

KAYNAK EDİLECEK ZIRH ÇELİKLERİNİN KESİM ve BÜKÜM PROSESLERİ

Emre Turan
NMS

GSI/SLV-TR

Zırh Çeliklerinin Kesimi ve Alternatifleri Nelerdir



Kalınlığın ihmal edildiği düşünülduğünde ,plaka üzerinde **iki eksen**de gerçekleştirilen form değişikliği kesim olarak tanımlanabilir.

Kesim prosesi ,tasarım çıktısı modellerin konturlarını temsil eden iki boyutlu unsurların (dxf) aşağıdaki teknolojiler ile kullanılmaya başlandığı basamaklar serisidir.

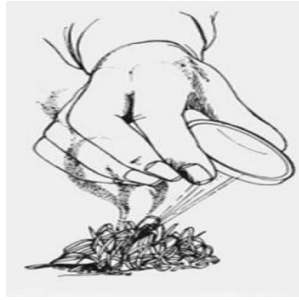
- CO₂ Lazer
- Fiber Lazer
- Su jeti
- Plazma
- Oxyfuel

Kesim Yöntemlerinin Kıyaslanması

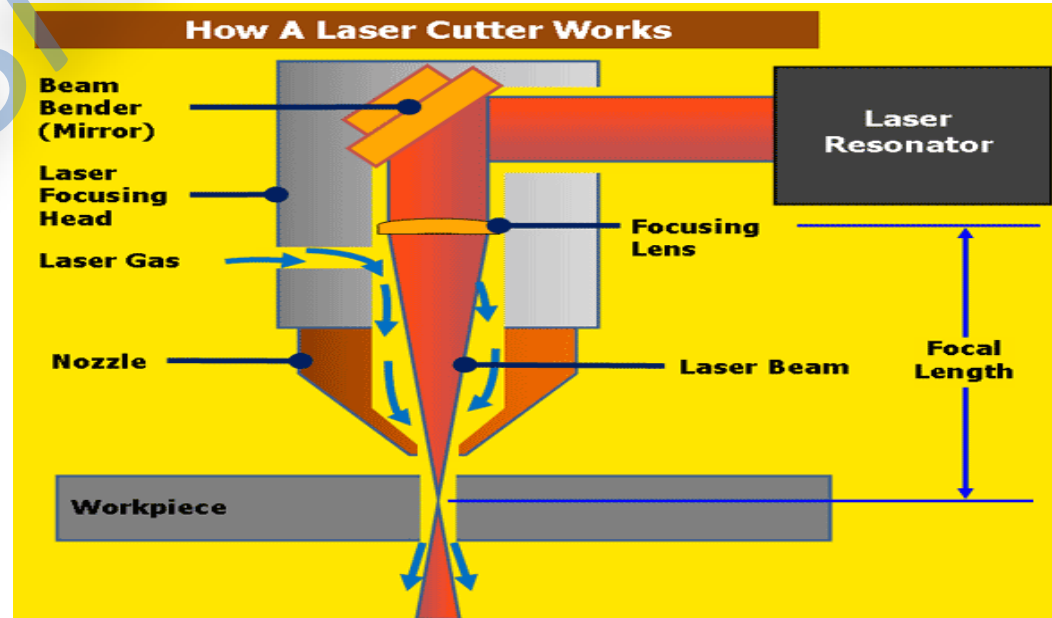


Konu	CO ₂ Lazer	Fiber Lazer	Su Jeti	Plazma
Bu işlemle kesilebilecek malzemeler	Bütün metaller (yüksek yansıtıcı metaller hariç) plastikler, camlar, ahşaplar kesilebilir.	Bütün metaller kesilebilir.	Bütün malzemeler kesilebilir.	Bütün metaller kesilebilir.
Bu işlem için genel uygulama	0.5-25 mm arası çelik levhalar	0.5-12 mm arası metal levhalar	250 mm'ye kadar	150mm'ye kadar
Kesim toleransı	0.1 mm	0.1 mm	0.05 mm	1-3 mm
Malzemenin ısı stres ve yapısal değişiklikleri	Kesim yüzeyinde, sertleşme ve yapısal değişiklikler görülebilir.(1-3 mm arası)	Kesim yüzeyinde, sertleşme ve yapısal değişiklikler görülebilir. (1-3 mm arası)	Herhangi bir ısıl gerilme yada bozulma meydana gelmez	Kesim yüzeyinde, sertleşme ve yapısal değişiklikler görülebilir.(2-10mm arası)
Kesilen kenarların paralellik derecesi	İyi (maks. 0.1 mm koniklik olabilir)	İyi (maks. 0.1 mm koniklik olabilir)	Kalınlık arttıkça koniklik artar.	2. operasyona ihtiyaç vardır.
Kesim hızı/ekonomisi	Hızlı	Hızlı	Yavaş	Hızlı

CO₂ Lazer Tezgahı Çalışma Prensibi



- Lazer tezgahlarında rezonatör olarak adlandırılan bölümde CO₂ gazının içerisinde yüksek yoğunlukta elektrik akımının geçirilmesiyle ışık huzmesi elde edilir.
- Bu ışık huzmesi optik aynalar vasıtasıyla kesme kafasına yönlendirilir.
- Burada kesim parçasına yüksek güçte lazer ışını odaklanır ve kesim noktasına basınçlı oksijen gazı püskürtülerek metalin erime noktasının üstünde bir sıcaklığa ulaşılır.
- Basınçlı gaz burada eriyen metali ortamdan uzaklaştırır ve malzeme kesilmeye başlanmış olur.



Nurol Makina - Lazer Kesim Tezgahı

MAKİNA TİPİ: BYSTAR L 4025-80

GÜÇ: 4400W

EBAT: 8000mm X 2500mm

KESİLEN PARÇALAR: 0,1mm-25mm arasındaki zırh çeliği
0,1mm-15mm arası paslanmaz
0,1mm-13mm alüminyum

HASSASİYET: 0,1mm

Markalama(Engraving): Evet



Plaka Kesim Yüzey Hazırlığı

- ✓ Plaka yüzeylerinde bulunan kaplama ve boya; solvent kullanılarak veya kumlama yöntemi ile sacın kesim yüzeyinden kaldırılarak kesim için düzgün bir yüzey elde edilmelidir.
- ✓ Kumlama veya boya çözücü kullanılmıyorsa lazer tezgahında markalama dediğimiz yöntemle kesim yolu levha üzerinde çizdirilerek düzgün bir kesim yüzeyi elde edilir.
- ✓ Plakaların yüzeylerinde veya kenarlarında çatlak olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Kesim İşlem Basamakları

A. Methodsal Tedbirler: Parça odaklı kritikleri tanımlar.



Metod Müh.

B. Operasyon Teknolojisi: Parçaların birbirleri ile olan ilişkilerini plaka ekseninde değerlendirir.



Metod ve Atölye müh,Programcı

C. Parametre Ayarı: Kesim parametrik değerlerinin programcı/operatör tarafından tayin edilmesi süreçleridir.

İlk iki sürecin birlikte yorumlanması sonucu elde edilen veriler toplamıdır.

Programcı,operatör.

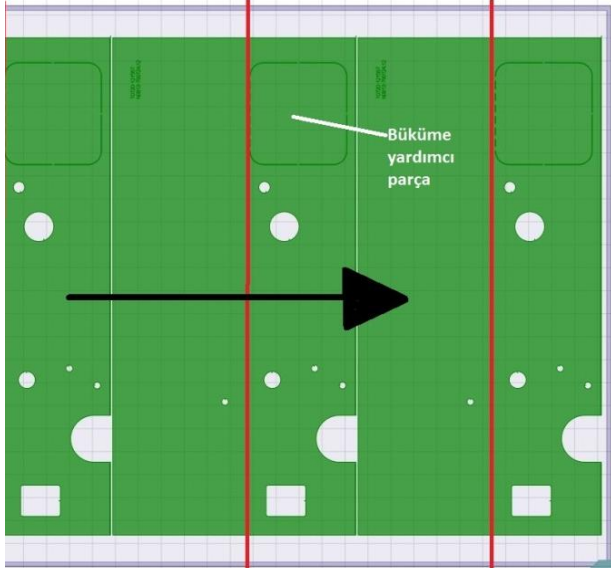
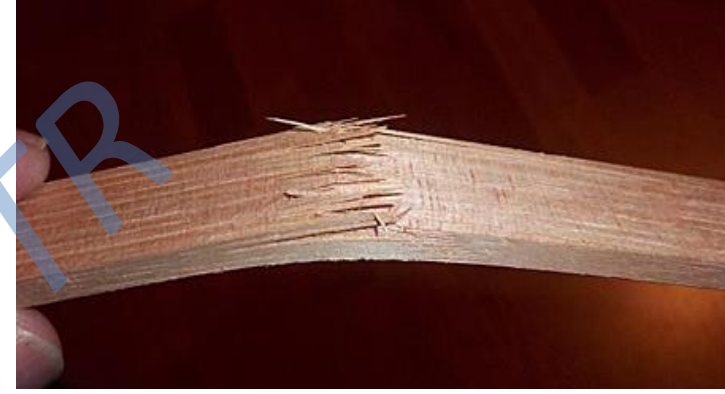




A. Metodsals Tedbirler

➤ Kumlanmış Yüzey:

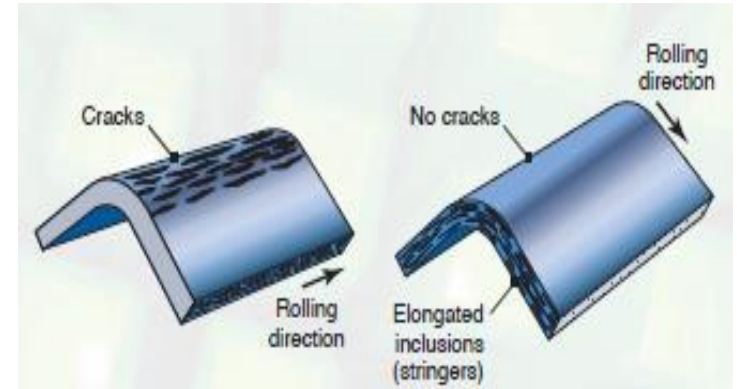
Büküme gireceğini bildiğimiz asimetrik konturlu parçaların ,bası altında kalacak yüzeyleri ile kumlanmış yüzeyin aynı olması dikkate alınarak dxf çıkarılacaktır.



— Parça Büküm Ekseni
— Levha Hadde Yönü

➤ Hadde Yönü:

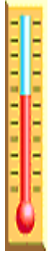
Parçanın büküm eksenine dik olarak plakayı hadde yönünün birbirine dik olduğu durumu temsil edecek şekilde dxf oriente edilmelidir.





A. Metodsals Tedbirler

➤ **Keskin Köşe ve Kontur Yuvarlatmaları:** Noktasal DUR-KALK ortadan kalktığından;



Isıl yüklemelerin minimize edilmesiyle soğuk çatlak eğilimi azaltılırken,



İşçi güvenliğini tehdit eden temas yüzeyleri silinerek



Kesim süresi kısılacak,

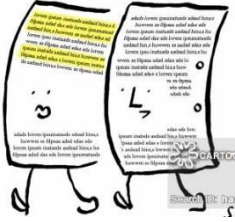


Yumuşak geçişlerle dönülen yüksek kalitede kesme yüzeyleri elde edilecektir.

A. Metodsal Tedbirler

2.5.10 Çentikler

Karşılıklı bükülmüş kenarlarda köşede bir serbestlik verilmelidir. Yarıçap r = tabaka kalınlığı



Karşılıklı bükülmüş kenarlarda serbest konum



Kenarlar indirilmiş durumda iken köşede bir serbest konum ön görülmektedir.
Yarıçap r = Tabaka kalınlığı

Köşelerdeki minimum yarıçaplar için referans değerleri; [mm] olarak

Malzeme	Kesme gazı	Tabaka kalınlığı [mm]					
		...4	5 ... 8	10 ... 12	15 ... 18	20	25
Yapı çeligi	Oksijen O ₂	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
Pasa ve aside dayanıklı çelik	Azot	0,8	1,2	2,0	3,0	4,0	5,0
Alüminyum	N ₂ /	0,8	1,5	2,5	4,0	-	-
Yapı çeligi	Basıncılı hava ^{a)} Hava	0,8	1,5	-	-	-	-

A. Metodsals Tedbirler

➤ **Büküme Yardımcı Boşaltma ve Eklenti Arayüzleri:** Bükümün rahatlıkla gerçekleştirilebilmesi için parça geometrisinde yapılan modifikasyonları içerir.

❖ Arayüz Eklenmesi :

Bükülebilirliğin sağlanabilmesi için parça üzerine ihtiyaç duyulan ölçülerde bir ek yapılmaktadır.

❖ Talaşlı İmalat

Bozulmasından endişe edilen bir unsurun büküm sonrası makinalı imalatlarda oluşturulması

Zorunlu haller dışında ekstra



işçilik ve zaman getirisi.



B.Operasyon Teknolojisi

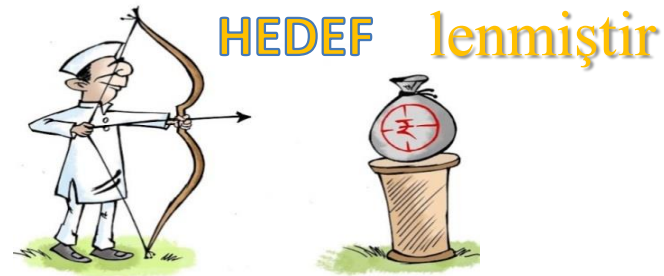
➤ DXF lerin Konvert Edilmeleri:

Metot çalışmaları sonrasında elde edilen dxf'ler çalışmayı yapan metot müh'nin öngördüğü haliyle konvert edilmelidir. Yön ya da taraf bilgisi zorunlu haller dışında **değiştirilmemelidir.**



➤ Isıl İşlem Numara Takibi:

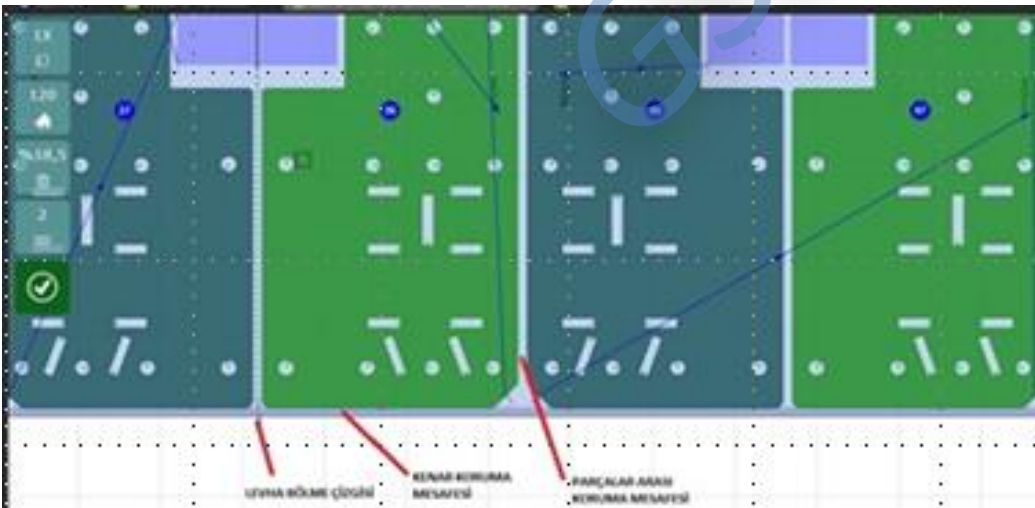
Plaka Kafile Numarası her bir parça üzerine markalanarak, parça özeline kadar indirgenebilecek bir izlenebilirlik



B.Operasyon Teknolojisi

➤ Parçalar Arası ve Kenar Koruma Mesafeleri:

- ❖ Parçalar arası mesafesinin tavsiye edilenin altında verilmesi durumunda,kontağa çok yakın bulunan bu bölgelerde termal etkinin yaratacağı form bozuklukları görülecektir. Ara bölgede bulunan ayraç yüzey (köprü) bu yükleri taşıyamayacak çarpılacaktır.
- ❖ Plakanın imalatı ve/veya ölçüye getirilmesi sırasında meydana gelmesi muhtemel hataların parça konturuna dahil olmasını engellemek amacıyla da plaka kenar bölgesi ile parça arası koruma mesafesi tayin edilmelidir.



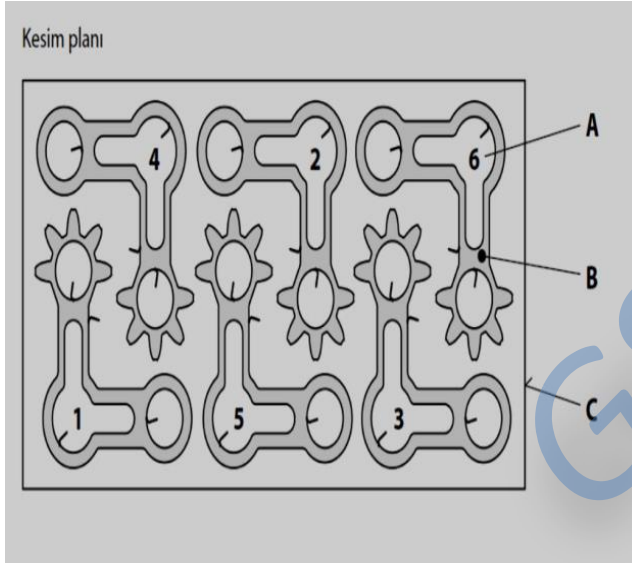
Her iki mesafenin tayini sırasında teknik resim isteri toleranslar etkin rol oynamaktadır.

B. Operasyon Teknolojisi

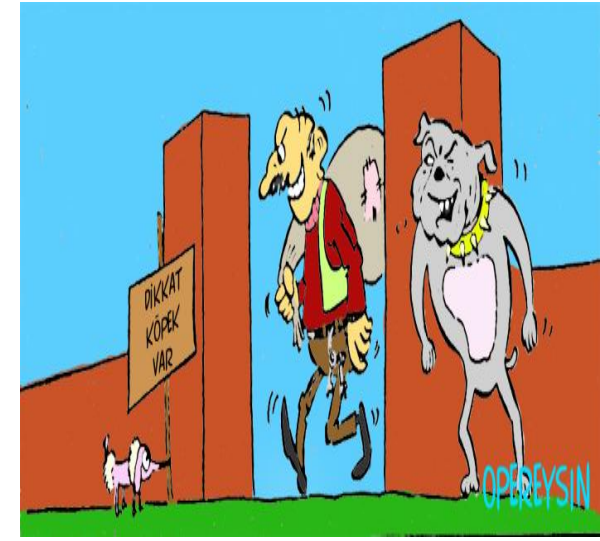


➤ Kesme Sıralamalarının Oluşturulması

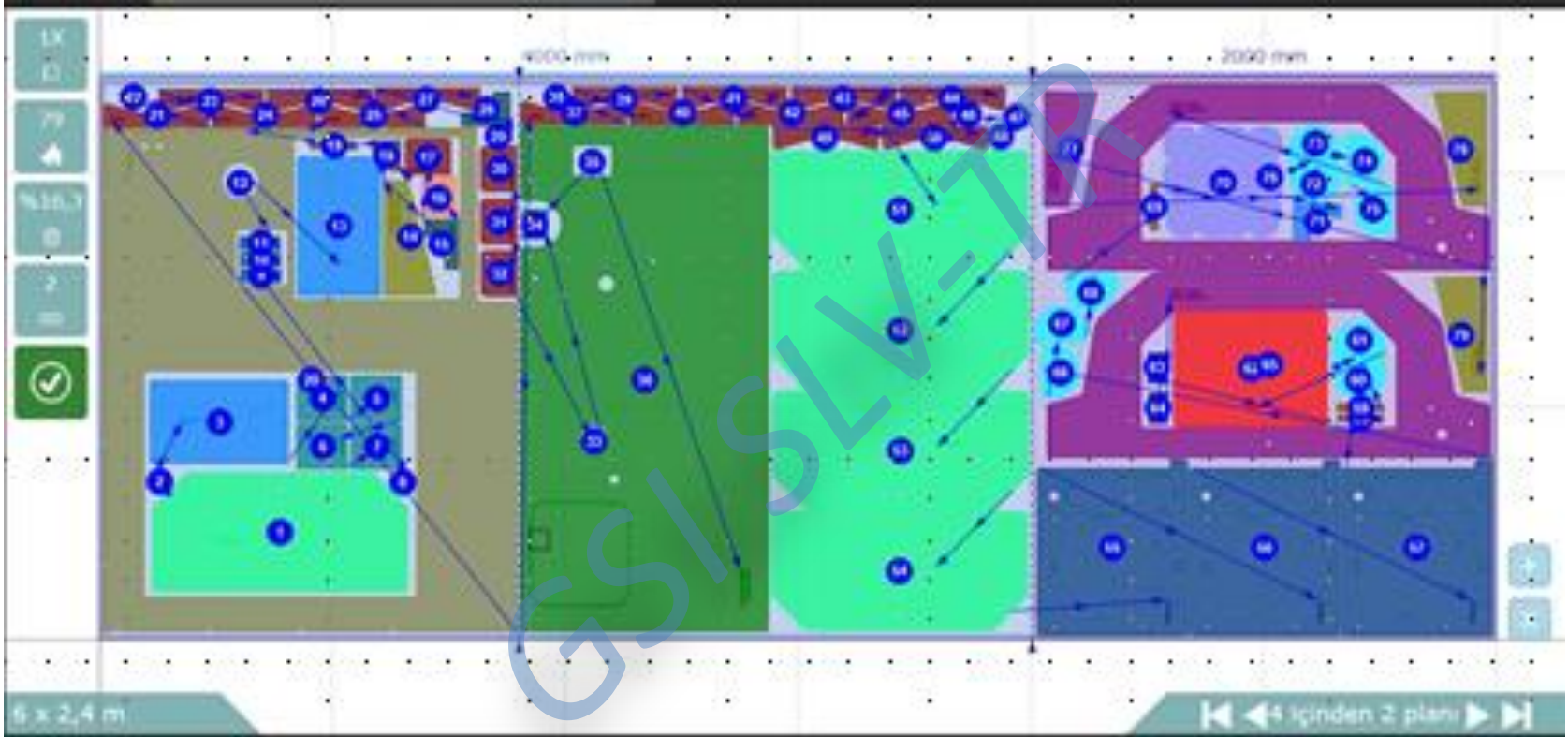
- ❖ Aşırı ısıl yüklenmelerin engellenmesi için, parçalar arası kesim sıralaması verilirken **Karşıtlık-Zıtlık** prensibi çalıştırılmalıdır.



- ❖ Parça büyüklüklerinin çeşitlilik gösterdiği durumlarda parçanın kesime girme sırası plakadan kaldırdığı malzeme ile tersinir yorumlanacaktır.



B.Operasyon Teknolojisi



C.Parametre Ayarı

➤ Lazer gücü(Watt)

- ❖ Zırh çeliği kesimlerinde bu parametre yapılan uygulamalarla plaka kalınlıklarına göre optimize edilmiştir.
- ❖ Yüksek watt kesimlerinde aşırı ısınma nedeniyle plaka yüzeylerinde hidrojen çatlakları meydana gelmiştir.



- ❖ Bu durumun tespit edilmesiyle zırh çeliklerinin yapısal çeliklerinden farklı parametrede kesilmesi durumu ortaya çıkmıştır.

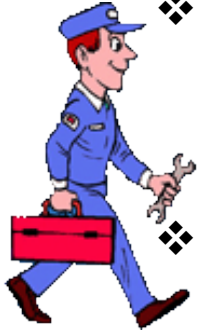
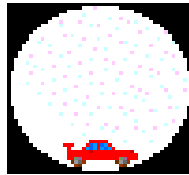
C.Parametre Ayarı

➤ Tezgah ilerlemesi (mm/dak)

❖ Bu parametre kesim sırasındaki ilerlemeyi tanımlanmaktadır

❖ Kesim kalitesini ve hassasiyetini doğrudan etkilemektedir .

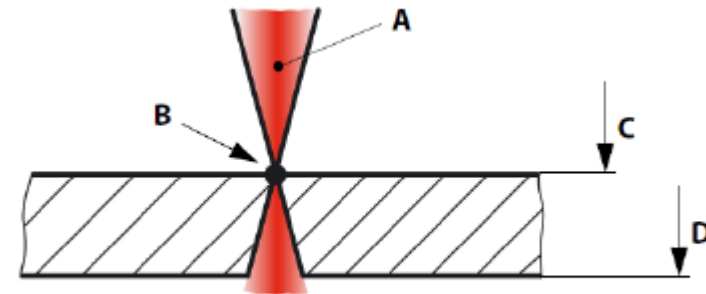
❖ Zırh çeliklerinde düşük ilerleme hızları hem lokal ısınmayı azaltmakta hem de kesim kalitesini yükseltmektedir.



C.Parametre Ayarı

➤ Fokal pozisyonlama

- ❖ Odak konumu veya odak noktası olarak lazer ışınının en küçük çapı tanımlanmaktadır.
- ❖ Odak noktasında enerji yoğunluğu en yüksektir.
- ❖ Lazer ışının odaklanması kesme kafasındaki lens vasıtasıyla oluşturulmaktadır.
- ❖ Kesim sırasında odak noktası malzemeye göre olmaktadır.



A Lazer ışını B Odak noktasının yaklaşık konumu
C Tabaka üst kenarı D Tabaka alt kenarı

C.Parametre Ayarı

➤ Gaz basıncı

- ❖ Gaz basıncı, kullanılan kesme gazına ve kullanılmakta olan en küçük nozula göre farklılık göstermektedir.
- ❖ Oksijen daha yüksek bir basınç değeri ile çalışmakta ve daha yüksek bir kesim sıcaklığı elde edilmektedir. Azot ve basınçlı havada , materyal daha kuvvetli üflenir ve daha fazla soğutulur.
- ❖ Azot ile kesim işlemi zırh çeliklerinde belirli bir kalınlığın üzerinde yapılamadığı için maksimum 8mm'ye kadar olan zırhların kesiminde ısı etkisi az ve kaliteli yüzey elde edilebilmektedir. Fakat bu yöntem çok pahalı bir yöntemdir.

Parametre	Kullanım
Gaz basıncı, kesim, gaz tipi 1	O ₂ ile kesim Maksimum gaz basıncı 10 bar
Gaz basıncı, kesim, gaz tipi 2	N ₂ ile kesim Maksimum gaz basıncı 24 bar
Gaz basıncı, kesim, gaz tipi 3	Basınçlı hava ile kesme(Opsiyon) Maksimum gaz basıncı 12 bar



Zırh Çeliklerinin Plastik Şekillendirilmeleri (Büküm)

- ❖ Malzemelerde kuvvet etkisi altında **kalıcı şekil değişimine** sebep olan prosestir.
- ❖ **DIN 8580** Ana Grup 2' de tanımlanmıştır.

Döküm ve Sinterleme, Ana grup 1	Plastik Şekillendirme, Ana grup 2	Ayrırma, Ana grup 3	Birleştirme, Ana grup 4	Kaplama, Ana grup 5	Malz. Öz. Değişirme, Ana grup 6
Grup 1.1 Gaz ya da buhardan (metal buharlaştırma)	Grup 2.1 Basma ile (haddeleme vb.)	Grup 3.1 Kesme ile	Grup 4.1 Bir araya getirerek (vidalama vb.)	Grup 5.1 Gaz ya da buhardan	Grup 6.1 Malzeme içerisinde taşınım ile (temperleme vb.)
Grup 1.2 Akışkan, katı-sıvı, macun kıvamından (döküm, ekstruzyon vb.)	Grup 2.2 Çekme-basma ile (denn çekme vb.)	Grup 3.2 Talaş kaldırma ile (geometrik olarak belirli) Frezeleme vb.	Grup 4.2 Dolgu ile	Grup 5.2 Akışkan, katı-sıvı, macun kıvamından (Laklama vb.)	Grup 6.1 Malzeme içerisinden dışarı taşınım ile (dekarbürizasyon vb.)
Grup 1.3 Elektrolitik ortamda iyon taşınımı ile (Elektrotyping vb.)	Grup 2.3 Çekme ile (uzatma vb.)	Grup 3.3 Talaş kaldırma ile (geometrik olarak belirsiz)	Grup 4.3 Pres ile (rulman montajı vb.)	Grup 5.3 Elektrolitik ortamda iyon taşınımı ile (Galvanizleme vb.)	Grup 6.1 Malzeme dışından içerisine taşınım ile (sementasyon vb.)
Grup 1.4 Katı (toz) halinden (Sinterleme vb.)	Grup 2.4 Eğme ile (bükme vb.)	Grup 3.4 Aşındırma ile (zımparalama vbç)	Grup 4.4 Döküm yolu ile	Grup 5.4 Katı (toz) halinden (püskürtme vb.)	
	Grup Kayma ile (yay üretimi vb.)	Grup 3.5 Parçalarına ayırma (sökme vb.)	Grup 4.5 Plastik şekillendirme ile		
		Grup 3.6 Temizleme	Grup 4.6 Bağlama ile		
		Grup 3.7 Tahliye etme			

Neden Eğerek Şekil Verme ?

➤ Malzemenin mukavemeti

- Akma gerilmesi, çekme gerilmesi artar
- Yorulma ve aşınma özellikleri iyileşir

➤ Saflık

- Yabancı maddelerin malzeme içine nüfuz etme riski yoktur
- Döküm ve kaynak bu yöndeki risk gruplarıdır

➤ Tekrar Edilebilirlik

- Demirbaş donanımlar dışında ekstra takım, fikstür, aparat, kalıp gereksinimleri yoktur
- Kaynak, döküm, talaşlı imalat gibi prosesler ekstra yatırımlar gerektirebilmektedir.



Neden Eğerek Şekil Verme ?



➤ Minimum Fire

- Hurda malzeme miktarı
- Talaşlı üretim işçiliği azaltılır veya sıfıra indirilebilir.

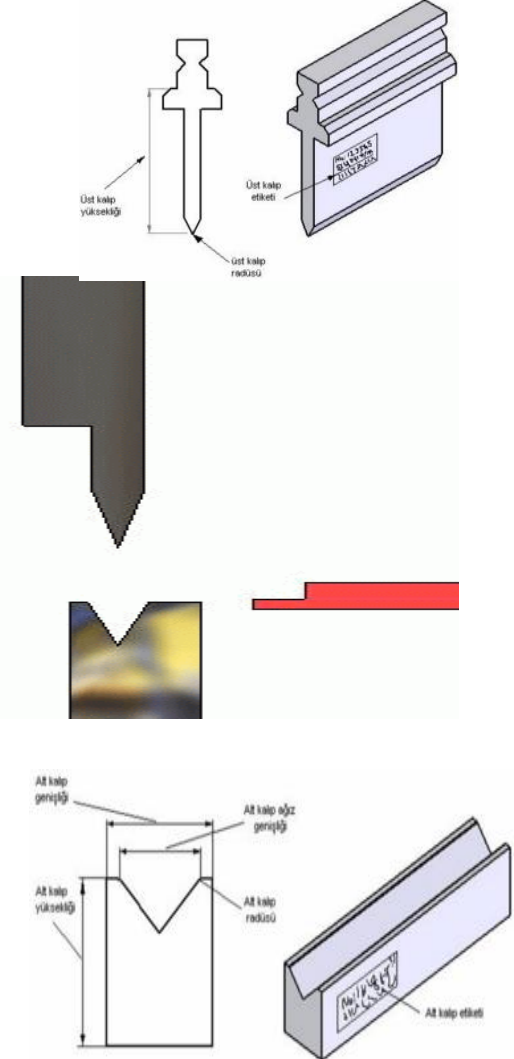
Peki eğerek şekillendirme mükemmel bir proses midir?

- ✓ Deformasyon için büyük kuvvetler, buna bağlı olarak da daha büyük ve dayanıklı takımlar gerekir
- ✓ Deformasyon serleşmesi meydana gelir
- ✓ Malzemede kalıntı gerilmeler oluşabilir

Büküm Operasyonları

NMS bünyesinde genelde,yassı mamullerin soğuk şekillendirilmesi için tasarlanmış, Abkant Pres ile büküm operasyonları gerçekleştirilmektedir. Doğrusal takım hareketli, hidrolik sistemlerdir.

- ✓ Parçanın referans alınan bir kenardan ne kadar uzakta büküleceğini **büküm eksenini** tarif etmektedir.
- ✓ **Dayama ise;** büküm eksenini ile balta yatak ikilisinin merkezlerinin çakışmasına kadar olan sürede iş parçasına ilerleme veren sistemdir. Dayama, simüle figürde kırmızı ile gösterilmiştir
- ✓ **Üst Kalıplar (Balta, Bıçak);** Parçanın büküm arayüzü üzerinde var olan radyuslu formu oluşturur, Hidrolik silindirle direkt kontak halindeki dikey yönde aktif çalışan elemandır.
- ✓ **Alt Kalıplar (Yatak) ;**Parçanın büküm arayüzü üzerindeki açılarının tesis edildiği, stabil karakterli pasif elemandır.



Büküm Operasyonları

Mekanik değerlendirmelerin, ve metalürjik yaklaşımların yapıldığı çalışmalar aşağıdaki ana başlıklar üzerinden yol haritası belirlemektedir.

➤ Çeliğin Türü

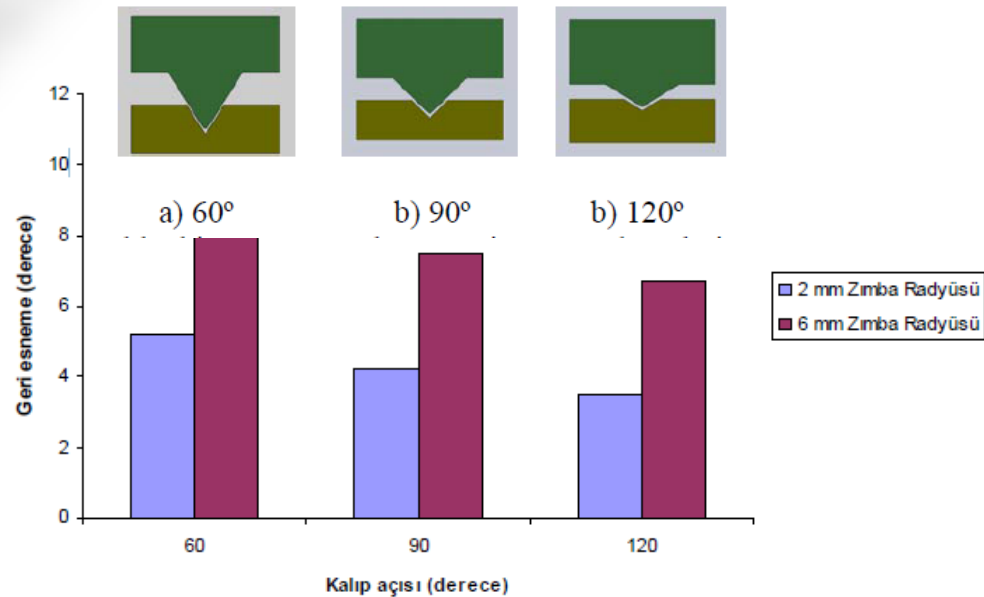
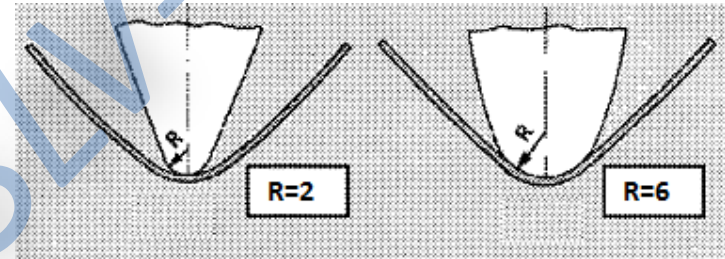
- ❖ Düşük alaşımlı çelikler daha yüksek alaşımlı çeliklere kıyasla daha iyi şekillendirilme özelliğine sahiptir ve bu sayede daha dar yarıçaplarda bükülebilirler.
- ❖ Zırh çeliklerinde kullanılacak balta radyüsü görece olarak daha büyük yarıçaplı seçilmelidir.
- ❖ Çeliğin dayancı ve sertliği arttıkça geri esneme (spring back) miktarı artmaktadır.
- ❖ Uygulanması gereken baskı kuvveti artar.

Büküm Operasyonları

Geri Esneme (Spring Back)

Bükülmüş parça üzerinden bükme yükü kaldırıldığında, elastik tabakadaki gerilmelerin momentleri parçayı bükme öncesi şekline getirmeye zorlar. Bunun sonucu olarak da parça eğrilik yarı çapı büyür ve parçanın bir miktar açılmasına sebep olur. Bu olaya “geri esneme” adı verilir. Geri esneme miktarını etkileyen faktörler;

- ✓ Kalınlık
- ✓ Zımba radyusu
- ✓ Akma Dayanımı
- ✓ Elastiklik Modülü
- ✓ Sıcaklık
- ✓ Sürtünme
- ✓ Kalıp Açısı ve Kalıp Açıklığı



Büküm Operasyonları

Gerİ Esneme (Spring Back)

Parçanın hedeflenen ölçülerde üretilebilirliği için aşağıdaki alternatif yöntemlerle geri esneme kompanse edilmeye çalışılmaktadır.

- Resim üzerinde tariflenen büküm radyusundan daha küçük bir radyus kullanmak. (abkant bükümleri)
- Resim isterlerinde verilen bükme açısının daha üzerinde bir açı değeri ile bükümüm gerçekleştirmek.(abkant bükümleri)
- Büküm balta ya da yatak geometrileriyle oynamak.(Özel tasarlanmış takım gereksinimi)
- Bükümü yapılan parçanın altına yatak içerisine altlık yerleştirmek.(her koşulda sağlanamayabilir.)

➤ **Basma Aparatı-Alt Yatak**

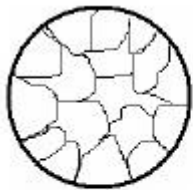
- ❖ Zırh çelikleri bükümünde basma aparatı yarıçapı hedeflenen bükme yarıçapı ve spring-back faktörü göz önünde bulundurularak seçilmektedir. Operasyon sonrası parça üzerinden alınan radyus ölçümünün kullanılan balta radyusundan daha büyük olduğu görülecektir. Pratikte teknik resim isterlerinde tanımlanan radyustan daha küçük bir radyusla basılması gerekmektedir.
- ❖ Basma aparatının yarıçapı ve bükme yatağı ağız genişliğine ,plaka tedarikçisi firmaların kalınlık ile ilişkilendirdikleri tablolar kullanılarak karar verilmektedir.
- ❖ Şekillendirme süresince plaka ile basma aparatı arasındaki temasın tam olarak sağlanması için basma aparatı çalışma yarıçapı en az 180° çevreli olmalıdır.

Büküm Operasyonları

➤ Haddeleme Yönü:

(Örn;Teras Kırılma)

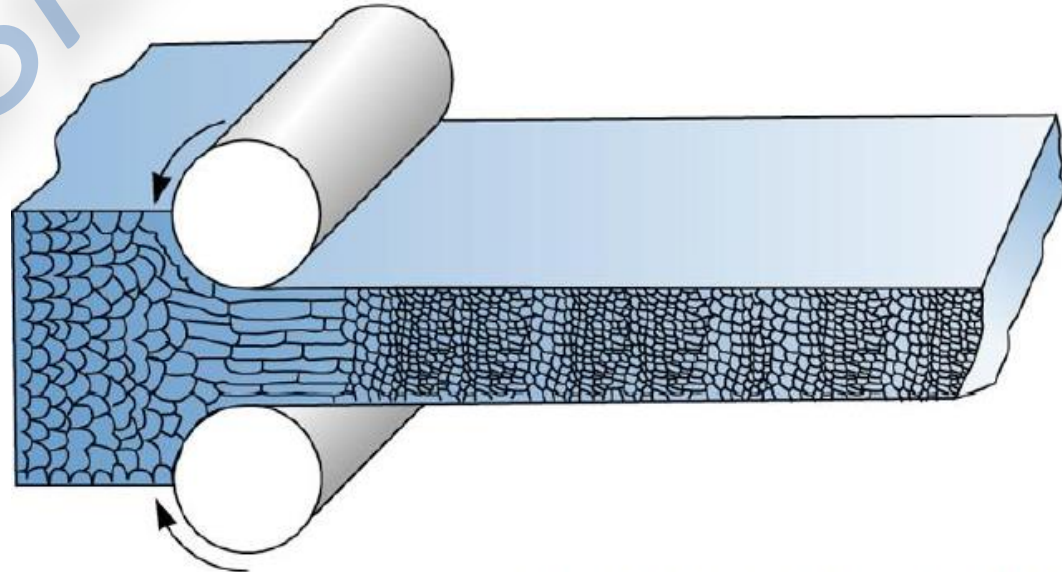
- ❖ Çelik plakaların üretim süreçlerinde haddeleme işlemi uygulandığı için haddeleme doğrultusuna bağlı olarak plakadaki özellikler değişiklik gösterecektir.
- ❖ Haddeye dik yönde mikro yapı daha avantajlı şekilde dizilmiş olacak, bu sayede şekillendirilebilirlik ve buna bağlı olarak da bükülme özellikleri bükme çizgisinin haddeleme yönüne dik seçilmesi durumunda artacaktır.



**Orijinal
Yapı**



**Uzamış
Taneler**



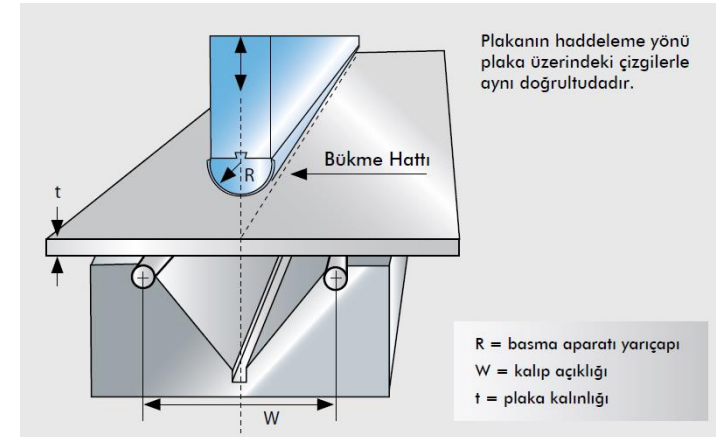
Malzeme Cinsi	Kalınlık (mm)	Enine Uzanan (Transverse) R/t	Paralel R/t	Enine Uzanan (Transverse) W/t	Paralel W/t	Springback [°]
ARMOX 370T CL1&CL2	t<8	3	3.5	9	10.5	9-13
	8-15	4	5	10	11	
	>=15	5	6	12	13	
ARMOX 440T	t<8	4	5	10	10	11-18
	8-15	5	6	10	12	
	>=15	6	7	12	14	
ARMOX 500T	t<8	5	5	10	12	12-20
	8-15	6	6	12	14	
	>=15	7	9	16	18	
ARMOX 600T ARMOX ADVANCED	CONTACT SSAB					

Büküm Operasyonları

➤ Plaka kenar ve yüzey durumu:

(Örn; Hidrojen Çatlağı)

- ❖ Bükme çizgisinde plaka kenarlarının düşük kaliteli olması veya bükme çizgisi boyunca yüzey kalitesinin iyi olmayışı bu bölgelerin çatlak oluşma noktaları olarak rol oynamasına sebep olur ve bu da plakanın bükme performansını sınırlar.
- ❖ Bu sebeple düzleştirme ve/veya keskin köşelerin/kenarların, kesim kenarlarındaki çapakların, oyukların sıcak kesim kenarlarında oluşan cürufun ve derin çiziklerin ve varsa bükme çizgisi üzerinde ince hadde kabuğunun bükme öncesinde giderilmesi gerekmektedir.
- ❖ Her zaman plakanın zayıf kaliteli kenar ve / veya yüzeyini iç tarafa, yani bükme baskısının uygulanacağı tarafa gelecek şekilde yerleştirin.



➤ Sürtünme :

- ❖ Plaka ile kalıp kenarları arasındaki sürtünmenin azaltılması için serbestçe dönebilen çelik rotlu kalıp kullanılması tavsiye edilir.
- ❖ Sürtünmenin azaltılması için bir başka yol da plaka ile kalıp kenarlarının temas noktalarına spreyci yağlayıcı sıkmaktır.
- ❖ Kalıp açıklığı bükme işlemi için en uygun olacak şekilde ayarlanmalıdır. Kalıp açıklığının arttırılmasıyla geri esneme (spring back) artarken bükme kuvveti azalır.

Büküm Operasyonları

➤ Bükme Kuvveti:

- ✓ Tezgah seçim aşamasında büküm kuvveti etkin rol oynamaktadır
- ✓ Tezgah, yatak, balta seçimleri aslında birer öngörüler zinciridir. Güç-geometri eksenli hesaplamalar sonrasında bu öngörüler revize edilerek ideale en yakın kombinasyon bulunarak büküme geçilecektir.

$$a^2 + b^2 = c^2 \checkmark$$

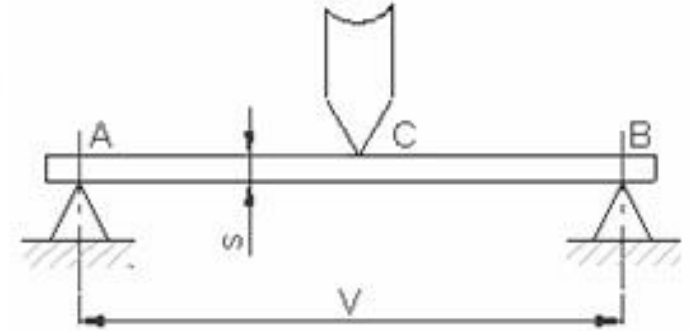
F: Bükme Kuvveti (ton)

L: Sac Uzunluğu (mm)

Rm: Malzemenin Çekme Gerilmesi (Mpa)

s: Sac Kalınlığı (mm)

V: Kanal Genişliği (mm) olacak şekilde;



$$F = \frac{1,42 \times L \times Rm \times s^2}{1000 \times V}$$

Büküm Operasyonları

Su ana kadar sözü edilen tüm öngörüler ve alınan tedbirler sonrasında büküm işlemleri saha faaliyetleri yürütülmeye başlanacaktır.

Yüksek dayanımlı çeliklerin soğuk şekillendirilmesi sırasında yüksek kuvvetler kullanılmaktadır. Bu sebeple plaka veya bükme makinasının kırılması ve parça fırlaması riskine karşılık makinaya yakın çalışan operatörler güvenlik talimatlarına daima uymalı ve bükme sırasında makinaya çok yakın veya makinanın önünde bulunmamalıdır.

GSI SLV-TR

TEŞEKKÜRLER...