



**CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HASSAS SAC SÜRÜCÜ TASARIMI VE SAC FİRELERİNİN HATTAN  
İNSANSIZ UZAKLAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Makine Mühendisi ONUR DEMİRTÜRK**

**Anabilim Dalı : Makine Mühendisliği**

**Programı : Konstrüksiyon ve İmalat**

**MANİSA 2010**

**CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HASSAS SAC SÜRÜCÜ TASARIMI VE SAC FİRELERİNİN HATTAN  
İNSANSIZ UZAKLAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Makine Mühendisi ONUR DEMİRTÜRK**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05.02.2010**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 22.02.2010**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. ENVER ATİK**

**Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. İRFAN AY**

**Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. N.SİNAN KÖKSAL**

**MANİSA 2010**

## İÇİNDEKİLER

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>I</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>III</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b>	<b>VI</b>
<b>KISALTMALAR LİSTESİ</b>	<b>VII</b>
<b>TEŞEKKÜR</b>	<b>VIII</b>
<b>ÖZET</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>X</b>
<b>1 GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2 KALIPÇILIK</b>	<b>2</b>
2.1 Sac Metal Kalıpcılığı	2
2.1.1 Sac Metal Kalıpcılığı Çeşitleri	2
2.2 Sac Metal Kesme Kalıpları	3
2.3 Kesme teorisi	4
2.3.1 Kesme Olayında Elastik Ve Plastik Şekil Değişimi	10
2.3.2 Kesme Olayındaki Safhalar	12
2.3.3 Kesme Kuvvetinin Hesaplanması	14
2.3.3.1 Kesme Kuvvetini Azaltma Yöntemleri	16
2.4 Kesme Kalıplarında Ekonomik Kalıplama İçin Değişik Öneriler	18
<b>3 SAC KESME İŞLEMİNDE FİRE MİKTARINI BELİRLENMESİ</b>	<b>22</b>
3.1 Sac Kalıplamada Adımın Bulunması	23
3.2 Kesme Payının (Fire Miktarının) Belirlenmesi	25
3.2.1 Kalıp Boşluğu	33
3.2.2 Kesme Kuvveti İle Kesme Olayı Arasındaki Bağlantı	39
3.2.3 Kesme Boşluğunun Hesaplanması	40
3.2.3.1 Kesme Boşluğuna Etki Eden Faktörler	41
3.3 Kesme Yüksekliği	42
<b>4. HASSAS SAC SÜRME SİSTEMLERİ</b>	<b>43</b>
4.1 Sac Sürme Sisteminde Lazer Geri Besleme İle Servo Motor Uygulaması	43
4.2 Yan Çakılar	45
4.2.1 Yan Çakıların Çalışma Sistemi	45
4.2.2 Yan Çakı Tipleri	46
4.2.2.1 Düz Yan Çakılar	46
4.2.2.2 Kademeli (Öncelikli) Yan Çakılar	47
4.2.2.3 Kademeli (Ölçekli) Ve Profilli Yan Çakılar	48

4.2.3 Yan Çakı Malzemeleri	49
4.3 Arama (Pilot) Pimler	49
4.3.1 Arama (Pilot) Pimler İçin Toleranslar	52
4.3.2 Arama (Pilot) Pimlerin Uzunlukları	52
4.3.2.1 Sabit Ayırma Plakası Veya Sabit Kayıt Plakası Kullanıldığı Zamanlar	52
4.2.2.2 Hareketli Ayırma Plakası Kullanıldığı Zaman	53
4.3.3 Yaylı Pilot Pimler	53
4.3.4 Yuvarlak Olmayan Pilot Pimler	55
4.3.5 Arama Pilot Pimler İçin Malzemeler	55
4.4 Yan İticiler	56
4.4.1 Yan İtici İçin Malzemeler	56
4.4.2 Yan İticilerin Kalıpta Kullanılması	57
<b>5. SAC FİRELERİN HATTAN İNSANSIZ UZAKLAŞTIRILMASI</b>	<b>59</b>
5.1 Konveyör Sistemleri	59
5.2 Bantlı Konveyörler	59
5.3 Sac Firelerin Hattan Uzaklaştırılması Aşamaları	60
<b>6.SONUÇ</b>	<b>64</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>65</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Bir sac metal kesme kalıbının temel parçaları	3
Şekil 2.2. Kesme Kalıbı	4
Şekil 2.3. Pres	5
Şekil 2.4. Kesme olayında gerilim ve kuvvetlerin durumu	5
Şekil 2.5. Kesme kuvveti	6
Şekil 2.6. Dilme işlemine ait örnekler	6
Şekil 2.7. Ayırma işleminin şematik gösterilişi	7
Şekil 2.8. Taslak kesme ve delme işlemlerinin beraber yapıldığı kalıp düzeni	8
Şekil 2.9. Çentik açma işlemine ait örnekler	8
Şekil 2.10. Yarma işlemine ait örnek	8
Şekil 2.11. Çapak kesme işleminin şematik gösterilişi	9
Şekil 2.12. Taslak kesme işleminin şematik görünüşü ve kesme yüzeyi karakteristikleri	10
Şekil 2.13. Tek eksenli çekme zorlamasında normal ve kayma gerilmeleri	11
Şekil 2.14. Tek eksenli kesme zorlamasında normal ve kayma gerilmeleri	11
Şekil 2.15. Kesme olayı	12
Şekil 2.16. Kesme kalıbında işlem safhaları	14
Şekil 2.17. Kesme kalıbında kesilecek parçanın resmi	16
Şekil 2.18. Zımbaya verilmiş açılar ve çıkan bozuk parçalar (Delme işlemlerinde kullanılır)	17
Şekil 2.19. Dişi plakaya verilen açılar ve kesilmiş düzgün parçalar (Kesme işlemlerinde kullanılır)	17
Şekil 2.20. Toplam kesme kuvvetini azaltan farklı zımbo boyları	18
Şekil 2.21. Sac malzeme dizaynı	19
Şekil 2.22. Köşe radyüslerin dizaynı	19
Şekil 2.23. Kanalların dizaynı	19
Şekil 2.24 Sac kalıplamada özel durumlar	20
Şekil 2.25. Sac kalıplamada delik tasarımları	20
Şekil 2.26. Sac kalıplamada delik tasarımları	21
Şekil 2.27. Sac kalıplamada delik tasarımları	21
Şekil 3.1. Firesiz kesme	22
Şekil 3.2. Kesme kalıbında kesilecek parça resmi	23
Şekil 3.3. Tek ve çift sıralı kalıplamada adım	23
Şekil 3.4. Açılı konumlu malzeme yerleşim planı	24
Şekil 3.5. Tek seri kalıplama	24
Şekil 3.6. Çift seri kalıplama	25
Şekil 3.7. Üç seri kalıplama	25

Şekil 3.8. Ters – Düz kalıplamaya göre şerit malzeme tasarımı	25
Şekil 3.9. Ayırma zımbalarıyla kalıplanan ve artık parçaların şerit malzeme üzerinde gösterilmesi	26
Şekil 3.10. Artık malzeme köprüsü (b), bant kenar payı (a) ve yan çakı kesme payı (ı) için değerler ölçüler	26
Şekil 3.11. Kesme kalıbı kesit resmi	27
Şekil 3.12. Kesme kalıbı kesit resmi	28
Şekil 3.13. Kesme kalıbı, sac levha ve zımbanın temas alanı	28
Şekil 3.14. Ön görünüşte gerilme analizi (fire 6mm)	29
Şekil 3.15. Yan görünüşte gerilme analizi (fire 6mm)	29
Şekil 3.16. Perspektif görünüşte gerilme analizi (fire 3mm)	30
Şekil 3.17. Perspektif görünüşte gerilme analizi (fire 4mm)	30
Şekil 3.18. Perspektif görünüşte gerilme analizi (fire 5mm)	31
Şekil 3.19. Perspektif görünüşte gerilme analizi (fire 6mm)	31
Şekil 3.20. Perspektif görünüşte gerilme analizi (fire 6mm)	32
Şekil 3.21 Dişi kalıp veya zımbaya verilen kalıp boşluğu	34
Şekil 3.22 Kalıbın kesilen parçaya etkisi	34
Şekil 3.23. Bir kesme kalıbında tek taraflı kalıp boşluğuna göre kalıplanabilecek max. ve min. sac malzeme kalınlığı diyagramı	38
Şekil 3.24. Kesme kuvvetinin kesme olayı ile olan bağıntısı	39
Şekil 3.25. Dişi kalıp ve zımbaya verilen kesme boşluğu	40
Şekil 4.1. Lazerli sac sürücüsü ve komponentleri	44
Şekil 4.2. Yan çakılar	45
Şekil 4.3. Çevre kesme deliği ile yan çakı deliğinin aralarındaki uzaklık 4 mm'den küçük	46
Şekil 4.4. Adımın uzun olduğu zamanki kalıp tertibi	47
Şekil 4.5 Düz yan çakı	47
Şekil 4.6. Kademeli (ölçekli) yan çakı	47
Şekil 4.7. Tek ve çift taraftan çeneli, kademeli profilli yan çakı	48
Şekil 4.8. Arama pimlerinin bandı esas konuma getirmeleri	49
Şekil 4.9. Kalıpta yapılacak pilotlama referans uygulaması	49
Şekil 4.10. Kalıpta uygulanan pilotlama referans uygulaması	50
Şekil 4.11. Arama (pilot) pimlerinin sabit ayırma veya kayıt plakalı kalıptaki durumları	52
Şekil 4.12. Arama (pilot) pimlerinin hareketli ayırma plakalı kalıptaki durumları	53
Şekil 4.13. Yaylı pilot pim	54

Şekil 4.14. Yaylı pilot pim uygulaması	54
Şekil 4.15 Dikdörtgen kesitli pilot pim	55
Şekil 4.16. Çeşitli yan itici tipleri	57
Şekil 4.17. Yan itici uygulaması	58
Şekil 5.1. Sac firelerin uzaklaştırılması	60
Şekil 5.2. Sac firelerin konveyöre aktarılması	60
Şekil 5.3. Bantlı konveyör sistemi	61
Şekil 5.4. Bantlı konveyör sistemi	61
Şekil 5.5. Sac firelerin toplanma sahası	62
Şekil 5.6. Bantlı konveyör sistemi	63
Şekil 5.7. Bantlı konveyör sistemi	63

## ÇİZELGE LİSTESİ

Tablo 2.1. Bazı malzemelerin kesme dirençleri	15
Tablo 3.1. Gerilme analizi sonuçları	32
Tablo 3.2. Artık malzeme köprüsü (b), bant kenar payı (a) ve yan çakı kesme payı (i) için değerler ölçüler. (mm)	35
Tablo 3.3. Çekme dayanımlarına göre tek taraflı kalıp boşluğu	36
Tablo 3.4. Malzemenin cinsine göre yüze zımba batma oranı	37
Tablo 4.1. Yan çakılar için bazı değerler	48
Tablo 4.2. Yan çakılar için malzemeleri	49
Tablo 4.3. Pilot pimler için malzemeler	56
Tablo 4.4. Yan İticiler için malzemeler	57

## KISALTMALAR LİSTESİ

- $P_1, P_s$  : Kayma hareket kuvveti, daN  
 $P_R$  : Koparma Kuvveti, daN  
 $P_T$  : Tamamlayıcı Kuvvet , daN  
 $P_1$  : Kesme Kuvveti, daN  
 $F_f$  : Zimba ve alt çakının sonradan malzeme boyunca kayan açık yüzleri.  
 $S_s$  : Zimba ve alt çakı kesme ağızları.  
 $D_f$  : Zimba ve alt çakı basma yüzleri  
 $P$  : Kalıplama kuvveti, daN  
 $P_{em}$  : Emniyetli kalıplama kuvveti, daN  
 $L_T$  : Kesilen parçanın toplam çevre uzunluğu, mm  
 $T$  : Sac malzeme kalınlığı, mm  
 $\tau_d$  : Sac malzemenin kesme direnci, daN/mm<sup>2</sup>  
 $S$  : Şerit malzeme yüzey alanı , mm  
 $S_1$  : Kalıplanan toplam parça yüzey alanı , mm  
 $C$  : Tek taraflı kesme boşluğu, mm  
 $T$  : Malzeme kesme gerilmesi, daN/mm<sup>2</sup>  
 $t$  : Sac kalınlığı, mm  
 $S_p$  : Kesme boşluğu , mm

## TEŐEKKUR

Bu projenin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen proje danışmanım Doç. Dr. Enver ATİK'e ve Yrd. Doç. Dr. N. Sinan KÖKSAL'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

## ÖZET

Bu çalışmada sac pres prosesleri incelenmiştir. Bunlardan preste sac kesme prosesinde sacın sürülmesi, konumlandırılması, firenin azaltılması ve artıkların uzaklaştırılması için tasarımlar ve hesaplamalar yapılmıştır. Sacların prese sürülmesinde birbirinden bağımsız olarak kullanılan servo motorlarla sürme, lazerle mesafe belirleme ve pimle konumlandırma kombinasyonu uygulanmıştır. Böylece sacın pres kalıbına istenilen ölçülerde sürülebilmesi ve kesilmesi sağlanmıştır. Sac kesme sırasında bırakılması gereken minimum fire miktarı belirlenmiştir. Preslemeden sonra ortaya çıkan firelerin presten uzaklaştırılabilmesi için hidrolik piston ve konveyör sistemi tasarlanmıştır.

## **ABSTRACT**

In this study the press machines which form the sheet metal was examined. Considering before-mentioned these designs and calculations were implemented in order to be forwarded and positioned the sheet metal, be reduced the scraps, and be took away the scraps at the cutting process. It was applied using servo motors which work independently from each other in being pushed the sheet metals to the press machines, designating of the distance thanks to the laser beam, and combinations of positioning via the pivot. Thus, It was carried out that the sheet metal was pushed and was cut to a desired extent. It was proved a minumun amount of scrap to be let during cutting of the sheet metal. It was designed hdyraulic piston in order to be able to be removed the scraps occuring after the pressing process from the press machine and conveyor system.

## 1.GİRİŞ

Teknoloji anlamında yapılan bütün çalışmalar kısa zamanda ve minimum maliyetle üretim yapmayı hedeflemektedir. Çok sayıda üretimi kısa sürede gerçekleştirmek, günümüz endüstrisinin ana uğraşını teşkil etmektedir. Bunun için akla ilk gelen çözüm talaşsız imalata yönelmek olmuştur. Bu sebepten rasyonel bir şekilde tasarlanmış pres kalıpları her geçen gün önemini artırmaktadır. “Rasyonel tasarım” olayı, kalıp tasarım safhasının ne denli önemli olduğunu vurgulamak için kullanılmıştır. Öyle ki, bir ürünün üretim maliyetinin %70 kadarı o ürünün tasarım safhasında belirlenmektedir [1].

Sac malzemelerin işlenmesinde geçmişten günümüze bakıldığında, metal sac malzemelerin en çok kullanılan tür olduğu görülmektedir. Sac metal malzemeleri işleme teknolojileri de devamlı gelişmektedir. Sac metal malzemeler kalıplarla kesme, bükme, çekme gibi birçok prosesler gerçekleştirilebilmektedir. Bunların kesme işlemi ile birlikte bükme, çekme gibi birçok prosese tabi tutulduğu göz önüne alınırsa, kesme işleminin önemi ortaya çıkar [2]. Kesme kalıpları sac metal kalıpcılığında en çok kullanılan türlerdendir. Sac metal kesme kalıpları ile üretim kolay ve otomatiktir. Üretim oranı yüksektir. Sarf edilen insan gücü azdır. Üretilen parçalar özdeş ve standarttır. Bu faktörler kesme kalıplarının kullanımını artırmaktadır [3].

Bu çalışmada sac metal kalıpcılığı ile üretilen parçalarda üretim maliyetlerini düşürmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalarda ilk olarak kesme parametreleri ve sac malzeme özelliklerine bağlı olarak kesme operasyonlarında sac malzemede verilmesi gereken fire miktarını azaltmaya yönelik unsurlar incelenmiştir. Verilmesi gereken minimum fire miktarı yaklaşık olarak belirlenmiştir. Ayrıca sac malzemelerin pres hattına sürme sistemi incelenerek sürme sisteminde iyileştirmeler yapılmış; sac malzemenin hassas olarak sürülmesine yönelik kalıp iyileştirilmesi ve sürme sistemi iyileştirilmesi yapılmıştır. Son olarak da çıkan sac firelerin hattan insansız uzaklaştırılmasına yönelik konveyör sistemi tasarımı yapılmıştır.

## 2. KALIPÇILIK

Özdeş parçaları istenilen ölçü tamlığı sınırları içinde ve en kısa zamanda üreten, malzeme sarfiyatını ve insan gücünün minimum düzeyde tutulmasına yardımcı olan aparatlara kalıp denir. Kalıplar, üretilecek parçaya imalat resmindeki ölçü ve biçimi verir, hem de onun istenilen kalitede olmasını sağlar. Bu özelliklerden dolayı, tüm endüstri alanında kullanılmaktadır. Ayrıca, üretimindeki ekonomik değer ve önemi her yönü ile büyüktür. Bu çalışmaların konusu olan sac metal kalıpçılığı ayrıntılı olarak incelenmiştir.

### 2.1. Sac Metal Kalıpçılığı

Değişik biçim ve boyutlardaki preslere bağlanarak, sac ve metaller üzerinde kesme, bükme ve çekme işlemlerini seri olarak yapabilen aparatlara sac metal kalıpları denir. En büyük özellikleri seri üretim yapmaları ve çalışma sırasında kalifiye elemana ihtiyaç duyulmamasıdır. Otomobil, elektrik, elektronik sanayinde kullanılan parçaların, günlük kullanılan ev, el aletlerinin yapımında kullanılan gereçlerin yapımı bu kalıplarla seri olarak gerçekleştirilmektedir.

Sac şekillendirme işlemlerinde kalıplar genellikle iki parçadan oluşur. Birincisi çıkıntılı bir şekle sahiptir ve “zimba” adını alır. İkincisi ise girintili şekle sahip olup, sadece “kalıp” diye adlandırılır. Zimba için “ıstamp” veya “erkek kalıp”, kalıp için “matris” veya “dişi kalıp” terimleri de kullanılmaktadır. Zimba genellikle presin hareketli kısmına bağlanır, kalıp ise sabit tutulur. Zimba ve kalıbın birbirine göre eksenlenmesi son derece önemli olduğundan, bunlar önce birer plakaya bağlanıp eksenlenirler, daha sonra plakalar prese bağlanırlar. Çoğu kez metalik sacı kalıp çevresince sıkıştırarak şekillendirme esnasında, kırışmasına engel olacak yardımcı kalıba gerek vardır. Bu kalıp “sıkıştırma kalıbı” veya çember şeklinde olduğundan “sıkıştırma çemberi” diye adlandırılır. Bu kalıp için “pot çemberi” terimi de kullanılmaktadır. Tek tesirli preslerde, sıkıştırma çemberine kuvvet, mekanik yay veya pnömatik sistem yoluyla uygulanır. Çift tesirli preslerde, zimba ilerlerken önce sıkıştırma sistemini harekete geçirir, daha sonra şekillendirme işlemi gerçekleştirilir.

#### 2.1.1. Sac Metal Kalıpçılığı Çeşitleri

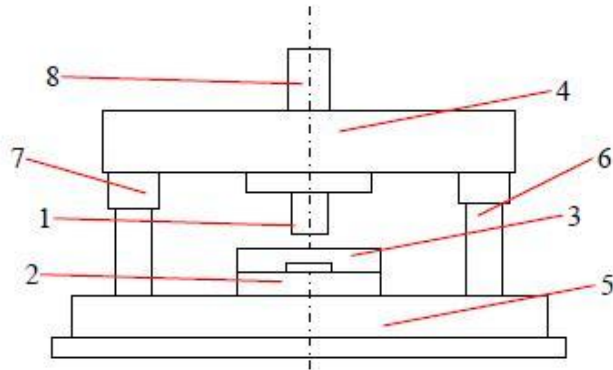
Sac metal kalıpçılığında uygulanan yöntemler aşağıda tanımlanmıştır:

- ❖ Delme-kesme Kalıpları
  - Bıçak gibi kesme kalıpları
  - Açık kesme kalıpları
  - Kılavuz plakalı kesme kalıpları

- Kılavuz sütunlu kesme kalıpları
- Ardışık kesme kalıpları
- Bileşik kesme kalıpları
- Çapak kesme kalıpları
- ❖ Bükme Kalıpları
  - “V” Bükme kalıpları
  - “U” Bükme kalıpları
  - Özel bükme kalıpları
- ❖ Çekme Kalıpları
  - Açık çekme kalıpları
  - Baskı plakalı çekme kalıpları
- ❖ Formlama Kalıpları
- ❖ Sıvama Kalıpları
- ❖ Şişirme Kalıpları
- ❖ Bileşik Kalıplar
- ❖ Fışkırtma Kalıpları

## 2.2. Sac Metal Kesme Kalıpları

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi sac metal kesme kalıpları zımba, alt kalıp, sıyrıcı plaka, zımba tutucu plaka, kılavuz sütun, burç gibi temel kalıp parçaları ve bağlantı elemanları, dayanıcılar, pimler gibi yardımcı elemanlardan oluşur. Sac metal kesme kalıplarının geometrik yapısı etüt edilmeden, kuvvet analizi yapılmadan, elemanları seçilmeden ve bütün bunlar birbiri ile ilişkilendirilmeden optimum bir tasarım yapılması mümkün değildir [4].



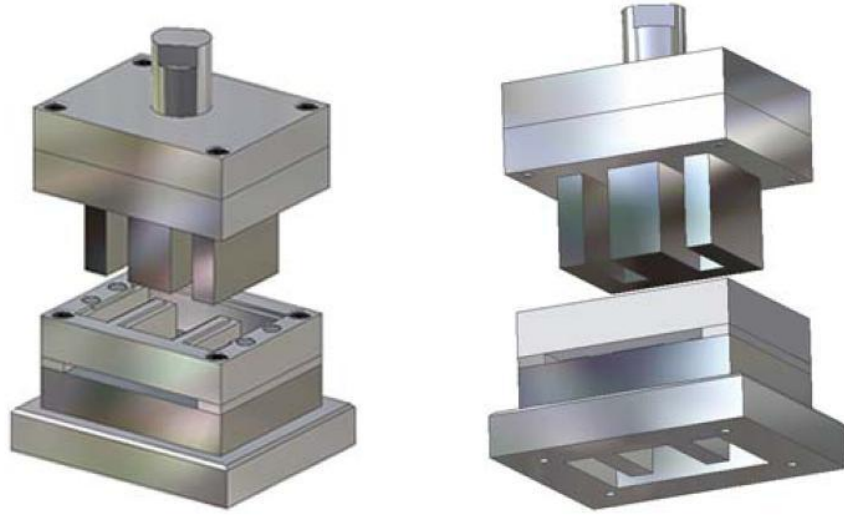
- 1.Zımba 2.Alt Kalıp 3. Sıyrıcı Plaka 4. Kalıp Üst Plakası  
5. Kalıp Alt Plakası 6. Klavuz Sütun 7. Klavuz Burç 8.Kalıp Sapı

**Şekil 2.1.** Bir sac metal kesme kalıbının temel parçaları [4].

Sac metal kesme kalıbı yapımında pimler mümkün olduğu kadar birbirinden uzağa yerleştirilmeli ve bağlantılar en az iki civata kullanılmak suretiyle sağlanmalıdır [5].

Kalıp tasarımı sırasında dişi kalıp kalınlığına bağlı olarak, kalıp içerisinde oluşturulacak boşluklar, sisteme ait değerler kullanılarak çizelgelerden belirlenmelidir [6]. Fakat çok büyük ve karmaşık kalıpların tasarımında içerdeki boşluğun kenara olan mesafe miktarları kalınlığın iki ya da üç katı alınması ile basitçe çözümlenebilir [7].

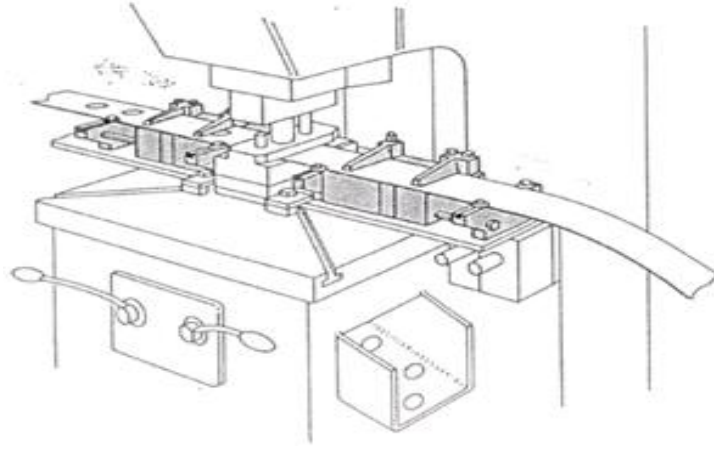
Kesme kalıplarının hangi türü ile kesme yapılırsa yapılsın üretilen malzeme ve parça şeridi zımbada kalır. Zimbadan bu elemanları ayırmak için kılavuz tablası yani kayıt kullanılır. Ayrıca tek kademeli kalıplarda bu elemanın yerine yaylarla donatılmış sıyırıcı plaka veya en basitinden olan zımba üzerine takılan sert plastik takoz kullanılabilir (Şekil 2.2).



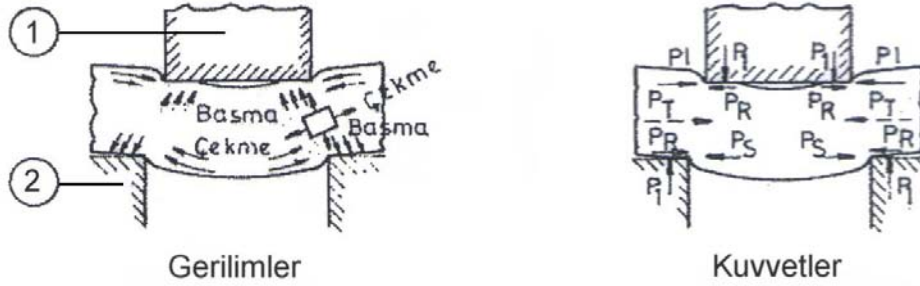
**Şekil 2.2.** Kesme Kalıbı[9].

### 2.3. Kesme Teorisi

Bir makas veya kesme aleti ile talaş kaldırmadan, malzemenin bir hat (kapalı veya kapalı olmayan kesme çizgisi) boyunca tamamen ayrılmasıdır (Şekil 2.3). Başka bir deyişle, zımba ile dişi kalıp arasındaki şerit malzemenin kuvvet uygulanarak birbirinden ayrılmasına kesme denir. Şekil 2.4'de kesme sırasındaki gerilme ve kuvvetler görülmektedir.



**Şekil 2.3.** Pres [9].



1.Zımba 2.Kesme Plakası

Şekilde ;

$P_i, P_s$  : Kayma hareket kuvveti, N

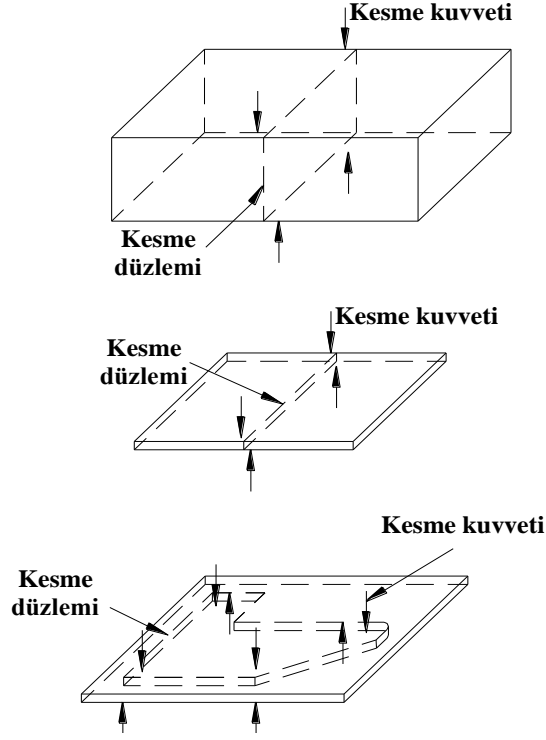
$P_R$  : Koparma Kuvveti, N

$P_T$  : Tamamlayıcı Kuvvet, N

$P_1$  : Kesme Kuvvetidir, N

**Şekil 2.4.** Kesme olayında gerilim ve kuvvetlerin durumu [8].

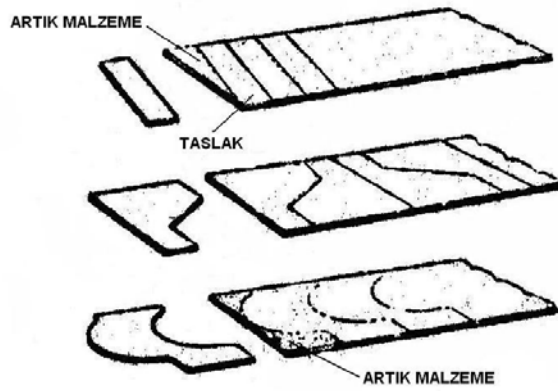
Sac malzemenin kesilmesinde zımbaya ve dişi kalıba uygulanan kuvvete "kesme kuvveti" denir (Şekil 2.5).



**Şekil 2.5.** Kesme kuvveti [9].

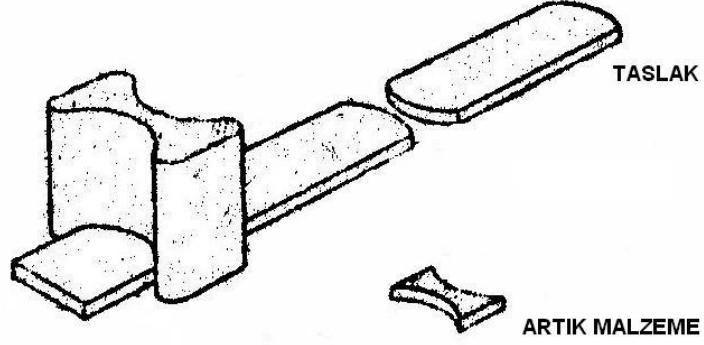
Kesme, metalik sacların kullanıldığı imalat endüstrisinde çok uygulanan bir ayırma ve biçimlendirme işlemidir. Kesme işlemi, insanlığın metallere uyguladığı ilk plastik şekil verme yöntemi olan dövme işlemi kadar eskidir. Saclarla ilgili imalat yöntemlerinde daha fazla kullanıldığı için kesme işlemi genellikle bir sac şekillendirme yöntemi olarak tanınır. Kesme, metalik sac ve levhaların dilme, ayırma, taslak kesme (çevre kesme), delme, çentik açma, yarma, çapak (artık) keserek son boyutlarına getirme gibi işlemlerinde kullanılır.

Dilme işleminde, metalik bant veya sac metal kaybı olmadan belirli şekillerde kesilir. (Şekil 2.6). Kesme çizgisi düz, kırık veya eğri olabilir. Metal kaybı, bazı hallerde sadece bent veya levhanın iki ucunda olur.



**Şekil 2.6.** Dilme işlemine ait örnekler[12].

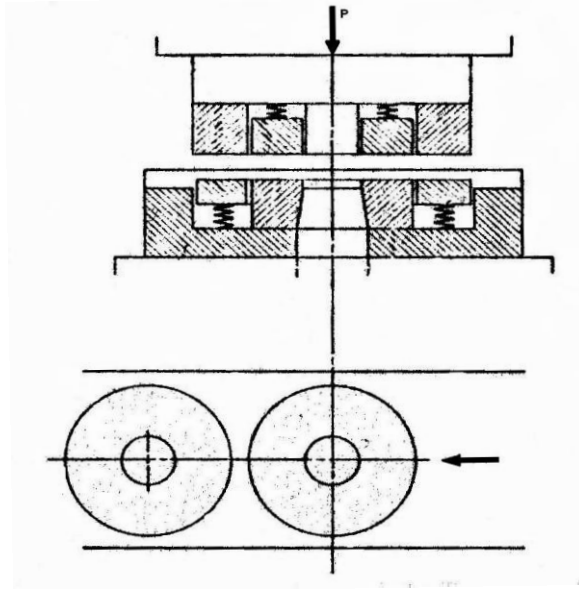
Ayrırma işlemi dilme işlemine benzer. Ancak, arka arka kesilen iki yararlı parçanın kesilen kenarları birbiriyile uyum göstermez, arada kalan ufak parçası atılır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Ayrırma işleminin şematik gösterilişi[12].

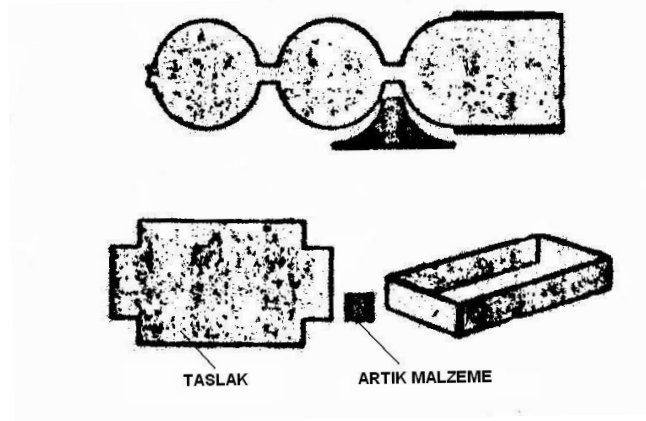
Taslak kesme (çevre kesme) işlemi adından anlaşılacağı gibi, parçanın tüm çevresince kesilerek elde edildiği işlemi tanımlar. Burada taslak parçalar arasında kalan metal atılmaktadır (Şekil 2.8). Kesme işleminin yüksek üretim hızında yapıldığı preslerde, malzeme bant halinde beslenir ve artık malzeme iskelet halinde çıkar. Çoğu kez artık metal daha küçük parçaların üretimi için yeniden değerlendirilir.

Delme işlemi, taslak kesme işlemine benzer. Ancak taslak kesme işleminde kalıbın dışında kalan parça, delme işleminde ise kalıbın içinde kalan parça atılır (Şekil 2.8).



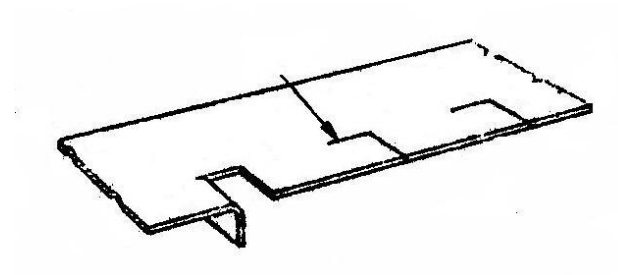
Şekil 2.8. Taslak kesme ve delme işlemlerinin beraber yapıldığı kalıp düzeni[12].

Çentik açma işleminde sac parçasının köşelerinde ufak metal parçaları kesilerek daha sonraki şekillendirme işlemine hazır duruma getirilir (Şekil 2.9).



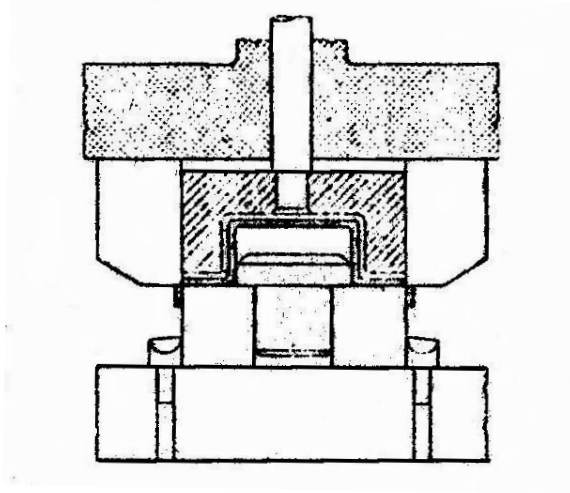
**Şekil 2.9.** Çentik açma işlemine ait örnekler[12].

Yarma işleminde Şekil 2.10'de görüldüğü gibi metalik sacın belirli bir bölümünde metal kaybı olmaksızın basit bir kesme işlemi yapılır ve parçanın daha sonraki şekillendirme işlemine hazır duruma getirilmesi sağlanır.



**Şekil 2.10.** Yarma işlemine ait örnek[12].

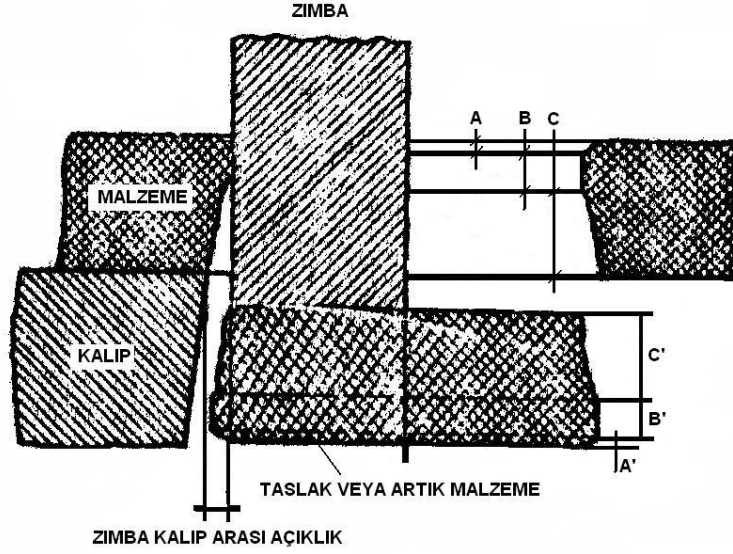
Çapak (artık) kesme, şekillendirilmiş parçanın son boyutlarına getirilmesi için uygulanan işlemdir (Şekil 2.11).



**Şekil 2.11.** Çapak kesme işleminin şematik gösterilişi [12].

Basit görülmesine rağmen, kesme işlemi endüstride özen gerektiren bir biçimlendirme yöntemidir. Her geçen gün daha fazla önem kazanan bu işlemde, kalite açısından kesme yüzeyi düzgünlüğüne, boyutsal hassasiyete ve kesilen parçanın çarpılma miktarına dikkat edilir. Alışlagelmiş kesme yöntemlerinde elde edilen kesme genellikle kabadır. Bu yüzey bazı hallerde yeterli sayılabilir. Genelde ise kesme yüzeyinin sac düzlemine mümkün mertebede dik olması, çapak ve çift kesme bandından yoksun olması, en az köşe yuvarlatmasına ve en küçük kırılma açısına sahip olması istenir. Bu nedenlerle kaba kesme yüzeyinin çoğu kes tıraşlanarak düzeltilmesi gerekir.

Kesme işlemine örnek olarak şekil 2.12’de taslak kesme (çevre kesme) işlemi şematik olarak gösterilmekte ve kesme yüzeyinin karakteristikleri belirtilmektedir. Sacın üst yüzeyinde zımba kenarı ile temas eden A bölgesi ile alt yüzeyde kalıp kenarı ile temas eden A’ bölgesi yuvarlanmış görünümde dirler. Bu olay zımbanın kesilecek metali kalıp boşluğuna itmeyi başladığı anda malzemede oluşan plastik eğilmenin sonucudur. Yuvarlanma miktarı malzemenin sertliğine, kalınlığına ve kalıp geometrisine bağlıdır.



- A ve A' = Kenar yuvarlanması
- B ve B' = Kesme bandı (parlak)
- C ve C' = Kırılma alanı

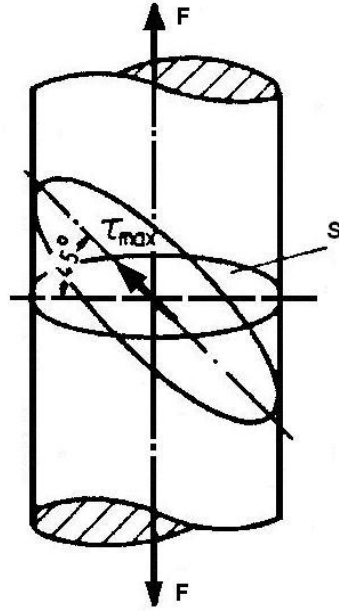
**Şekil 2.12.** Taslak kesme işleminin şematik görünüşü ve kesme yüzeyi karakteristikleri[12].

### 2.3.1. Kesme Olayında Elastik Ve Plastik Şekil Değişimi

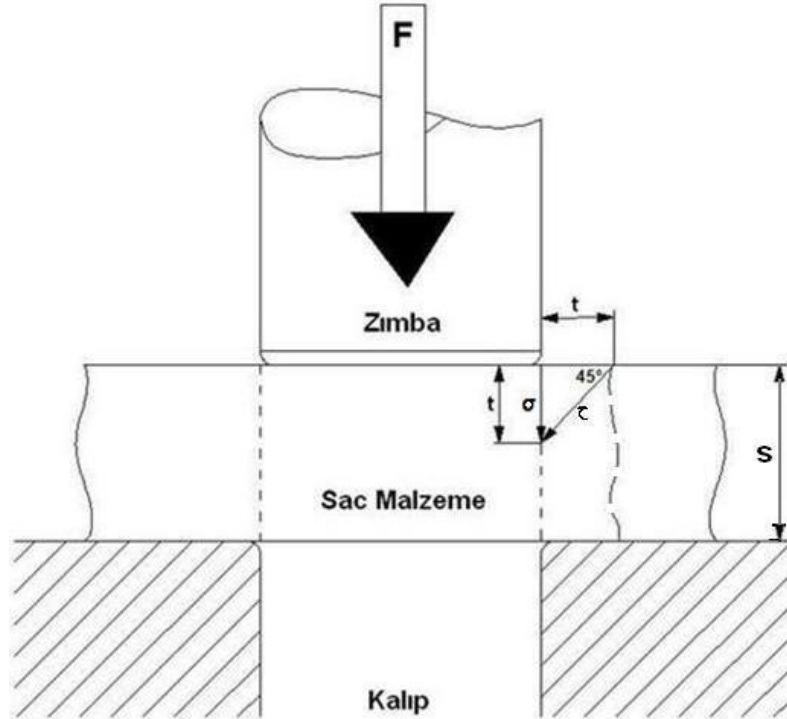
Metallerin mekanik özellikleri yalnız atom türleri ve kristal yapılarına değil, büyük ölçüde içyapılarına yani tane büyüklüğü ve tane biçimine de bağlıdır. En önemli mekanik özellikler, şekil değiştirme kabiliyeti ile dayanım olup, malzemenin kırılma davranışı da bunlar tarafından belirlenir.

Malzeme de şekil değişimi makro açıdan boy ve açı değişimi olarak ikiye ayrılabilir. Makro ölçekten uzaklaşarak kafes yapının birim hücreleri mertebesine inildiğinde ise, açı değişiminden bağımsız bir boy (atomlar arası uzaklık) değişimi olanaksızlaşır. Çünkü bunun için atomsal bağ kuvvetlerinin en yüksek değeri olan  $F$  'yı (Şekil 2.13) aşabilecek, dolayısıyla kırılmaya neden olabilecek çok büyük kuvvetler gerekir. Böylece makroskopik boy değişimlerinin sonucu olarak ortaya çıkar.

Şekil değişimi için gerekli kuvvet, etkidiği alana bölünürse gerilim elde edilir. Açı değişimlerinde  $T$  kayma gerilmelerinin olacağı mekanik bağıntıları yardımıyla gösterilebilir. Örneğin bir basma kuvvetinin uygulanması halinde, bu kuvvet ile  $45^\circ$  açı yapan düzlem ve doğrultuda değeri  $\sigma$  gerilmesinin yarısına eşit olan maksimum kayma gerilmesi oluşur (Şekil 2.14).



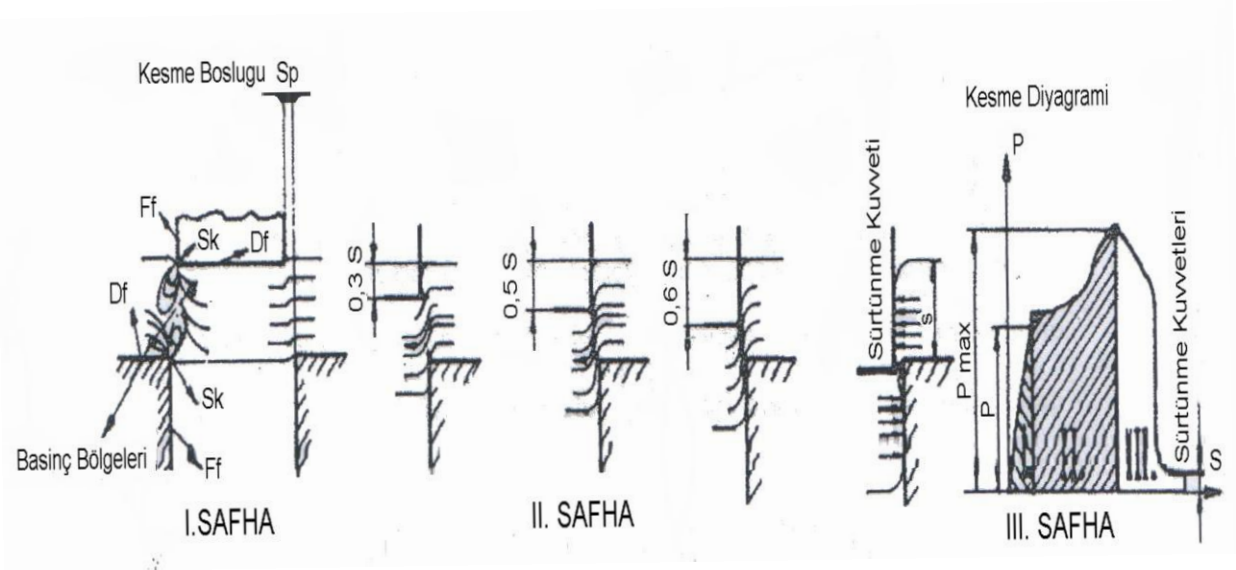
**Şekil 2.13.** Tek eksenli çekme zorlamasında normal ve kayma gerilmeleri[12].



**Şekil 2.14.** Tek eksenli kesme zorlamasında normal ve kayma gerilmeleri.

Küçük kayma gerilmeleri sadece kafes açılarının değişmesine yol açar. Gerilme kaldırılırsa şekil değişimi kaybolur. Bu tür şekil değişimleri **elastik şekil değişimi** olarak adlandırılır. Kayma gerilmesi ve bununla birlikte açı değişimi belirli bir kritik  $T_0$  değerini aşarsa, bir takım kristal bölümlerindeki atomlar uygun düzlemler (kayma düzlemleri) boyunca ani olarak daha sonraki kafes yerlerine ötelenirler (kayma olayı). Gerilme kaldırılırsa atomlar sadece açı değişimini yok edecek kadar geri hareket eder, ancak hiçbir zaman ilk yerlerine dönmezler. Buna plastik (**kalıcı**) **şekil değişimi** denir.

### 2.3.2. Kesme Olayındaki Safhalar



$S$  : Parça kalınlığı

$S_p$  : Kesme boşluğu

$F_f$  : Zimba ve alt çakının sonradan malzeme boyunca kayan açık yüzleri.

$S_k$  : Zimba ve alt çakı kesme ağızları.

$D_f$  : Zimba ve alt çakı basma yüzleri

Şekil 2.15. Kesme olayı [8].

### ❖ 1. Safha

Kesmeye başlangıç safhasıdır. Zimba malzemeye temas eder ve basınç tesiri yapar. Eğer zimba basmaya devam edip, malzemenin elastikiyet sınırı aşılsa, malzemede plastik deformasyon meydana gelir. Şayet zimba basınç yapmayı geri kalkarsa, malzeme yine eski durumuna gelir.

### ❖ 2. Safha

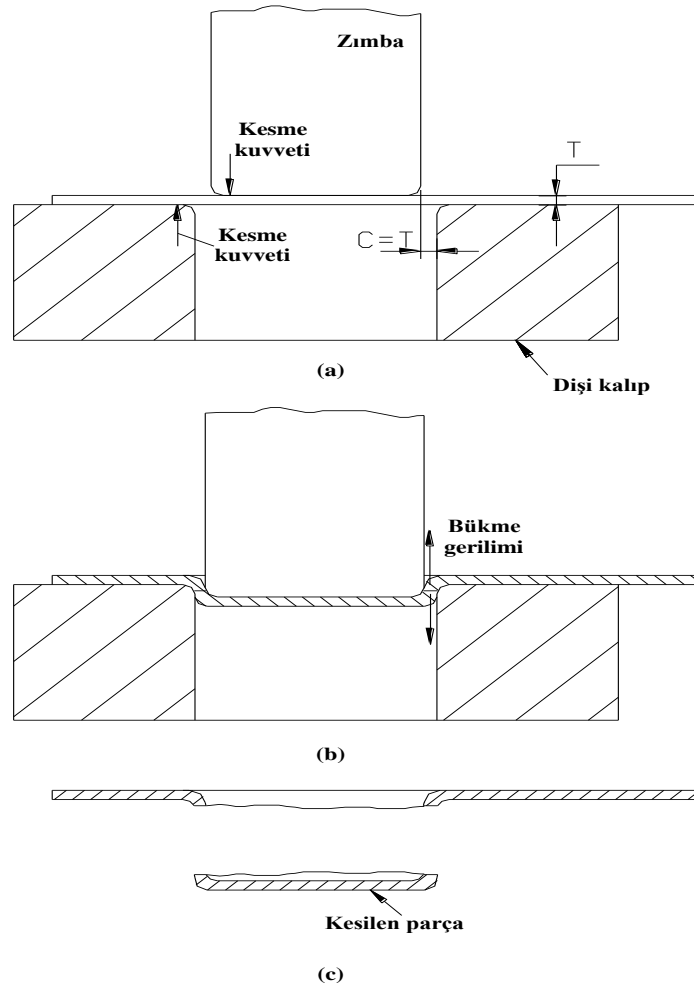
Bu safhada gerek kesme plakası, gerekse zimba malzemeye sürekli kama tesiri yaparlar. Zimba kuvveti yüksek ve sac kalınlığının 0,3 katı kadar malzemeye daldığı zaman, malzeme alt kalıp boşluğuna akmaya (süzülmeye) başlar. Zimba kuvveti hızla artmaya devam eder. Zimba malzeme kalınlığının 0,5 katı kadar ilerleyene dek, malzemenin akması (alt kalıp boşluğuna ilerlemesi) de devam eder. Bu safhada zimba, malzemeyi yığılmaya zorlar ve uygun miktardaki malzeme kalıp boşluğuna itilir. Esas kesme bu safhada meydana gelmektedir. Sert malzemede malzemenin akması, sert olmayandan daha erken başlar (<0,3S)

### ❖ 3. Safha

Bu safhadaki zimba, malzeme kalınlığının 0,6 katı kadar malzemeye dalmış bulunmaktadır. Artık kesme işi tamamlanmıştır. Bu andan itibaren zimba, malzemeyi sadece kalıp deliğinden aşağıya itip düşürmektedir.

Bu üç safha, kesilen veya delinen malzemenin karakteristik görünüşlerini etkiler. Bu karakteristik görünüşün görsel olarak kontrol edilmesi bize, zimba ve kalıbın aralarındaki boşluğun uygun olup olmadığını anlatmış olur. Bunun yanı sıra kalıbın genel durumu hakkında da bilgi edinilmiş olunur.

Sac kalıplarında kalıp boşluğu fazla olan körelmiş zimba ve dişi kalıpla yapılan kalıplama işleminde, şerit malzeme kesilmeye değil ön bükülmeye sonrada kopmaya zorlanır (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Kesme kalıbında işlem safhaları [9].

### 2.3.3. Kesme Kuvvetinin Hesaplanması

Kalıplama anında parçanın şerit malzemeden ayrılmasına karşı göstermiş olduğu toplam dirence kesme kuvveti denir.

Kesme kuvvetini hesaplamamızın sebebi şunlardır:

- ❖ Kesme kuvvetinden çok daha güçlü pres kullanırsak enerji israfından dolayı verimli çalışmamış oluruz.
- ❖ Kesme kuvvetinden daha zayıf bir pres kullanırsak tam bir kesme olmayacağından kalıp ve pres zarar görebilir.
- ❖ Eğer kesme kuvveti mevcut tezgahların gücünden daha büyük ise kesme kuvveti azaltma yöntemleriyle kesme kuvvetinin azaltılmasını sağlamak.

Kesme kalıplarındaki kesme kuvvetinin hesaplanmasında, kesilen parçanın çevre uzunluğu, sac malzeme kalınlığı ve kesme direncinin önceden bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca pres emniyet katsayısı (E.K.S)'nin de göz önünde bulundurulması da gerekir. Genellikle pres emniyet katsayısı E.K.S=(1.5 – 4) arasında tavsiye edilir[9]. Toplam kalıplama kuvveti aşağıdaki formülle bulunur.

$$F = L_T \cdot t \cdot \sigma_d,$$

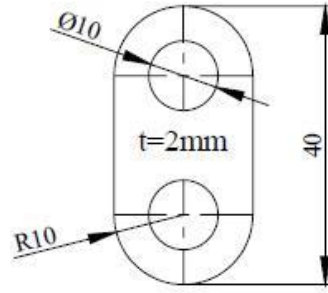
$$F_{em} = F \cdot (E.K.S)$$

- F : Kesme kuvveti, daN  
F<sub>em</sub> : Emniyetli kesme kuvveti, daN  
L<sub>T</sub> : Kesilen parçanın toplam çevre uzunluğu, mm  
t : Sac malzeme kalınlığı, mm  
σ<sub>d</sub> : Sac malzemenin kesme direnci, daN/mm<sup>2</sup>

Tablo 2.1.'de malzemelerin cinsine göre kesme dirençleri verilmiştir. Hesaplamalarda kesme dirençleri bu çizelgeden alınır. Aşağıda bir kesme kuvveti hesabı verilmiştir.

**Tablo 2.1.** Bazı malzemelerin kesme dirençleri [9].

Malzemenin cinsi	Kesme direnci ( σ <sub>d</sub> ) daN/mm <sup>2</sup>
Kurşun	2,50
Kalay	3,50
Alüminyum	5,60
Çinko	10,00
Bakır	15,50
Pirinç	20 - 25
Nikel	25,00
% 0,10 C'lu Çelikler:	
Tavlanmış	25 - 30
Soğuk haddelenmiş	30,00
% 0,20 C'lu Çelikler:	
Tavlanmış	30,00
Soğuk haddelenmiş	35 -40
% 0,30 C'lu Çelikler:	
Tavlanmış	35,00
Soğuk haddelenmiş	45 - 50
Paslanmaz çelikler	40,00
Silisyumlu çelikler	45,00



**Şekil 2.17** Kesme kalıbında kesilecek parçanın resmi [9].

Şekil 2.17'deki parça tavllanmış çelik sacdan kalıplanacaktır. Sacın kesme direnci  $\tau_d = 36 \text{ daN/mm}^2$  olduğuna göre oluşacak kesme kuvveti:

Küçük daire çevresi  $\Ç_1 = 2 \pi \cdot r = 2 \cdot 3,14 \cdot 5 = 31,4 \text{ mm}$

2 tane olduğundan  $31,4 \cdot 2 = 62,8 \text{ mm}$

2 yarım daire 1 daire eder.

$\Ç_2 = 2 \pi \cdot r = 2 \cdot 3,14 \cdot 10 = 62,8 \text{ mm}$

2 düz kenar  $\Ç_3 = 20 + 20 = 40 \text{ mm}$

$$A = \Ç \cdot t$$

$\Ç$  : Kesilen çevre, mm

t : Sac kalınlığı, mm

$$A = (62,8 + 62,8 + 40) \cdot 2$$

$$A = 165,6 \cdot 2 = 331,2 \text{ mm}^2$$

$$F = \tau_d \cdot A = 36 \cdot 331,2 = 11937,6 \text{ daN}$$

Ayrıca emniyetli kesme işlemi için pres emniyet katsayısının (E.K.S) dikkate alınması gerekir. Emniyetli kesme kuvvetinin, kesme kuvvetinin 1,5 ile 4 katı arasında alınması tavsiye edilir [9].

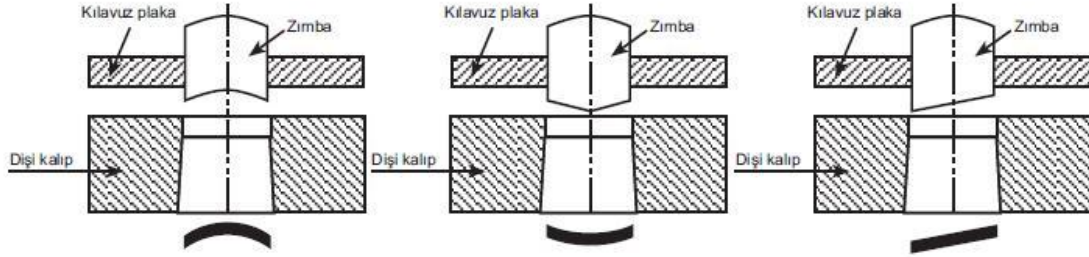
### 2.3.3.1. Kesme Kuvvetini Azaltma Yöntemleri

Yapılan hesap sonunda bulunan kesme kuvvetini karşılayacak prese sahip olunmayabilir veya yüksek kesme kuvvetinden dolayı kalıp çok gürültülü çalışabilir. Bu gibi olumsuzlukları gidermek için kesme kuvvetinin düşürülmesi gerekir.

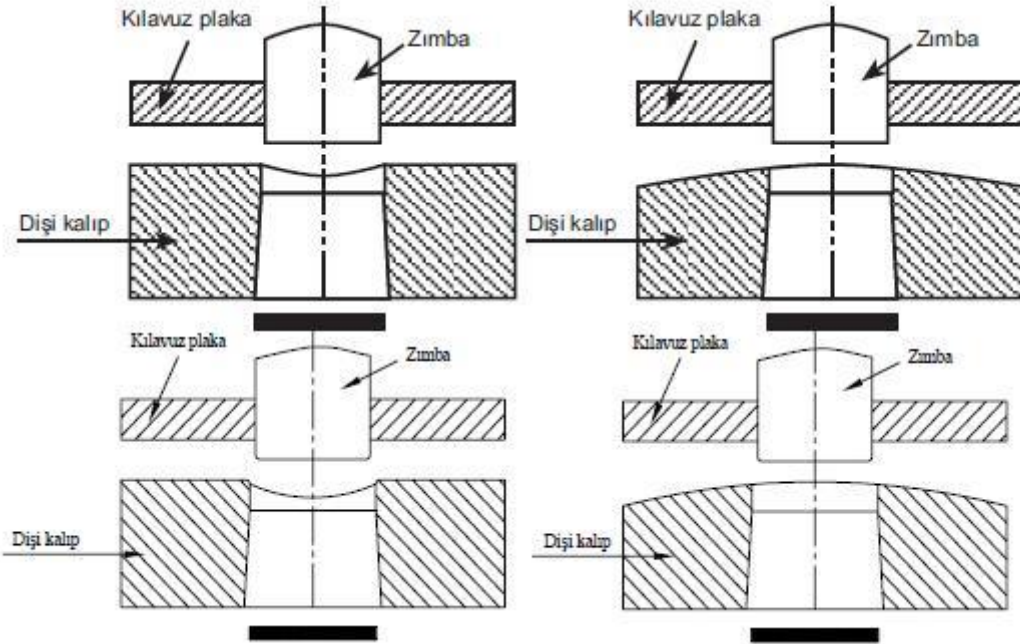
Kesme kuvvetini düşürme yöntemleri şunlardır:

#### ❖ Kesme Ağzlarına Açı Vererek

Açılar hem zımbaya hem de dişi plakaya verilebilir. Eğer içeriden çıkan parça kullanılacaksa açılandırma dişiye, delik kullanılacaksa açılandırma zımbaya verilir (Şekil 2.18 - 2.19).



Şekil 2.18. Zımbaya verilmiş açılar ve çıkan bozuk parçalar (Delme işlemlerinde kullanılır) [9].



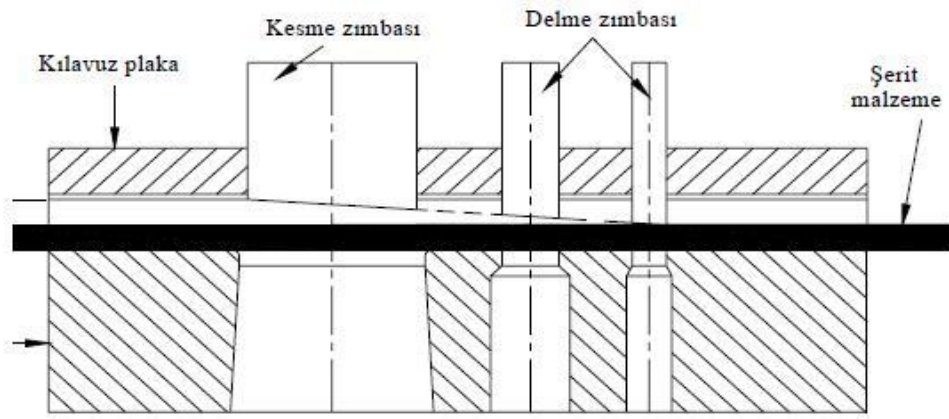
Şekil 2.19. Dişi plakaya verilen açılar ve kesilmiş düzgün parçalar (Kesme işlemlerinde kullanılır) [9].

#### ❖ Zımbaları Kademeli Olarak Monte Ederek

Zimba boyları arasındaki fark, sac kalınlığından fazla olmamalıdır. Zımbalar arası boy farklılıkları ince malzemelerde sac kalınlığı, kalın malzemelerde sac kalınlığının yarısı kadar yapılmalıdır (Şekil 2.20)

Zimba boyları arasındaki farkın fazla olmasının sakıncaları şunlardır:

- Zimba grupları malzemeye daldığında bazı sarsıntılar meydana getirir.
- Aşırı farklılıktan dolayı bazı zımbalar malzemeye erken girer. Erken giren zımbalar dişi kalıba daha fazla gireceğinden sürtünme ve aşınma fazla olur.



Şekil 2.20. Toplam kesme kuvvetini azaltan farklı zimba boyları [9].

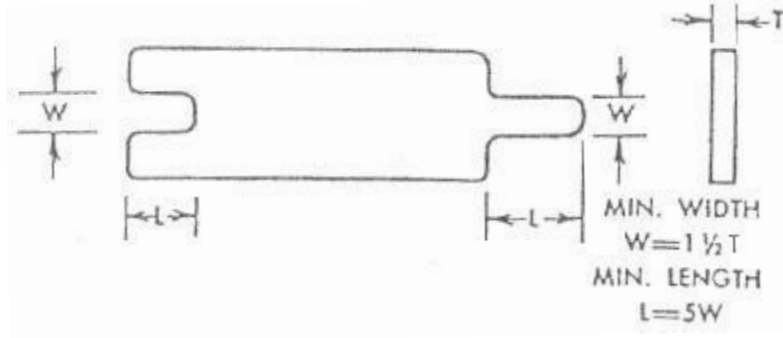
#### 2.4. Kesme Kalıplarında Ekonomik Kalıplama İçin Değişik Öneriler

Kalıplama işlemlerinde basit tasarım değişiklikleri maliyet bakımından çok önemlidir. Ekonomik kalıplama işlemleri malzeme, kalıplama sayısı, kalıp hassasiyeti ve dizaynına bağlıdır. Ekonomik ve verimli bir kalıplama için aşağıdaki öneriler göz önünde tutulmalıdır.

#### ❖ Sac Malzeme Dizaynı

Şekil 2.21'de parçaya benzer tasarımlarda maksimum çıkıntı genişliği (W) kesinlikle sac malzeme kalınlığının 1,5 ile 2 katından daha küçük olmalıdır. Çıkıntı uzunluğu da, L maksimum genişlik ölçüsünün 5 katından fazla olmamalıdır.

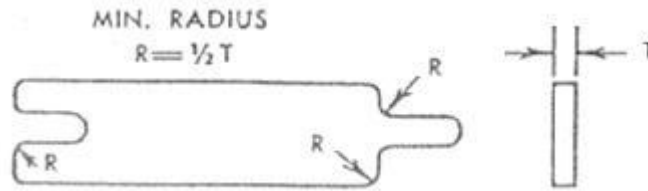
$L = 5W$  veya minimum  $L = 1/32''$  ( $L = 0,8 \text{ mm}$ ) olmalıdır.



Şekil 2.21. Sac malzeme dizaynı [9].

❖ Köşe Radyüsleri (Kavisleri)

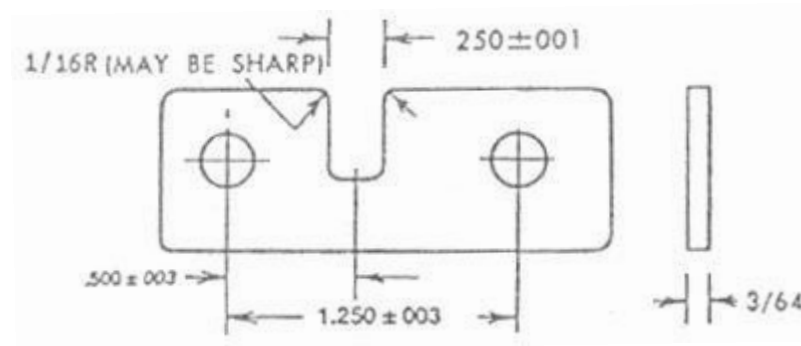
Köşe radyüsleri minimum sac kalınlığının yarısı ( $R = 1/2 \times s$ ) kadar olmalıdır (Şekil 2.22). Malzeme kalınlığı  $1/16''$  (inc) = 1,6 mm ya da daha az ise köşelerin radyüs yerine dik olması tercih edilmelidir.



Şekil 2.22. Köşe radyüslerin dizaynı [9].

❖ Kanallar

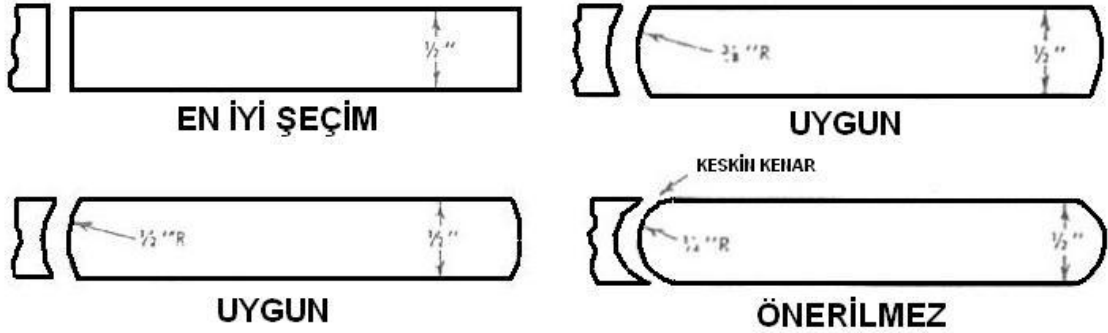
Kanallarda köşe radyüsleri (kavisleri) maksimum olmalıdır (Şekil 2.23). Eğer koparma operasyonu yapılacaksa keskin köşe yapılması tercih edilmelidir.



Şekil 2.23. Kanalların dizaynı [9].

#### ❖ Özel Durumlar

Şekil 2.24'de görülen şekillerden birincisi en uygun dizayn durumunu, ikinci ve üçüncü şekiller uygulanabilir dizayn durumunu, son şekil ise hiç uygun olmayan ve tercih edilmemesi gereken dizayn durumunu göstermektedir.



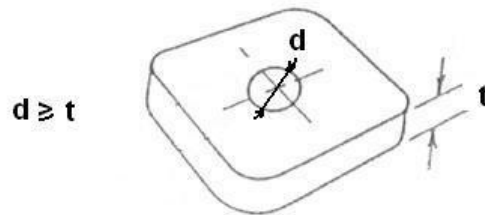
Şekil 2.24 Sac kalıplamada özel durumlar [9].

#### ❖ Delik Tasarımları

Genel kural delik çapının şerit malzeme kalınlığına eşit ya da daha büyük olmasıdır (Şekil 2.25). Alüminyum ve diğer yumuşak metallere delik çapı sac kalınlığından daha az olabilir. Paslanmaz çeliklerde delik çapı en az sac malzeme kalınlığının iki katı olmalıdır.

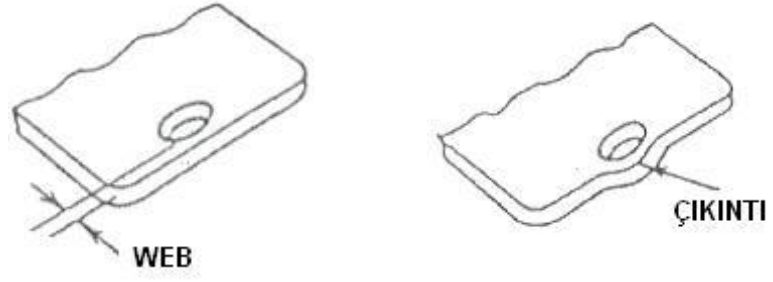
Deliğin malzeme kenarında şişkinlik yapmadan kalıplanması için, kenarda kalan et kalınlığı (WEB) sac kalınlığının 1 ile 1,5 katı kadar olmalıdır.

$$WEB = 1 - 1,5 t$$



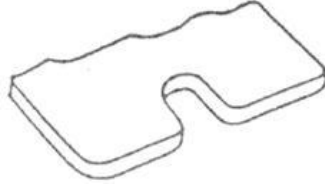
Şekil 2.25. Sac kalıplamada delik tasarımları [9].

Şayet et kalınlığı malzeme kalınlığının 1,5 katından az olursa sac kenarında şişkinlik oluşur (Şekil 2.26). Bu da kalıplamada istenmeyen bir durum



**Şekil 2.26.** Sac kalıplamada delik tasarımları [9].

Bu kural birbirine çok yakın iki delik arasındaki et kalınlığı için de geçerlidir. Şişkinlik istenmeyen durumlar matkapla delmeyi gerektirir (Şekil 2.27). Bu da kalıplama maliyetini artırır.



**Şekil 2.27.** Sac kalıplamada delik tasarımları [9].

### 3. SAC KESME İŞLEMİNDE FİRE MİKTARINI BELİRLENMESİ

Kalıplanacak parçanın biçim ve boyutlarına uygun olarak fire miktarının en az seviyede tutulması, şerit malzemeden kalıplanacak parça sayısını artıracak ve üretim maliyetini de düşürecektir.

Şekil 3.1'de sac şeritten firesiz parça kesilmesi görülmektedir. Bu durumda şerit malzemeden kesilen parçalarda aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\% \text{ Kesme payı} = \frac{S - S_1}{S} \times 100$$

$$\% \text{ Verim} = \frac{S_1}{S} \times 100$$

S = Şerit malzeme yüzey alanı (mm)

S<sub>1</sub> = Kalıplanan toplam parça yüzey alanı (mm)

% 100 üretim verimi ve % 0 kesme payı oluşmaktadır. Ancak sac kesme işlemlerinde bir miktar fire oluşur. Bu firelerin belirlenmesi ve azaltma yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 3.1. Firesiz kesme[9].

Örneğin sac kesme imalat yöntemiyle çapı 500mm, kalınlığı 10mm malzeme üretiminde verim:  
(Şekil 3.2)

$$S = 506 \times 500 = 253000 \text{ mm}^2$$

$$S_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 500^2}{4} = 196349,54 \text{ mm}^2$$

$$\% \text{ Verim} = \frac{S_1}{S} = \frac{196349,54}{253000} \times 100 = 77,60$$

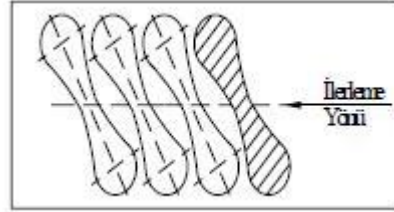


Şerit yerleşimleri yapılmadan önce şunların bilinmesi gerekir.

- ❖ Şerit malzemenin cinsi,
- ❖ Şerit malzemenin kalınlığı,
- ❖ Kesme payı miktarı,
- ❖ Şerit malzeme genişliği,
- ❖ Şerit malzeme boyu,
- ❖ Şerit malzeme adımı,
- ❖ Parçanın şerit malzeme üzerindeki eğim açısı,
- ❖ % Üretim veya % kesme payı miktarı.

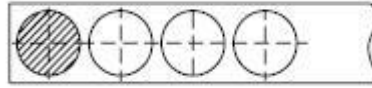
Fire miktarını azaltmak için, şerit malzeme yerleşim planı, aşağıdaki yöntemlerde uygulanır:

- ❖ Kalıplanacak parça, şerit malzeme üzerine açılı konumda yerleştirilir (Şekil 3.4).

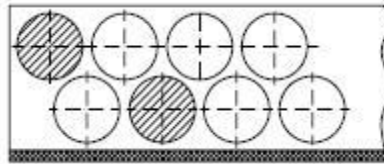


**Şekil 3.4.** Açılı konumlu malzeme yerleşim planı [9].

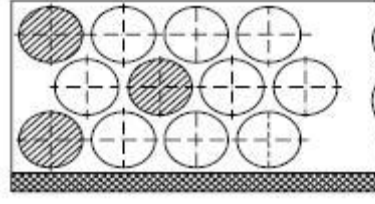
- ❖ Rondela ve benzeri yuvarlak parçaların üretilmesinde kullanılan şerit malzeme kesme payı fazladır (Şekil 3.5 - 3.6 - 3.7). Malzeme tasarrufu yapabilmek için şerit malzeme genişliği, iki veya çok sıralı kalıplamaya göre yapılır (Şekil 3.8).



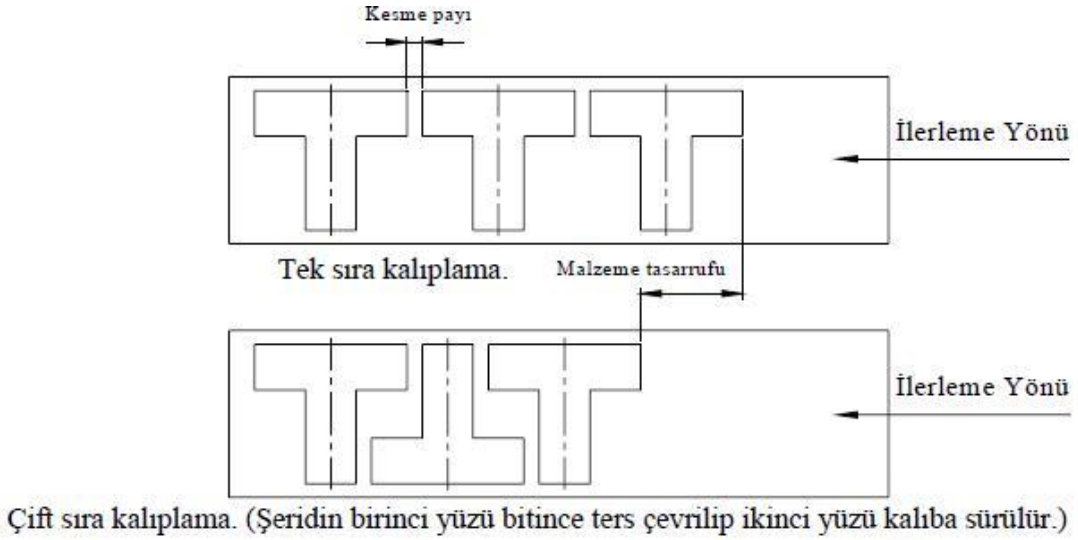
**Şekil 3.5.** Tek seri kalıplama[9].



**Şekil 3.6.** Çift seri kalıplama[9].



**Şekil 3.7.** Üç seri kalıplama[9].



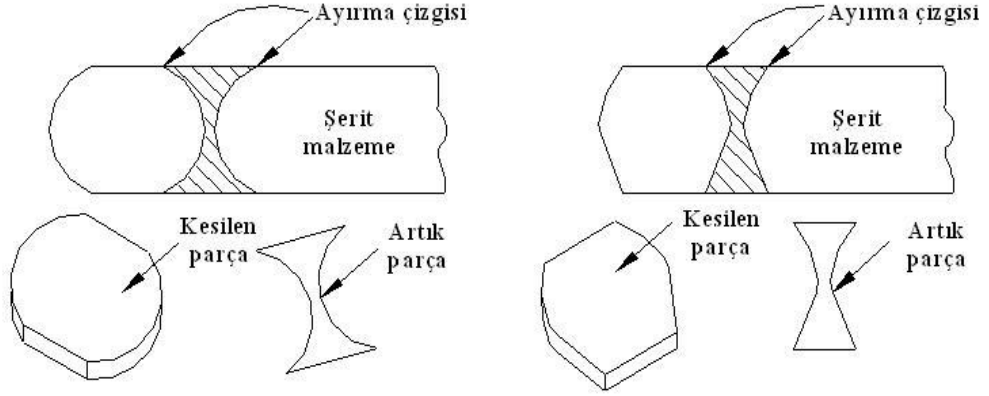
**Şekil 3.8.** Ters – Düz kalıplamaya göre şerit malzeme tasarımı [9].

### 3.2. Kesme Payının (Fire Miktarının) Belirlenmesi

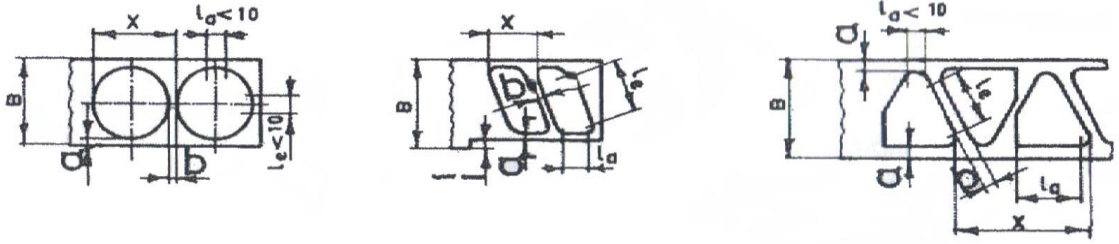
Şerit malzemenin sürekliliği ve kalıplanan parçanın düzgün çıkması için bazı kalıplarda zorunlu olarak bırakılan paya, kesme payı denir. Şekil 3.9'da kesme payı gösterilmektedir.

Kesme payının kalıbın çalışmasını engellemeyecek en küçük ölçüde tutulması istenir. Çünkü fire miktarını kesme payı belirler.

Kesme payı tablolardan belirlenir. Fakat yumuşak ve ince malzemelerde fazla, sert ve kalın malzemelerde az bırakılacağı bilinmelidir. Şekil 3.10'da sac kalınlığına göre bırakılması gereken minimum fire miktarı görülmektedir. Tablo 3.2'de artık malzeme köprüsü, bant kesme payı ve yan çakı kesme payı, malzemelere göre verilmiştir.



**Şekil 3.9.** Ayırma zımbalarıyla kalıplanan ve artık parçaların şerit malzeme üzerinde gösterilmesi [9].



**Şekil 3.10.** Artık malzeme köprüsü (b), bant kenar payı (a) ve yan çakı kesme payı (ı) için değerler ölçüler [8].

Kesme payını etkileyen faktörler aşağıda belirtilmiştir.

- ❖ Kalıp boşluğu.
- ❖ Zimba kesme kuvveti,
- ❖ Kesme boşluğu,
- ❖ Üretilecek parçanın biçimi,
- ❖ Sac malzeme kesme dayanımı,
- ❖ Sac malzeme kalınlığı,
- ❖ Zimba pres hızı,
- ❖ Zimba köşe radyüsüdür.

Örneğin sac pres kalıbında kesilecek malzeme SAE 1020 olup, çekme dayanımı  $\sigma=420 \text{ N/mm}^2$ 'dir. Sacın kalınlığı  $s=10\text{mm}$  ve kesilecek parçanın çapı  $d=500 \text{ mm}$  için (Şekil 3.2);  
 $\Ç = \pi \cdot d = \pi \cdot 500 = 1570,8 \text{ mm}$

Kesilecek kısmın kesit alanı:

$$A = \Ç \cdot s = 1570,8 \cdot 10 = 15708 \text{ mm}^2 \text{ olur.}$$

Çeliklerde kesme gerilmesi  $\tau$  ile normal gerilme  $\sigma$  arasında  $\tau \approx 0,58 \cdot \sigma$  bağıntısı vardır [14]. Buna göre SAE 1020'nin kesme gerilmesi:

$$\tau \approx 0,58 \cdot 420 = 243,6 \text{ N/mm}^2 \text{ olur.}$$

Buradan sac parçayı kesmek için gerekli olan kuvvet hesaplanırsa:

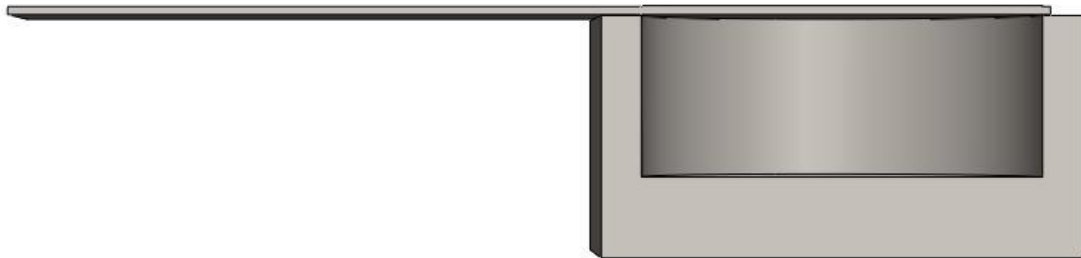
$$F = A \cdot \tau = 15708 \cdot 243,6 = 3926468,8 \text{ N bulunur.}$$

Sac kesme işlemi kalıp ve bunun karşısında bulunan zımba ile gerçekleşmektedir (Şekil 3.11 - 3.12 - 3.13). Zımbanın sac levha üzerine uyguladığı gerilmeyi SolidWorks içinde bulunan Cosmos Expres ile analiz edebilmek için zımbanın kesme kenarının alanı kullanılmıştır. Zımbanın dış çapı  $d_d=500 \text{ mm}$ , zımba uç radyüsü  $5 \text{ mm}$  alınarak iç çapı  $d_i = 490 \text{ mm}$  ölçülerine göre;

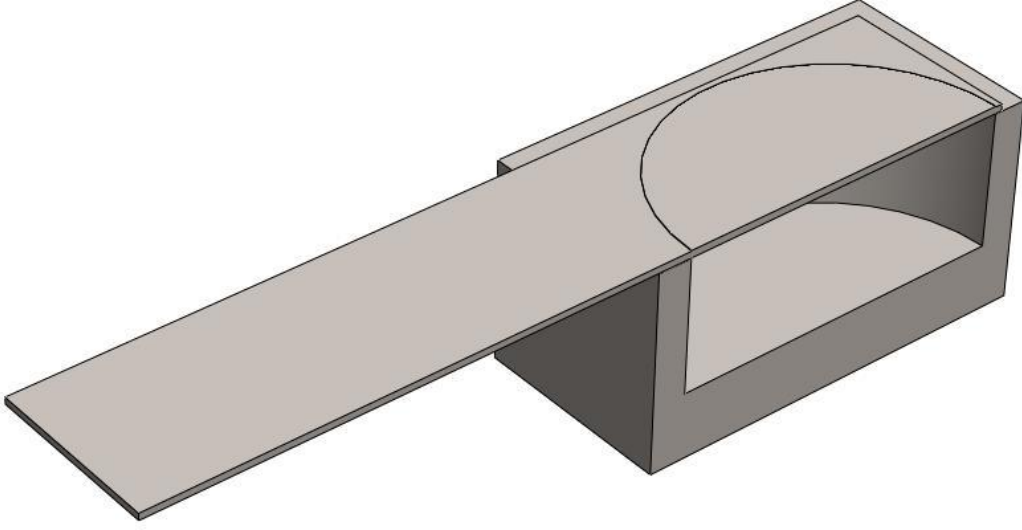
Zımba temas alanı:

$$A = \frac{\pi (d_d - d_i)^2}{4} = \frac{\pi (500 - 490)^2}{4} = 78,5 \text{ mm}^2$$

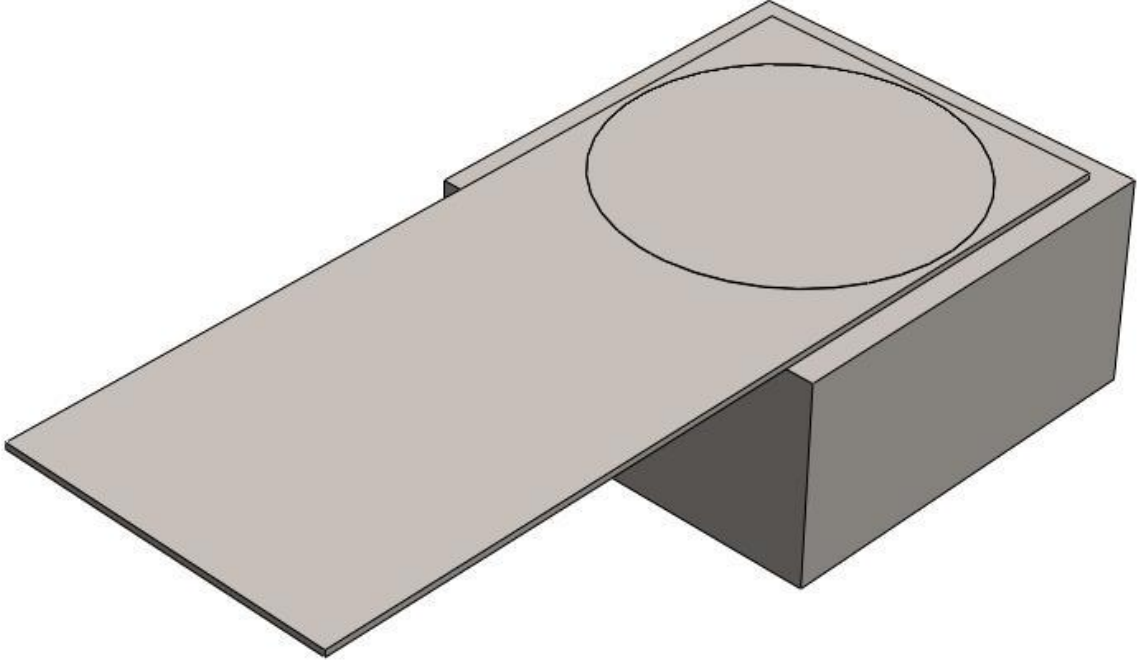
$$p = \frac{F}{A} = \frac{3926468,8}{78,5} = 48\,744,825 \text{ N/mm}^2 = 48\,744\,825\,000 \text{ N/m}^2$$



Şekil 3.11. Kesme kalıbı kesit resmi

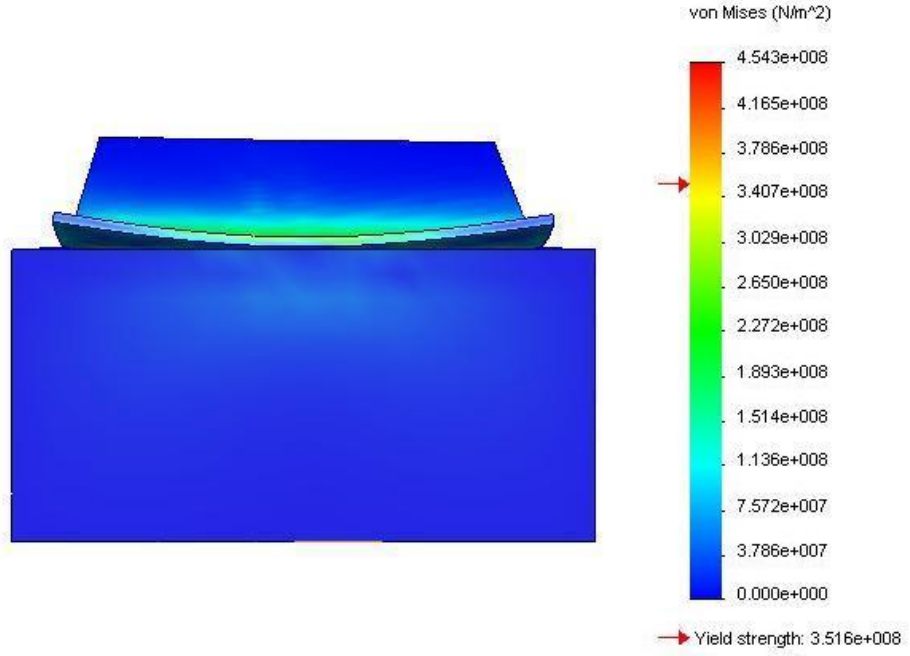


**Şekil 3.12.** Kesme kalıbı kesit resmi.

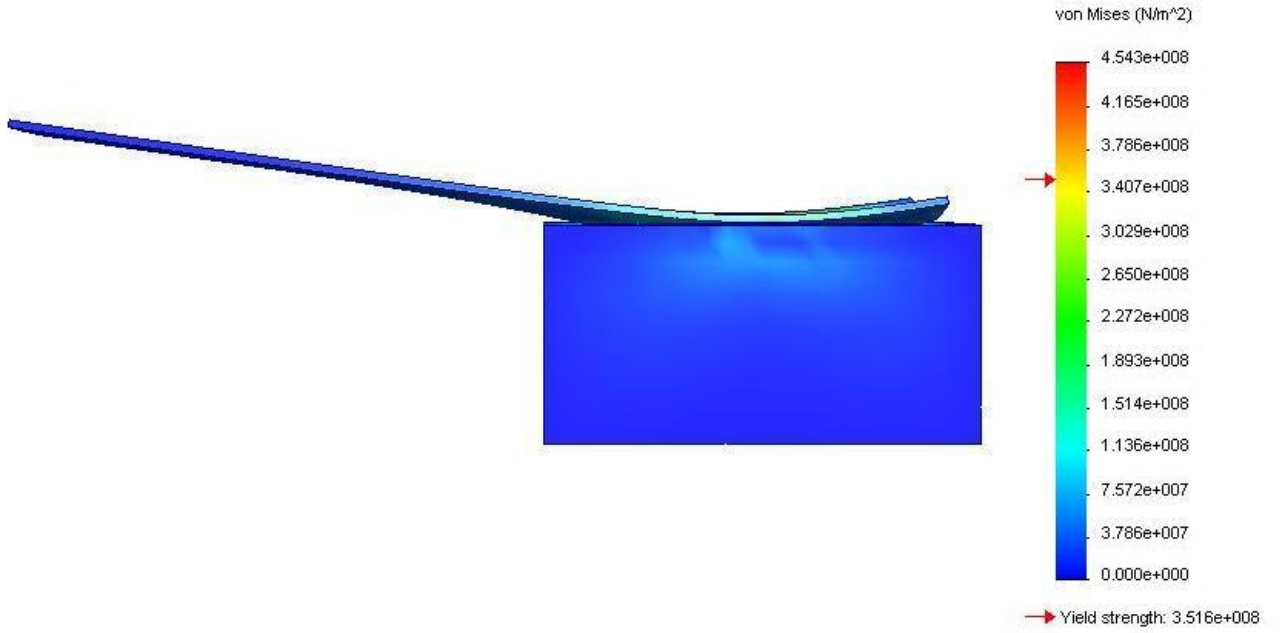


**Şekil 3.13.** Kesme kalıbl, sac levha ve zımbanın temas alanı.

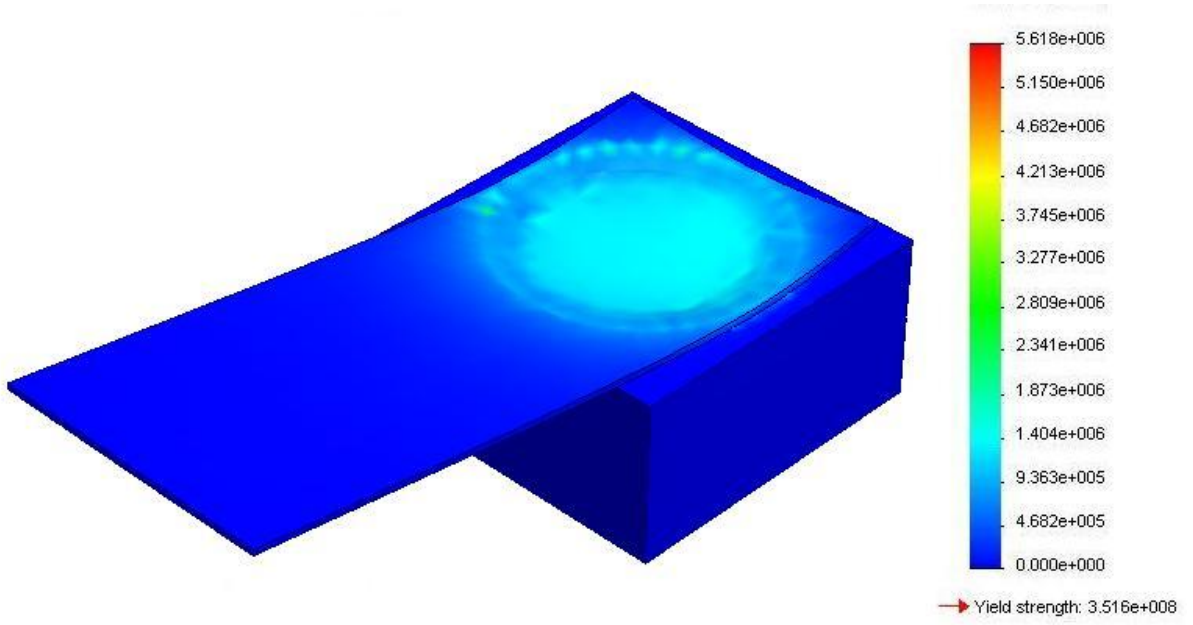
Bu değerlere göre gerilme analizi Şekil 3.14 - 3.15 - 3.16 - 3.17 - 3.18 - 3.19 - 3.20'de görülmektedir.



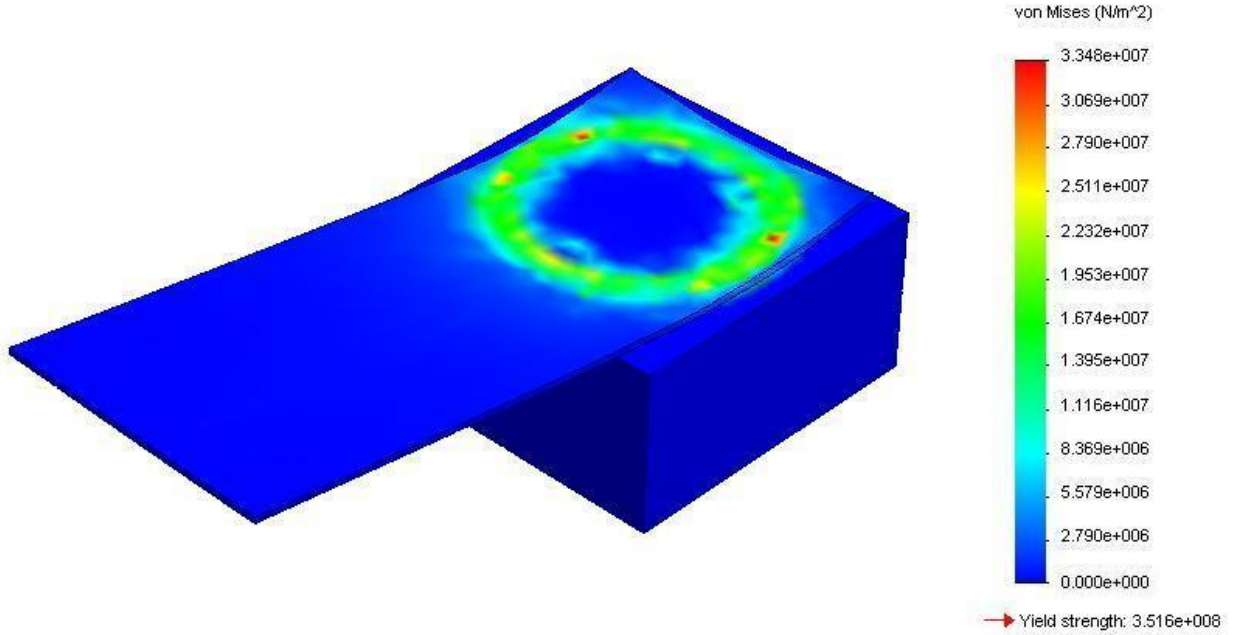
**Şekil 3.14.** n görünüşte gerilme analizi (fire 6mm).



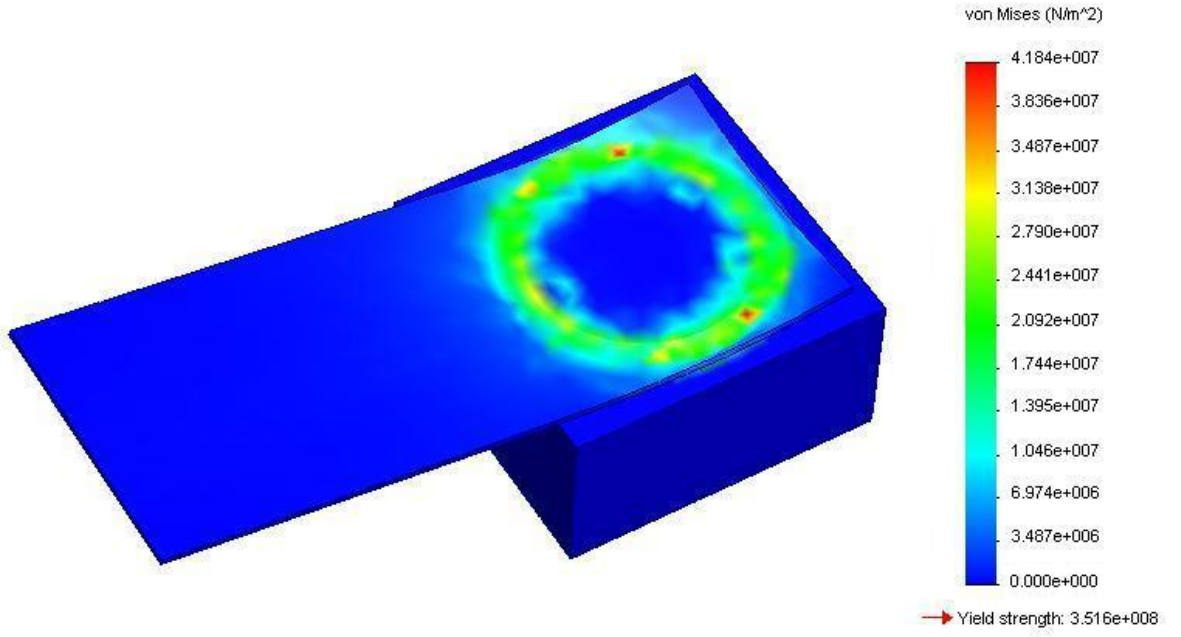
**Şekil 3.15.** Yan görünüşte gerilme analizi (fire 6mm).



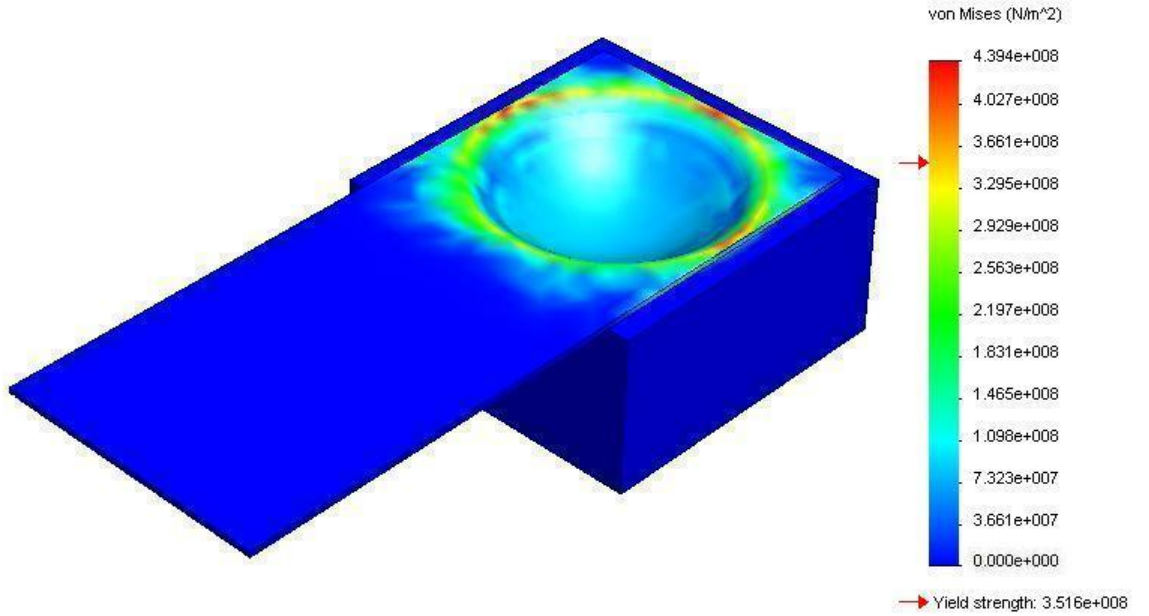
Şekil 3.16. Perspektif görünüşte gerilme analizi (fire:3mm).



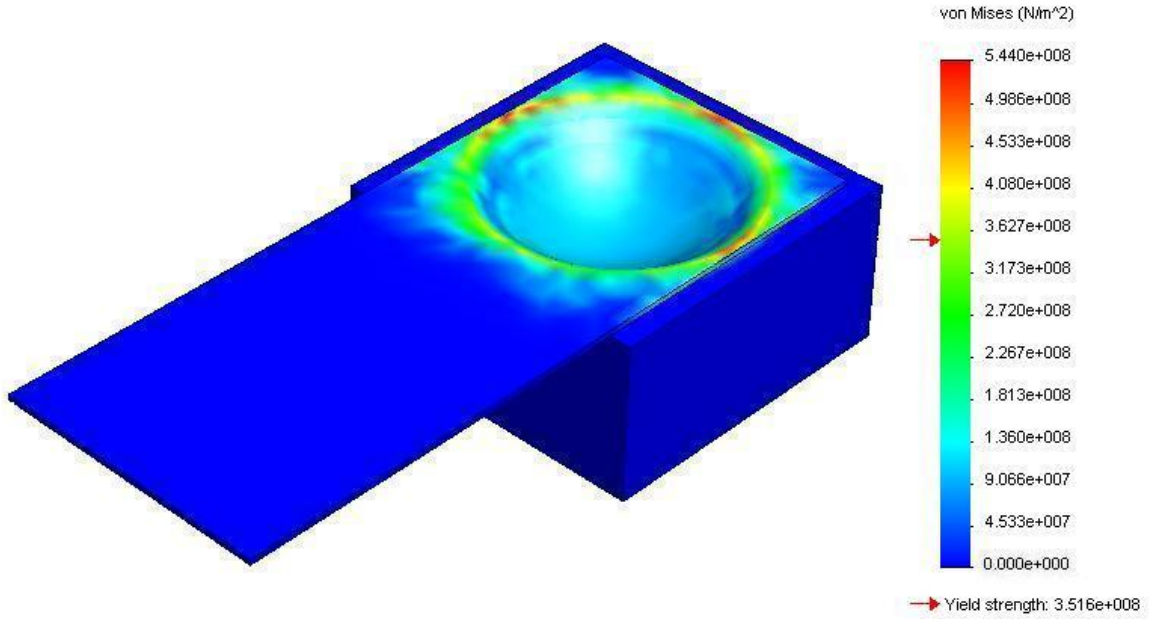
Şekil 3.17. Perspektif görünüşte gerilme analizi (fire:4mm).



Şekil 3.18. Perspektif görünüşte gerilme analizi (fire:5mm).



Şekil 3.19. Perspektif görünüşte gerilme analizi (fire:6mm).



Şekil 3.20. Perspektif görünüşte gerilme analizi (fire:7mm).

Tablo 3.1. Gerilme analizi sonuçları

Fire uzunluğu (mm)	Normal Gerilme (N/mm <sup>2</sup> )	Kesme Gerilmesi (N/mm <sup>2</sup> ) $\tau \approx 0,58 \cdot \sigma$	Kesme Gerilmesinin Akma Gerilmesinin Karşılaştırılması
3	5,61	3,25	$\tau < \sigma_{AK}$
4	33,4	19,37	$\tau < \sigma_{AK}$
5	41,8	24,24	$\tau < \sigma_{AK}$
6	439,4	245,85	$\tau < \sigma_{AK}$
7	544,0	351,52	$\tau > \sigma_{AK}$

SolidWorks Cosmos Express programında, 10 mm kalınlığındaki bir sacdan dairesel bir parçanın zımba-kalıp arasında kesilmesi için yapılan analizlerin Tablo 3.1'deki sonuçları incelendiğinde;

- ❖ Şekil 3.16'da görüldüğü gibi, 3 mm fire bırakıldığı zaman maksimum gerilme  $5.681 \text{ N/mm}^2$  olmuştur. Bu değer  $351,6 \text{ N/mm}^2$  olan malzemenin akma dayanımından çok çok küçüktür. Dolayısıyla bu fire miktarında parça kesilmeden elastik olarak şekil değiştirip kalıbın içerisine girer.
- ❖ Benzer sonuçlar Şekil 3.17 ve 3.18'de, 4 ve 5 mm fire miktarlarında da görülmektedir.
- ❖ Ancak 6 mm ve üstündeki fire miktarlarında maksimum gerilme  $439,4 \text{ N/mm}^2$  değerine ulaşmaktadır. Bu değer akma gerilmesinin üstündedir ve parça plastik değiştirmeye başlamıştır. Zımba ilerledikçe Şekil 3.19 ve 3.20'de kırmızı renklerle görülen kısımlardan parça kesilmeye başlar ve kopar.

Gerilme analizlerinde malzemenin akma gerilmesi  $351,6 \text{ N/mm}^2$  olarak alınmıştır. Bu değer malzemenin kesme gerilmesi olan  $243,6 \text{ N/mm}^2$ 'den daha büyüktür. Dolayısıyla en yüksek gerilmelerin olduğu sacın, kenar ve uç kısımlarında kesilme oluşmuştur. Bu nedenle ve literatürde de verilen malzeme kalınlığının %60'ı kadar bir fire olması, sac kesme kalıpları için gerekliliğin bir göstergesidir. Bu sonuç, kesme gerilmesinin normal gerilmenin %58'i kadar olmasıyla da [Mustafa Akkurt, Makine Elemanları] uyumludur.

### 3.2.1. Kalıp Boşluğu

Dişi kalıpla zımba arasındaki tek taraflı ölçü farkına, kalıp boşluğu denir (Şekil 3.21). Tek taraflı kalıp boşluğu, kalıplanan malzemenin cinsine, kalınlığına ve çekme dayanımına göre belirlenir (Tablo 3.3). Tek taraflı kalıp boşluğu, kesme kuvvetine etki eder. Boşluğu normal verilmiş zımba ve dişi kalıpla yapılan kesme işleminde, zımba malzemeye bir miktar batar. Bu batma miktarına, **zımba batma derinliği** denir ve malzemelerin cinsine göre **% zımba batma oranı** olarak açıklanır. Sac kalıplarında kesme esnasında verilmesi gereken fire miktarı malzemenin kesme kuvvetine karşı koyabilmesi için minimum % zımba batma oranı kadar olmalıdır (Tablo 3.4). Kesme kalıplama işleminde, zımba şerit malzemeye bir miktar batar ve kesme kuvvetine karşı koyamayan parça şerit malzemedan ayrılır. Kalıplanan parça incelendiğinde sırasıyla yuvarlanma, kesme yüksekliği (parlak kısım), kopma ve çapak safhalarından geçerek kalıplandığı görülür. Şekil 3.22'de kalıbın kesilen parçaya etkisi gösterilmektedir.



**Tablo 3.2.**Artık malzeme köprüsü (b), bant kenar payı (a) ve yan çakı kesme payı (i) için değerler ölçüler. (mm)

MALZEME		METAL								ELYAFLI MALZEME				SERT KÂĞIT SERT KUMAŞ				
Malzeme kalınlığı	Ölçü	Şerit genişliği (B) mm								Şerit genişliği ( B ) mm								
		kadar 100				100-200 e kadar				kadar 200				kadar 200				
		L <sub>e</sub> L <sub>a</sub> için değerler mm								L <sub>e</sub> L <sub>a</sub> için değerler mm								
S mm	i mm	<				>				<				<				
		10	50	100	100	10	50	100	200	50	100	150	200	10	50	100	150	200
0,1	b	0,8	1,6	1,8	2,0	0,9	1,8	2,0	2,2									
	a	1,0	1,9	2,2	2,4	1,2	2,2	2,2	2,7									
	i	1,5				1,5												
0,3	b	0,8	1,2	1,4	1,6	1,0	1,4	1,6	1,8	2,4	2,8	3,2	3,6	1,2	1,5	1,7	2	2,3
	a	0,9	1,5	1,7	1,9	1,1	1,7	1,9	2,2	3	3,4	3,9	4,4	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
	i	1,5				1,5				3,3				1,5				
0,5	b	0,8	0,9	1,0	1,2	1,0	1,0	1,2	1,4	1,8	2,0	2,4	2,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,1
	a	0,9	0,1	1,2	1,5	1,1	1,2	1,5	1,7	2,0	2,4	3,0	3,4	1,5	1,8	2,0	2,3	2,6
	i	1,5				1,5				3,0				1,5				
0,75	b	0,9	1,0	1,2	1,4	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
	a													1,6	1,9	2,0	2,5	2,8
	i	1,5				1,5				3,3				1,5				
1,0	b	1,0	1,1	1,3	1,5	1,1	1,3	1,5	1,7	2,2	2,6	3,0	3,4	1,3	1,7	2,0	2,3	2,6
	a													1,7	2,0	2,3	2,6	2,9
	i	1,5				1,5				3,0				1,5				
1,25	b	1,2	1,4	1,6	1,8	1,3	1,6	1,8	2,0									
	a																	
	i	1,8				2,0												
1,5	b	1,2	1,4	1,6	1,8	1,3	1,6	1,8	2,0	2,8	3,2	3,6	4,0	1,6	2,0	2,4	2,5	2,8
	a													1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
	i	2,2				2,5				3,0				1,5				
1,75	b	1,5	1,6	1,8	2,0	1,6	1,8	2,0	2,2									
	a																	
	i	2,5				3,0												
2,0	b	1,6	1,7	1,9	2,1	1,7	1,9	2,1	2,3	3,4	3,8	4,2	4,6	1,9	2,2	2,6	2,8	3,1
	a													2,2	2,6	2,8	3,2	3,4
	i	3,0				3,5				3,0				2,0				
2,50	b	1,9	2,0	2,2	2,4	2,0	2,2	2,4	2,6	4,0	4,5	4,8	5,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6
	a													2,6	3,0	3,2	3,5	3,8
	i	3,5				4,0				3,0				2,5				
3,0	b	2,2	2,3	2,5	2,7	2,3	2,5	2,7	2,9	4,6	5,0	5,4	5,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1
	a													3,1	3,4	3,6	4,0	4,3
	i	4,5				5,0				3,0				3,0				

Tablo 3.3. Çekme dayanımlarına göre tek taraflı kalıp boşluğu [9].

Saç kalınlığı (T), mm	Malzemelerin çekme dayanımları, $\sigma_s = \text{kg/mm}^2$										
	5-10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70
	Tek taraflı kalıp boşluğu (C), mm										
0,25	0,008	0,010	0,011	0,013	0,014	0,015	0,016	0,017	0,018	0,019	0,021
0,50	0,016	0,019	0,022	0,025	0,027	0,030	0,030	0,034	0,035	0,039	0,042
0,75	0,024	0,029	0,034	0,038	0,041	0,044	0,047	0,050	0,053	0,058	0,063
1,00	0,032	0,039	0,045	0,050	0,055	0,059	0,063	0,067	0,071	0,078	0,084
1,25	0,040	0,048	0,056	0,063	0,069	0,074	0,079	0,084	0,088	0,097	0,105
1,50	0,047	0,058	0,067	0,075	0,082	0,089	0,091	0,099	0,106	0,116	0,216
1,75	0,055	0,068	0,078	0,088	0,096	0,104	0,111	0,117	0,124	0,136	0,147
2,00	0,063	0,077	0,089	0,100	0,110	0,118	0,126	0,134	0,141	0,155	0,167
2,25	0,071	0,087	0,100	0,113	0,123	0,133	0,142	0,151	0,159	0,174	0,188
2,50	0,079	0,097	0,112	0,125	0,137	0,148	0,158	0,168	0,177	0,194	0,210
2,75	0,087	0,107	0,123	0,138	0,151	0,163	0,174	0,185	0,195	0,213	0,230
3,00	0,095	0,106	0,124	0,150	0,164	0,178	0,190	0,201	0,212	0,232	0,250
3,50	0,127	0,155	0,179	0,200	0,219	0,237	0,253	0,268	0,283	0,310	0,335
4,00	0,158	0,194	0,224	0,250	0,274	0,296	0,316	0,336	0,354	0,388	0,420
4,50	0,190	0,232	0,268	0,300	0,329	0,355	0,379	0,400	0,424	0,465	0,500
5,00	0,220	0,270	0,313	0,350	0,384	0,415	0,442	0,470	0,495	0,543	0,586
6,00	0,285	0,350	0,400	0,450	0,493	0,533	0,569	0,605	0,636	0,698	0,750
7,00	0,348	0,425	0,490	0,550	0,603	0,651	0,695	0,738	0,778	0,850	0,920
8,00	0,410	0,500	0,580	0,650	0,710	0,780	0,820	0,920	1,008	1,050	1,100
10,00	0,540	0,658	0,760	0,850	0,970	1,008	1,075	1,140	1,202	1,318	1,423
12,00	0,665	0,812	0,940	1,050	1,150	1,243	1,327	1,410	1,485	1,625	1,750
15,00	0,853	0,990	1,200	1,350	1,480	1,600	1,710	1,812	1,910	2,090	2,260
18,00	1,040	1,276	1,475	1,650	1,810	1,954	2,086	2,213	2,334	2,556	2,763
22,00	1,300	1,580	1,830	2,050	2,250	2,425	2,590	2,750	2,900	3,180	3,430
25,00	1,485	1,820	2,100	2,350	2,580	2,780	2,970	3,150	3,325	3,640	3,890

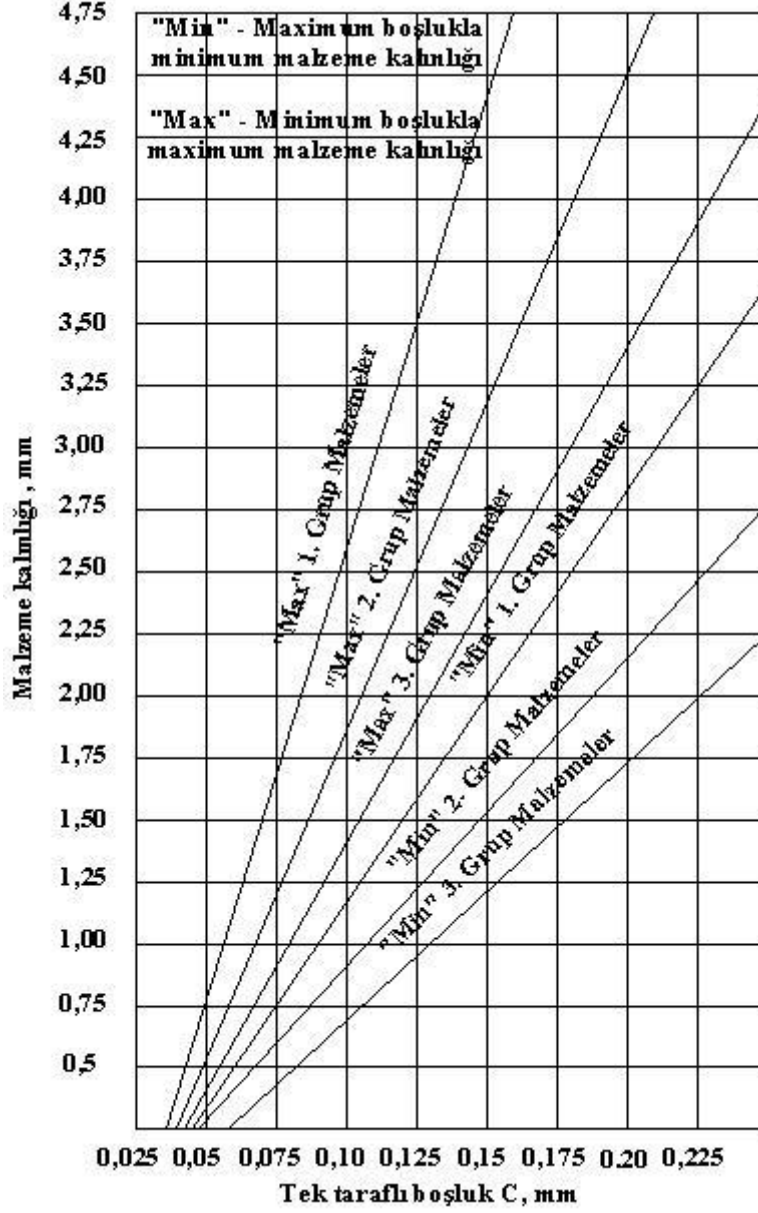
**Tablo 3.4.** Malzemenin cinsine göre yüze zımba batma oranı [9].

<b>Malzemenin Cinsi</b>	<b>Zımba batma oranı, %</b>
Alüminyum	60
Bakır	55
Çinko	50
Kurşun	50
Pirinç	50
Kalay	50
Bronz	25
% 0,10 C' lu Çelikler:	
Gerginliği giderilmiş	50
Soğuk haddelenmiş	38
% 0,20 C' lu Çelikler:	
Gerginliği giderilmiş	40
Soğuk haddelenmiş	28
% 0,30 C' lu Çelikler:	
Gerginliği giderilmiş	33
Soğuk haddelenmiş	22
Silisyumlu çelikler	30
Nikel	55

Tek taraflı kalıp boşluğu malzemenin cinsine, üretilecek parçanın sayısına ve ölçü tamlığına göre pratik olarak malzeme kalınlığının %36, %15, %10, %5, %3 ve %1'i kadar alınır. Çok sert malzemelerde tek taraflı kalıp boşluğu artırılır. Ayrıca kumaş, keten, karton ve benzeri malzemelerin kalıplanmasında tek taraflı kalıp boşluğu malzeme kalınlığının %1,5 - %2,5 arasında alınır.

Tek taraflı kalıp boşluğunun iki katı, toplam kalıplama boşluğunu verir. Kalıplanan parça ardışık veya birleşik delme ve kesme kalıplarıyla üretiliyorsa toplam kalıplama boşluğu, delme işlemlerinde dişi kalıba ilave edilir. Kesme işlemlerinde ise toplam kalıplama boşluğu zımba ölçüsünden çıkarılır.

Tek taraflı kalıp boşluğuna göre bir kesme kalıbında aynı cins olmak kaydıyla farklı kalınlıklardaki sac malzemenin maksimum ve minimum sac kalınlığı şekil 3.23'den bulunur.

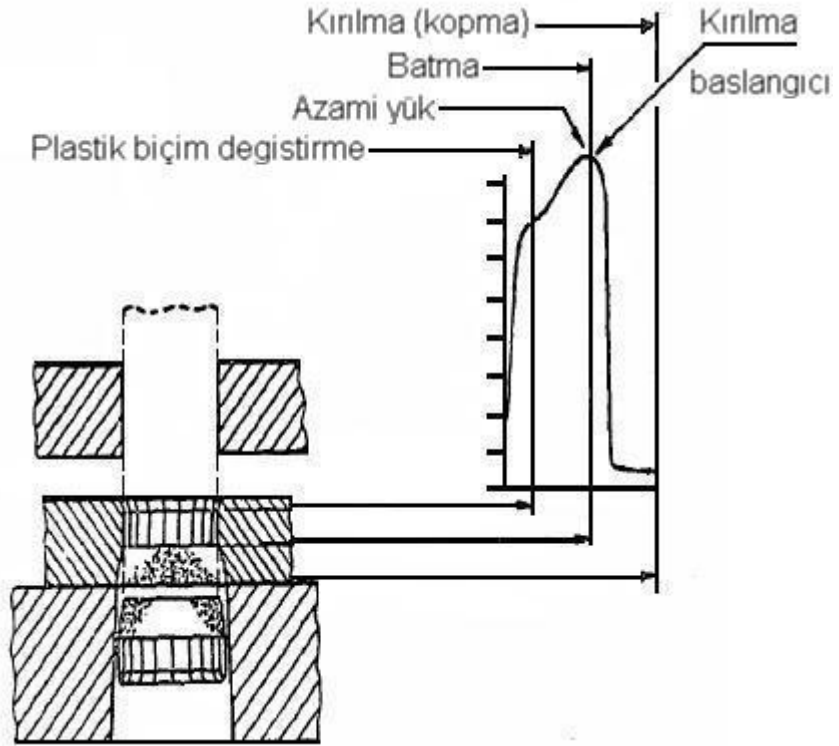


1. Grup malzeme: Alüminyum ve alaşımları,
2. Grup malzeme: Pirinç, bakır ve orta sertlikteki çelikler,
3. Grup malzeme: Sert çelik ve paslanmaz çelikler v.b.

**Şekil 3.23.** Bir kesme kalıbında tek taraflı kalıp boşluğuna göre kalıplanabilecek max. ve min. sac malzeme kalınlığı diyagramı [9].

### 3.2.2. Kesme Kuvveti İle Kesme Olayı Arasındaki Bağntı

Şekil 3.24'de bir kesme veya delme zımbasının malzemenin içersine itildiği zaman, kesme kuvvetinin tipik bir yük dağılımının veren eğri gösterilmektedir [10]. Zımba malzeme ile temasa geçtiği an malzeme direnç göstermeye başlar. Yük plastik biçim değıştirme safhasında sürekli artar. Batma oluşurken artmaya devam eder. Kırılma meydana geldiği zaman biriken yük aniden serbest kalır.



Şekil 3.24. Kesme kuvvetinin kesme olayı ile olan bağıntısı[4-10].

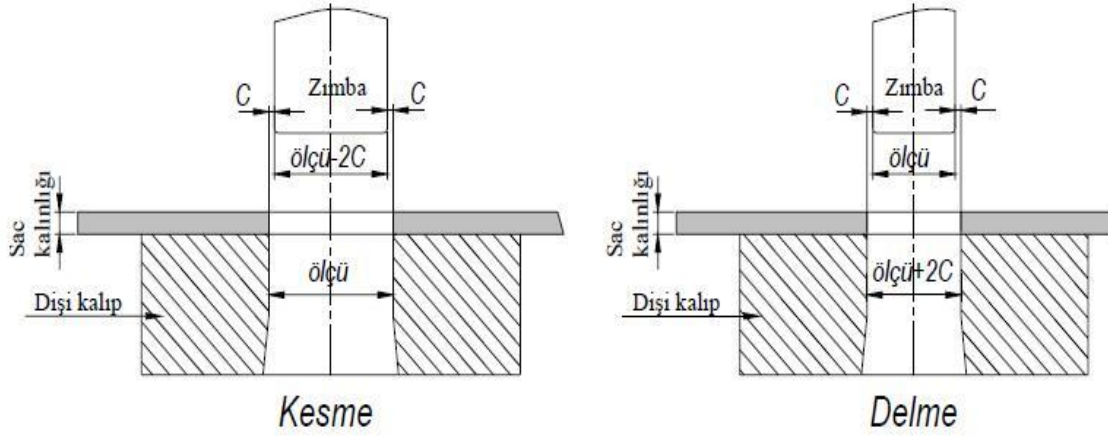
Yük eğrisi yatay çizgi seviyesine tamamen gelmez. Kesme safhasında altına ulaşınca kadar giderek alçalmaya devam eder. Giderek bir yük azalması olur, çünkü kalıp deliğindeki açılmal boşluk etkisini gösterdiği zaman kesilen parçalar daha serbestçe hareket ederler [4-11].

### 3.2.3. Kesme Boşluğunun Hesaplanması

Zımba ile dişi kalıp arasındaki mesafeye tek taraflı kesme boşluğu denir. Kalıplarda kesme boşluğu verilmezse, özellikle zımba gereğinden fazla zorlanır ve düzgün bir kesme yapılamaz. Kesme boşluğu kesme ağızları boyunca her tarafta eşit olmalıdır. Böylece istenmeyen çapaklar oluşmaz ve kalıp ömrü uzar.

Delme işleminde kesme boşluğunun dişiye verilmesi gerekir, yani dişi, esas ölçüsünden kesme boşluğu kadar büyük yapılır (Şekil 3.25). Burada kesmeyi zımba yapar dolayısıyla parçanın ölçüsünü zımbanın ölçüsü tayin eder.

Kesme işleminde ise kesme boşluğunu zımbaya verilmesi gerekir. Zımba kesme boşluğu kadar küçük yapılır.



Şekil 3.25. Dişi kalıp ve zımbaya verilen kesme boşluğu[9].

Kesme boşluğu hesaplanırken aşağıdaki hususlar göz önüne alınmalıdır.

❖  $t \leq 3$  mm (ince saclar için)

$$C = x \cdot t \cdot \sqrt{T}$$

C : Tek taraflı kesme boşluğu ... mm.

T : Malzeme kesme gerilmesi... daN/mm<sup>2</sup>

t : Sac kalınlığı... mm.

- ❖  $t > 3$  mm (kalın saclar için)

$$C = (1,5 \cdot x \cdot t - 0,015) \cdot \sqrt{T}$$

Hassas kesmelerde temiz yüzeyler için  $x : 0,005$

Yüzey önemli değilse  $x : 0,035 - 0,04$

Genel amaçlı kalıplarda  $x : 0,01$  alınır.

Örnek olarak kalınlığı 2 mm, kesme gerilmesi 30 daN/mm<sup>2</sup> olan bir sac plaka kalıplanırken kesme boşluğu:

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$T = 30 \text{ daN/mm}^2$$

$$C = x \cdot t \cdot \sqrt{T}$$

$$C = 0,01 \cdot 2 \cdot \sqrt{30} = 0,11 \text{ mm olarak hesaplanır.}$$

### 3.2.3.1. Kesme Boşluğuna Etki Eden Faktörler

Sac kesme kalıplarında kesme boşluğuna etki eden faktörler şunlardır:

- ❖ Kesilen malzemenin cinsi ve kalitesi
- ❖ Kesilen malzemenin kalınlığı
- ❖ Zımba boyutları ve şekli
- ❖ Kalıbın hassasiyeti

Kesme boşluğu verirken aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

- ❖ Temiz ve parlak kesilme yüzeylerine gerek duyulan durumlarda dar kesme boşluğu seçilmelidir.
- ❖ Kalın parçalarda kesme yüzey kalitesi önemli değilse büyük kesme boşluğu tercih edilmelidir.
- ❖ Yumuşak malzemelerde yırtılma görülmeyeceğinden küçük kesme boşlukları kullanılabilir.
- ❖ Parça kalınlığına oranla küçük çaplı delme işlerinde büyük kesme boşluğu seçilmelidir.
- ❖ Hızlı çalışan preslerde (dakikada 200 kurstan fazla) takım dayanımı açısından büyük kesme boşluğu tercih edilmelidir.

### 3.3. Kesme Yüksekliği

Kesme yüzeyi ile (dişi plakanın üzeri) açısal veya düz boşluğun başladığı yer arasındaki yüksekliğe, kesme dzliğ veya yüksekliği denir.

Kesme düzliğünün ve açısal boşluğun faydaları şunlardır:

- ❖ Zımbanın kurs boyunu azaltarak zamandan ve kalıp ömründen avantaj sağlanır. (Zımbanın dişi plaka kalınlığı kadar değil de kesme dzliğn geçinceye kadar ilerlemesi yeterli olacaktır.)
- ❖ Delme kesme kalıplarında en hassas iş olan zımbanın dişi kalıba alıştırılması, açısal boşluktan dolayı sadece kesme dzliğnde yapılması büyük kolaylık sağlayacaktır.

Kalıplar belli bir basımdan sonra körleşir. Kalıp vuruntulu çalışmaya başlar ve çıkan parçalardaki apak miktarı artar. Buna kürlenme denir. Zımba ve dişi plaka krlendike, kesme yüzeylerinden, düzlem yüzey taşlamada 0,15 mm talaş kaldırılarak bilenir. Her bilemeden sonra kesme boşluğunun artacağı unutulmamalıdır. Bilemeler sonunda kesme düzliğünün sonuna gelmesi durumunda dişi plaka ömrünü doldurmuş demektir.

#### 4. HASSAS SAC SÜRME SİSTEMLERİ

Sac kesme ve şekillendirme pres hatlarında kullanılan birimler genelde bir açıcı, doğrultma ve sürücüden oluşmaktadır. Açıcıdan gelen sac, doğrultucu tarafından düzeltme işlemi gördükten sonra sürücü yardımıyla prese sürülmektedir. Sürücünün pozisyonlama hassasiyeti ve hızı ürünün kalitesini, atık sacların miktarını ve üretim hızını belirlemektedir.

Geriye dönük bakılırsa ilk üretilen preslerde sac beslemeleri el ile yapılmıştır. Bu ilk adımları takip eden zamanlarda preslere mekanik sürücüler eklenmiştir. Mekanik sürücülerin dezavantajı sac sürme boyun değiştirilmesi ile deneyerek ayarlanması, mekanik boşlukların artmasından dolayı sürme hatalarının tolerans dışına çıkması ve sacı sıkıştırıp çekme mantığı ile çalıştığı için kaymalar ve sac üzerinde ezme söz konusudur.

Akışkanlar teknolojisinin gelişmesi ile birlikte hidrolik ve pnömatik sürücüler üretilmeye başlanmıştır. Büyük boy ebatlara sahip olan ağır saclar için hidrolik sürücüler ve küçük boy ebatlara sahip hafif saclar için pnömatik sürücüler rağbet görmüştür. Akışkanlar teknolojisi ile üretilen bu sürücüler boyu mekanik dayama ile ayarlanmaktadırlar. Sacı sıkıştırıp çekme mantığı ile çalışan hidrolik ve pnömatik sürücüler hassasiyet sorunu ile birlikte sac üzerinde ezme neden olmaktadır.

Servo motor tahrikli sac sürücü üniteleri ile yakalanan pozisyonlama hassasiyeti ve sürme hızı diğer sürücü ünitelerinden daha yüksektir. Ayrıca sac merdaneler vasıtasıyla sürüldüğü için ezme söz konusu değildir. Servo motorun yarattığı yüksek ivmeler ve sacın üzerinde bulunan yağ filminden dolayı merdanelerin patinaj yapma olanağı ne kadar düşük olsa bile vardır.

Bunun çözümü ise sacın ne kadar sürüldüğünü belirleyip geri besleme sistemi ile servo motorların kontrolü olmaktadır. Ayrıca kalıpta yapılacak olan sabitleme pimleri ile her pres baskı esnasında sacın aynı konumla da durması sağlanacaktır.

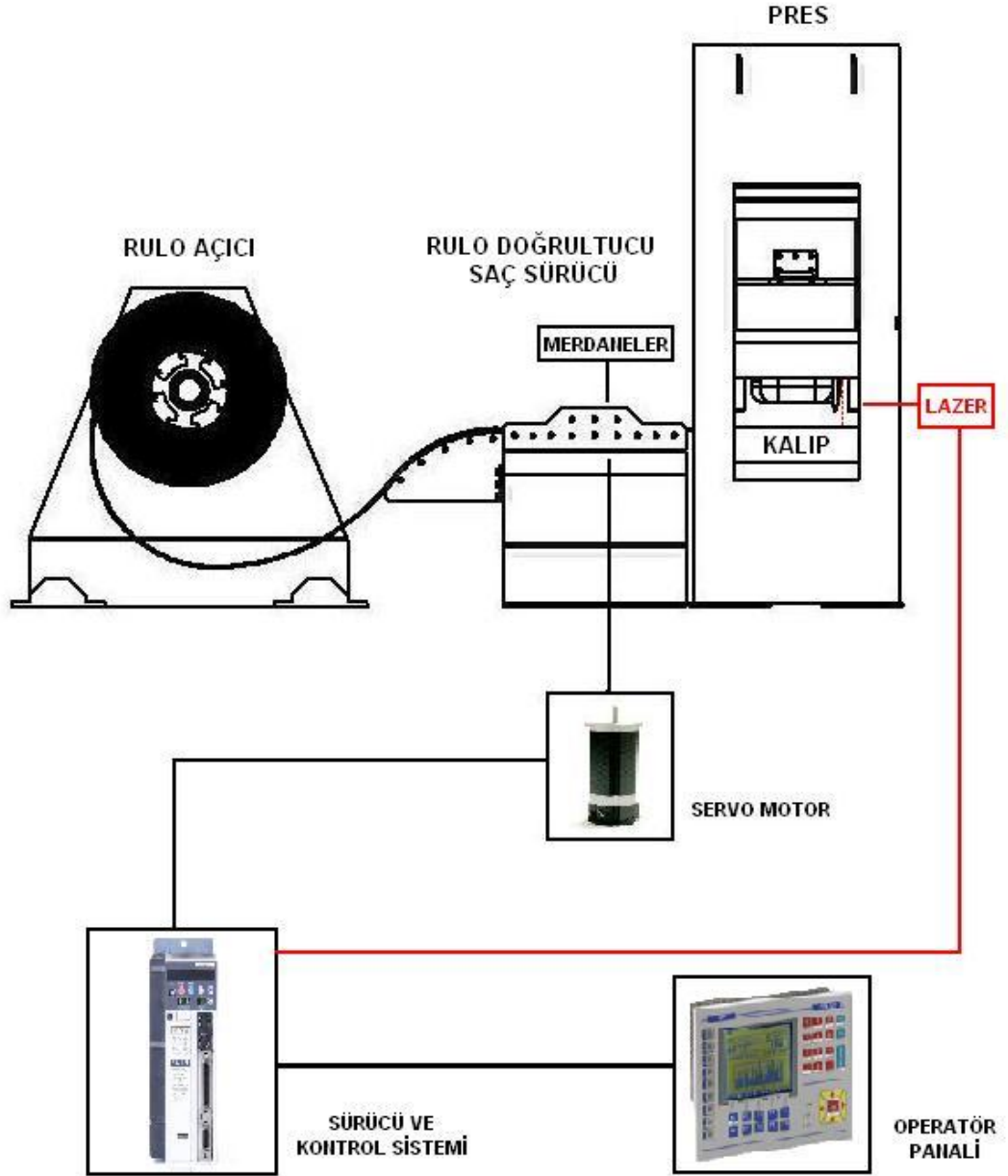
##### 4.1. Sac Sürme Sisteminde Lazer Geri Besleme İle Servo Motor Uygulaması

Servo motor ile sac sürmede pozisyonlama hassasiyetini artırmanın yöntemleri sacın sürülme miktarını belirlemek ve geri besleme sistemi ile servo sürücüye sacın sürülme miktarını belirtmektir. Böylece istenilen miktarda programladığımız sac miktarı prese sürülmüş olacaktır.

Lazer geri besleme sistemi ile sac sürme işlemi, rulo açıcıdan çıkan sacın rulo doğrultucuya gönderilmesi ve buradan da servo sac sürücü sistemi ile sacın kalıba doğru sürülmesi yapılmaktadır. Servo motor sürücü kısmında patinaj yapma olanağı söz konusu olduğunda sac istenilen miktarda sürülemez. Kalıpta baskının yapılacağı en son kısmına lazer sistemi konulacaktır. Sac bu lazer sistemi ile okunduğu an kontrol sistemine geri besleme ile bilgi gönderimi servo motorların durdurulması ve sacın akışının durması sağlanacaktır.

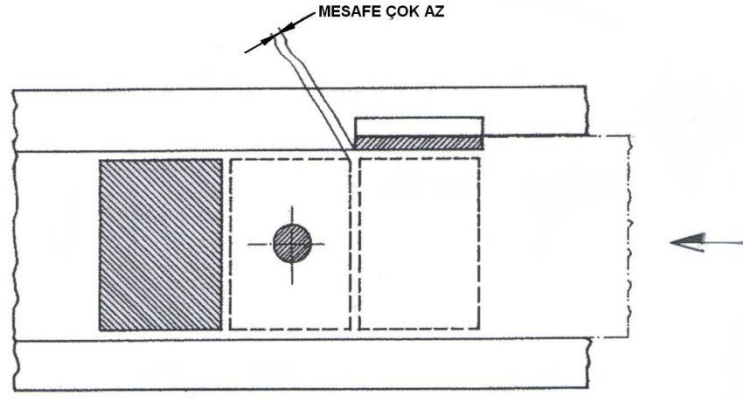
Böylece istenilen uzunlukta sac kalıp içine girişi yapılmakta ve hesapları yapılan sac miktarı ile atık sac miktarı minimumlara indirgenecektir.

Sistem şekil 4.1'de ayrıntılı olarak belirtilmiştir.



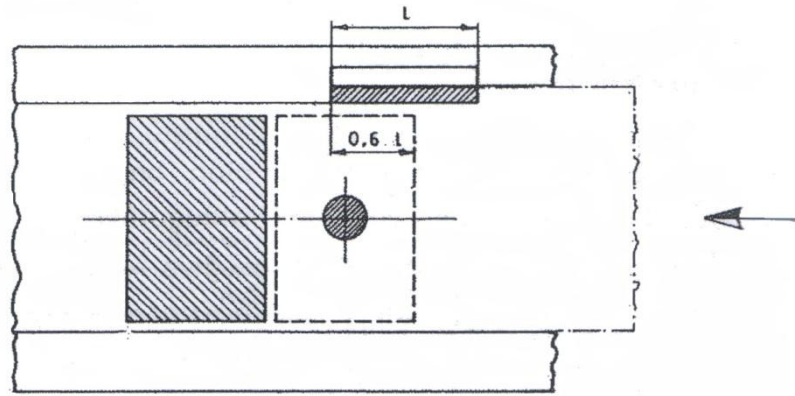
Şekil 4.1. Lazerli sac sürücüsü ve komponentleri.





**Şekil 4.3.** Çevre kesme deliği ile yan çaklı deliğinin aralarındaki uzaklık 4 mm'den küçük [8].

Şayet adım büyükse, yan çakının kesme uzunluğu da büyük olacaktır. Bu gibi durumlarda, çevre kesmenin 0,6'sı kesilecek şekilde ayarlanmalıdır (Şekil 4.4). Zira çevre kesme zımbasının yanall itme kuvvetlerine maruz kalmaması için, bu oldukça önemlidir. Yanall itme kuvvetleri zımbaların oynaması, kalıba bindirmesine sebep olacaktır.



**Şekil 4.4.** Adımın uzun olduğu zamanki kalıp tertibi [8].

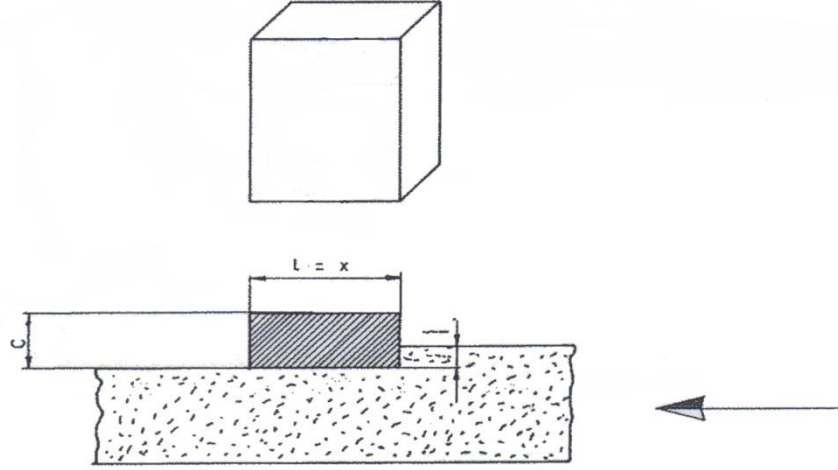
#### 4.2.2. Yan Çakı Tipleri

Genel olarak üç tip yan çakı bulunmaktadır.

- ❖ Düz yan çakılar
- ❖ Kademeli ökçeli yan çakılar
- ❖ Kademeli ökçeli ve profilli yan çakılardır.

##### 4.2.2.1. Düz Yan Çakılar

Bunların yapımı oldukça basittir (Şekil 4.5), fakat tek taraflı kesmeden dolayı yana itmelere maruz kalırlar. Bilhassa kalın saclarda bu durum daha da belli olur. Onun için bu tip yan çakıların ince saclarda kullanılması tavsiye edilir.



$l$  : Yan çakı boyu (mm)

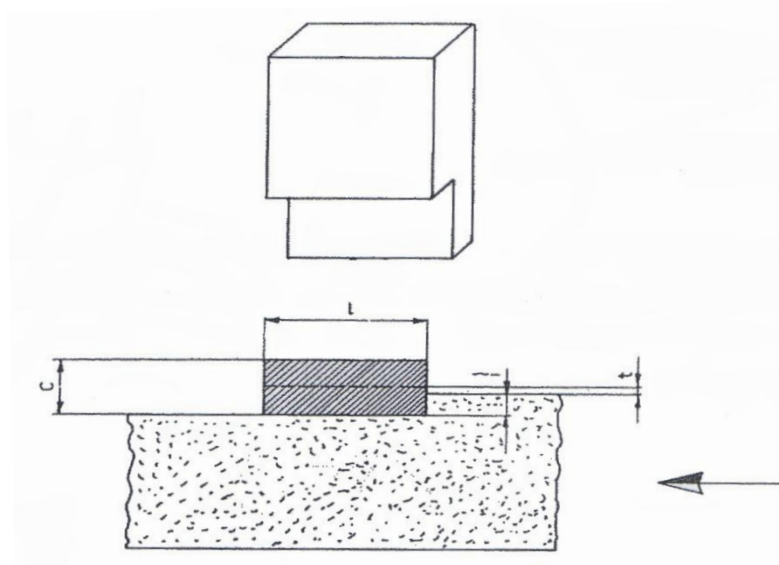
$x$  : Adım (mm)

**Şekil 4.5** Düz yan çakı [8].

#### 4.2.2.2. Kademeli (Öncelikli) Yan Çakılar

Bu tip yan çakılar, kesmeye başlamadan önce ökçe kısımlarından yatakladıklarında, yanal itmelere karşı belli bir düzeyde dayanma olanaklarına sahiptirler (Şekil 4.6).

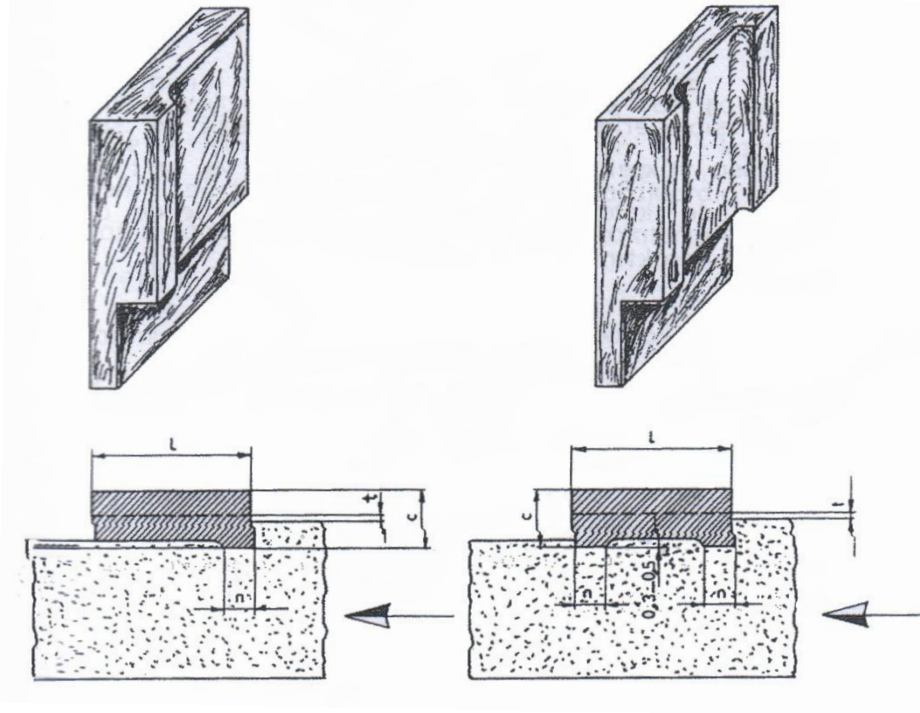
Daha kalın şaçların kesilmesinde bu tip, birinciye tercih edilmelidir. Kademe kısmının kesme esnasında şeridin kenarına sürtünmesi için  $t$  mesafesi kadar uzaklaştırılır.



**Şekil 4.6.** Kademeli (ölçekli) yan çakı [8].

#### 4.2.2.3. Kademeli (Ölçekli) Ve Profilli Yan Çakılar

Bu tip yan çakılar, en ideal yan çakılardır (Şekil 4.7). Tek kusurları yapımlarının zor olmasıdır. "n" ile gösterilen çeneler, bir adet olduğu gibi iki adet de yapılabilir. Bu çenelerin görevi, bantla meydana gelebilecek köşe çapağını ortadan kaldırıp, dayanacağı yere tam olarak dayanmasını, dolayısı ile bandın düzgün bir ilerleme yapmasını gerçekleştirmektir.



Şekil 4.7. Tek ve çift taraftan çeneli, kademeli profilli yan çakı [8].

Yan çakılarda kullanılabilir adım, yan çakı genişliği ve çene genişliği değerleri Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Yan çakılar için bazı değerler [8].

ADIM	YAN ÇAKI GENİŞLİĞİ	ÇENE GENİŞLİĞİ
$L = x$	c	n
mm	mm	mm
.....6 ya kadar	6	.....
6.....10	6	2
10.....16	6.....8	2,6
16.....26	8.....10	3
26.....40	10.....12	4
40.....100	12.....16	5

#### 4.2.3. Yan Çakı Malzemeleri

Yan çakılar genel olarak zımba malzemesinden yapılır. Yan çakı malzemeleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

**Tablo 4.2.** Yan çakılar için malzemeleri [8].

W . Nr	D I N 17006	SERTLEŞTİRİLİP, MENEVİŞLENDİKTEN SONRA SERTLİĞİ
1. 2363	105Cr - Mo V5	58 ± 2 HRC
1. 2210	165Cr - V12	
1. 2601	165Cr - M V12	
1. 2080	210Cr 12	
1. 2436	210Cr - W12	
1. 2884	210Cr - WM.12	

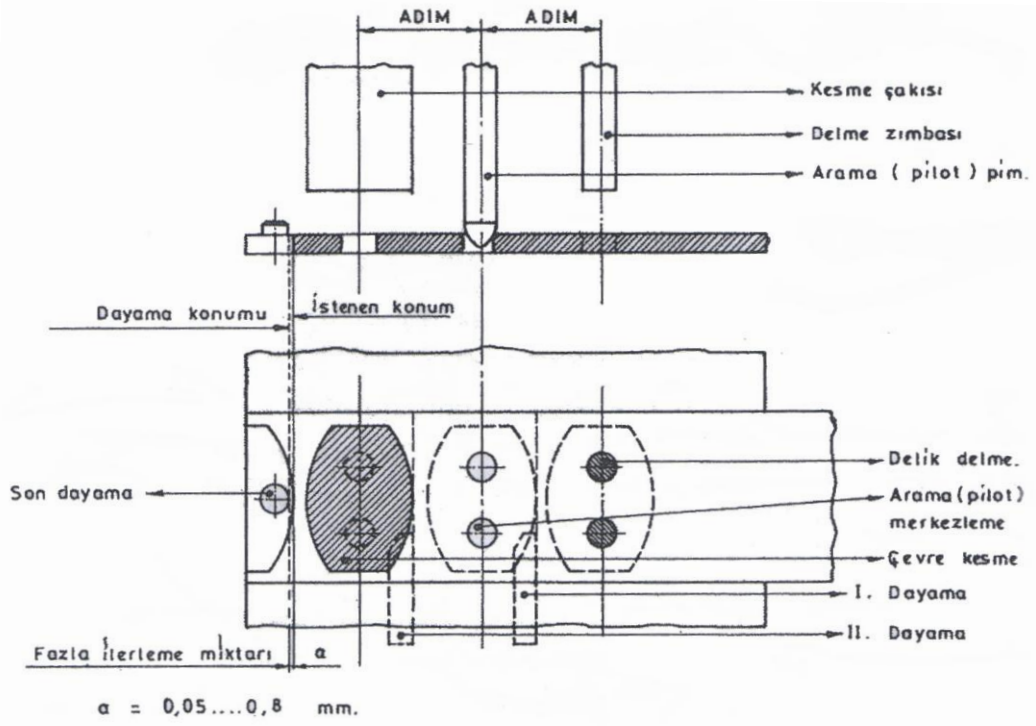
#### 4.3. Arama (Pilot) Pimler

Bunlar, özellikle adımlı kalıplarda daha çok kullanılırlar. Kalıp çalışırken, bandın veya iş parçalarının tam istenen (gerekli) konumda merkezlenmelerini (durmalarını) sağlarlar. Parçayı veya bandı merkezlemeleri, daha evvelden delinmiş olan deliklerden yapılır (Şekil 4.8).

Arama pilot pimlerle tertiplenmiş olan bütün kalıplarda bant elle sürüyorsa, ilk dayama dışında bütün dayamalar, parçanın veya bandın bir miktar fazla ileri gitmesine müsaade edecek şekilde kalıba tespit edilirler. Bunun sonucu olarak, birinci dayamadan sonraki dayamaları tam intibak ettirmeye gerek kalmaz. Burada esas ilerlemenin toplamına eşit olur.

Şağ şeride birinci operasyonda delik delinir. İkinci operasyon için dayamaya sürülen malzeme şeridinin bir miktar fazla gidebileceği belirtilmiştir. Pres aşağı inerken, daha önceden delinmiş olan delikler az bir miktar fazla ilerlemiş olsa bile, arama (pilot) pimlerinin uçları konik ve radyüslü olduğundan, yine delinmiş olan deliklere girecek ve malzeme şeridini istenen konuma getirmesi mümkün olacaktır. Bu, arama (pilot) pimlerinin şeridi dayama konumundan yerleştirme konumuna getirmesi anlamını taşır.

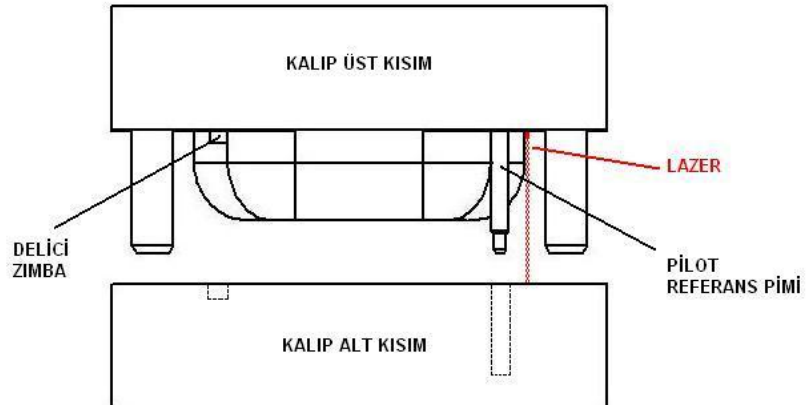
Şayet bant bir mekaniksel tertibatla, otomatik olarak ilerletiliyorsa, fazla değil, eksik ilerletilir. Bant arama (pilot) pimler yardımıyla ileriye çekilerek, yerleşme konumuna getirilir.



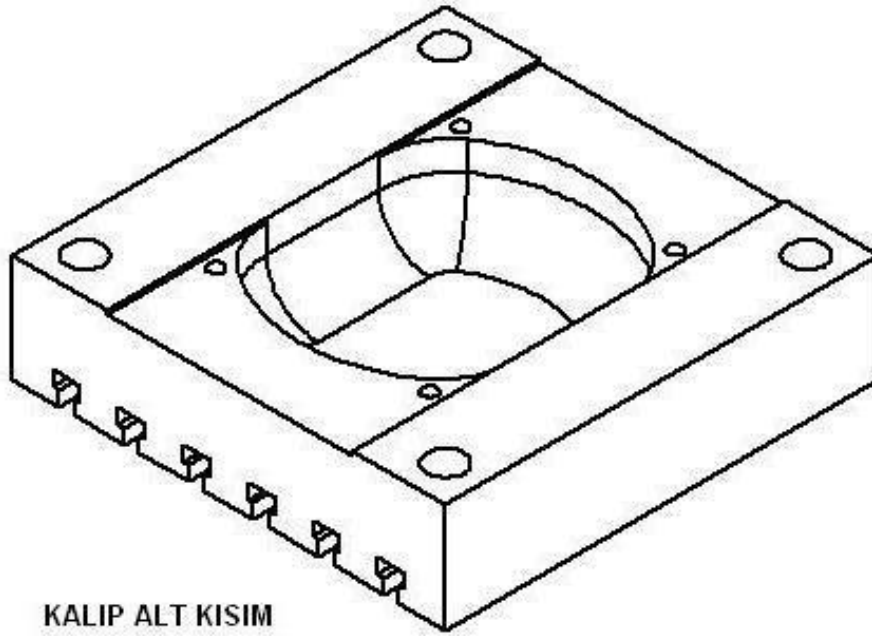
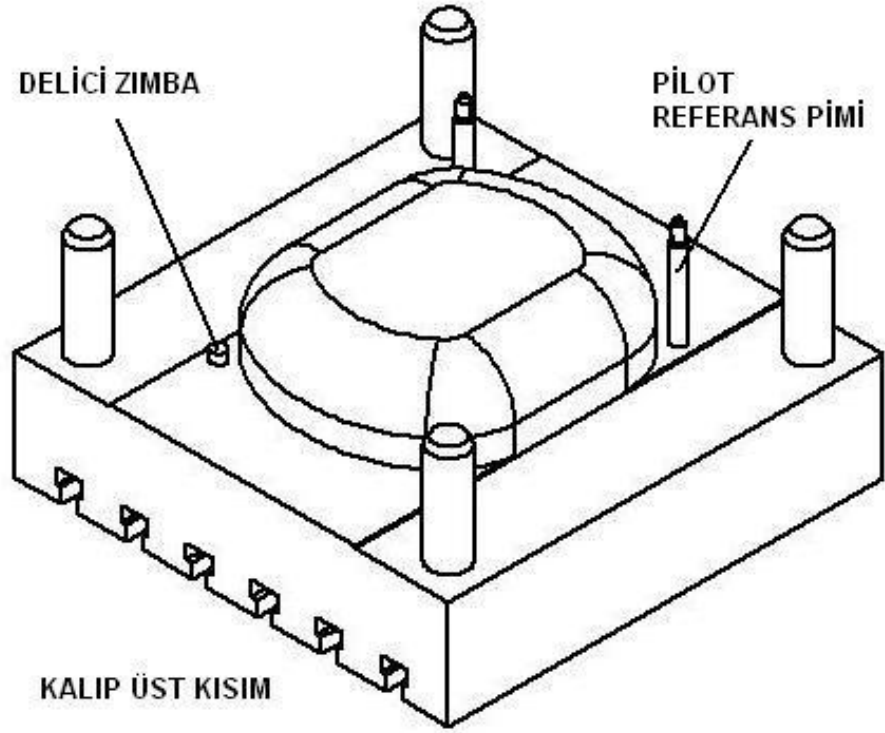
Şekil 4.8. Arama pimlerinin bandı esas konuma getirmeleri [8].

Arama (pilot) pimleri, ne kadar düzgün yerleştirilirse parçanın da istenen konuma gelmesi, o nispette düzgün ve hassas olacağı muhakkaktır. Arama (pilot) pimlerinin çapları ile bunların gireceği deliklerinin çaplarının birbirlerine yakın olmaları gerekir. Bu ne kadar iyi olursa bandın ve iş parçasının istenen konuma gelmesi de o nispette iyi olur. Arama (pilot) pimler deliğe girdikten sonra malzemenin yanıl hareketine engel olurlar.

Pilot pimler, deliğe asla sıkı alıştırmazlar. Çünkü sürtünmeden dolayı bir takım sarmaların meydana gelmesi mümkün olduğu gibi, aşırı sürtünmeden dolayı pimler aşınır. Dolayısıyla hassasiyet kaybolur. Şekil 4.9 – 4.10'da sac kesme presinde pilot referans pimleri ve lazer sistemi görülmektedir.



Şekil 4.9. Kalıpta yapılacak pilotlama referans uygulaması.



Şekil 4.10. Kalıpta uygulanan pilotlama referans uygulaması.

#### 4.3.1. Arama (Pilot) Pimler İçin Toleranslar

En iyi (h6), hassas işler için h8, normal işler için h9 toleransları kullanılabilir.

Kalın malzemelerin delindikten sonra daha çok çekme (büzülme) yapacakları göz önünde bulundurularak, bu tip malzemeler için biraz daha büyük toleranslar kullanılabilir.

#### 4.3.2. Arama (Pilot) Pimlerin Uzunlukları

Pilot pimler, kesme veya delme zımbaları henüz malzeme ile temas etmeden evvel, bandı veya parçayı esas konumuna getirilmelidir. Dolayısıyla kesme veya delme zımbalarından daha uzun olurlar (Şekil 4.11). Bu uzunluk farkı gayet iyi seçilmelidir. Zira eğer bu fark daha az olursa, pilot pimler istenen görevi yapamazlar. Fakat kısa kurslu preslerde kullanılmaları çok zor olur. Ayrıca sürtünme daha çok olacağından bir takım aksaklıkların ortaya çıkacağı bir gerçektir.

##### 4.3.2.1. Sabit Ayırma Plakası Veya Sabit Kayıt Plakası Kullanılması

Bu takdirde, zımba alınının arama pimlerinin esas merkezleme yapacak kısma olan ( t ) mesafeleri aşağıdaki gibi olmalıdır.



$S_p$  : Kesme boşluğu, mm

T : 1,5 mm

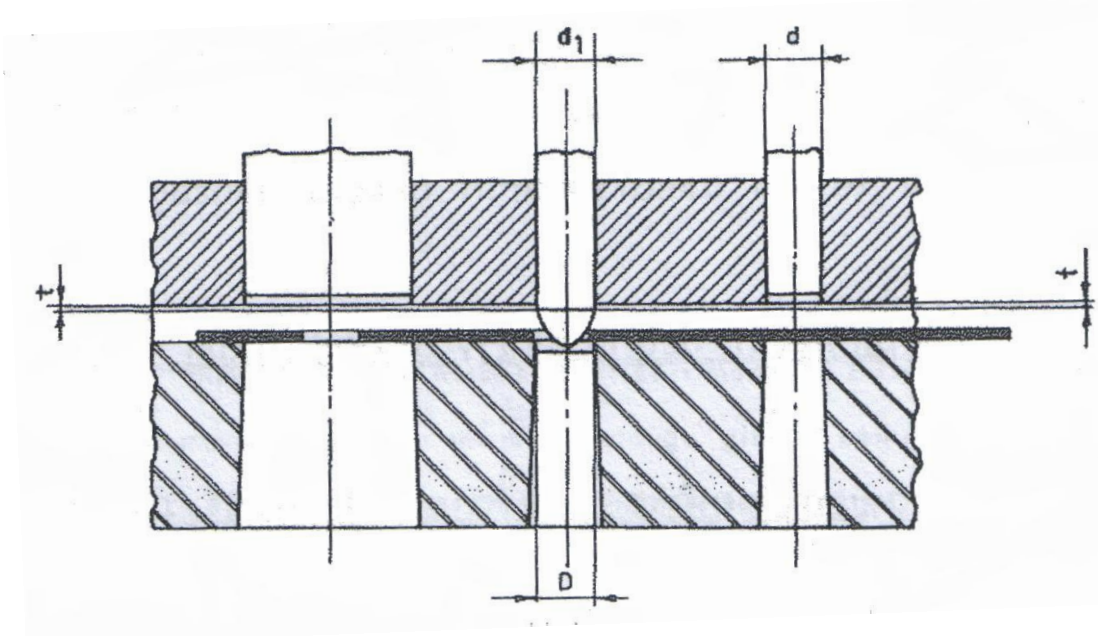
D :  $d_1 + 2S_p$

b :  $2 + S$  (Düz Kısım)

**Şekil 4.11.** Arama (pilot) pimlerinin sabit ayırma veya kayıt plakalı kalıptaki durumları [8].

#### 4.2.2.2. Hareketli Ayırma Plakası Kullanılması

Bu durumda ise, zımba alnının değil, hareketli ayırma plakasının alt yüzünün, arama piminin esas merkezlemeyi yapacak kısmı olan (t) mesafesi aşağıdaki gibi olmalıdır.



$$D = d_1 + 2 S_p$$

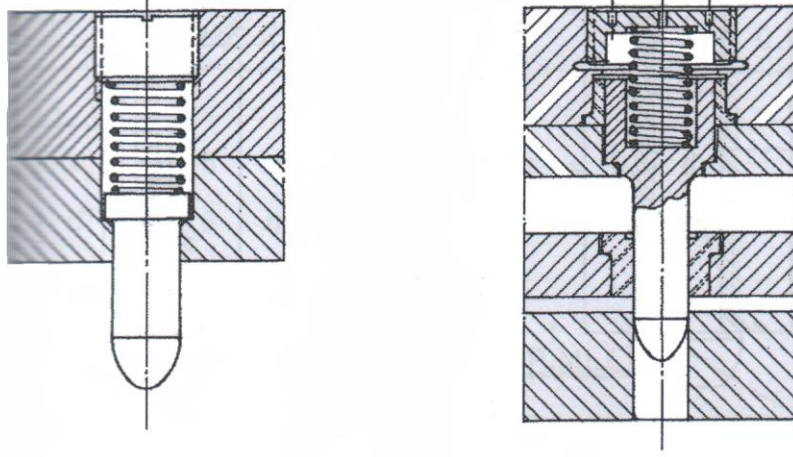
t = 1,5 mm alınabilir.

**Şekil 4.12.** Arama (pilot) pimlerinin hareketli ayırma plakalı kalıptaki durumları [8].

Şekillere dikkat edilirse, arama pimleri için kalıp gövdelerine açılan (d) çaplı delikler mutlaka açılmalı ve mümkün olduğu kadar bu deliklerin konik olması sağlanmalıdır. Yanlış ilerletmeden dolayı pilot pimlerin parçayı delebileceği de göz önünde bulundurularak, bu deliklerin alt tabloya da açılması şarttır. Aksi takdirde artık parçaların dışarı atılması gerçekleşmez, sıkışma sonucu olarak da çok ciddi durumlar ortaya çıkabilir.

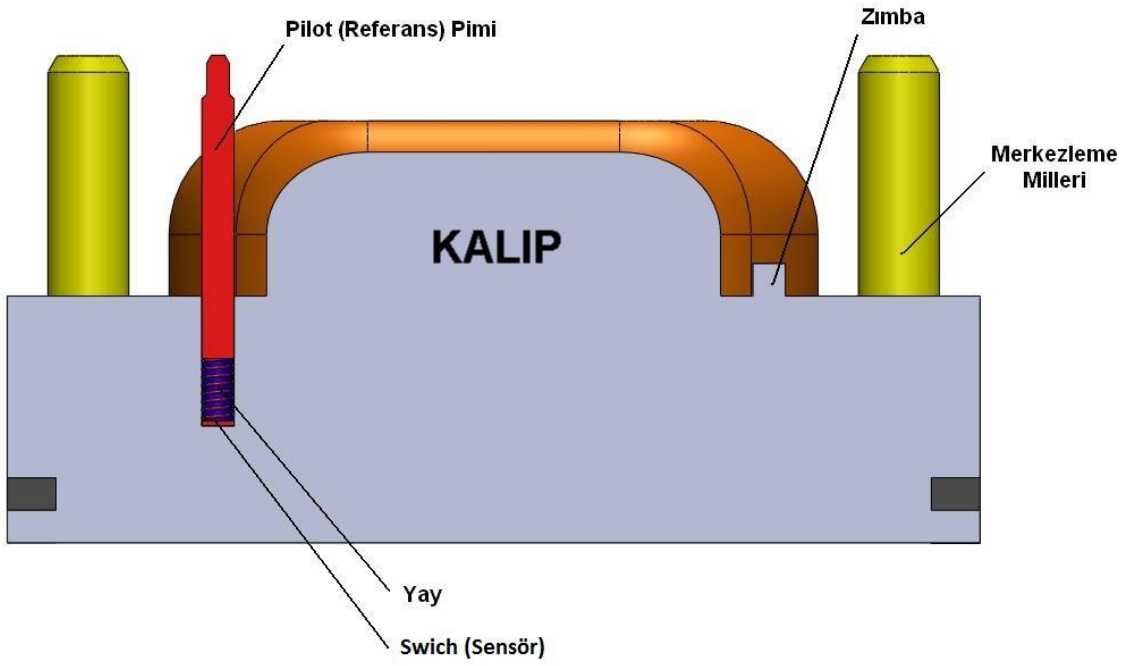
#### 4.3.3. Yaylı Pilot Pimler

Yaylı pilot pimler, yanlış ilerletme veya yerleştirme durumunda, bant veya parçayı delme ihtimalini önlemek için kullanılır (Şekil 4.13). Burada dikkat edilmesi gerekli olan husus; yayın hareketinin istenene uygun olmasıdır. Yay uzunluğu ve stroku (yaylanma) o şekilde seçilmelidir ki, pilot pim yanlış ilerletilen veya yerleştirilen bant veya parçayı delmeyecek kadar geri gitsin. Bu arada yayın yeteri kadar kuvvetli olması gerektiğini de belirtmek gerekir. Bu tip pilot pimler bilhassa kalın malzemeler için gereklidir.



**Şekil 4.13.** Yaylı pilot pim [8].

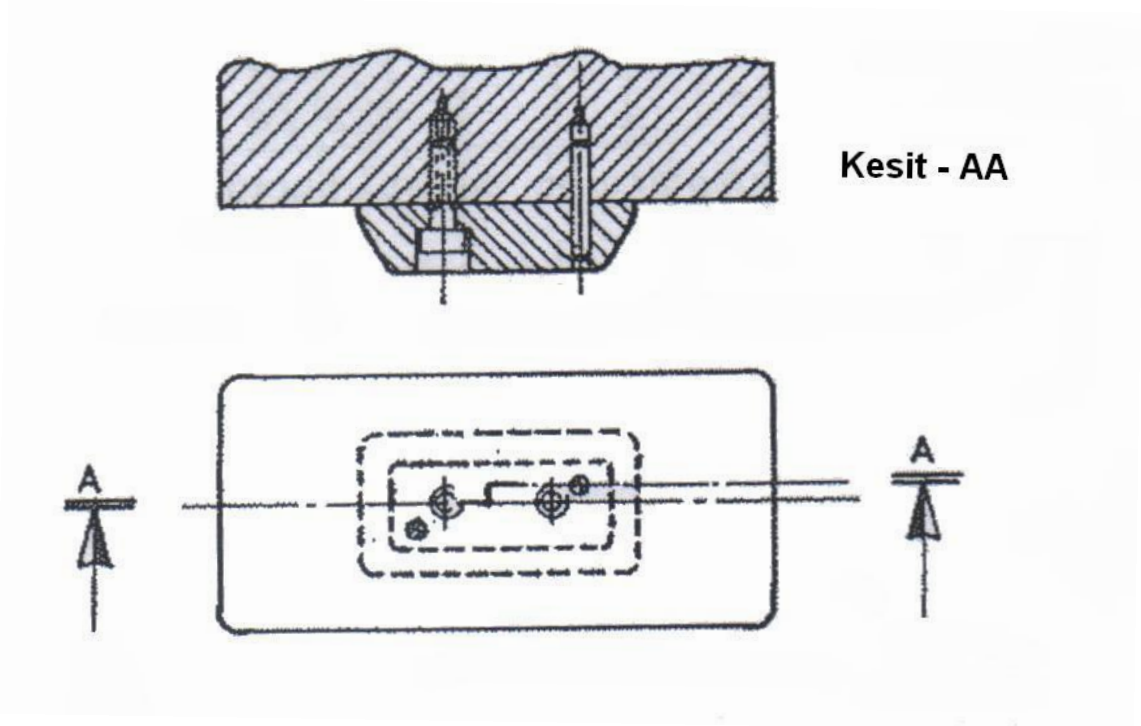
Ancak pilot pimler deliğe geçmediği zaman presi durduracak bir sensör veya swich kullanılması (Şekil 4.14) gereklidir.



**Şekil 4.14.** Yaylı pilot pim uygulaması.

#### 4.3.4. Yuvarlak Olmayan Pilot Pimler

Bunlar bilhassa adımlı kalıplarda yuvarlak olmayan örneğin; dikdörtgen gibi değişik deliği olan parçaları, tam istenen konumda durdurup (merkezleyip) çevrelerini kesmek için kullanılırlar. Bunun yanı sıra adımlı olmayan kalıplarda örneğin; yuvarlak olmayan deliği daha evvelden delinmiş parçanın çevresini kesmek için de kullanılırlar (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 Dikdörtgen kesitli pilot pim [8]

#### 4.3.5. Arama Pilot Pimler İçin Malzemeler

Genel olarak pilot pimler, ısıtılabilir iyi kaliteli takım çeliğinden yapılırlar. Yüksek üretim kapasitelerinde aşınma daha çok olacağından pilot pimleri ısıtılabilir tabii tutulmaları şarttır.

Zımbalarda olduğu gibi, pilot pimlerde, sap kısımlarının sertliği biraz daha az olabilir.

**Tablo 4.3.** Pilot pimler için malzemeler[8].

M.K.E	DIN	W . Nr	AÇIKLAMALAR
Ç 1060	C 60	1.0601	Rc 50 ± 2 sertliğinde su da veya yağda sertleştirilip, orta kapasitedeki kalıplarda kullanılırlar
Ç 1090	C85 W1	1.1530	Rc 54 ± 2 sertliğinde suda sertleştirilip yüksek kapasiteli kalıplarda kullanılır
Ç 10100	C100 W1	1.1540	Rc 55 ± 2 sertliğinde suda veya yağda sertleştirilip yüksek ve çok yüksek kapasitedeki kalıplarda kullanılır

#### 4.4. Yan İtçiler

Yan itçiler, genel olarak çok işlemlili (adımlı) kalıplarda bandın, bant yolu içinde (bant yatağında) daima aynı konumda kalmasını sağlar (Şekil 4.16). Yan itçilerin adımlı kalıplarda olduğu gibi, diğer kalıplarda da kullanılmaları mümkündür.

Bir adımlı (delme+kesme) kalıbında ilk olarak delikler delinecek, sonra da çevre kesileceğinden, eğer yan itçi kullanılmazsa bant, bant yolunda bir miktar sağa sola oynayacak, dolayısı ile deliklerin kenarlara olan mesafeleri değişik çıkacaktır. Bant yolu, bandın rahatlıkla geçebilmesi için bir miktar geniş yapılır.

##### 4.4.1. Yan İtçi İçin Malzemeler

Yan itçiler genel olarak takım çeliğinden yapılır (Şekil 4.4). Sertleştirme yoluna gidilir. Sertlik olarak; malzeme ile temas edecek olan kısımlar Rc 59 ± 2, temas etmeyen arka kısımlar ise, Rc 43 ± 2 sertliğinde olabilir.

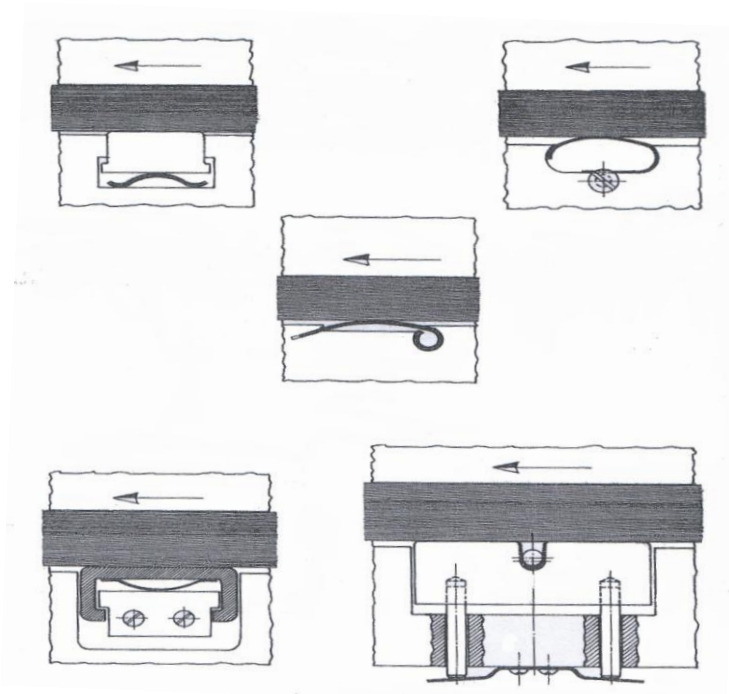
Yan itçilerde kullanılan yaprak yayların sertliği Rc ± 42 ...48 olmalıdır.

**Tablo 4.4.** Yan iticiler için malzemeler[8].

M.K.E	D I N	W . Nr	KULLANILDIĞI YERLER
Ç 1035	St 50	1.0501	Basit ve düşük üretim kapasitesindeki kalıplarda, küçük parça ve bantlar için
	St 50-2		
	C 35		
Ç 1043	St 60	1.0503	Orta üretim kapasitesindeki kalıplarda, orta büyüklükteki parça ve bantlar için
	St 60-2		
	C 45		
Ç 1060	St 70	1.0601	Orta üretim kapasitesindeki kalıplarda, orta büyüklükteki parça ve bantlar için
	C 60		
Ç 1390	90 Mn W8	1.2842	Yüksek üretim kapasitesindeki kalıplar için, büyük parça ve bantlar için.
Ç 5190	100 Cr4	1.2057	Yüksek üretim kapasitesindeki kalıplar büyük parça ve bantlar için.

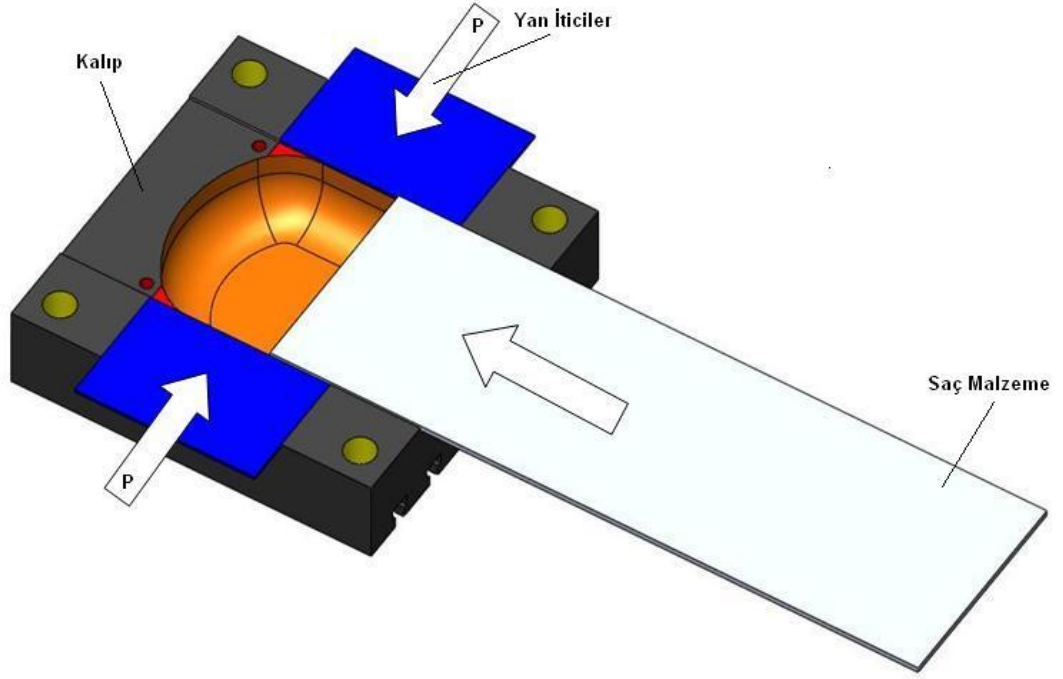
#### 4.4.2. Yan İticiilerin Kalıpta Kullanılması

Yan iticiler şekil 4.16'da olduğu gibi farklı tasarımlara sahiptirler.



**Şekil 4.16.** Çeşitli yan itici tipleri [8].

Çalışma konusu olan sac kesme kalıbında, sacın her iki tarafından eşit olarak kalıp merkezine yönlendirilmesi sistemi şekil 4.17’de görülmektedir.



Şekil 4.17. Yan itici uygulaması.

## 5.SAC FİRELERİNİN HATTAN İNSANSIZ UZAKLAŞTIRILMASI

### 5.1. Konveyör Sistemleri

Endüstride kütle üretimi, taşıma kapasitesine bağlıdır. Makinelerin ürettiği kütleler taşıyıcılar ile sevk edilerek döngünün düzeni sağlanır. Bu alanda kullanılan taşıyıcılardan biri de konveyör bantlarıdır. Endüstride kütle üretimi, taşıma kapasitesine bağlıdır. Bu alanda kullanılan taşıyıcılardan biri de konveyör bantlarıdır.

### 5.2. Bantlı Konveyörler

Bantlı konveyörlerle taşımada sistemin esasını, iki tambur arasına gerdirilen bandın sürtünme kuvveti yardımıyla hareket ettirilmesi ile oluşturur. Bantlı konveyörlerde malzeme taşınması, germe tamburu ve bir motor-redüktör sistemi hareket verilen tahrik tamburu arasına gerilen bant ile sağlanır. Kullanım alanı en geniş konveyör tipi olup, kullanım kapasitesi de oldukça değişkendir.

Bant seçimi taşınacak ürünün cinsine göre yapılır. PVC bantlı, kauçuk bantlı, silikon bantlı, teflon bantlı, vb. gibi kullanım alanı ve tipine göre değişik çeşitleri bulunmaktadır.

PVC Bantlı Konveyörler, genel amaçlı olarak paket ve kolilerin taşınmasında, yüksek sıcaklıkların olmadığı yerlerde kullanılmaktadır. Bant kalınlığı ve rengi yine çalışma şartlarına ve ortamına göre değişir. Gıdaya uygun (FDA'lı) olarak ta üretilmektedir. Genellikle düz ve küçük açılı yerlerde kolaylıkla kullanılmaktadır. Fazla açılı kısımlarda ise üzerine profil yapıştirilmektedir. Bu tip konveyörler alüminyum, paslanmaz çelik ve St 37 boyalı şase olarak üretilmektedir.

Kauçuk Bantlı Konveyörler; ağır sanayi konveyörleridir. Çok uzun ebatlarda tek motor ve şase üzerinde imal edilebilmektedir. Kum ocaklarında, çimento fabrikalarında, katı atık tesislerinde, tersanelerde, maden ocaklarında, kısmen havalimanlarında, kısacası yükün ve darbenin olduğu ve ortam şartlarının ağır olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Genellikle boyalı olarak üretilmektedir. Çoğunlukla sürtünmeyi azaltmak için altı rulolu olarak imal edilmektedir. Kullanılacak ortama göre yağa dayanıklı, aşınmaya dayanıklı vs. gibi özellikleri ve kalınlıkları değişebilmektedir.

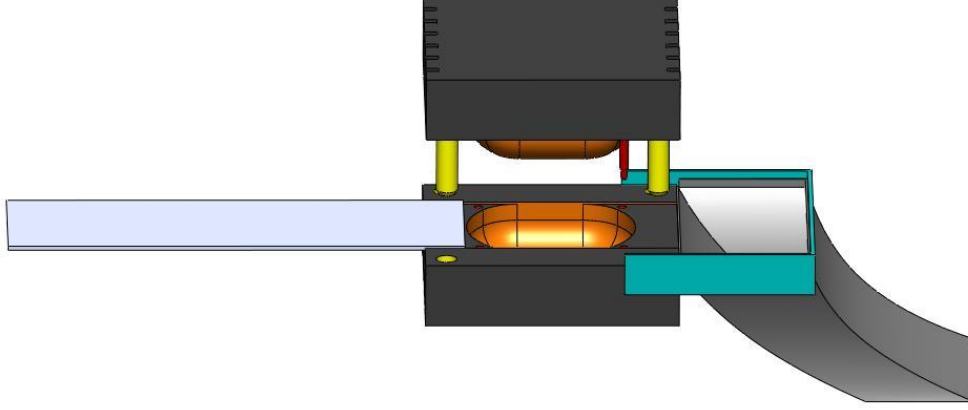
Silikon Bantlı; genellikle, ürünün yapışma riskinin olduğu ortamlarda kullanılmaktadır. Sakız ve şeker imalatı yapan firmalarda yaygın kullanılmaktadır. Gıdaya uygun olup paslanmaz ve alüminyum gövde olarak imal edilebilmektedir.

Teflon bantlı Konveyörler, sıcaklığın fazla olduğu ortamlarda kullanılmaktadır.

Bu çalışmada sac kalıplama operasyonu tamamlandıktan sonra çıkan firelerin uzaklaştırılmasına yönelik çalışma yapılmıştır.

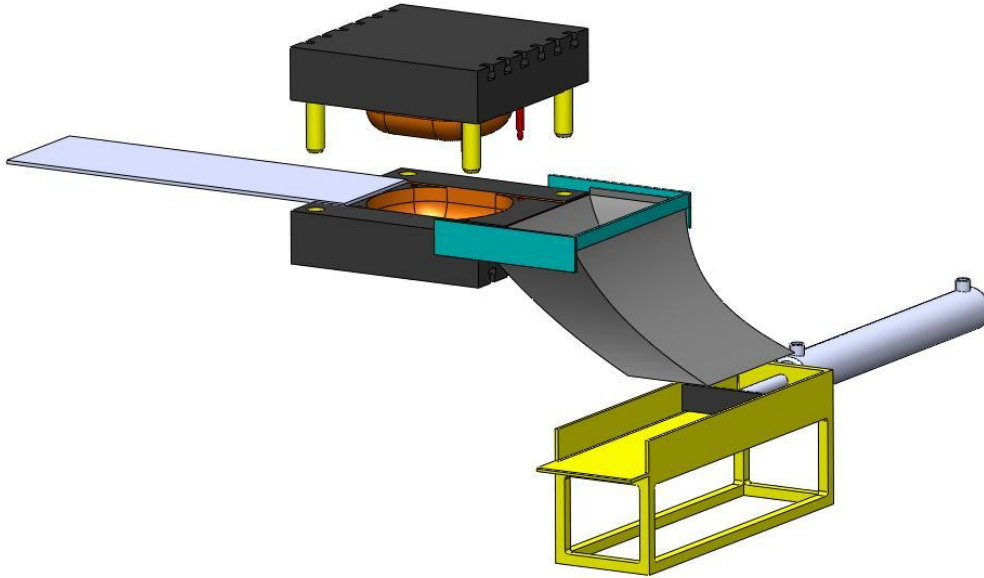
### 5.3. Sac Firelerin Hattan Uzaklaştırılması Aşamaları

Sac firelerin ilk aşamada konveyör sistemine aktarılması için sac şekillendirme işlemi bittikten sonra huni şeklinde yapılmış kısma aktarımı yapılır (Şekil 5.1).

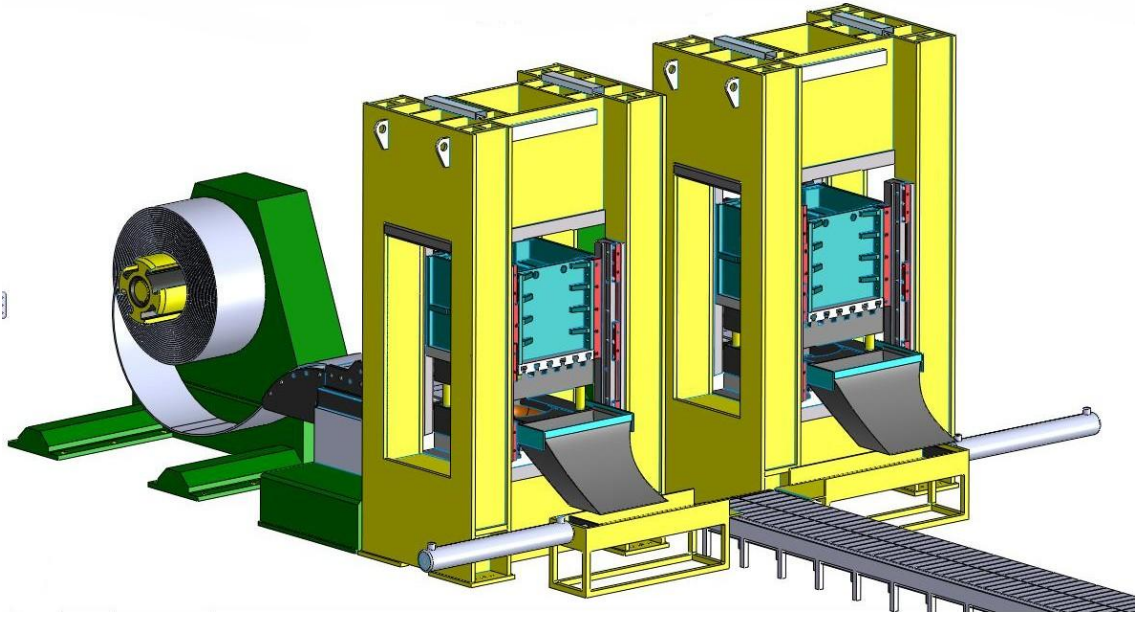


Şekil 5.1. Sac firelerin uzaklaştırılması.

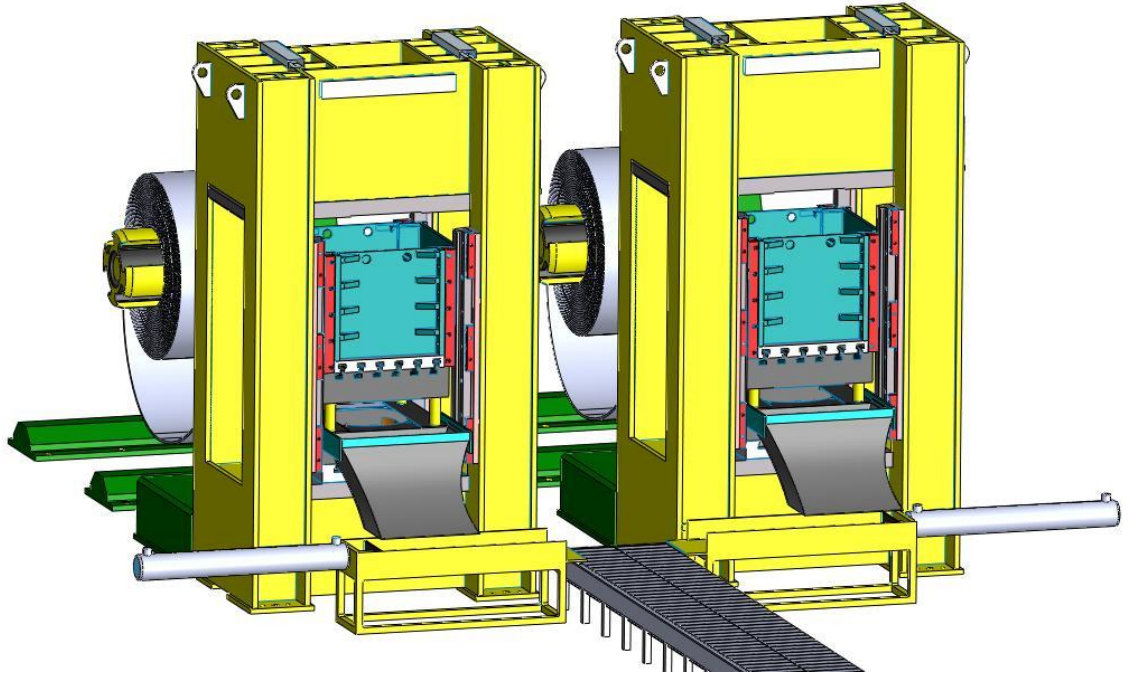
Sac firelerin ikinci aşamada konveyör sistemine aktarılması bir piston ile yapılır (Şekil 5.2 - 5.3 - 5.4 - 5.5).



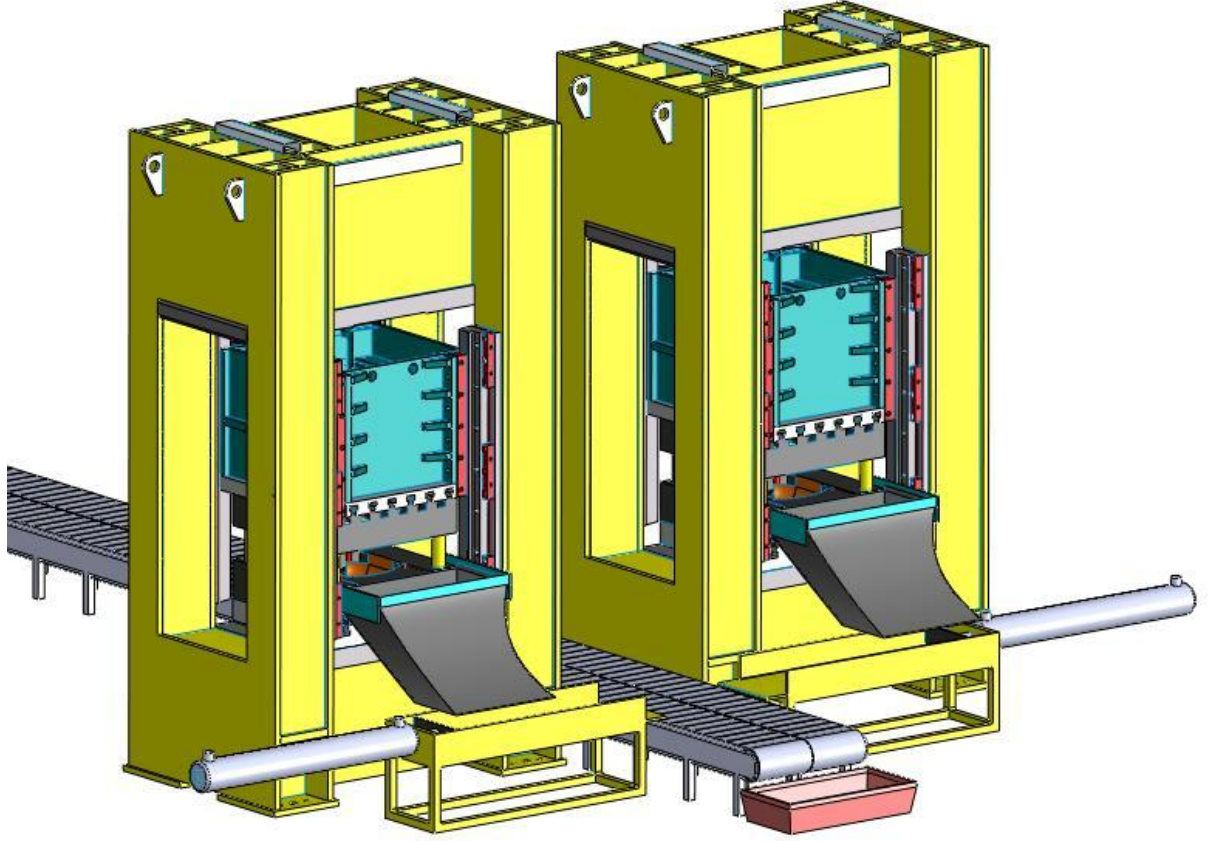
Şekil 5.2. Sac firelerin konveyöre aktarılması.



Şekil 5.3. Bantlı konveyör sistemi.



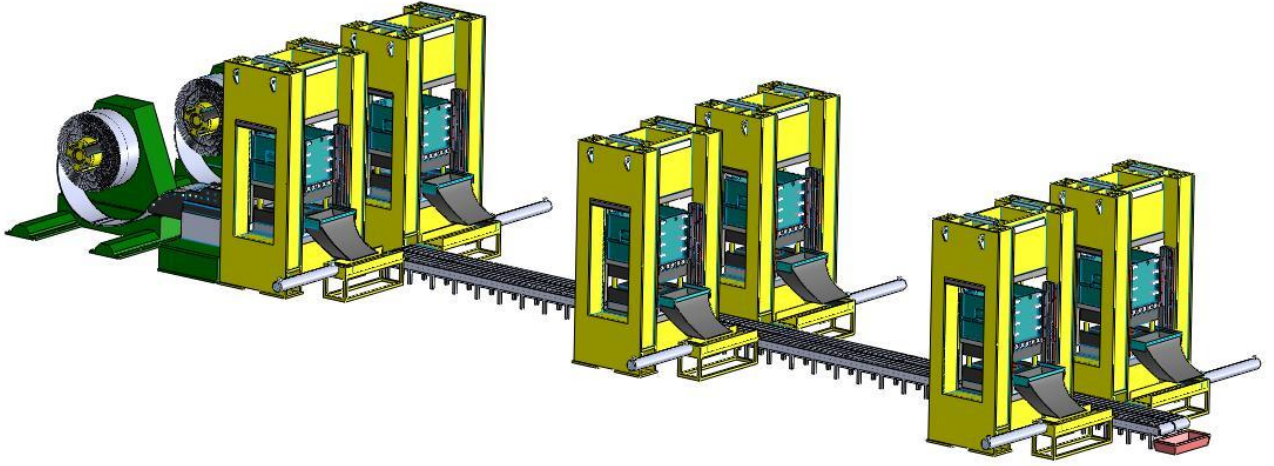
Şekil 5.4. Bantlı konveyör sistemi.



**Şekil 5.5.** Sac firelerin toplanma sahası.

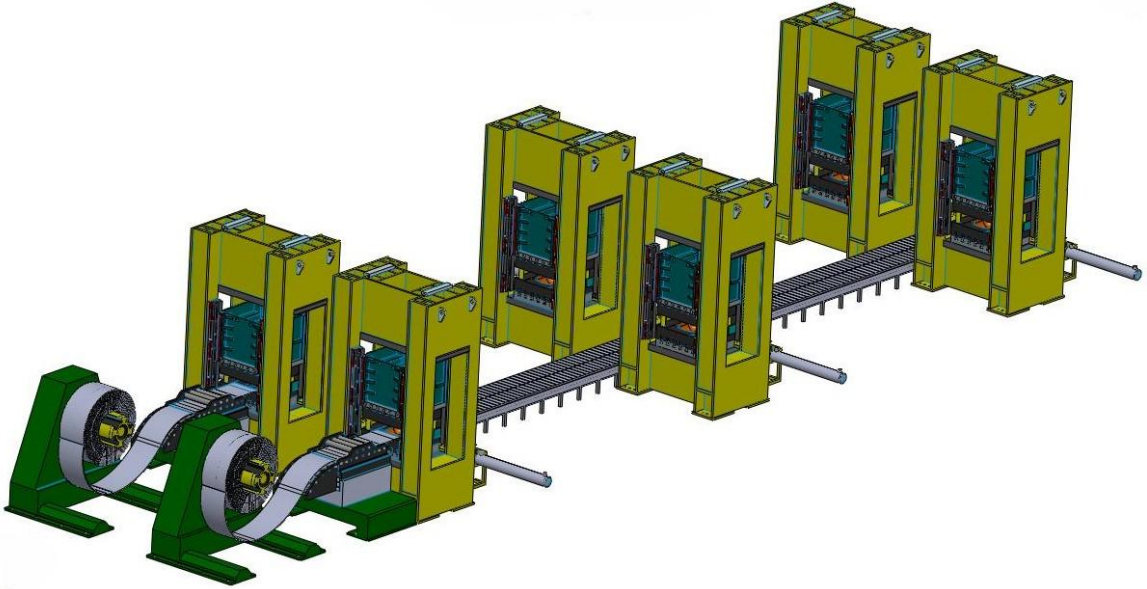
Sac fireler toplanma sahasında toplandıktan sonra geri dönüşüm için tekrardan değerlendirilmektedir.

Bütün preslerden üretim sırasında çıkan sac fireler konveyör sistemine aktarıldıktan sonra konveyör sisteminin sonunda toplanır (Şekil 5.6).



**Şekil 5.6.** Bantlı konveyör sistemi.

Sac kesme ve şekillendirme preslerin, sac sürme sistemiyle birlikte genel görünümü Şekil 5.7'de verilmiştir.



**Şekil 5.7.** Bantlı konveyör sistemi.

## 6. SONUÇ

Bu çalışmada sac malzemelerin talaşsız imalat yöntemlerinde verimliliğin artırılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Yapılan gerilme analizlerinde malzemenin akma gerilmesi  $351,6 \text{ N/mm}^2$  olarak alınmıştır. Bu değer malzemenin kesme gerilmesi olan  $243,6 \text{ N/mm}^2$ 'den daha büyüktür. Dolayısıyla en yüksek gerilmelerin olduğu sacın, kenar ve uç kısımlarında kesilme oluşmuştur. Bu nedenle ve literatürde de verilen malzeme kalınlığının %60'ı kadar bir fire olması, sac kesme kalıpları için gerekliliğin bir göstergesidir. 500mm genişliğindeki, 10mm kalınlığındaki bir sac şeritten 500mm çapında disk kesildiği zaman %77,60 verim, yani %22,40 fire ortaya çıkmaktadır. Ayrıca hassas olarak sac malzemenin pres hattına sürülmesinde lazerle konumlama, pilot pim tasarım çalışmaları yapılmıştır. Bu tasarım sac preslemede iki farklı yöntemin birleştirilerek uygulanması bir yenilik olarak önerilmiştir. Üretim esnasında çıkan firelerin hattan insansız uzaklaştırılmasına yönelik konveyör tasarımı da yapılmıştır.

## KAYNAKLAR

1. Nalbant, M. , “Bilgisayarla bütünleşik Tasarım ve İmalat” İSTANBUL,1997.
2. Donaldson, C, Le cain, Goold, V, “Tool Design: Mc Grow Hill Book Campany, tridy edition” , 633-733 İLLİONS,1993
3. Erişkin,Y. , “Uygulamalı Saç Metal Konst. : Gazi Üni. Teknik Eği. Fak. Yayını”, 11-110 ANKARA, 1986
4. Mendi,F. ,” Kesme kalıplarının Bilgisayar yardımıyla Tasarım ve Tasarım Süresinin etüdü” ; Gazi Üni. Teknik Eği. Fak. Yayını, Sayı 1-2, 127,137 ANKARA, 2001
5. Societyof Manufacturing Engineers, “Fundametals of tool desing: Second Edition”, 293-364 Decrban, MİCHİGAN 1984
6. Büyükbaş,H., “Computer aided strip layout and die desing forsheet metal pess cutting operations”: A masters thesis in Mechanical Eng. METu, 23-66 ANKARA 1987
7. Kafkasyalı, İ. ,”Computer aided desing of progressivepress dies forcutting operations: A.masters thesis in Mechanical Eng.” , METU, 1-76 ANKARA 1990
8. Ataşımşek, S., “Saç kalıpları” , BURSA 1977
9. Makine Teknolojisi Klavuz Plakalı Delme Kesme Kalıpları , MEGEP , Ankara 2006
10. Bardaklı H. , “Ardışık kesme kalıplarının bilgisayar yardımı ile tasarımı”, Yüksek lisans tezi Gazi Üniv. 10-60 ANKARA 1997
11. Ostergaard, D. , “Basic diemaking: Mc Grow Hill Book Company” , 1-38, İLLİMOİS 1963
12. Bargel,H.J., Schulze,G. – Çeviren: Aran,A., Güleç,Ş. “Malzeme Bilgisi Cilt 1, İ.T.Ü. Makine Fakültesi Ofset Atölyesi“, 1993
13. M. Akkurt, “ Makine Elemanları Cilt 1, Birsen Yayınevi ”, 1983