlgili Kontrollerin Yapılması

Kesim programının hazırlanmasının ardından makine ile ilgili kontrollerin yapılması aşamasına geçilir. Bu aşamada makineye kesme gazlarını sağlayan tüp demetlerinin ve hava şartlandırma sisteminin makineye giriş noktalarındaki gaz basınçları kontrol edilir (Görsel 2.54).

Hava tankı

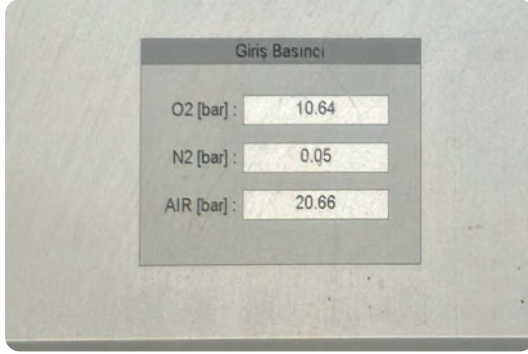


Görsel 2.54: Gaz kontrolleri

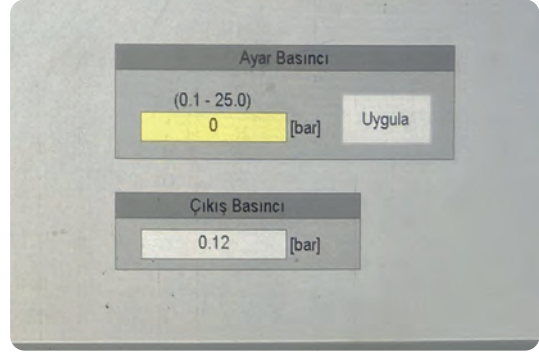


İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Gaz basınçları, makine girişinde analog manometreden kontrol edilebileceği gibi CNC kontrol paneli üzerinde Program Bilgisi komutu ile açılan ekrandan kontrol edilebilir (Görsel 2.55 a,b).



a) Gaz giriş basıncı değerleri



B) Ayar basıncı değerleri

Görsel 2.55: Gaz basınçlarının panelden kontrolü

Makineye ait bileşenlerin, sırası ile kontrolü ve devreye alınması sağlanır. Bilgisayar sistemi, rezonatör, su soğutma sistemi, hava emiş sistemi çalıştırılır (Görsel 2.56 a,b,c).



a) Rezonatör



B) Su soğutma sistemi



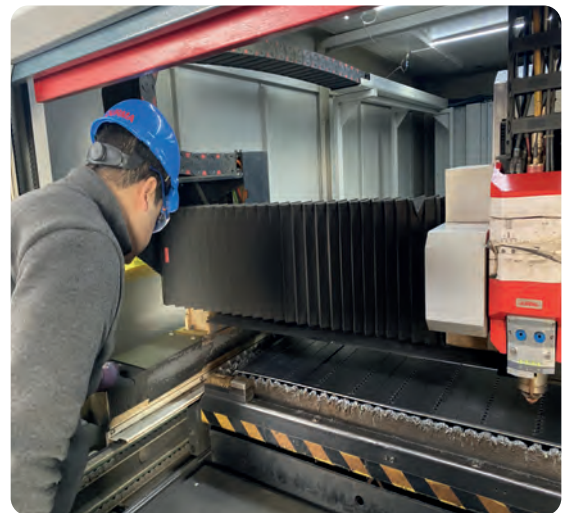
c) Hava emiş sistemi

Görsel 2.56: Sistemlerin devreye alınması

Işık bariyerleri ve kesim alanını koruma altına alan kapaklara ait elektriksel güvenlik donanımlarının görevlerini yaptıklarından emin olunmalıdır (Görsel 2.57 a,b).



a) Güvenlik reset tuşu



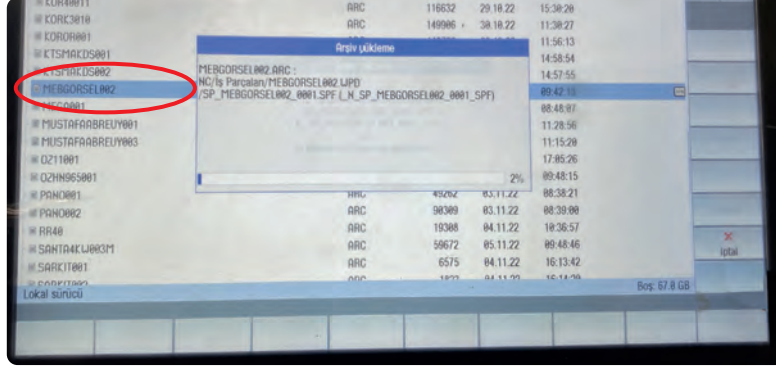
B) Kapı siviç kontrolü

Görsel 2.57: Güvenlik kontrolleri



Kesim Programının Makinede Açılarak Gerekli Ayarların Yapılması

Harcî bilgisayarda hazırlanan kesim programının, ağ üzerinde tanımlanmış klasörden seçilerek makineye ait bilgisayar sisteminde çalıştırılması gerekir (Görsel 2.58).



Görsel 2.58: Bilgisayar ağı üzerinden kesme programının yüklenmesi

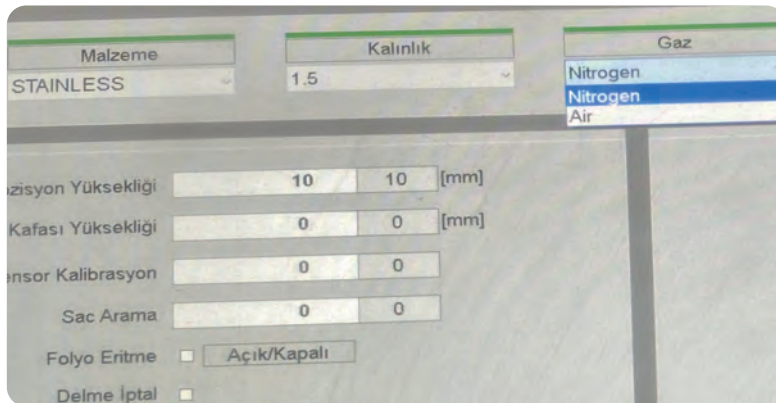
Makineye ait kontrol paneline özgü arayüz ekranı üzerinde **Çalıştır** komutu ile yüklenen kesim programı açılır (Görsel 2.59).



Görsel 2.59: Kesim programının makinede açılması

Kesim programı ile açılan ilk ekranda sağ ve alt kısımda iki komut satırı bulunur.

Ekranın sağ kısmında bulunan komut satırında, **Program Bilgisi** komutu ile ilk dizin ekranı açılır. Açılan dizinde kesilecek malzemenin cinsi, kalınlığı, kesme gazı seçim sekmeleri bulunur. Burada görünen değerler, kesim programı hazırlanırken belirlenen kriterlerdir. Bunların üzerinde kontrol işlemleri ve gerekirse değişiklikler yapılabilir (Görsel 2.60).



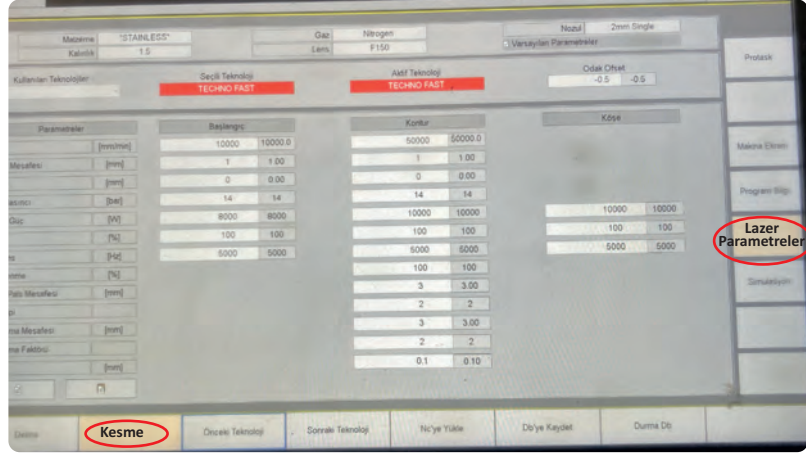
Görsel 2.60: "Program Bilgisi" komut ekranı



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Sağ komut satırında **Program Bilgisi** komutunun hemen altında **Lazer Parametreleri** sekmesine tıklanır. Aynı ekranda, alt komut satırından **Kesme** komutu açıldığında lazer gücü, kesme hızı, nozul türü, lens türü, nozul mesafesi, odak mesafesi gibi lazer ile ilgili parametreler görüntülenir (Görsel 2.61).

İstenilen kesim kalite gerekliliklerine göre parçadaki her kontur kesimi için lazer gücü ve kesme hızlarına bu ekranda müdahale edilebilir.



Görsel 2.61: Lazer parametreleri ekranı

Lazer parametreleri ekranında üst kısımda bulunan teknoloji bilgi satırında, nozul ve lens ile ilgili bilgiler incelenir. Burada belirtilen odak lensi ve nozul değişimi için köprü ve kesme kafası, kesme tablası başında konumlandırılır.

Kesilecek malzeme kalınlığı aşırı değişim göstermediği sürece lens gereksiz sökülmez. Lens sökümü ve montajı, hassasiyet içerisinde ve kirleticilerden arındırılmış hava şartlarında yapılması gereken bir bakım işlemidir. Operatör, kesme kafasında takılı olan lensin, odak büyüklüğünü ve kullanım ömrünü yakından takip etmeli ve kesim programına uygunluğunu bilmelidir. Gerekteğinde sökölüp programa uygun lens ile değişimi yapılmalıdır.

Nozul, her kesim programı değiştiğinde sökülerek kontrol edilmeli, gerekiyorsa programa uygun özellikteki nozul ile değişimi sağlanmalıdır (Görsel 2.62).



Görsel 2.62: Nozul değişimi



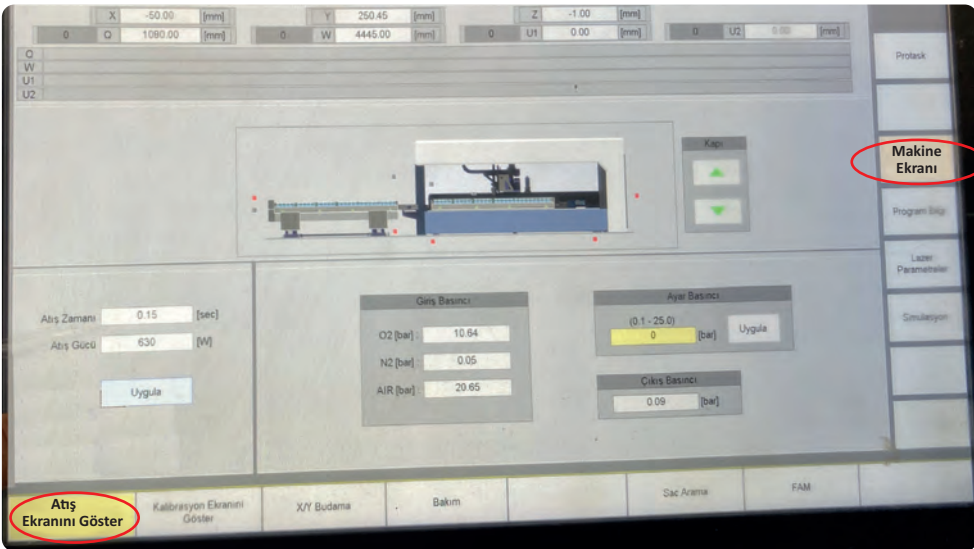
Aynı şekilde belirli bir kesim ömründen sonra ve her lens değişiminde, lens koruma camı sökölerek kontrol edilmeli; çizik, cüruf ve optik hasarlar oluşması durumunda lens koruma camının yenisi ile değişimi sağlanmalıdır (Görsel 2.63).



Görsel 2.63: Lens koruma camı değişimi

Kesme kafasının (nozül) parçaya çarpması durumunda, lens değişim işleminden sonra ışın merkez ayarının yapılması gerekir. Bunların dışında, ışın merkez (tape shot) ayarı, kesme kalitesi üzerinde etkili bir ayar parametresidir. Kesim kalitesinin düşmesi, nozulun herhangi bir temas olmadığı hâlde zarar görmesi durumlarında ışın merkez ayarının yenilenmesi gerekir.

Bu ayarın yapılabilmesi için ekranın sağında bulunan komut satırından **Makine Ekranı** komutu tıklanır. Alt komut satırından **Atış Ekranını Göster** sekmesi açılır (Görsel 2.64).



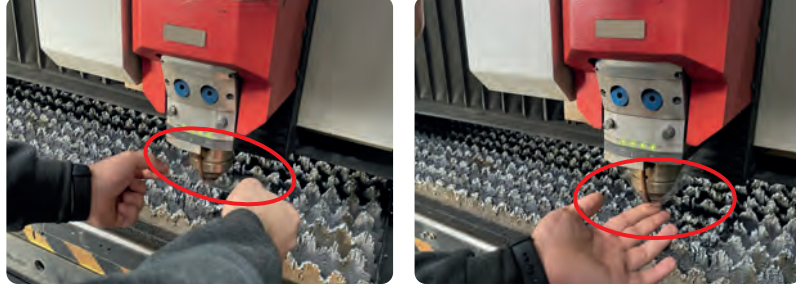
Görsel 2.64: Işın merkez ayarı, lazer atış ekranı

Kesme kafası, nozul değişiminin yapıldığı konumda iken nozulun alt kısmına saydam ambalaj bant yapıştırılır. Bu işlem için özel ekipman varsa uygulamada makine üreticisinin önerdiği malzeme kullanılabilir. Yukarıda açılan ekrandan lazer tek atış uygulanır. Bant üzerinde noktasal bir yanık izi oluşturulur.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Bu aşamada gözlerin ve ellerin iş sağlığı ve güvenliği risklerine karşı korunması hususunda gereken önlemler alınmalı, ışın atışı anında kesme kafasından uzaklaşılmalıdır (Görsel 2.65 a,b).



a) Saydam bant

B) Nozul üzerine sabitleme

Görsel 2.65: Saydam bant üzerine lazer ışını düşürülmesi

Bant nozul ucundan dikkatlice sökülerek, arka kısmına ışık düşürülerek oluşan iz, gözle kontrol edilir (Görsel 2.66). Bu işlem için büyüteç kullanılması operatörün işini kolaylaştırabilir. Tek atış ışın darbesi, bant yüzeyinde nozulun delik çapının ve ışın yanık (iz düşümü) noktasının belirgin hâlde görünmesini sağlar. Işının yaktığı nokta, nozul boşluğunun tam merkezinde konumlanmalıdır.



Görsel 2.66: Bant yüzeyinde ışın iz düşümü görüntüsü

Işın yanık noktasının herhangi bir kenara yakın olması durumunda, kesme kafası üzerinde lens ile hizalanmış vidalar aracılığı ile lens konumuna ayar yapılır ve ışın, merkeze çekilene dek atışlar yenilenir. Böylece ışının nozul merkezinden inmesi sağlanır (Görsel 2.67).



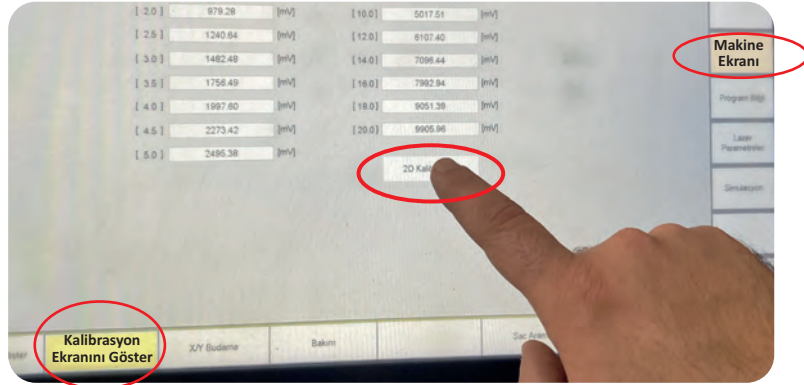
Görsel 2.67: Işın merkez ayarının yapılması



Aynı komut satırında ekranın altında bulunan **Kalibrasyon Ekranını Göster** sekmesi açıldığında nozul yükseklik ayarına ait veriler görüntülenir.

Kalibrasyon ekranında, kesme programı hazırlanırken belirlenen nozul yükseklik değeri ile ilgili parametreler kontrol edilebilir. Bu parametreler, olası sac malzeme hatalarında (bombelenme, eğilme gibi) sac malzemenin yükseltisiyle birlikte nozulun ne kadarlık bir tolerans ile çalışmaya devam edeceği bilgisini içerir. Sac malzeme yüzeyinde belirlenmiş değerden daha fazla bir yükselti oluşması durumunda bu parametreler, makinenin nozulu ve kesme kafasını korumak adına ayarlanması gereken limitlerini belirler.

İşlem, **2D Kalibre** komutu ile başlatılır (Görsel 2.68).



Görsel 2.68: Kalibrasyon bilgi ekranı

2D Kalibre komutu ile kesme kafası, kesme paletinin ön yüzeyinde sabit durumda bulunan piriñç ya da paslanmaz çelik malzemeden imal edilmiş kalibrasyon platformu üzerine gider. Platformun üst yüzeyinin, kesim ızgaralarının üst yüzeyiyle aynı hizada olduğu kabul edilerek nozul yükseklik kalibrasyonu tamamlanır (Görsel 2.69).

Bu işlem için kapasitif sensörlerden yararlanılır. Kesme kafası, platform üzerine temas edene dek kontrollü şekilde indirilir. Anlık temas ve kademeli yükseklik farkına dayalı, kapasitif sensör ölçümleri (mV düzeyinde elektriksel ölçümler) ile kalibre edilmiş değerler hafızaya kaydedilir. Böylece kalibrasyon ayarı tamamlanır.



Görsel 2.69: Kalibrasyon işlemi



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

X/Y Budama sekmesi, büyük ebattaki levha malzemenin, kesim işleminden sonra tekrar kullanılabilir kısımlarının, düz bir çizgi ile fireden ayrılarak kesilmesi işlemi için kullanılır. Budama kesim işlemi, parçaların tamamı kesildikten sonra yapılır.

Bu işlem, bilgisayarda program hazırlanırken yapılabileceği gibi sonrasında makine kontrol panelinde budama bilgi ekranı üzerinde de yapılabilir (Görsel 2.70).

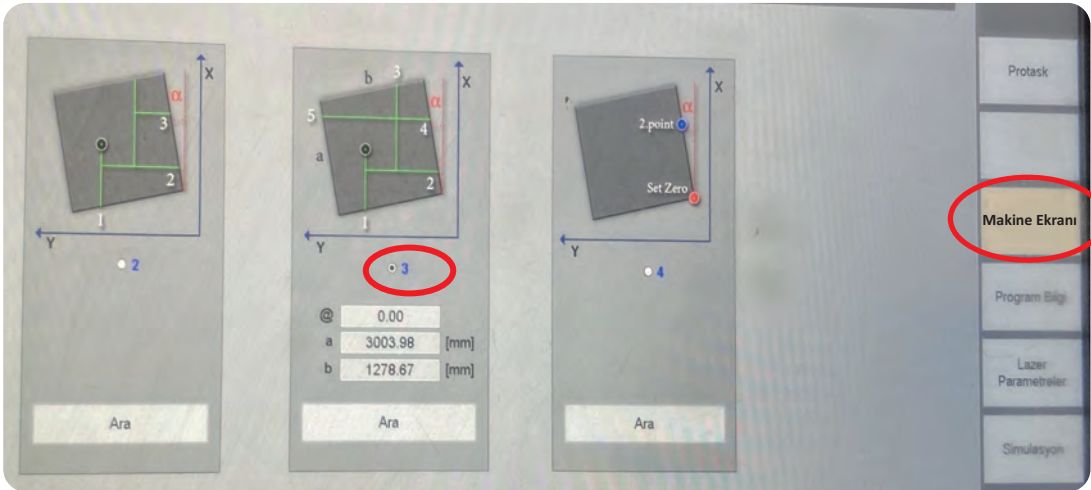


Görsel 2.70: Budama bilgi ekranı

Makine ekranı ile ilgili son ayar işlemi, **Sac Arama** sekmesi ile açılır. Bu ekranda gösterilen üç farklı sac arama yönteminden biri tercih edilerek işlem başlatılır (Görsel 2.71).

Sac büyüklüğüne göre belirlenen yöntem ile levha malzemenin boyutlarının, kesim programındaki toplam kesim alanına sahip olup olmadığı ölçülür. Levhanın kesme tablasına gelişigüzel bırakılması sonucu, makinenin X ve Y eksenleri ile yaptığı açının ölçülmesi gerekir. Bu şekilde tabla üzerinde boyutları ve konumu belirlenen levhanın açısına göre kesim programının, CAD/CAM yazılımı tarafından aynı açı değerinde döndürülerek kesim yapılması sağlanır.

Kesim işlemi için belirlenen levha, kesme tablasına doğrudan yerleştirilebileceği gibi otomatik besleme işlemi için mekik tabla üzerinde koyulabilir. Mekik tabla ile yükleme işlemi, makine ekranı üzerinden tanımlanmalıdır.



Görsel 2.71: Sac arama (referans alma) ekranı

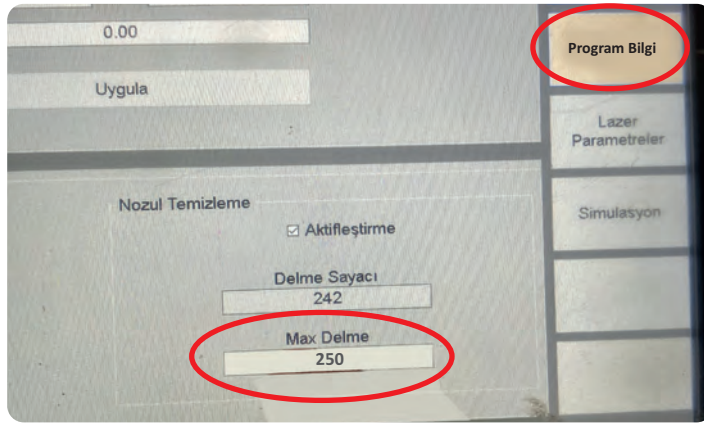


Sac arama işlem ekranında seçilen yönteme göre kesme kafasının hareketi ile belli sayıda ölçümler, otomatik olarak yapılarak koordinat değerleri hafızaya alınır (Görsel 2.72).



Görsel 2.72: Sac arama işlemi (Ölçüm noktaları)

Program bilgi ekranında nozulun temizliğinin makine tarafından otomatik olarak gerçekleştirilmesi için **Aktifleştirme** kutucuğu işaretlenir (Görsel 2.73).



Görsel 2.73: Nozul temizliği bilgi ekranı

Kesme işlemi boyunca delme sayısı sayılır, sayaçta ayarlanan değer kadar delme işlemi tamamlandığında kesme kafası, kesim işlemine ara vererek, tabla başındaki fırçaya gider ve fırça yüzünde nozulu gezdirerek aynı anda yüksek basınçlı gaz deşarjı ile nozulun temizliği sağlanır. Ayrıca nozul kalibrasyon komutu verildiğinde nozul temizliği de ardışık işlem olarak yapılır (Görsel 2.74).

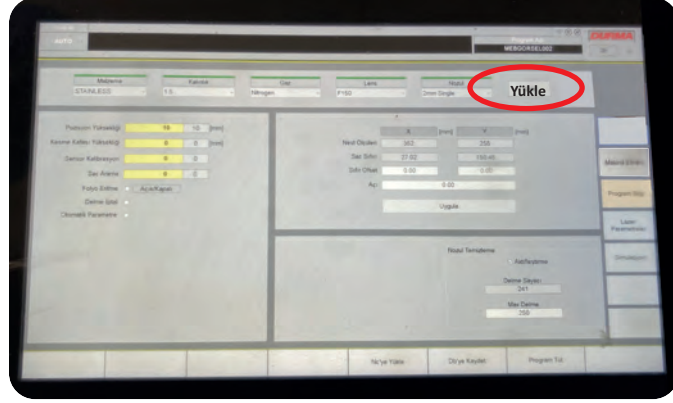


Görsel 2.74: Nozul temizliği



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Ayar tanımlama ve parametre kontrol işlemleri bittiğinde program bilgisi ekranında **Yükle** komutu ile işlem tamamlanır (Görsel 2.75).









Görsel 2.75: Programın makineye yüklenmesi

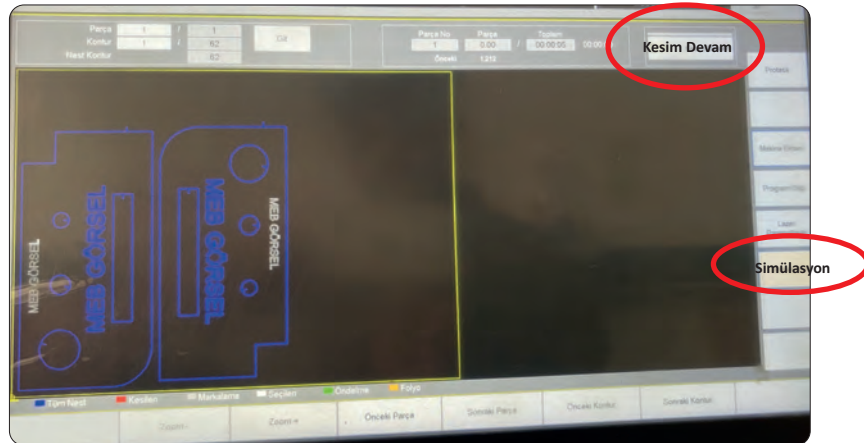
Ardından kendiliğinden açılan simülasyon ekranı ile kesim işleminin tüm ayrıntıları ile bir örneğin denemesi yapılır.

Simülasyon işleminde, kesme kafasının resim üzerindeki hareketleri izlenerek kesim işleminde hata olasılığına karşı kontrol işlemleri tamamlanır. Kesme işlemi simülasyon ekranında, kesilen kontur türüne ve tanımlanan kesme teknolojisine göre anlık renk değişimleri gözlenir.

Simülasyon çizgi renk kodları şunlardır:

-  **Mavi renk**, tüm kesilecek kenarları
-  **Kırmızı renk**, kesim yapılan kenarı (konturu)
-  **Gri renk**, markalama işleminin yapıldığını
-  **Beyaz renk**, kesim işlemi için seçilen kenarı
-  **Yeşil renk**, kalın parçalarda ön delme (patlatma) işlemini
-  **Sarı renk**, folyo kaplı malzemelerde, folyonun ön yakılma işlemi için birinci kademe lazer geçişini göstermektedir.

Gerçek kesim işlemi başlatıldığında makine kontrol panelinde kesme kafasının gerçek hareketleri, simülasyon ekranı ile izlenebilir (Görsel 2.76).

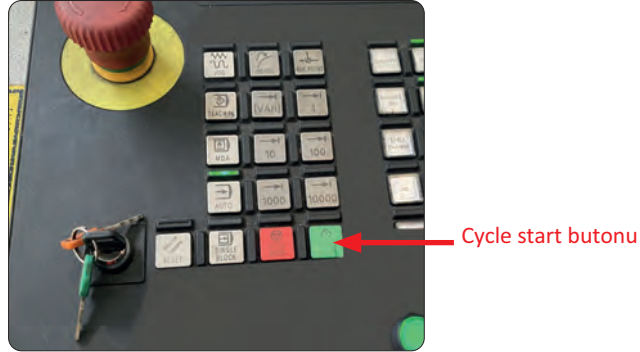


Görsel 2.76: Simülasyon ekranı



Kesim İşleminin Yapılması

Sorunsuz simülasyon denemesinin ardından kontrol paneli üzerindeki **CYCLE START** butonu ile kesme işlemi başlatılır (Görsel 2.77).



Görsel 2.77: Kesim işlemini başlatma

Kesme işlemi boyunca kesme kafası hareketleri, koruma kapağı ardından gözlem penceresi üzerinden izlenir. Koruyucu gözlük ve iş eldiveni gibi kişisel koruyucu donanımların kullanılması, iş sağlığı ve güvenliği riskleri açısından önemli bir zorunluluktur (Görsel 2.78).



Görsel 2.78: Lazer kesim işlemi

Kesilen parçanın büyüklüğüne ve malzeme cinsine göre parçalar, mıknatıs ya da kısaç yardımıyla alınır. Parçanın imalat resminde verilen ölçü toleransları da dikkate alınarak kontrol işlemi gerçekleştirilir. Kontrol sonuçları ve ürün bilgileri, ilgili formlarda kayıt altına alınır. Ürün, stok alanına kaldırılır (Görsel 2.79).



Görsel 2.79: Kesimi yapılan parça



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Makine kapatılarak fire ve hurda malzemeler geri dönüşüm alanına bırakılır. Çalışma alanı ve makinenin temizliği yapılarak işlem tamamlanır.

2.2.2. CNC Plazma Kesme Makinesi ile Kesim İşlem Sıraları

Plazma kesim işlemine, kesilecek parçanın ölçüleri ve kesim şeklinin (desen) olduğu iki boyutlu imalat resminin yanı sıra müşteriden gelen diğer istekler de (malzeme türü, toleranslar, kesim kenar düzgünlüğü, kerf açısı vb.) incelenerek başlanır.

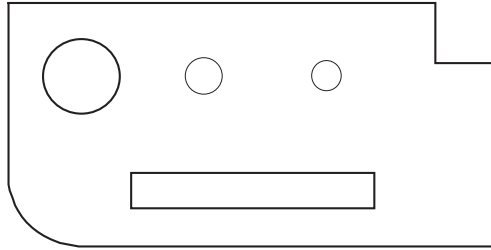
İmalat resminin incelenmesinin ardından plazma kesim tekniği ile kesilmesine karar verilen iş parçası için işlem sırası şu şekildedir:

- ➔ İki boyutlu çiziminin oluşturulması
- ➔ Kesim programının hazırlanması
- ➔ Makine ile ilgili kontrollerin yapılması
- ➔ Kesim programının makinede açılarak gerekli ayarların yapılması
- ➔ Kesim işleminin yapılması

Malzeme stok durumu, istenilen kesim kalitesine uygun plazma ve ikincil gaz türlerinin mevcut durumu göz önünde bulundurularak kesme işlemi için program hazırlama çalışmaları yapılır.

İki Boyutlu Çiziminin Oluşturulması

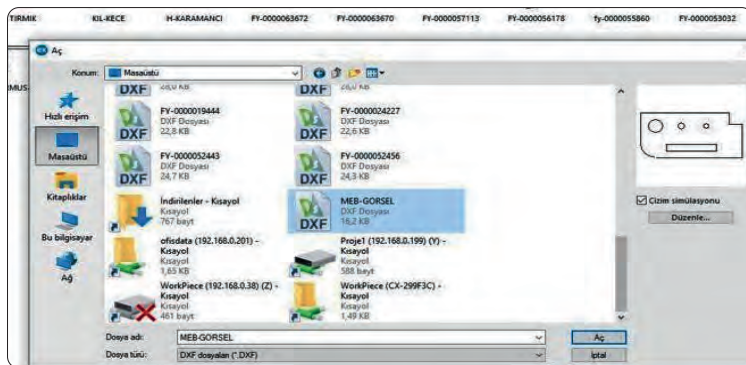
İmalat resmine göre iki boyutlu çizim uygulaması ile ölçülendirme yapılmamış formatta CAD çizim dosyası oluşturulur (Görsel 2.80).



Görsel 2.80: İki boyutlu parça resmi

Kesim Programının Hazırlanması

CAD (dxf, dwg formatına sahip) çizim dosyası, plazma kesim makinesinin kullandığı CAD/CAM programına yüklenir (Görsel 2.81). Ayrıca kesim operatörünün kullanımı ve ölçü kontrolü için ölçülendirme yapılmış formatta çıktı alınır.



Görsel 2.81: Çizim dosyasının CAD/CAM programında açılması



Plazma kesme makinesinin kullandığı CAD/CAM programında, dwg veya dxf uzantılı çizim dosyası açılır. Ardından başlangıç düğmesi ekranından, önce malzeme cinsi ve kalınlığı girilir (Görsel 2.82).



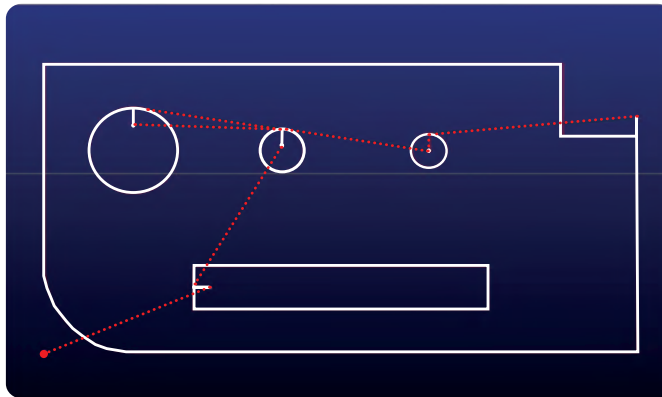
Görsel 2.82: Malzeme cinsi ve kalınlığının girilmesi

İki boyutlu resmin ekranda görünmesinin ardından, programın oluşum sürecinde **Teknoloji** ve **İşleme** komutlarının altında açılan sekmeler kullanılarak iki boyutlu resmin işlenmesi sağlanır (Görsel 2.83). Tüm çizgiler, kusursuzca kesilir hâle getirilir; kesim desenlerine, giriş ve patlatma noktalarının konumları işaretlenir. Bunun için geometrik şekillere uygun komutlar kullanılır. Kesilecek her konturun giriş ve çıkış noktaları, bir sonraki konturun konumuna göre yazılım tarafından belirlenir.



Görsel 2.83: Patlatma noktalarının belirlenmesi

İşleme komutu altında açılan ekranda resmin işlenmesi tamamlanır. Program tarafından en uygun kesim sırası belirlenir (Görsel 2.84). Kesme işlemine, desen içerisindeki boşlukların belirli bir sıraya göre kesilmesi ile başlanır. Ardından en son çevre kenarları kesilir. Kesme sırasına ve giriş noktalarına müdahale edilerek değiştirilebilir. Resimde çizgisel hatalar varsa bu işlem tamamlanmadan program, hatalı bölgeyi gösterir.



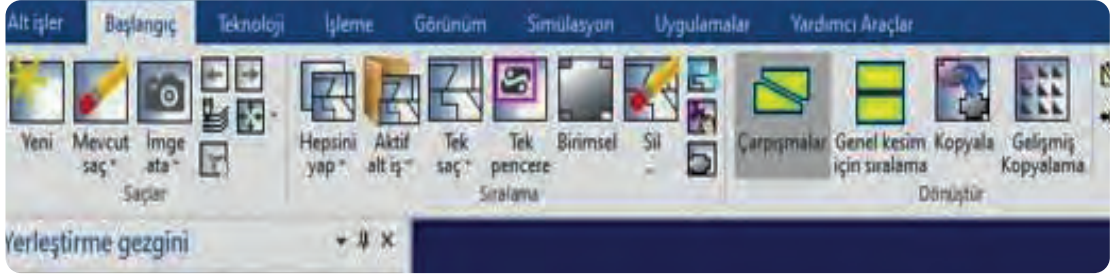
Görsel 2.84: Kesim sırası



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Boyutları seçilen levha üzerine otomatik, yarı otomatik ve manuel yerleştirme seçenekleri ile istenilen adette parça, en az boşluk bırakılacak şekilde yerleştirilir (Görsel 2.85). Yerleştirme işlemi, bir parçanın işleme; biçiminin kopyalarının oluşturulması, döndürülmesi, taşınması gibi işlemlerle manuel ya da en az atık malzeme (fire) prensibine göre yazılım tarafından otomatik olarak tamamlanır. Plazma, lazer, pañç gibi kesim teknolojilerinde kullanılan CAD/CAM yazılımları, kesimi yapılacak levhadan ve levhanın artan kısımlarından en yüksek verimi alabilecek şekilde yerleşim tasarlama özelliğine sahiptir.

CAD/CAM yazılımı, istenirse malzeme stok kayıt özelliği ile artan malzemelerin ölçülerini veri bankasında kayıt altına alabilir. Böylece depodaki fire levhalar algılanır ve kesim ölçüsü uygun projelerde operatör uyarılır. Sonuç olarak stok alanında bulunan fire malzemelerin kullanımına öncelik verilir.



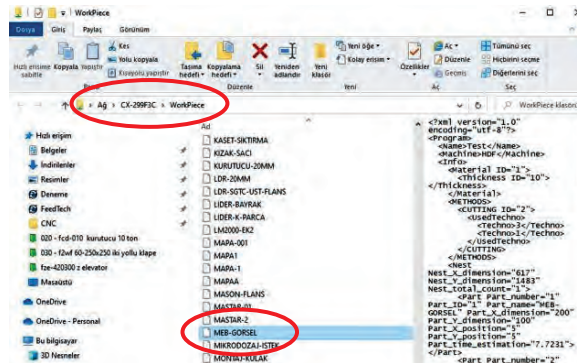
Görsel 2.85 : Yerleşim planı



Bilgi Notu

Yerleşim planının tamamlanması ile levha içerisindeki çizgilerin tamamı, tek bir üretim programı şekline getirilir. Üretim programının CNC makinesinde işlenebilmesi için NC kodlar üretilir. NC kodların üretilmesinin ardından kayıt öncesi simülasyon ekranı açılır. Simülasyon ekranında kesim işlem sırası, giriş çıkış noktaları, kesme hızları, torç yönü ve hareketleri izlenir. Kesme teknolojilerinin herhangi bir adımında sorun varsa **İşleme** komutuna geri dönülerek parça programı yeniden oluşturulur. Simülasyonun sorunsuz tamamlanması durumunda üretim programı kaydedilir.

Tamamlanan kesim program dosyası, bilgisayar ağı aracılığı ile önceden oluşturulmuş program klasörüne kaydedilir. Bilgisayar ağının kurulu olmadığı işletmelerde program dosyası harici bellek kartına yüklenir (Görsel 2.86).



Görsel 2.86: Kesim program dosyasının bilgisayar ağına yüklenmesi



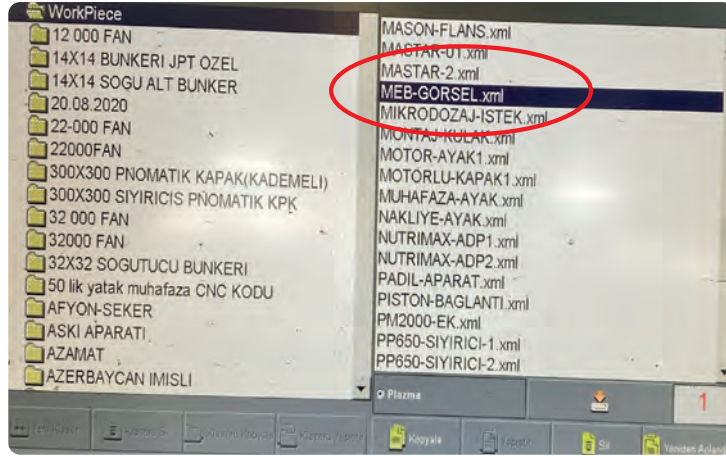
Bu aşamadan sonraki işlemler, CNC plazma kesme makinesi ve kontrol paneli üzerinden tamamlanır.

Makine İle İlgili Kontrollerin Yapılması

Plazma ve ikincil gaz basınçları, ilgili tüplerin regülatör valf çıkışları açılarak kontrol edilir. Aynı şekilde hava basınç kontrolü yapıldıktan sonra güç ünitesi ve hava emiş sistemi çalıştırılır.

Kesim Programının Makinede Açılarak Gerekli Ayarların Yapılması

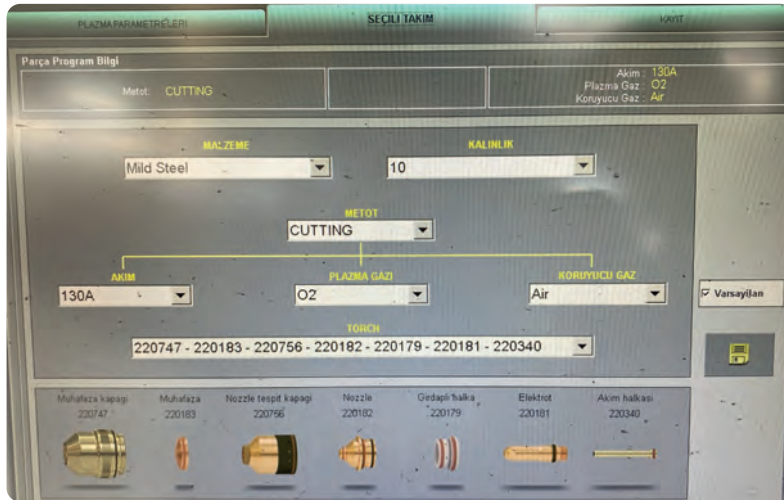
Bilgisayar ağı üzerinden plazma kesim makinesine yüklenen kesim program dosyası açılır (Görsel 2.87).



Görsel 2.87: Bilgisayar ağı üzerinden MEB-GÖRSEL kesim program dosyasının açılması

Plazma kesim makinesi kesim programını çalıştırır. Hazırlanan kesim programında belirtilen parça türü, kalınlığı, akım ayarı, plazma ve ikincil gaz türüne göre takılması gereken torç sarf malzemelerinin (elektrot ve nozul vb.) gösterildiği takım seçim ekranı açılır.

Malzeme türüne göre program tarafından belirlenen plazma gazı ve ikincil (koruyucu) gaz kontrol edilerek, mevcut gaz stoku ve istenen kesim kalitesi göz önünde bulundurularak düzenleme yapılabilir. Aynı şekilde parça kalınlığına göre program tarafından belirlenen akım şiddeti, bildirim ekranı üzerinden kontrol edilir (Görsel 2.88).



Görsel 2.88: Torç sarf malzemeleri bildirim ekranı



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Bu ekranda verilen numaralara göre elektrod, nozul gibi torç bileşenlerinin kontrol ve değişim işlemleri hassasiyetle yapılır. Bu işlem yapılırken makinenin güç ünitesi kapatılır (Görsel 2.89 a,b,c).



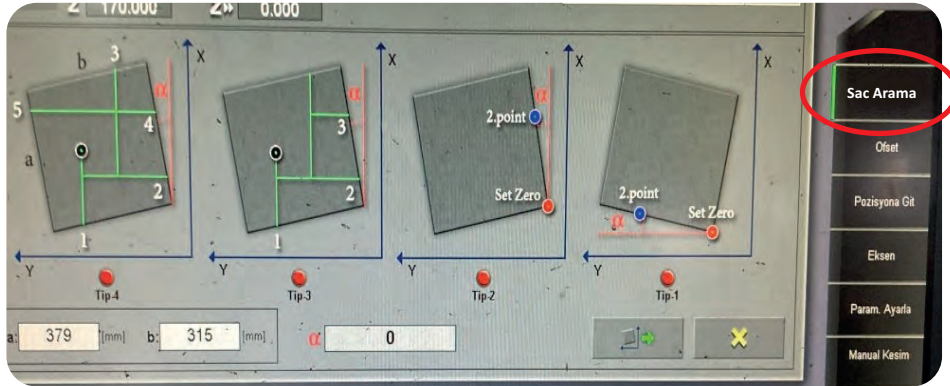
a) Elektrod değişimi

b) Nozul değişimi

c) Koruyucu kapak montajı

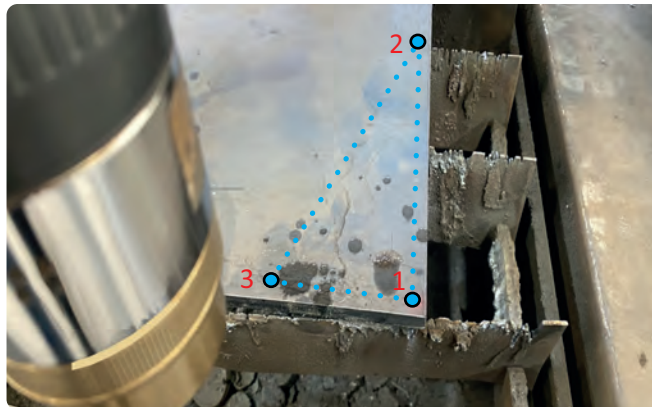
Görsel 2.89: Torç sarf malzemelerinin kontrolü ve değişimi

Kesim adedine göre kesme programında öngörülen ebat ve türde malzeme, stok alanından seçilir. Seçilen levha, fiziki (ölçü ve yüzey düzgünlüğü) açıdan kontrol edilerek kesme tablası üzerine yerleştirilir. Levha, kesme tablası üzerine yerleştirilirken X veya Y eksenlerine en az açılı oluşturacak şekilde konumlandırılmasına dikkat edilir. Açısal farkla yerleştirilmiş olsa bile sacın konum ölçümü yapılarak kesim programının parçaya göre döndürülmesi sağlanır ve kesim işlemi tamamlanır (Görsel 2.90).



Görsel 2.90: Sac arama (referans alma) ekranı

Sac arama işlemi, kesilecek sac levhanın ebadına göre sac arama ekranındaki dört farklı yöntemden biri seçilerek gerçekleştirilir (Görsel 2.91).



Görsel 2.91: Sac ölçüm noktaları



CNC kontrol sistemi, sac konumu ve ebadını bulmak için torç yardımıyla levhanın X ve Y eksen kenarlarından ölçüm yapar. Böylece sacın konum ve boyutlarını, hafızasında kayıt altına alır. Ayrıca bu işlem, operatör tarafından el kumandası kullanılarak torcun hareketi ile ya da lazer ışık (bu sistemin olduğu makinelerde) yardımı ile kolayca yapılabilir (Görsel 2.92). Manuel ölçümlerde parça büyüklüğüne göre iki veya daha fazla noktadan ölçüm yapılması, doğru referans alma işlemi için önemlidir.



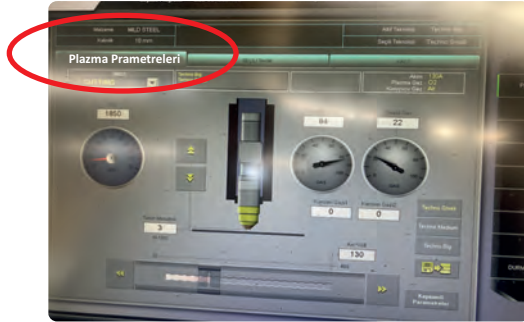
a) Sac ölçüm ekranı



b) Lazer (pointer) ışığı

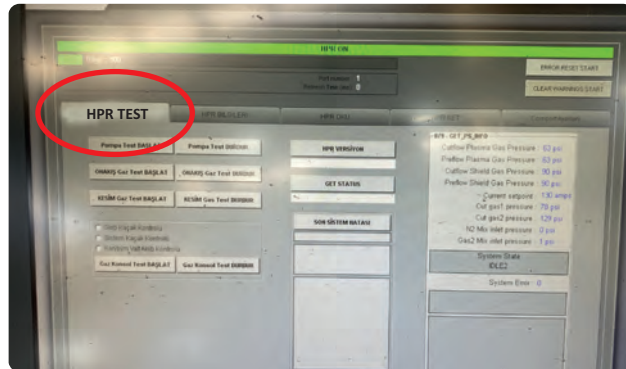
Görsel 2.92: Lazer ışığı (pointer) ile sac ölçümlerini yapma (el ile sıfır alma)

Plazma parametreleri başlığı altında açılan ekranda kesme hızı, akım şiddeti, plazma gazının ve ikincil gazın basıncı kontrol edilir. Aynı ekran üzerinde torç mesafe ayarı girilir. Tüm ayarlar kontrol edildikten sonra kaydedilir (Görsel 2.93).



Görsel 2.93: Plazma parametreleri kontrol ekranı

Makine türüne göre değişmekle birlikte yüksek performanslı, yüksek hız ve kalitede kesimler yapan makinelerde (HPR), test komutu ile açılan ekrandan çalışma hâlindeki gaz basıncı, akım ve hız testleri yapılabilir (Görsel 2.94).



Görsel 2.94: Ayrıntılı gaz kontrol ekranı



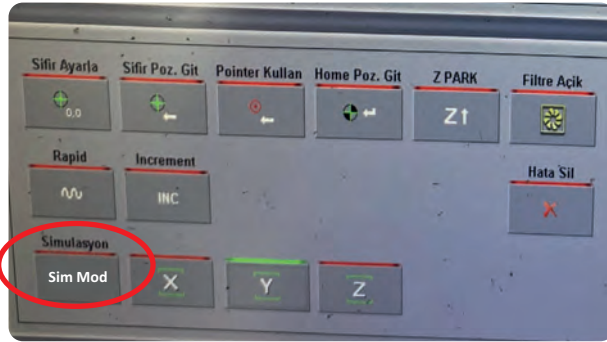
İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Plazma parametrelerinde girilen değere göre torç yükseklik ayarı, CNC kontrol sistemi tarafından yapılır. Bunun için torç, Z ekseninde yavaşça indirilir. Torcun temas ettiği yüzeyin özelliklerine göre (kirlî, boyalı, parlak vb.) farklı yöntemlerden yararlanılarak torç yüksekliği ayarlanır ve kesim işlemi boyunca torcun sabit yükseklikte kalması sağlanır (Görsel 2.95).

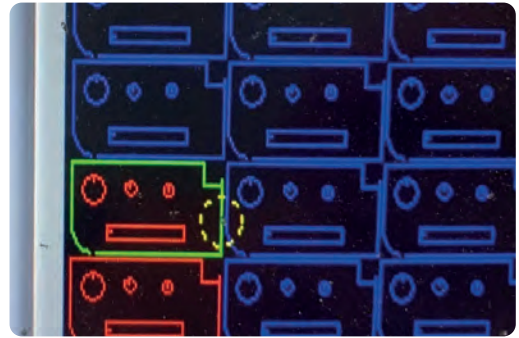


Görsel 2.95: Torç yükseklik ayarının yapılması

Aynı ekranda simülasyon düğmesine dokunularak kesim işleminin tüm ayrıntıları ile benzerinin denemesi yapılır. Yapılan simülasyon denemesinde, CNC kontrol sistemi tarafından ayarlanan parametre değerlerinde ve mekanik sistemlerde herhangi bir sorun yoksa kesim işlemi operatör tarafından başlatılır (Görsel 2.96 a,b).



a) Simülasyon komutu



b) Simülasyon ekran takibi

Görsel 2.96: Simülasyon ekranı

Kesim İşleminin Yapılması

Kesme işleminin başlatılması ile kesme programındaki sıraya ve belirlenen kesme hızına göre torç, önce parça içerisindeki geometrik boşlukların kesimini, ardından çevre kesimlerini tamamlar. Kesim işlemi süresince özellikle patlatma esnasında torcun belirli bir mesafeden izlenmesi, sıcak metal damlacıklarının sıçraması ve plazma ark ışığının olası zararlarına karşı gözlerin koruyucu (UV ve IR ışınlarına karşı korumalı CE sertifikalı) gözlükle korunması önem arz etmektedir.



Kesimi tamamlanan parça, kesim tablası üzerinden büyüklüğüne göre deri eldiven veya metal kısa yardımıyla alınır (Görsel 2.97 a,b). Kesme yüzeyinin alt kenarında oluşan kesim çapakları, mekanik (tel fırça, eğe, el taşlama makinesi vb.) yöntemlerle temizlenir.



a) Plazma kesim işlemi



b) Parçanın makineden alınması

Görsel 2.97: Plazma kesim işlemi

Parça, imalat resmine göre kontrol edilirken aşağıdaki hususlar değerlendirilir.

- ➔ Kesim ölçülerinin imalat resmine uygunluğu
- ➔ Kesim hızının uygunluğu
- ➔ Kerf açısı
- ➔ Patlatma noktalarından kesim desenine giriş bölgesinde çentik oluşumu
- ➔ Küçük çaplı delik kesimlerinde, uygun daire formu oluşumu
- ➔ Aşırı çapaklanma
- ➔ Kesim kenarında aşırı oksit tabakası oluşumu

Kesimi biten parça, yukarıda belirtilen kesim özellikleri açısından incelenir ve imalat resminde verilen ölçü toleransları da dikkate alınarak kontrol işlemi gerçekleştirilir. Kontrol sonuçları ve ürün bilgileri, ilgili formlarda kayıt altına alınır. Ürün, stok alanına kaldırılır.

Makine kapatılarak fire ve hurda malzemeler, geri dönüşüm alanına bırakılır. Çalışma alanı ve makinenin temizliği yapılarak işlem tamamlanır. İlk parçanın kalite kontrol işlemlerinin tamamlanmasından sonra, operatör tarafından seri kesim işlemi başlatılır.

2.2.3. CNC Panç Makinesi İle Kesim İşlem Sıraları

İmalat resminin incelenmesinin ardından, CNC panç kesim tekniği ile kesilmesine karar verilen iş parçası için işlem sırası şu şekildedir:

- ➔ İki boyutlu çiziminin oluşturulması
- ➔ Kesim programının hazırlanması
- ➔ Makine ile ilgili kontrollerin yapılması
- ➔ Kesim programının makinede açılarak gerekli ayarların yapılması
- ➔ Kesim işleminin yapılması



Malzeme cinsi: Galvaniz sac

Parça kalınlığı: 1,5 mm

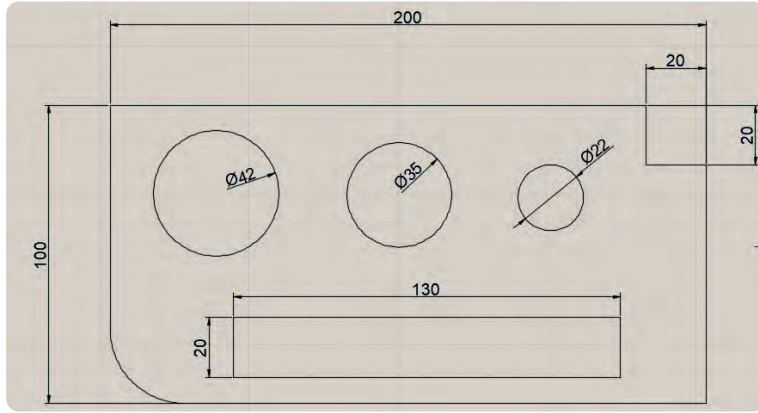
Kesim adedi: 1 adet

İki Boyutlu Çiziminin Oluşturulması

Kesim Programının Hazırlanması

Panç preste diğer CNC kesim makinelerinde olduğu gibi form verme programı, CAD ve CAM olmak üzere iki aşamadan oluşur.

Birinci aşamada, iki boyutlu çizim programında iş parçasının resmi çizilir ve CAD/CAM programının tanıyacağı uzantı (dxf-dwg) ile kaydedilir (Görsel 2.98).



Görsel 2.98: İşlenecek parçanın iki boyutlu resmi

İkinci safha, çizim dosyasının CAD/CAM programı ile açılarak pançlama (kalıplama) işlem adımlarının tamamlanmasıdır.

Her iki adımın (tasarım dizayn ve üretim işlemlerinin) birlikte yapılabildiği programlar mevcuttur. Günümüzde levha üretim programı bu şekilde tasarlanır.

Kesim programı, makine ile aynı CAD/CAM programının yüklü olduğu haricî bilgisayarda hazırlanır. Makine ilk kurulum aşamasında, içerisinde CAD/CAM yazılımı yüklü olarak gelir. Metal levha işleme makinelerinde, genel levha işleme yazılımları kullanılır. Bu yazılımlar, makine üreticileri tarafından kendi marka ve makinelerine özgü programlar olabileceği gibi genel kullanım amaçlı haricî programlar da tercih edilebilir.

Genel levha işleme özelliğine sahip paket yazılımlar, kullanılacağı makinenin modeli ve metal işleme tekniği ile ilişkilendirilir. Paket yazılım üretim (CAM) programı oluşturulurken kesimi yapacak makinenin sahip olduğu işleme tekniği, işleme takımları ve kapasitesi gibi değişkenler göz önünde bulundurulur. Aynı ticari isme sahip CAD/CAM yazılımı, farklı makineler (panç, lazer gibi) için makineye özgü komut satırları ve arayüz ekranları ile tasarım, çizim ve üretim işlemlerini başarı ile gerçekleştirmektedir.

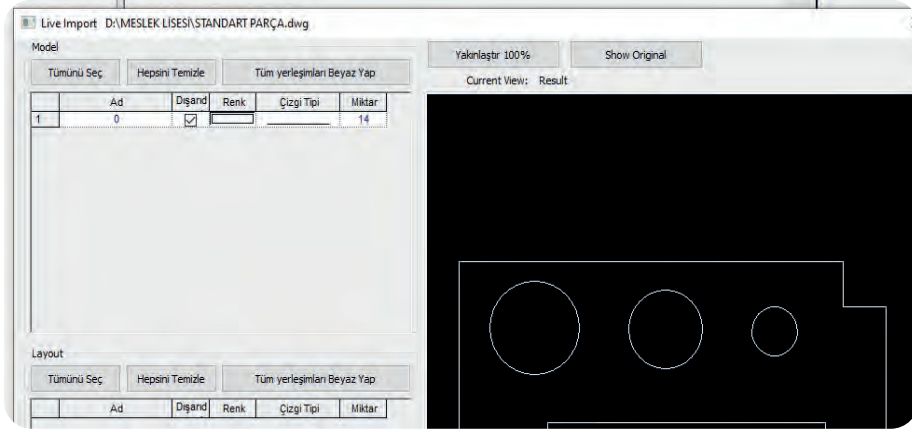
CAM Programı İşlem Adımları

- ➔ Tasarım dosyasının (CAD) doğrulanması
- ➔ Teknik resim çizimini oluşturan çizgilerin işlenmesi (kesilmesi, form verilmesi), takımların belirlenmesi



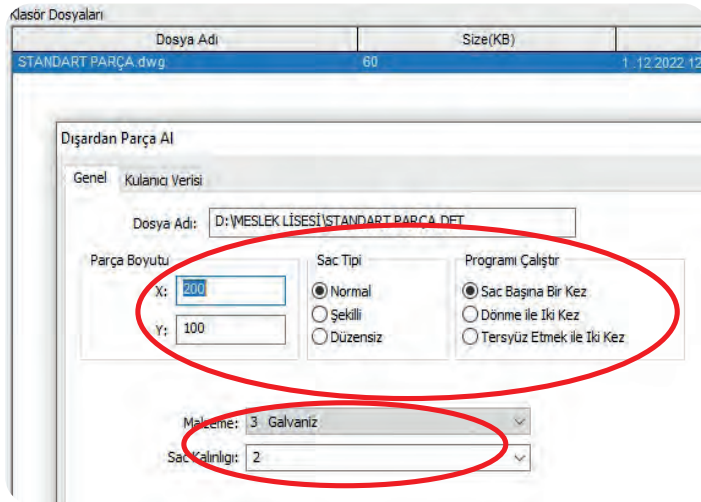
- ➔ Levha üzerine yerleşimin yapılması
- ➔ NC kodların oluşturulması
- ➔ Simülasyon
- ➔ Programın (parça üretim programı) kaydedilmesi şeklinde oluşturulur.

Panç preste kesme programını oluşturmanın ilk adımı, iki boyutlu çizim dosyasının CAD/CAM yazılımı ile açılmasıdır. Bunun için ağ üzerinden çizim dosyasının olduğu klasör ve dosya seçilerek arşivden yüklenir (Görsel 2.99).



Görsel 2.99: İki boyutlu çizim dosyasının açılması

Levha işleme işlemlerinde kullanılan CAD/CAM programlarının tamamında olduğu gibi pançlama işleminde de kayıtlı iki boyutlu çizim dosyasının açılmasının ardından, ardışık bilgi ekranına işlenecek malzeme türü ve kalınlığı girilir (Görsel 2.100).



Görsel 2.100: Malzeme türü ve kalınlığının girilmesi

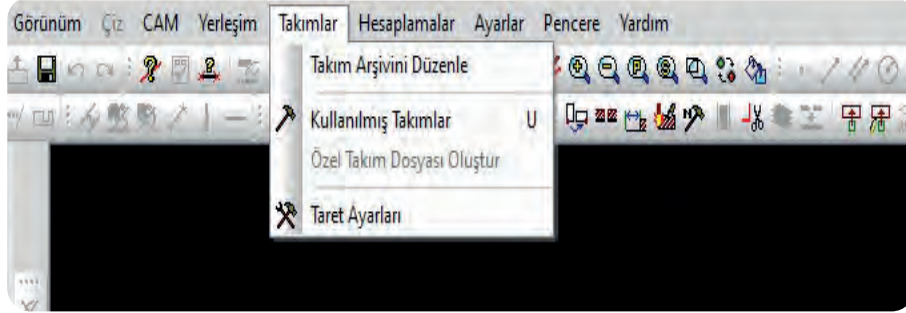
Pançlama işleminin program hazırlığında ilk aşama, takım (kalıp çiftleri) ayarlarının yapılmasıdır. Pançlama işlemi, çok sayıda ve çeşitte takım ile yapılan işlemlerdendir. Bu bakımdan makinenin kalıp arşivine yeni kalıpların ilave edilmesi ve seçilen takımların makine üzerindeki taret istasyonlarına ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Özellikle yeni takım alımlarında, daha önce kullanılmamış takımların seçileceği yeni program hazırlıklarında takım ayarlarının yapılması, öncelikli işlemlerden biridir.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

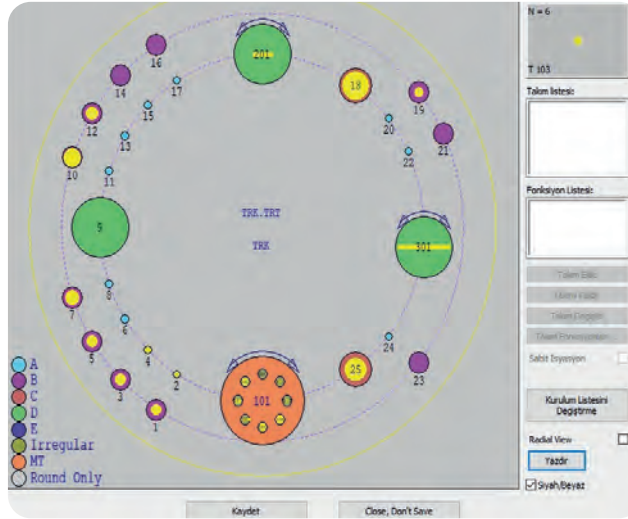
Takımlar komutu açıldığında **Takım Arşivini Düzenle** sekmesi ile programın takım havuzunda bulunan mevcut takımlar değiştirilebilir, yıpranan kullanılmayan takımlar arşivden silinebilir. Takım arşivi, makinenin çalışma ömrü boyunca kullanacağı tüm takımların hafızasında saklandığı bölümdür. Kullanım ömrü bitmiş takımın arşivden kaldırılması, programın otomatik pançlama işlemlerinde hatalı takım seçmesini önler. Bu açıdan belirli aralıklarla arşivin düzenlenmesi gerekir.

Kullanılmış Takımlar sekmesi, hazırlanmakta olan kesme programı için pançlama işleminde kullanılması planlanmış takımları gösterir. Pançlama işlemi için NC kod oluşturma sürecinde, son kontrol adımıdır (Görsel 2.101).



Görsel 2.101: Takım ayarları komut satırı

Taret Ayarları sekmesi, yeni takımların arşive eklenmesi için kullanılır. Taretin şematik görüntüsü üzerinde takım çapına ve türüne göre bağlanacağı istasyon sembolüne tıkladığında yeni takım program arşivine ilişkilendirildiği istasyon numarası ile kaydedilir. Arşive kaydedilen takımlar, takım ayarlarından seçilerek üretim programında kullanılması sağlanır. Arşive kaydedilmeyen takım programlarda kullanılamaz (Görsel 2.102).



Görsel 2.102: Taret ayarları ekranı

Kesme programında kullanılması düşünülen takımların tamamının, program hafızasında olduğundan emin olunduktan sonra pançlama işlemine geçilir.

Pançlama işlemi, iki boyutlu çizim dosyasının işlenmesi sürecidir. Tüm levha işleme programlarında olduğu gibi pançlama işleminde de çizgilerin işlenmesi (kesilmesi veya form verilmesi) NC kod oluşturma işleminin öncesi yapılması gereken program adımıdır. Panç makinesi bu işlemleri, kullanacağı kalıp çiftleri ile yapar. Kesme işlem adımına **zımbalama** denir.



Resmin işlenmesi, **Zımbalama** komutu ile manuel olarak yapılır (Görsel 2.103). Bu aşamada operatör, düz çizgilerin kesilmesinde hangi takımını kullanacağını, vuruş sayılarını, joint (bağlantı) noktalarının konumunu, köşe ve dairesel çizgilerde hangi takımı kaç vuruş yapacağını kendisi belirler. Profesyonellik gerektiren bir program aşamasıdır.



Görsel 2.103: Manuel zımbalama komutu

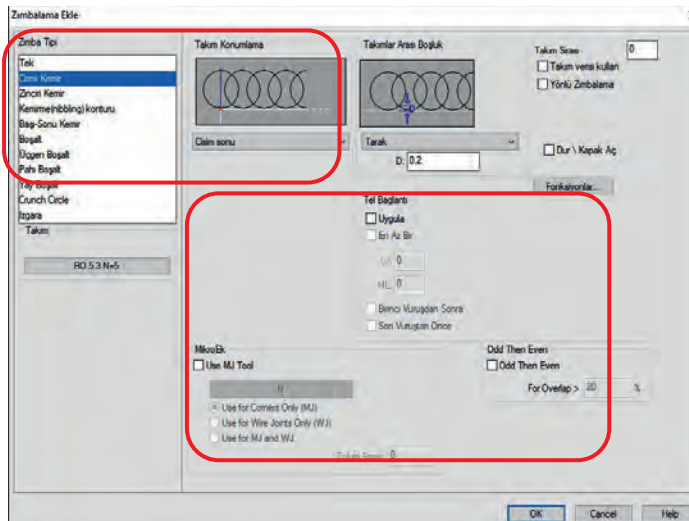
Bu işlem için belirli adımların yerine getirilmesi gerekir. Manuel zımbalamada ilk adım, takım seçimidir. Daha önce anlatılan takımlar komutu ile açılan dizinden **Ayar Dosyası** sekmesi ile açılan listeden mevcutta hazır ve kullanılabilir durumda olan takımlar seçilerek ayrılır. Böylece program istese de mevcutta bulunmayan bir takımını kullanamaz (Görsel 2.104).

İstasyon	Sabit	Kurulum Takımı	Fonksiyonlar	Boşluk	Tip	Boyut	Size Type	Multi-tool	"Takım ID"
1	101	RO 3 N=3	-	None	AI	0 - 16		MT8-16	
2	102	RO 5.3 N=5	-	None	AI	3 - 16		MT8-16	
3	103	RO 6.5 N=6	-	None	AI	0 - 16		MT8-16	
4	2	RO 9 N=9	-	None	-	1.6 - 12.7	A		
5	4	RO 10.2 N=10	-	None	-	1.6 - 12.7	A		
6	108	RO 11 N=11	-	None	AI	0 - 16		MT8-16	
7	105	RO 12 N=12	-	None	AI	0 - 16		MT8-16	
8	104	RO 13 N=13	-	None	AI	0 - 16		MT8-16	
9	19	RO 14 N=14	-	None	-	12.71 - 31.	B		
10	1	RO 16.5 N=16	-	None	-	12.71 - 31.	B		

Görsel 2.104: Takım seçimi bilgi ekranı

Zımbalama Ekle komutu, manuel zımbalama işleminde, kendiliğinden açılan bilgi ekranlarından biridir. Bu ekranda operatör, zımba ve kemirme tipini belirler (Görsel 2.105).

İki boyutlu resim üzerinde her çizgi parçasına sırası ile tıkladığında (iki köşe arasındaki çizgi parçası), **Zımbalama Ekle** komutu yeniden açılır. Her çizgi penceresi için zımbalama, operatör tarafından belirlenir. Önce parça içerisindeki boşlukların, sonra çevre kesimlerinin işlenmesi önemli bir zorunluluktur. Aksi hâlde parça kopmasına, takımların ve makinenin arızalanmasına yol açılır.



Görsel 2.105: Zımbalama ekleme bilgi ekranı



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

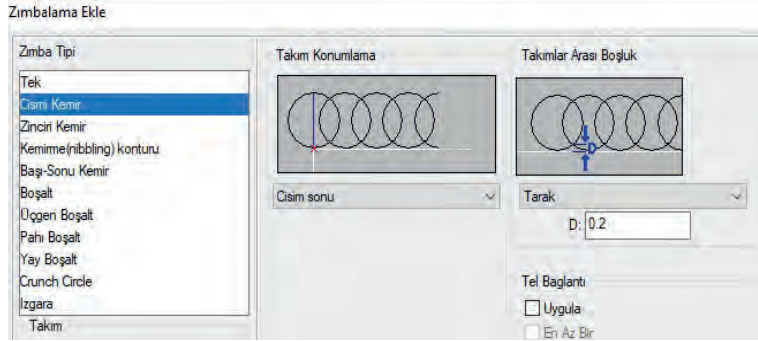
Bu pencerede kesme yöntemi, kesilecek çizginin şekli ve ölçüsüne göre değişir.

- Zimba ölçüsünde olan daireler, **Tek** vuruşla boşaltılır. Resim üzerindeki aynı çaptaki tüm daireler sırası ile aynı komutla zımbalanır.
- Düz kenar çizgileri **Kemirme** sekmesi ile
- Dairesel (radyüs) formdaki çizgiler, eldeki takımların türüne göre **Yay Boşalt** ya da **Zincir Kemir** sekmesi ile kesilir.

Bu ve buna benzer adımlarla çizgilerin tamamı, **Zımbalama Ekle** komutu ile işlenerek iki boyutlu resmin kesim işlemi sonlandırılır (Görsel 2.106).

Resmin işlenmesinde önemli husus, takımların işlem sırasıdır. Takım sıralamasında şunlara dikkat edilmelidir:

- Diş açma, kabartma, sıvama gibi işlemlerin yakınına başka bir kesme takımı vurulacaksa bu takımlar en son sıraya alınmalıdır.
- Küçük çaplı ve tek vuruşla kesilecek şekillerin tümü aynı sırada işlenmelidir.
- Çevre kesimleri en sona bırakılmalıdır.

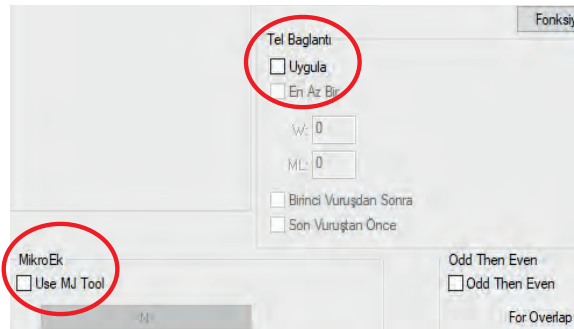


Görsel 2.106: Kesme (kemirme) türleri

Kesilen parçanın ana levhadan ayrılmasını önlemek için bırakılan küçük bağlantı noktalarının, belirlenmesi (kesilmeden bırakılması) gerekir. Bu noktaların oluşturulması, zımbalama ekleme ekranında **Tel Bağlantı** ya da **Mikro Ek** sekmelerinden uygun olan tip işaretlenerek yapılır (Görsel 2.107).

Tel bağlantı, kemirme işleminin arasında düz kenarlarda bırakılan boşluklardan oluşur. Tel bağlantının genişliği, sac malzemenin kalınlığının yarısına eşittir. Tel bağlantı noktasının yeri, kemirme (zımbalama) sayısı girilerek belirlenir.

Mikro ek şeklinde bağlantı noktaları köşelerde bırakılır. Mikro ek bağlantısının konumu, takım değişim noktalarına denk gelir.



Görsel 2.107 : Bağlantı noktalarının belirlenmesi



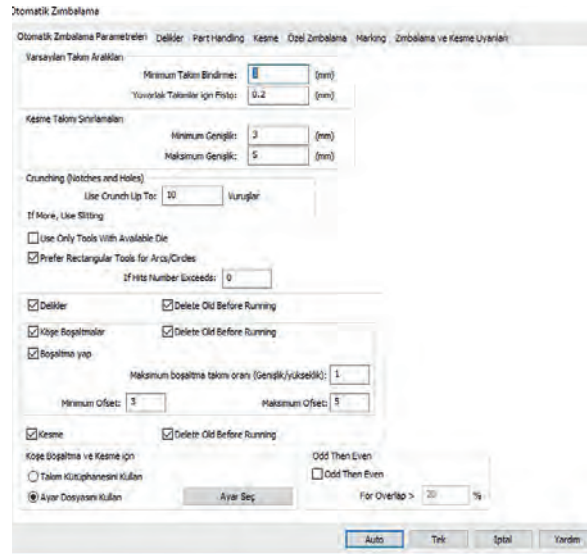
Diğer zımbalama (işleme) türü otomatik zımbalamadır. Bu işlem, komut satırından **Otomatik zımbalama** komutu seçilerek yapılır. Zımbalama takımları, takım ayar dosyasında ayrılmış takımlar kullanılarak program tarafından yapılır. Kemirme türü ve bağlantı noktaları, yazılım tarafından belirlenir (Görsel 2.108).



Görsel 2.108: Otomatik zımbalama komutu

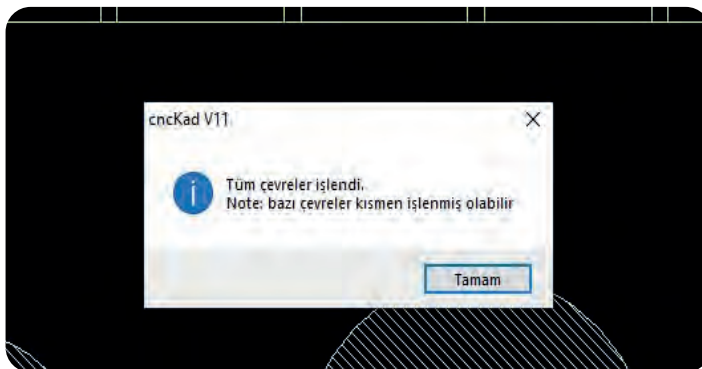
Otomatik zımbalama işlemi, kendiliğinden açılan bilgi ekranında zımbalama parametrelerinin seçiminin ardından **Auto** butonunun tıklanması ile bitirilir. Belirtilen parametrelere göre resmi oluşturan çizgilerin tamamı program tarafından otomatik olarak kesilir ve işlenir.

Kesim sıralaması, yani parçanın hangi noktadan işlenmeye başlanacağı ve işlem sürelerinin tamamı, program tarafından belirlenir (Görsel 2.109).



Görsel 2.109: Otomatik zımbalama bilgi ekranı

Zımbalama işlemlerinin sonunda tüm resim işlenmiş hâliyle ekranda görüntülenir. Kesilmeyen çizgilere ve olası hatalara karşı işlem kontrol edilir (Görsel 2.110).

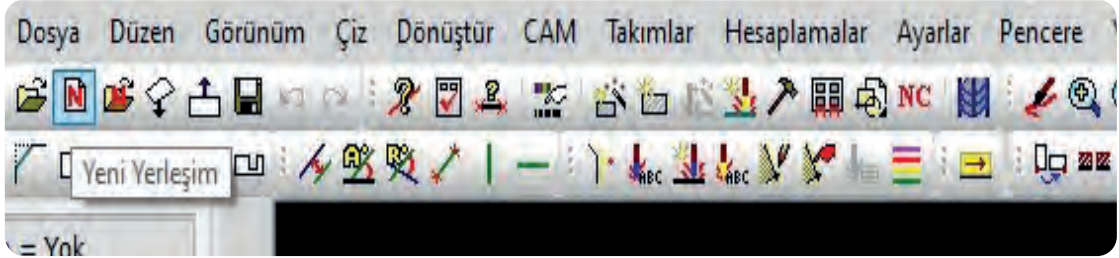


Görsel 2.110: Zımbalama sonunda resmin görünüşü



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Zımbalama işleminin tamamlanmasının ardından komut satırındaki **Yeni Yerleşim** komutu açılarak resmin, kesimi yapılacak levha içerisine yerleşimi yapılır. Kesimi yapılacak parça adedi, farklı parça şekilleri, levha büyüklüğü gibi parametreler göz önünde bulundurularak yerleşim işlemi otomatik ya da manuel olarak yapılabilir (Görsel 2.111).



Görsel 2.111: Parçanın levhaya yerleşim komutu

Açılan bilgi ekranında **Sac** sekmesi altında açılan ekrana levha ölçüleri ve parça adedi girilerek, yerleşimin otomatik olarak yapılması sağlanır. Yazılım, levha içerisine en uygun yerleşim olasılığını kendisi belirler.

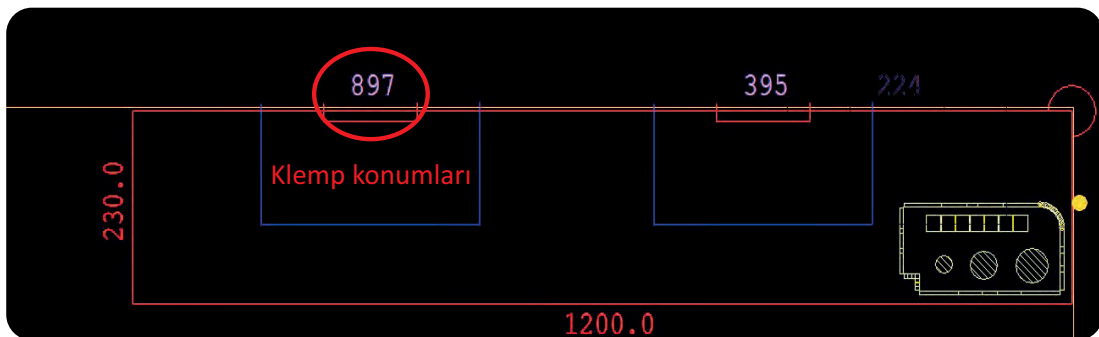
Kısaçklar sekmesi altındaki ekrandan klempelerin konumları belirlenir.

Tamam butonu tıkladığında yerleşim program tarafından yapılır (Görsel 2.112).



Görsel 2.112: Yerleşim planı bilgi ekranı

Klempelerin konumu, bilgi ekranında **Kısaçklar** sekmesi ile açılan ekrandan değer girilerek yapılabileceği gibi yerleşim, resmi üzerinde gösterilen klemp kutucukları seçilerek kutucukların sağa ya da sola doğru sürüklenmesi yöntemi ile de yapılabilir (Görsel 2.113).



Görsel 2.113: Otomatik yerleşim



Resmin işlenmesi ve yerleşim planının yapılmasının ardından NC kodlarının oluşturulması işlemi için komut satırında bulunan **NC** komutu açılır (Görsel 2.114).



Görsel 2.114: Komut satırında "NC" komutu

NC kodların oluşum süreci programın son aşamasıdır. Bu aşamada **Kullanılmış Takımlar** sekmesi açılır. Bilgi ekranı, NC kod oluşturma süreci öncesi son kontrol ekranıdır. Hazırlanan kesim programında, kullanılan takımların ve detaylarının bilgisi paylaşılır. Yapılan kontrolün ardından **Sonraki** butonu tıklanır (Görsel 2.115).

Istasyonlar	Kiilitte istasyon	Geçerli Takım	Kalibi Kiilitte	Kalıp	Sıra	Gruplanmış	Auto Index	Vuruşlar	Takım Ops.	Yolu optimize et	Dönüşü Minimiz et	Takım Altrutin	Fonksiyonlar	"Takım ID"
103 AI	<input type="checkbox"/>	RO 6.5 N=6	<input type="checkbox"/>	Non				1	<input checked="" type="checkbox"/>					
107 AI	<input type="checkbox"/>	RE 10.5 N=10	<input type="checkbox"/>	Non			AI	2	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
7	<input type="checkbox"/>	RO 22 N=22	<input type="checkbox"/>	Non				1	<input checked="" type="checkbox"/>					
25	<input type="checkbox"/>	RO 35 N=35	<input type="checkbox"/>	Non				1	<input checked="" type="checkbox"/>					
18	<input type="checkbox"/>	RO 42 N=42	<input type="checkbox"/>	Non				1	<input checked="" type="checkbox"/>					
21	<input type="checkbox"/>	SQ 20 N=20	<input type="checkbox"/>	Non				1	<input checked="" type="checkbox"/>					
201 AI	<input type="checkbox"/>	RE 30.5 N=30	<input type="checkbox"/>	Non			AI	2	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
301 AI	<input type="checkbox"/>	RE 80.5 N=80	<input type="checkbox"/>	Non				2	<input checked="" type="checkbox"/>					

Görsel 2.115: Kullanılmış takımlar bilgi ekranı

Ardından açılan pencerede kod oluşturma seçenekleri ile ilgili detay seçimleri işaretlenir. Simülasyon ekranına geçiş bu sayfada belirlenir. **Son** butonu ile pencere kapanır ve kod oluşturma işlemi başlar (Görsel 2.116).

Kod Oluşturma Seçenekleri

Makroları Kullan (Alt-Programlar)

Ortak Kesimlerin Otomatik Testi

Use Control Compensation

Üretim dosyası oluştur

SONAYAR'ı Güncelle

Kod Oluşturma Sonrası Simülasyonu Çalıştır

Otomatik Bul

Tekli Vuruş Gruplarını Belirleme

Sıralı Tekli Vuruşları Otomatik Olarak Bul

İzgaraları Otomatik Bul

Program Numarası:

Sac Miktarı

Sac Adedi:

Sac Yükleme

Yükleme Modu: Manuel

Bogaltma Modu: Manuel

Pin: Otomatik

Sac Ölçme: Hayır

NC Dosya Adı

D:\MESLEK LİSESİ\MESLEK.TNC

< Geri Son İptal Yardım

Görsel 2.116: NC kod oluşturma seçenekleri bilgi ekranı



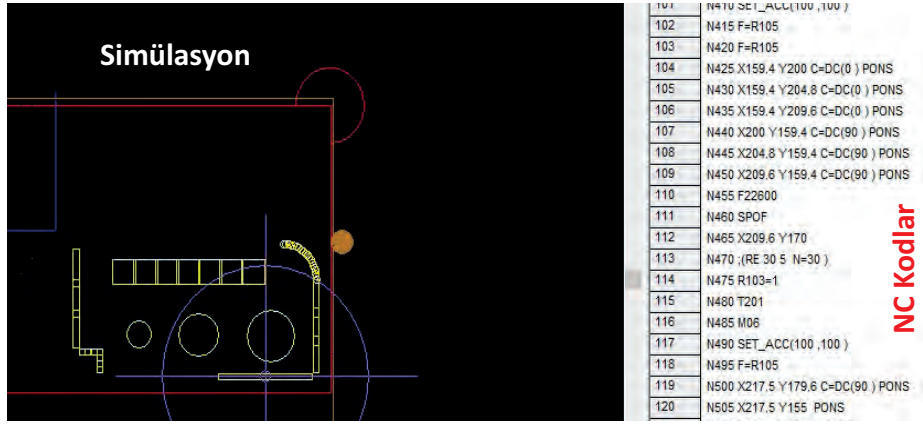
İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

NC kodlarının oluşturulması işlemi tamamlandığında ekran değişir ve simülasyon ekranı açılır. Simülasyon ekranı üzerinde işleme hızı, mavi bar konumu ile ayarlanabilir (Görsel 2.117).



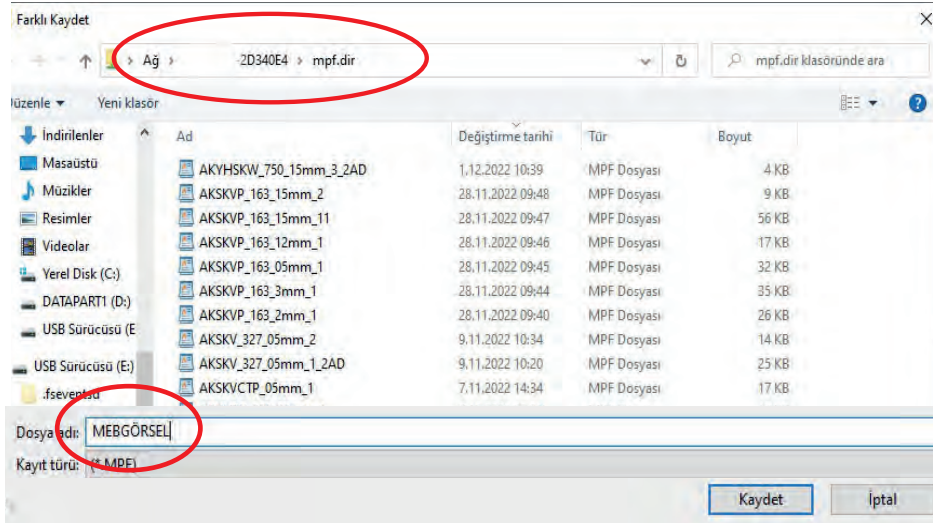
Görsel 2.117: Simülasyon ekranı komut satırı

Simülasyon ekranı üzerinde iş parçası resminin kesim işleminin denemesi yapılırken resim üzerindeki işlem adımları, renk değişimleri ile izlenir. Ekranın sağ kısmında, oluşturulan NC kodlar izlenebilir (Görsel 2.118).



Görsel 2.118: Simülasyon ekranı

Simülasyon işleminin ardından komut satırında **Dosya** ve **Farklı Kaydet** komutları kullanılarak kesim programı, bilgisayar ağı üzerinden önceden oluşturulmuş programlar klasörüne kaydedilir (Görsel 2.119).



Görsel 2.119: Kesim programının kaydedilmesi



Makine İle İlgili Kontrollerin Yapılması

CNC pançlar, koordinat tablasının geniş bir alanda yüksek ivmelerle hareket ettiği büyük ölçekli makinelerdir. Çalışma anında makine çalışma alanının korunması için ışık bariyerlerinin doğru çalıştığından emin olunmalıdır.

Pnömatik sistemler ve hidrolik sistemler için gerekli olan hava basıncı ve yağ seviyesi kontrolleri titizlikle yapılmalıdır (Görsel 2.120 a,b).



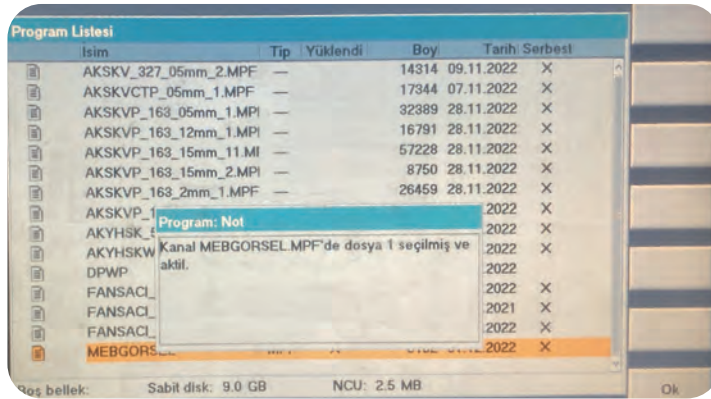
a) Şartlandırılmış hava basınç manometresi



b) Yağ seviyesi gözetleme camı

Görsel 2.120: Makine kontrol noktaları

Makine kontrol paneli aracılığı ile kesim dosyası, ilgili klasörden bulunarak makine bilgisayar sistemine yüklenir (Görsel 2.121).



Görsel 2.121: Kesim programının makineye yüklenmesi

Makineye yükleme işleminin ardından **Giriş** komutu ile kesme program dosyasının makine kontrol panelinde açılması sağlanır. Bu aşamada takımların ve sac ölçüsünün kontrol edilmesi, olası sorunların önüne geçilmesi açısından önemlidir (Görsel 2.122).



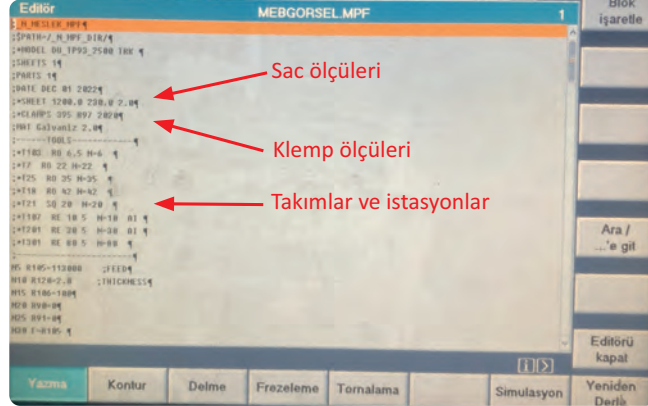
Görsel 2.122: Kesme programının açılması



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Programı yapan personel (programcı) ile makineyi kullanan personel (operatör) farklı kişiler olduğunda makinenin anlık takım muhteviyatı ve projeye uygun sac levha ölçülerinin, operatör tarafından da kontrol edilmesi gerekir.

Bu amaçla programın açılmasına müteakip kendiliğinden açılan bilgi ekranından sac ölçüleri ve programda kullanılacak takımlar ile takımların bağlanacakları istasyon numaralarının son kez kontrol edilmesi sağlanır (Görsel 2.123).



Görsel 2.123: Kesme programına ait bilgi ekranı

Program hazırlığı aşamasında alınan teknoloji bilgi formuna göre takımlar ve ilişkilendirildikleri istasyonlar kontrol edilir. Programa göre kullanılması gereken takımlar varsa takım dolabından alınarak takımların ilgili istasyona bağlantıları sağlanır (Görsel 2.124).



Görsel 2.124: Takımların kontrolü

Çoklu kalıp tutucu ve index (indeks) istasyonuna konuşlandırılmış takım çiftleri, özellikle kontrol edilmelidir (Görsel 2.125 a,b,c).



a) Çoklu kalıp



b) Çoklu kalıp montajı



c) index istasyonu

Görsel 2.125: Çoklu kalıp tutucu (multitool) üzerindeki takımların tarete montajı



Teknoloji bilgi formuna göre operatör, sac malzemeyi seçer. Kesimi yapılacak sac malzemenin, kesim programında belirlenen ölçülerde olmasına dikkat edilir. Klemplerin (sac tutucu) konumu, kesimi yapılacak parça boyuna göre ayarlandığı için belirlenen parçanın bulunarak makine tezgâhına bağlanması gerekmektedir. Parçanın fiziki kontrolünde boyutları, yüzey düzgünlüğü ve kenar uçlarının kıvrımlı olmamasına dikkat edilmelidir (Görsel 2.126 a,b).



a)Kenar ölçü kontrolü



b) Kalınlık ölçü kontrolü

Görsel 2.126: Kesimi yapılacak malzemenin fiziki kontrolü

Kesim İşleminin Yapılması

Kumanda panosu üzerinden klemplerin konumlanması sağlandıktan sonra, X pimine (referans noktası) ve parça boyutlarına göre parçanın en az iki klempe tamamen oturması sağlanır. Ardından aynı noktada makine tezgâhının altında bulunan ayak pedalına basılarak klemp tutucularının kilitlemesi sağlanır (Görsel 2.127).



X pimi

Görsel 2.127: Sac malzemenin klemplere bağlanması

Kumanda paneli üzerindeki **CYCLE START** butonuna basılarak kesme işlemi başlatılır (Görsel 2.128).



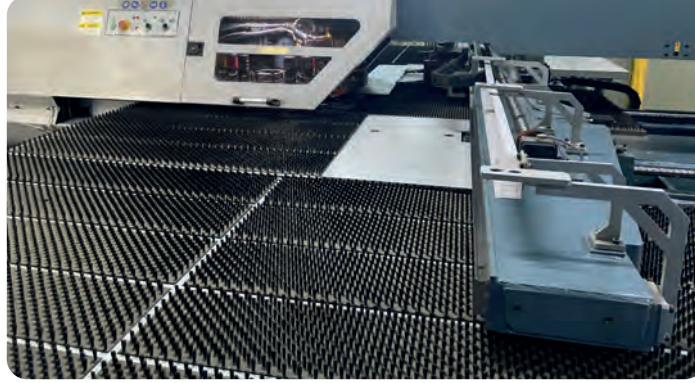
Görsel 2.128: Kesme işleminin başlatılması



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Sac malzeme fırçalı tabla üzerinde hareket ettirilerek taret altında ilk konturunun kesilmesi için hizalama işlemi başlatılır. Kesme hızı ve kontur sayısına göre değişen süre sonunda kesme tamamlanır (Görsel 2.129).

Kesme işlemi süresince makinenin alanına operatör harici personelin yaklaşmasına müsaade edilmez. Operatörün; iş eldiveni, koruyucu ayakkabı, koruyucu gözlük ve yüksek darbe etkisi ile oluşan aşırı gürültüye karşı kulak koruyucu kullanması zorunludur.



Görsel 2.129: Panç preste kesme işlemi

Programda oluşturulan tüm konturlar kesildikten sonra klemp, parçayı yükleme alanına getirir ve klemp kilitleri otomatik olarak açılır (Görsel 2.130). Parça, operatör tarafından alınarak bağlantı telleri ya da mikro ek noktaları kopartılır.



Görsel 2.130: Kesim işleminin sona ermesi

Kesimi biten parçanın imalat resminde verilen ölçü toleransları da dikkate alınarak kontrol işlemi gerçekleştirilir. Kontrol sonuçları ve ürün bilgileri, ilgili formlarda kayıt altına alınır. Ürün, stok alanına kaldırılır.

Makine kapatılarak fire ve hurda malzemeler, geri dönüşüm alanına bırakılır. Çalışma alanı ve makinenin temizliği yapılarak işlem tamamlanır.

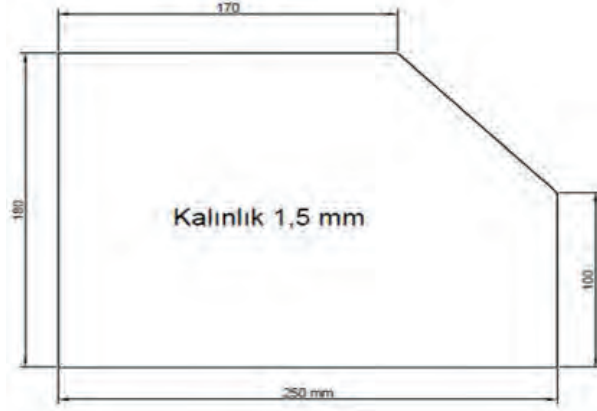
2.2.4. NC, CNC Giyotin Makinesi İle Kesim İşlem Sıraları

NC giyotin makinesi ile kesimde, iki parametre önem arz etmektedir. Bunlar, kesimi yapılacak parçanın boyutları ve makinenin bu boyutlarda kesim işlemine uygun olup olmadığıdır.



İmalat resminin incelenmesinin ardından (Görsel 2.131) NC giyotin makas tekniği ile kesilmesine karar verilen iş parçası için işlem sırası şu şekildedir:

- ➔ Makine ile ilgili kontrollerin yapılması
- ➔ Kesim programı ile ilgili makinede gerekli ayarların yapılması
- ➔ Kesim işleminin yapılması



Görsel 2.131: Parçanın imalat resmi

Giyotin makineleri, kesim tablasının boyu ve maksimum kesme kalınlığına göre üretilir. Bu değerler, makine gövdesinde model ismi olarak belirtilir.

Kesme işlemlerinde; çalışan personelin ve çevrenin güvenliği, yapılan üretim işleminin kaliteli olması öncelikli hedeflerdir.

Makine Donanımlarının Kontrolü

Çalışan personelin, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) tedbirleri kapsamında kendisi tarafından giyilmesi veya takılması zorunlu olan kişisel koruyucu donanımları (KKD) kullanması gerekir. Bunlar iş eldiveni, koruyucu ayakkabı ve gözlüktür. Ayrıca çalışma ortamının durumuna göre bunlara ilave olarak baret ve kulak koruyucu eklenebilir.

Makine ve donanımın İSG güvenlik sistemleri olan ışık bariyerleri, acil stop düğmeleri, mekanik koruyucu kapakları kontrol edilmelidir. Baskı silindirlerinin ön kısmını koruma altına alan ışık bariyerleri, el ve parmakların kesim bölgesine yaklaşması durumunda makineyi durdurarak olası iş kazası risklerini bertaraf etmektedir. Işık bariyerinin sağlıklı çalıştığından emin olunmalıdır (Görsel 2.132 a,b).



a) Işık bariyeri



b) Acil durdurma (butonu)

Görsel 2.132: Işık bariyerleri ve acil stop butonu kontrolü



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Yağ seviyesi, hidrolik ve mekanik sistemlerde gözetleme camı içerisinde yarısı dolu olacak şekilde gözlenmelidir. Aksi hâlde durum, arıza ve bakım formu ile kayıt altına alınarak bakım birimi tarafından yağın tamamlanması sağlanmalıdır. Arka dayama sistemi ile alt ve üst makas bıçakların durumu ve bağlantılarının görsel açıdan kontrolü sağlanmalıdır. Bu işlem için makine boşta çalıştırılabilir (Görsel 2.133 a,b).



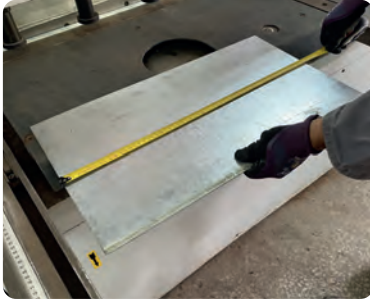
a) Yağ seviyesi gözetleme camı



b) Alt ve üst makas bıçakları

Görsel 2.133: Gözetleme camı yağ seviyesi ve kesme bıçakları

İmalat resmine göre stok alanından uygun ölçülerde parça (en az fire oluşturacak şekilde) seçilerek ön fiziki kontrolü yapılmalıdır. Ön fiziki kontrolde parçanın boyutlarına, köşe açlarına (diklik) ve yüzey düzgünlüğüne bakılmalıdır (Görsel 2.134 a,b,c).



a) Kenar ölçü kontrolü



b) Kalınlık ölçü kontrolü

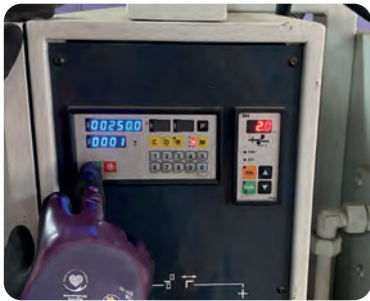


c) Köşe aç (gönye) kontrolü

Görsel 2.134: Kesilecek parçanın fiziki kontrolü

Makine Üzerinde Gerekli Ayarların Yapılması

Kesme makinesi CNC kontrol paneli üzerinden sırası ile bıçak kesme boşluk ayarı, arka dayama ayarı, dayama geri çekilme ayarı, kesim adedi ve bıçak strok ayarı ile bıçak aç ayarı (gerekli ise) gibi veriler girilerek makinenin komutları gerçekleştirilmesi beklenmelidir (Görsel 2.135 a,b,c).



a) Arka dayama ayar ekranı



b) Arka dayama ayarı



c) Kesme boşluk (sentil) ayarı

Görsel 2.135: Kesim parametrelerinin ayarlanması



NC Giyotin Makas İle Kesim İşleminin Yapılması

İSG tedbirlerine uygun şekilde parça, gönyeli ön dayama koluna yaslanarak arka dayama kanalına temas edene kadar sürülür. Ayak pedalına ya da büyük ebatlı makinelerde çift ayak pedalına basılarak kesim işlemi gerçekleştirilir (Görsel 2.136 a,b).



a) Parçanın arka dayamaya konumlandırılması



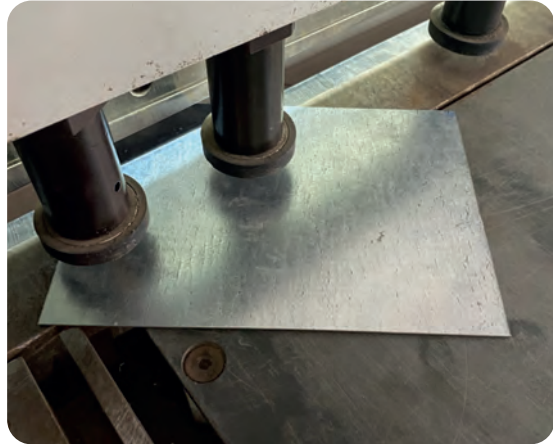
b) Kesim işlemi

Görsel 2.136: Arka dayama ile kesim yapılması

Arka dayama sisteminin kullanılmayacağı açılı kesimler için parça üzerine imalat resmine uygun markalama işlemi yapılır. Marka çizgisi alt bıçak üzerine yerleştirilerek (ışık düşürme), açılı kenar kesimleri dayama kullanılmadan yapılır (Görsel 2.137 a,b).



a) Markalama



b) Işık düşürerek kesme

Görsel 2.137: Markalama ve açılı kesim yapılması

Kesimi biten parçanın, imalat resminde verilen ölçü toleransları da dikkate alınarak kontrol işlemi gerçekleştirilir. Kontrol sonuçları ve ürün bilgileri, ilgili formlarda kayıt altına alınır. Ürün, stok alanına kaldırılır.

Makine kapatılarak fire ve hurda malzemeler, geri dönüşüm alanına bırakılır. Çalışma alanı ve makinenin temizliği yapılarak işlem tamamlanır.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

1. UYGULAMA: SAC PARÇANIN KESİMİ



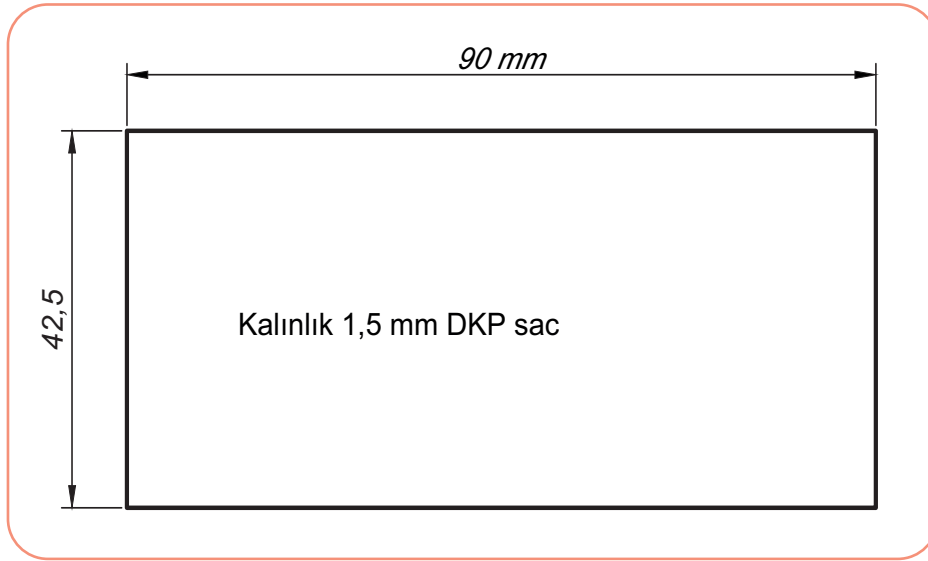
15 dk.

AMAÇ

NC giyotin makinesinde kesim işlemini yapmak.

GÖREV

1. Yapacağınız çalışmayı, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak verilen işlem basamakları ve öneriler doğrultusunda gerçekleştiriniz.
2. Aşağıda ölçüleri verilen parçanın kesim işlemini NC giyotin makinesinde yapınız.
3. Kesim işleminin ardından parça ölçülerini, imalat resmine göre kontrol ediniz.
4. Çalışmanızı planlarken uygulama sonunda verilen kontrol listesindeki ölçütleri dikkate alınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
1. Kişisel koruyucu donanımları (KKD) giyiniz.	İş önlüğü, iş eldiveni, koruyucu gözlük, koruyucu ayakkabı giyilmelidir.
2. Makine yağı seviyesini gözetleme camı üzerinden kontrol ediniz.	Makine yağ seviyesi izlenmelidir.
3. Parça imalat resmini inceleyiniz.	Malzeme türü, parça kalınlığı ve ölçüleri kontrol edilmelidir.
4. Kesimi yapılacak parçanın fiziki kontrolünü yapınız.	Kesilecek levhanın yüzey düzgünlüğü ve köşe açılarının gönyesi, uygun ölçü aletleri ile kontrol edilmelidir.
5. Makineyi çalıştırarak güvenlik donanımlarını kontrol ediniz.	Makine çalıştırılarak mekanik parmak koruyucu, ışık bariyeri, acil durdurma butonu kontrol edilmelidir.



6. İş parçasının kalınlığına göre bıçak boşluk ayarını (kontrol paneli / mekanik olarak) yapınız.	Parça kalınlığına göre NC kontrol paneli üzerinden ya da mekanik olarak bıçak boşluk ayarı yapılmalıdır.
7. Kontrol paneli üzerinden arka dayama ayarını yapınız.	Resimdeki ölçüye göre panel üzerinden dayama ayarı yapılmalıdır.
8. Giyotin makasta kesim işlemini yapınız.	Ayak pedalı kullanarak kesim işlemini yapınız.
9. Ardışık işlemler için ayar ve kesim işlemlerini tekrarlayınız.	Farklı kenarların kesimi için ayar ve kesim işlemleri yeniden yapılmalıdır.
10. Makineyi kapatınız.	Makine kapatılarak kontrol panosu üzerinde ana şalter (main switch) "0" konumuna getirilmelidir.
11. Artan malzemeyi stok alanına, hurda malzemeyi geri dönüşüme ayırınız.	Artan malzeme stok alanına, hurda malzeme geri dönüşüm alanına bırakılmalıdır.
12. Makine ve ortam temizliğini yapınız.	Makine tezgâhı, kontrol paneli temiz bir bezle silinmeli, çalışma ortamı süpürülerek temiz bırakılmalıdır.

DEĞERLENDİRME

NC giyotin makinesinde kesim uygulaması, aşağıda verilen kontrol listesi kullanılarak değerlendirilecektir.

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Makine güvenlik sistemlerini kontrol etti.		
2. Parça kalınlığına göre bıçak boşluk ayarını doğru şekilde yaptı.		
3. Kesim ölçüsüne göre arka dayama ayarını doğru şekilde yaptı.		
4. Kesim işlemini teknik resimde verilen ölçü toleransları içerisinde gerçekleştirdi.		
5. Kesim işlemini doğru ve güvenli şekilde yaptı.		
6. Hurda ve artan malzemeleri uygun yöntemlerle ayırdı.		
7. Makine ve ortam temizliğini yaptı.		

"Hayır" olarak işaretlenen ölçütler için ilgili konu ve uygulamaları tekrar ediniz.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

2. UYGULAMA: SAC PARÇANIN AÇILI KESİMİ



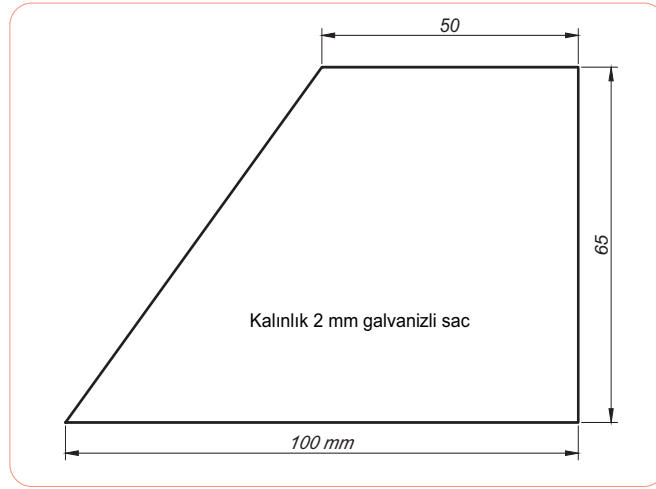
15 dk.

AMAÇ

NC giyotin makinesinde kesim işlemini yapmak.

GÖREV

1. Yapacağınız çalışmayı, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak verilen işlem basamakları ve öneriler doğrultusunda gerçekleştiriniz.
2. Aşağıda ölçüleri verilen parçanın kesim işlemini NC giyotin makinesinde yapınız.
3. Kesim işleminin ardından parça ölçülerini, imalat resmine göre kontrol ediniz.
4. Çalışmanızı planlarken uygulama sonunda verilen kontrol listesindeki ölçütleri dikkate alınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
1. Kişisel koruyucu donanımları (KKD) giyiniz.	İş önlüğü, iş eldiveni, koruyucu gözlük, koruyucu ayakkabı giyilmelidir.
2. Makine yağı seviyesini gözetleme camı üzerinden kontrol ediniz.	Makine yağ seviyesi izlenmelidir.
3. Parça imalat resmini inceleyiniz.	Malzeme türü, parça kalınlığı ve ölçüleri kontrol edilmelidir.
4. Kesimi yapılacak parçanın fiziki kontrolünü yapınız.	Kesilecek levhanın yüzey düzgünlüğü ve köşe açılarının gönyesi uygun ölçü aletleri ile kontrol edilmelidir.
5. Makineyi çalıştırarak güvenlik donanımlarını kontrol ediniz.	Makine çalıştırılarak mekanik parmak koruyucu, ışık bariyeri, acil durdurma butonu kontrol edilmelidir.
6. İş parçasının kalınlığına göre bıçak boşluk ayarını (kontrol paneli / mekanik olarak) yapınız.	Parça kalınlığına göre NC kontrol paneli üzerinden ya da mekanik olarak bıçak boşluk ayarı yapılmalıdır.
7. Kontrol paneli üzerinden arka dayama ayarını yapınız.	Resimdeki ölçüye göre panel üzerinden dayama ayarı yapılmalıdır.



8. Giyotin makasta kesim işlemini yapınız.	Ayak pedalı kullanarak kesim işlemini yapınız.
9. Ardışık işlemler için ayar ve kesim işlemlerini tekrarlayınız.	Farklı kenarların kesimi için ayar ve kesim işlemleri yeniden yapılmalıdır.
10. Dayama kullanılmadan kesilecek açılı kenarlar için markalama işlemini yapınız.	Uygun markalama alet ve araçları kullanılarak markalama işlemi yapılmalıdır.
11. Markalama çizgisini alt bıçak üzerine hizalayarak (ışık düşürme) kesim işlemini yapınız.	Parçanın markalama çizgisinin alt bıçak üzerinde doğru şekilde konumlandırılması yapılmalıdır.
12. Kesilen parçanın resme uygunluğunu kontrol ederek üzerine okul numaranızı yazınız.	Uygun ölçü aletleri (kalibreli) ile ölçme ve kontrol işlemi yapılmalı, parça üzerine markacı kalem ile okul numarası yazılmalıdır.
13. Makineyi kapatınız.	Makine kapatılarak kontrol panosu üzerinde ana şalter (main switch) "0" konumuna getirilmelidir.
14. Artan malzemeyi stok alanına, hurda malzemeyi geri dönüşüme ayırınız.	Artan malzeme stok alanına, hurda malzeme geri dönüşüm alanına bırakılmalıdır.
15. Makine ve ortam temizliğini yapınız.	Makine tezgâhı, kontrol paneli temiz bir bezle silinmeli, çalışma ortamı süpürülerek temiz bırakılmalıdır.

DEĞERLENDİRME

NC giyotin makinesinde açılı kesim uygulaması, aşağıda verilen kontrol listesi kullanılarak değerlendirilecektir.

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Makine güvenlik sistemlerini kontrol etti.		
2. Parça kalınlığına göre bıçak boşluk ayarını doğru şekilde yaptı.		
3. Kesim ölçüsüne göre arka dayama ayarını doğru şekilde yaptı.		
4. Kesim işlemini doğru ve güvenli şekilde yaptı.		
5. Açılı kesimler için markalama ve kesim işlemlerini doğru yaptı.		
6. Kesim işlemini teknik resimde verilen ölçü toleransları içerisinde yaptı.		
7. Hurda ve artan malzemeleri uygun yöntemlerle ayırdı.		
8. Makine ve ortam temizliğini yaptı.		

"Hayır" olarak işaretlenen ölçütler için ilgili konu ve uygulamaları tekrar ediniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere cümlelerdeki bilgiler doğruysa “D”, yanlışsa “Y” yazınız.

1. () Mercek (lens), lazer kesim tekniğinde kullanılan bir sarf malzemesidir.
2. () Plazma gazı olarak azot kullanılması durumunda, ikincil gaz olarak hava kullanılabilir.
3. () CNC alevle kesmede yüksek kalite ve yüksek performansta kesim işlemleri için %99,95 saflık derecesinde N35 serisi oksijen gazı kullanması gerekir.
4. () CNC kesim yöntemlerine ait program hazırlığında parça kalınlığı girilmesi zorunlu parametrelerden biridir.
5. () Plazma kesimde akım şiddeti, parça türüne göre program tarafından belirlenir.
6. () Panç pres kesim işleminde kesilen parçanın levhadan ayrılmasını önleyen küçük bağlantı noktalarına, tel bağlantı ya da mikro ek adı verilir.
7. () Lazer kesimde ışının nozul merkezinden inmesi için yapılan ayar işlemine, nozul yükseklik ayarı adı verilir.
8. () CNC panç pres ile kesme sıralaması belirlenirken öncelikle çevre kesimleri yapılmalıdır.
9. () NC giyotin makas ile arka dayamanın kullanılmayacağı açılı kesimlerde, kesilecek açılı kenar markalanmalıdır.
10. () CNC Lazer kesme teknolojisi, elektrik arkı kullanılarak yapılan bir kesim işlemidir.

B) Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru cevabı işaretleyiniz.

11. Aşağıdakilerden hangisi levha yüzeyine temas eden kesme takımları ile gerçekleştirilen mekanik kesme yöntemidir?

- A) CNC alevli (oksijen) kesim
- B) CNC lazer
- C) CNC plazma
- D) El plazması
- E) Giyotin makası

12. Aşağıdakilerden hangisi CNC kesim teknolojilerinde kesme yöntemini belirleyen parametrelerden biri değildir?

- A) Kesilecek parçanın ağırlığı
- B) Kesim adedi
- C) Kesim yüzey hassasiyeti
- D) Malzeme türü
- E) Parça kalınlığı

13. Aşağıdakilerden hangisi CNC alevle (oksijen) kesim makinesinde kullanılan sarf malzemelerinden biridir?

- A) Elektrot
- B) Isıtma kovanı
- C) Koruma camı
- D) Koruma kapağı
- E) Mercek

14. Aşağıdakilerden hangisi CNC plazma kesimde kullanılan plazma gazlarından biri değildir?

- A) Asetilen
- B) Azot
- C) Hava
- D) Hidrojen-Argon karışımı
- E) Oksijen

15. Aşağıdakilerden hangisi lazer kesim tekniğinde paslanmaz çelik malzemelerin kesiminde kullanılması gereken gaz türüdür?

- A) Azot
- B) Asetilen
- C) Hava
- D) Oksijen
- E) Propan

16. Panç preslerde şekil verme işleminin, malzemenin arka yüzeyine geçmeden sadece ön yüzeyinde oluşmasına ne ad verilir?

- A) Bükme
- B) Eğme
- C) Kesme
- D) Markalama
- E) Şişirme

17. Lazer kesim programında iki boyutlu çizim dosyası, CAD/CAM yazılımı ile açıldığında girilmesi istenen ilk parametre aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Kesme gazı
- B) Malzeme türü
- C) Miktar (kesim adeti)
- D) Müşteri ismi
- E) Parça kalınlığı

18. Panç pres üretim programında çizgilerin işlenmesi için kullanılan komut hangisidir?

- A) NC kod oluşturma
- B) Takım seçimi
- C) Taret ayarları
- D) Yerleştirme
- E) Zımbalama

19. CNC lazer kesim makinesinde, kesme tezgâhı üzerine bırakılan sacın konum ve boyutunun bulunması işlemine ne ad verilir?

- A) Kesme
- B) Konumlandırma
- C) Markalama
- D) Ölçme
- E) Sac arama (referans alma)

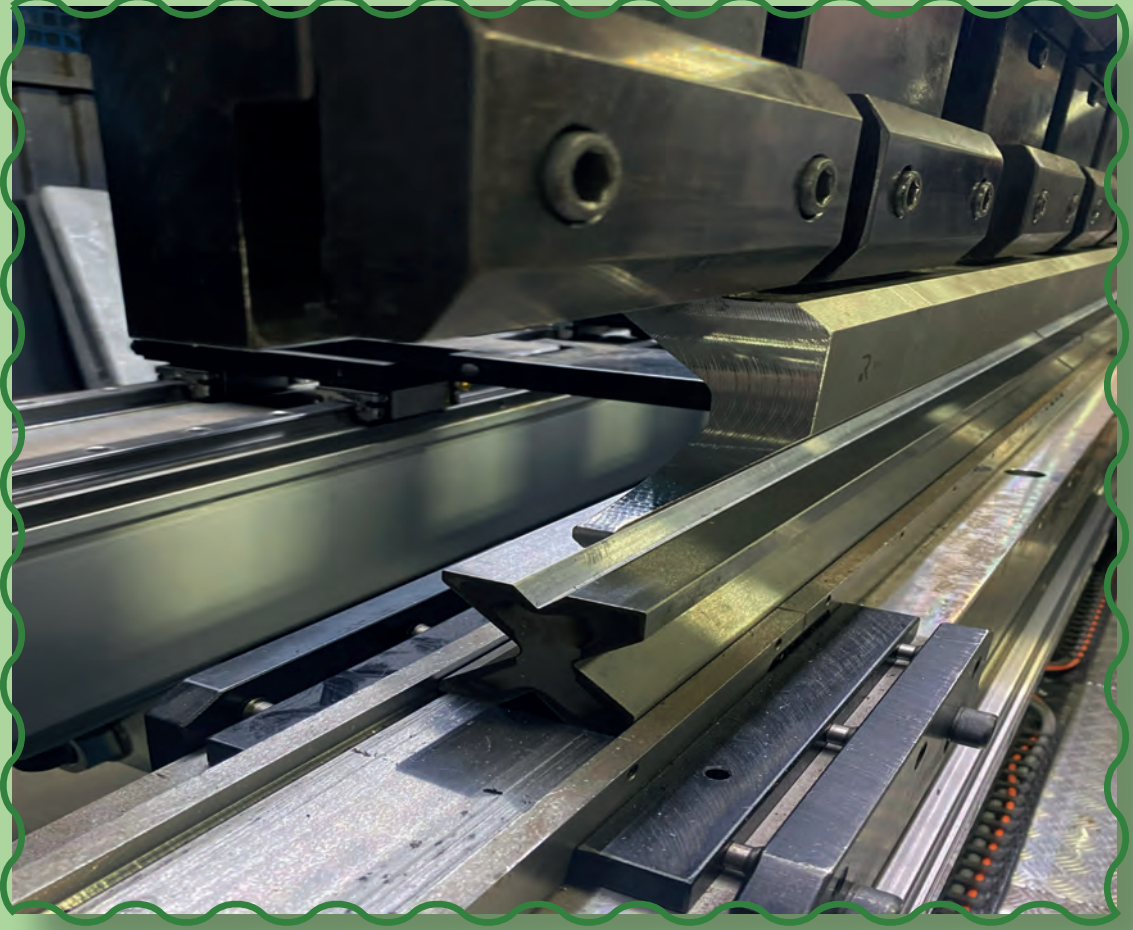
20. NC giyotin makas kesim işleminde, bıçak (makas) boşluk ayarı hangi parametreye göre yapılır?

- A) Parçanın ağırlığı
- B) Parçanın büyüklüğü
- C) Et kalınlığı
- D) Kesilen kenar açısı
- E) Parça yüzey temizliği

3. ÖĞRENME BİRİMİ



NC VE CNC'DE BÜKME



KONULAR

1. NC VE CNC TEZGÂHIN BÜKME PARAMETRELERİNİ BELİRLEMEK
2. NC VE CNC TEZGÂHTA BÜKÜM İŞLEMİNİ YAPMAK

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

1. NC ve CNC bükme tezgâhlarının çalışma öncesi kontrol aşamaları
2. NC ve CNC tezgâhlarının büküm işlemi güvenlik tedbirleri
3. Bükme işleminde kalıp seçimlerini ve basma tonajı belirleme parametreleri
4. NC ve CNC bükme tezgâhlarında büküm hataları
5. NC ve CNC bükme tezgâhlarında büküm programı oluşturma
6. NC ve CNC tezgâhlarında büküm uygulama adımları

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Farklı et kalınlığına sahip parçaların atölye ortamında yapılan bükümlerinde karşılaşılan zorlukları arkadaşlarınızla tartışınız.
2. Sizce atölyede hangi yöntemlerle bükme işlemi yapılabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

TEMEL KAVRAMLAR

- radyüs
- açınip boyu
- K faktörü
- ışık bariyeri
- büküm tablosu
- simülasyon



3.1. NC VE CNC TEZGÂHLARIN BÜKME PARAMETRELERİNİ BELİRLEMEK

NC ve CNC bükme makineleri, levha formundaki gereçlere kalıplar arasında baskı uygulayarak gereçlerin belirli açı ve ölçülerde bükülmesini sağlayan makinelerdir (Görsel 3.1). CNC kontrol teknolojileri ile donatılmış abkant pres makineleri bu işlemleri hızlı, kolay ve yüksek hassasiyette gerçekleştirir. Levha işleme sektöründe önemli bir yeri olan abkant büküm makineleri, çok sayıda parçayı aynı büküm programı ile ardışık şekilde işleyerek; takım seçimi, büküm sırası, yönü ve gereken güç regülasyonlarını otomatik olarak gerçekleştirir. Böylece CNC teknolojilerinin tüm olanaklarını, operatörün kullanımına sunar.



Görsel 3.1: Abkant pres

Sac malzemeler üzerinde kesme uygulamaları ile abkant pres büküm uygulamalarının üretim maliyeti açısından sonuçları şunlardır:

- ➔ Yapılan uygulamalar ve neticeleri üretim maliyetlerini yakından etkiler.
- ➔ Kesme işlemlerinde, hatalı kesim sonucu parçanın tamamı atıl duruma gelmez.
- ➔ Parça, hatalı kesim işleminin uygulandığı yerden budanarak kalan kısımları yeniden kullanılabilir.
- ➔ Ancak abkant büküm işlemi, levha şekillendirme uygulamalarının son basamağıdır.
- ➔ Bükümlerde oluşacak hatalar, parçanın kurtarılamayacak şekilde atıl duruma gelmesine yol açar.



Bilgi Notu

Kesme işlemleri, CNC kontrol sisteminin himayesinde ve kesim operatörünün gözetiminde gerçekleşir. Kesim için gereken parametreler doğru girildiğinde ve makine ayarları, kesme teknolojilerine uygun yapıldığında kesim işlemi CNC kontrol sistemi tarafından yapılır.

Abkant preslerde CNC kontrol sistemi, uygulamanın her aşamasında operatörü destekler. Bükme işlemlerinde, CNC kontrol sistemi ile operatör arasında uyum gerektiren bir görev paylaşımı vardır.



CNC kontrol sisteminin görevleri şunlardır:

- Büküm programının oluşturulmasını ve saklanmasını
- Belirlenen miktarda basma gücünün sağlanmasını
- Dayama mesafesinin ayarlanmasını
- İstenilen açı değeri kadar bükümün kontrollü şekilde tamamlanmasını sağlar.

Operatörün görevleri şunlardır:

- Büküm programının oluşturulması için parametrelerin girilmesi
- Kalıp seçimi ve montajı
- Parçanın makineye yerleştirilmesi ve büküm komutunun verilmesi
- İlk büküme ait ölçü ve açı kontrol işleminin yapılması
- Gerekli hâllerde açı ayarına müdahale edilmesi
- CNC kontrol sisteminin ekran üzerinden yaptığı yönlendirmelere göre büküm işleminin tamamlanması işlemlerini yürütür.

Günümüzde preslerin ilkel bir versiyonu olan caka makinelerinden, modern CNC teknolojileri ile donatılmış abkant preslere kadar büküm hassasiyeti ile ilgili değişmeyen husus, bükümü yapan operatörün etkisidir.

CNC büküm işlemlerinin en yenilikçi teknolojilerini barındıran ve büküm merkezi adı verilen makineler, operatör etkisi açısından biraz farklıdır. Büküm merkezlerinde operatörün görevi, sistemlerin ve üretim akışının kontrolü ile sınırlıdır. Parça tasarımlarının paket yazılımlarda sanal olarak modellenmesi yapıldıktan sonra her bir detay için hazırlanan üretim programları, büküm merkezlerine yüklenir. Büküm için gerekli kalıp seçimi ve dizilimini otomatik olarak gerçekleştiren büküm merkezi, projede istenen sac malzemeyi, manipülatör (tutucu kol) aracılığı ile makineye yükler. Üretim hattı prensibine göre çalışan makine, istenirse kesme üniteleri (panç, lazer) ile entegre hâlde çalışabilir. Sac malzemenin yüklenmesi, kesilmesi, bükülmesi ve makineden bir sonraki işlem merkezine sevk edilmesi insan eli değmeden gerçekleşir. Bahsedilen üstünlüklerine rağmen büküm merkezlerinin kullanım alanları, yüksek kurulum maliyetlerinden dolayı seri imalat yapan işletmelerle sınırlıdır.

3.1.1. NC ve CNC Bükme Tezgâhlarında Çalışma Öncesi Yapılacak Kontroller

Abkant bükme makinelerinde; büküm işlemi için gereken miktarlarda basma gücünün elde edilmesi, dayama ayar sistemlerinin hareketleri, hidrolik ve mekanik sistemlerin uyum içerisinde işletilmesi CNC kontrol sistemi tarafından yürütülen işlemlerdir.

Çalışma öncesi yapılacak ön kontrollerde, olası makine arızaları oluşmadan fark edilerek gereken erken müdahale imkânı sağlanır. Ayrıca yapılacak ön kontroller, büküm işleminin doğruluğu açısından da önemlidir.



Bilgi Notu

Ön kontrol uygulamalarında göz ile kontrol yeterlidir. Bunun haricindeki olumsuzluklar, çalışma anında CNC kontrol sistemi tarafından oluşturulan hata bildirimleri ile kendini gösterir.



NC ve CNC bükme makinelerinde çalışma öncesi gözle kontrol edilecek noktalar şunlardır:

- ➔ Makine üzerinde takılı olan ve sehpa da bulunan tüm alt ve üst kalıplar kontrol edilmeli; deformasyon izlenmesi hâlinde ilgili kalıp, kullanımdan kaldırılarak revizyona gönderilmeli ya da kullanılamaz hâle getirilmelidir.
- ➔ CNC abkant pres makinelerinin hidrolik devresi için gereken yağ konteyneri, makine gövdesinin üst kısmında yer alır. Birçok modelde yağ gözetleme camından yağ seviyesi kontrolünü yapmak imkânsızdır. Bu sebepten makinede yağ eksilmeleri ile ilgili sorun, görsel kontrollerle anlaşılır. Makinenin görünen tüm hidrolik bağlantılarında, ayrıca Y1 ve Y2 pistonlarında yağ sızıntısı aranmalı; gövde üzerinde olası ıslak noktalar, bakım birimine haber verilerek çalışma durdurulmalıdır.
- ➔ Dayama ayar sisteminin tüm eksenlerde sorunsuz çalıştığı (kayış kopmalarına karşı) gözlenmeli, eksen kızaklarındaki kalınlaşmış yağ birikintileri temizlenmelidir.
- ➔ Arka ışık bariyeri, standart alan güvenlik bariyeridir. Arka dayama ayar işlemleri anında oluşan seri hareketlerden, çalışanları ve harcı personeli korumak maksadı ile yerleştirilmiştir. Karşılıklı ışık yolu elle kesilerek bariyer üzerindeki led sinyali değişimleri gözlenmelidir.
- ➔ Ön ışık bariyerinin konumu ve kontrolü, ışık bariyeri gövdesi üzerindeki ledlerin işlevleri ile anlaşılır. Ön ışık bariyeri, çalışanın el ve parmaklarını koruduğu gibi sac eğriliklerini algılayarak olası dalgalı büküm hatalarını da bildirir.

3.1.2. NC ve CNC Bükme Tezgâhlarında Dikkat Edilecek Hususlar

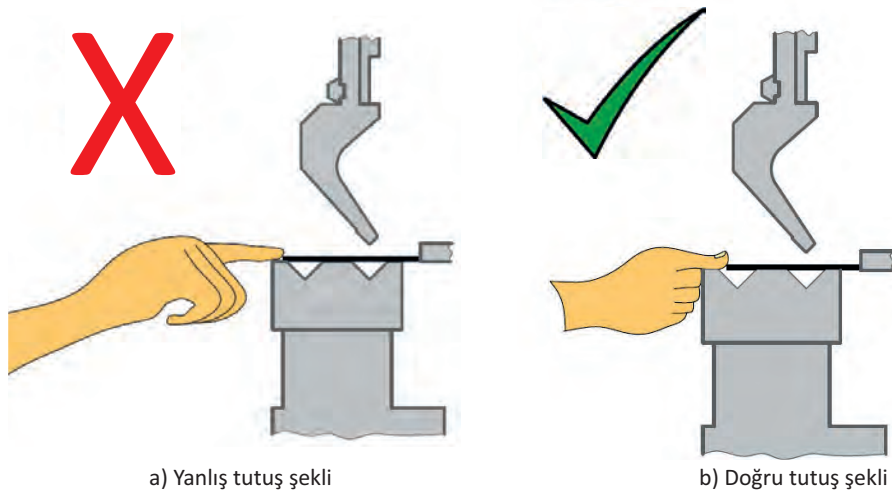
CNC abkant presler, çevre güvenliği açısından büyük riskler barındırmayan güvenli makinelerdir.

Aşırı ses oluşturmadığı için gürültü kirliliği yaratmayan, ışık bariyerleri sayesinde iş sağlığı ve güvenliği riskleri en aza indirilmiş makinelerdir.

Işık bariyerlerine rağmen büküm noktalarında çalışanın, dikkatli davranmasını gerektiren bazı iş sağlığı ve güvenliği risklerini barındırmaktadır.

Bu riskler şunlardır:

- ➔ Küçük ölçülere sahip parçaların bükümünde parça üzerine basılmadan, başparmak ile sadece dayama yapılarak tutulmalıdır (Görsel 3.2 a,b).

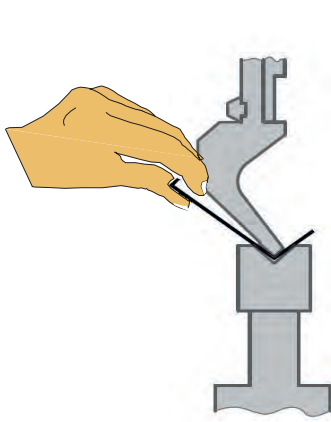


Görsel 3.2: Küçük parçaların tutulma şekli

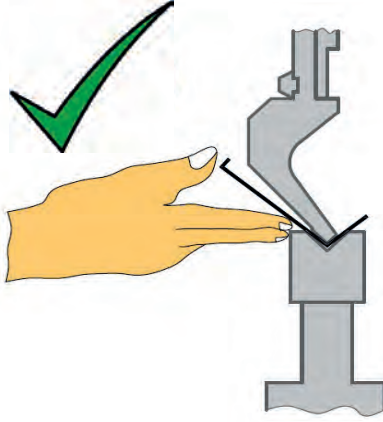


- ➔ Büküm esnasında parçalar, el yordamıyla tutulmadan alt kısmından desteklenmelidir. Böylece büküm anında kalıp ile parça arasında oluşabilecek sıkışmalar engellenmiş olur (Görsel 3.3).

X



a) Yanlış tutuş şekli



b) Doğru tutuş şekli

Görsel 3.3: Büküm anında parçaların tutulma şekli

- ➔ Büküm anında parça, yukarı yönde hızlı şekilde savrulur. Operatörün bu savrulma hareketini önceden bilerek gereken konumu alması, olası iş kazası risklerini önler (Görsel 3.4).

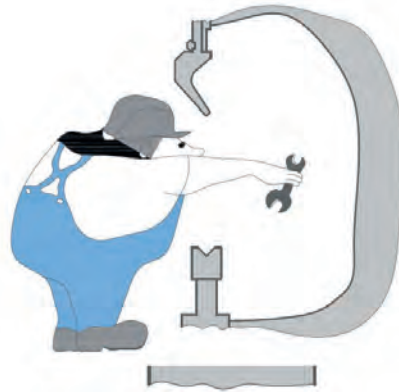
X



Görsel 3.4: Parçanın büküm anında savrulması

- ➔ Çalışmakta olan abkant preslerde, alt ve üst kalıp arasından elini sokarak arka kısma uzanmak tehlikeli bir harekettir. İş kazası riski barındırır (Görsel 3.5).

X



Görsel 3.5: Alt ve üst kalıplar arasına el sokulmaz.



3.1.3 NC, CNC Büküm Tezgâhlarında Bükme İşlem Sırası

İşletmelerde CNC büküm işlemi, iki aşamada farklı kişilerce tamamlanır. Öncelikle ürün tasarımı, teknik personel tarafından yapılır. Ardından operatör büküm işlemini gerçekleştirir.

Büküm işlem sıraları şunlardır:

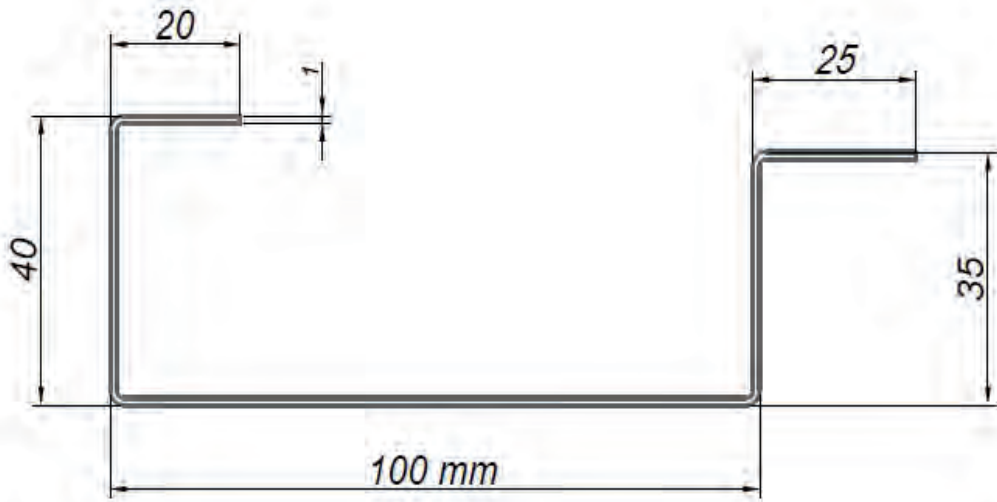
- ➔ Sac malzemelerden yapılacak imalat tasarımlarında üç boyutlu paket yazılımlar kullanılır. Farklı geometrik şekillerde form verilmiş levhaların vida montajlı modelleme ve simülasyonları hazırlanır.
- ➔ Modellemesi yapılmış parçaların detaylarına ait açınımları içeren teknik resimler operatöre verilir.
- ➔ Operatör teknik resme göre kalıpları seçer ve büküm için gerekli parametreleri makine kontrol paneline girerek büküm programlarını oluşturur.
- ➔ Teknik resimdeki ölçülere göre hazırlanan parçanın fiziki kontrollerini yapar.
- ➔ Büküm programına göre büküm işlemini adımlar hâlinde tamamlar.

Bazı uygulamalarda bükümü tamamlanan parçaların vida bağlantı deliklerinin birbirine uymadığı görülür. Özellikle büküm sayısının çok olduğu parçalarda bitmiş parça ölçülerinin ölçü toleransları dışında kalması, yüksek maliyetlere yol açan üretim hatasıdır. Çizim aşamaları mükemmel olduğu hâlde bitmiş parça ölçülerinde sorun olmasının sebebi, hatalı büküm parametreleridir.

Büküm parametrelerinin hatalı seçilmemesi için tasarımı yapan teknik personel ve büküm programını yapan operatörün, makine ve donanımları (bükme kalıpları) hakkında aynı teknik bilgiye sahip olmaları gerekir.

Tasarımcı tarafından operatöre verilecek teknik resmin içeriği şunlardır:

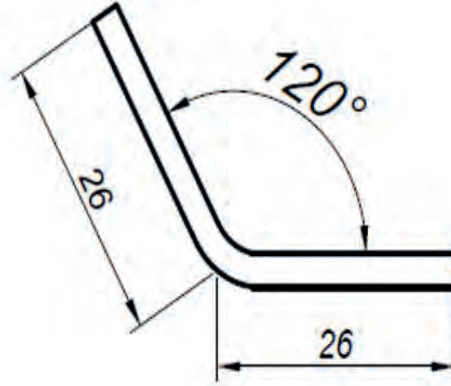
- ➔ Büküm için operatöre verilen teknik resimde büküm açılarının 90° olduğu kenarlarda ölçüler, dıştan dışa verilir ve büküm açısı gösterilmez.
- ➔ Abkant preslerde büküm programında girilen profil ölçüsü, büküldükten sonra oluşacak kenar ölçüsüdür. Resimde bazı büküm profillerinin iç ölçü şeklinde verilmesi, operatörü yanıltır. Böylece hazırlanan büküm programı, hatalı sonuçlar üretir (Görsel 3.6).



Görsel 3.6: Dik kenarların ölçülendirilmesi



- ➔ Açılı bükümlerde dıştan dışa ölçü verilemediği için ölçü çizgisi, büküm merkezinden verilir. Açı değeri, iki kenar arasında gösterilir (Görsel 3.7).



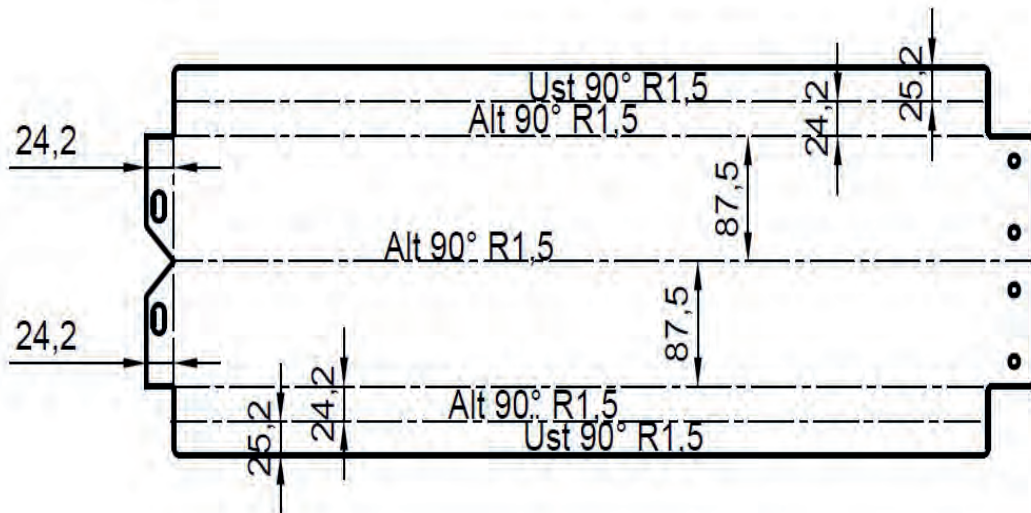
Görsel 3.7: Açılı bükümlerin ölçülendirilmesi

- ➔ CNC sisteme sahip olmayan hidrolik abkant preslerde üretilecek parçalar için üzerinde tüm bükümlerin görüldüğü tek görünüşle ifade edilen açınım resmi verilir. Açınım resmi üzerinde büküm yapılacak noktalar, eksen çizgileri ile belirtilerek büküm eksenleri oluşturulur. Büküm eksenleri, markalama ile sac malzeme üzerine aktarılır. Büküm eksenlerinin üzerine, büküm yönünü ve radyüs değerini gösteren ibareler eklenir (Görsel 3.8).

Eksen üzerine yazılan değerler şunları gösterir:

- ➔ UP, yukarı büküm yönünü
- ➔ DOWN, aşağı büküm yönünü
- ➔ R değeri, radyüs değerini

Büküm yönlerini ayırt etmenin bir diğer yolu da ters bükümlerin kesik çizgi ile markalanmasıdır. Bu değerler her büküm ekseninde ayrı ayrı gösterilir. Eksenlerin birbirine olan uzaklıkları, ölçü çizgisi ile gösterilir. Ayrıca sac uzama miktarının resim üzerinde gösterilmesi, bükümün hatalı oluşmasını engeller.



Görsel 3.8: Açınım resmi



CNC abkant büküm makinelerinde açınım resimleri, dxf olarak makineye yüklenerek parçanın makine tarafından okuması sağlanabilir. Bu özelliğe sahip makineler olsa da çoğu uygulamada, teknik resmin operatöre verilerek programın operatör tarafından yapılması istenir.

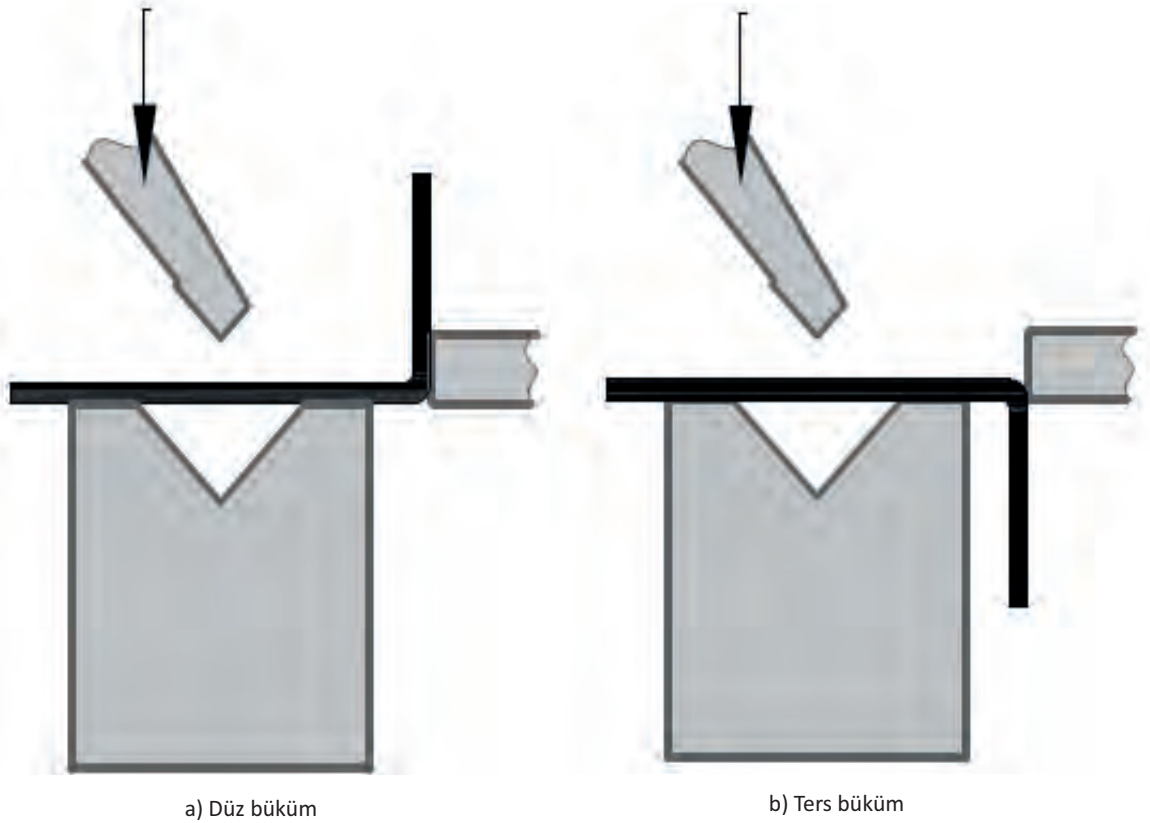
Operatöre verilecek teknik resim; parçanın perspektifini, büküm kesitlerini ve açınım resmini içerir. Açınım resmi sayesinde operatör, büküm için hazırlanan parçanın büküm öncesi fiziki kontrolünü yapar. Büküm için vuruş yapacağı eksen mesafelerini okur. Ayrıca gerekli hâllerde detay resimleri de verilebilir.

Perspektif üzerinde görünen yüzeyler her zaman üst ve temiz yüzeyleri, altta kalan ve görünmeyen yüzeyler ise üretilecek parçanın arka yüzeyini temsil eder. Bu sebepten büküme verilecek parçanın yüzeylerinin iyi tahlil edilmesi gerekir.

Operatör, programı oluşturmak için gerekli tüm ölçü ve değerleri, açınım resmi üzerinden alabilmelidir. Önemli hususlardan biri de büküm yönleridir. CNC abkant preslerde operatör büküm yönlerini, büküm profil görünüşlerinden alır.

Büküm Yönü

Parçanın abkant pres kalıplarına verilmiş yönüne göre bükümler, ters ve düz büküm olarak adlandırılır (Görsel 3.9 a,b). CNC kontrol sistemi ters büküm komutu verildiğinde, arka dayama platformunu X ve R eksenlerinde geri ve aşağı yönde hareket ettirerek parçanın dayama diline çarpmasını önler.



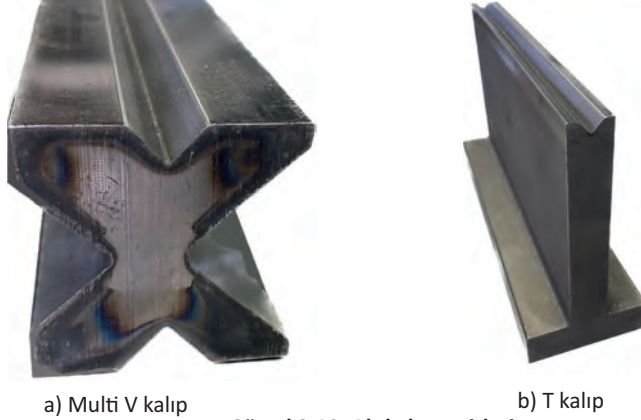
Görsel 3.9: Düz ve ters büküm



3.1.4. NC ve CNC Bükme Tezgâhlarında Kalıp Seçimi ve Büküm Tabloları

Abkant preslerde büküm, alt ve üst kalıplar, arasında gerçekleştirilir. Alt kalıplar “**Tekli V**” (T) kalıp ve “**Çoklu V**” kalıplar olarak üretilir. Çoklu (multi) “**V**” kalıplar, sektörde **kütük kalıp** olarak adlandırılır (Görsel 3.10 a.b).

Dört yüzeyinde birbirinden farklı genişlik ve radyüs değerlerinde kanalları olan kalıp türüdür. 90° ve üzerindeki geniş açılı elde etmek için kullanılan V kalıplar genellikle 85° köşe açısına sahiptir. Makine tablası boyunda imal edilir.



a) Multi V kalıp

b) T kalıp

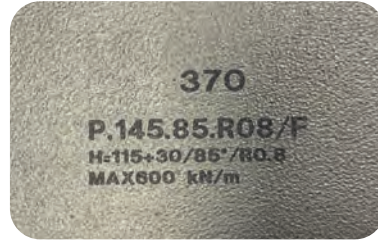
Görsel 3.10: Alt kalıp çeşitleri

Kalıplar, kalıp etiketlerinde yazılı bilgilere göre tanımlanır ve seçilir. Makineye bağlanacak kalıbın, büküm programında seçilen kalıp olmasına dikkat edilmelidir.

Kütük kalıpların ve tekli V kalıpların üzerine kalıp uzunluğu (boyu), V kanal genişliği, köşe açısı, radyüs değeri (R) ve kalıbın mukavemet göstereceği maksimum basma gücü yazılır (Görsel 3.11 a,b).



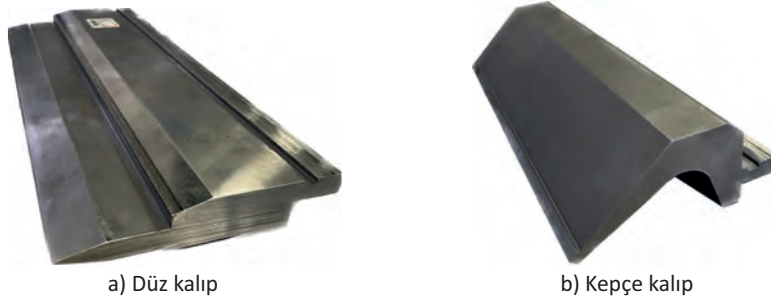
a) Multi V kalıp etiketi



b) Tekli V kalıp etiketi

Görsel 3.11: Alt kalıp etiket bilgileri

Üst kalıplar, sektörde bıçak ismiyle anılır. Standart düz kalıp (Görsel 3.12 a) ve bükülen parçanın kalıba çarpma mesafesini arttıran kepçe kalıplar (Görsel 3.12 a,b), büküm işlemlerinde en çok kullanılan kalıp türleridir.



a) Düz kalıp

b) Kepçe kalıp

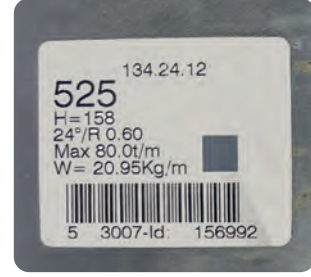
Görsel 3.12: Üst kalıp çeşitleri



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Üst kalıpların yanal yüzeylerinde, etiket ya da lazer yöntemiyle markalanmış tanımlama bilgileri bulunur.

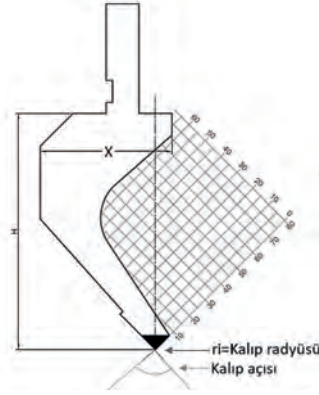
Üst kalıpların üzerine kalıp uzunluğu (boyu), gövde yüksekliği (H), uç açısı derecesi, radyüs değeri (ri) ve mukavemet göstereceği maksimum basma gücü yazılır (Görsel 3.13).



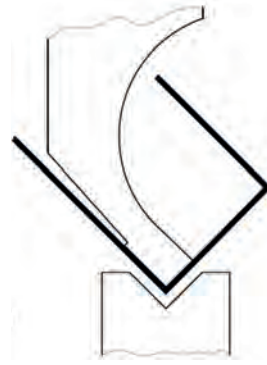
Görsel 3.13: Üst kalıp etiket bilgileri

Standart ve kepçe kalıpların dışında radyüs büküm kalıpları, ezme (katlama) kalıpları ve özel bükümler için tasarlanmış kalıp türleri bulunmaktadır.

Kalıplar, ayrıca havada büküm ve kalıpla (ezerek) büküm işlemlerine göre değişik formlarda üretilir. Özellikle dar açı bükümleri için tercih edilen kalıpla (ezerek) bükme işlemlerinde, radyüs ve açı değerleri açısından birbirine uygun alt ve üst kalıplar kullanılır. Kalıp ölçü tabloları, ardışık bükümlerde ikinci bükümü yaparken birinci büküme ait kenar ya da köşenin müsaade edilen kalıba çarpma mesafesini belirtir (Görsel 3.14 a,b).



a) Kepçe kalıp ölçüleri



b) Kepçe kalıp ile büküm

Görsel 3.14: Üst kalıplara ait ölçü tanımları

Alt ve üst kalıplar, pres tabla boyuna göre ve parçalı olmak üzere farklı uzunluklarda üretilir. Alt ve üst kalıplar, ait oldukları abkant pres yakınında kalıp dolabı ya da raf içerisinde düzenli şekilde muhafaza edilir (Görsel 3.15).



Görsel 3.15: Kalıp dolabı



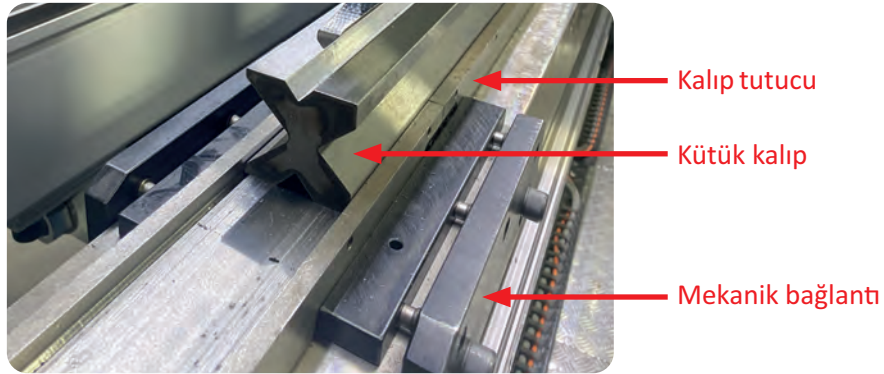
Parçalı kalıplar şu boylarda üretilir:

- ➔ Tam boy kalıplar 835 mm
- ➔ Yarım boy kalıplar 415 mm
- ➔ Parça boy kalıplar 10, 15, 20, 40, 50, 100, 370 mm

Kapalı köşe (tava) bükümlerinde, tasarım ölçülerine uygun parça kalıplar dizilerek en ideal üst kalıp boyu ayarlanır.

Alt çoklu V (kütük) kalıplar tam ve yarım boy olarak üretilmelerine rağmen genellikle tabla boyunda olanları kullanılır. T (tek V) kalıplar parçalı olarak üretilir. Uygulamada, üst kalıptan daha geniş ölçülerde alt kalıp kullanılır. Dar parçaların bükümü, alt ve üst panelin ortasında yapılır.

Seçimi yapılan kalıplar, makineye kalıp tutucular aracılığı ile bağlanır. Alt kalıplar, özel kalıp tutucularla hidrolik veya mekanik yöntemlerle alt tablaya sabitlenir (Görsel 3.16).



Görsel 3.16: Alt kalıp bağlantısı

Üst kalıplar (bıçaklar), özel kalıp tutucular kullanılarak hidrolik veya mekanik (promecam) yöntemlerle üst tablaya kolayca bağlanır (Görsel 3.17).



Görsel 3.17: Üst kalıp (bıçak) bağlantısı

Kalıp tutucuların yüksek değerleri, büküm programında işlenmesi gereken bilgidir. Bu sebepten kalıplar gibi tutucular da büküm programına tanıtılır.

Büyük ebatlarda ağır kütleye sahip alt kalıpların değişimi ve bağlantısı için motorlu kalıp bağlantıları, taret kalıp bağlantıları gibi özel kalıp bağlama ve seçme sistemleri ile çalışan abkant makineleri de mevcuttur.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Büküm Parametreleri

Büküm işleminde birbirini yakından ilgilendiren iki farklı husus için parametre gereksiniminden bahsetmek gerekir.

- ➔ Makinenin, sağlayacağı tonaj miktarını belirlemesi için ihtiyaç duyduğu parametreler
- ➔ Kalıp seçimi ile ilgili parametreler

Abkant preslerde şekillendirme işlemi, büyük güç gereksinimi doğurur. Gereken güç miktarı malzemenin basma dayanımına ve kalınlığına göre CNC kontrol sistemi tarafından belirlenir.

Makinenin güç gereksinimi için büküm parametreleri şunlardır:

- ➔ Malzeme türü
- ➔ Parça kalınlığı
- ➔ Büküm boyu
- ➔ Alt kalıp kanal genişliğidir.

Bu parametreler bükme programına girildiğinde, CNC kontrol sistemi, hidrolik devre üzerindeki oransal regülasyon valflerini kumanda ederek her büküm için en ideal basma gücünü sağlar. Bu güç miktarı, pres üzerindeki büküm tablosu değerlerinde olur.

Makine güç faktörü dışında bir diğer husus, uygun kalıpların seçimi için gereken parametrelerin ve uygun bükme yönteminin belirlenmesidir.

Büküm Tablosu

Abkant preslerde basma güç regülasyonları, makine modellerine özgüdür. Bu durum, kalıp seçimi ve üretim tasarımlarda makineye özgü verilerin bilinmesini gerektirir. Abkant pres üreticilerinin pres gövdeleri üzerine koydukları çizelgelere **büküm tablosu** adı verilir. Bu tablolar, makineye özgü büküm verilerini içerir (Tablo 3.1).

Büküm tablosunda bulunan veriler

- ➔ Levha kalınlığı (s)
- ➔ İlk kenar (kulak) mesafesi (b)
- ➔ Radyüs (ri) değeri
- ➔ V kanal genişliği (V)
- ➔ Basma kuvveti (F=ton/metre) dir.

Tablo 3.1: Örnek Büküm Tablosu (ST37 çelik malzeme için)

Kanal Genişliği	6	8	10	12	16	20	24	30	40	50	60	70	80	V
İlk Kenar Mesafesi	4,5	6	7,5	9	12	15	18	22,5	30	37,5	45	52,5	60	b
Radyüs Değeri	1	1,3	1,6	1,9	2,6	3,2	3,8	4,8	6,4	8	9,6	11	13	ri
Levha kalınlığı (S mm)	0,75	52*	39	31	26									
	1	93	70*	56	47	35								
	1,25	145	109	87*	73	55	44							
	1,5	209	157	126	105*	79	63							
	1,75		214	171	143*	107	86	71						
	2			223	186	140*	112	93						
	2,5				291	218	175*	145	116					
	3					314	251	209*	168	126				
	3,5					428	342	285	228*	171	137			
	4						447	372	298*	223	179	149		
	4,5						566	471	377	283*	226	189	162	
5								466	349*	279	233	200	175	
6									670	503	402*	335	287	251
7										684	547*	456*	391	342
8											715	596*	511*	447
10												798*	698*	

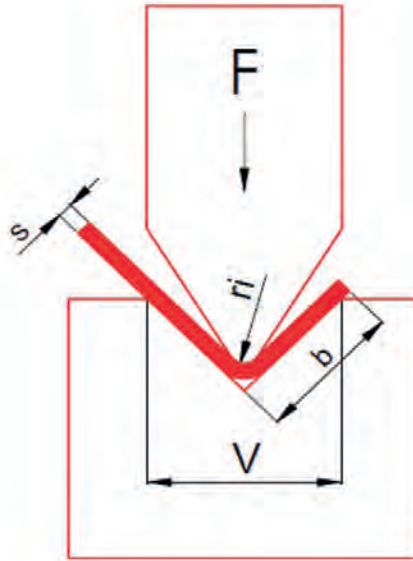


Kalıp seçimi için büküm parametreleri şunlardır:

Kalıp seçimi, kalıp çiftleri şeklinde yapılır. Üst kalıp için bıçak açısı ve iç radyüs değeri, alt kalıp için V kanal genişliği önemli parametrelerdir.

Kalıp seçimi ile ilgili parametreler aşağıda sıralanmıştır.

- ➔ Büküm türü (havada büküm, pres büküm, özel bükümler vb.)
- ➔ Büküm açısı
- ➔ Parça kalınlığı (s)
- ➔ V kanal genişliği (V)
- ➔ İlk kenar ölçüsü (b)
- ➔ Büküm tonajı (F)
- ➔ Büküm iç radyüs değeri (r_i)
- ➔ Bükülen kenarın çarpma riski göz önünde bulundurularak kalıp seçimi yapılır (Görsel 3.18).



Görsel 3.18: Bükme işleminde kalıp parametreleri

Parça kalınlığı, büküm için gereken gücü (tonajı) etkilediğinden özellikle alt kalıp dayanımı için önem arz eden bir konudur. V kanal genişliği ile ifade edilen değer büyüdükçe kalıbın tüm ölçüleri ve dayanımı artar. Dar kanala sahip bir kalıpta, parça daha yüksek bir basma kuvveti ile bükülür. Bu noktada kalıp kenarlarının aşırı güce maruz kalması, deforme olarak rijit yapısının ve geometrisinin bozulmasına yol açabilir. Aynı parça kalınlığı için V kanal genişliği arttıkça basma gücü düşer.

CNC büküm uygulamalarında büküm hassasiyeti, işletmenin sahip olduğu kalıp zenginliği ile yakından ilgilidir. Üretimi yapılacak parçanın aynı makinede farklı kalıplar kullanılarak bükülmesi, farklı ölçülerin oluşmasına yol açabilir. Kanal genişliği arttıkça kalıpta bükülebilecek en düşük kenar uzunluğu ve radyüs değeri artar. Radyüs değerinin artması, tasarım ölçülerinin bir miktar değişmesine yol açabilir.

Büküm sonu ölçülerinde hata istenmiyorsa kalın parçaların bükümünde, büküm tablolarına göre radyüs değeri parça kalınlığına en yakın olan V kalıp tercih edilmelidir. İşletmede V kalıp çeşidinin fazla olması, tasarım ekibinin işini kolaylaştırır.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Örnek olarak 3 mm kalınlığında parça bükümü için işletmenin sahip olduğu V20 ve V30 kalıplarından hangisinin kullanımının daha uygun olacağına karar verilmelidir (büküm kenar uzunluğu, $b=18$ mm).

Örnek büküm tablosu incelendiğinde, 3 mm parçanın V20 ile büküldüğünde basma gücü 251 ton/metre iken, V30 kalıpla büküldüğünde basma gücü 168 ton/metre değerine düşmektedir. Kanal genişliğinin artması ile maruz kalınan güç değeri azalmakta buna mukabil iç radyüs değeri 3,2 mm'den 4,8 mm'ye çıkmaktadır.

Kulak uzunluğu 18 mm olduğu için "b" mesafesi yeterlidir. Tasarım aşamasında radyüs değeri 4,8 mm olarak değerlendirildiği sürece, V30 kalıbın kullanılmasının daha uygun olacağı anlaşılmaktadır.

Büküm tablosu incelendiğinde 3 mm parça kalınlığı için en uygun kalıbın V24 olduğu anlaşılmaktadır. Ancak işletmelerde her zaman tüm kalıplar bulunmayabilir. Bu durumda V kanal seçimi, büküm tablolarına göre yapılır.

V kanal genişliği belirlemede yaygın olan yöntemlerden biri de parça kalınlığı değerinin 8 katına karşılık gelen kanal genişliğini seçmektir.



Örnek soru ve cevap

2mm kalınlığındaki sac malzemenin 90°bükümü için uygun kanal genişliği;

$2 \times 8 = 16$ mm V kalıp seçilir.

Örnek büküm tablosu incelendiğinde 2 mm sac için en uygun kalıbın V16 kalıp olduğu görülmektedir.

Büküm Türleri

Abkant preste, havada büküm (Görsel 3.19a) ve kalıpla büküm (Görsel 3.19b) yöntemleri uygulanarak değişik açılar değerlerinde büküm işlemleri gerçekleştirilir.



a) Havada büküm



b) Kalıpla (ezerek) büküm

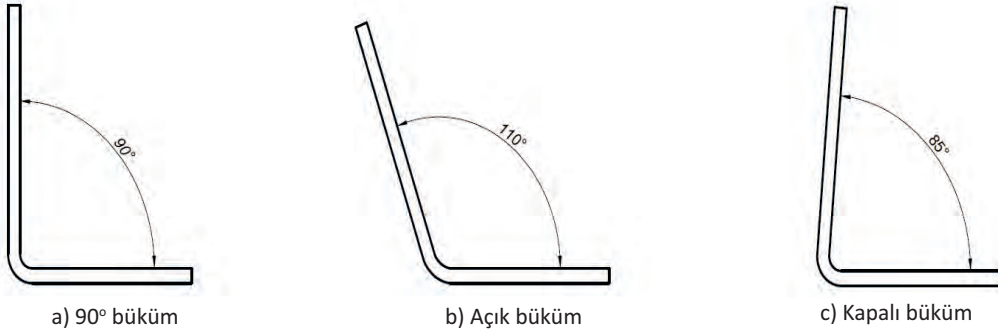
Görsel 3.19: Havada büküm, kalıpla büküm



Abkant preste büküm formları şu şekilde sıralanır:

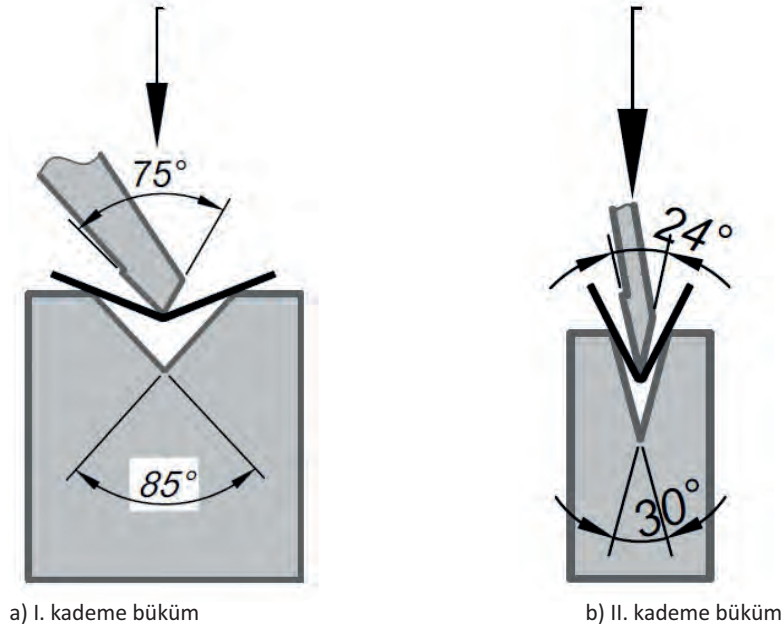
- 90° büküm (Görsel 3.20 a)
- Açık büküm (Görsel 3.20 b)
- Kapalı büküm (Görsel 3.20 c)
- Dar büküm
- Ezme (katlama) büküm
- Radyüs büküm
- Özel profil kesitli bükümler

Her büküm türü için kendine özgü kalıplar kullanılır.



Görsel 3.20: 90°, açık ve kapalı büküm

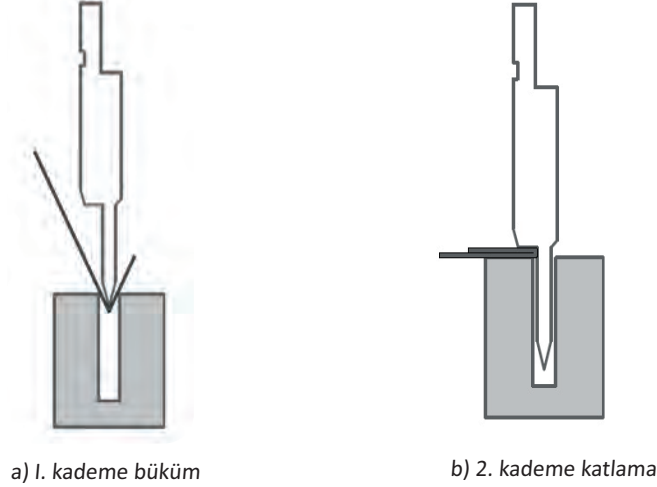
Dar açı elde etmek için kullanılan alt kalıpların bu açı değerlerini tek basımda oluşturmaları, alt kalıpta açılma ve deformasyonlara yol açabilir. Bu durumun önüne geçmek için dar açı bükümleri, çoğunlukla kademeli olarak gerçekleştirilir. Daha geniş bir V kalıpta bir miktar büküm sağlandıktan sonra, (Görsel 3.21a) kalıplama işlemi için dar kalıpta ikinci kademe presleme işlemi uygulanır (Görsel 3.21 b).



Görsel 3.21: Dar açılı büküm



Ezme (katlama) bükümü, özel üst ve alt kalıplarda kademeli büküm yöntemi ile yapılır. Birinci kademe bükümde, mümkün olan en dar açı değerinde büküm elde edilir (Görsel 3.22 a). İkinci kademe bükümde, katlama bükümü gerçekleştirilir (Görsel 3.22 b). Katlama bükümlerinde, iki farklı bükümü aynı kalıpta yapacak şekilde tasarlanmış kalıplar kullanılır.



Görsel 3.22: Kademeli ezme (katlama) bükümü

Oluk, lambiri, trapez gibi özel bükümler, kendine özgü kalıp çiftleri ile kalıpla büküm yöntemi uygulanarak yapılır.

Radyüs bükümleri, geniş kanallı V alt kalıp ve dairesel kesitli üst kalıp arasında havada büküm yöntemi uygulanarak yapılır.

Açınım Boyu

Açınım boyu, bükülecek parçanın büküm öncesi kesim ölçülerini içerir. Açınım boyu, tasarım aşamasında yazılım tarafından hesaplanır. Hesaplama büküm açısı ve radyüs değerine denk gelen büküm izni, büküm kesintisi değerleri kullanılır. Bu değerler, her açı ve radyüs büyüklükleri için değişir.

Genel uygulamalarda belirli bir açı ve radyüs için ölçülen değer, tüm açı ve radyüslerde aynı sonucu vereceği kabul edilir. Bu sabite **K faktörü** adı verilir.

Katı modelleme ve tasarım paket programlarında, K faktörü sabitinin çoğunlukla 0,3 olarak kabul edildiği görülür. Bazı hesaplamalarda 0,3 sabiti ile yürütülen işlemler neticesinde, açınım boyu hesabı hatalı sonuçlanabilir.

K faktörü sabiti, işletmede kullanılan abkant pres karakteristikleri ve kalıp seçimi ile yakından ilgilidir. İşletmede tasarım hesaplamalarında kullanılacak K faktörü belirlenirken ilgili abkant pres üreticisinin hazırladığı büküm tablo değerleri, malzeme cinsi ve kalıp bilgilerinden yararlanılır.

Tasarım uygulamalarında radyüs değerinin parça kalınlığına eşit olduğu kabul edilerek açınım hesaplamalarına bu şekilde dâhil edilir.

Örnek büküm tablosunu değerlendirdiğimizde;

2 mm kalınlığındaki gereç V12 kalıbı ile büküldüğünde radyüs değerinin 2 mm olduğu, 1,5 mm kalınlığındaki gerecin V10 kalıpla büküldüğünde radyüs değerinin 1,6 mm olduğu anlaşılmaktadır. Tüm bu örneklerde radyüs değerinin parça kalınlığına eşit olduğu görülür.



3 mm'den kalın gereç için bükümde kullanılacak V kalıbın kanal genişliği ve radyüs değeri, açınım hesaplamaları açısından önemlidir. V kalıpla ilgili bilgiler, bükümün yapılacağı abkant prese ait büküm tablolarından elde edilir.

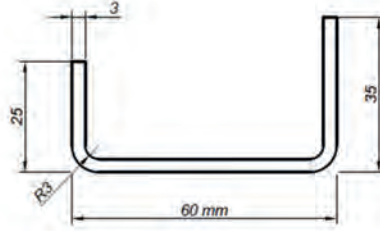
Örneğin 5 mm kalınlığındaki levha, V32 kalıpla bükülürse radyüs değeri 5 mm olur. Bu durumda parça kalınlığına eşit bir radyüs değeri oluşur. Ancak aynı levha, V50 kalıpta bükülürse radyüs değeri 8 mm'ye çıkar ki bu da hatalı bir açınım hesabına yol açar.

Tasarım programları haricinde açınım boyunu hesaplamak için büküm kenarlarının toplamından her büküm için parça kalınlığı ve büküm radyüs değerinin düşülmesi gerekir.



Örnek soru ve cevap

Aşağıdaki görselde büküm ölçüleri verilen ve kalınlığı 3 mm olan levhanın açınım boyunu hesaplayınız (radyüs değeri, $r_i=3$ mm).



Görsel 3.23: 1.örnek soru

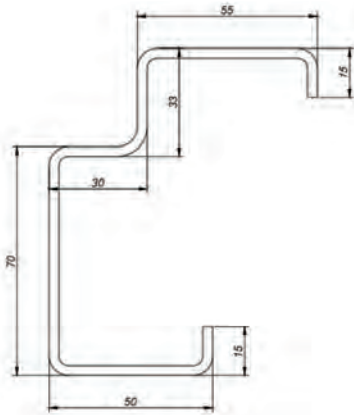
Cevap:

$$\begin{aligned} \text{Açınım boyu} &= \text{Tüm kenarların toplamı} - \text{Büküm sayısı} \times \text{Sac kalınlığı} + \text{Radyüs değeri} \\ &= (25+60+35) - 2 \times (3+3) \\ &= 108 \text{ mm olarak belirlenir.} \end{aligned}$$



Örnek soru ve cevap

Yandaki görselde büküm ölçüleri verilen ve kalınlığı 3 mm olan levhanın açınım boyunu hesaplayınız (radyüs değeri, $r_i=3$ mm).



Görsel 3.24: 2. örnek soru

Cevap:

$$\begin{aligned} \text{Açınım boyu} &= \text{Tüm kenarların toplamı} - \text{Büküm sayısı} \\ &\quad \times \text{Sac kalınlığı} + \text{Radyüs değeri} \\ &= (15+55+33+30+70+50+15) - 6 \times (3+3) \\ &= 232 \text{ mm olarak belirlenir.} \end{aligned}$$



Bulunan açınım ölçülerine göre parça kesilir. Oluşturulan büküm programına göre parça abkant prese sürülerek tüm bükümler tamamlanır.

Büküm operatörü, açınım hesabından ziyade bükümün doğru kalıplarla doğru açı ve ölçü değerlerinde yapılmasından sorumludur. Operatör, büküm işlemi sonunda büküm kenarlarında hatalı ölçü okuyorsa durumu tasarımı yapan teknik personele bildirir.

3.1.5. NC ve CNC Bükme Tezgâhlarında Büküm Hataları

Abkant preslerde büküm hataları; tasarımdan, bükümü yapan operatörden ve makineden kaynaklanabilir.

Tasarımdan Kaynaklanan Büküm Hataları

- ➔ Ölçülerin yanlış girilmesi, tasarımda hatalı kalıp bilgilerinin seçilmesi, hatalı K faktörü değeri kullanılması açınım boyunda hata oluşmasına yol açar.
- ➔ İşletmenin sahip olduğu kalıplara uymayan kulak ölçüsü ile hazırlanmış tasarımlar, hatalı bükümlere yol açar.
- ➔ Tasarımcı tarafından operatöre verilen teknik resimde eksik bilgilerin olması, operatörün resmi yanlış okumasına yol açabilir.

Operatörden Kaynaklanan Büküm Hataları

- ➔ Programın yanlış yapılması sonucu büküm işlemi hatalı gerçekleşebilir.
- ➔ Hatalı yapılmış program ve büküm sırası, parçanın üst kalıba çarpmasına yol açabilir.
- ➔ Yeterli miktarda geri çekilme değeri verilmemesi ya da hatalı hazırlanmış program, parçanın dayama diline çarpmasına yol açabilir.
- ➔ Tasarımda yer verilen kalıpların seçilmemiş olması, farklı kalıplarla çalışılmış olması hatalı sonuçlar verebilir.
- ➔ Büküm açısı ayarının doğru yapılmaması, tüm bükümlerde açı hataları oluşturabilir.
- ➔ Büküm programındaki büküm yönlerine riayet edilmeden yapılan ters büküm işlemleri, parça profilini tamamen bozabilir.
- ➔ Dayama diline tam temas etmeyen parça yerleştirmeleri neticesinde, büküm ölçülerinde hatalar meydana gelebilir.
- ➔ Parçanın büküm öncesi fiziki kontrolünün yapılmamış olmasından dolayı eğik ve deforme sac yüzeyleri ile gerçekleştirilen bükümler, dalgalı büküm hatası verir.

Makineden Kaynaklanan Büküm Hataları

- ➔ Makinenin tasarımda belirlenen tonajı sağlamaması, büküm işleminin yapılamamasına yol açabilir.
- ➔ Dayama ayar sisteminin kalibresinin bozulması, hatalı ölçü oluşumuna yol açabilir.
- ➔ Dayama eksen hareketlerini sağlayan iletim kayışlarının kopması, dayama dilini belli eksenle de hareketsiz bırakabilir.
- ➔ Y1 ve Y2 pistonlarının serbest inişte farklı konumlanmaları, üst bıçağın paralelliğinin bozulmasına yol açabilir.

Karşı basınç sisteminin arızaları, üst kalıp paralel hareketini ve basma tonajını etkiler. Bu durumda uygun bükme işlemi gerçekleşmez.

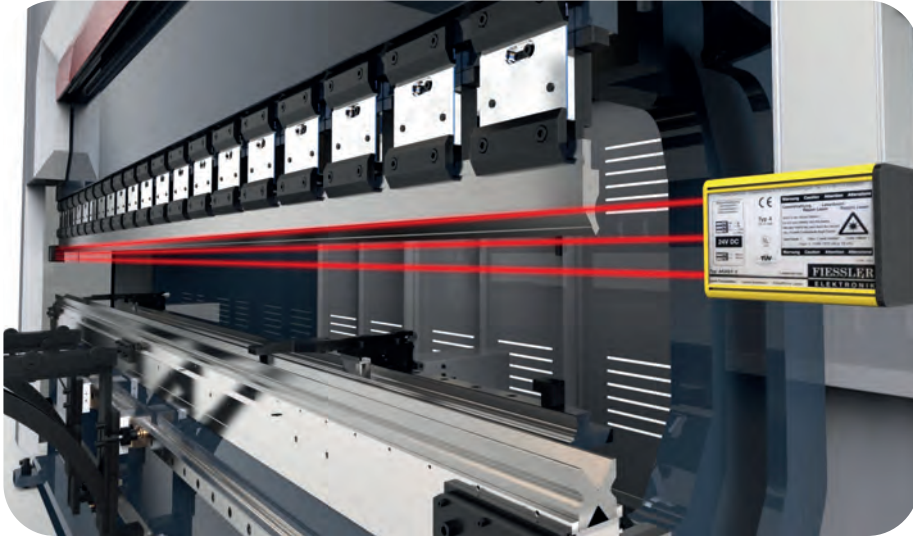


- ➔ Ön ışık bariyerlerinin konumu ve doğrultusunun bozulması, makineyi durdurabilir ya da düşük hız talebi doğurabilir.
- ➔ Ön ışık bariyeri, yansıma sebebi ile dalgalı büküm hatası vererek çalışmayı durdurabilir. Bu durumda pedala ikinci kez basıldığında düşük hız talebi ile büküm devam eder. Ancak deforme bir kenar elde edilebilir.

CNC Abkant Makinesinin Algıladığı Büküm Hataları

- ➔ Kulak ölçüsü, seçilen kalıba uygun olmadığında program hata verir. Böylece tasarıma uygun kalıp değişimi sağlanır.
- ➔ Seçilen kalıp ve bıçak (üst kalıp) açıları uyumsuzluk olması durumunda program hata verir.
- ➔ Seçilen alt kalıba uygun olmayan büküm açısı girildiğinde program hata verir.
- ➔ Dar kalıplarda kalın parça bükülmesi durumunda program, tonaj hatası verir. Tonaj değerine müdahale edilerek değer düşürülmesi sağlanmalıdır.
- ➔ Program bükülen parçanın üst kalıba çarpacağını belirler ve hata verir.
- ➔ Program bükülen parçanın dayama diline çarpacağını belirler (yeni nesil kontrol sistemlerinde geri çekilme değerini program kendi belirler) ve hata verir.
- ➔ Ön ışık bariyeri, sac yüzeyindeki eğilmeleri yansıma yaptığı için algılar ve dalgalı büküm hatası verir. Pres, büküm işlemini durdurur. Pedala çift tetik (ayağın pedaldan kaldırılarak yeniden basılması) yaptırıldığında hataya rağmen düşük hız limiti ile büküm devam eder.

Ön ışık bariyerine ait güvenlik ihlallerinde makine presleme işlemini durdurur. Bu aşamada ayağın pedaldan kaldırılarak yeniden basılması durumunda hata uyarısı atlanır. Pistonlar, düşük hız talebi ile kaldığı yerden hedef konuma doğru hareketine devam eder (Görsel 3.25).



Görsel 3.25: Ön ışık bariyeri

CNC kontrol sisteminin bu özelliği, bazı hata uyarıları için geçerlidir. Çift tetikleme özelliği ile bu hatalar atlanır. Özellikle el ve parmakların bir an için kalıplar arasında konumlanması, presi durdurur. Bu noktada operatör, ellerini bariyer önünden çekerek ayak pedalına çift tetik uygular. Olası hata durumlarında çift tetik ile çalışmayı alışkanlık hâline getiren operatörler için bu durum, iş sağlığı ve güvenliği risklerini artırmaktadır.



3.2 NC VE CNC TEZGÂHLARDA BÜKÜM İŞLEMİNİ YAPMAK

Tasarımı tamamlanmış parça üzerinde bükme işlemi; büküm programının oluşturulması, seçilen kalıpların montajı ve büküm işleminin gerçekleştirilmesi şeklinde sıralanır.

Büküm programı, farklı makinelerde marka ve modele göre değişen kontrol panelleri üzerinden yapılır. Önceleri kontrol panellerinde program, satırlar hâlinde ve ardışık açılan bilgi ekranları üzerinde tamamlanırdı. Bu tarz kontrol panelleri, günümüzde de kullanılmaya devam edilmektedir.

Günümüz yenilikçi teknolojilerinden abkant kontrol panelleri de etkilenmiş, yeni ekran tasarımları geliştirilmiştir. Yeni nesil kontrol panellerinde anlaşılır ve kullanımı kolay arayüzler oluşturularak program yapımı basit hâle getirilmiştir. En çok tercih edilen yöntem, program için gereken büküm profili çiziminin makine paneli üzerinden operatör tarafından yapılmasıdır.

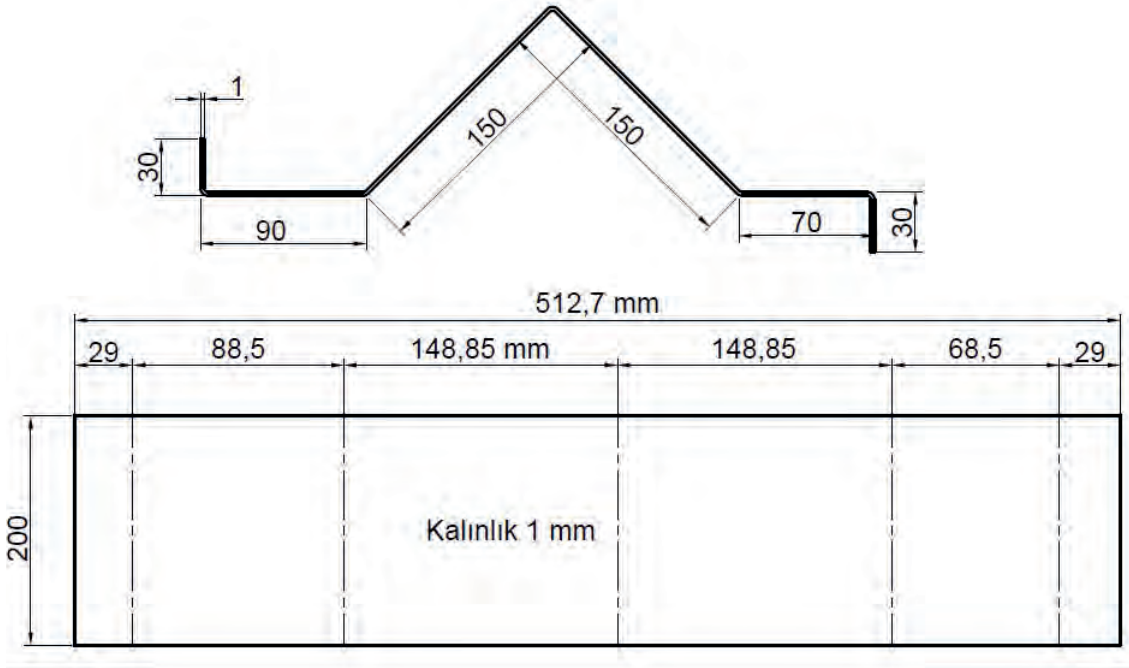


Bilgi Notu

Gelişmiş CNC kontrol sistemleri ve makine yazılımları, haricî kaynaktan üç boyutlu çizim dosyalarını okur hâle gelmiştir. Böylece çizim yapmadan, dayama ölçüsü ve büküm açısı değerleri için gerekli NC kodları çizim dosyasından alınarak büküm programı tamamlanmaktadır.

3.2.1. NC ve CNC Tezgâhlarda Büküm Programının Hazırlanması

Teknik resim, tasarım birimi tarafından hazırlanarak operatöre verilir (Görsel 3.26).



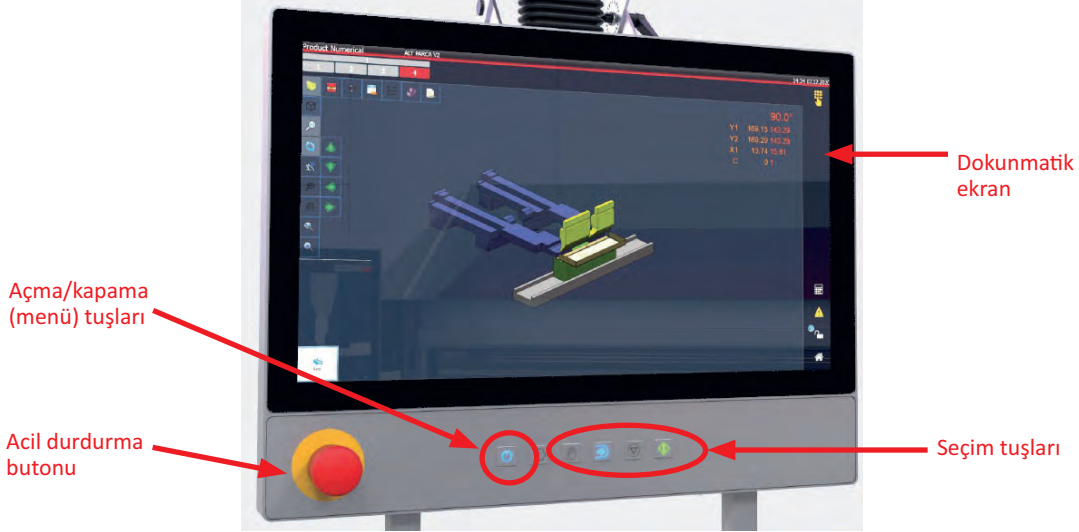
Görsel 3.26: Açınım resmi

Büküm programı makine kontrol paneli üzerinde oluşturulurken büküm için gerekli ayrıntılar ve parametreler, teknik resim üzerinden alınır.



Büküm programı hazırlama adımları şunlardır:

- ➔ Makineye ait ana şalter açılır. Kontrol paneli üzerinden işletim sistemi çalıştırılır. Kontrol paneli üzerinden menü tuşuna basılır, ardından ekran üzerinden MENÜ → ÜRÜN → YENİ 2D komutları seçilerek yeni ürün geliştirme sayfası açılır (Görsel 3.27).



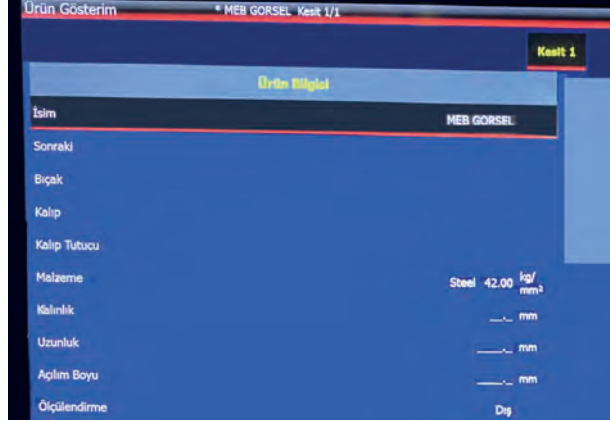
Görsel 3.27: Kontrol paneli genel görünüm

- ➔ Ürün ismi girilir.
- ➔ Ardışık parça (iki farklı parça) programı yapılmayacak ise **Sonraki** satırı atlanır.
- ➔ Bıçak seçimi yapılır.
- ➔ Kalıp seçimi yapılır.
- ➔ Kalıp tutucu seçimi yapılır.
- ➔ Bükülecek malzeme türü seçilir
- ➔ Bükülecek parça kalınlığı girilir.
- ➔ Uzunluk satırında büküm boyu girilir.
- ➔ **Çizim** komutu ile açılan ekran üzerinde el yordamı ile büküm profili çizilir.
- ➔ Alt kısımdaki komut satırından 90° dik kenar sembolü olan komut seçilir. Tüm kenarlar, dik açı konumuna dönüşür.
- ➔ Farklı açı girişi için ilgili açı noktası, dokunularak seçilir; açılan klavyeden yeni değer girilir.
- ➔ Tüm kenarlar sırasıyla dokunularak seçilir, açılan klavyeden seçilen kenara ait ölçü değeri girilir.
- ➔ Çizim işlemi tamamlandığında sol alt köşede bulunan **Profil** sekmesi seçilir.
- ➔ Ardından sol alt köşede açılan **Takım** sekmesi seçilir.
- ➔ Ardından sol alt köşede açılan **Sırala** sekmesi seçilir.
- ➔ Program tarafından büküm sırası oluşturulduktan sonra büküm sıraları kontrol edilir.
- ➔ Sol alt köşede açılan **Reçete** komutu ile ürün gösterim sayfasına geri dönülerek program tarafından oluşturulan açınım boyu kontrol edilir.
- ➔ Teknik resimde verilen açınım boyu ile programın oluşturduğu açınım boyu karşılaştırılır.
- ➔ Anahtar iki sembolü ile açılan denetim ekranından program kaydedilir.



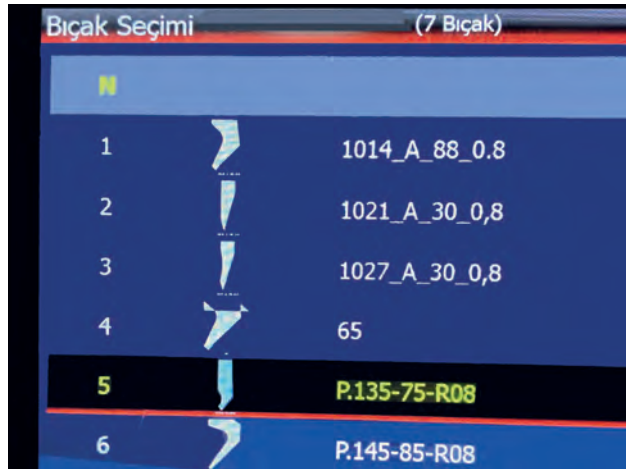
İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

- Ürün sayfasında önce proje adı girilir. Ardından sırasıyla istenen bilgiler, ilgili satrlara girilir (Görsel 3.28).



Görsel 3.28: Ürün ismi giriş ekranı

- Bıçak (üst kalıp) satırı seçildiğinde makine hafızasında tanımlı bıçaklar ekrana gelir. Teknik resimde verilen değerlere göre üst bıçak seçimi yapılır (Görsel 3.29).



Görsel 3.29: Bıçak seçimi

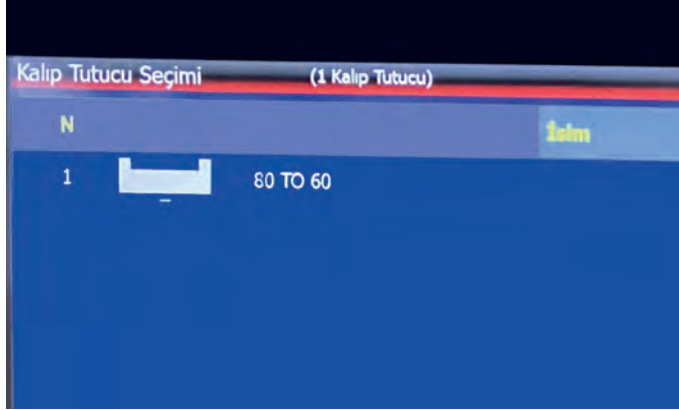
- Alt kalıp seçimi için sıradaki satır seçilir. Açılan ekranda makine hafızasında tanımlı alt kalıplar görüntülenir. Teknik resimde verilen değerlere göre alt kalıp seçimi yapılır (Görsel 3.30).



Görsel 3.30: Kalıp seçimi

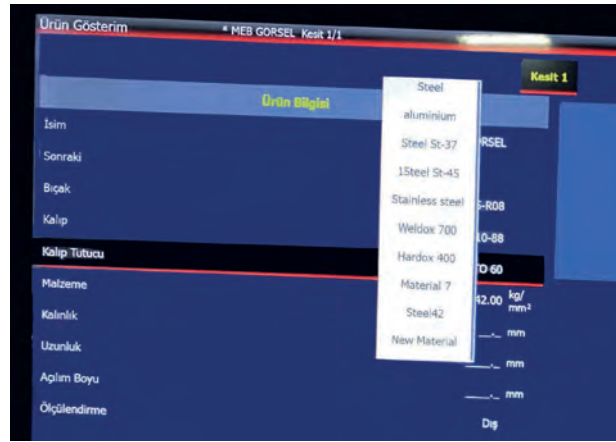


- ➔ Kalıp tutucu satırı seçildiğinde makine hafızasında tanımlı kalıp tutucular ekrana gelir. Teknik resimde verilen değerlere göre kalıp tutucu seçimi yapılır (Görsel 3.31).



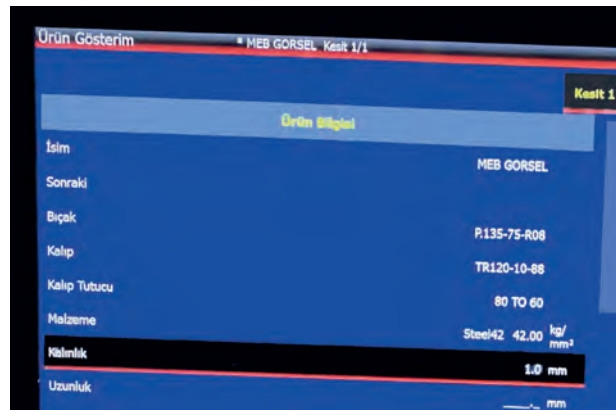
Görsel 3.31: Kalıp tutucu seçimi

- ➔ Malzeme satırı seçildiğinde makine hafızasında tanımlı malzeme kodları gelir. Teknik resimde verilen malzeme bilgisine göre malzeme seçimi yapılır (Görsel 3.32).



Görsel 3.32: Bükülecek malzeme seçimi

- ➔ Kalınlık bilgi girişi seçildiğinde çıkan klavye ile kalınlık değeri girilir. Kalınlık değeri teknik resimde belirtilen sac kalınlığıdır (Görsel 3.33).

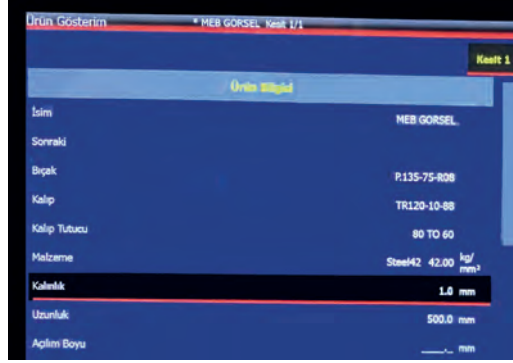


Görsel 3.33: Kalınlık bilgisi



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

- Uzunluk bilgi girişi seçildiğinde bükülecek parçanın genişliği (büküm boyu) girilir. Genişlik değeri, teknik terim üzerinden okunur (Görsel 3.34).



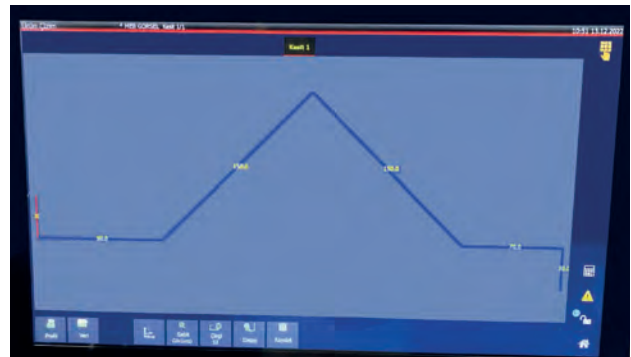
Görsel 3.34: Büküm boyu

- Açınım boyu bilgisi, parçanın büküm çizimi tamamlandıktan sonra program tarafından oluşturulur.
- Parça ve kalıplarla ilgili bilgi girişlerinin yapıldığı ürün gösterim ekranında sol alt köşede bulunan **Çizim** kısayol komutuna tıklandığında çizim ekranı açılır. **Çizim** ekranında serbest el ile teknik resimde verilen büküm şekline yakın doğrulukta çizim tamamlanır.
- Çizim üzerinde kenar doğru parçaları tek tek seçilerek klavye aracılığı ile uzunlukları yazılır. Teknik resimdeki dış ölçüler kullanılır (Görsel 3.35).



Görsel 3.35: Büküm çizimi kenar ölçülerinin girilmesi

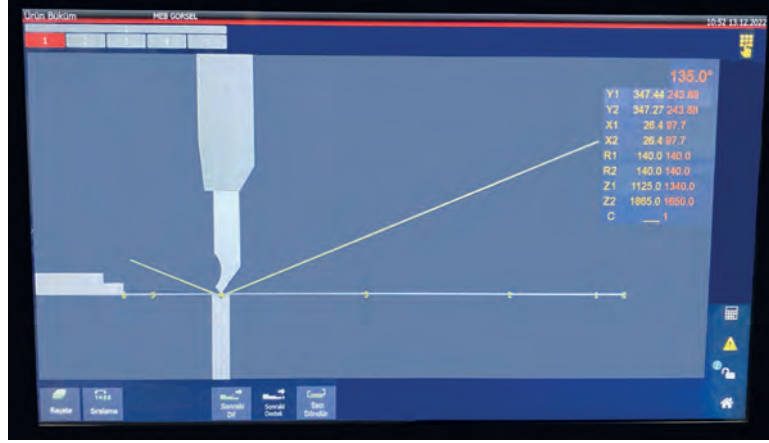
- Ekranın alt kısmında bulunan 90° (dik) sekmesine basıldığında şekli oluşturulan tüm kenarlar, dik açı olacak şekilde konumlandırılır (Görsel 3.36).
- Farklı açı değerleri için iki kenarın birleşim noktası seçilir; açılan ekrana yeni açı değeri girildiğinde kenarlar, istenilen açıda çizilmiş olur.



Görsel 3.36: Büküm çizimi



- ➔ Çizim ekranında sol alt köşede bulunan **Profil** sekmesi seçilir.
- ➔ Açılan ekranda sol alt köşede bulunan **Takım** sekmesine basılarak ekran atlanır.
- ➔ Takım ekranında sol alt köşede bulunan **Sırala** sekmesine basılır (Görsel 3.37).



Görsel 3.37: Büküm sıralaması

- ➔ Büküm sıralaması ve simülasyon denemesi izlenir. Program çarpma hatası vermez ise bir sonraki aşamaya geçilir.
- ➔ Sağ alt köşede **Reçete** komutuna basılır. Açılan ürün bilgisi ekranında, programın oluşturduğu açınım boyu ilgili satırdan kontrol edilir. Teknik resimde verilen açınım boyu ile programın oluşturduğu açınım boyu karşılaştırılır. İki açınım boyu arasında fark yok ise bir sonraki aşamaya geçilir (Görsel 3.38).
- ➔ Sağ alt köşede bulunan **anahtar 2** görseline sahip komut üzerine tıklanır. Açılan ekran üzerinde program kalıcı olarak kaydedilir.

Malzeme	Steel42 42.00 ^{kg/} ^{mm²}
Kalınlık	1.0 mm
Uzunluk	20.0 mm
Açınım Boyu	512.7 mm

Görsel 3.38: Programın oluşturduğu açınım boyu

- ➔ Ürün geliştirmede ilk verilen isim ile büküm program dosyası, makine bilgisayar sisteminin hafızasına kaydedilir. Bu kayıt, ilk kayıttır. Büküm işlemi başladığında, ilk bükümden sonra açı kontrolü yapıldığında, oluşan açı değerine göre büküm açılarına müdahale edilerek kayıt yenilenir. İkinci kez yapılan kayıt, kalıcı kayıttır.

3.2.2. NC ve CNC Tezgâhlarında Büküm İşleminin Uygulanması

CNC abkant preste bükme işlemi, büküm programının tamamlanmasının hemen ardından yapılır. Büküm programı, üretim bittikten sonra aynı ürünün yeniden üretimi için saklanır.

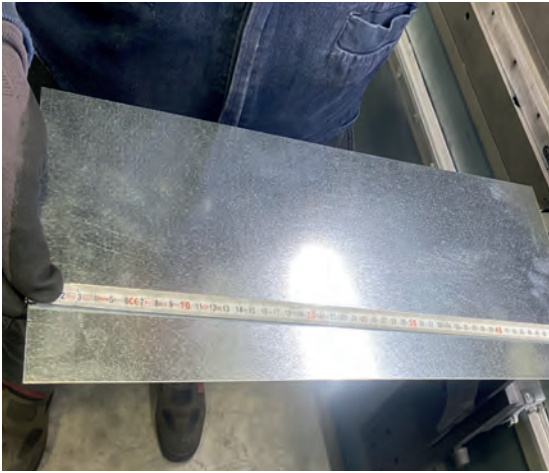
Gerektiğinde program, hafızadan çağrılarak yeniden çalıştırılabilir. Program her açıldığında kalıp ve bıçak seçimi gözden geçirilmeli, programda adı geçen kalıpların mevcut durumundan ve kullanılabilir olduklarından emin olunmalıdır.



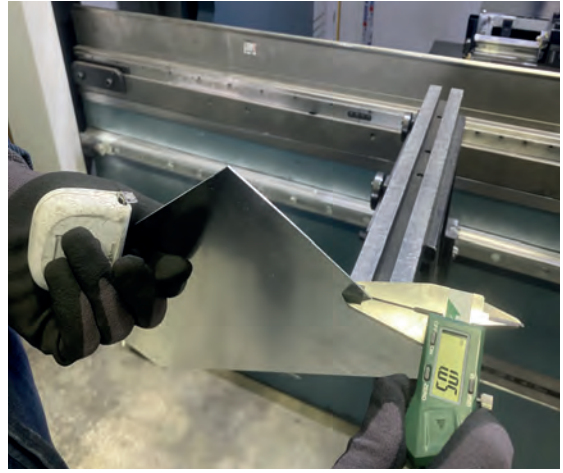
İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Büküm uygulama adımları şunlardır:

- İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri kapsamında makine çalışma alanı; malzeme, palet, taşıma ve kaldırma makineleri gibi güvenliği tehdit edecek unsurlardan temizlenir.
- Kişisel koruyucu donanımlar giyilir veya takılır.
- Büküm programında belirlenen kalıp ve bıçakların montajı yapılır.
- Açınım ölçülerine göre hazırlanmış büküm parçasının ölçü ve yüzey düzgünlüğü kontrol edilir (Görsel 3.39 a ve b).
- Büküm programında büküm sırası ekranı açılarak birinci büküm adımı seçilir.
- Dayama dili, programda belirlenen konumunu aldığı anda parça, simülasyon ekranında gösterildiği şekilde dayama diline temas edecek şekilde alt kalıp üzerine yerleştirilir.
- Ayak pedalına basılarak bıçağın yüksek hızda parça üzerine inmesi, temas noktasından sonra bir müddet bekleyerek dayama dilinin geri çekilme işlemini tamamlaması, ardından alçak hız talebi ile parçayı alt limit noktasına gelinceye dek bükmesi.
- Bıçak, alt limit noktasına inerek hareketini bitirdiğinde ayak, pedaldan kaldırılır.
- Kalıptan alınan parçanın ölçü ve açı kontrolü yapılır.
- Bükme programında tanımlanan açı değeri oluşmamış ise büküm sırası ayar ekranına dönerek açıklık değeri kadar açı düzeltmesi yapılır.
- Bu ayar, tüm büküm işlemleri için tanımlanır ve kayıt tuşu ile ayar kalıcı hâle getirilir.
- Parçaya birinci büküm işlemi yeniden uygulanmalı ve açı kontrolü tekrar yapılmalıdır. Tasarımın açı ve ölçü değeri elde edilinceye dek ayar işlemi tekrarlanır.
- İstenilen açı değeri elde edildikten sonra tüm bükümler, sırası ile simülasyon yönlendirmesine göre tamamlanır.
- İlk parçada, her büküm işleminden sonra ölçü ve açı kontrolü yapılır.
- Büküm işlemi biten parça, ölçü ve kontrol işleminin ardından etiketlenerek stok alanına bırakılır.
- Tüm bükümler tamamlandığında, makine kapatılarak temizlik işlemi yapılır.



a) Boy ölçümü

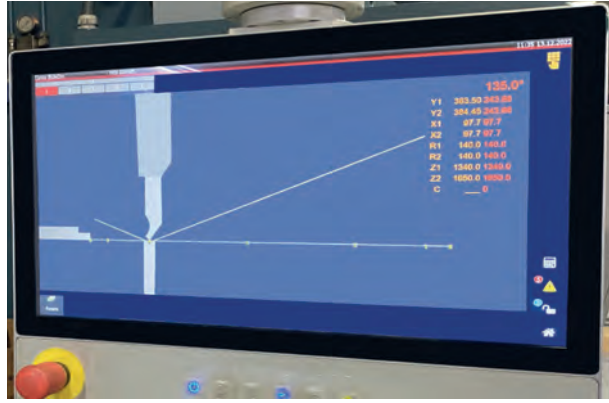


b) Kalınlık ölçümü

Görsel 3.39: Parçanın fiziki kontrolü

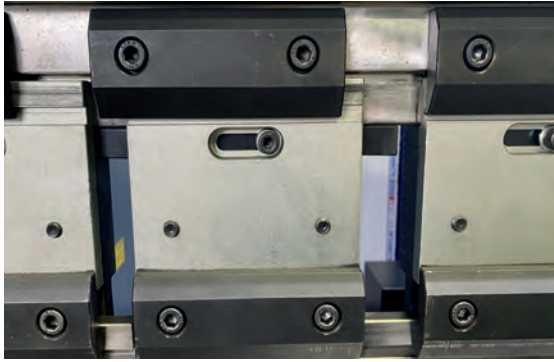


- ➔ Büküm programı açılır (Görsel 3.40). Programda seçilen kalıplar kontrol edilir.

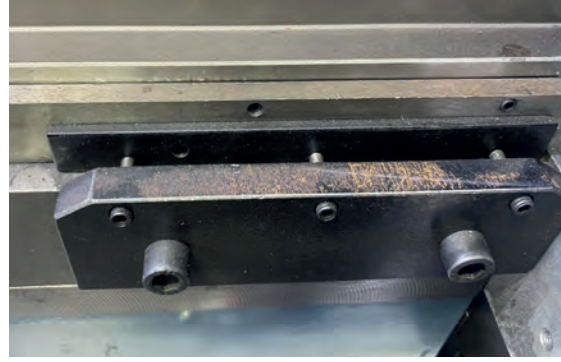


Görsel 3.40: Kontrol panelinde açılan büküm programı

- ➔ Büküm programında seçilen üst kalıp (bıçak) montajı yapılır (Görsel 3.41a).
- ➔ Büküm programında seçilen kalıp tutucu ve alt kalıp montajı yapılır (Görsel 3.41b).



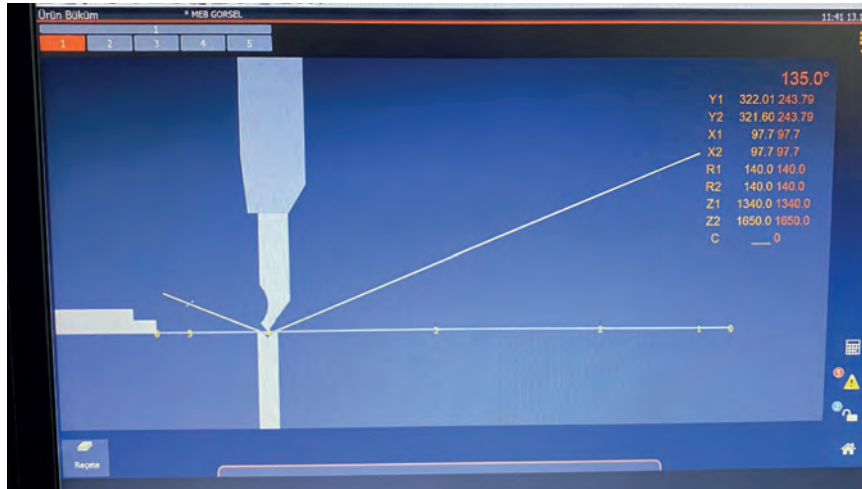
a) Bıçak montajı



b) Kalıp montajı

Görsel 3.41: Bıçak ve kalıp montajı

- ➔ Sol alt köşedeki **Büküm** komutuna dokunularak ürün bükümü ekranı açılır. 1. büküm simülasyonuna göre parça, makineye yerleştirilerek ayak pedalı ile büküm yapılır (Görsel 3.42).

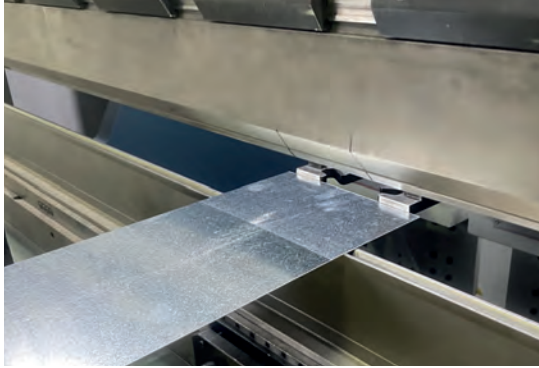


Görsel 3.42: Birinci büküm sırası (simülasyon)



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

- ➔ Büküm işlemi bitene kadar ayak pedalı basılı tutulur. Bıçak (üst tabla) yüksek hızla başladığı hareketine parçaya basıncaya dek devam eder. Parçaya temas ettiğinde bıçak bir müddet bekler (Görsel 3.43a).
- ➔ Dayama dilinin geri çekilmesi ile bıçak düşük hızda alt limite kadar büküm işlemini tamamlar (Görsel 3.43b).
- ➔ Bıçak alt noktada hareketini tamamladığında ayak, pedaldan kaldırılır.



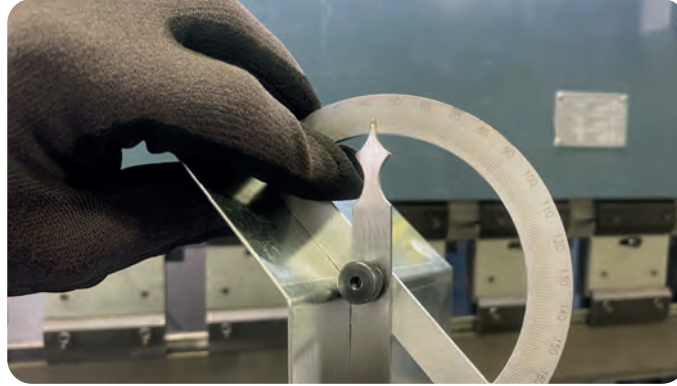
a) Dayama



b) Büküm

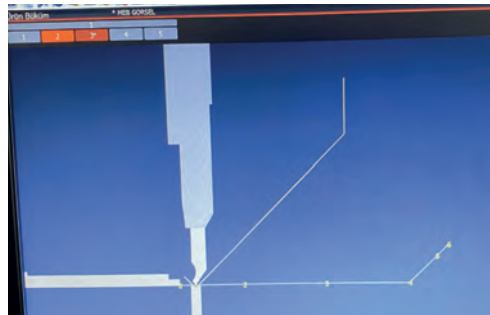
Görsel 3.43: Birinci büküm işleminin yapılması

- ➔ Birinci bükümü tamamlanan parçaya ölçü ve açı kontrolü yapılır. Bu parçada birinci büküm, 45° açı değerindedir (Görsel 3.44).



Görsel 3.44: Büküm açısı kontrol işlemi

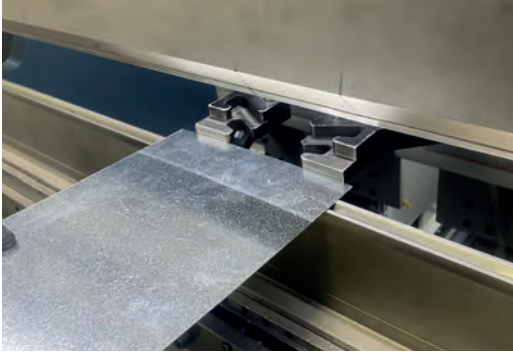
- ➔ Parçanın açısı ve ölçü değeri uygun ise ikinci büküme geçilir. Birinci büküm bittiğinde, ayak pedaldan kaldırıldığında ekranda büküm simülasyonu, sıradaki adıma kendiliğinden geçer (Görsel 3.45).



Görsel 3.45: İkinci büküm sırası (simülasyon)



- ➔ İkinci büküm sırası ekranında gösterilen yönde parça, makineye yerleştirilerek pedala basılır. İkinci büküm, 90° açı değerindedir (Görsel 3.46 a ve b).



a) Dayama



b) Büküm

Görsel 3.46: İkinci büküm işleminin yapılması

- ➔ İkinci büküme ait 90° açı kontrolü yapılır. Ölçülen açı değeri, programda girilen değerden farklı ise ayar yapılarak aynı büküm adımını tekrarlamak gerekir (Görsel 3.47).



Görsel 3.47: Büküm açı kontrolü

- ➔ Açı değeri, istenilen açı değerinden daha açık değerde ise ekranın sol alt köşesinde bulunan **Reçete** komutuna dokunularak açılan ürün sayısal ekranında, açı veya ölçü kalibrasyon değerleri girilir.
- ➔ Ürün sayısal (düzeltme) sayfasında, yukarıda hangi büküm sırasında düzeltme yapılacaksa ilgili büküm numarası seçilir.
- ➔ İlk satır, açı değeri satırıdır. Bu satırda açı değerinde iyileştirme için istenen değer girilir. İlgili satırlara değer girişini aktif edebilmek için adım düzeltme ya da ürün düzeltme sütunu seçilmelidir.
- ➔ İlk satırın altında yer alan satırlar, dayama sisteminin eksen isimlerine ait satırlardır. Büküm kenarının uzama veya kısalma yönünde iyileştirilmesi isteniyorsa bu değer, ilgili eksen satırına girilir.
- ➔ Yapılan ayar işleminin tüm bükümler için uygulanması isteniyorsa düzeltmeler, ürün düzeltme satırına işlenmelidir.
- ➔ Ayar işlemi bittiğinde anahtar 2 sembolü üzerinden açılan ekranda program, son hâliyle yeniden kaydedilmelidir.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

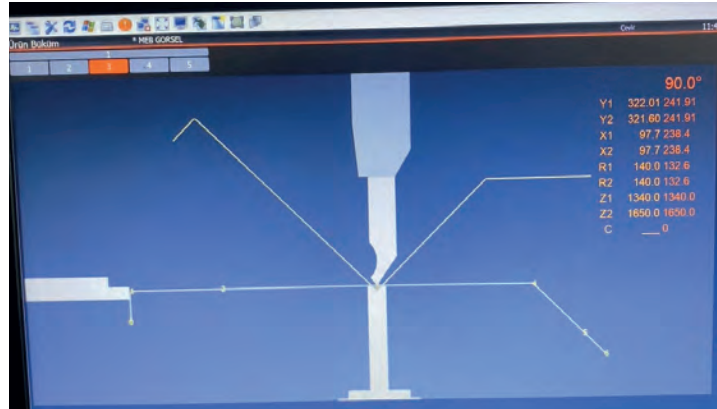
- Kayıt ekranı alt köşesinde bulunan **Büküm** komutu ile program, kaldığı yerden ikinci büküm sırası ile büküm işlemine devam eder (Görsel 3.48).

	Hedef	Aktif	Adım Düzeltme	Ürün Düzeltme	
Apı	135.0	°	---	---	Malzeme
Y1	243.88	mm	379.96 mm	---	Büküm Tipi
Y2	243.88	mm	379.60 mm	---	DAM Referans
X1	97.7	mm	97.7 mm	---	Bıçak
X2	97.7	mm	97.7 mm	---	Kalip
R1	140.0	mm	140.0 mm	---	Kalip Tübucu
R2	140.0	mm	140.0 mm	---	BS
Z1	1340.0	mm	1340.0 mm	---	ri
Z2	1650.0	mm	1650.0 mm	---	Geri Çekme Tipi
C	0	%	---	---	Geri Çekme Mesafesi

Büküm Hızı Ayağı

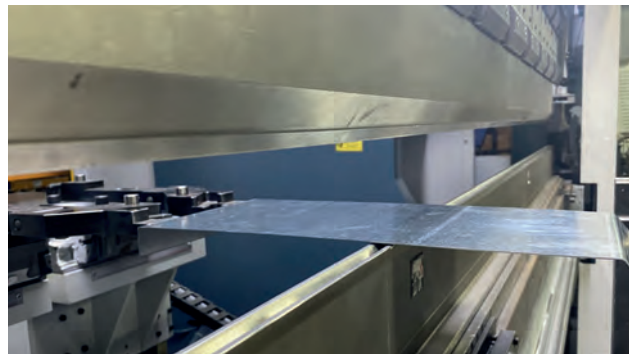
Görsel 3.48: Büküm ayar ekranı

- Açı değerinde ayar işlemi yapılan ikinci büküm, ekran kontrolünde tekrarlanır. Büküm sonunda aynı köşe yeniden ölçülür. Açı değeri kontrollü biçimde ayarlanarak (kapatılarak) 90° açı değeri oluşuncaya kadar ayar işlemi tekrarlanır.
- Açı ve kenar ölçü değeri uygun doğrulukta olduğunda sırası ile tüm bükümler, ekran yönlendirmelerine göre gerçekleştirilir (Görsel 3.49).



Görsel 3.49: Üçüncü büküm sırası (simülasyon)

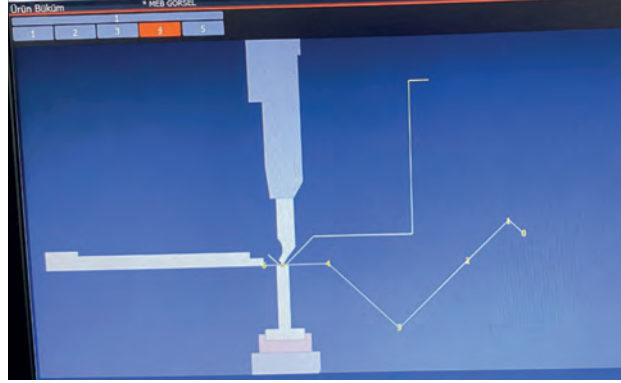
- Uygulama, büküm sıraları ekranında yapılabileceği gibi sol alt köşede bulunan **Büküm** komutuna dokunulduğunda, açılan büküm simülasyonu takip edilerek tamamlanabilir.
- Çok sayıda parçanın işleneceği seri büküm işlemlerinde, ilk parçanın üretim sürecinde, her büküm işleminden sonra ölçü ve açı kontrolü yapılmalıdır (Görsel 3.50).



Görsel 3.50: Üçüncü büküm işleminin yapılması

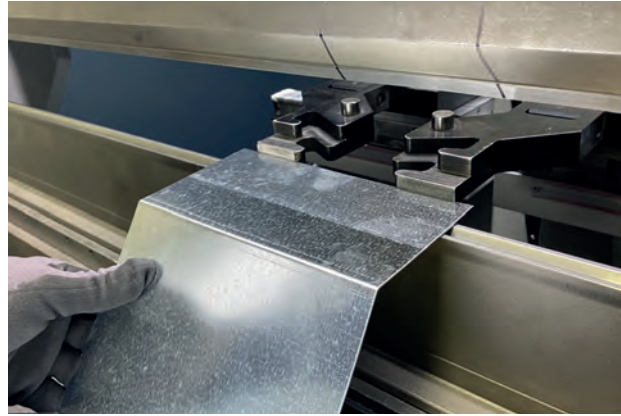


- ➔ Büküm yapılacak kenar ve büküm yönü, simülasyon görüntüsüne göre belirlenir.
- ➔ Dördüncü büküm işlemini tarif eden simülasyon adımı, bir önceki büküm işleminin tamamlanmasının ardından kendiliğinden açılır (Görsel 3.51).



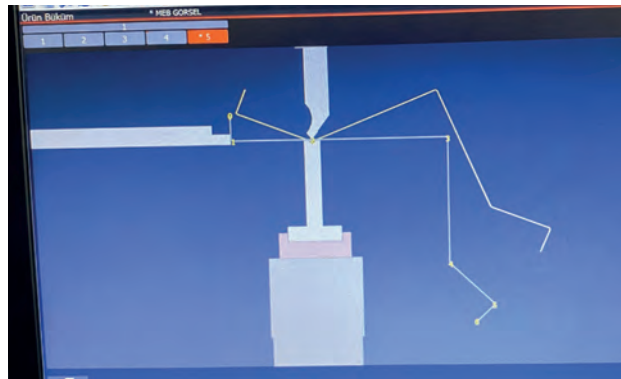
Görsel 3.51: Dördüncü büküm sırası (simülasyon)

- ➔ Simülasyon yönlendirmelerine göre dördüncü büküm tamamlanır (Görsel 3.52).



Görsel 3.52: Dördüncü büküm işleminin yapılması

- ➔ Büküm için alt bıçak üzerinde dayama diline temas ettirilerek konumlandırılan parçaya, aşırı güç uygulanmamalıdır.
- ➔ Operatör, parmaklarını mümkün mertebe tutulan parçanın alt kısmında konumlandırmalıdır.
- ➔ Beşinci büküm simülasyon ekranı (Görsel 3.53).

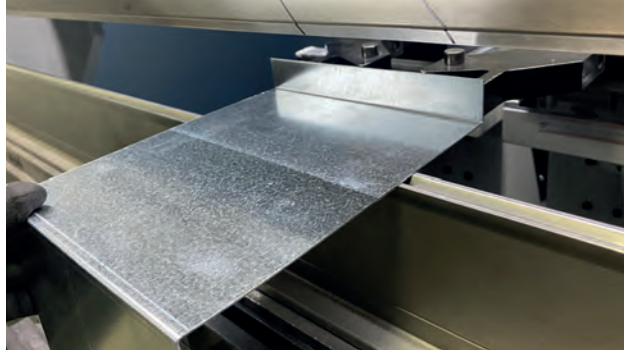


Görsel 3.53: Beşinci büküm sırası (simülasyon)



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

- ➔ Son büküm işlemi için parça, ekran yönlendirmelerine göre alt kalıp üzerinde konumlandırılır.
- ➔ Pedala basılarak büküm işlemi sonlandırılır. Bıçak, alt limit noktasına ulaşmış hareketini tamamlayana dek ayak, pedal üzerinde basılı tutulur (Görsel 3.54).



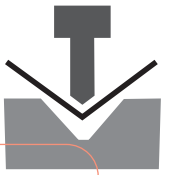
Görsel 3.54: Beşinci büküm işleminin yapılması

- ➔ Üretim sürecinin sonunda, parça bükümlerinin tamamına ölçme kontrol işlemi uygulanır.
- ➔ Teknik resimde verilen ölçü ve açı toleransları içerisinde üretimi tamamlanan parça, etiketlenerek stok alanına istiflenir (Görsel 3.55).



Görsel 3.55: Bükümü tamamlanan parça

- ➔ Hatalı ürün oluşması durumunda, fire formu doldurularak geri dönüşüme bırakılır.
- ➔ Büküm işleminin ardından ölçme takımları uygun şekilde kaldırılır.
- ➔ Makine, kontrol paneli üzerinden kapatılarak ana şalter kapalı konuma getirilir.
- ➔ Makine ve alana ait temizlik işlemi yapılarak bir sonraki işlem için makine ve alan hazır şekilde bırakılır.



1. UYGULAMA: DESTEK SACI BÜKÜMÜ



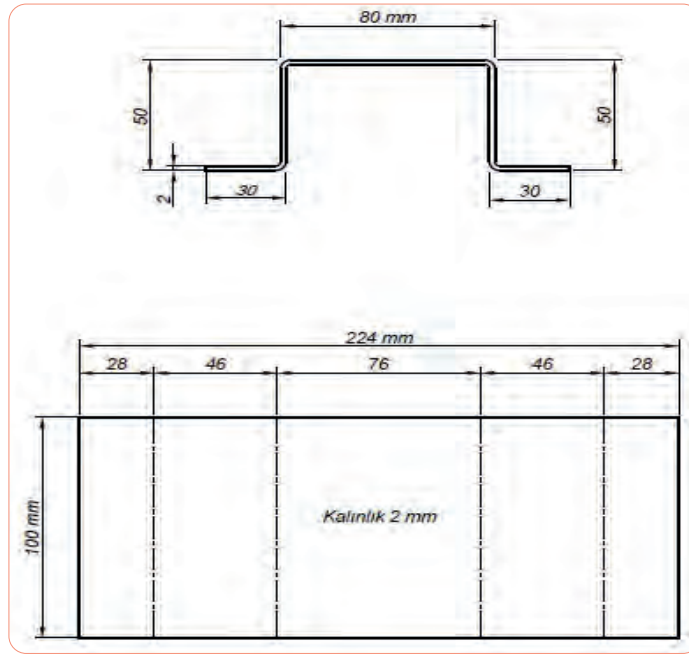
20 dk.

AMAÇ

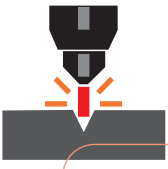
CNC abkant preste bükme işlemini yapmak.

GÖREV

1. Yapacağınız çalışmayı iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak verilen işlem basamakları ve öneriler doğrultusunda gerçekleştiriniz.
2. Aşağıda büküm profili ve iki boyutlu açınım resmi verilen destek parçasının büküm işlemini CNC abkant preste yapınız.
3. Büküm işleminin ardından parça ölçülerini imalat resmine göre kontrol ediniz.
4. Çalışmanızı planlarken uygulama sonunda verilen kontrol listesindeki ölçütleri dikkate alınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
1. Kişisel koruyucu donanımları (KKD) giyiniz.	İş önlüğü, iş eldiveni, koruyucu gözlük, koruyucu ayakkabı giyilmelidir.
2. Parçanın teknik (imalat) resmini inceleyiniz.	Açınım resmi ve büküm profil resmi incelenmelidir.
3. CNC abkant presi, çalıştırınız.	Abkant pres ana şalter açıldıktan sonra kontrol paneli üzerinden çalıştırılmalıdır.
4. CNC makinenin kontrol panelinde büküm programını yapınız.	Teknik resimde verilen parametrelere göre büküm programı oluşturulmalıdır.
5. Hazırlanan parçanın teknik resimde verilen ölçülere göre fiziki kontrolünü yapınız.	Büküm için verilen parçanın ölçü ve yüzey düzgünlüğü kontrol edilmelidir.
6. Büküm programında tanımlanan bıçak ve kalıpları makineye bağlayınız.	Büküm programında seçilen bıçak ve kalıpların makineye montajı yapılmalıdır.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

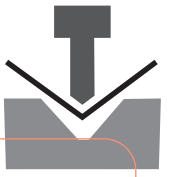
7. Büküm programını açınız, simülasyon ekranı eşliğinde birinci bükümü uygulayınız.	Büküm programının simülasyon yönlendirmeleri ile ilk büküm yapılmalıdır.
8. Büküm açısı ve kulak ölçüsü değerlerini kontrol ediniz.	Uygun ölçme ve kontrol aletleri ile ölçü ve açı kontrolü yapılmalıdır.
9. Açı ve kenar ölçülerinde ayar işlemi gerekiyorsa ilgili ekranı açarak ayar yapınız.	Dayama ayarı ve açı değerinde ayar işlemi, ilgili ekran açılarak tamamlanmalıdır.
10. Yapılan ayar işlemini tüm bükümlere uygulamak için gereken komut seçimini yapınız.	Veri girişinden sonra “Tüm bükümlere uygula” sekmesi seçilmeli, program yeniden kaydedilmelidir.
11. Aynı bükümü yeniden uygulayarak ölçme kontrol işlemini tekrarlayınız.	Ayar işleminin ardından ilk büküm ve ölçü kontrolü tekrarlanmalıdır.
12. Tüm bükümleri sırası ile tamamlayınız.	Sırasıyla büküm adımlarının tamamı uygulanmalıdır.
13. Üretimi tamamlanan parçanın ölçü ve açı kontrolünü yapınız.	Uygun ölçme ve kontrol aletleri kullanılarak parçanın resimde verilen ölçü toleranslarına göre kontrol işlemi tamamlanmalıdır.
14. Üretimi tamamlanan parçayı stok alanına bırakınız.	Parça, üzerine öğrencinin adı ve okul numarası yazılarak ders öğretmenine teslim edilmelidir.
15. Atıl malzeme olması durumunda hatalı ürün formu doldurarak malzemeyi geri dönüşüm alanına bırakınız.	Hurda malzeme, ders öğretmenin onayının ardından geri dönüşüm alanına bırakılmalıdır.
16. Makineyi kapatınız.	Makine, kontrol panelinden kapatılmalı; ardından ana şalter kapalı konuma getirilmelidir.
17. Makine ve çalışma alanını temizleyerek bir sonraki üretim için hazır hâlde bırakınız.	Ölçü aletleri uygun şekilde toplanmalı, makine ve alan temizliği yapılmalıdır.

DEĞERLENDİRME

CNC abkant preste büküm uygulaması, aşağıda verilen kontrol listesi kullanılarak değerlendirilecektir.

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Kişisel koruyucu donanımları kullandı.		
2. Büküm programını doğru şekilde oluşturdu.		
3. Verilen parçanın fiziki kontrolünü yaptı.		
4. İlk bükümün ardından ölçü ve açı kontrolünü yaptı.		
5. Ölçü ve açı ayarlarını doğru şekilde yaptı.		
6. Tüm bükümleri başarılı şekilde tamamladı.		



7. Üretilen parçanın ölçü kontrolünü yaptı.

8. Makine ve alan temizliğini yaptı.

" Hayır" olarak işaretlenen ölçütler için ilgili konu ve uygulamaları tekrar ediniz.

2. UYGULAMA: OLUK KANAL PARÇASI BÜKÜMÜ



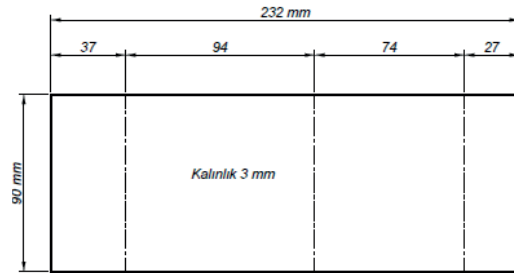
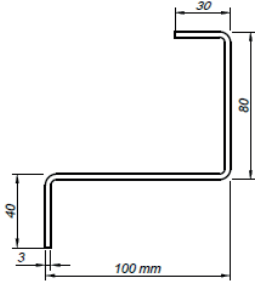
20 dk.

AMAÇ

CNC abkant preste bükme işlemini yapmak.

GÖREV

1. Yapacağınız çalışmayı iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak verilen işlem basamakları ve öneriler doğrultusunda gerçekleştiriniz.
2. Aşağıda büküm profili ve iki boyutlu açınım resmi verilen oluk kanal parçasının büküm işlemini CNC abkant preste yapınız.
3. Büküm işleminin ardından parça ölçülerini imalat resmine göre kontrol ediniz.
4. Çalışmanızı planlarken uygulama sonunda verilen kontrol listesindeki ölçütleri dikkate alınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
1. Kişisel koruyucu donanımları (KKD) giyiniz.	İş önlüğü, iş eldiveni, koruyucu gözlük, koruyucu ayakkabı giyilmelidir.
2. Parçanın teknik (imalat) resmini inceleyiniz.	Açınım resmi ve büküm profil resmi incelenmelidir.
3. CNC abkant presi çalıştırınız.	Abkant pres, ana şalter açıldıktan sonra kontrol paneli üzerinden çalıştırılmalıdır.
4. CNC makinenin kontrol panelinde büküm programını yapınız.	Teknik resimde verilen parametrelere göre büküm programı oluşturulmalıdır.
5. Hazırlanan parçanın teknik resimde verilen ölçülere göre fiziki kontrolünü yapınız.	Büküm için verilen parçanın ölçü ve yüzey düzgünlüğü kontrol edilmelidir.
6. Büküm programında tanımlanan bıçak ve kalıpları makineye bağlayınız.	Büküm programında seçilen bıçak ve kalıpların makineye montajı yapılmalıdır.
7. Büküm programını açınız simülasyon ekranı eşliğinde birinci bükümü uygulayınız.	Büküm programının simülasyon yönlendirmeleri ile ilk büküm yapılmalıdır.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

8. Büküm açısı ve kulak ölçüsü değerlerini kontrol ediniz.	Uygun ölçme ve kontrol aletleri ile ölçü ve açı kontrolü yapılmalıdır.
9. Açı ve kenar ölçülerinde ayar işlemi gerekiyorsa ilgili ekranı açarak ayar yapınız.	Dayama ayarı ve açı değerinde ayar işlemi, ilgili ekran açılarak tamamlanmalıdır.
10. Yapılan ayar işlemini tüm bükümlere uygulamak için gereken komut seçimini yapınız.	Veri girişinden sonra "Tüm bükümlere uygula" sekmesi seçilmeli, program yeniden kaydedilmelidir.
11. Aynı bükümü yeniden uygulayarak ölçme kontrol işlemini tekrarlayınız.	Ayar işleminin ardından ilk büküm ve ölçü kontrolü tekrarlanmalıdır.
12. Tüm bükümleri sırasıyla tamamlayınız.	Sırasıyla büküm adımlarının tamamı uygulanmalıdır.
13. Üretimi tamamlanan parçanın ölçü ve açı kontrolünü yapınız.	Uygun ölçme ve kontrol aletleri kullanılarak parçanın resimde verilen ölçü toleranslarına göre kontrol işlemi tamamlanmalıdır.
14. Üretimi tamamlanan parçayı stok alanına bırakınız.	Parça, üzerine öğrencinin adı ve okul numarası yazılarak ders öğretmenine teslim edilmelidir.
15. Atıl malzeme olması durumunda hatalı ürün formu doldurarak malzemeyi geri dönüşüm alanına bırakınız.	Hurda malzeme ders öğretmenin onayının ardından geri dönüşüm alanına bırakılmalıdır.
16. Makineyi kapatınız.	Makine, kontrol panelinden kapatılmalı; ardından ana şalter kapalı konuma getirilmelidir.
17. Makine ve çalışma alanını temizleyerek bir sonraki üretim için hazır hâlde bırakınız.	Ölçü aletleri uygun şekilde toplanmalı, makine ve alan temizliği yapılmalıdır.

DEĞERLENDİRME

CNC abkant preste büküm uygulaması, aşağıda verilen kontrol listesi kullanılarak değerlendirilecektir.

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Kişisel koruyucu donanımları kullandı.		
2. Büküm programını doğru şekilde oluşturdu.		
3. Verilen parçanın fiziki kontrolünü yaptı.		
4. İlk bükümün ardından ölçü ve açı kontrolünü yaptı.		
5. Ölçü ve açı ayarlarını doğru şekilde yaptı.		
6. Tüm bükümleri başarılı şekilde tamamladı.		
7. Üretilen parçanın ölçü kontrolünü yaptı.		
8. Makine ve alan temizliğini yaptı.		

"Hayır" olarak işaretlenen ölçütler için ilgili konu ve uygulamaları tekrar ediniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere cümlelerdeki bilgiler doğruysa "D", yanlışsa "Y" yazınız.

1. () CNC abkant pres, ışık bariyerinin parçadaki eğimli yüzeyleri algılaması sonucu dalgalı büküm hata uyarısı verir.
2. () Kalıp seçiminde en önemli faktör, parçanın rengidir.
3. () Kalıpların makineye bağlanması işlemi, teknik resim tasarımcısı tarafından yapılır.
4. () Bükülecek parçanın açınım boyu hesaplanmasında büküm radyüs değeri, önemli bir parametredir.
5. () 85° açı değerindeki büküm işlemi, dik açılı büküm türüdür.

B) Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru cevabı işaretleyiniz.

6. Aşağıdakilerden hangisi CNC abkant pres makinesinin güç parametrelerinden biri değildir?

- A) Alt kalıp kanal genişliği
- B) Büküm boyu
- C) Malzeme türü
- D) Parça ağırlığı
- E) Parça kalınlığı

7. CNC abkant pres makinesinde, alt kalıbı tutan ve tablaya bağlantısını sağlayan montaj elemanına ne ad verilir?

- A) Kalıp tutucu
- B) Kızak
- C) Radyüs kalıp
- D) T civata
- E) Üst kalıp (bıçak)

8. Aşağıdakilerden hangisi makineden kaynaklanan büküm hatasıdır?

- A) Büküm açısı ayarının doğru yapılmaması
- B) Büküm programının hatalı yapılması
- C) Parçanın açınım boyuna uygun ölçülerde kesilmemesi
- D) Parçanın hatalı tutulması
- E) Y1 ve Y2 pistonlarının inişte hatalı konumlanması

9. Aşağıdakilerden hangisi kalıp kanal genişliğini (V) etkileyen parametrelerden biridir?

- A) Büküm radyüs değeri (ri)
- B) İki büküm arasındaki mesafe
- C) İlk kenar (kulak) mesafesi (b)
- D) Kalıp yüksekliği (H)
- E) Parça büküm boyu

10. CNC abkant preste büküm programı oluşturma aşamasında, hangi bilgi girişi zorunlu değildir?

- A) Açınım boyu
- B) Büküm boyu
- C) Malzeme türü
- D) Parça kalınlığı
- E) Ürün ismi

4. ÖĞRENME BİRİMİ



NC VE CNC'DE ÜRETİM SONRASI İŞLEMLER



KONULAR

1. ÜRÜN KONTROL VE SEVK İŞLEMLERİ
2. MAKİNE KONTROL VE BAKIM İŞLEMLERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

1. NC ve CNC’de kesme, bükme işlemleri sonunda yapılması gereken imalat sonrası işlemleri
2. İmalatı yapılan parçaların makineden alınmasını, toplanmasını, tasnif edilmesi
3. İmalatı tamamlanan parçalara uygulanan ölçme ve kontrol işlemleri
4. İmalat aşamalarında kullanılan ürün etiketlerini ve imalat formları
5. İş tezgâhlarında uygulanan planlı bakım ve kontrol uygulamaları
6. İş tezgâhlarında karşılaşılabilecek arızalar ve arıza bildirim yöntemleri

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Topraklama hattı kullanılmama nedenleri neler olabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Atölyede bulunan giyotin makinesinin, redüktör yağ gözetleme camı üzerinden yağ seviye kontrolü neden önemlidir? Akadaşlarınızla konuyu tartışınız.
3. CNC kesme makinelerinin bakımı konusunda neler biliyorsunuz? Bildiklerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

TEMEL KAVRAMLAR

- periyodik kontrol
- tasnif
- kalibrasyon
- fire
- kontamine



4.1. ÜRÜN KONTROL VE SEVK İŞLEMLERİ

CNC levha işleme makineleri, imalat işleminin türüne göre kesme ve bükme uygulamalarını gerçekleştirir. İmalat sonrası işlemler, imalat işleminin türüne göre farklılık gösterir.

Büküm işlemlerinde oluşturulan büküm programının içeriğine göre parça üzerindeki tüm bükümler bitirilebilir ya da belirli sayıda büküm işleminin ardından bıçak ve kalıp değişimleri yapılarak aynı parça, yeniden büküm işlemine tabi tutulabilir.

Kesme işlemlerinde NC giyotin uygulamalarında aynı şekilde parça, defalarca kesim işlemine tabi tutulabileceği gibi lazer, plazma, oksijen, pañç gibi CNC kesim makinelerinde kesim işleminin ardından doğrudan ölçme-kontrol ve tasnif işlemlerine tabi tutulur. CNC kesme makinelerinde kesimi tamamlanan parçanın, yeniden kesim işlemine tabi tutulması mümkün değildir.

Bu sebepten bükme ve kesme uygulamaları sonunda parçaların ölçü kontrol işlemleri, tasnif ve sevkiyat işlemlerinde farklılıklar oluşur.

4.1.1. İşlenen Malzemelere Yönelik Toplama Tasnif ve Temizleme İşlemleri

Kesme ve bükme işlemlerinde, sac levha yüklerin makineye kaldırılmasında ve imalat işleminin sonuna makineden alınmasında (toplanmasında) toplam malzeme ağırlığına dayanabilecek sağlamlıkta, döner tekerli, seyyar tezgâhlar (taşıyıcılar) kullanılır (Görsel 4.1 a,b).



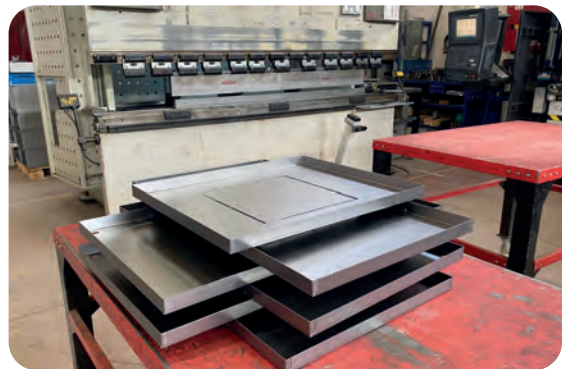
a) Seyyar tezgâh



b) Tezgâh kullanımı

Görsel 4.1: Seyyar tezgâhlar

Seyyar tezgâh adı verilen taşıyıcılar, tüm kesme ve bükme makinelerinde kullanılır. Kesme ya da bükme tablaları ile aynı yüksekliğe sahip oldukları için levhaların makineye aktarılması ve alınması, kolaylıkla ve iş sağlığı ve güvenliği açısından daha az riskle gerçekleştirilir (Görsel 4.2).



Görsel 4.2: Seyyar tezgâh yükseklikleri

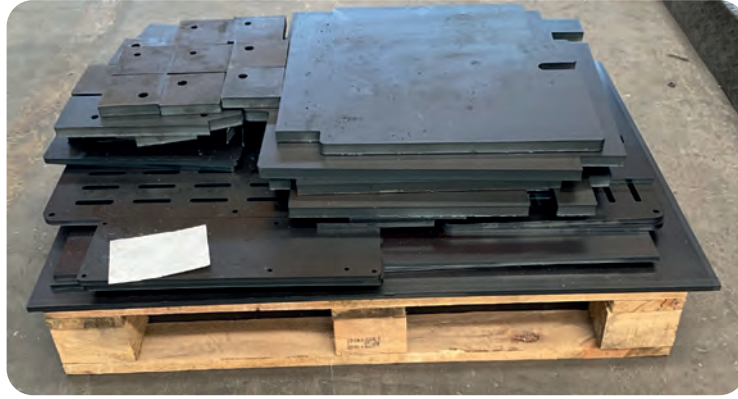


Parçaların Toplanması

CNC kesim işlemlerinde kesilecek malzemeler, kesim tezgâhına el ya da vinç yardımı ile yüklenir. Kesim işleminin ardından parçalar, kesim tablası üzerinden kesim yöntemine göre değişen usullerle toplanır.

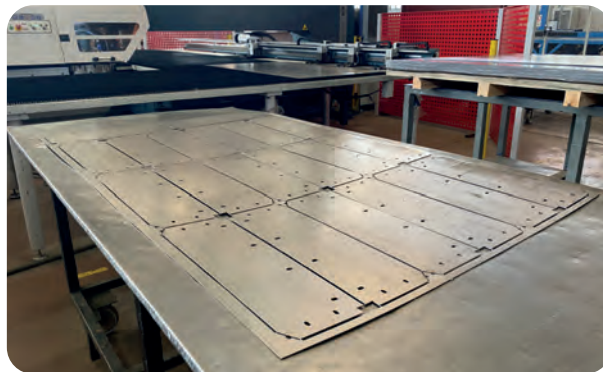
Lazer kesim yönteminde parçalar, çoğunlukla mekik tablanın kesim ünitesinin dışına taşınması (tabla değişimi) ile alınır. Kesme tablası tek ve sabit olan lazer kesim makinelerinde parçalar, boyutlarına ve geometrik şekillerine göre farklı usullerle alınır. Küçük ebatlara sahip parçalar, el veya mıknatıs kullanılarak alınır. Büyük ebatlı parçalar, el yordamıyla veya tavan vinci (açık lazer makinelerinde) kullanılarak alınır. Kesim ünitesi kapalı olan lazer makinelerinde, operatörün kesme tablası üzerine çıkması gerekebilir.

CNC plazma ve alevle kesim makineleri, genelde sabit kesme tablalı, üzeri açık makinelerdir. Lazer kesim yöntemine göre daha kalın ve kütleli malzemelerin kesimi için kullanıldığından kesilecek levhaların yüklenmesinde ve kesilen parçaların tabladan alınmasında tavan vinci kullanılır. Küçük ebatlı parçalar, el yordamıyla alınarak ağaç paletler üzerine istif edilir (Görsel 4.3).



Görsel 4.3: Ağaç palet üzerine istifleme

Panç preste parçaları kesme tablası üzerinde klemlere konumlandırma işlemi, çoğunlukla operatör tarafından el yordamıyla yapılır. Bu işlem için makine kesme tablası ile aynı yükseklikteki seyyar tezgâh kullanılır. Seyyar tezgâh üzerinden dikkatlice kesim tablasına kaydırılan sac malzemeler, klemler aracılığı ile tutularak işlenir. İşlendikten sonra başlangıç konumuna geri gelen sac levha, klemlerin açılmasıyla farklı bir seyyar tezgâh üzerine kaydırılarak alınır (Görsel 4.4). Büyük ebatlı ve ağır sac levhaların yüklenmesi işlemlerinde konveyör, manipülâtör kol (robot kolu) veya kaldırma, iletme makineleri kullanılır.



Görsel 4.4: Panç preste işlenen parçaların alınması



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Giyotin makas ile kesim işleminde, yükleme ve toplama işlemleri için kesme tablası ile aynı yükseklikte seyyar tezgâhlardan yararlanır.

Parçaların Tasnifi

Tasnif, parçaların makinede işlenmeden önce ve işlendikten sonra şekil ve ebatlarına göre bölümlere ayrılarak dizilmesi, anlamına gelmektedir. Kesilecek parçaların dizilmesi ebat ve formlarına göre üst üste ya da yan yana olacak şekilde yapılır.

CNC büküm işlemlerinde bükülecek parçalar, abkant makinesinin alt kalıbı ile aynı yüksekliğe sahip döner tekerli seyyar tezgâhlara tasnif edilir. Büküm işlemi tamamlanan parçalar, ahşap veya plastik taşıma paletleri üzerine, seyyar tezgâhlar üzerine tasniflenerek bir sonraki işlem basamağı için sevk edilir. Büyük ebatlara sahip (tava, kapak vb.) büküm parçaları, birbirine zarar vermeyecek ayrı bölmelere sahip raf taşıyıcılara tasnif edilir (Görsel 4.5 a,b,c).



a) Ağaç palet

b) Seyyar tezgâh

c) Raf

Görsel 4.5: İşlenen parçaların tasnif bölümleri ve bölmeleri

Parçaların Temizlemesi

Kesilen parçalar, imalatta istenen kesim kalitesine ve kesim sonrası uygulanacak imalat işlem basamağına göre farklı yöntemlerle temizlenir.

Lazer ya da giyotin makas ile kesim işlemine tabi tutulmuş parçalar, genellikle herhangi bir temizlik işlemine tabi tutulmaz. Kalite kontrol işleminin ardından etiketlenir ve stok alanına sevki sağlanır.

Plazma ya da alevle kesim uygulanan kesim yüzeylerinde, parça kalınlığına göre değişen miktarlarda cüruf tabakası oluşur. Kesim sonrası istenen yüzey düzgünlüğüne göre tel fırça, zımpara, kumlama gibi yöntemlerle kesim yüzeyi temizlenir.

Panç preslerde işlem sonrası makineden seyyar tezgâh üzerine alınan levhadan, mikro eklerle (tel bağlantı) bağlı işlenmiş parçalar tek tek kopartılır. Kopartma işlemi için çoğunlukla bıçak formunda metal kesiciler kullanılır. Ardından mikro ek bağlantılarının parça üzerinde kalan çentikleri, sac rayba adı verilen el aleti kullanılarak temizlenir (Görsel 4.6 a,b).



a) Rayba el aleti



b) Rayba ile sac kenarının temizleme işlemi

Görsel 4.6: Rayba ile sac kenarının temizlenmesi



4.1.2. Kesilen ve Bükülen Parçaların Ölçme ve Kontrol İşlemleri

Metal imalatları sanayisinde, imalat maliyetleri ölçülebilir ve kontrol edilebilir süreçlerden oluşur. İmalat maliyetleri, imalat yönetim sistemlerinin temel konusunu oluşturur. İmalat yönetim sistemlerinin temel amacı, yüksek kalitede ürünü en düşük maliyetle üretebilecek yöntemleri sağlamaktır.

İmalat maliyetleri, çok sayıda girdi maliyetinin toplamından oluşur. Özellikle iki husus, imalat maliyetlerini önemli ölçüde etkiler. Bu hususlar, imalat teknikleri ile yakından ilgilidir.

➔ Üründe istenen kalite ve ölçü tolerans değerleri

Toleranslar dâhilinde boyutsal uygunluk.

Kesim yüzeylerinin düzgünlüğü.

Metalurjik yapısının zarar görmeden kesilmiş olması gibi gereklilikler.

➔ İmalat sürecindeki fire kayıpları

Metal imalat sektöründeki işletmeler, fire ile yakından ve sistematik şekilde mücadele ederler. İmalat verimliliğinin sağlanması için fire kayıplarının saatlik vardiya ya da imalat partisi (toplam imalat sayısı) bazında izlenmesi gerekir. Bu amaçla üzerinde sebeplerin belirtildiği fire formları (görsel şema) kullanılır. Fire formlarından elde edilen istatistikler sayesinde fire kayıplarına yol açan etkiler ortadan kaldırılarak daha az fire ile çalışılması sağlanır.

Tüm imalat sanayilerinde olduğu gibi metal imalat sanayisinde de işletme ile müşteri arasında karşılıklı mutabakata varılarak hazırlanan şartnamelerde, kalite ile ilgili toleranslar ve kriterler belirtilir. Bu noktada ISO standartlarında kabul gören kalite yönetim sistemleri (örnek ISO 9001) kullanılır. İmalat için kabul edilen kalite yönetim sistemi kriterlerine göre kalite planlaması yapılır.

Kesme işlemlerinde kalite kriterleri şunlardır:

- ➔ Teknik resme göre boyutsal doğruluk ve tolerans değerleri
- ➔ Geometrik şekle göre kesim doğruluğu (daire ve köşe kesimlerindeki doğruluk vb.)
- ➔ Uzun kenar kesimlerinde çizgisel doğruluk (panç preslerde)
- ➔ Kesim yüzeylerinin açısı (kerf açısı)
- ➔ Alt yüzeyde müsaade edilen çapak miktarı
- ➔ Kesim yüzeyinde müsaade edilen oksitlenme miktarı
- ➔ Kesim yüzeylerinde renk değişimi

Yukarıda belirtilen kesme ile ilgili kalite kriterlerine göre ölçme, kontrol ve görsel muayene işlemleri yapılır. Kesme işlemleri küçük ebatlarda, yüksek imalat adetlerinde gerçekleştiğinde kesilen parçaların tamamı kontrol işlemlerinden geçirilmez. Tercih edilen kalite yönetim sistemine ve şartnamede belirtilen kriterlere göre (TSE ISO 2859/1 Muayene ve deney için numune alma metodları) belirli sıra ve sayıda ürün, örnekleme planına göre ölçme ve kontrol işlemine tabi tutulur.

Ölçme, kontrol ve muayene işlemleri, kalite planında belirtilen personel tarafından yürütülür ve sonuçlarla ilgili formlarda kayıt altına alınır. Ölçme, kontrol ve muayene işlemlerini, kesme uygulamalarında kesim operatörü ya da kalite personeli yapar.

Bükme işlemlerinde kalite kriterleri şunlardır:

- ➔ Teknik resme göre boyutsal doğruluk ve tolerans değerleri
- ➔ Teknik resme göre büküm açılarının doğruluk değerleri



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

- Teknik resme göre radyüs değerlerinde doğruluk
- Teknik resme göre açınım boyundaki doğruluk
- Uzun büküm boylarında değişmeyen büküm açısı
- Büküm kenarlarının kalıp deformasyon izlerine karşı korunması

Kesme ve bükme işlemleri sonunda imalatı tamamlanan parçalar, açı ve uzunluk ölçüm işlemine tabi tutulur. Küçük ebatlarda ve doğrusal olmayan geometrik şekillere sahip parçaların ölçme ve kontrol işlemlerinde master, şablon ve ağırlık kontrol yöntemleri kullanılabilir. Bu tarz ürünlere Türkiye haritası şeklinde kesilmiş parçalar örnek olarak gösterilebilir. Harita şeklini ölçerek kalite kontrolü yapmak uzun zaman alır ve güvenilirliği düşük bir yöntem olur. Türkiye haritası şeklinde aynı ölçülerde hazırlanmış bir şablon içerisine oturtularak yapılan kontrol daha sağlıklı bir ölçme uygulaması olur. Özellikle küçük ve karmaşık şekle sahip parçalarda, hassas terazi ile ağırlık kontrolü yönteminin uygulandığı ölçme kontrol işlemlerine de rastlanır. Doğrusal düzgünlüğe sahip parçaların ölçme ve kontrol işlemlerinde kumpas, açı ölçer vb. ölçme, kontrol araçları kullanılır (Görsel 4.7).

Ölçme Aletlerinin Kalibrasyonu

Kalibrasyon terimini kısaca ölçme aletlerinin ölçülmesi şeklinde tanımlayabiliriz. Ölçme aletlerinin ölçüm doğruluğunun kanıtlanması için yapılan uygulamadır. Türkçeye geçmiş tanımlardan biri olan kalibrasyon, ölçümleme anlamına gelmektedir.

Kalibrasyon uygulamaları, ölçü aletinin doğru ölçmek için ayarlanması anlamını taşımaz. Yani yanlış ölçen bir alet, kalibrasyon işlemi ile doğru ölçüm yapar duruma gelmez. Kalibrasyon, ölçü aletinin mevcut ölçme sonuçlarının doğruluğunun test edildiği ve belgelendirildiği bir işlemdir. Belgelendirme işlemi, ölçü aleti üzerine yapıştırılan bir etiket ve o etiketi tanımlayan sertifika ile yapılır (Görsel 4.8 a,b).

Kalibrasyon belgelendirme işlemleri, Türkiye akreditasyon (TÜRKAK) kurumu tarafından yetkilendirilen kurum ve kuruluşlar tarafından yapılır. Bu kuruluşlar, yetkilerini uluslararası izlenebilirlik ilkesine göre hazırlanmış bir dizi standart prosedürler sonunda alırlar. Böylece uluslararası kabul gören bir raporlama sistemine sahip olurlar.

Ülkemizde ölçme ve kontrol aletlerinin kalibrasyon zorunluluğu tüketicinin korunması ilkesine dayanan yasal mevzuatın yanı sıra, ISO standartlarındaki kalite gerekliliklerinin yerine getirilmesi ilkesine dayanır.



Görsel 4.7: Ölçme kontrol araç gereci



a) Açı ölçer



b) Şerit metre

Görsel 4.8: Ölçü aletleri kalibrasyon etiketleri



Kalibrasyon işlemi hangi durumlarda yapılır?

- ➔ Ölçü aleti ilk alındığında
- ➔ Ölçü aletinin türüne göre değişen zaman aralıklarında
- ➔ Ölçüm sonuçlarından şüpheye düşülmesi durumunda
- ➔ Ölçüm aleti, arıza yapması ya da mekanik darbe alması durumunda kalibrasyon işlemine tabi tutulur.

Kesme ve bükme işlemlerinde kullanılan ölçme kontrol aletleri şunlardır:

- ➔ Şerit metre
- ➔ Çelik cetvel
- ➔ Kumpas
- ➔ Mikrometre
- ➔ Açı ölçer
- ➔ Gönye
- ➔ Şablon (özel uygulamalarda)

Kesme ve bükme işlemlerinde imalat sonunda yapılan kontrol işlemleri, imalatın teknik resme göre boyutsal doğruluğunun ölçülmesini ve kesim yüzeylerinde istenilen kesim kalitesinin tespiti amacıyla yapılan değerlendirmeleri kapsar. Bu amaçla yukarıda belirtilen ölçü aletleri kullanılarak açı ve uzunluk ölçümleri yapılır (Görsel 4.9).



Görsel 4.9: Kumpas ile uzunluk ölçümü



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Kalibrasyon testleri yapılmış ölçme aletleri ile gerçekleştirilen açı ve uzunluk ölçüm sonuçları, teknik resimde verilen tolerans değerlerine göre yorumlanır (Görsel 4.10). Tolerans değerleri dışında kalan ölçüm sonuçlarına sahip parça, fireye ayrılır.



Görsel 4.10: Açı ölçer ile açı ölçümü

Fire olarak ayrılan ürünler, geri dönüşüm alanlarına bırakılır (Görsel 4.11). Geri dönüşüme bırakılacak parçanın kullanılmayacak şekilde deforme edilmesi istenir. Ürünün fireye ayrılması kararı, ölçme ve kontrol işlemini yapan imalat personeli ya da kalite kontrol personeli tarafından verilir. Ürüne ait ölçü toleransları ve kabul kriterleri hakkında operatörün iyi bilgilendirilmesi, parçaların gereksiz şekilde fireye ayrılması riskini azaltır.



Görsel 4.11: Geri dönüşüm alanı

4. NC VE CNC'DE ÜRETİM SONRASI İŞLEMLER



form üzerinde hassas ölçü değerleri, tolerans dâhil edilerek belirtilir. İmalatı yapan operatör ve kalite kontrol personeli, ürün üzerinde yaptıkları ölçüm sonuçlarını ve diğer muayene ve kontrol bilgilerini süreç takip formuna işler (Görsel 4.14). Form, parçaya ait tüm imalat aşamalarını kapsar ve ürün hâline geldikten ve müşteriye tesliminden sonra da belirli bir süre boyunca muhafaza edilir. Tüketiciden gelecek olumsuz kullanıcı şikayetleri ya da arıza hâllerinde, bu formlar üzerinde yazan bilgilere başvurulur.

ŞİRKET LOGOSU			SÜREÇ KONTROL RAPORU												DOKÜMAN No. / DOCUMENT No.		YÜRÜRLÜK TARİHİ / INITIAL RELEASE									
			PROCESS CONTROL REPORT												REVİZYON TARİHİ / REVISION DATE		REVİZYON No. / REVISION No.									
															SAYFA No. / PAGE No.											
BİRİM ADI:		LEVHA İŞLEME		GİRİŞ TEST NO / KABUL NO		PARTİ NO		KONTROLLER												RAPOR No.		202... /				
ÜRÜN		MAKİNE		İŞLEM				Görsel Kont.	Boyut Kont.	Boyut Kont.	Boyut Kont.	Boyut Kont.	Boyut Kont.	Boyut Kont.	Boyut Kont.	Boyut Kont.	Boyut Kont.	Boyut Kont.	Kalıp Sığ.	Çatlak Kont.	SONUÇ		KONTROL TARİHİ / SAATİ		KONTROL EDENLERİ	
AÇIKLAMA:																		K: Kabul / Uygun		RED: Uygun Değil		ONAY TARİHİ:		ONAY(LAR):		
																		ŞK: Şartlı Kabul		NA: Numune Alınmadı						

Görsel 4.14: Süreç kontrol raporu ve formu

Belirli bir imalat periyodu için oluşabilecek fire kayıp miktarı, öngörülebilir ve imalat maliyetlerine önceden ilave edilen bir niceliktir. İmalat tasarımlarında ve imalat yönetimi çalışmalarında fire kayıplarını en aza indirecek tedbirler göz önünde bulundurulur. Bu bakımdan imalat süreçlerinin kalite planlaması çerçevesinde sürekli izlenmesi ve fire kayıplarında oluşacak olağan dışı artışın sebeplerinin araştırılması için hata ve fire takip formları kullanılır (Görsel 4.15).

ŞİRKET LOGOSU			OPERASYON HATA ve FİRE TAKİP FORMU						DOKÜMAN No.		YÜRÜRLÜK TARİHİ	
									REVİZYON TARİHİ		REVİZYON No.	
									SAYFA No.			
BÖLÜM ADI:		KALİTE KONTROL						DÖNEM:				
ÜRÜN ADI	OTOMOTİF / DİĞER	HAYALI ADET	TOPLAM ADET	OPERATÖR	TARİH	MAKİNA	HATA NEDENİ	HATA YERİ	SONUÇ			
HATA YERİ:				D: Dövme 1G: 1. Grup 2G: 2. Grup P: Parça		Bölüm Sorumlusu:		Kalite Kontrol:		Onay:		
İB: İsil İşlemi YZ: Yüzey İşlemi M: Markalama T: Toleranç												
SD: Süzgeçli Dövme ST: Süzgeçli Tövme SI: Süzgeçli İsil İşlemi												
SY: Süzgeçli Yüzey İşlemi												

Görsel 4.15: Hata ve fire takip formu



4.1.4. Tasnif Edilerek İstiflenen Parçaların Stok Alanına Sevk Edilmesi

İmalat işlemi tamamlanan parçalar; ürün tanıtm etiketi ile birlikte birleştirme, temizleme ve boyama gibi işlemler için ilgili stok alanına uygun yöntemlerle sevki edilir (Görsel 4.16).



Görsel 4.16: İmalatı yapılan malzemelerin bir sonraki işlem için sevk edilmesi

4.2. MAKİNE KONTROL VE BAKIM İŞLEMLERİ

CNC kesme ve bükme makinelerinin önleyici bakım işlemlerinin aksatılmadan yapılması, çalışma öncesi ve çalışma anındaki kontrollerinin yapılması imalatın kaliteli şekilde sürdürülmesi için önemlidir.

4.2.1. İş Tezgâhlarında Oluşması Muhtemel Arızalar

CNC metal işleme makineleri arıza sebepleri şunlardır: mekanik, hidrolik, pnömatik, elektrik ve elektronik sistemlerin CNC kontrol sistemi tarafından tam bir uyum içerisinde çalıştırıldığı tümleşik donanımlardır. Önleyici bakımların tam zamanlı yapılmasına rağmen bazı durumlarda makineler arıza oluşturabilir.

CNC metal işleme makinelerinde arıza sebepleri:

- ➔ Önleyici bakımların zamanında yapılmaması.
- ➔ Makinenin uygun elektriksel değer ve kararlılıkta enerji ile beslenmemesi.
- ➔ Dışarıdan sağlanan hava içerisindeki rutubetin tam olarak kurutulamaması.
- ➔ Dışarıdan sağlanan plazma ve lazer oluşum gazları ile kesme ve soğutma (ikincil) gazlarının uygun saflık değerinde kullanılmaması.
- ➔ Kullanım ömrü biten parçaların zamanında değiştirilmemesi.
- ➔ Makine üreticisi tarafından önerilmeyen yedek parça kullanılması.
- ➔ Uygun tür ve miktarda yağ ve bakım malzemelerinin kullanılmaması.
- ➔ Makinenin üreticinin belirlediği kapasitenin üzerinde çalıştırılması.
- ➔ Yeterince eğitilmemiş personelin yol açtığı kullanım hataları.

CNC kesme ve bükme makineleri, sahip oldukları ileri teknoloji donanımları sayesinde olası arıza



belirtilerini, kontrol paneli bildirimleri ile operatöre iletir. Operatörler, kontrol paneli bildirimlerine ve makinenin çalışmasındaki olağan dışı belirtilere göre olası arıza durumunu üst amirine (vardiya amiri, imalat sorumlusu vb.) bildirir.

İmalat sürecini etkileyen arızalar, ürün ölçümlerinde farklılıklar oluşturur. Kesme ya da bükme işleminde parça ölçülerinde oluşan sapmalar için makine üzerinde belirlenmiş ayarlama işlemleri yapılır. Ayarlama işlemine rağmen giderilemeyen hatalı imalat sonuçlarının oluşması durumunda, imalat durdurulur ve makine ile ilgili arıza kaydı oluşturulur.

CNC kesme ve bükme makinelerinde oluşabilecek arızaların büyük çoğunluğu, sensörler yardımı ile önceden belirlenir. Kontrol sistemi tarafından panel üzerinden bildirim mesajı verilerek sistemin çalışması durdurulur.

Uyarı mesajı alındığında işletmenin bakım personeli tarafından makine üzerinde önceden belirlenmiş senaryolara göre (ürün kullanım, servis ve bakım kitabı) ayar işlemleri yapılır. Yapılan ilk müdahalenin ardından makine, yeniden başlatılarak çalıştırılır. Arızanın işletme imkânları ile giderilememesi durumunda, makinenin ana elektrik beslemesi kapatılarak üretici firmadan teknik destek istenir.

Aşağıda liste hâlinde verilen arızalar, CNC kontrol sistemlerinin algıladığı ve oluşturduğu uyarı mesajlarına göre müdahaleler yapılmasına rağmen giderilemeyen arıza senaryolarını içermektedir. Belirtilen arızalar için makine üreticisi firmalardan teknik destek talep edilir.

Bükme makinelerinde oluşabilecek muhtemel arızalar şunlardır:

- ➔ Y1 ve Y2 pistonlarının hidrolik hareketi ile ilgili arızalar
 - Pedala basıldığında üst tablada hareket yok.
 - Bir piston, diğerine göre daha hızlı iniyor.
 - Pistonların birinde hareket yok.
 - Pistonlardan biri kendiliğinden aşağıya iniyor.
 - Üst tabla iniyor, preslemeye geçmiyor.Üst tabla geri dönüşte zorlanıyor.
 - Makinenin iki kenarında farklı büküm değerleri ölçülüyor.
- ➔ Dayama sistemi arızaları
 - Arka dayama mesafesi, büküm programındaki değeri vermiyor.
 - X eksenlerinden biri diğerinden farklı mesafede duruyor. X, R ve Z eksenleri hareket etmiyor.
- ➔ Işık bariyeri arızaları
 - Pedala basıldığında büküm işlemi başlamıyor.
- ➔ Bombeleme sistemi arızaları
 - Motorlu bombeleme sistemi çalışmıyor.

Kesme makinelerinde oluşabilecek muhtemel arızalar şunlardır:

Kesme makinelerinin türüne göre oluşabilecek arıza türleri farklılık göstermektedir.

Panç pres makinelerinde oluşabilecek muhtemel arızalar şunlardır:

- ➔ Hidrolik sistem ile ilgili arızalar.
 - Hidrolik çekiç çalışmıyor.
 - Hidrolik sistem, basınç düşümü arızası veriyor.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

- ➔ Taret ile ilgili arızalar
 - Taret üzerine takılan kalıplar sıkışıyor.
 - Alt ve üst taret hizası (taret kayması) kayma gösteriyor.
 - Taret kilitleme sistemi sağlıklı çalışmıyor.
 - Sac malzeme taret arasına sıkışıyor.
- ➔ Sac tutucu (Klemp) arızaları
 - Sac malzeme klemlerden kurtuluyor.
 - Sac malzeme tarete çarpıyor.
 - Klemp, pistonları kapatmıyor.
- ➔ Kesim doğrultusunun bozulması arızaları
 - İndeks istasyonlarındaki kalıplar, çabuk aşınıyor veya sıkışıyor.
 - Uzun kenar kesimlerinde doğrusal düzgünlük (çizgisel) sağlanamıyor.

Plazma kesme makinelerinde oluşabilecek muhtemel arızalar şunlardır:

- ➔ Güç ünitesi arızaları
 - Plazma arki için gerekli akım üretilmiyor.
 - Düşük şiddette ve düzensiz akım üretiliyor.
- ➔ Köprü hareket sistemi arızaları
 - Kremayer dişli sistemi hasar almış, sesli çalışıyor.
 - Dairesel şekillerin kesimi hatalı sonuç veriyor.
 - Eksen hareketleri titreşimli ve düzensiz oluyor.
- ➔ Torç arızaları
 - Kapasitif sensör mesafe ayarını yapmıyor.
 - Torç parçaya çarpıyor.
 - Z eksen hareketini sağlayan dişli ve kızaklar hasar almış.
 - Nozul ve koruma kapağı hasar görmüş olabilir.
- ➔ Soğutma sistemi arızaları
 - Su soğutma sistemi devre elemanları arızalı, torç aşırı ısınıyor.
 - Soğutma hortumları tıkalı olduğu için soğutma kompresörü devreden çıkıyor.
- ➔ Gaz emiş sistemi arızaları
 - Radyal fan çalışmıyor.
 - Filtre sistemi aşırı kirlenmiş.
 - Ortamdaki duman ve toz toplanmıyor olabilir.

Lazer kesme makinelerinde oluşabilecek muhtemel arızalar şunlardır:

- ➔ Rezonatör arızaları
 - Güç ünitesi çalışmıyor.
 - Düşük kapasite ile çalışıyor.
- ➔ Eksen hareket sistemi arızaları
 - Guide arabası (köprü) hareket sistemi kızakları hasar görmüş olabilir.
 - Kremayer dişli sistemi hasar görmüş.
 - Servo motor ve redüktörler hasar görmüş olabilir.



Kremayer dişli sistemi hasar görmüş.

Servo motor ve redüktörler hasar görmüş olabilir.

➔ Kesme kafası arızaları

Lens ve optik devre elemanları yanmış.

Kesme kafası parçaya çarpmış.

Nozul zarar görmüş.

Parçaya çarpma sonucu Z eksenine ait hareket sistemi bileşenleri hasar görmüş olabilir.

➔ Soğutma sistemi arızaları

Su soğutma grubu kompresörü, kondenser fanı, su pompası motoru hasar görmüş.

Su iletim hatları tıkalı.

Kesme kafasına ait soğutma devresi hasar görmüş.

Rezonatöre ait soğutma devresi hasar görmüş olabilir.

➔ Gaz emiş sistemine ait arızalar

Radyal fan çalışmıyor.

Filtre kartuşları kirlenmiş.

Ortamdaki duman ve toz toplanmıyor olabilir.

4.2.2. İş Tezgâhlarının Periyodik Bakım ve Kontrol İşlemleri

Metal imalat sektöründe imalat faaliyetlerini sürdüren işletmeler, kurulum ve işletme giderleri yüksek makine ve donanımları kullanır. Bu donanımlarda oluşacak arızalar, hem onarım maliyetleri hem de onarım için gereken zaman dilimindeki imalat kayıpları açısından yüksek maliyetler oluşturur. Makine ve takımların sürekli çalışır durumda olması, üretilen parçanın doğruluk ve hassasiyetinin asgari kalite gerekliliklerini karşılıyor olması işletmelerin temel imalat hedefleri içerisinde yer alır.

İşletmelerde, makine ve donanımların olası arızalarının en aza indirilmesi, imalat hassasiyetlerinin uzun süre devam ettirebilmesi amacıyla planlı bakım faaliyetleri yürütülür. Böylece ağır hasarlara yol açabilecek birçok arıza, oluşmadan engellenmiş; olası iş sağlığı ve güvenliği riskleri bertaraf edilmiş olur.

Bu amaçla işletmelerde, bakım birimi adı verilen çalışma grupları oluşturulur. Bakım birimi çalışanları, makinenin imalat yaptığı ürün ve kalite gereklilikleri konusunda çok kapsamlı bilgiye sahip değildir. Ancak makinenin sürekli çalışır durumda olması ve makineye ait imalat sorumlusunun ürün ile ilgili kalite beklentilerine cevap verecek doğruluk ve hassasiyette imalata devam etmesi önemlidir. Bakım birimi çalışanları, işletmede bulunan değişik tür ve kapasitedeki tüm makinelerin periyodik bakım, kontrol ve arıza onarımlarından sorumludur.

Makineyi kullanan operatörün makine bakımlarını yapma, arıza teşhisi koyma ve onarım faaliyetlerini yürütme gibi görev ve sorumluluğu yoktur. Bahse konu uygulamaların tamamı, bakım birimi çalışanlarının yetki ve sorumluluğundadır. Bakım birimleri, makine ve donanımlarına ait mekanik ve elektriksel sistemlerin bakımı konusunda belgelendirilmiş vasıflı personellerden oluşturulur.

Vasıflı ve yetkili bakım personeli haricindeki kişilerin makineye ait donanımların bakımlarını yapmaları, ayarlarına müdahale etmeleri, arıza teşhisi ve onarım faaliyetlerinde bulunmaları tehlikeli ve yasaktır.



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Bakım onarım faaliyetleri, iki ana başlık altında toplanmaktadır. Bunlar plansız bakım ve planlı bakım olarak adlandırılır.

Plansız Bakım

Makine veya donanımlarında arıza ortaya çıktığında yapılan onarım çalışmalarını ve bakım faaliyetlerini kapsar. Kalite gereklilikleri açısından değerlendirildiğinde geçerliliğini yitirmiş bir bakım yöntemidir. Önleyici bakım olarak değerlendirilemez. Bakım faaliyetleri ve işlemler, çoğunlukla kayıt altına alınmaz. Giderilen arızanın yeniden oluşması önlenemez. Anlık çözümler üretmek için bazı küçük çaplı işletmeler tarafından uygulanan bakım yöntemidir.

Planlı Bakım

Plansız bakım uygulamalarında arıza sebeplerinin tam olarak ortadan kaldırılamayışı, arızanın sıklıkla tekrar etmesi, olası arızaların genel imalat akışını olumsuz etkilemesi gibi sebeplerden dolayı ortaya çıkmış bir bakım yöntemidir.

Planlı bakım yöntemi, aynı zamanda periyodik bakım ve önleyici bakım anlamına gelmektedir. Bakım faaliyetleri, makinenin çalışma sürekliliğinin sağlanması için gerekli olan kontrol ve parça değişimi işlemlerinin yanı sıra temizlik faaliyetlerini de kapsar. Böylece makine kendi ürettiği kirleticilerden (yağ, talaş, cüruf vb.) ve dış ortamdan kaynaklanan toz ve duman kalıntılarının arındırılmış olur.

Planlı bakım, makine ve donanımlarının önceden belirlenmiş zaman dilimi aralıklarında yapılan bakım ve kontrol uygulamalarını kapsar. Makineyi oluşturan sistemler ve donanımlar önceden hazırlanmış plana göre kontrol edilir. Olası aksaklıklar giderilir. Değişmesi gereken parçalar (kullanım ömrü tamamlanan, yağ, rulman, o-ring, keçe, kayış vb.) zaman planlamasına göre değiştirilir. Böylece kullanım ömrü dolmuş parçalar sebebi ile oluşacak arızalar önceden engellenmiş olur.

Makineyi oluşturan donanımların ömrünün ne zaman biteceği, üretici firma tarafından servis bakım kitabında belirtilir. Periyodik bakım planı, bu donanımların ömürlerine göre belirli zaman dilimlerine ayrılarak yapılır. Üretici firma tarafından belirtilen zaman periyotlarına göre işletmeler, makine bakım planını oluşturur. Bakım birimi, zamanı gelen makine ve donanımı bakım işlemi için durdurarak ayrıntılı temizlik, kontrol ve bakım işlemlerini tamamlar. Bakım işlemi sonunda değişen parçalar, yapılan kontrol işlemleri ve sonuçları faaliyet raporu şeklinde kayıt altına alınır. Böylece makineye ait bakım çalışmaları kolaylıkla izlenmiş olur.

Periyodik bakım türleri şunlardır:

- ➔ Günlük bakım
- ➔ Haftalık bakım
- ➔ Aylık bakım
- ➔ Altı aylık bakım (Üretici firma direktiflerine göre üç aylık bakım olabilir.)
- ➔ Yıllık bakım

Günlük bakımda temizlenecek donanımlar ve kontrol edilecek noktalar, makineyi kullanan operatör tarafından yapılabilir. Diğer periyodik bakımların tamamı, bakım ve onarım konusunda vasıflı bakım birimi çalışanlarınca yapılmalıdır.

Endüstriyel imalat tesisleri, müşterilerinin isteği ve ürün şartnamelerinde belirtilen hususlar gereği, belirli makine ve donanımları planlanmış aralıklarla uluslararası akredite olmuş kurumlara kontrol ettirerek imalat kalite güvence sistemlerini belgelendirir. Bu amaçla kontrol faaliyetlerini yürüten firmalar, **TS EN ISO/IEC 17020** standardına göre akredite edilmiş olmaları koşulu



ile belirlenmiş CNC makinelerde kontrol işlemlerini yaparak sonuçları rapor hâlinde yayımlar.

Arıza Teşhisi

Makinede meydana gelen arızanın hangi sistem veya kısımda oluştuğunun tespiti ve onarım için gerekli planlamanın yapıldığı çalışmaları kapsar. Arıza teşhisi, onarım aşamasına geçilmeden titizlikle yürütülmesi gereken belirli kontrol aşamalarını içerir. Arıza teşhisi çalışmaları, bakım birimi çalışanlarınca yapılır. Belirli arıza senaryoları dışında kalan teşhisi zor arızalarda, makine üreticisi firmadan teknik destek alınarak ortak çalışma ile çözüm bulunabilir.

Onarım

Makine ve donanımların teşhisi konulan arızalarının giderilmesi ve yeniden işler hâle gelmesi için parça değişimlerini de kapsayan çalışmalara onarım faaliyetleri adı verilir. Bakım ve onarım, birlikte yürütülen faaliyetlerdir. Periyodik bakım ve kontrol işlemlerinde parça değişimleri, arıza durumunun gerçekleşmesine bakılmaksızın onarım faaliyetleri olarak da adlandırılabilir.

CNC kesme ve bükme makineleri bakım ve kontrol uygulamalarında dikkat edilecek hususlar:

- ➔ Makinenin periyodik kontrol ve bakım işlemleri, **periyodik bakım planlarında** belirtilen zaman diliminde aksatılmadan yapılmalıdır.
- ➔ Periyodik bakım planı, makineye ait **servis bakım kitabında** belirtilen noktalara göre titizlikle hazırlanmalıdır.
- ➔ Elektronik arıza bildirimleri ile karşılaşıldığında, makineye ait sorun giderme (troubleshooting) tablolarından yararlanılmalıdır.
- ➔ Bakım ve kontrol işlemlerinde, yağ ve parça sıçramalarına karşı koruyucu gözlük kullanılmalıdır.
- ➔ Bakım ve kontrol işleminde, yapılan işe uygun koruyucu eldiven kullanılmalıdır.
- ➔ Bakım ve kontrol işlemlerinde geniş, bol ve uzun iş kıyafetleri giyilmemelidir.
- ➔ Günlük kontrol işlemleri, makineyi kullanan personel (operatör) tarafından periyodik olarak yapılmalıdır.
- ➔ Günlük kontrol işlemleri, dışında kalan makine bakım, kontrol ve servis işlemleri yetkilendirilen personel tarafından yapılmalıdır.
- ➔ Bakım ve kontrol işleminden önce makinenin KAPALI konumda olduğundan emin olunmalıdır.
- ➔ Makinenin elektrik pano bakımı ve temizliği yapılırken elektrik ana güç bağlantısı kesilmelidir.
- ➔ Makinenin topraklama hattı mutlaka kontrol edilmeli, bakır kablo bağlantıları gözden geçirilmelidir.
- ➔ Bakım esnasında, güvenlik açısından hidrolik valflerin, basınç regülatörlerinin ve elektronik sürücülerin ayarlarına müdahale edilmemelidir.
- ➔ Hidrolik ekipmanlar, elektriksel cihazlar, dişliler, güvenlik araçları ve kablolar; makine üreticilerine danışılmadan değiştirilmemelidir.
- ➔ Eksenlere hareket veren dişli ve kayışlar, özenle kontrol edilmeli; bakım ve kontrol işlemi sonunda gürültü ve titreşim açısından değerlendirilmelidir.
- ➔ Makine ya da tabla üzerine çıkılması gerekiyorsa dayama ayarı eksen hareket sistemi gibi hassas parçalara basılmamalıdır.
- ➔ Lazer rezonatör, plazma güç üretici ve hidrolik güç sistemlerine ait genel temizlik ve kontrol



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

işlemlerinin ardından, makinenin çalışma hâlindeki güç verileri değerlendirilerek kontrol işlemi tamamlanmalıdır.

- ➔ Makine türüne göre gaz ve hidrolik hortumları, optik iletim hatları (ayna, fiber kablo vb.) ve bunlara ait bağlantı elemanları ve o-ringler sızıntılara karşı kontrol edilmeli, gerekli hâllerde uygun test işlemleri özenle yapılmamalıdır.
- ➔ Elektrik güç kabloları ve bağlantı noktaları, hasarlara karşı kontrol edilmez.
- ➔ Hidrolik yağ tanklarına, otomatik yağlama rezerv tanklarına ve gresörlüklere ilave edilecek yağın özellikleri, makineye ait bakım tablolarına göre belirlenmelidir.
- ➔ Elektrik ve elektronik devre elemanlarında, temizleme amacıyla kimyasal çözücü, yanıcı, patlayıcı maddeler kullanılmamalıdır.
- ➔ Makine üzerinde bulunan yağ, kauçuk, plastik gibi tutuşabilen malzemeler ateşten uzak tutulmalıdır.
- ➔ Bakım işleminde açılan tüm mekanik koruyucular, işlem bitiminde yeniden takılmalı ve kapatılmalıdır.
- ➔ Bakım ve kontrol işleminin sonunda, güvenlik tertibatlarının tamamı kontrol edilmeli, görevlerini yerine getirdiklerinden emin olunmalıdır.
- ➔ Bakım işleminde ortaya çıkan kullanılmış yağ atıkları, çevre koruma tedbirlerine uygun yöntemlerle bertaraf edilmelidir.
- ➔ Bakım işlemi sonunda kontamine olmuş malzemeler (kirlenmiş eldiven, yağlı üstüğü vb.), kontamine atık kutularına bırakılmalıdır.

CNC bükme ve kesme makinelerinin üreticileri tarafından önerilen periyodik bakım tabloları aşağıda verilmiştir. İşletmeler, periyodik bakım planlarını hazırlarken bu tablolardan yararlanır (Tablo 4.1, 4.2, 4.3, 4.4).

Tablo 4.1: CNC Abkant Pres Periyodik Bakım Kontrol Tablosu

CNC ABKANT PRES MAKİNESİ PERİYODİK BAKIM VE KONTROL TABLOSU					
BAKIM VE KONTROL NOKTALARI	GÜNLÜK	HAFTALIK	AYLIK	3 AYLIK	YILLIK
Hava basıncının kontrolü (en az 5 bar)					
TFT ekran ve tuş takımı fonksiyon kontrolü ve temizliği					
Güvenlik ekipmanlarının kontrolü (Acil stop, tepe lambası, kapı siviçleri, ışık bariyerleri vb.)					
Topraklama hattı bağlantı kontrolü					
Elektrik panosu temizliği					
Hidrolik pistonların yağ sızıntı kontrolü					
Hidrolik hortum ve bağlantılarının sızıntı kontrolü					
Alt kalıp yüzey kontrolü ve temizliği					
Üst bıçak yüzey kontrolü ve temizliği					
Kalıp bağlantı elemanlarının kontrolü					



Alt kızak yağlama kontrolü					
Üst kızak yağlama kontrolü					
Hidrolik depo yağ seviye kontrolü					
Arka dayama platformu (gayt arabaları) kontrolü					
Arka dayama kremayer dişli kontrolü					
X eksenli sonsuz vida mil ve somun kontrolü					
Aydınlatma tertibatının kontrolü					

Tablo 4.2: CNC Plazma Kesim Makinesi Periyodik Bakım ve Kontrol Tablosu

CNC PLAZMA KESME MAKİNESİ PERİYODİK BAKIM VE KONTROL TABLOSU					
BAKIM VE KONTROL NOKTALARI	GÜNLÜK	HAFTALIK	AYLIK	3 AYLIK	YILLIK
Hava, plazma ve ikincil gaz basınçlarının kontrolü					
Soğutma suyu kontrolü					
Soğutma suyu hortumlarının kontrolü					
Soğutma suyu ve filtresinin değişimi ile pompa süzgecinin kontrolü					
Torç kontrolü					
Torç o-ringlerinin kontrolü					
Güç kaynağı temizliği ve kontrolü					
Gaz sızıntı testi					
Topraklama hattı bağlantı kontrolü					
Güvenlik ekipmanlarının kontrolü (Acil stop, tepe lambası, kapı siviçleri, ışık bariyerleri vb.)					
Kablo ve bağlantılarının kontrolü					
Kontrol ünitesi üzerindeki hava filtrelerinin kontrolü					
TFT ekran ve tuş takımı fonksiyon kontrolü ve temizliği					
Ana kabin kir ve toz temizliği					
X, Y ve Z eksenlerinin temizliği ve yağlanması					
Kremayerlerin temizliği ve yağlanması					
Eksenlerin gürültü (ses) kontrolü					
Kesme tablası ızgara kontrolü					
Hava kurutucu sistemi giriş ve çıkış filtrelerinin kontrolü					
Makine pnömatik elemanlarının kontrolü					



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Toz toplayıcı ünite çöp kovası boşaltma					
Toz toplayıcı ünite ana hava besleme basıncı kontrolü					
Filtre pencerelerinin (kartuj) kontrolü					
Toz emiş tesisatı kanalı temizliği					

Tablo 4.3: CNC Lazer Kesim Makinesi Periyodik Bakım ve Kontrol Tablosu

CNC LAZER KESME MAKİNESİ PERİYODİK BAKIM VE KONTROL TABLOSU					
BAKIM VE KONTROL NOKTALARI	GÜNLÜK	HAFTALIK	AYLIK	3 AYLIK	YILLIK
Lazer ünitesi genel temizliği					
Lazer net bağlantısı kontrolü					
Tarih ve saat kontrolü					
Güç çıkışı kontrolü					
Fiber güç modülleri aktiflik durumu kontrolü					
Alarm sekmesinin kontrolü					
TFT ekran ve tuş takımı fonksiyon kontrolü ve temizliği					
Topraklama hattı bağlantı kontrolü					
Güvenlik ekipmanlarının kontrolü (Acil stop, tepe lambası, kapı siviçleri, ışık bariyerleri vb.)					
Ana kabin kir ve toz temizliği					
Elektrik panosu klima kontrolü					
Kabin camlarının kontrolü					
Mekik tabla vidalı mil yağlaması					
Mekik tabla kaldırma redüktörü yağlaması					
Hareketli tabla çekme zinciri temizliği					
Makine ana hava giriş basıncı kontrolü					
Merkezi otomatik yağlama yağ seviyesi kontrolü					
Z eksen hareket sistemi temizliği ve yağlaması					
Kremayerlerin temizliği ve yağlaması					
Lineer cetvelin temizliği					
Konveyörlerin kontrolü ve temizliği					
Kesme tablası ızgara kontrolü					
Hareketli eksen körüğü temizliği					
Elektrik panosu temizliği					
Hareket elemanlarının kontrolü					



Eksen gürültü (ses) kontrolü					
Gaz sızdırmazlık kontrolü					
Gaz giriş basınçlarının kontrolü					
Kesme gazı basıncı kontrolü					
Lazer pilot ışık (pointer) kontrolü					
Koruyucu cam sarı o-ring kontrolü					
Nozul kontak pin kontrolü					
Seramik parça o-ring kontrolü					
CNC yazılım ile kesme kafası çalışma kontrolü					
Makine ana hava basıncı kontrolü					
Kurutucu sistemi giriş ve çıkış filtrelerinin kontrolü					
Makine pnömatik elemanlarının kontrolü					
Toz toplayıcı ünite çöp kovası boşaltma					
Toz toplayıcı ünite ana hava besleme basıncı kontrolü					
Filtre pencerelerinin (kartuj) kontrolü					
Toz emiş tesisatı kanalı temizliği					

Tablo 4.4: CNC Panç Pres Makinesi Periyodik Bakım ve Kontrol Tablosu

CNC PANÇ PRES MAKİNESİ PERİYODİK BAKIM VE KONTROL TABLOSU					
BAKIM VE KONTROL NOKTALARI	GÜNLÜK	HAFTALIK	AYLIK	3 AYLIK	YILLIK
Hava basıncının kontrolü (en az 5 Bar)					
Alt-üst taret üzerinin, index kavrama grubu ve çevresinin, taret zinciri ve çevresinin, eksen hareket sistemi (guide arabaları) ve çevresinin temizlik kontrolü.					
Takım yağlayıcı yağ seviye kontrolü					
Taret döndürme zincirinin yağlanması					
İndex takım yataklarının yağlanması (gresörlük)					
Hava şartlandırıcısı su tahliye seviye kontrolü					
Takımlar ve takım taşıyıcı sistemin yağlanması					
Çekiç kazağının yağlanması (gresörlük)					
Güvenlik ekipmanlarının kontrolü (Acil stop, tepe lambası, ışık bariyerleri vb.)					
TFT ekran ve tuş takımı fonksiyon kontrolü ve temizliği					



İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

Klemp ve guide (gayt) arabasının yağlanması				
Tüm soğutucu, filtre ve fanların temizlenmesi				
Y eksen mil ve yataklarının yağlanması (gresörlük)				
Y eksen hareket mili ve somununun yağlanması (gresörlük)				
Y eksen guide (gayt) arabalarının yağlanması (gresörlük)				
X eksen hareket mili ve yataklarının yağlanması (gresörlük)				
X eksen hareket mili ve somununun yağlanması (gresörlük)				
X eksen guide arabalarının yağlanması (gresörlük)				
Alt taret, alt yüzeylerin temizlenmesi ve yağlanması				
Klemp kilitleme sisteminin yağlanması (gresörlük)				
Topraklama hattı bağlantı kontrolü				
Taret döndürme redüktörü yağ seviye kontrolü				
Taret döndürme redüktör mil yatağının yağlanması (gresörlük)				
Alt ve üst taret taşıyıcı gövdenin yağlanması (gresörlük)				

4.2.3. Periyodik Bakım Kartları

Makinenin olası arıza durumlarında ya da planlanmış periyodik bakım çalışmaları için imalat durdurulduğunda, bakım onarım faaliyeti sonunda bakım onarım kartının doldurularak işlemin kayıt altına alınması sağlanır. Bakım onarım kartı, bakım veya onarımı yapan personel tarafından doldurulduktan sonra bakım birimi yetkilisi tarafından onaylanır (Görsel 4.17).

Makine Bakım onarım Kartı niçin doldurulur?

- ➔ Makinenin çalışmadığı zaman diliminin ve imalat kaybının izlenmesi amacı ile,
- ➔ Makinenin belirli bir zaman periyodu için toplam çalışma zamanı içerisindeki duruş oranlarının izlenmesi amacı ile,
- ➔ Bakım onarım faaliyetlerinde değişimi sağlanan yedek parça sarfının izlenmesi amacı ile,
- ➔ Olası arıza senaryolarında teşhis koyabilmeyi kolaylaştırmak için eski bakım kayıtlarında yer alan bilgilere başvurabilmek amacı ile,
- ➔ Bakım onarım faaliyetlerini yürüten personelin bu alandaki başarısını izlemek amacı ile,
- ➔ İşletmenin bakım onarım faaliyetlerine ayırdığı maliyetlerin kontrol edilebilmesi amacı ile doldurulur.



ŞİRKET LOGOSU		MAKİNE BAKIM-ONARIM FORMU	
MAKİNE ADI			
MAKİNEİN KULLANILDIĞI YER		TARİH	
BAKIM BİLGİLERİ		ONARIM BİLGİLERİ	
BAŞLAMA SAATİ		BAŞLAMA SAATİ	
BİTİŞ SAATİ		BİTİŞ SAATİ	
BAKIM NEDENİ		ONARIM NEDENİ	
YAPILAN İŞLEM		YAPILAN İŞLEM	
HARCANAN MALZEME		HARCANAN MALZEME	
AÇIKLAMA: Temizliği yapılmıştır.		BAKIM/ONARIM YAPAN	
		ONAYLAYAN	

Görsel 4.17: Makine bakım onarım formu

4.2.4. Tezgâhta Oluşan Arızalar İçin Arıza Bildiriminde Bulunma

İmalatın devam ettiği çalışma anında, makinede meydana gelen arızanın bakım onarım birimine bildirilmesi amacı ile hazırlanmış arıza bildirim formları kullanılır (Görsel 4.18). Arızanın oluşumu-na müteakip önce makine kapatılır, zaman kaybedilmeden imalat sorumlusu ile irtibata geçilerek makinenin arıza durumu tespit edilir. Arıza bildirim formu, arıza anında imalat faaliyetini yürüten operatör ve imalat sorumlusu tarafından doldurularak imzalanır. Onaylanan formun bir nüshası ivedilikle bakım birimine iletilir.

Arıza bildirim formu sayesinde bakım ve onarım süresince meydana gelecek imalat kayıpları işletme yönetimine bildirilir. Makineyi kullanan operatörün bakım onarım süresince başka bir göreve verilmesi sağlanır.



ŞİRKET LOGOSU	ARIZA BİLDİRİM FORMU
BİRİM / BÖLÜM	
(Bu form iki nüsha olarak düzenlenir.)	
Makine /Ekipman Adı ve Yeri:	
Marka / Model:	
Demirbaş / Seri No.:	
Arıza Bildirim No / Tarih:	
Saat:	
Arızanın Bildirileceği Birim:	
Arızanın Tanımı:	
Bildirimi Yapan:	İmza:
..... Sorumlusu / Amir	
İmza:	
Form No:...../.....	

Görsel 4.18: Arıza bildirim formu



1. UYGULAMA: PANEL MONTAJ PARÇASI İMALAT VE SONRASI İŞLEMLER



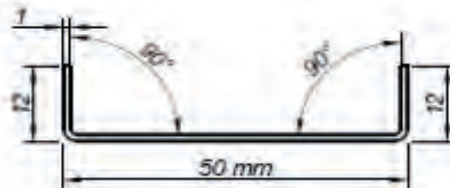
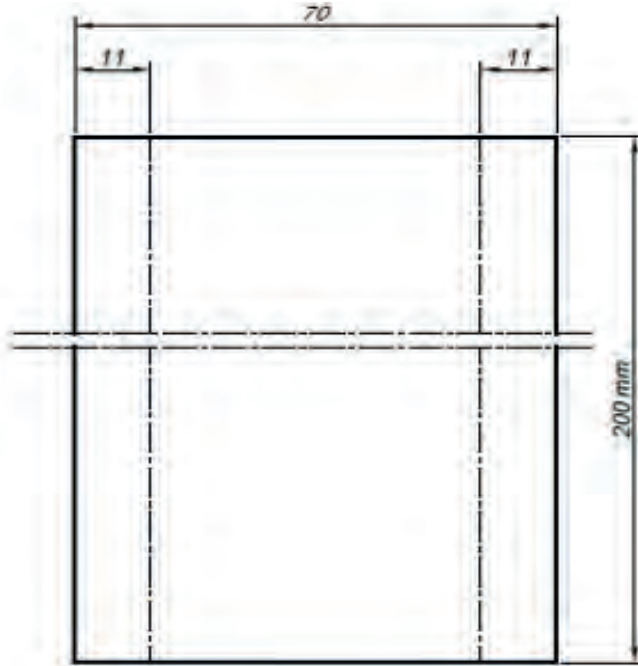
20 dk.

AMAÇ

İmalat işlemlerinden başlayarak geri dönüşüm işlemine kadar kalite gereklilikleri ile ilgili formları doldurmak.

GÖREV

1. Yapacağınız çalışmayı iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak verilen işlem basamakları ve öneriler doğrultusunda gerçekleştiriniz.
2. Aşağıda büküm profili ve iki boyutlu açınım resmi verilen panel bağlantı parçasının kesim ve büküm işlemlerini, CNC giyotin ve CNC abkant pres makinelerini kullanarak tekniğine uygun şekilde yapınız.
3. Büküm işleminin ardından parça ölçülerini imalat resmine göre kontrol ediniz.
4. Kalite gereklilikleri açısından hazırlanmış imalat ile ilgili formları doldurunuz.
5. İmalat sonrası atıl ve hatalı ürünler ile ilgili fire formlarını doldurarak ayırma işlemi yapınız.
6. Çalışmanızı planlarken uygulama sonunda verilen kontrol listesindeki ölçütleri dikkate alınız.





İLERİ DÜZEY METAL İŞLEME

İŞLEM BASAMAKLARI	ÖNERİLER
1. Kişisel koruyucu donanımları (KKD) giyiniz.	İş önlüğü, iş eldiveni, koruyucu gözlük, koruyucu ayakkabı giyilmelidir.
2. Parçanın teknik (imalat) resmini inceleyiniz.	Açınım resmi ve büküm profil resmi incelenmelidir.
3. NC /hidrolik giyotin makas makinesini çalıştırınız.	NC giyotin makinesi, ana şalter açıldıktan sonra kontrol paneli üzerinden çalıştırılmalıdır.
4. Kontrol paneli ayarı ve dayama ayarını yapınız.	Teknik resimde verilen parametrelere göre kesim için gereken ayarlamalar yapılmalıdır.
5. Hazırlanan parçanın teknik resimde verilen ölçülere göre fiziki kontrolünü yapınız.	Kesim için stok alanından sac malzemenin ölçü ve yüzey düzgünlüğü kontrol edilmelidir.
6. Sac malzemenin kesme işlemini yapınız.	Tekniğine uygun yöntemle kesim işlemi yapılmalıdır.
7. Kesilen parçaların ölçü kontrolünü yapınız.	Kesilen parçaların ayrı ayrı ölçüleri kontrol edilmelidir.
8. CNC / hidrolik abkant pres makinesini çalıştırınız.	CNC abkant ya da hidrolik abkant pres makinesi, ana şalter açıldıktan sonra kontrol paneli üzerinden çalıştırılmalıdır.
9. CNC büküm programı manuel dayama ayarını yapınız.	Büküm için gereken program, ilgili ekranda açılarak ya da manuel dayama ayarı yapılarak tamamlanmalıdır.
10. Abkant preste büküm işlemini yapınız.	Tekniğine uygun yöntemle büküm işlemi yapılmalıdır.
11. İmalat aşamalarında kullanılan makineleri, iş bitiminde kapatınız.	Uygulama adımı tamamlanan makine kapatılmalıdır.
12. İmalatı tamamlanan parçalara ölçme ve kontrol işlemini uygulayınız.	Uygun ölçme ve kontrol aletleri kullanılarak parçanın resimde verilen ölçü toleranslarına göre kontrol işlemi tamamlanmalıdır.
13. Ölçme ve kontrol işleminde ölçüm sonuçları kayıt altına alınmalıdır.	Ölçüm sonucu okunan değerler, teknik resim üzerinde ilgili ölçü çizgisi üzerine yazılmalıdır.
14. Hatalı parçalara hata ve fire takip formu doldurunuz.	Hatalı üretim olarak kabul edilen parçalar için hata sebebinin belirtildiği hata ve fire takip formu doldurulmalıdır.
15. Doğru parçalar için ürün tanıtım etiketini doldurunuz.	Ölçme ve kontrol işleminden geçen parçalar için ürün tanıtım etiketi doldurulmalıdır.
16. İmalatı tamamlanan parçaları, ürün etiketi ile birlikte boyahane atölyesinde bulunan tezgâh üzerine tasnif ederek istifleyiniz.	Bir sonraki işlem uygulamaları için parçalar, belirtilen alana ürün etiketi ile birlikte istiflenmelidir.



17. İmalattan artan fire sac malzemeleri ve olası hatalı ürünleri, hata ve fire takip formu doldurarak geri dönüşüm alanına bırakınız.	Hurda ve hatalı ürünler, ders öğretmeninin onayının ardından geri dönüşüm alanına bırakılmalıdır.
18. İmalattan artan kullanılabilir boyuttaki sac malzemeyi stok alanına bırakınız.	İmalattan artan tabaka sac malzeme stok alanına bırakılmalıdır.
19. Makine ve çalışma ortamının temizliğini yaparak bir sonraki imalat için ortamı hazır hâlde bırakınız.	Ölçü aletleri uygun şekilde toplanmalı, makine ve alan temizliği yapılmalıdır.

DEĞERLENDİRME

İmalatı tamamlanan parçalara ait kalite gereklilikleri uygulaması, aşağıda verilen kontrol listesi kullanılarak değerlendirilecektir.

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Kişisel koruyucu donanımları kullandı.		
2. Kesim işlemini doğru şekilde uyguladı.		
3. Bükme işlemini doğru şekilde uyguladı.		
4. Parçalara ölçme ve kontrol işlemini uyguladı.		
5. Ölçü ve açılma değerlerini kayıt altına aldı.		
6. Kontrol edilen parçalar için ürün tanımlama etiketini doldurdu.		
7. Ürünü bir sonraki işlem için belirtilen yere bıraktı.		
8. Hatalı ve fire parçalar için takip formunu doldurdu.		
9. Hatalı ve fire parçaları geri dönüşüm alanına bıraktı.		
10. Makine ve alan temizliğini yaptı.		
"Hayır" olarak işaretlenen ölçütler için ilgili konu ve uygulamaları tekrar ediniz.		

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere cümlelerdeki bilgiler doğruysa “D”, yanlışsa “Y” yazınız.

1. () Makine veya donanımlarında arıza ortaya çıktığında yapılan onarım çalışmalarına ve bakım faaliyetlerine plansız bakım denir.
2. () Fire kayıplarında oluşacak olağan dışı artışın sebeplerinin araştırılması için hata fire takip formları kullanılır.
3. () Kesme ve bükme işlemleri sonunda imalatı tamamlanan parçalar, basınç ve sızdırmazlık ölçüm işlemlerine tabi tutulur.
4. () Makinelerde teşhisi konulan arızaların giderilmesi ve makinenin yeniden işler hâle gelmesi için parça değişimlerini de kapsayan çalışmalara onarım faaliyetleri adı verilir.
5. () Kesme ve bükme makinelerinde TFT ekran ve tuş takımı fonksiyon kontrolü ve temizliği, aylık yapılması gereken bir bakım ve kontrol faaliyetidir.

B) Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru cevabı işaretleyiniz.

6. Aşağıdakilerden hangisi imalat aşamalarının takibi amacıyla doldurulması gereken formlardan biridir?

- A) Arıza bildirim
- B) Bakım onarım
- C) Hata ve fire takip
- D) Süreç kontrol
- E) Ürün tanıtım etiketi

7. Parçaların makinelerde işlenmeden önce ya da işlendikten sonra bölümlere ayrılarak dizilmesine ne ad verilir?

- A) Biriktirme
- B) İstifleme
- C) Sıralama
- D) Tasnif etme
- E) Yığma

8. Aşağıdakilerden hangisi lazer ve plazma kesme makinelerinde günlük kontrol edilmesi gereken noktalardan biridir?

- A) Giriş hava basıncı kontrolü
- B) Güç kaynağı temizliği ve kontrolü
- C) Soğutma suyu filtresinin değişimi
- D) Topraklama hattı ve bağlantısının kontrolü
- E) Toz emiş kanal temizliği

9. Ölçme aletinin ölçüm doğruluğunun kanıtlanması için yapılan işleme ne ad verilir?

- A) Ayarlama
- B) Kalibrasyon
- C) Otomasyon
- D) Revizyon
- E) Sertifikasyon

10. Aşağıda belirtilen uygulamalardan hangisi periyodik bakım ve kontrol işlemlerinden biri değildir?

- A) Değişmesi gereken parçaların belirlenmiş zaman planına göre değişimlerinin yapılması
- B) Makinenin çalışırken kendi ürettiği talaş, cüruf gibi atıkların belirlenmiş zamanlarda temizliğinin yapılması
- C) Makinenin sökülerek başka bir yere yeniden kurulması
- D) Makineyi oluşturan donanımların belirlenmiş zaman planına göre kontrol edilmesi
- E) Makineyi oluşturan donanımların belirlenmiş zaman planına göre temizlenmesi

CEVAP ANAHTARI

1. Öğrenme Birimi

1. Y
2. D
3. D
4. D
5. D
6. Y
7. D
8. D
9. Y
10. D
11. C
12. B
13. C
14. D
15. A
16. E
17. D
18. D
19. Y
20. Y

2. Öğrenme Birimi

1. D
2. Y
3. D
4. D
5. Y
6. D
7. Y
8. Y
9. D
10. Y
11. E
12. A
13. B
14. A
15. A
16. D
17. C
18. E
19. E
20. C

3. Öğrenme Birimi

1. D
2. Y
3. Y
4. D
5. Y
6. D
7. A
8. E
9. C
10. A

4. Öğrenme Birimi

1. D
2. D
3. Y
4. D
5. Y
6. D
7. D
8. A
9. B
10. C

KAYNAKÇA

Termik kesme teknolojisi, Prof. selahattin ANIK, Doç. Dr. Ahmet ÖĞÜR, Doç. Dr. Murat VURAL /1996

<https://tua.gov.tr/tr/blog/havacilik-ve-teknoloji/lazer-nedir>

<https://www.testone.com.tr/kalibrasyon-nedir-nasil-yapilir-ne-ise-yarar/>

<https://prosafty.com.tr/hidrolik-abkant/> <https://aktif.net/isletmelerde-planli-bakim-ve-onarimin-onemi/>

<https://www.cansamakina.com/boru-bukumunde-teknik-bilgiler.html> Durmazlar Makina Sanayi ve Ticaret A.Ş - Bakım eğitim kitabı Durmazlar Makina Sanayi ve Ticaret A.Ş - Abkant el kitabı Durmazlar Makina Sanayi ve Ticaret A.Ş - Punch el kitabı Durmazlar Makina Sanayi ve Ticaret A.Ş – Lazer el kitabı

Ajan Elektronik Sevis Sanayi ve Ticaret LTD. ŞTİ. - Plazma el kitabı

GÖRSEL KAYNAKÇASI

1. Öğrenme Birimi: Görsel 1.1 shutterstock ID 673466056.jpg

Tüm görseller komisyon tarafından hazırlanmıştır.

