



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**KALIPÇILIK, SAC METAL KESME KALIP TASARIMI
VE GERİLME ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tarık YILMAZ

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Necmettin ŞAHİN**

AKSARAY, 2014



T.C.

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

KALIPÇILIK, SAC METAL KESME KALIP TASARIMI
VE GERİLME ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tarık YILMAZ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Necmettin ŞAHİN

AKSARAY, 2014

T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KABUL ve ONAY BELGESİ

Tarık YILMAZ'ın "Kalıpcılık, Sac Metal Kesme Kalıp Tasarımı ve Gerilme Analizi" başlıklı lisansüstü tez çalışması, aşağıdaki jüri tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalında **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

1. Danışman : Doç. Dr. Necmettin ŞAHİN (Aksaray Üniversitesi)

Üye : Doç. Dr. Mahmut AKKAN (Niğde Üni.)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Fazlıye KARABÖKÜK

Üye :

Tezin Savunulduğu Tarih: 20.02.2014

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu' nun 21.02/2014. tarih ve 2014/15-03 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Doç. Dr. Selçuk REİS
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Kalıp kullanımının çok eski dönemlere dayandığı bilinmektedir. Yapılan araştırmalarda kalıpların yaklaşık olarak M.Ö. 4000 yıllarında, ilk olarak taşta oyma basit formlar şeklinde yapıldığı görülmüştür. Seri üretimin gereği olan kalıp ve kalıpcılıkta; Endüstri Devrimi ile birlikte önem kazanmıştır.

Fakat kalıpcılık ile uğraşan birçok firma günümüzde halen tecrübeye dayalı imalat yapmaktadır. Simülasyon programlarından tam olarak yararlanılamamaktadır. Bundan dolayı, daha önce kalıpcılık sektöründe çalışmış bir kişi olarak imalat sonrasında birçok sorunla karşılaştığını bilmekteyiz.

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı'na Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan "Kalıpcılık, Sac Metal Kesme Kalıp Tasarımı ve Gerilme Analizi" konulu çalışma ile kesme kalıpcılığına teorik bilgi kazandırmak, imalat aşamasına geçmeden simülasyon programları yardımıyla olası hataların nerelerde oluşabileceğini görerek imalat öncesi çözümler üretmek amaçlanmıştır. Çalışma Giriş, Literatür Özeti, Kalıpcılığın Tarihi ve Tanımı, Kesme Kalıpları ve Tanımı, Kesme Kalıplarını Oluşturan Elamanlar ve Isıl İşlem, Malzeme ve Yöntem, Analiz ve Sonuç olmak üzere yedi bölümden oluşmaktadır.

TEŞEKKÜR

Tez çalışması boyunca desteğini esirgemeyen ve bana yol gösteren, danışmanım ve değerli hocam Doç.Dr. Necmettin ŞAHİN'e; ikinci danışmanım Prof.Dr. Ali OKATAN'a; teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen 2007-2012 yılları arasında görev yaptığım; Aksaray Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanı Serpil DOĞUŞ GÜMÜŞSOY' a ve mesai arkadaşlarıma; Aksaray Üniversitesi Mühendislik fakültesi öğretim üyesi Yrd.Doç.Dr. Fazliye KARABÖRK ve Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi öğretim üyesi Doç.Dr. Faruk ŞEN' e;

Bugünlere gelmeme vesile olan Anne ve Babama; her zaman yanımda olan, kardeşlerim Taner ve Fulya' ya; Arkadaşlarım Büşra ÇAKIR, Naim SAHİL, Zafer SEZEN ve Zekeriya Ateş' e; Mesai arkadaşlarım İ. Hakkı USLU, Gürkan BİLEN, Çiğdem EKİNCİ' ye ve çalışmam boyunca bana destek olup adını sayamadığım herkese teşekkürü borç bilirim.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KALIPÇILIK, SAC METAL KESME KALIP TASARIMI VE GERİLME ANALİZİ

Tarık YILMAZ

T.C.

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Necmettin ŞAHİN
İkinci Danışman : Prof. Dr. Ali OKATAN

Sac metal kesme kalıbını tasarlamak ve oluşturmak zaman aldığı gibi maliyetli bir iştir. Bu çalışmada, kesme kalıbını oluşturmak için nasıl bir yol izlenmesi gerektiği, hangi hesaplamaların kullanılacağı, bu hesaplamalardan yola çıkılarak kalıp tasarımının yapılıp, imalat aşamasına geçmeden önce gerilme analizi yardımıyla oluşabilecek hataların tespiti amaçlanmıştır. Böylelikle oluşabilecek hatalara işin başındayken müdahale edilebileceği gibi; işgücünden, zamandan ve maliyetten tasarruf edilmiş olacaktır. Kalıplıkta, olası hataların önüne geçilmesi önemli olduğu için böyle bir çalışma hazırlanmıştır.

2013, 90 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Kalıplama, Sac metal, Tasarım, Analiz

ABSTRACT

Master of Science Thesis

FORMING, SHEET METAL CUTTING MOLD DESIGN AND STRESS ANALYSIS

Tarık YILMAZ

T.R.

Aksaray University Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Necmettin ŞAHİN
Co-Supervisor : Prof. Dr. Ali OKATAN

Designing and developing the shearing mould made sheet metal is the time consuming and expensive process. The aim of that study is that how process should be followed to occur the shearing mould, which calculations are used, designing the mould by using calculation and detecting the possible failures by analysis of setback before the manufacturing process. In this way, the possible failure can be prevented at the beginning of the process and also time and cost can be saved. The study like this is prepared because preventing the possible failures is important in moulding.

2013, 90 Pages

Keywords : Forming, Sheet metal, Design, Analysis

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iX
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	Xii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	Xiii
SİMGELER DİZİNİ.....	XiV
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	2
3. KALIPÇILIĞIN TARİHİ VE TANIMI.....	4
3.1. Kalıpçılığın Tarihi.....	4
3.2. Kalıpçılığın Tanımı.....	6
3.3. Kalıpçılığın Sınıflandırılması.....	7
3.4. İyi Tasarlanmış ve Konstrüksiyon Hatası Bulunmayan Kalıpların Sağladığı Faydalar.....	7
3.5. Kalıpların Dezavantajları.....	8
4. KESME KALIPLARI VE TANIMI.....	10
4.1. Kesme ve Kesme Yöntemlerinin Tanımı.....	10
4.2. Uç Kesme ve Yöntemleri.....	10
4.3. Kapalı Kesme Yöntemi (Klasik Yöntem).....	13
4.4. Kalıp Dizaynı Yapmak.....	14
4.4.1. Bant tasarımı.....	14
4.4.2. Fire miktarının tespiti.....	14
4.4.3. Adım bulunması.....	17
4.4.4. Verimin hesaplanması.....	18
4.4.5. Yan çakı yerinin tespiti.....	19
4.4.5.1. Yan çakı ölçülerinin tespiti.....	20
4.4.5.2. Yan çakı şeklinin tespiti.....	21
4.5. Kesme Olayının Açıklanması.....	23

4.6. Kesme Boşluğunun Hesaplanması.....	25
4.6.1. Kesme boşluğuna etki eden faktörler.....	26
4.6.2. Kesme boşluğu verirken dikkat edilmesi gereken hususlar.....	26
4.7. Kesme Kuvvetinin Hesaplanması.....	27
4.7.1. Kesme kuvvetini azaltma yöntemleri.....	29
4.7.2. Zimba boyları arasındaki farkın fazla olmasının sakıncaları.....	30
4.8. Delme Kesme Zimbalarının Ölçülendirilmesi.....	30
4.8.1. Zimba boyunun hesaplanması.....	31
4.9. Kalıp Bağlama Sapı.....	32
4.9.1. Ölçüsünün Belirlenmesi.....	32
4.9.2 Sap Merkezinin Tayini.....	33
5. KESME KALIPLARINI OLUŞTURAN ELAMANLAR ve ISIL İŞLEM.....	37
5.1 Sütun(Kızak, Kılavuz Pimi).....	38
5.1.1. Sütun Burçları.....	39
5.2. Matrisler (Dişi Kalıplar).....	39
5.3. Ara saç (Yan Kayıt).....	40
5.4. Dayanaklar (Stoplar).....	40
5.4.1. Pimli dayanaklar (Stoplar).....	40
5.4.2. Prizmatik dayanaklar.....	41
5.4.3. Plaka dayanak.....	41
5.4.4. Parmak dayanaklar.....	42
5.5. Kalıp Montajında Kullanılan Elemanlar.....	43
5.5.1. Vidalar.....	43
5.5.2. Pimler.....	44
5.5.3. Yaylar ve kauçuklar.....	45
5.6. Çelik Malzeme Özellikleri ve Isıl İşlemler.....	46
5.6.1. İmalat çelikleri.....	46
5.6.2. Soğuk iş takım çelikleri.....	47
5.6.3. Çeliklerin tabi tutulduğu ısıl işlemler.....	48
5.6.3.1. Sertleştirme işlemleri.....	49
5.6.3.2. Menevişleme işlemi.....	49
5.6.3.3. Yumuşatma işlemi.....	49
5.6.3.4. Gerilim giderme işlemi.....	50
5.6.3.5. Yüzey sertleştirme işlemleri.....	50

5.6.3.6. Semantasyon işlemi.....	51
5.6.3.7. Nitrüleme işlemi.....	51
5.6.4. Sertleştirme ve meneviş işleminin yapılış amacı.....	51
5.6.5. Isıl işlemde meydana gelen hatalar ve çareleri.....	51
5.6.6. Malzeme Soğutma Ortamları.....	52
5.6.6.1. Yağda soğutma.....	53
5.6.6.2. Suda soğutma.....	53
5.6.6.3. Tuzlu su.....	53
5.6.6.4. Hava ile soğutma.....	54
5.6.6.5. Gaz ile soğutma.....	54
6. MALZEME VE YÖNTEM.....	55
6.1. Tasarımı Yapılacak Kalıp İçin Ürün Çizimi ve Tasarıma Ait Hesaplamalar.....	55
6.1.1. Referans formüller.....	56
6.2. Verim Hesabının Yapılması ve Uygun Yöntemin Belirlenmesi.....	57
6.2.1. Üretilen parçanın malzeme şeridine yerleştirilmesi.....	57
6.2.1.1. Birinci yöntem ve verim hesabı.....	57
6.2.1.2. İkinci yöntem ve verim hesabının yapılması.....	58
6.3. Kapalı Kesme Yöntemine Göre Kalıp Hesaplamaları.....	59
6.3.1. Kesme kuvvetinin bulunması.....	59
6.3.2. Matris grubuna ait hesaplamalar.....	60
6.3.3. Kılavuz tablasının(sıyırıcı plaka) boyut hesabı.....	61
6.3.4. Zimba tutucusunun boyut hesabı.....	62
6.3.5. Sap tutucusunun boyut hesaplaması.....	62
6.3.6. Sap merkezinin hesaplanması.....	63
6.3.7. Darbe sacının incelenmesi.....	64
6.3.8. Kalıpta kullanılacak vida çapının bulunması.....	65
6.3.9. Kesme işinin bulunması.....	65
6.3.10. Kesme gücünün bulunması.....	65
6.3.11. Kesme boşluğunun bulunması.....	65
6.4. Uç Kesme Yöntemine Göre Kalıp Hesaplamaları.....	66
6.4.1. Uç kesme yönteminde verim hesabı.....	66
6.4.2. Kesme kuvvetinin bulunması.....	67
6.4.3. Matris grubuna ait hesaplamalar.....	68

6.4.4. Kalıp setinin seçimi.....	69
6.4.5. Ara sacın hesaplanması.....	69
6.4.6. Kılavuz tablasının boyut hesabı.....	70
6.4.7. Zimba tutucusunun boyut hesabı.....	70
6.4.8. Sap tutucunun boyut hesaplaması.....	71
6.4.9. Sap merkezinin hesaplanması.....	71
6.4.10. Darbe sacının incelenmesi.....	72
6.4.11. Kalıpta kullanılacak vida çapının hesaplanması.....	73
6.4.12. Kesme işinin bulunması.....	73
6.4.13. Kesme gücünün bulunması.....	73
6.4.14. Kesme boşluğunun bulunması.....	73
7. ANALİZ VE SONUÇ.....	75
7.1. Analizin Tanımı ve İşlem Adımları.....	75
7.2. Bulgular.....	80
7.3. Sonuçlar ve Öneriler.....	87
KAYNAKLAR.....	90
ÖZGEÇMİŞ.....	91

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1.	Yunanlıların geliştirmiş oldukları kalıp formatları.....	4
Şekil 3.2.	Kalıpçılığın sınıflandırılması.....	7
Şekil 4.1.	Uç Kesme yöntemi ve çıkan parçalar.....	11
Şekil 4.2.	Ayrırma ve çentik açma şeklindeki uç kesmeye ait örnek.....	12
Şekil 4.4.	Ayrırma ve çentik açma şeklindeki uç kesme ve oluşan terimler.....	13
Şekil 4.5.	Kapalı kesme ve oluşan terimler.....	13
Şekil 4.6.	Yuvarlak şekilli parçaların yerleşimi.....	15
Şekil 4.7.	Üretilecek parçanın açılı yerleşimi.....	15
Şekil 4.8.	Üretilecek parçanın tek ve çok sıralı ve ters düz yerleşimi.....	15
Şekil 4.9.	Bıçerdöver bıçağı ve ölçüleri.....	17
Şekil 4.10.	Bıçerdöver bıçağı için şerit malzemeye iki tür yerleşim planı.....	18
Şekil 4.11.	Yan çakı ile ilerlemenin sınırlandırılması.....	19
Şekil 4.12.	DIN 9862'ye göre yan çakı standartları.....	20
Şekil 4.13.	Çeşitli yan çakı şekilleri.....	21
Şekil 4.14.	Dişi kalıp boyutlarına esas ana ölçüler.....	22
Şekil 4.15.	Kalıplarda ara sac kullanımı.....	23
Şekil 4.16.	Ara sac ve bant yolu.....	23
Şekil 4.17.	Kalıpla kesme işlemi.....	24
Şekil 4.18.	Kesme esnasında oluşan gerilmeler.....	24
Şekil 4.19.	Dişi kalıp ve zımbaya verilen kesme boşluğu.....	25
Şekil 4.20.	Dişi plakaya verilen açılar ve kesilmiş düzgün parçalar (Kesme işlemlerinde kullanılır).....	29
Şekil 4.21.	Eğik bilenmiş zımbalarla yapılan uygulamalar.....	29
Şekil 4.22.	Zımbaların farklı boylarda yapılması.....	30
Şekil 4.23.	Euler'e göre bir ucu ankastre edilmiş giriş.....	30
Şekil 4.24.	Bazı kesitlerin atalet momentleri.....	31
Şekil 4.25.	Flaşlı ve boyunlu sap ve sap tutucusu.....	32
Şekil 4.26.	Kalıp sapının kalıp üst plakasına vidalanması ile ilgili ölçüler.....	33
Şekil 4.27.	Örnek parça.....	34
Şekil 4.28.	Dişi kalıp ve zimba ölçüleri.....	35
Şekil 4.29.	Ağırlık merkezinin bulunuşu.....	35

Şekil 5.1.	Kesme kalıbının komple resmi.....	37
Şekil 5.2.	Örnek kalıp montaj şekli ve ürün.....	38
Şekil 5.3.	Burçlara ait örnekler ve ölçülendirilmesi [FİBRO kalıp elemanları kataloğu].....	39
Şekil 5.4.	Dişi kalıp matris örnekleri.....	40
Şekil 5.5.	Sabit pim dayama.....	41
Şekil 5.6.	Yay baskılı pim dayama.....	41
Şekil 5.7.	Ayarlanabilir dayanak.....	42
Şekil 5.8.	Parmak Dayamalara örnek.....	43
Şekil 5.9.	Kalıp elemanlarının montajında kullanılan standart cıvatalar [FİBRO kalıp elemanları kataloğu].....	43
Şekil 5.10.	Silindirik başlı cıvata ölçüleri.....	44
Şekil 5.11.	Silindirik pim.....	44
Şekil 5.12.	İki plakanın çeşitli pimlerle birleştirilmesi.....	45
Şekil 5.13.	Yayla ve kauçukla donatılmış kalıp da kullanılan ayırma vidası.....	45
Şekil 6.1.	Kalıbı tasarlanacak ürün.....	55
Şekil 6.2.	Şerit sac ve ürün üzerindeki alanların gösterilmesi.....	56
Şekil 6.3.	Şerit sacın kalıba sürülme şeklinin belirlenmesi (1. Yöntem).....	57
Şekil 6.4.	Şerit sacın kalıba sürülme şeklinin belirlenmesi (2. Yöntem).....	58
Şekil 6.5.	Kapalı kesmede, kesme kuvveti için hesaplanacak çevrelerin gösterimi.....	59
Şekil 6.6.	Kapalı kesmede, matrisin boyutlandırılmasının simgesel gösterimi.....	60
Şekil 6.7.	Kapalı kesmede, klavuz tablası boyutlandırılmasının simgesel gösterimi.....	61
Şekil 6.8.	Kapalı kesmede, sap merkezi tayininde zımba merkezlerinin eksenlere olan uzaklıkları.....	63
Şekil 6.9.	Kapalı kesmede, darbe sacı hesaplamasına dahil edilen alanlar.....	64
Şekil 6.10.	Uç kesme yönteminde, adım ve her adımda yapılacak kesme.....	66
Şekil 6.11.	Uç kesme yönteminde, kesme kuvveti için hesaplanacak çevrelerin gösterimi.....	67
Şekil 6.12.	Uç kesme yönteminde, matrisin boyutlandırılmasının simgesel gösterimi.....	68
Şekil 6.13.	Ara sac boyutlandırılmasının gösterimi.....	69

Şekil 6.14.	Uç kesme yönteminde, klavuz tablası boyutlandırılmasının simgesel gösterimi.....	70
Şekil 6.15.	Uç kesme yönteminde, sap merkezi tayininde zımba merkezlerinin eksenlere olan uzaklıkları.....	71
Şekil 6.16.	Uç kesme yönteminde, darbe sacı hesaplamasına dahil edilen alanlar.....	72
Şekil 6.17.	Tasarımı yapılan kalıbın montaj resmi ve ürün.....	74
Şekil 6.18.	Tasarımı yapılan kalıbın şeffaf montaj resmi.....	74
Şekil 7.1.	Ansys Programının bilgisayarda çalıştırılması.....	75
Şekil 7.2.	Ansys programında yapılacak analiz yönteminin seçilmesi.....	76
Şekil 7.3.	Ansys kütüphanesinde malzeme özelliklerinin girilmesi.....	77
Şekil 7.4.	Çalışılacak ölçü biriminin seçilmesi.....	77
Şekil 7.5.	Ansys'e aktarılan geometri.....	78
Şekil 7.6.	Analizi istenen parça için temas yüzeyinin belirlenmesi.....	79
Şekil 7.7.	Mesh işleminin uygulanması.....	79
Şekil 7.8.	Uygulanacak kuvvetin gösterilmesi.....	80
Şekil 7.9.	Zımbalardaki Eşdeğer gerilme.....	80
Şekil 7.10.	Zımba uçlarındaki eşdeğer gerilme.....	81
Şekil 7.11.	Zımbalardaki maksimum kayma gerilmesi.....	82
Şekil 7.12.	Zımbalarda maksimum gerilmenin olduğu yer.....	83
Şekil 7.13.	Yük ve sıcaklık etkisinde oluşan kayma gerilmesi.....	84
Şekil 7.14.	Yük altında oluşan gerilmelerin şematik gösterimi.....	85
Şekil 7.15.	Yük ve sıcaklık altında oluşan gerilmelerin şematik gösterimi.....	86
Şekil 7.16.	Plastik şekil değişiminin şematik gösterimi.....	86

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 4.1. Şerit malzeme kalınlığına göre kesme payı miktarları.....	16
Çizelge 4.2. Şerit malzeme kalınlığı ve kalıplanacak parça biçimine göre (A) ölçüleri.....	22
Çizelge 4.3. Çekme dayanımlarına göre tek taraflı kesme boşlukları.....	27
Çizelge 4.4. Çeşitli malzemelerin kesme dayanımları.....	28
Çizelge 4.5. Vidalı kalıp sapının montaj ölçüleri.....	33
Çizelge 4.6. X ve Y eksenine olan mesafeleri tek tek hesap edelim bir tablo ile gösterelim.....	36
Çizelge 5.1. Silindirik Pimin kullanım amaçları ve standart gösterimi.....	45
Çizelge 5.2. İmalat çelikleri tablosu.....	46
Çizelge 5.3. Soğuk iş takım çelikleri ve özellikleri.....	48
Çizelge 5.4. Isıl işlemlerde hataların neden ve çareleri.....	52
Çizelge 6.1. Matris boyutlandırılmasında kenar faktörünün şemasal gösterimi.....	60
Çizelge 6.2. Ayırma kuvvetinin (Pa), sac kalınlıklarına göre değeri.....	62
Çizelge 7.1. Eşdeğer gerilmeye ait basınç - zaman diyagramı.....	81
Çizelge 7.2. Kayma gerilmesine ait basınç - zaman grafiği.....	82
Çizelge 7.3. Sıcaklık - zaman grafiği.....	83
Çizelge 7.4. Yük ve sıcaklık altında oluşan eşdeğer gerilmenin Basınç – Zaman grafiği.....	84
Çizelge 7.5. Yük ve sıcaklık altında oluşan kayma gerilmesinin Basınç - Zaman grafiği.....	85

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
EKS	Emniyet kat sayısı
FM	Fire miktarı
İTO	İstanbul ticaret odası
MEGEP	Meslekî eğitim ve öğretim sisteminin güçlendirilmesi
MKE	Makine ve kimya endüstrisi
MÖ	Milattan önce
TİMAK	Tasarım imalat analiz kongresi
YÇP	Yan çakı payı

SİMGELER DİZİNİ

a	Kesme payı miktarı
Ak	Şerit malzeme yüzey alanı
An	Üretilen (kalıplanan) bir parçanın yüzey alanı
As	Ara sac kalınlığı
b	Kesme payı miktarı
Bm	Matris boyu
Bş	Bant genişliği
C	Tek taraflı kesme boşluğu
D	Kalıpta kullanılan vida çapı
E	Elastiklik modülü
Em	Matris eni
H	Adım
I	Atalet momenti
İk	Kesme işi
Kb	Kesme boşluğu
Ka	Kesme aralığı
Km	Matris kalınlığı
Kk	Klavuz tabla kalınlığı
Le	Klavuz tabla eni
Lk	Klavuz tabla boyu
Mg	Bant genişliği
n	Presin dakikadaki strok sayısı
Na	Kullanılan vida sayısı
Nk	Kesme gücü
Pa	Ayırma kuvvetinin
Pem	Emniyetli kesme kuvveti
Pk	Presleme kuvveti
Pr	Kritik yükleme kuvveti
Pz	Zımba kesme kuvveti
S	Kesilen malzemenin kalınlığı
U	Kesilen çevre
Üb	Üretilen parça boyu

$\ddot{U}e$	Üretilen parça eni
ZL	Zımba tutucu boyu
Ze	Zımba tutucu eni
Zk	Zımba tutucu kalınlığı
σ	Vıdanın çekilme gerilmesi
η	Prosesin verimi
η_k	Kayıp katsayısı
η_f	Faydalanma katsayısı
τ_k	Kesme dayanımı

1. GİRİŞ

Günümüz sanayisinde seri üretimle birlikte kalıpcılık sektörüne ilginin arttığını görmekteyiz. Etrafımıza baktığımızda elimizdeki telefondan, bindiğimiz ulaşım araçlarına, evimizdeki beyaz eşyadan, kapı kilitlerimize kadar hayatımızın her alanında kalıp ürünlerine rastlamaktayız. Bunların içinde sac metal kalıpcılığı da büyük bir alana hitap etmektedir. En basitinden yemek yediğimiz çatal, bıçaktan, çayımızı karıştırdığımız çay kaşığına kadar birçok ürün sac metal kesme kalıplarıyla üretilmektedir.

Üretimin kriterlerinden olan kalite ve maliyet birbiriyle ilişkili iki faktördür. Kaliteli ürün doğru üretim teknikleri uygulandığı takdirde meydana gelir. Maliyet ise bununla ilişkili olarak malzeme, teçhizat, işçilik ve zamanın kullanılmasıyla orantılı olarak kendini ortaya koyar. Yaptığımız çalışma ile sac metal kesme kalıplarının üretim aşamasından önce oluşacak sorunları tespit etmek açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışma ile olası hataların imalat başlamadan önce simülasyon programları yardımıyla fark edilip; malzeme ve işçilik sarfiyatının önüne geçilerek, maliyet ve zamandan tasarruf edilecektir. Böylelikle ilk seferde kaliteli üretimi gerçekleştirmek mümkün olacaktır. Pratik bilgiye dayalı üretim yapan kesme kalıpcılığına teorik bir bilgi kazandırarak, sanayide bu sektörde çalışmaları olan veya çalışmayı düşünen firmalar için rehber olacağını düşünüyoruz.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Kalıplar seri üretimin vazgeçilmez makine elamanlarıdır. Ve birçok araştırma gösteriyor ki kalıpcılık sektörüne gün geçtikçe büyük yatırımlar yapılmaktadır. Durum böyle olunca bu alanda birçok çalışma yapılmıştır.

Karabıyık (2011), çalışmasında; sac-metal kesme kalıplarının tasarımı ve hesaplamalarını daha kolay ve hızlı bir şekilde yapılmasını sağlayan bir parametrik tasarım programı hazırlamıştır. Tasarım programı için AutoLISP ve DCL programlama dilleri kullanılmıştır. Örnek bir uygulama olarak rondela kesme kalıbı seçilmiştir. Geliştirilen parametrik tasarım programı ile kullanıcı tarafından atanan uygun parametrelere göre AutoCAD çizim ortamında kalıp tasarımı gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma ile ister standart isterse özel ölçülere sahip rondelalar için kesme kalıbı tasarımı pratik olarak gerçekleştirebilen bir parametrik tasarım programı hazırlanmıştır.

Sen ve Kisioglu (2006), çalışmalarında; dört farklı metal şekillendirme işlemlerine ayrı ayrı tabi tutularak üretilen bir halat kancası için bir bileşik kalıp tasarımı yapmışlardır. Klasik yöntemlere dayalı tasarımların ve buna dayalı üretimlerin, zaman kaybına ve üretim maliyetinin yükselmesine sebep olduğu bilinen bir gerçektir. Bu yüzden bileşik kalıbın tasarımında zaman kaybını önlemek amacı ile bilgisayar destekli katı modelleme teknikleri uygulanmıştır. Tasarlanan bileşik kalıp, dört ayrı operasyonu kendi bünyesinde birleştirerek tek operasyonda kancanın imalatını gerçekleştirmektedir. Kalıbın tasarımı için kayar kam mekanizma çiftleri fonksiyonel olarak dizayn edilmiş ve kullanılmıştır. Kullanılan mekanizma çiftleri için gerilme analizi yapılmış olup, herhangi bir hasara neden olmayacak şekilde tüm kalıplama kuvveti ve dolayısı ile kullanılacak presin gücü hesaplanmıştır. Geliştirilen bileşik kalıp vasıtasıyla, üretici firmaya yaklaşık %87 zaman kaybı önleme ve maliyet düşürme fırsatı sağlanmıştır.

Hambli (2001), çalışmasında; rakamsal işlemin metal şekillendirilmesindeki tasarımın ana amaçlarından birisi yeterli derecede kalıp tasarımını geliştirmek, kalıp ömrünü artırmak, parça kalitesini artırmak, daha sade hale getirmek ve üretim maliyetini azaltırken yöntem parametresini tesis etmektir.

Aynı zamanda sac metal kesme-delme işlemlerinde, sonlu elemanlar yöntemini kullanarak zımbanın aşınma durumunu önceden kestirmeyi amaçlamıştır. Aşınmayı tahmin etme modeli, zımba aşınmasının normal kuvvet ile bazı malzeme parametre fonksiyonunun zımba aşınmasına denk düştüğü kesin bir eleman kodunda uygulanmış bulunmaktadır. Aşınma modeli, zımba aşınmasının zımba profilinde dağılımı elde edilerek endüstriyel gözlemlerle karşılaştırılır. Bundan başka, çapak oluşumunda zımba aşınmasının etkisi araştırılmak için rakamsal bir araştırma da gerçekleştirilmiştir.

Altunbağ vd. (2011), çalışmalarında; plastik enjeksiyon metoduyla üretim konusunda teorik bilgiler verilmiştir. Daha sonra bu teorik bilgiler desteğiyle örnek bir ürünün kalıbı üç boyutlu program kullanılarak tasarlanmıştır. Yapılan tasarımın önce akış analizi yapılmış ve muhtemel karşılaşılabilecek sorunlar tespit edilmiştir. Bu sorunlara çözümler üretilip gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra kalıbın yapısal analizi incelenmiş ve kalıbın maruz kaldığı yükler karşısında nasıl davranacağı ve ne derece güvenilir olduğu kontrol edilmiştir.

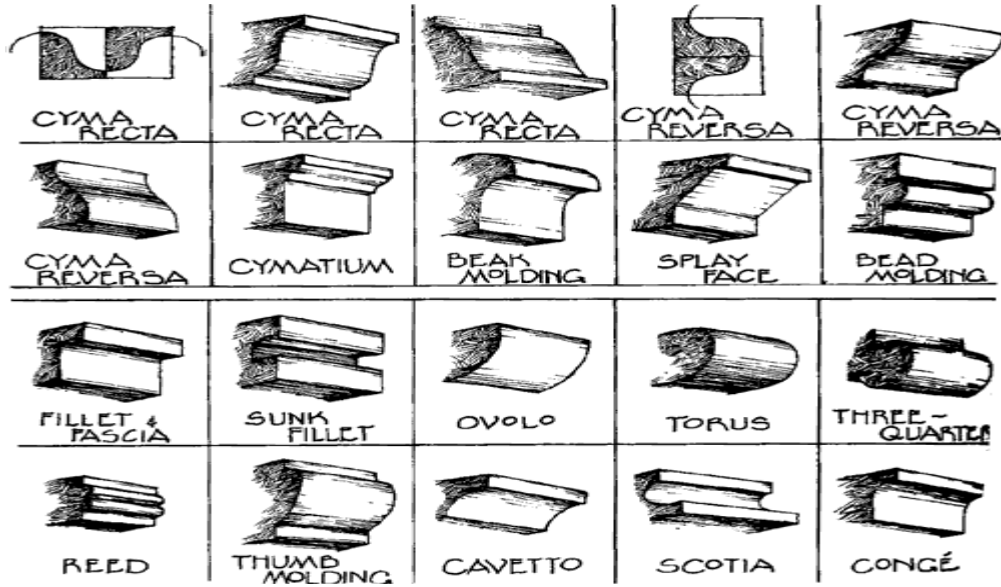
Hambli ve Potiron (2000), çalışmalarında; delme kesme kalıplarında malzemeye göre kesme işleminin simülasyonunun doğrulanması için bir sonlu elemanlar yöntemi geliştirilmiş ve matematiksel bir model önerilmiştir. Batma, çatlama ve kopma bölgesi elastik-plastik deformasyon konularını incelemişlerdir. Çalışmada kesilen geometrinin değişik işlem parametreleri ve zımbanın kesme kuvveti değerlendirilerek bir hesaplama algoritması abaküs programı kullanılarak geliştirilmiştir. Sonuç olarak deneysel metotla sonlu elemanlar yöntemi simülasyonunun aynı sonucu verdiği bulunmuştur.

3. KALIPÇILIĞIN TARİHİ VE TANIMI

3.1. Kalıpçılığın Tarihi

‘İnsanlık aslında ilk çağlardan itibaren kalıp adı verilen takımın farkında olmuştur. Tunç Devri ve Demir Devri diye anılan tarih öncesi dönemlerde bile taştan oyma kalıpların ve birtakım basit biçimlendirme araçlarının kullanıldığı bilinmektedir. M.Ö 4000 yıllarında ilk olarak dövülen malzemeler bakır, altın ve gümüş olmuştur. M.Ö 1500-700 yıllarında da demir bronzdan silah, alet ve çeşitli donatımlar yapılmıştır.’

Antik Yunanlılar, kalıpçılığı, evlerinde görsel bir ilgi yaratmak için yüzeyleri daha küçük parçalara ayırarak kullandılar. Kalıp görünüşleri genellikle elipslerden parabollerden ve hiper parabollerden meydana geliyordu. Romalılar, Yunanlılar’ın kalıplarını basite indirgeyerek küresel şekilleri temel aldılar. Bu iki stil 8 klasik şekle dağıldı.



Şekil 3.1. Yunanlıların geliştirmiş oldukları kalıp formatları (URL-1)

Ancak kalıbın fonksiyonlarının ve öneminin tam olarak anlaşılabilmesi için Endüstri Devriminin ortaya çıktığı ve geliştiği dönemlerin; yani XVIII. ve XIX. yüzyılların gelmesinin beklenmesi gerekmiştir. Bugünkü manada çapak boşluğuna sahip kalıplar, ilk kez XVIII. yüzyılın sonlarında yapılmıştır. Bu dönemlerde seri imalat fikri oluşmuş

ve yaygınlaşmaya başlamıştır. Daha sonra 1945 yılından itibaren, kalıp şekillendirmede otomasyon uygulamalarına başlanmıştır.

Seri imalatın gereği, sadece hızlı ve belirli zaman biriminde yapılan çok sayıda imalat değildir. Aynı zamanda parçalar arasında ölçü ve biçim tamlığı başta olmak üzere tüm özellikler bakımından eşitliğin sağlanması ve yapılan imalatın ekonomik olması da en az bunun kadar önemlidir. Şu halde, türü ile biçimlendirdiği faz (katı veya sıvı) ne olursa olsun, malzemeyi belirli biçim ve boyutlar gösteren bir geometri içinde sıkıştırmak suretiyle iç parçasını oluşturmak, mantıklı ve pratik bir çözüm şekli olmaktadır. İmal edilen parçanın ölçü ve biçim tamlığının, en fazla kalıp geometrisinin gösterebildiği hassasiyet derecesi kadar olabileceği: bunu hiçbir zaman aşamayacağı açık bir gerçektir. Şu halde, anılan geometrinin parça için talep edilecek maksimum ölçü ve biçim tamlığında oluşturulmasının yanında; bu özelliklerini gerek şekillendirme süreci ve gerekse belirli bir imalat periyodu (sayısı) esnasında koruması gerekmektedir. İşte, kalıp için uygulanan tasarım ve imalat evrelerindeki sürekli geliştirme ve iyileştirme çabalarının tümünün anlamı bu son cümlede saklıdır.

Gelişmiş ülkeler ile bu alanda son yıllarda gelişme sağlayan ülkeler bir yana, artık son birkaç yıldır üçüncü dünya ülkeleri ve eski doğu bloğu ülkeleri, ya da bunların dışında kalan ve adları bugüne kadar sanayileşme ile birlikte hiç anılmamış olan bazı ülkeler bile Kalıplı İmalat Teknolojileri konusunda varlarını yoklarını ortaya koymaktadırlar (Alp, 2005).

3.2. Kalıpcılığın Tanımı

Günümüz imalat sanayinde gelişen ve çok önemli bir yeri olan sektörlerden biri de kalıpcılık sektörüdür. Günlük hayatımızda ve sanayide kullanılan birçok parça kalıpcılık yolu ile elde edilmektedir. Kapı kilitlerini ve elektrik fırınlarını oluşturan parçaların birçoğu bu yolla imal edilmektedir. Otomotiv, çelik kapı üretimi, ev aletleri ve beyaz eşya üretimi gibi çoğu sanayi kuruluşlarında da yine kalıp yolu ile imalat ön plandadır.

Sanayi yönünden gelişmiş dünya ülkelerinde; özdeş olup da pek çok sayıdaki parçalar, kullanma alanlarına göre sac metal veya hacim kalıplarıyla seri halde üretilmektedir. Geniş kapsamlı kalıpcılık mesleğini sanayi alanında uygulama olanağı bulan gelişmiş ülkeler, eski yöntemlerin ve pratik bilgilerin ışığı altında modern kalıp yapımını ve bu kalıpların çalıştırılmasında kullanılan pres tezgahlarını geliştirmişlerdir.

Ülkemizde yeni olmakla beraber, kalıpcılık mesleğine büyük önem verilmekte ve bu konuda ülkemiz koşulları da göz önünde tutularak üstün çabalar sarf edilmektedir. Çünkü ekonomik yönden gelişmiş dünya ülkeleri ile az da olsa kendi gücümüzle boy ölçüşebilmek için günlük hayatımıza girmiş hemen her alanda kullanılacak pek çok parçaları düşük maliyette üretmek mecburiyetindeyiz. Bu üretimin gerçekleştirilmesi için malzeme sarfiyatını minimuma düşürmek, üretim kapasitesini maksimuma çıkarmak ve işçiliği asgari düzeyde tutmak başlıca amaçlanandan birkaçını teşkil etmektedir.

Temel amaçları birbirinden farklı olmayan, ancak yaptıkları işler bakımından farklılıklar gösteren kalıpcılık mesleğini aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür.

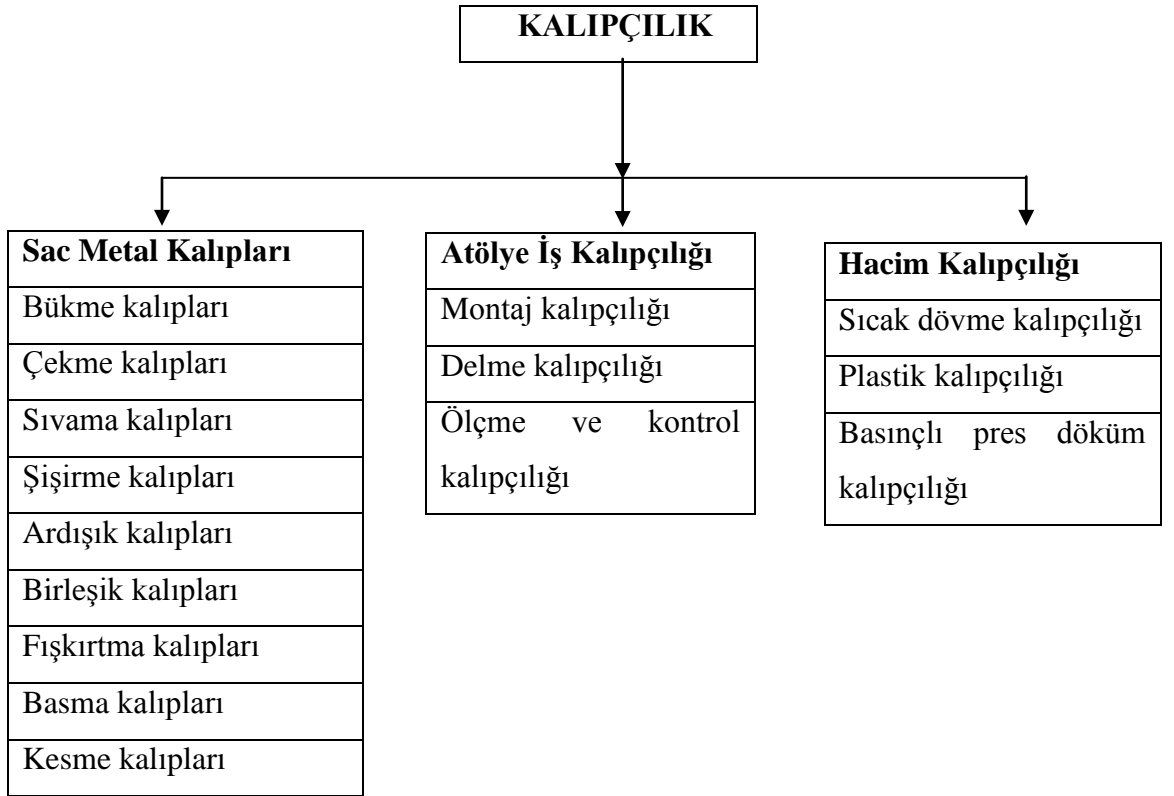
- 1 - Sac Metal Kalıpcılığı
- 2 - Atölye İş Kalıpcılığı (İş Kalıpları)
- 3 - Hacim Kalıpcılığı.

Yukarıda ana hatlarıyla sınıflandırdığımız kalıpcılık mesleği bir bütün olup bu mesleği bilen kişiye 'KALIPÇI', çalışma alanlarına göre metal veya metal olmayan malzemelerden seri halde ve çok sayıda özdeş parça üretiminde kullanılan makine parçasına da 'KALIP' denir.

Sac metal kalıpcılığında, talaş kaldırılmaksızın sac-malzemelerden seri halde parçalar üretilmektedir.

Hacim kalıpcılığında ise, dövülebilir malzemelerden sıcak döverek ve metal olan veya metal olmayan malzemelerle plastik malzemelerden değişik metotlarla seri halde parçalar üretilebilmektedir.

3.3. Kalıpcılığın Sınıflandırılması



Şekil 3.2. Kalıpcılığın sınıflandırılması

3.4. İyi Tasarlanmış ve Konstrüksiyon Hatası Bulunmayan Kalıpların Sağladığı Faydalar

- 1- Kalıplanan parçaların üretim oranı yüksektir,
- 2- Seri üretim kolaydır,
- 3- Her parça için sarf edilecek insan gücü azdır,
- 4- Üretimin otomatik olarak yapılması mümkündür,
- 5- Kullanma yerine göre üretilen parçaların yeniden işlenmesine gerek yoktur,
- 6- Üretilen parçalar tamamen özdeştir,
- 7- Değişik metotlarla üretilmeyen çok küçük parçaların üretimi kolaydır,

- 8- Değişik biçimdeki parçaların üretimi ekonomiktir,
- 9- Bazı kalıplama tezgâhını ve kalıbı değiştirmeden farklı malzemelerden aynı parça kalıplanabilmektedir,
- 10- Üretim süresince kalıplanan parçalara ait ölçülerin, arzu edilen sınırlar içerisinde tutulması mümkündür.

3.5. Kalıpların Dezavantajları

- 1- Kalıp maliyeti yüksektir,
- 2- Kalıp yapımında kullanılan tezgâh ve aksesuarları pahalıdır,
- 3- Bazı hallerde üretimin kontrolü kolay değildir,
- 4- İyi bir kalıpcının yetiştirilmesi her zaman mümkün olamamaktadır,
- 5- Kalite kontrolü kısa zamanda yapılamayabilir,
- 6- Probleme esas olabilecek bilgiler yetersizdir,
- 7- Kalıp ömrünün uzun olmasını sağlayan faktörlerin eksikliği gibi dezavantajlı yönleri vardır.

Her meslekte olduğu gibi kalıpcılık mesleğini konu alan eğitim ve öğretim sistemi üç temel esası içermektedir.

- a- Bilgi,
- b- Beceri,
- c- Tutum ve davranışlar.

Kalıpcılık mesleği, belli bir düzeyde eğitim görmüş ve el becerisi oldukça yüksek, mesleğini sevebilecek kişilere, iyi tespit edilmiş bir öğretim süresi içerisinde uygulamalı olarak verilir. Teorik bilgilerle birlikte basit işlemleri içeren kalıplardan karmaşık işlemleri içeren kalıplara kadar geçen aşamada alan uygulaması çalışmaları ön planda tutulur.

Kalıpcılık mesleğini konu edinen kişiler, en azından basit matematik ve tasarım geometri kurallarını, teknik resim çizimi ve okunuşu, markacılık ve ölçme bilgisini, atelye uygulaması ve benzeri bilgi ve becerilerle beraber pres tezgâhlarında nasıl çalışılacağını bilmesi gerekmektedir.

Bilgi, beceri, tutum ve davranışlarıyla birlikte deneyimler sonucu elde edilen pratik bilgileri iyi değerlendiren bir kalıpcı, aşağıdaki konularda söz sahibi olabilir.

- 1- İyi bir tasarımcı (dizayncı) 'dır,
- 2- Teknik resim çizme ve okuma yeteneğine sahiptir,
- 3- Kalıp konstrüksiyonu hazırlamada ustadır,
- 4- Komple kalıbı oluşturan parçaların hangi tezgâhta ve nasıl yapılabileceğini organize eder,
- 5- Komple kalıbı oluşturan parçaların malzemesini en iyi şekilde seçer ve hazırlar. Ayrıca, iyi bir malzeme bilgisine de sahiptir,
- 6- Kalıbın montajını yapar,
- 7- Isıl işlemini yapar ve sertlik ölçme cihazını kullanır,
- 8- Kalıplanacak malzemeyi hazırlar,
- 9- Çeşitli pres tezgahları ve bu tezgahların çalışma kurallarını en iyi şekilde bilir,
- 10- Yapımı biten kalıbı pres tezgahına emniyetle bağlar,
- 11- Kalıpcılıkta doğabilecek kazaları ve bu kazalara karşı alınması gereken tedbirleri önceden alınmasını bilir.

4. KESME KALIPLARI VE TANIMI

Pres kalıpcılığında en çok kullanılan kalıp türü, kesme kalıplarıdır. Çevremizdeki ihtiyaç maddelerini incelediğimizde, birçok ihtiyaç maddesinin bu yöntemle üretildiğini görebilmekteyiz.

Kesme kalıplarıyla yapılan seri üretimde ki amaç; elde edilen parçalarda ölçü tamlığını sağlamak ve malzeme sarfiyatını en az düzeye indirmektir. Çünkü kesme kalıplarıyla yapılan malzemede talaş kaldırma işlemi yoktur. Ayrıca üretilen parçaların hassasiyeti, üretimi yapana bağlıdır. Kalıp yapılırken hassas bir işçilik gerektirmektedir, ancak üretim süresince parçalardaki özdeşliği kalıplar sağlamaktadır. Bu nedenle, talaş kaldırarak yapılan üretime oranla, kalıplarla keserek üretilen parçalarda hassas bir işçilik gerekmemektedir.

4.1. Kesme ve Kesme Yöntemlerinin Tanımı

Kesme, pres kalıpcılığında en çok kullanılan yöntemdir. Kesme kalıplarının bölümleri, kesmenin tanımı ile belirlenmektedir. O halde levha halindeki metal veya metal dışı yarı mamulün bir hat boyunca veya planlanan biçimde birbirinden ayırma işlemine kesme denir. Kesme işlemi iki yöntemle, değişik tarzda yapılmış düzeneklerle yapılır. Bu yöntemler,

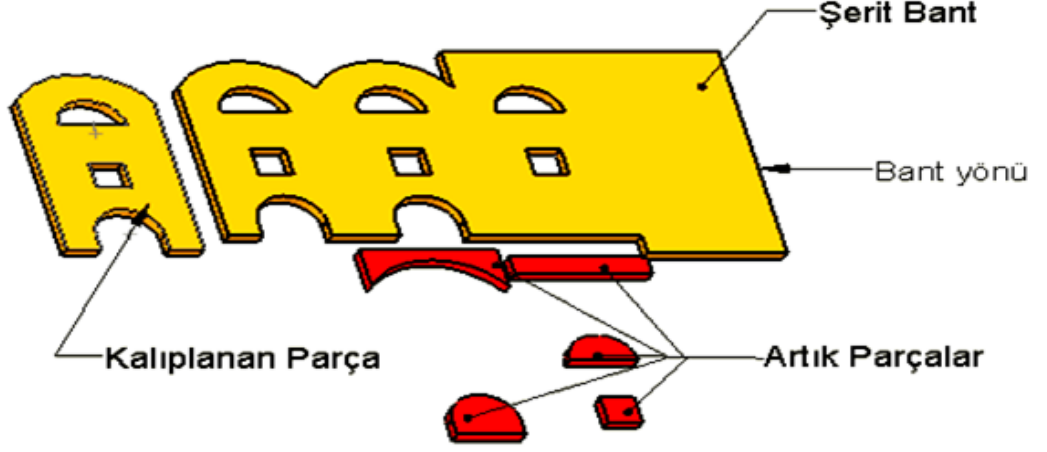
1- Uç kesme

2- Kapalı (Klasik) kesmedir.

Bu yöntemler, kesme kalıplarının türlerini de oluşturmaktadır.

4.2. Uç Kesme ve Yöntemleri

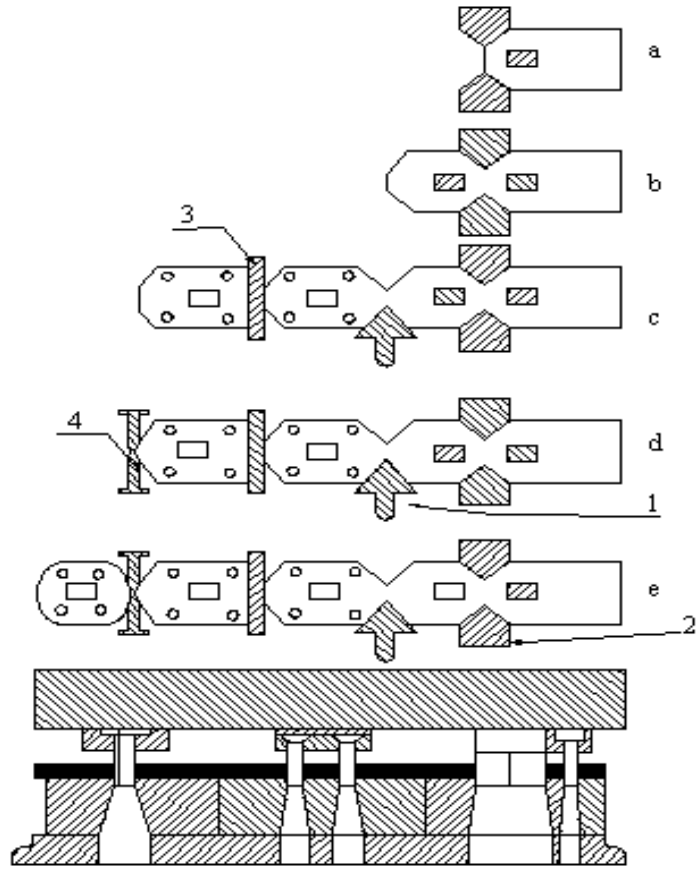
Levha halindeki metal veya metal dışı yarı mamul, ayarlanan boyda ve biçimde, fire vermeyecek şekilde kesilirse bu tür kesmeye uç kesme denir. Bu uygulama makaslarla yapılabilir. Ayrıca bu kesme yöntemi kalıplarda, birbirini tamamlayan simetrik parçaların üretilmesinde dilme, ayırma, çentik açma veya yarma şeklinde uygulanabilir. Dilme şeklindeki uç kesme, band veya levha halindeki yarı mamulden fire vermeden belirli şekillerde kesilebilir (Şekil 4.1). Kesme hattı düz, kırık veya eğrisel olabilir. Fire bazı hallerde band veya malzeme şeridinin iki ucunda olur.



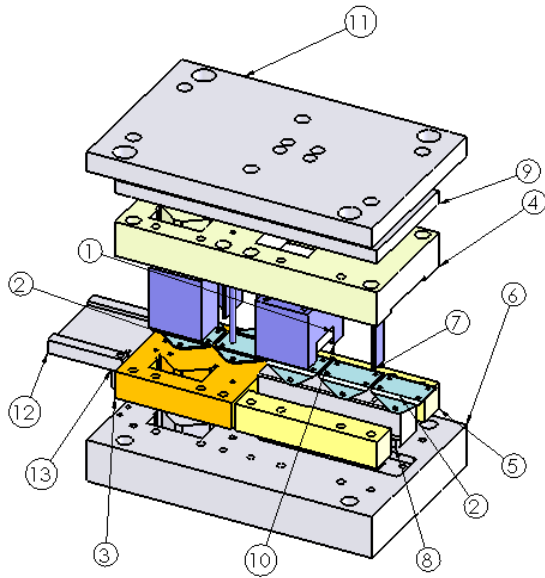
Şekil 4.1. Uç kesme yöntemi ve çıkan parçalar

Ayrırma şeklindeki uç kesme de, delme işlemine benzer. Ancak ardı ardına kesilen iki parçayı ayıran kenarlar, birbirine ters simetrik konumunda ise veya uyum göstermezse; uç kesme zımbası uyumlaştırılarak kesme işlemi ayırma zımbası ile sonuçlandırılır. Uyum için oluşturulan ufak parça fire olarak atılır (Şekil 4.1).

Çentik açma şeklindeki uç kesme üretilecek parçaların çevre şekillenmesini sağlayan uç kesmedir. Eğer fire vermeden kesme işlemi yapılır ve parçanın daha sonraki şekillendirme işlemine hazırlanması sağlanırsa, bu kesme, çentik açma şeklindeki yarma kesme ismini alır. Bu işlem çentik açma zımbası ile yapılır (Şekil 4.2).

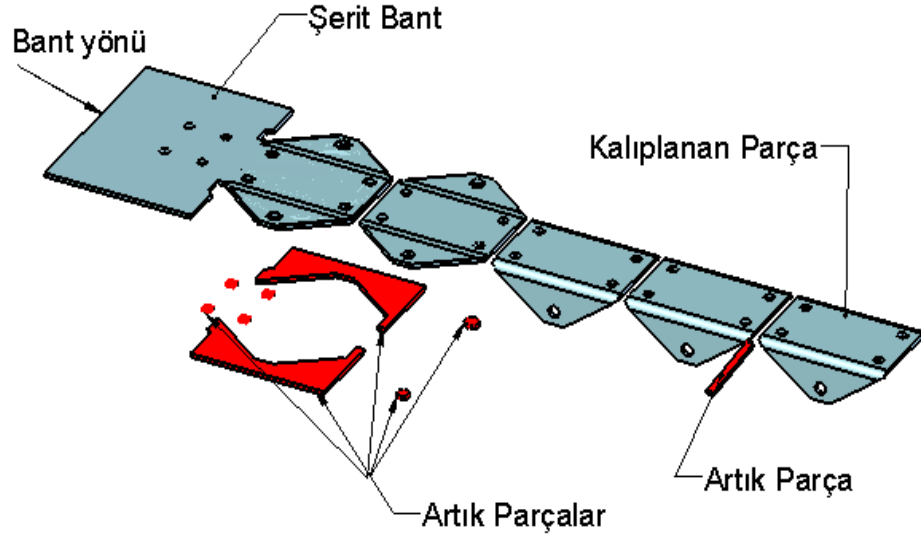


Şekil 4.2. Ayırma ve çentik açma şeklindeki uç kesmeye ait örnek
1- Pilot, 2- Çentik açma zımbası, 3- Uç kesme zımbası, 4- Ayırma zımbası [Kurt, 1999]



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Basılan Parça		2
2	Basılan Parça		3
3	Dişi		1
4	Kayıt		1
5	Kayıt Destek		1
6	Alt Tabla		1
7	Zımba (Erkek)		1
8	Forma Erkek		1
9	Tutucu		1
10	Forma Dişi		1
11	Üst Tabla		1
12	Şiper		1
13	Şiper Destek		1
14	Forma Çıkarıcı		1

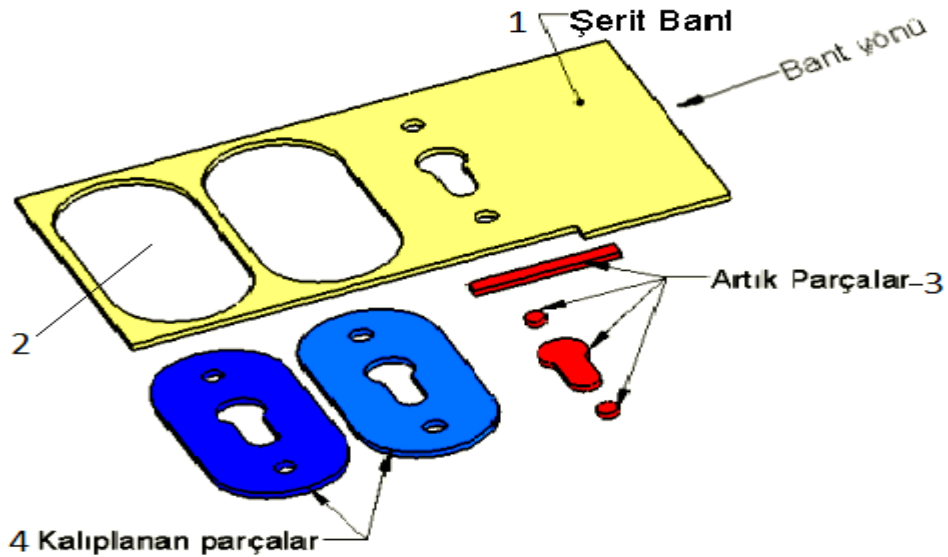
Şekil 4.3. Ayırma ve çentik açma şeklindeki uç kesmeye ait progresif kesme kalıbının demontajı



Şekil 4.4. Ayırma ve çentik açma şeklindeki uç kesme ve oluşan terimler

4.3. Kapalı Kesme Yöntemi (Klasik Yöntem)

Levha halindeki metal veya metal dışı yan mamul üzerinde, değişik biçimlerde; boşluklar oluşturarak üretim yapılıyorsa, bu tür kesmeye kapalı kesme ya da klasik yöntemle kesme bu işlevi yerine getiren düzeneklere ise kapalı kesme kalıpları denir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Kapalı kesme ve oluşan terimler
1-Malzeme şeridi (Band), 2-Üretilen parça boşluğu, 3-Artıklar, 4-Üretilen parça

4.4. Kalıp Dizaynı Yapmak

4.4.1. Bant tasarımı

Kalıp resimlerinin çizimlerinin ilk aşaması tüm işlemleri üzerinde gösteren bandın (malzeme şeridinin) tasarlanmasıdır. Pres işlerinde maliyetin %50 ilâ %70'i malzeme içindir. Bu nedenle şeridin yerleştirilmesi için tatbik edilen metot doğrudan doğruya maliyete etki eder. İş parçası, imalata faydalı olması için şerit en iyi şekilde kullanılmalıdır. Şerit malzemenin tasarlanması ile kalıp elemanlarının pek çoğunun ölçü ve biçimi ortaya çıkar.

4.4.2. Fire miktarının tespiti

Tasarımı yapılan şerit malzemede fire miktarının en az seviyede tutulması, kalıp tasarlayıcısının ilk işlemlerindedir. Çizelge 4.1 ve 4.2'de kalıplanacak parça boyutlarına ve şeridin kalınlığına göre kesme payları verilmiştir. Tablolarda verilmeyen yumuşak ve kalınlığı fazla olan malzemelerde kesme payları artırılmalıdır. Bu tabloları kullanmak için üretilecek parça kalınlığı ve şerit malzemenin en büyük ölçüsü (Bş) bilinmelidir.

Örnek: En büyük ölçüsü (Bş) 80 mm ve kalınlığı 2 mm olan bir şerit malzeme için kesme payları şu şekildedir;

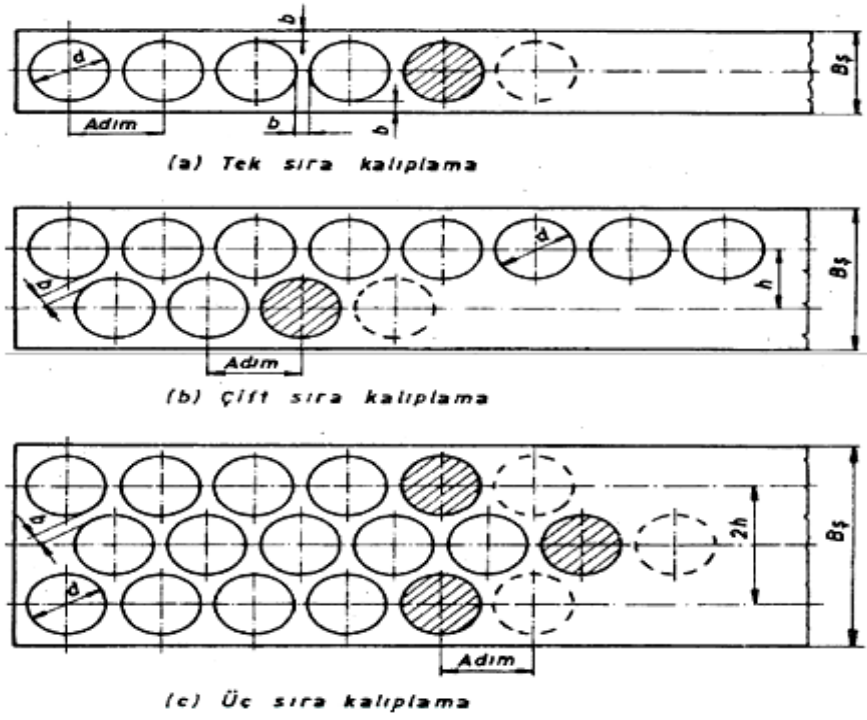
Malzeme sert ise Çizelge 4.1'e göre, kesme boşlukları (a=b) 1,9 mm alınmalıdır.

Yan çakı kesme payı (b1) 3 mm olur.

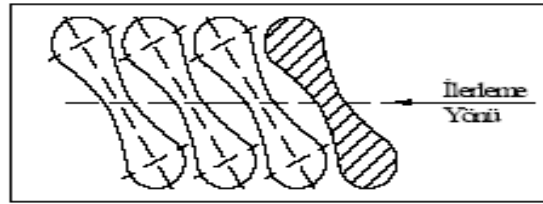
Toplam parça yüzeyi %100 ise üretilen parça yüzeyinin yüzdesi ve artık malzemenin yüzdesi toplamı, toplam parça yüzeyini vermelidir. Formüle edilecek olursa;

$$\% \text{Üretim} + \% \text{Artık Malzeme} = \% 100 \quad (4.1)$$

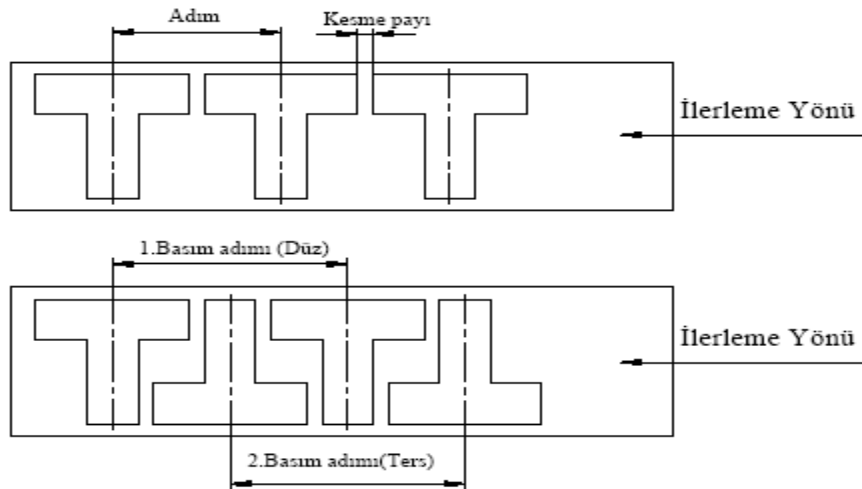
Üretilecek bazı parçalarda fire miktarını azaltmak için Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8'de görüldüğü gibi şerit malzeme tasarlanmalıdır.



Şekil 4.6. Yuvarlak şekilli parçaların yerleşimi [Erişkin, 1986]

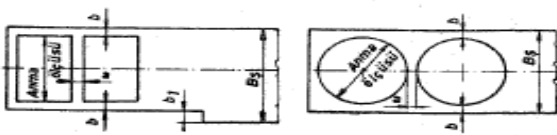


Şekil 4.7. Üretilcek parçanın açılı yerleşimi [Erişkin, 1986]



Şekil 4.8. Üretilcek parçanın tek ve çok sıralı ve ters düz yerleşimi [Erişkin, 1986]

Çizelge 4.1. Şerit malzeme kalınlığına göre kesme payı miktarları

Şerit malzeme genişliği B, mm	Maksimum parça boyutları, mm	Kesme payı "a" ve "b", mm	ŞERİT MALZEME KALINLIĞI T, mm										
			0,1	0,3	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0
100 mm ye kadar	-- 10	a	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,9	2,1
		b	1,0	0,9	0,9								
	11 - 50	a	1,6	1,2	0,9	1,0	1,1	1,4	1,4	1,6	1,7	2,0	2,3
		b	1,9	1,5	1,0								
	51 - 100	a	1,8	1,4	1,0	1,2	1,3	1,6	1,6	1,8	1,9	2,2	2,5
		b	2,2	1,7	1,2								
	100 ve daha yukarısı	a	2,0	1,6	1,2	1,4	1,5	1,8	1,8	2,0	2,1	2,4	2,7
		b	2,4	1,9	1,5								
	Yan-Çakı Kesme payı, mm		1,5					1,8	2,2	2,5	3,0	3,5	4,5
	100 mm den 200 mm ye kadar	100 - 110	a	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	2,0
b			1,2	1,1	1,1								
111 - 150		a	1,8	1,4	1,0	1,2	1,3	1,6	1,6	1,8	1,9	2,2	2,5
		b	2,2	1,7	1,2								
151 - 200		a	2,0	1,6	1,2	1,4	1,5	1,8	1,8	2,0	2,1	2,4	2,7
		b	2,4	1,9	1,5								
200 ve daha yukarısı		a	2,2	1,8	1,4	1,6	1,7	2,0	2,0	2,2	2,3	2,6	2,9
		b	2,7	2,2	1,7								
Yan-Çakı Kesme payı, mm		1,5					1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	
Sert kağıt, sert kumaş veya ketenlerde " a " ve " b " değerleri % 50 artırılır.													

Şerit malzeme tasarımında birkaç yol denenip, en az fireli olan seçenekli malzeme yerleşim planı kalıp tasarımında esas alınmalıdır.

Hesaplamalar için gerekli değer ve formülleri:

Ak: Şerit malzeme yüzey alanı (mm²)

An: Üretilen (kalıplanan) bir parçanın yüzey alanı (mm²)

Adım = Anma Ölçüsü + b veya Adım = Anma Ölçüsü + a mm (4.2)

b ve a: Kesme payı miktarları (mm) (Çizelge 4.1)

B: Şerit malzeme genişliği (mm)

B değerini formüle edelim;

$B = \text{Anma Ölçüsü} + 2b$ mm'dir (4.3)

Tek parça için sarf edilen şerit malzeme alanı (Ak) :

$Ak = \text{Adım} \times B$ (mm²) olur. (4.4)

Yüzde olarak üretim miktarı;

Fire miktarı = $An / Ak \times 100$ %.... olarak sonuç bulunur. (4.5)

Yüzde olarak fire miktarı; $(Ak - An) / Ak \times 100$ %....olarak sonuç bulunur. (4.6)

4.4.3. Adım bulunması

Konu 4.4.2’de verilen fire miktarının hesaplanmasında adım formülleri verilmiştir.

Üretilecek örnek bir parçaya göre adım hesabının yapılması.

Şekil 4.10’da verilen parça için adım hesabı. (Hesabı yapılacak parçanın malzemesi orta sertlikte bir malzemedir.)

Orta sert malzeme olduğu için kesme payları Çizelge 4.1’den alınır.

Buna göre 1. ve 2. yerleşim içinde yaklaşık olarak $b= 1,9$ mm ve $b_1= 1,9$ mm alınır.

Buna göre adım;

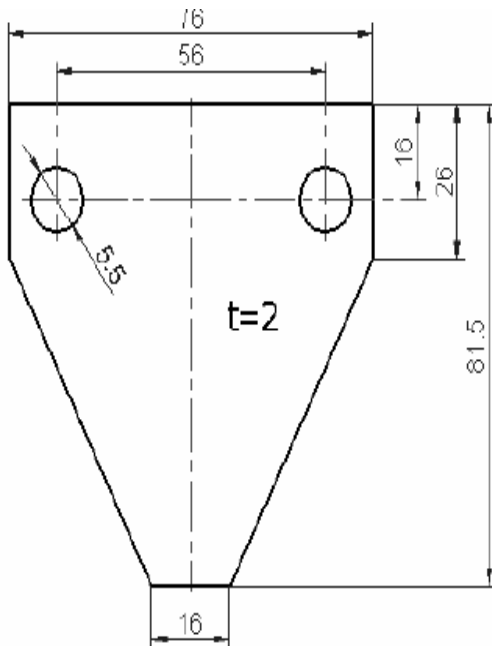
1. Yerleşim planına göre:

Adım= $76 + b = 76 + 1,9$ Adım = $77,9$ mm olur.

2. Yerleşim planına göre: Adım= $81,5 + b = 81,5 + 1,9$

Adım = $83,4$ mm olur.

Aynı yerleşimler için fire miktarlarını hesap edelim.



1. Yerleşim planına göre:

Fire miktarı; $(A_k - A_n) / A_k \times 100$

$$A_k = B_s \times \text{Adım} = 88,3 \times 77,9 = 6878,57 \text{ mm}^2$$

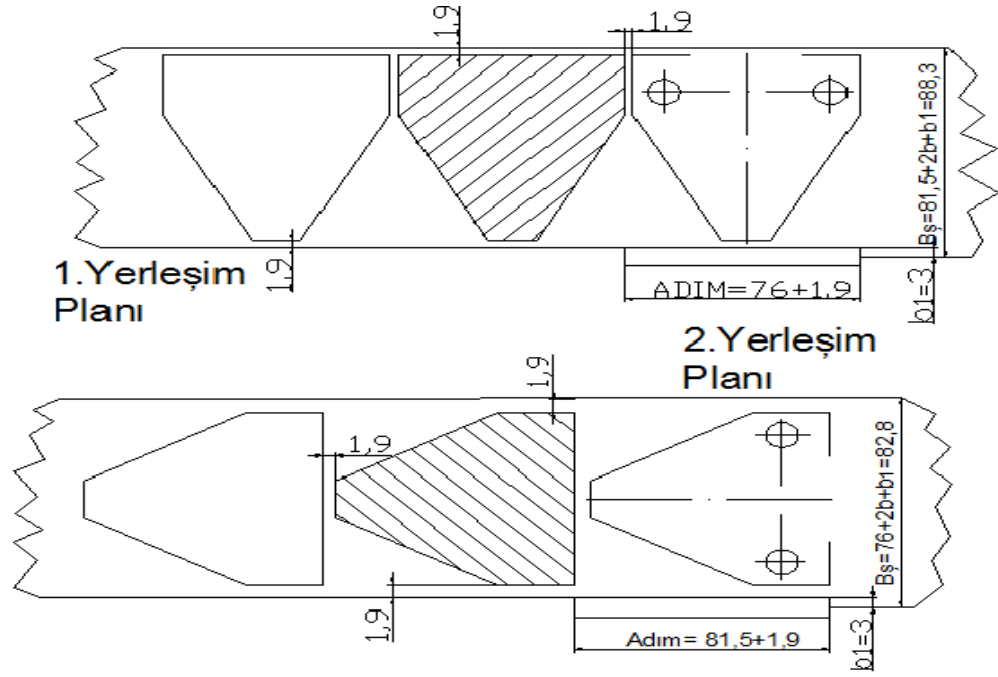
$$A_n = ((26 \times 76) + (76 + 16) \times 55,5 / 2) - 2 \times \pi \times 5,5^2 / 4$$

$$A_n = (1976 + 2539,2) - 47,5 = 4467,7 \text{ mm}^2$$

Fire miktarı:

$$F.M = \frac{(6878,57 - 4467,7)}{6878,57} \times 100 = \%35,04$$

Şekil 4.9. Biçerdöver bıçağı ve ölçüleri [Kurt, 1999]



Şekil 4.10. Biçerdöver bıçağı için şerit malzemeye iki tür yerleşim planı [Kurt, 1999]

2. Yerleşim planına göre; Bu yerleşimde adım alanı değişecektir.

$$A_k = B_{\text{ş}} \times \text{Adım} = 82,8 \times 83,4$$

$$A_k = 6905,52 \text{ mm}^2$$

$$F.M = \frac{(6905,52 - 4467,7)}{6905,52} \times 100, \quad \text{Fire Miktarı} = \% 35,30 \text{ olarak bulunurlar.}$$

Sonuç: İki seçenekte de fire miktarları birbirine yakın çıktığı için iki yerleşim planından bir tanesi tercih edilebilir.

4.4.4. Verimin hesaplanması

Öncelikle her işe kalıp yapılmayacağını bilmemiz gerekir. Kalıp maliyetli bir iştir ve basacağı parça sayısı, maliyetini kurtaracak adette olmalıdır. Eğer kurtarmıyorsa başka yöntemler uygulanır veya birden çok parçanın kalıplamasına imkân verecek şekilde tasarlanılarak yapılmalıdır.

Kalıplanan toplam parça yüzey alanı (A_n) ile bir adımda kullanılan şerit malzeme yüzey alanının (A_k) oranlanmasıyla elde edilen değere verim denir ve yüzle çarpılmasıyla yüzde cinsinden verim bulunmuş olur.

$$\% \text{ Verim} = 100 \times \frac{A_n}{A_k} \quad (4.7)$$

Üretimi az olan parçalarda çok sıralı kalıplama işlemi tercih edilmez. Kalıp maliyeti ve işçilik giderlerini azaltmak için kısa boylu şerit malzeme yerleşim planı uygulanır. Kısa boylu şerit malzeme yerleşim planı;

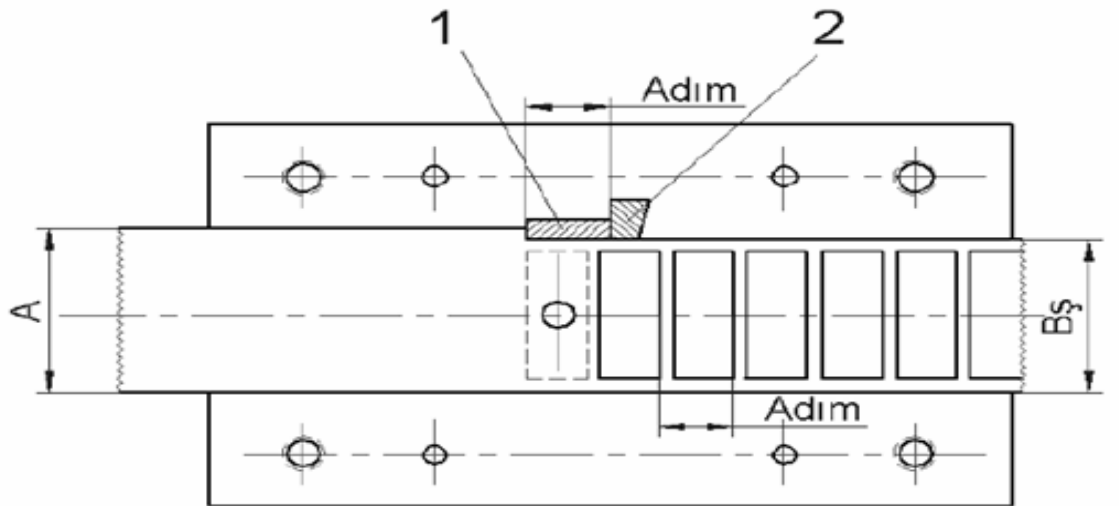
Üretim sayısı az, Şerit malzeme kalınlığı 1,5 mm den fazla, Şerit malzemenin, kalıp içerisinden iki veya daha fazla geçeceği hallerde yukarıda üretim olarak verilen formül aynı zamanda verimi de vermektedir.

Şekil 4.10'a (1. yerleşim planı) göre verim hesabının yapılması;

$$\begin{aligned}\eta &= (A_n/A_k) \times 100 \\ &= (4467,7/6878,57) \times 100 \\ \eta &= \%64,95 \text{ olarak bulunur.}\end{aligned}$$

4.4.5. Yan çakı yerinin tespiti

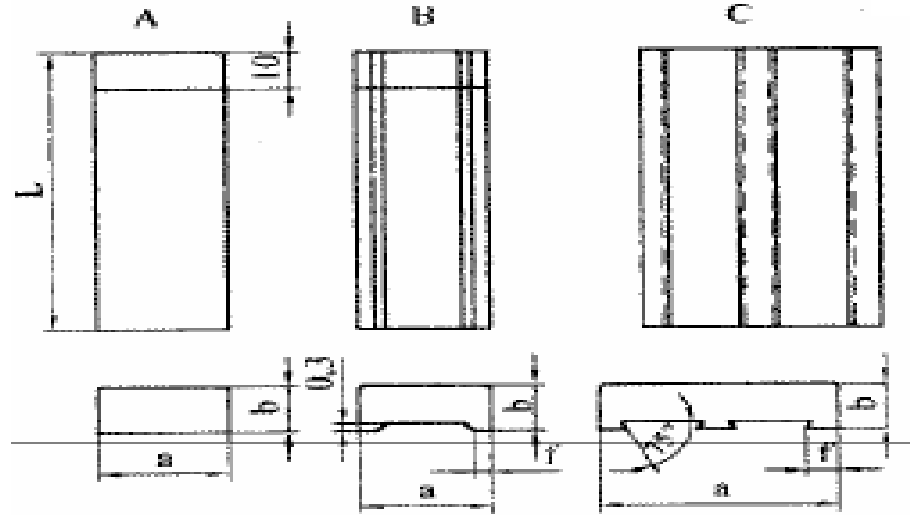
Kesme ve delme kalıplarında yan çakı ile ilerlemenin nedenleri maddeler halinde sıralanırsa; büyük seri imalat kalıplarında ince malzemelerin kesilmelerinde, hızlı çalışma istenilmesi, daha hassas bir ilerlemenin sağlanmasında yan çakılı tercih edilir. Zımbaların dayanımları açısından 4 mm ve kalın saclarda yan çakı tercih edilmemelidir.



Şekil 4.11. Yan çakı ile ilerlemenin sınırlandırılması [Erişkin, 1986]
1-Yan çakı, 2-Dayama

Şekil 4.11’de yan çakılı bir dişi kalıp görülmektedir. Yan çakı, şerit kenarında adım miktarı kadar bir kısmın kesilerek şerit eninin daraltılması ilkesi üzerine çalışır. Şerit malzeme ilk başta A ölçüsünde iken kalıplama sonucu Bş ölçüsüne inmektedir. 1 numara olarak verilen yan çakıdır. 2 numaralı parça ise şerit malzemenin dayanması için kalıba yerleştirilmiştir.

4.4.5.1 Yan çakı ölçülerinin tespiti



A tipi A=16 boyu L=60 mm olan takım çeliğinden yapılmış yan kesici çakının gösterilişi:

Yan kesici çakı DIN 9862 A 16x60

a	b	f
6 mm'ye kadar	6	-
6-10	6	1,6
10-16	6	2,5

A ve B tipi

a	b	f
16-25	8	3
25-40	10	4
40-100	12	5

C tipi

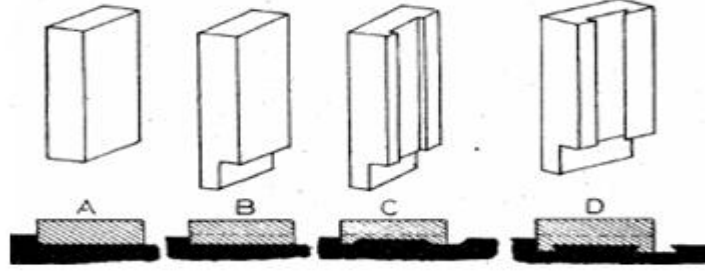
Şekil 4.12. DIN 9862’ye göre yan çakı standartları [Erişkin, 1986]

Yan çakı ölçüsü belirlenirken şu kurallar göz önüne alınmalıdır:

Şekil 4.12’de gösterilen yan çakının f ile gösterilen kısımları yığılma yapabilmek için yumuşak bırakılır.

Yan kesici zımba boyu DIN 9861’de verildiği gibi delme zımbaları boylarına uygun seçilir. Boyları 60 mm ilâ 70 mm arasında olması tercih edilir. Zımba uzunluğu ön görülen adım değerine göre olur. Malzeme kullanım durumuna göre alaşımli takım çeliği (WS) veya yüksek alaşımli takım çeliği (WHS) kullanılmalıdır.

Isıl işlem ve meneviş yapıldıktan sonraki sertlik HRC 58±2 dir. C tipi kırılmaçkuyruğu şeklinde oluklu zimba şeritten kesilen kısmın tekrar yukarı çıkmasını önlemek için yalnız büyük adımlı parçalarda kullanılmalıdır.



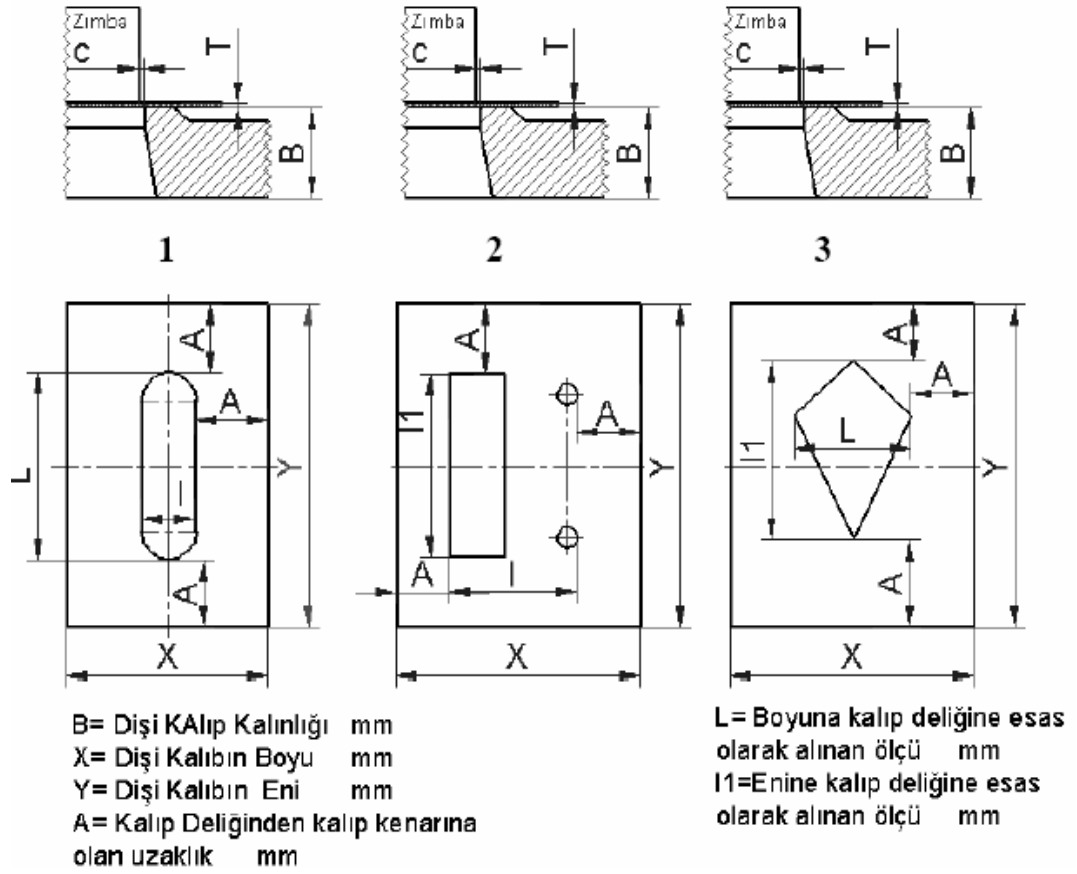
Şekil 4.13. Çeşitli yan çakı şekilleri [Erişkin, 1986]

4.4.5.2 Yan çakı şeklinin tespiti

Şekil 4.13'te çeşitli yan çakı şekilleri verilmiştir. A ile gösterilen yan çakı şeklinin basitliğinden dolayı en fazla tercih edilendir. B şeklinde bulunan kademe kesme işleminden önce kalıptaki yuvaya girerek yan çakıya kılavuzluk eder. Bu kademe ile parça yüzeyi arasına 0,5 mm boşluk verilmelidir.

Yan çakılar DIN 9862'de standart hale getirilmiştir. Kalıp tasarımlarında standart boyların kullanılmasına dikkat edilmelidir.

Yan çakılı kalıplarda; hassas ilerleme ve seri çalışma gibi üstünlükler olmakla birlikte daha geniş şerit kullanma zorunluluğu vardır. Bu da malzeme kaybını getirmektedir. Küçük parçalarda bu kayıp % 25'i bulmaktadır.

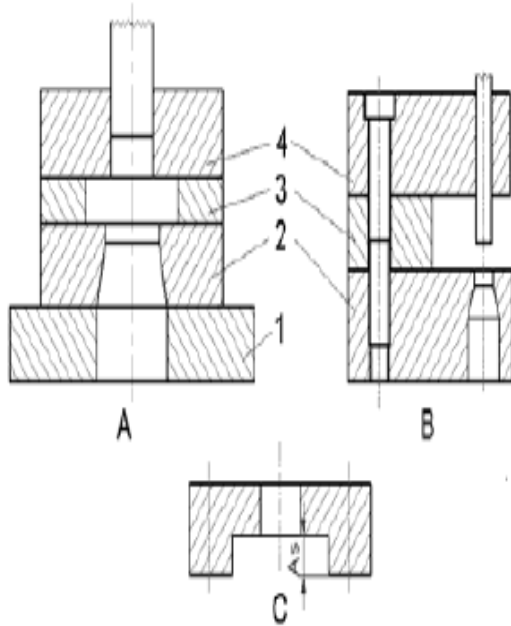


Şekil 4.14. Dişi kalıp boyutlarına esas ana ölçüler [Kurt, 1999]

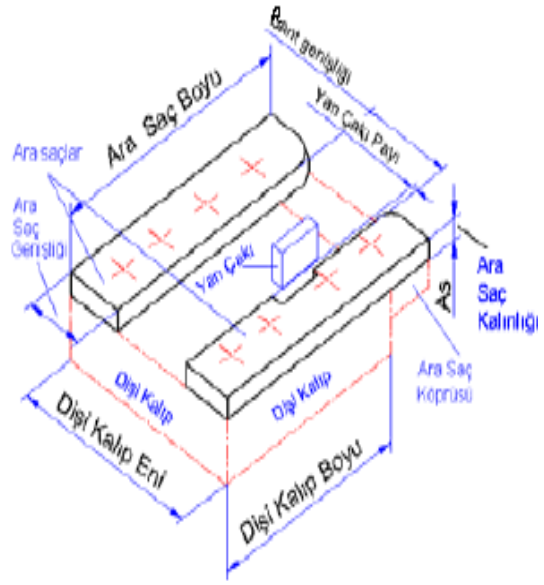
Çizelge 4.2. Şerit malzeme kalınlığı ve kalıplanacak parça biçimine göre (A) ölçüleri

Sac Kalınlığı T (mm)	Dişi Kalıp Kalınlığı B (mm)	Kalıp Deliginden Kalıp Kenarına Olan (A) Uzaklığı		
		1	2	3
		Yuvarlak Kenarlı Kalıp Deliği	Düzensiz Kenarlı Kalıp Deliği	Keskin Kenarlı Kalıp Deliği
0,0 - 1,5	24	27	35	46
1,5 - 3,0	28	32	38	62
3,0 - 4,5	35	38	52	70
4,5 - 6,0	40	46	62	86
6,0 - ...	48	52	72	90
Pratik olarak		A= 1,25xB	A= 1,5xB	A= 2xB

Dişi kalıp (matris) ölçülendirilirken Şekil 4.14 ve Çizelge 4.2’de verilen ölçüler göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 4.15. Kalıplarda ara sac kullanımı



Şekil 4.16. Ara sac ve bant yolu

Büyük boyutlu kalıplarda dişi kalıp ölçüleri dayanım hesabı yapılarak bulunmalıdır. Dişi kalıplar kalıp üzerinde bulunan deliğin şekline göre üç grupta toplanmıştır. Şekil 4.14’e göre dişi kalıp en ve boy ölçüleri;

$$\text{Dişi Kalıbın Boyu (X)} = A + A + L \text{ (mm)} \quad (4.8)$$

$$\text{Dişi Kalıbın Eni (Y)} = A + A + l_1 \text{ (mm) olur.} \quad (4.9)$$

Ara sac, dişi kalıp ile kılavuz tablası arasına konan kalıp elemanı olup, malzeme şeridinin kalıp içerisindeki ilerleme yönünü tayin eder. Kapalı kesme kalıplarında iki, yarı açık kalıplarda tek yan kayıt kullanılır. Bazı hallerde ara sac, kılavuz plakasına kanal açarak oluşturulur. Şekil 4.16’da görüldüğü gibi ara sac kalınlığı (A_s) sac kalınlığının (1,5 ilâ 3) katı arasında alınır. Şekil 4.15’te; 1 Numaralı parça; Kalıp altlığı, 2 Dişi kalıp, 3 Ara sac ve kılavuz tablasıdır.

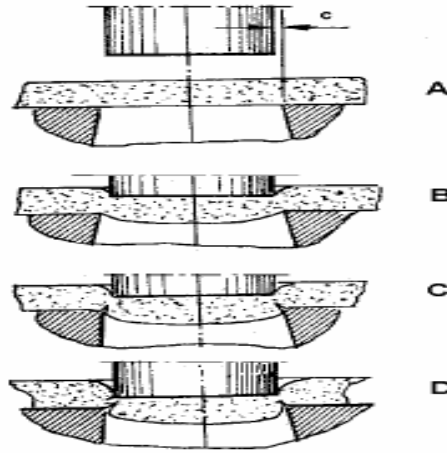
4.5. Kesme Olayının Açıklanması

Levha veya şerit halindeki saçlardan istenilen profil ve ölçüdeki parçaları talaş kaldırmadan elde etme işlemine kesme denir.

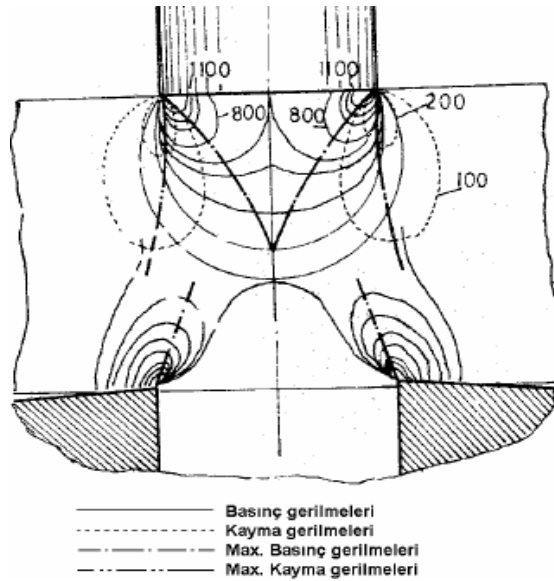
Şekil 4.17’de kalıpla kesme işlemi adım adım gösterilmiştir.

Kesmenin ilk aşamasında zımba kesme boşluğuna (c) ve malzeme cinsine göre bir miktar dalar. (Şekil 4.17 B)

Bu durumda malzeme yayılı yük etkisinde bulunan ve kalıp çevresince dayanıklı dolu bir plak konumundadır. Kesme işlemi olmaksızın zımbanın malzemeye dalma oranı malzeme kalınlığının %20 ilâ %50’si kadardır. Zımbanın bir miktar daha dalması ile önce kalıp tarafında hemen sonra da zımba tarafında malzemede yırtılma meydana gelir. (Şekil 4.17 C)



Şekil 4.17. Kalıpla kesme işlemi [Sözöz, 2005]



Şekil 4.18. Kesme esnasında oluşan gerilmeler [Sözöz, 2005]

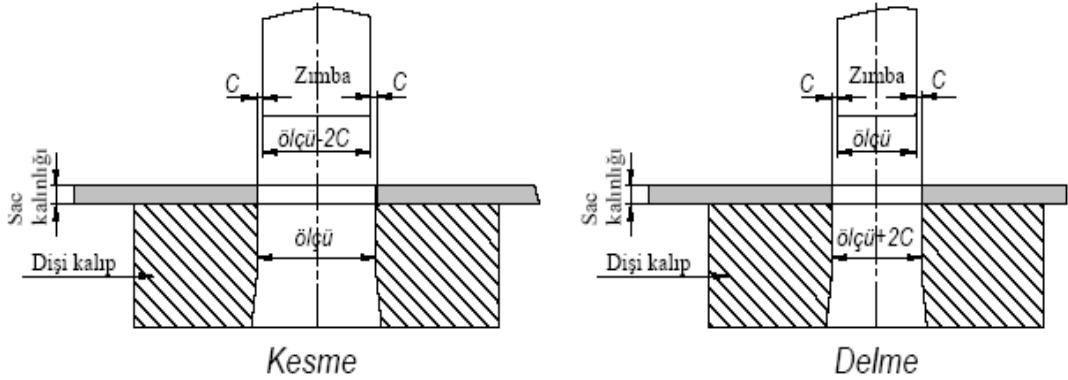
Meydana gelen yırtılma çizgileri daha sonra basınç gerilmesinin etkisi ile birleşerek kesme yüzeyini oluşturur. Son kademede zımba malzemedan kesilmiş kısmı kalıp deliğine itene kadar aşağı inme hareketine devam eder. (Şekil 4.17 D) Şekil 4.18’de kesme işleminde oluşan gerilme dağılımları görülmektedir.

4.6 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 boşluğunu dişiye vermemiz gerekir, yani dişi, esas ölçüsünden kesme boşluğu kadar büyük yapılır. Burada kesmeyi zımba yapar dolayısıyla parçanın ölçüsünü zımbanın ölçüsü tayin eder.

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



Şekil 4.19. Dişi kalıp ve zımbaya verilen kesme boşluğu [Uzun ve Erişkin, 1983]

$t \leq 3$ mm (ince saclar için)

$C =$ Tek taraflı kesme boşluğu mm

$\tau =$ Malzeme kesme gerilmesi Kg/mm^2

$t =$ Sac kalınlığı mm

$$C = x.t. \sqrt{\tau} \quad (4.10)$$

$t > 3$ mm (kalın saclar için)

$$C = [(1,5 \cdot x \cdot t - 0,015) \cdot \sqrt{\tau}] \quad (4.11)$$

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

Yüzey önemli değilse $x = 0,035-0,04$

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

Örnek; Kalınlığı 2 mm, kesme gerilmesi 30 kg/mm² olan sac plakayı kalıplarken ne kadar kesme boşluğu verilmelidir? (Genel amaçlı kalıp)

$t = 2$ mm

$\tau = 30$ kg/mm²

$$C = x \cdot t \cdot \sqrt{\tau} \quad C = 0,01 \cdot 2 \cdot \sqrt{30} \quad C = 0,11 \text{ mm}$$

Örnek; Kalınlığı 4 mm, kesme gerilmesi 25 kg/mm² olan sac plakayı kalıplarken ne kadar kesme boşluğu verilmelidir? (Genel amaçlı kalıp)

$t = 4$ mm

$\tau = 25$ kg/mm²

$$C = [(1,5 \cdot x \cdot t - 0,015) \cdot \sqrt{\tau}] \quad C = [(1,5 \cdot 0,01 \cdot 4 - 0,015) \cdot \sqrt{25}]$$

$C = 0,225$ mm

4.6.1 Kesme boşluğuna etki eden faktörler

- Kesilen malzemenin mekanik özellikleri
- Kesilen malzemenin kalınlığı
- Zımba boyutları ve şekli
- Kalıbın hassasiyeti

4.6.2 Kesme boşluğu verirken dikkat edilmesi gereken hususlar

1-Temiz ve parlak kesilme yüzeylerine gerek duyulan durumlarda dar kesme boşluğu seçilmelidir.

2-Kalın parçalarda kesme yüzey kalitesi önemli değilse büyük kesme boşluğu tercih edilmelidir.

3-Yumuşak malzemelerde yırtılma görülmeyeceğinden küçük kesme boşlukları kullanılabilir.

4-Parça kalınlığına oranla küçük çaplı delme işlerinde büyük kesme boşluğu seçilmelidir.

5-Hızlı çalışan preslerde (dakikada 200 kurstan fazla) takım dayanımı açısından büyük kesme boşluğu tercih edilmelidir.

Çizelge 4.3. Çekme dayanımlarına göre tek taraflı kesme boşlukları [Ataşimşek, 1977]

Sac Kalınlığı T (mm)	Malzemelerin çekme dayanımları, $\sigma_b = \text{kg/mm}^2$										
	5 - 10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70
	Tek taraflı kalıp kesme 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	0,126
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	0,639	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	1,450	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	1,550	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

4.7. Kesme Kuvvetinin Hesaplanması

Kesme kuvveti hesap edilirken aşağıdaki bilgilerin bilinmesi gerekir.

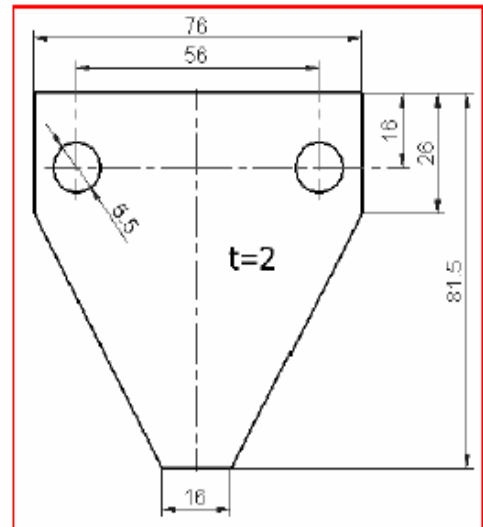
- Kesilen toplam çevre (ΣU)
- Saç malzeme kalınlığı (t)
- Malzemenin kesme direnci (τ_d)
- Pres emniyet katsayısı (E.K.S.)

Buna göre toplam kalıplama kuvveti (P_k) şu formül ile bulunur.

$$P_k = \Sigma U \cdot t \cdot \tau_d \text{ kg olur.} \quad (4.12)$$

$$P(\text{em}) = P_k \times \text{E.K.S} \text{ kg olur.} \quad (4.13)$$

Emniyet katsayısının (E.K.S.) pratikte 1,5 ilâ 4 arasında alınması tavsiye edilir. Ayrıca kesme



dirençlerini de Çizelge 4.4'den alınabilir.

Örnek; Konu 4.4.3'te verilen yandaki biçerdöver bıçağının malzemesi % 0,20 Karbonlu ve tavllanmış çelikten yapılmıştır.

E.K.Sayı 2 olduğuna göre Toplam kesme kuvvetini (Pk) ve Emniyetli kesme kuvvetini (Pem) bulunuz.

Çözüm:

$$\Sigma U = 76 + 2 \times 26 + 2 \times 63,09 + 16 \quad \Sigma U = 270,18 \text{ mm}^2$$

$$\tau_d = 30 \text{ Kg/mm}$$

X mesafesini bulma;

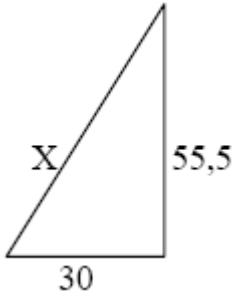
$$x^2 = (55,5)^2 + (30)^2$$

$$x^2 = 3980,25$$

$$x = 63,09 \text{ mm}$$

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

$$P_k = ? \text{ ve } P(\text{em}) = ? \quad P_k = \Sigma U \times t \times \tau_d = 16200 \times 2$$



$$P(\text{em}) = 32400 \text{ Kg olur.}$$

$$P_k = 270 \times 2 \times 30$$

$$P_k = 16200 \text{ Kg}$$

$$P(\text{em}) = P_k \times \text{E.K.S} \text{ [Uygulanabilecek olan maksimum pres kuvveti]}$$

Çizelge 4.4 Çeşitli malzemelerin kesme dayanımları (kg/mm²) [Ataşımşek, 1977]

Malzemelerin kesme dayanımı (τ_k , kg/ mm ²)	
Alüminyum	5,60
Çinko	10,00
Bakır	15,50
Pirinç	20 - 25
Nikel	25
% 0.10 Karbonlu Çelikler	
Tavllanmış	25 - 30
Soğuk Haddelenmiş	30,00
% 0.20 Karbonlu Çelikler	
Tavllanmış	30,00
Soğuk Haddelenmiş	35 - 40
% 0.30 Karbonlu Çelikler	
Tavllanmış	35,00
Soğuk Haddelenmiş	45 - 50
Paslanmaz Çelikler	40,00
Silisyumlu Çelikler	45,00

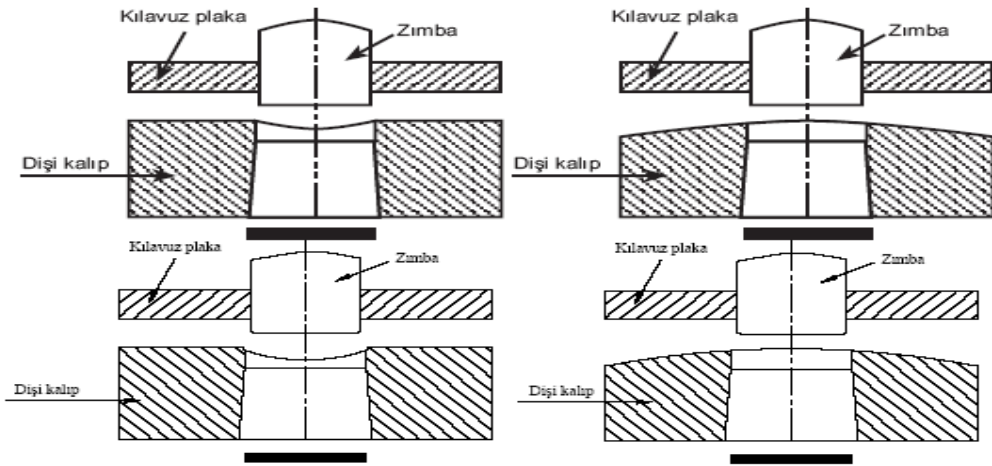
4.7.1. Kesme kuvvetini azaltma yöntemleri

Yaptığımız hesap sonunda bulduğumuz kesme kuvvetini karşılayacak prese sahip olmayabiliriz veya yüksek kesme kuvvetinden dolayı kalıbımız çok gürültülü çalışabilir. Bu gibi olumsuzlukları gidermek için kesme kuvvetini düşürmemiz gerekir.

Kesme kuvvetini düşürme yöntemleri şunlar:

1.Yöntem: Kesme ağızlarına açı vererek,

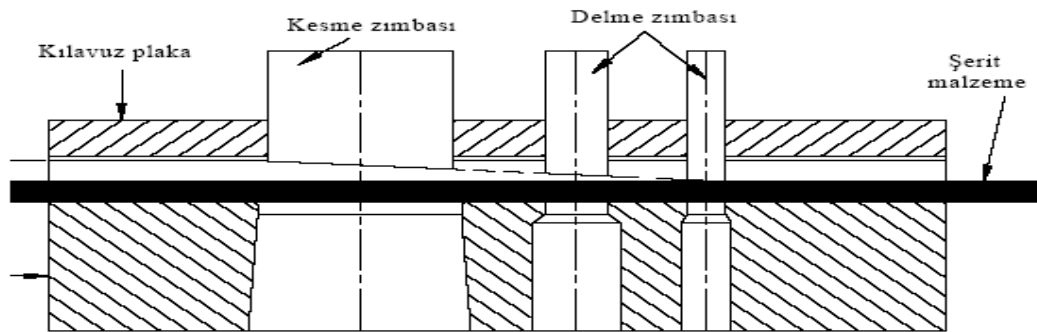
Açılar hem zımbaya hem de dişi plakaya verilebilir. Eğer içeriden çıkan parça kullanılacaksa açılandırma dişiye, delik kullanılacaksa açılandırma zımbaya verilir.



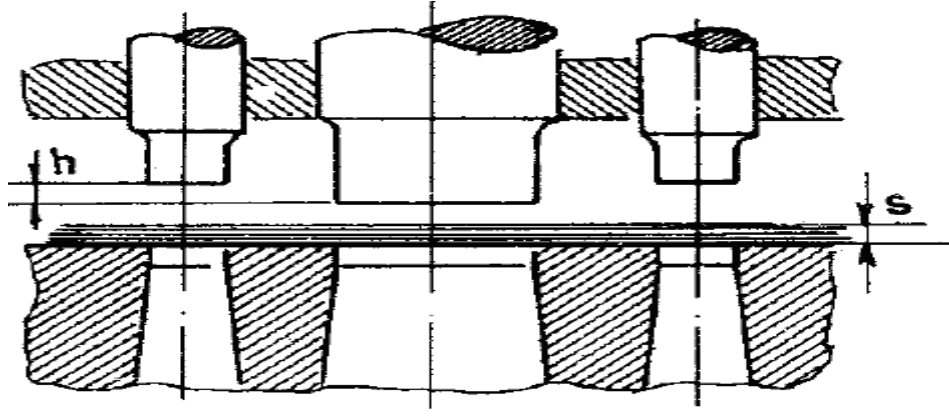
Şekil 4.20. Dişi plakaya verilen açılar ve kesilmiş düzgün parçalar (Kesme işlemlerinde kullanılır) [Erişkin, 1986]

2.Yöntem: Zımbaları kademeli olarak monte ederek,

Kesme işleminin aynı anda meydana gelmesini önlemek için üzerinde çok sayıda zimba bulunan kalıplardan farklı boylarda zımbalar biçimlendirilir ve oluşturulan bu zımbalar gruplandırılır.



Şekil 4.21. Eğik bilenmiş zımbalarla yapılan uygulamalar [Erişkin, 1986]



Şekil 4.22. Zımbaların farklı boylarda yapılması [Erişkin, 1986]

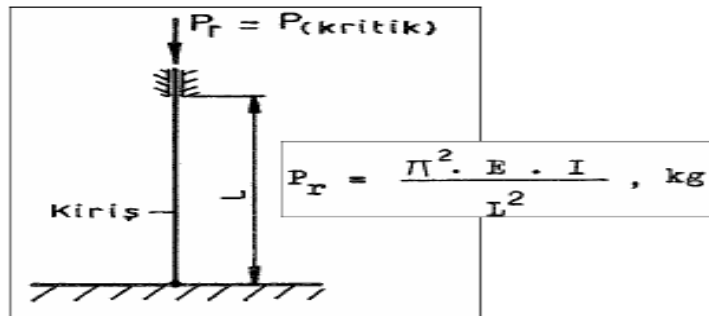
Zımba boyları arasındaki fark, sac kalınlığından fazla olmamalıdır. Zımbalar arası boy farklılıkları ince malzemelerde sac kalınlığı, kalın malzemelerde sac kalınlığının yarısı kadar yapılmalıdır.

4.7.2 Zımba boyları arasındaki farkın fazla olmasının sakıncaları

Zımba 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.

4.8 Delme Kesme Zımbalarının Ölçülendirilmesi

Pres kalıplarında kullanılan zımbalar, üzerlerine gelen kuvvetlerin etkisi ile burkulmaya (flambaja) çalışırlar. Kesiti büyük olan zımbalar için burkulma kontrolü yapılmaz. En çok küçük kesitli zımbalarda bu kontrol hesabı gereklidir.

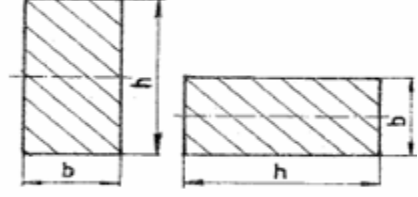


Şekil 4.23. Euler'e göre bir ucu ankastre edilmiş kiriş [Erişkin, 1986]

Dikdörtgen kesitli zimbalar;

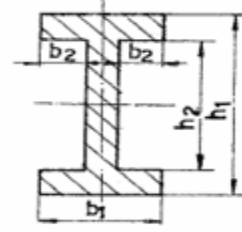
$$I = \frac{b \times h^3}{12} \text{ mm}^4 \text{ veya } \frac{h \times b^3}{12}$$

Maksimum Minimum



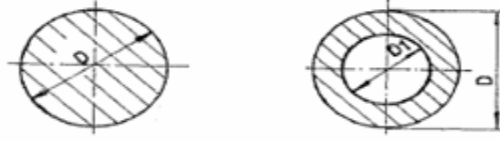
I - Pudreli zimbalar;

$$I = \frac{b_1 \times h_1^3 - 2b_2 \times h_2^3}{12} \text{ mm}^4$$



Daire kesitli zimbalar;

$$I = \frac{\pi \times D^4}{64} \text{ mm}^4$$



İçi boş daire kesitli zimbalar;

$$I = \frac{\pi(D^4 - D_1^4)}{64} \text{ mm}^4$$

Şekil 4.24. Bazı kesitlerin atalet momentleri [Erişkin, 1986]

4.8.1 Zımba boyunun hesaplanması

Şekil 4.23'te Euler kritik yükleme kiriş denkleminin kalıplardaki zımbaya uygulanışı görülmektedir.

$$\text{Zımba Kesme Kuvveti; } P_z = L_z \times t \times \tau \text{ d kg} \quad (4.14)$$

$$\text{Kritik Yükleme Kuvveti; } P_r = \pi^2 \times E \times I / L^2 \text{ kg} \quad (4.15)$$

Kritik yükleme kuvveti zımba kesme kuvvetine eşit alındığında;

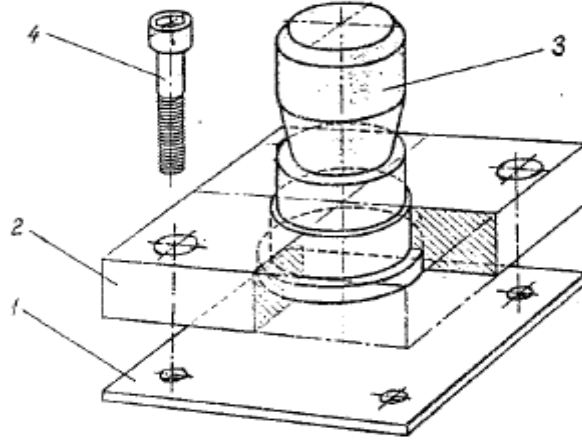
$$\pi^2 \times E \times I / L^2 = L_z \times t \times \tau \text{ d}$$

Buradan Zımba Boyu;

$$L = \pi \times \sqrt{E \cdot I / L_z \cdot t \cdot \tau \text{ d}} \text{ olarak bulunur.} \quad (4.16)$$

4.9 Kalıp Bağlama Sapı

Zımba grubunun pres koçuna bağlanmasını sağlayan kalıp elemanına sap veya mapa, sapı taşıyan elemana ise sap tutucusu denir.



Şekil 4.25. Flanşlı ve boyunlu sap ve sap tutucusu [Erişkin, 1986]

Küçük ve orta büyüklükteki kalıpların, sapları bağlanacağı prese göre yapılırlar. Değişik tarz da sap tutucusuna bağlanırsa da en çok kullanılan türü vidalı olanıdır.

Şekil 4.25'te verilen elemanlar:

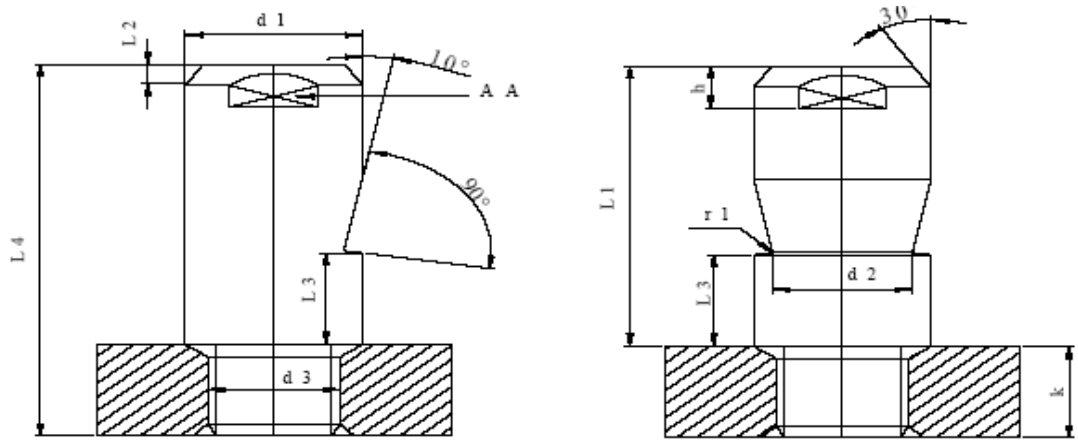
- 1 – Darbe sacı
- 2 – Sap tutucusu
- 3 – Sap (mapa)
- 4 – Bağlantı elemanı

Çok büyük kalıplarda sap kullanılmaz. Bu tür kalıpların zımba tutucusu pres koçuna civata ve pabuçlarla bağlanır.

Sap tutucu plaka, zımba tutucusunun boyutuna göre yapılırlar. Bu elemanda en önemli özellik, sapın bağlanacağı yerin tespitidir.

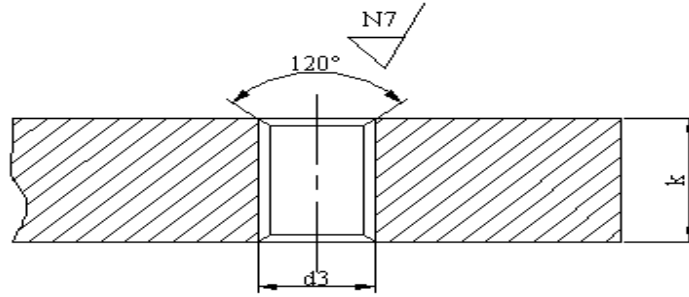
4.9.1 Ölçüsünün Belirlenmesi

Çizelge 4.5'te ise kalıp sapının kalıp üst plakasına vidalanması ile ilgili ölçüler verilmiştir. Kalıp bağlama sapları standart olur ve kalıbımızın büyüklüğüne ve kesme kuvvetine göre seçeriz. Presimizin ve kalıbımızın özelliğine göre kalıp bağlama sapı bulamadığımız takdirde kendimiz de imal edebiliriz.



Şekil 4.26. Kalıp sapının kalıp üst plakasına vidalanması ile ilgili ölçüler [Erişkin, 1986]

Çizelge 4.5. Vidalı kalıp sapının montaj ölçüleri [Kurt, 1999]



Sapın dönmesine karşı uygun bir emniyet kullanıcılara bırakılmıştır.

Sap gövdesinin çapı d1	Orta tolerans d3	En küçük ölçü k
20	M16x1.5	18
25	M16x1.5	20
	M20x1.5	
32	M20x1.5	23
	M24x1.5	
40	M24x1.5	23
	M30x2	
50	M30x2	28
65	M42x3	28

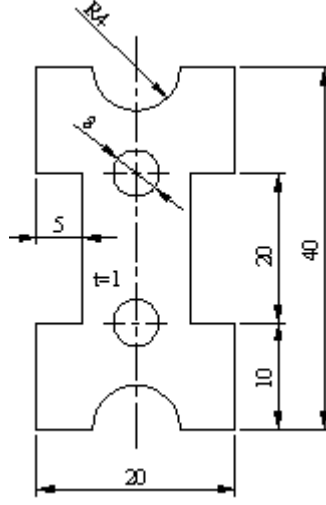
4.9.2 Sap merkezinin tayini

Kalıp sapının yeri, kalıpta kullanılan zimbaların ağırlık merkezleri olarak tespit edilir. Ağırlık merkezi bulunurken; genellikle dişi kalıbın sol alt köşesi (0,0) noktası alınıp, yatay kenara X eksen ve düşey olan kenara Y eksen denir.

Zımba yerleri dişi kalıp üzerinde işaretlenir. Her bir zımbanın çevresi (Ç) ile ağırlık merkezlerinin X ve Y eksenlerindeki mesafeleri işaretlenir. Zımba sapının X ve Y eksen koordinatları (Xs, Ys) aşağıdaki formülle bulunur.

$$X_s = \frac{\zeta_1 x X_1 + \zeta_2 x X_2 + \zeta_3 x X_3 + \dots}{\zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \dots} \quad (4.17)$$

$$Y_s = \frac{\zeta_1 x Y_1 + \zeta_2 x Y_2 + \zeta_3 x Y_3 + \dots}{\zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \dots} \quad (4.18)$$

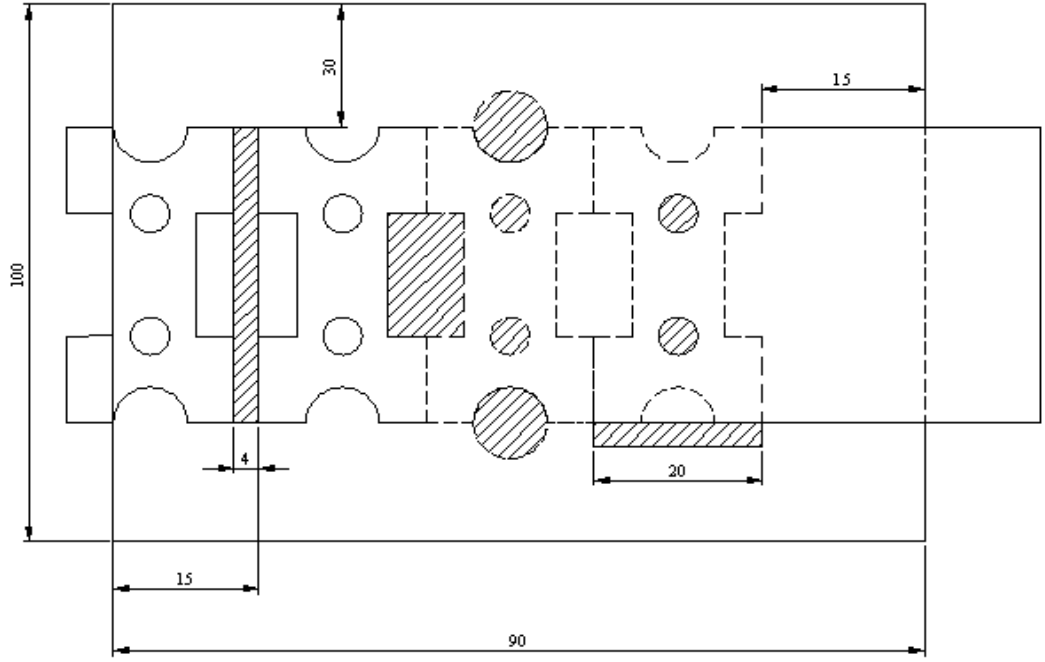


Şekil 4.27. Örnek parça

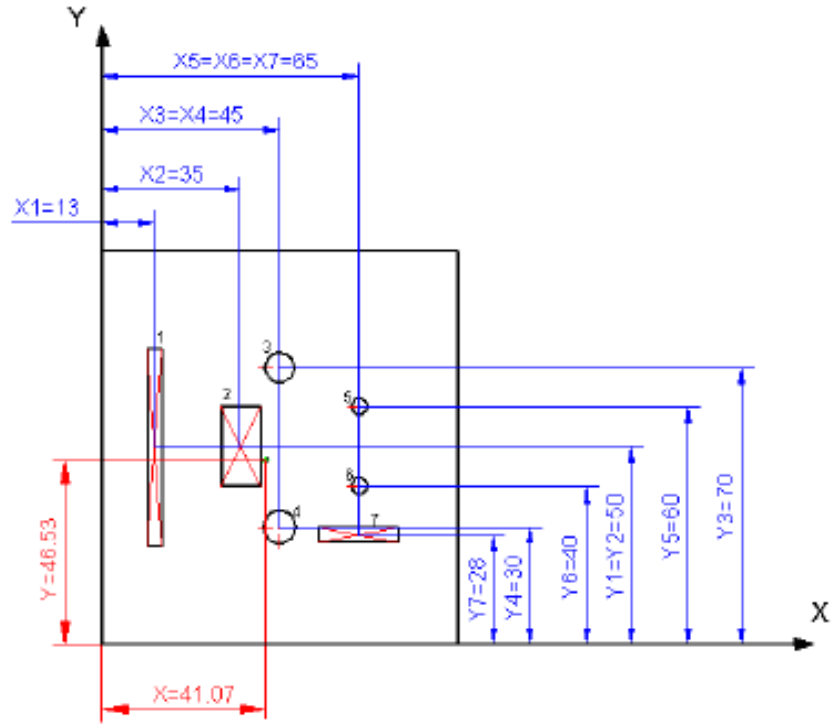
Örnek; Şekilde verilen parça için kalıp sapının takılacağı noktayı (ağırlık merkezini) bulunuz.

Not: Yan çakı ve kesme zımbasının kalınlığını 4 mm alınız.

Çözüm: Ağırlık merkezini bulmak için ilk önce zımbaların kalıp üzerinde yerleşim planının yapılması gerekmektedir. Çözüm için yaklaşık değerler alınmıştır (Şekil 4.27).



Şekil 4.28. Dişi kalıp ve zımba ölçüleri



Şekil 4.29. Ağırlık merkezinin bulunuşu

Şimdi kesilen çevreleri, X ve Y eksenine olan mesafeleri tek tek hesap edelim bir tablo ile gösterelim; (Çizelge 4.6)

Çizelge 4.6. X ve Y eksenine olan mesafelerin gösterilmesi

Adı	Simgesi	Hesaplaması	Sonuç
Kesme Zımbası	Ç1	10+10	20 mm
2. Zimba	Ç2	20+20+5+5+5+5	60 mm
3. ve 4. Zimba	Ç3 + Ç4	$(\pi \times D/2) + (\pi \times D/2) = 3,14 \times 8$	25,12 mm
5. ve 6. Zimba	Ç5 + Ç6	$(\pi \times D) + (\pi \times D) = 2 \times 3,14 \times 2$	12,56 mm
Yan Çakı	Ç7	20+2	22 mm
Y EKSENİNE OLAN MESAFELER			
1. ve 2. Zimbalar		Y1 = Y2	50 mm
3. Zimba		Y3	70 mm
4. Zimba		Y4	40 mm
5. Zimba		Y5	60 mm
6. Zimba		Y6	40 mm
7. Zimba		Y7	28 mm
X EKSENİNE OLAN MESAFELER			
1. Zimba		X1	13 mm
2. Zimba		X2	35 mm
3. ve 4. Zimba		X3 = X4	45 mm
5., 6. ve 7. Zimba		X5 = X6 = X7	65 mm

$$X_s = \frac{\zeta_1 \times X_1 + \zeta_2 \times X_2 + \zeta_3 \times X_3 + \dots}{\zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \dots}$$

$$X_s = \frac{13 \times 20 + 35 \times 60 + 45 \times 25,12 + (12,56 + 22) \times 65}{20 + 60 + 25,12 + 12,56 + 22}$$

$$\underline{X_s = 41,04 \text{ mm}}$$

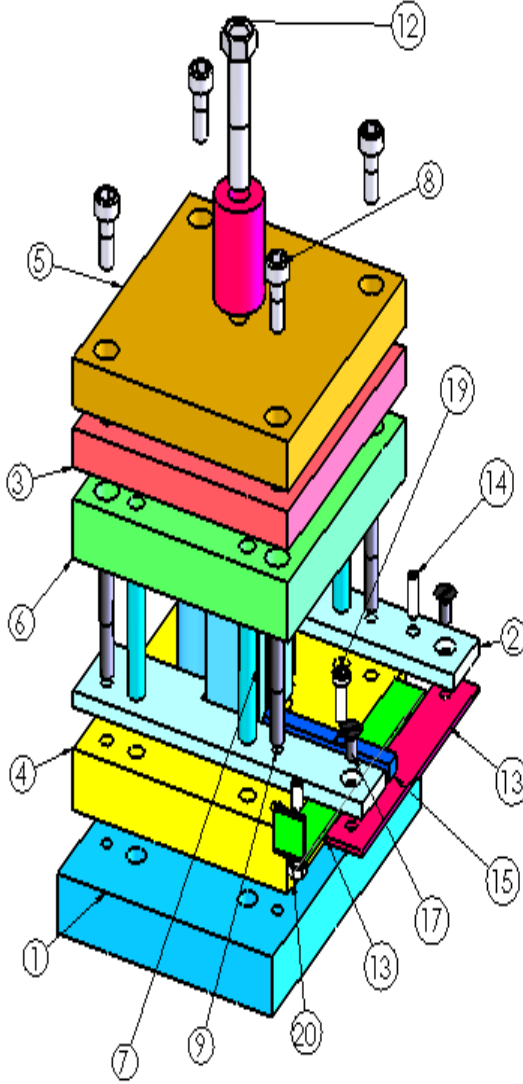
$$Y_s = \frac{\zeta_1 \times Y_1 + \zeta_2 \times Y_2 + \zeta_3 \times Y_3 + \dots}{\zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \dots}$$

$$Y_s = \frac{28 \times 22 + 30 \times 12,56 + 40 \times 6,28 + (60 + 20) \times 50 + 60 \times 6,28 + 70 \times 12,56}{20 + 60 + 25,12 + 12,56 + 12}$$

$$\underline{Y_s = 46,53 \text{ mm}}$$

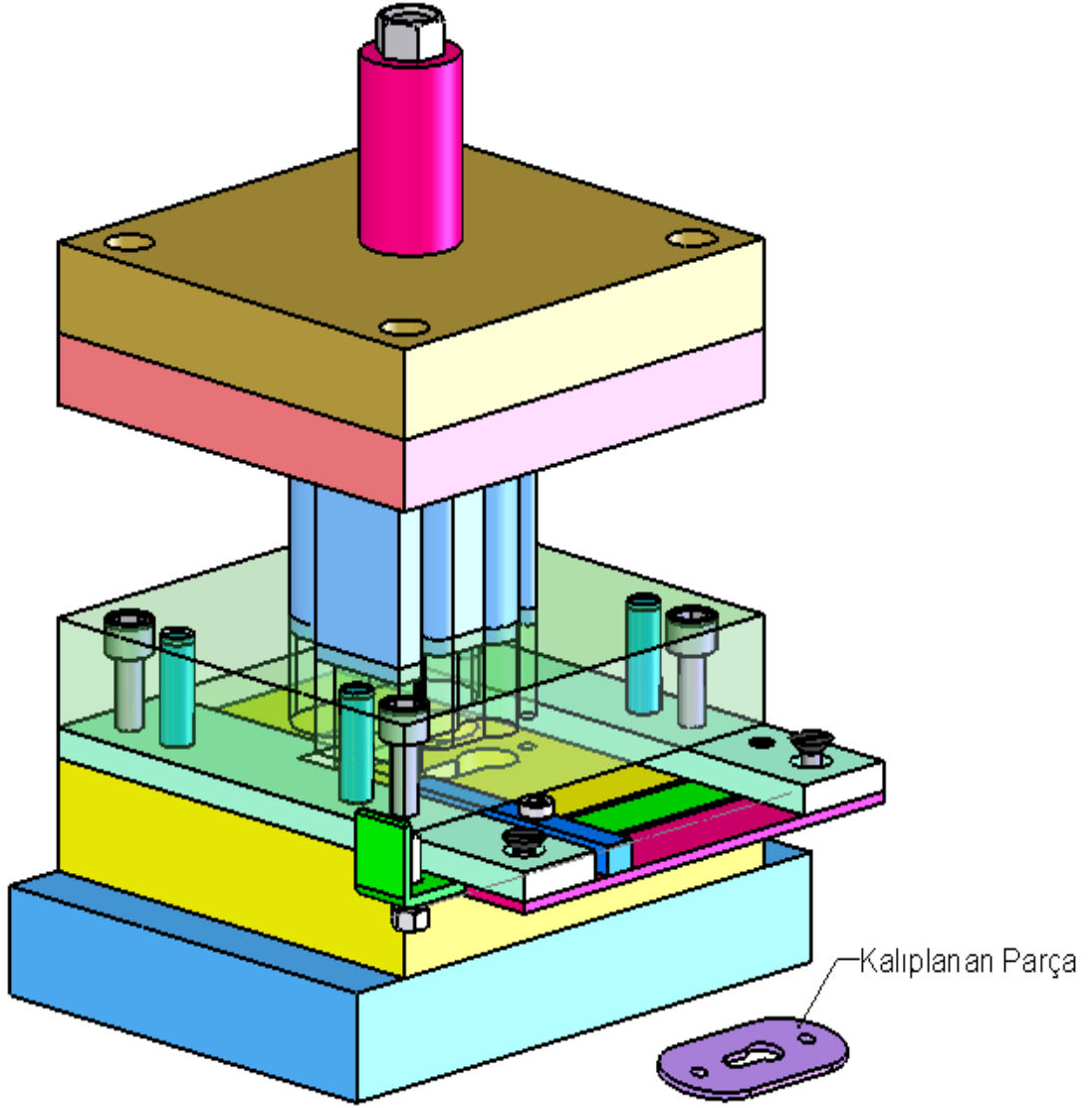
5. KESME KALIPLARINI OLUŞTURAN ELAMANLAR ve ISIL İŞLEM

Kalıpların görev yapmasını sağlayan onu bütünleyen parçalar, kalıbı oluşturan elemanlardır. Bunlar, kalıp üst ve alt plakaları, matris (dişi kalıp), ara sac, klavuz tablası, köprü sacı, zımba, zımba tutucu, darbe sacı, sap tutucusu, sap ve tüm grupları birleştiren merkezleme pimi ve bağlantı vidalarından oluşur. Şekil 5.1' de bir ardışık kesme kalıbı ve elemanları gösterilmiştir.



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1		Alt Plaka	1
2		Yan Parاللار	1
3		Zımba Tutucu	1
4		Matris (Dişi)	1
5		Üst Plaka	1
6		Sıyıcı	1
7		Çakıllar	1
8		Silindirik Başlı Cıvata M8x1.5x25	4
9		Silindirik Başlı Cıvata M8x1.5x65	4
10		Pim 1.0x1.00	4
11		Sap Tutucu (Mapa)	1
12		Altıköşe Başlı Cıvata M12x1.75x65	1
13		Tutucu Sac	1
14		Setskur M6x1 x20	2
15		İtici Parça	1
16		İtici Kol	1
17		Havaşlı Başlı Cıvata M6x1 x20	2
18		Yay	1
19		Silindirik Başlı Cıvata M6x1x25	1
20		Somun M6x1	3

Şekil 5.1. Kesme Kalıbının Komple Resmi



Şekil 5.2. Örnek kalıp montaj şekli ve ürün

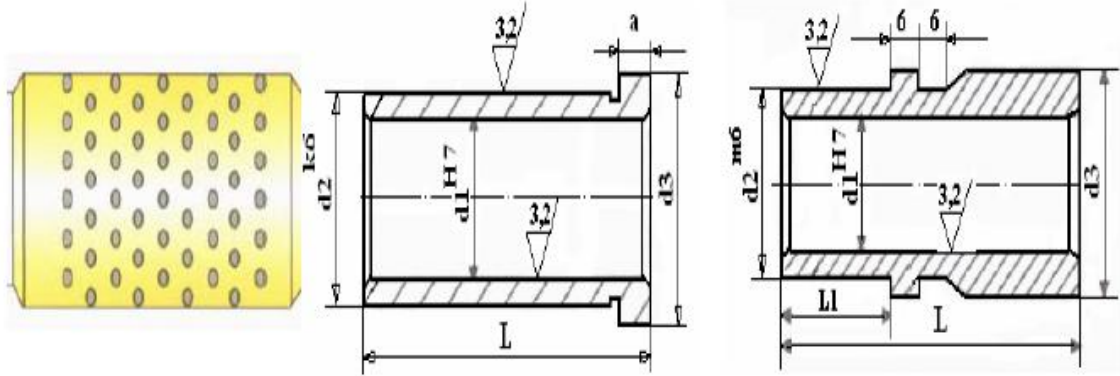
5.1 Sütun (Kızak, Kılavuz Pimi)

Kılavuz takımlarının uygun konuda birleşmesini ve çalışmasını sağlayan set elemanıdır. Bunlara kolon, kızak veya kılavuz pimi de denir. Sütunlar, set alt elemanına hassas olarak açılmış deliklere sıkı olarak monte edilen (H7/S6) millerdir. Bunlar üst kalıp elemanında bulunan burçlara geçirilerek çok hassas bir toleransta konum ve çalışma sağlar.

5.1.1 Sütun Burçları

Kalıp takımlarının önemli elemanlarından olan burçlar, kalıp üst elemanının sütunlar üzerinde hassas olarak çalışmasını sağlar. Sütun ile burç çapları arasındaki alıştırma toleransı minimum 0,01mm, max. 0,025 mm arasındadır. Genelde normal delik sisteminde H5, H7, h5, J6 göre işlenir.

En çok kullanılan burçlar aşağıda gösterilmiştir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Burçlara ait örnekler ve ölçülendirilmesi [FİBRO kalıp elemanları kataloğu]

5.2 Matrisler (Dişi Kalıplar)

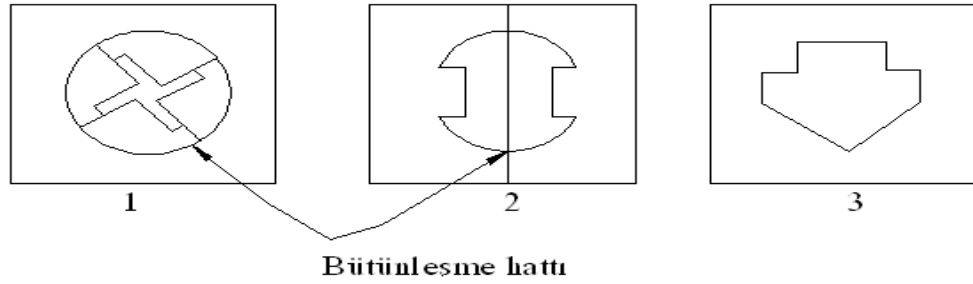
Pres kalıplarında, zımba grubu ile bütünleşerek üretimin oluşmasını sağlayan kalıp elemanıdır. Dişi kalıp olarak da isimlendirilir.

Kesme kalıp matrisleri, aşağıda belirtilen soğuk iş, takım çeliklerinden yapılır. Bu çeliklerin özellikleri:

- * İyi işlenebilirlik
- * Isıl işlemlerde şekil değişimlerinin çok az olması
- * Yüksek aşınma dayanımı
- * Yeterli tokluk ve basma mukavemeti gibi özellikleri taşıyan bu çelikler
- * Havada sertleşebilen
- * Yüksek karbonlu ve kromlu
- * Yağda sertleşen türlerde,

Thyssen, Böhrer, Assab, Uddeholm, ülkemizde, M.K.E, Asil çelik gibi firmalar üretmektedir. Bu firmaların kataloglarını inceleyerek, yapılacak matris ve zımbaya uygun soğuk iş takım çelikleri seçilmelidir. Katalog değerlerine göre sertleştirilmeli ve menevişlenmelidir.

Kesme kalıplarında, üretilecek parçanın biçimine büyüklüğüne göre, matrisler, yekpare (tekparça) veya çok parçalı olarak yapılır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Dişi kalıp matris örnekleri 1 ve 2 parçalı 3. Yekpare (tek parçalı) [Kurt, 1999]

5.3. Ara Sac (Yan Kayıt)

Ara sac, matris ile kılavuz tablası arasına konan kalıp elemanı olup, malzeme şeridinin kalıp içerisindeki ilerleme yönünü kontrol eder. Kapalı kesme kalıplarında iki, yarı açık kalıplarında tek yan kayıt kullanılır. Bazı hallerde ara sac, kılavuz tablasına kanal açmak suretiyle oluşturulabilir. Ara sac kalınlıkları, genelde sac kalınlığının;

$As = (1,5 - 3).s$ katı alınarak tespit edilir.

Yan zımba ile yapılan dayanıklarda, ara sacın biri dayanak görevi yapar. Bu ara sacın kalıp giriş ağzındaki kısmı yan zımba payı kadar azaltılır. Diğer stoplamalarda bu işlem yapılmaz (Şekil 5.7).

5.4. Dayanaklar (Stoplar)

Malzeme şeridinin her pres kursunda eşit miktarda ilerlemesini düzenleyen kalıp elemanına dayanak stop veya konum tespit elemanı denir. Kalıpların en önemli elemanlarından biridir.

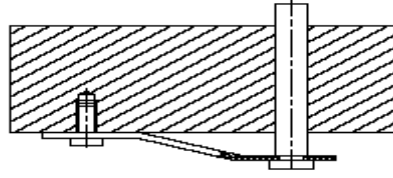
5.4.1 Pimli dayanaklar (Stoplar)

İlk, ara ve son dayanak olarak kullanılabilir. Genelde matrise monte edilir. Uygulanan tolerans H7/m6 çakma geçme olmalıdır. Pimli dayanağın geçeceği deliğin boydan boya delinmesiyle şu fayda sağlanabilir.

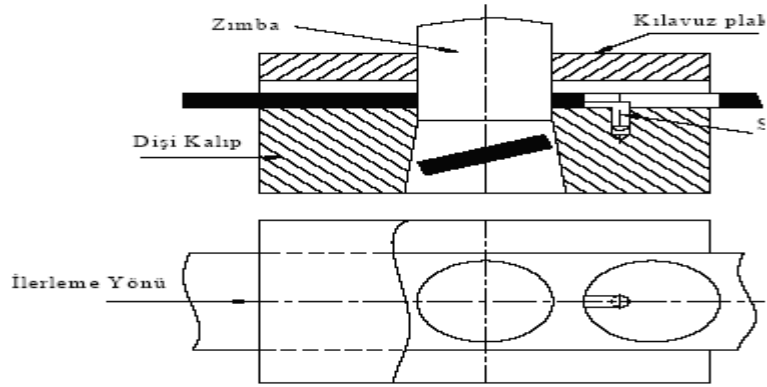
-Kalıp sökülmeden pimli dayanak ayarlanabilir.

-Matrisin taşlanması için pimli dayanak kolayca sökülebilir.

Pim dayama Şekil 5.5'te görüldüğü gibi kalıp deliğinden kesme payı kadar uzağa yerleştirilmiştir. Bu dayamaların sabit ve yay baskılı olanları vardır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Sabit pim dayama



Şekil 5.6. Yay baskılı pim dayama

5.4.2 Prizmatik dayanaklar

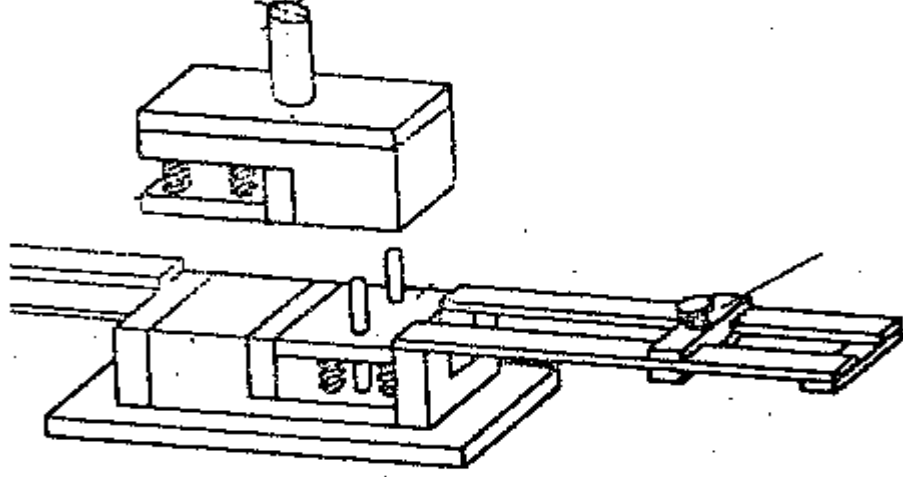
Genelde son dayanak olarak uç kesme kalıplarında kullanılır. Bu dayanaklar, ek olarak uç kesme esnasında oluşan yan kuvvetlere karşı destek görevi de yapar. Yapımında takım çeliği veya sementasyon çeliği kullanılabilir. Eğer takım çeliğinden yapılırsa 60-62 HRC' ye kadar sertleştirilmelidir.

Sementasyon çeliğinden yapılırsa, 0,8 mm derinliğinde sertleşecek şekilde sementasyon edilmesi gerekir. Prizmatik dayanaklar kalıp altlığına veya matrise bağlanırlar.

5.4.3 Plaka dayanak

Plaka dayanaklar, uç kesme kalıplarına sabit veya ayarlanabilir tarzda uygulanabilir. Plaka dayanağa bağlama yeri sağlamak için genelde arka ara saç yeter uzunlukta yapılır.

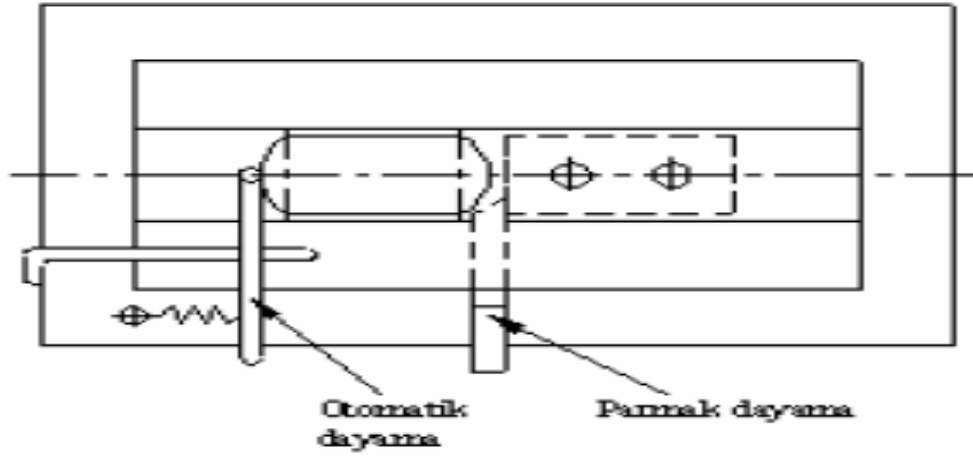
Sabit plaka dayanak ara saçtaki yerine iki pim ve bir veya birden fazla vida ile bağlanabilir. Malzeme şeridinin plaka d yanağa temas etmesi için kademeli yapılıdır. Kalıbın ihtiyaca göre çeşitli uzunluklarda iş parçalarının üretiminde kullanılabilmesi için dayanağın bağlandığı ara sac şekil 5.7’ de görüldüğü gibi kanal oluşturularak, ayarlanabilme yeteneği sağlanabilir.



Şekil 5.7. Ayarlanabilir dayanak [Kurt, 1999]

5.4.4 Parmak dayanaklar

Bu tür dayanaklar, el ile ilerletilen kalıplarda birden fazla istasyon (hatve) var ise, ilk ve ara dayanak olarak kullanılır. Parmak dayanaklar el ile çalışır. El ile ileri sürüldüğünde Şekil 5.8’ de belirtildiği yatakladığı kanaldan ileri çıkarak malzeme şeridinin ilerlediği kanala girer. Böylece malzeme şeridini durdurur. Bu anda pres pedalına basılır, koç üst ölü noktadan alt ölü noktaya inerek kalıbın görev yapmasını sağlar. Pres koçu tekrar üst ölü noktaya dönerken, operatör parmak dayanağa bastırıldığı parmağını çeker. Parmak dayanak da yay vasıtasıyla geri gelir veya el ile geri çekilir. Bu işlem malzeme şeridi bitinceye kadar tekrarlanır.



Şekil 5.8. Parmak dayamalara örnek

5.5. Kalıp Montajında Kullanılan Elemanlar

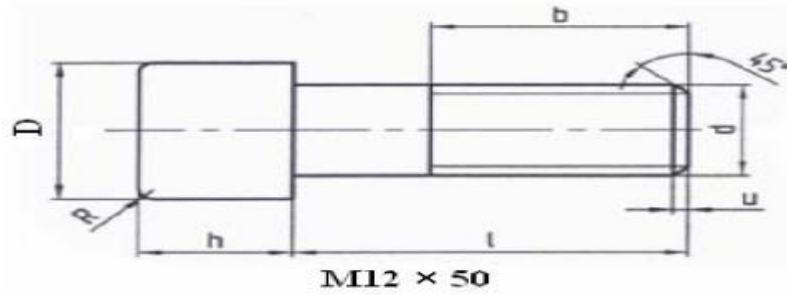
Kalıp parçalarının montajı esnasında birleştirme işlemi için civatalar, parça konumları belirleme ve merkezleme için pimler kullanılmaktadır.

5.5.1 Vidalar

Vidalar sökülebilir bağlantılar için en çok kullanılan makine elemanlarıdır. Kalıpcılıkta en çok silindirik başlı civatalar kullanılır. Bu civataların tercih sebebi, estetik görünüm ve sağlam olmalarıdır. Bu civatalara somun görevini kalıp elemanları yapar. Vida açılacak kalıp parçasının boydan boya delinmesi, ısıl işlem ve vida çekme açısından faydaları vardır.



Şekil 5.9. Kalıp elemanlarının montajında kullanılan standart civatalar [FİBRO Kalıp Elemanları Kataloğu]



Şekil 5.10. Silindirik başlı civata ölçüleri [Güneş, 1989]

Şekil 5.10'da verilen silindirik civata ölçülerini şu şekilde olmalıdır;

D: Gömme baş çapı

d: Civata anma çapı

h: Civata başı kalınlığı

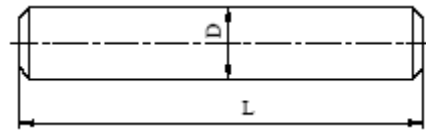
b: Diş uzunluğu

Silindirik başlı civatanın standart gösterimi;

Silindirik başlı civata M12 x 50 TS 1020/17 12,9

5.5.2 Pimler

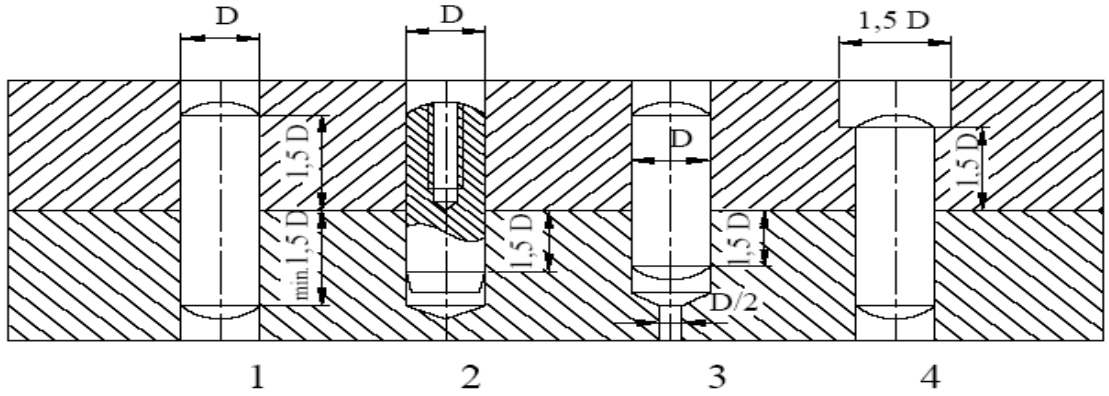
Kalıp parçalarının montaj ve demontajında parçaların konumlarını korumaları gerekir. Parça konumları silindirik pimler ile sağlanır. Bunun için en az iki pimin kullanılması gerekir. Tek parça olarak birleştirilen alt kalıp seti, kesici kalıp, ayırma plakası ve sıyırıcı plaka aynı ekseninde uzun tek pimle veya kısa iki pim ile konumlandırılıp birleştirilir. Kör deliklere takılan pimlerin çıkarılması için vidalı pimler kullanılmalıdır. Şekil 5.11 ve 5.12'de pimlerin kullanım amaçları, standart ölçüleri, çizimi ve standart gösterimi görülmektedir.



Şekil 5.11. Silindirik pim [Güneş, 1989]

Çizelge 5.1. Silindirik Pimin kullanım amaçları ve standart gösterimi [Güneş, 1989]

Raybalanacak delik çapı, mm	Pim çapı D, mm	Pim boyu, mm	
		L (min)	L (max)
3,85	4	12	40
4,85	5	15	50
5,80	6	18	60
7,75	8	24	80
9,60	10	30	100
11,50	12	36	120
13,50	14	42	160



Şekil 5.12. İki plakanın çeşitli pimlerle birleştirilmesi [Güneş, 1989]

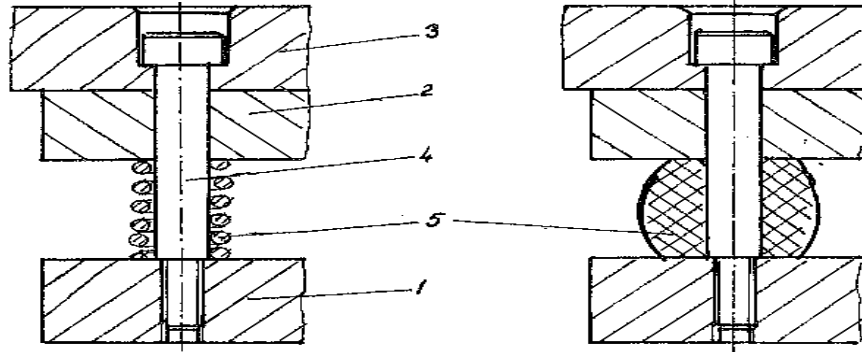
1. Boydan boyya delinmiş iki plakanın pimle montajı.
2. Tek tarafı kör delik olan iki plakanın vidalı çektirme pimi ile montajı.
3. Tek tarafı yarı kör delik olan iki plakanın birleştirilmesi Pimin çıkması için kör delik tarafına $D/2$ çapında delik delinir.
4. Plaka kalınlıkları toplamı 50 mm yi aşan durumlarda pim boyunu uzatmamak için plakanın tek tarafı $1,5xD$ çapında boşaltılır (Şekil 5.12).

5.5.3 Yaylar ve kauçuklar

Üzerlerine gelen yüklerin etkisi ile esneyerek (yaylanarak) enerji depo eden ve üzerlerindeki yükün etkisi kalkınca, enerjiiyi aynı oranda geri veren veya eski halini alan makine elemanlarına yay ve esnek elemanlar denir.

Esnek elemanlar, titreşim ve sarsıntıları azaltmak, darbeleri önlemek, makine parçalarını aynı normda tutmak, bir hareket oluşturmak için kullanılır.

Esnek elemanların sınıflandırılması aşağıda belirtildiği gibi yapılabilir.



Şekil 5.13. Yayla ve kauçukla donatılmış kalıp da kullanılan ayırma vidası
1- Ayırma (kılavuz) plakası 2- Zimba tutucusu 3- Sap tutucusu
4- Ayırma vidası 5- Helisel yay ve kauçuk yay [Güneş, 1989]

5.6 Çelik Malzeme Özellikleri ve Isıl İşlemler

Makine parçalarının ve kalıp elemanlarının yapımında en çok kullanılan çeliklerin birçok çeşidi vardır. Alaşımlı, alaşımsız, yüksek hız, soğuk iş ve sıcak iş takım çelikleri olarak oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Takım ve kalıp çeliklerinde aranan özellikler

şunlardır:

- 1-Dayanım,
- 2-Sertlik,
- 3-Tokluk,
- 4-Aşınmaya karşı dayanım,
- 5-Yüksek sıcaklıklara dayanım

5.6.1 İmalat çelikleri

İmalat çelikleri (karbonlu çelikler) az miktarda (% 0,2 oranında) karbonun demire katılmasıyla elde edilir. İmalat çelikleri; inşaat alanında, her türlü profil çelik elemanı üretiminde, her kalınlıkta sac yapımında, kaynak telleri yapımında, zincir üretiminde, çivilik tel yapımında, bazı el aletlerinin ve makine parçalarının yapımında oldukça fazla kullanılır.

Çizelge 5.2. İmalat çelikleri tablosu (URL-2)

SAE	DIN	AFNOR	BS	UNI	JIS
-	ST52-3	E36-3; E36-4	4360-50 B:50 D	Fe 510 B;C;D	SM50YB
1045	CK45	XC45	080 M 46	C45;C46	S 45 C
1040	CK40	XC42 H 1	080 A 40	C	S 40 C
1015	CK15	XC18	080 M 15	C40	S 15C;S 15 CK
1035	CK35	XC38 H 1	060 A 35	C15;C16	S 35C
1020	CK20	XC25: XC18	050 A 20	C20	S20C;S20CK
1060	C60	AF 70 C 55	080 A 62	C60	-
1030	CK30	XC30	-	C30	S 30 C
1055	C55	XC 55 H 1	070 M55	C55	S 55 C
1050	CK50	-	080 M50	-	-
45 S20	45 MF4	212 M 44	-	-	-

5.6.2 Soğuk iş takım çelikleri

Genel olarak yüzey sıcaklığı 200 °C'yi geçmeyen takımların imalinde kullanılan çeliklerdir. Talaşlı veya talaşsız imalat için kullanılırlar. Kalıp parçalarının yapımında en çok kullanılan çelik türüdür (dişi kesici plaka ve zımba yapımında kullanılırlar). Oda sıcaklığında çalışan kalıp ve takımlarda, yüksek sıcaklıklara dayanım gerekmediğinden, soğuk iş çelikleri çok iyi aşınma dayanımı ve tokluğu sağlayacak şekilde alaşımlandırılırlar. Üç grupta toplanırlar;

- 1- Havada sertleşen çelikler
- 2- Yüksek karbonlu ve kromlu çelikler
- 3- Yağda sertleşen çelikler

Soğuk iş çeliklerinde en çok görülen şekil değişimleri dört grupta toplanabilir:

Aşınma, atma (deformasyon), ezilme, çatlama

Soğuk iş çeliklerinde kullanım alanına göre aşınma dayanımı veya tokluk çok önemli özelliklerdir. Sürekli aşınmaya maruz kalan kalıp veya takımlarda, tokluk özelliğine bakmadan yüksek sertliğe erişebilen çelikler tercih edilebilir. Darbe olmadığından tokluğu düşük olabilir. Fakat hem aşınma hem de darbenin olduğu kalıplarda tokluğu da yüksek olan çelikler tercih edilmelidir. Aksi takdirde kırılmalar, atmalar yaşanabilir.

Yüksek darbe ile çalışan kalın sac kesen makas ağızları, zımbalar veya soğuk makaslarda ise tokluk özelliği en ön planda gelir.

Çizelge 5.3. Soğuk iş takım çelikleri ve özellikleri

Malzeme	C	CR	Mo	V	Diğerleri	Açıklama
1.2379	1.55	12.00	0.70	1.00	Si 0.40	Yüksek aşınma dayanımı
1.2363	1.00	5.00	1.20	0.20	Si 0.30	Isıl işlem esnasında ölçü değişikliği çok az olur, yüksek tokluk özelliği vardır.
1.2080	2.20	12.00	-	-	Si 0.40	Kalınlığı 4mm'ye kadar olan sacların kesme kalıplarında kullanılır.
1.2842	0.85	0.50	-	0.15	Si 0.40	İşlenmesi kolay takım çeliğidir. 6mm'ye kadar olan sacların kesme kalıplarında kullanılır.
1.2767	0.45	1.30	0.20	-	Ni 4.00	Parlatılabilirliği, sertleşebilirliği ve tokluğu yüksektir. İşlenebilirliği çok iyi olan desenleme için uygun malzemedir.
1.2436	2.12	11.20			W 0.65	Çok yüksek aşınma direncine sahiptir.
1.2601	1.65	12.00	0.60	0.30	W 0.50	Makaralar ve hadde topları için idealdir.
1.2067	1.00	1.50	-	-	-	Rulman çeliği olarak bilinir.
1.2360	0.50	7.00	1.50	1.40	Si 0.90	Tokluğu yüksek kesme kalıpları için idealdir.
1.2378	2.20	12.5	1.00	2.00	-	Aşındırma direnci çok yüksektir.
1.2510	1.00	0.55	-	0.20	W 0.60	Darbe direnci iyidir.

5.6.3 Çeliklerin tabii tutulduğu ısıl işlemler

Bütün ısıl işlemlerin amacı, malzemenin özelliklerini istenilen şekilde değiştirmektir. Çeliğin içyapı özelliğini değiştirmek amacıyla yapılan, ısıtma ve soğutma işlemleriyle, yüzeye alaşım elementi verilmesi ya da çekilmesi işlemlerinin tümüne ısıl işlem adı verilir. Çelik malzemenin yapısı; içindeki karbon ve diğer maddelerin oranı, bulunış şekli, çeliğin elde edilme metodu, malzemenin çalışacağı yerdeki yapacağı göreve göre özellik kazandırılması gerekir. Bu özellikleri, şöyle sıralayabiliriz.

1-Çelik malzeme elde edildikten sonra, elde etme esnasında meydana gelen iç gerginlikleri giderme

2-Sertlik kazandırma ve yumuşatma

3-Dayanım artırma

4- İşlenebilirlik

5-Soğuk veya sıcak dövme işçiliğine elverişlilik

6-Darbelere ve dış etkilere karşı direnç

7- Çalıştığı ortama uyum

8-Kimyasal olaylardan etkilenmeme

9- Elektrik ve manyetik özellikler kazandırma şeklinde sayabiliriz

Bu özellikleri kazandırmak için çeliklere ısıl işlemler uygulanır. Isıl işlem kısaca malzemenin kristal yapısının değiştirilme işlemidir.

5.6.3.1 Sertleştirme işlemleri

Takım çeliklerinin mümkün olan en yüksek sertlik derecesine ve aşınma dayanımına sahip olmaları istenir. Bu bakımdan serleştirme; çeliklerin daha önce belirlenmiş sertleştirme sıcaklıklarına kadar tavlama, bunun ardından soğutulması ve son olarak da sert yapının istenilen düzeyde sünek hale getirilmesi şeklinde yapılır. Dolayısıyla sertleştirme işlemi üç aşamadan meydana gelir.

1-Tavlama

2-Soğutma

3-Gerginlikleri giderme

5.6.3.2 Menevişleme işlemi

Çelik malzemelere uygulanan ısı işlemlerden sonra malzemenin iç yapısında meydana gelen gerginlikleri gidermek ve iş parçasında oluşabilecek çatlakları önlemek için yapılan ısı işleme menevişleme denir. Bu işlem çelik malzemenin; vurma, sarsıntı ve darbe dayanımlarını artırır.

Malzemelerin menevişleme sıcaklıkları 150-650 °C arasındadır ve amaca göre bu değerler arasından seçilir. Sertleştirilmiş çelik, sertlikle beraber kırılabilirlik da kazanır. Darbeli çalışmalarda kırılabilirlik istenmeyen bir durumdur. Menevişleme ile daha az sert, ancak tok bir yapı elde edilir.

Menevişleme işlemi genel olarak sade karbonlu çeliklerde 100-300 °C, katkılı çeliklerde 200-400 °C, sıcaklıklar arasında gerçekleştirilir. Sertleştirme işleminden hemen sonra parça büyüklüğüne göre menevişleme sıcaklığına kadar ısıtılır. Malzeme, özelliğine uygun süre menevişleme sıcaklığında tutulur. Menevişleme işlemi sonucunda, malzeme iç bünyesindeki gerilim alınmış ve kırılabilirlik azalmış olur.

5.6.3.3. Yumuşatma işlemi

İçerisinde % 0,6 oranından fazla karbon bulunan çelik malzemelerin işlenmesi sırasında özellikle makine işçiliği için zorluklarla karşılaşılır. Makine işçiliği ile işleme veya doğrudan talaş kaldırma işçiliği için bu türdeki malzemeler içerisindeki karbon

miktarına göre 680-750 °C arasında birkaç saat süreyle ısıtılarak kendi hâlinde soğutulmaya bırakılır.

Bu sayede malzemenin dokusu değişir. Bu işleme yumuşatma tavaı denir. İçerisinde karbon miktarı % 0,6'dan az karbonlu çelikler genel olarak yumuşatma tavaı görmüş olarak kullanıma sunulur.

5.6.3.4 Gerilim giderme işlemleri

Çelik malzemelerden özellikle takım çelikleri talaş kaldırma işlemine elverişli hale getirmek veya talaş kaldırma işleminden sonra içyapısında oluşan gerginlikleri gidermek için, parçaların 600-650 °C'de tavlansarak kendi halinde soğutma işlemine denir.

5.6.3.5 Yüzey sertleştirme işlemleri

Bu yöntemde sertleştirilecek parçanın tamamı sertleştirme sıcaklığına yükseltilmeyip yalnız sertleşmesi gereken bölgeler, yani parçaların üst yüzeyleri ısıtılır. Hemen arkasından, iş parçası birdenbire soğutulurak kristal yapısındaki değişikliğin sabit kalması sağlanır. Böylece hem parçanın dış yüzeyi sertleşmiş hem de içyapısı değişmeyerek gerilimsiz ve deformasyonsuz olacaktır.

Bu yöntem aşağıda sıralanan iş parçalarına uygulanır:

- 1-Bölgesel olarak aşınma ile karşı karşıya kalma
- 2-Sertlik alanları arttığında ekonomik zararlara uğrama
- 3-Düşük karbonlu çelikten iş parçaları yapma

Yüzey sertleştirme yöntemleri temelde ikiye ayrılır:

- 1-Yüzeyin kimyasal yapısını değiştirerek yüzey sertleştirme
- 2-Yüzeyin kimyasal yapısını değiştirmeden yüzey sertleştirme

5.6.3.6 Sementasyon işlemi

Sementasyon işlemi kısaca; düşük karbonlu çeliklerin yüzeylerine karbon emdirilerek sertleştirilmesi işlemidir. Karbon emdirme yöntemine göre katı, sıvı, gaz sementasyon olarak sınıflandırılırlar

5.6.3.7 Nitrürleme işlemi

Çeliğin üst yüzeyine, azot atomlarının meydana getirdiği nitrür katmanının oluşturulması işlemidir. Nitrürasyon işlemi parçaların 500-600 °C arasında ısıtılarak, amonyak gazının altında tutulması ile gerçekleştirilen bir yüzey sertleştirme yöntemidir. Nitrür katmanı sertleştirilecek gerecin yaklaşık 0,5 mm derinliğine kadar işler ve bu noktalarda yüksek sertlik değerleri verir.

5.6.4 Sertleştirme ve meneviş işleminin yapılaş amacı

Malzemeler, yüksek sertliğe ve bu sayede yüksek aşınma direncine sahip olması için sertleştirilir. Sertlik kazandırdığımız malzeme aynı zamanda kırılabilirlik de kazanır ki, bu istenmeyen bir durumdur. Malzemenin bu kırılabilirliğini gidermek için menevişleme yapılır. Menevişleme sayesinde malzemenin sertliği fazla düşürülmeden kırılabilirliği azaltılmış olur. Bu iki işlem sonucunda hem sert hem de tok bir malzeme elde edilmiş olur.

5.6.5 Isıl işlemlerde meydana gelen hatalar ve çareleri

Çelik malzemelerin işlenip ısıl işleme alınmasıyla beraber değişik sorunlar ile karşılaşabilmekteyiz Bunların bir kısmı malzeme ile ilgili, diğer kısmı ise ısıl işlem metodu ve yapılması ile ilgilidir. Aşağıdaki çizelgede muhtemel bazı hatalar, nedenleri ve çareler hakkında kısa bilgiler verilmektedir.

Çizelge 5.4. Isıl işlemlerde hataların neden ve çareleri (MEGEP, 2006)

ÇELİĞİN BAŞLANGIÇ YAPISINDAN MEYDANA GELEN HATALAR			
NEDEN	HATA	SONUÇ	ÇÖZÜM
Malzeme İç Hataları	Gaz boşlukları, dövme ve haddeleme hataları	Su verme sonunda çatlama ve yarıma	Çelik üretiminde daha fazla dikkat edilmelidir.
	Tavlama esnasında malzemenin yanması	Yumuşak bölgeler, gerilme ve sertleşme	Yüzeysinden talaş alarak yeniden sertleştirilmeli
Talaş çıkaran İşlerde gergin	-	Çarpılma, anormal genişleme ve çatlaklar	Gerilim giderici tavlama işlemi uygulanmalıdır.
Şekle bağlı hatalar	İş parçasında kesitler arası farklar fazladır	Kesit değişimi olan yerde çatlaklar ve çok şiddetli çarpılma	Köşe ve kenarlar yuvarlatılır. Kalın kesitlere delik açılır. Geçiş yerlerine ateş çamuru sıvanır.
SERTLEŞTİRME İŞLEMİNDEN DOĞAN HATALAR			
Isınma sırasında	Su verme sıcaklığının uygun olmaması	Kırılganlık veya yumuşaklık, genişleme çatlama olur.	Su verme sıcaklığı kontrol edilmelidir.
	Çok hızlı tavlama, çekirdeğin soğuk kalması	Sert olan kabukta çatlaklar oluşur.	Parçayı su verme sıcaklığında bir süre bekletmek.
	Fırın kamarası küçük ve parça her noktadan aynı ısınmıyor.	Sıcak ve soğuk bölgeler arasında çekme, genişleme ve çatlama	Isı kaynağı kontrol edilerek uygun büyüklükte fırın seçilmelidir.
	Fırın kamarasında oksitleyici atmosfer	Yüzeyin karbonu yanar ve yumuşak bölgeler kalır.	Fırında yakıt ayarı tam yapılmalıdır.
Soğuma sırasında	Karbonca zengin ortamda tavlanan çeliğin yüzeyi karbon almış	Çalışırken ince kenarlarda kırılma görülür.	Daha az karbonlu ortamda tavlama gereklidir.
	Çok hızlı ve çok yavaş soğutmak	Çekme çatlama oluşur.	Sertleştirme işlemine dikkat edilmelidir.
	Buhar keseciklerinin iş kenarlarında birikmesi	Yumuşak bölgeler ve çekme çatlakları olur.	Su verme banyosunda hareket sağlanmalıdır.
Yanlış tasarım	Su verme banyosuna yanlış daldırma	Şiddetli çarpılmalar olur.	Parça uzun eksenli su verme sırasında dikey daldırılmalıdır.
	Yanlış tasarım (dizayn), karmaşık şekilli ve kesit farklılıkları çatlama ve çarpılmalara yol açar.		Kademeli sertleştirme uygulanmalıdır.

5.6.6 Malzeme Soğutma Ortamları

Çeliklerde sertleştirme yolu ile değişik özellikler kazandırmanın önemli bir aşaması da soğutma işlemidir. Bu işlemin amacı çelik malzemenin yapısını istenilen özelliğe dönüştürmektir. Soğutma işlemi; yağ, su, hava ve gaz olmak üzere dört şekilde yapılmaktadır.

5.6.6.1 Yağda soğutma

Yağ, malzemenin soğuma hızını düşürür. Yağın bu özelliği kritik soğuma hızı düşük olan çeliklerin yağda sertleştirilmesini gerekli kılar. Ayrıca yağda sertleştirme bütün çeliklerde en yüksek korozyon direncini sağlar. Yağ banyolarında en sağlıklı soğutma sıcaklıkları 40-60 °C'dir ve yağın soğutma işlemi sırasında karıştırılması (devir daim) gerekir. Yağda serleştirilen parçalar tamamen yağa daldırılmalı, yağ sıcaklığına kadar bekletilmeli ve sonra meneviş fırınına alınmalıdır.

Yağda soğutma sonucu daha az iç gerginlikler oluşur. Buna bağlı olarak da daha az çarpılma ve çatlama oluşur.

Yağda su verme için bitkisel ve hayvani yağlardan daha ucuz ve yüksek ısılara dayanıklı makine yağları tercih edilmektedir. Yağlama yağlarının sıcaklıkları 30-50 °C arasında olur. Kullanılan yağın alevlenme sıcaklığı 150 °C'nin üzerinde olmalıdır. Kullanma sırasında sıcaklık 60 °C'yi aşmamalıdır.

5.6.6.2 Suda soğutma (Sodali Su, Tuz Banyosu, Kostikli Çözeltiler, Polimer Çözeltiler)

Genel olarak en ucuz ve bol bulunan basit bir sertleştirme sıvısıdır. Çeliği büyük bir hızla soğutur. Soğutma hızı yağdan üç kat daha hızlıdır. Sade karbonlu çelikler için en uygun soğutma ortamıdır. Oluşacak olan buhar sertleşmeyi önleyeceğinden; suya, parça sekiz çizecek şekilde döndürülerek hareket verilmelidir. Hızlı soğumadan dolayı çatlaklar, iç gerginlikler ve çarpılmalar oluşur. Bunun önlemlerinin alınması gerekmektedir. Su ile sertleştirmede büyük parçalar için su sıcaklığı 10 °C, karışık şekilli parçalar için 27 °C civarında olmalıdır.

5.6.6.3 Tuzlu su

Ağırlık oranı bakımından %10 yemek tuzu karıştırılmış sudan ibarettir. Korozyona sebep olacağından tuzlu su kullanılması yaygın değildir. Su verme işleminden sonra parça yıkanmalıdır. Tuz, suyun kaynama noktasını yükselttiğinden buharlaşmayı azaltır ve daha iyi sertleşme sağlar. Özel bileşikler: %10 sodyum hidroksitli (NaOH) veya sülfürik asitli su banyolarıdır.

Su verme banyolarının en hızlı soğutma yapanlarıdır. Çelik yüzeyinin parlak olmasını sağlar. Cilde yakıcı etkisi olduğundan dikkatli davranmak gerekmektedir. Potasyum hidroksit (KOH) eriyiği de kullanmak suretiyle sertleştirme yapılmaktadır. Sertleştirme sonunda çelik yüzeyi çok parlak olur ve yüzeyi temizlemeye gerek kalmaz.

5.6.6.4 Hava ile soğutma

Genellikle yüksek alaşımlı çelikler üzerine hava üflenerek veya açık havada kendi haline bırakılarak soğutulma işlemidir. Soğutma hızı su ve yağa oranla çok yavaştır. Yüksek alaşımlı çeliklerde bu işlemin yapılma amacı, doku dönüşümünün tam sağlanmasıdır. Havada sertleştirme, soğuk işlem takım çelikleri ile yüksek karbonlu, çeliklere uygulanır. Parça tavlama sonrası, durgun hava, fanla soğutma veya basınçlı hava ile soğutma, yöntemlerinden biriyle soğutulur. Havadaki oksijenden dolayı, havada soğutma parçanın korozyon direncini düşürür.

5.6.6.5 Gaz ile soğutma (Azot, Hidrojen, Helyum)

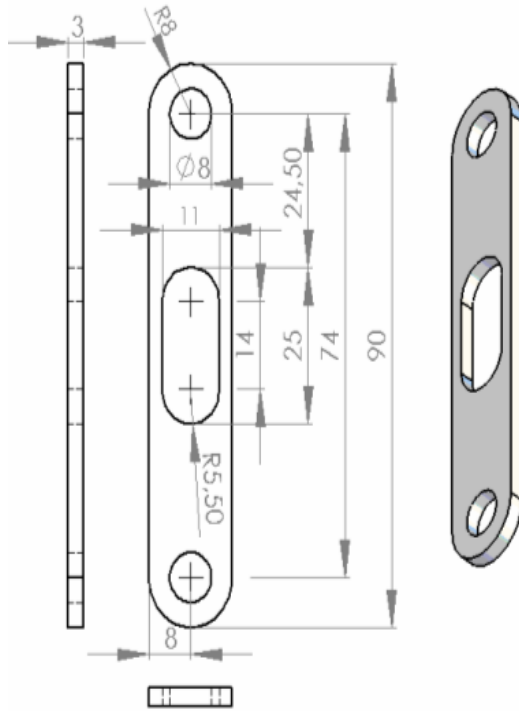
Çelikler fırın atmosferinde sertleştirilir. Fırın atmosferi sadece havadan meydana gelebildiği gibi bazı gazlar ilave edilerek de kullanılabilir. Bu durumda fırın atmosferine koruyucu atmosfer denir.

Argon, Helyum, Azot ve Hidrojen koruyucu atmosfer oluşumunda kullanılan gazlardır. Genelde Azot gazı kullanılır. Bu tür bir işlem yapılırken malzemenin korozyon dayanımını düşürmemesi için gazların kuru olması gerekir (su buharından arındırılmış olması). Bu işlem ile sertleştirilen yüzeyler temiz ve parlak bir görünüm alır.

6. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada örnek numunedan yola çıkılarak ampirik formüller yardımıyla kalıbı oluşturana kadar hangi hesaplamaların yapılacağı ve sonrasında bilgisayar ortamında tasarımı yapılan kalıbın, analiz sonucunda ortaya çıkan verileri aşağıda belirtilmiştir.

6.1. Tasarımı Yapılacak Kalıp İçin Ürün Çizimi ve Tasarıma Ait Hesaplamalar



Detay resmi verilmiş kilit karşılığı elemanının üretilmesi için kesme kalıbının hesabı aşağıdaki istenene göre yapılacaktır.

Kalınlık : 3mm

Y.Ç.P : 3 mm

Köprü payı (a): 3 mm

n: 50 dev/dak

τ_k : 40 kg/mm²

η : % 60

Şekil 6.1. Kalıbı tasarlanacak ürün

Yapılacak iş için istenen değerler:

- 1-Net alanın bulunması
- 2-Verimin hesaplanması ve uygun yöntemin belirlenmesi
- 3-Kesme kuvvetini bulunması
- 4-Matris gurubuna ait hesaplamalarının yapılması
- 5-Zımba grubuna ait hesaplamalar
- 6-Kalıpta kullanılacak vida çapının hesabı
- 7-Kesme işinin bulunması
- 8-Kesme gücünün bulunması
- 9-Kesme boşluğunun bulunması

6.1.1. Referans formüller

$$\eta_f = A_n / A_k \cdot 100 \quad (6.1)$$

$$\eta_k = 100 - \eta_f \quad (6.2)$$

$$\sum P_k = \tau_{k.s.} \cdot \sum U \text{ kg} \quad (6.3)$$

$$\dot{I}_k = (\sum P_k \cdot 0,6.s) / 1000 \text{ kgm} \quad (6.4)$$

$$N_k = (\dot{I}_k \cdot n) / (102.60 \cdot \eta) \text{ kW} \quad (6.5)$$

$$K_b = (1/75) \cdot s \cdot (\tau_k)^{1/2} \text{ mm} \quad (6.6)$$

$$K_m = (\sum P_k)^{1/3} \text{ mm} \quad (6.7)$$

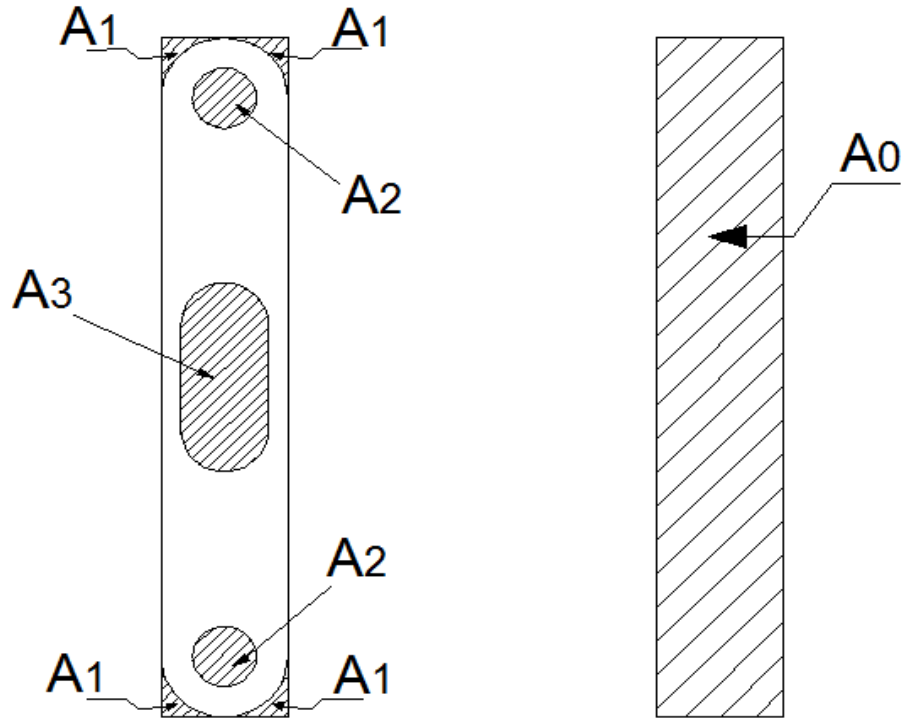
$$D_1 = [(4 \cdot P_a) / (\pi \cdot \sigma)]^{1/2} \quad (6.10)$$

$$K_k = (\sum P_a)^{1/3} \text{ mm} \quad (6.8)$$

$$S_{mx} = [\sum (U \cdot x)] / (\sum U) \text{ mm} \quad (6.9)$$

$$S_{my} = [\sum (U \cdot y)] / (\sum U) \text{ mm} \quad (6.11)$$

a) Net Alanın Bulunması



Şekil 6.2. Şerit sac ve ürün üzerindeki alanların gösterilmesi

$$A_n = A_0 - (4A_1 + 2A_2 + A_3) \quad (6.11)$$

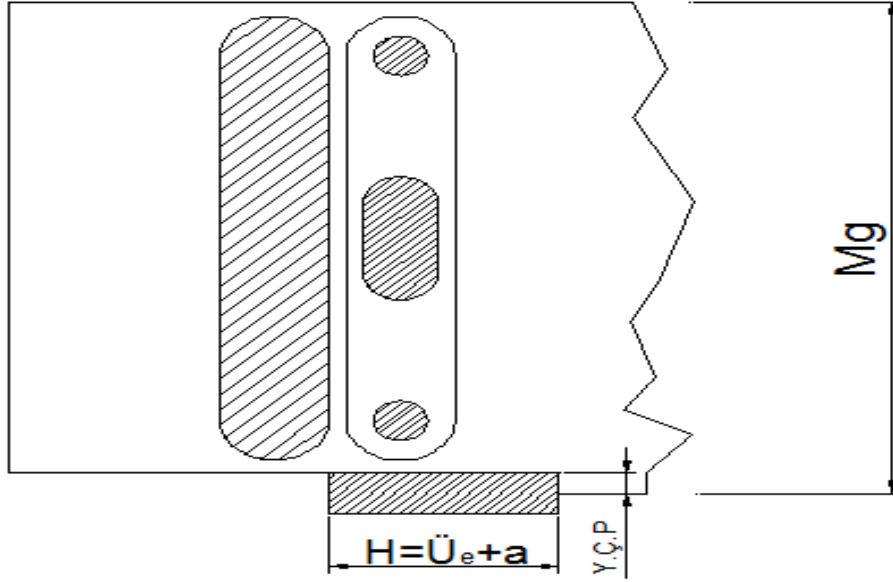
$$A_0 = 1440 \text{ mm}^2, \quad A_1 = 50.26 \text{ mm}^2, \quad A_2 = 50.26 \text{ mm}^2, \quad A_3 = 249 \text{ mm}^2$$

$$A_n = 1440 - (4 \times 50.26 + 2 \times 50.26 + 249), \quad A_n = 889.44 \text{ mm}^2 \text{ bulunur.}$$

6.2. Verim Hesabının Yapılması ve Uygun Yöntemin Belirlenmesi

6.2.1. Üretilen parçanın malzeme şeridine yerleştirilmesi

6.2.1.1. Birinci yöntem ve verim hesabı



Şekil 6.3. Şerit sacın kalıba sürülme şeklinin belirlenmesi (1. Yöntem)

Üretilen Parça Eni (Üe), Üretilen Parça Boyu (Üb), Bant genişliği (Mg), Adım (H), Yan çakı kesme payı (Y.Ç.P),

$$A_k = Mg \cdot H = 99 \times 19 = 1881 \text{ mm}^2$$

$$Mg = \text{Üb} + 2a + \text{Y.Ç.P.} \quad (6.12)$$

$$Mg = 90 + 2 \cdot 3 + 3 = 99 \text{ mm}$$

$$H = \text{Üe} + a \quad (6.13)$$

$$H = 16 + 3 = 19 \text{ mm}$$

Birinci yöntemin verim hesabının yapılması;

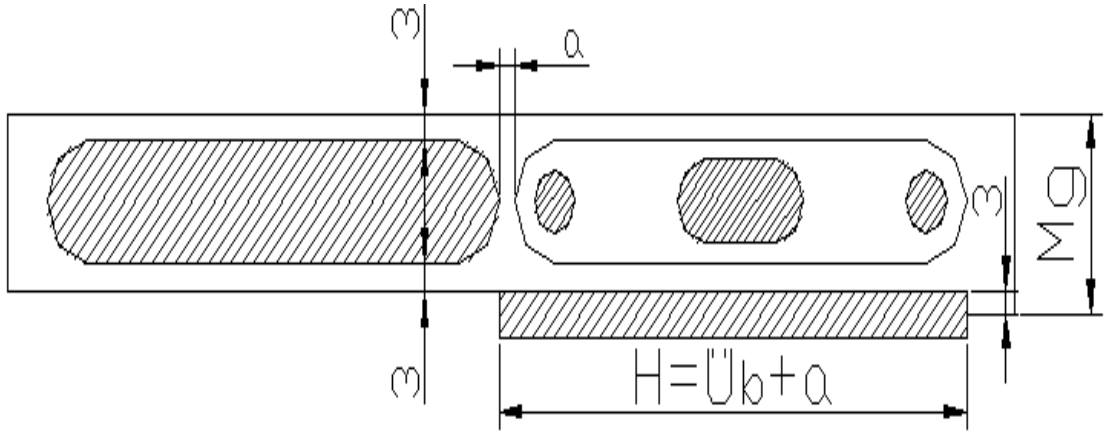
$$A_k = Mg \cdot H, \quad (6.14)$$

$$A_k = 99 \times 19 = 1881 \text{ mm}^2$$

$$\eta_f = \frac{A_n}{A_k} \cdot 100 = \frac{889 \times 44}{1881 \times 100} = 0,47 = \%47 \text{ bulunur}$$

$$\eta_k = \text{Kayıp katsayısı}, \eta_k = 100 - \eta_f = 100 - 47 = \%53 \text{ olarak bulunur.}$$

6.2.1.2. İkinci yöntem ve verim hesabının yapılması



Şekil 6.4. Şerit sacın kalıba sürülme şeklinin belirlenmesi (2. Yöntem)

$$Mg = \ddot{U}e + 2a + Y.Ç.P.$$

$$Mg = 16 + 2 \times 3 + 3 = 25 \text{ mm}$$

$$H = \ddot{U}b + a = 90 + 3 = 93 \text{ mm}$$

İkinci yöntemin verim hesabının yapılması;

$$Ak = Mg \cdot H = 25 \times 93 = 2325 \text{ mm}^2$$

$$\eta_f = \frac{An}{Ak} \cdot 100 = \frac{889 \times 44}{2325 \times 100} = 0,38 = \% 38 \text{ bulunur.}$$

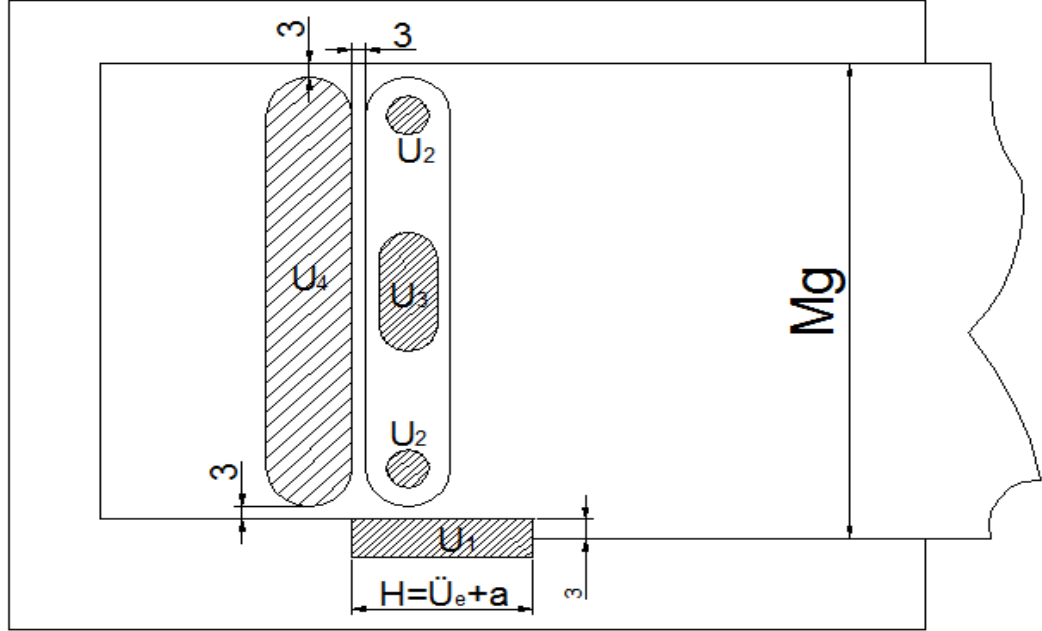
$$\eta_k = 100 - \eta_f = 100 - 38 = \% 62$$

Yapılan verim hesaplamalarında birinci yöntemin %9 daha verimli olduğu bulunmuştur.

Bu nedenle ilk yöntem esas alınarak kalıp tasarlanır.

6.3. Kapalı Kesme Yöntemine Göre Kalıp Hesaplamaları

6.3.1. Kesme kuvvetinin bulunması



Şekil 6.5. Kapalı kesmede, kesme kuvveti için hesaplanacak çevrelerin gösterimi

$$\Sigma Pk = \tau_k \cdot S \cdot \Sigma U$$

$$\tau_k = 40 \text{ kg/mm}^2, \quad S = 3 \text{ mm}$$

τ_k = Kesilen malzemenin kesme dayanımı

ΣU = Toplam kesilen çevre

S = Kesilen malzemenin kalınlığı

$$U_1 = H + Y \cdot \dot{C} \cdot P = 19 + 3 = 22 \text{ mm}$$

$$U_2 = 2 \cdot \pi \cdot r = 25,13 \text{ mm}$$

$$U_3 = 45,28 \text{ mm}$$

$$U_4 = 161,74 \text{ mm olarak bulunur.}$$

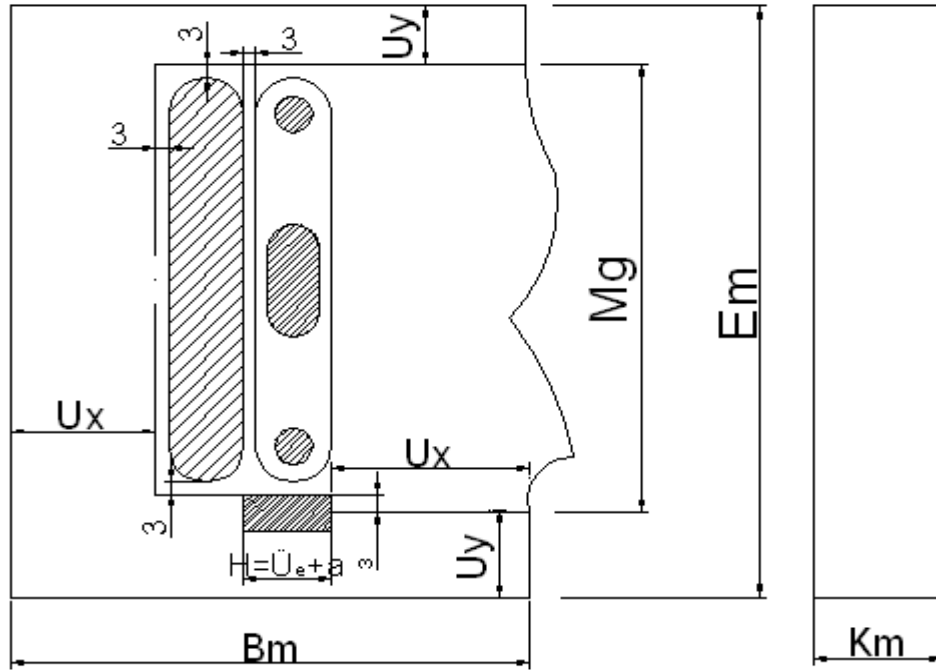
$$\Sigma U = U_1 + 2U_2 + U_3 + U_4$$

$$\Sigma U = 22 + 2 \times 25,13 + 45,28 + 161,74$$

$$\Sigma U = 279,28 \text{ mm}$$

$$\Sigma Pk = 40 \times 3 \times 279,28 = 33513,6 \text{ kg} = 33,6 \text{ ton. Yaklaşık 35 tonluk bir pres kullanılmalıdır.}$$

6.3.2. Matris grubuna ait hesaplamalar



Şekil 6.6. Kapalı kesmede, matrisin boyutlandırılmasının simgesel gösterimi

Matris kalınlığının bulunması:

$$K_m = (\sum P_k)^{1/3} = 33513,6^{1/3} = 32,24 \text{ mm} \sim 33 \text{ mm} \text{ olarak alınır.}$$

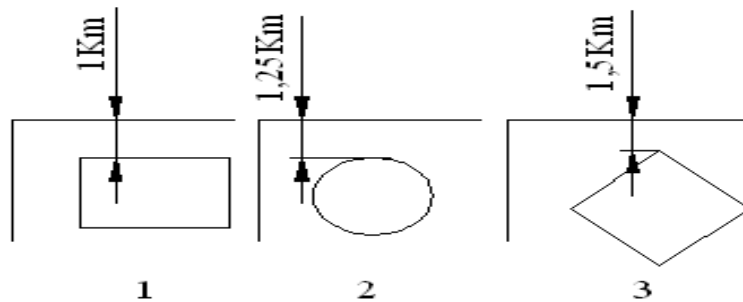
Matris boyunun bulunması:

$$B_m = 2H + 2U_x,$$

$$U_x = 1K_m, U_x = 33 \text{ mm}$$

$$B_m = 2 \times 19 + 2 \times 33 = 104 \text{ mm} \text{ olarak bulunur.}$$

Çizelge 6.1. Matris boyutlandırılmasında kenar faktörünün şemasal gösterimi



Matris eninin bulunması:

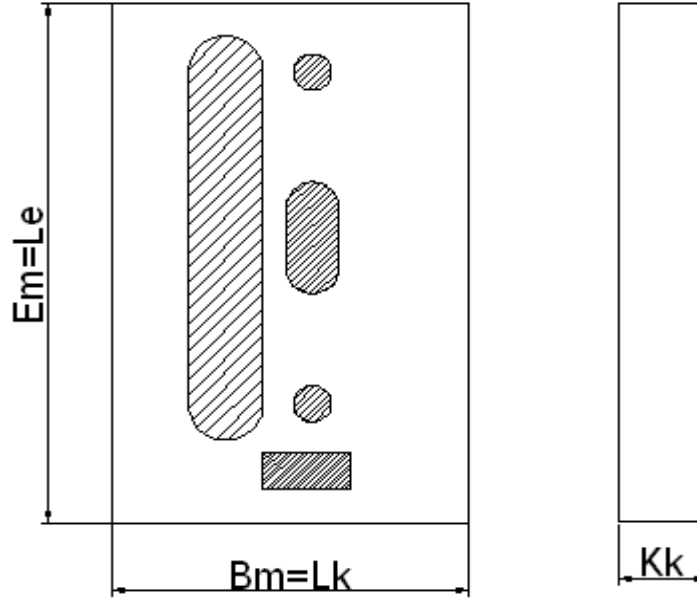
$$E_m = M_g + 2U_y,$$

$$U_y = 1,25 \text{ km} = 1,25 \times 33 = 41,25 \sim 41,5 \text{ mm olarak bulunur.}$$

$$E_m = 99 + 2 \times 41,5 = 182 \text{ mm olarak alınır.}$$

Matris boyutları = 33x104x182 bulunur.

6.3.3. Kılavuz tablasının (sıyırıcı plaka) boyut hesabı



Şekil 6.7. Kapalı kesmede, kılavuz tablası boyutlandırılmasının simgesel gösterimi

Kılavuz tablasının boyunun bulunması:

Standart olarak kılavuz tablasının büyüklüğü matrisin büyüklüğünde alınabilir.

$$L_k = B_m = 104 \text{ mm}$$

Kılavuz tablasının eninin bulunması:

$$L_e = E_m = 182 \text{ mm}$$

Kılavuz tablasının kalınlığının bulunması:

$$K_k = (\sum P_a)^{1/3} \quad \sum P_a = \text{Sactan ayrılma kuvveti}$$

Ayrılma kuvvetinin ($\sum P_a$) belirlenmesi

$$\sum P_a = (0,10 \sim 0,12) \cdot P_k = 0,11 \times 33513,6 = 3686,496$$

$$K_k = (3686,496)^{1/3} = 15,44 \sim 16 \text{ mm}$$

Kılavuz tablasının kalınlığı 16 mm olarak alınır.

Çizelge 6.2. Ayırma kuvvetinin (Pa), sac kalınlıklarına göre değeri

Sac kalınlığı(S)			
0,1~1 mm	1 ~ 2,5 mm	2,5 ~ 4 mm	4~6> mm
$\Sigma Pa=(0,05\sim 8).Pk$	$\Sigma Pa=(0,08\sim 0,10).Pk$	$\Sigma Pa=(0,10\sim 0,12).Pk$	$\Sigma Pa=(0,12\sim 0,2).Pk$

6.3.4. Zimba tutucusunun boyut hesabı

Kalıpçılıkta genel olarak zimba tutucusunun büyüklüğü kılavuz tablasının büyüklüğünde alınır.

$$ZL = Lk = 104$$

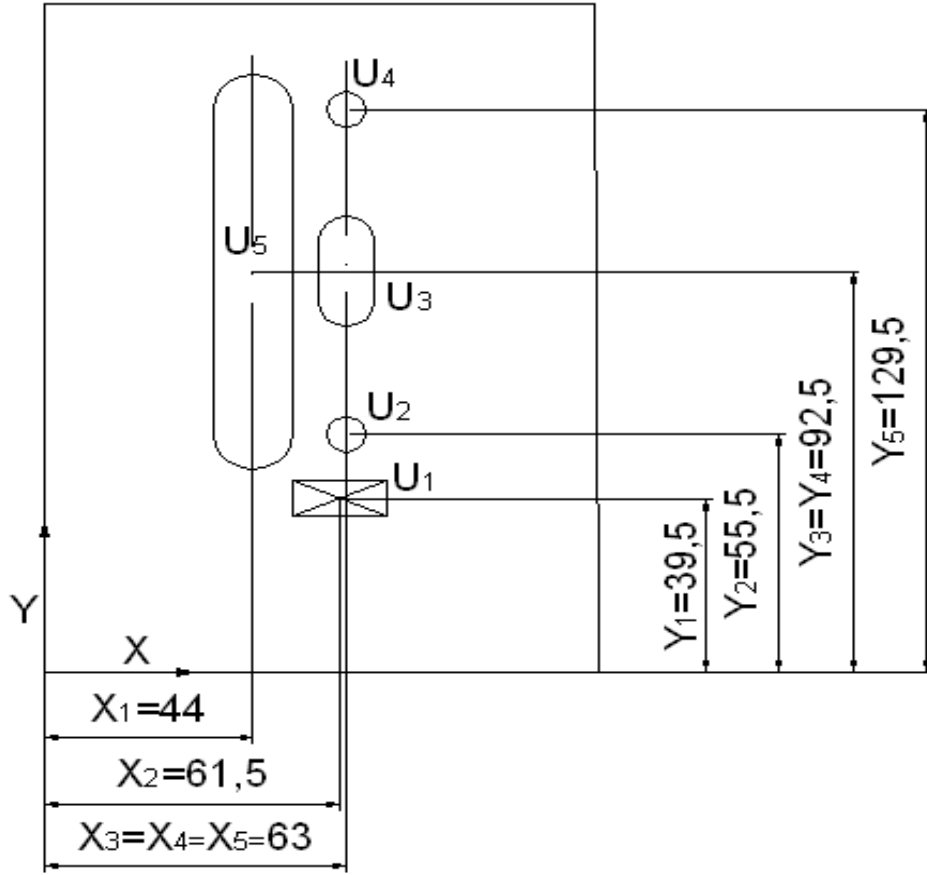
$$Ze = Le = 182 \text{ mm}$$

$$Zk = Kk = 16 \text{ mm}$$

6.3.5. Sap tutucunun boyut hesaplaması

Bütün sap tutucuların boyutları zimba tutucularla aynı değere sahiptir.

6.3.6. Sap merkezinin hesaplanması



Şekil 6.8. Kapalı kesmede, sap merkezi tayininde zımba merkezlerinin eksnelere olan uzaklıkları

$$S_{mX} = [\Sigma(U.X)]/(\Sigma U)$$

$$U1 = H+Y.Ç.P = 19+3=22 \text{ mm}$$

$$U2 = 25,13 \text{ mm}$$

$$U3 = 45,28 \text{ mm}$$

$$U4 = 25,13 \text{ mm}$$

$$U5 = 161,74 \text{ mm}$$

$$\Sigma U = U1+U2+U3+U4+U5$$

$$\Sigma U = 22+2.25,13+45,28+161,74$$

$$\Sigma U = 279,28 \text{ mm}$$

$$\Sigma (U.X) = (U1.X1)+(U2.X2)+(U3.X3)+(U4.X4)+(U5.X5)$$

$$\Sigma(U.X) = (22x61,5)+(25,13x63)+(45,28x63)+(25,13x63)+(161,74x44)$$

$$\Sigma(U.X) = 14488,58 \text{ mm}$$

$$S_{mX} = [\Sigma(U.X)]/(\Sigma U) = 14488,58/279,28$$

$$X=51,878 \text{ mm}$$

$$S_{mY} = [\Sigma(U.Y)]/(\Sigma U)$$

$$\Sigma (U.Y) = (U1.Y1)+(U2.Y2)+(U3.Y3)+(U4.Y4)+(U5.Y5)$$

$$\Sigma (U.Y) = (22 \times 39,5)+(25,13 \times 55,5)+(45,28 \times 92,5)+(25,13 \times 129,5)+(161,74 \times 92,5)$$

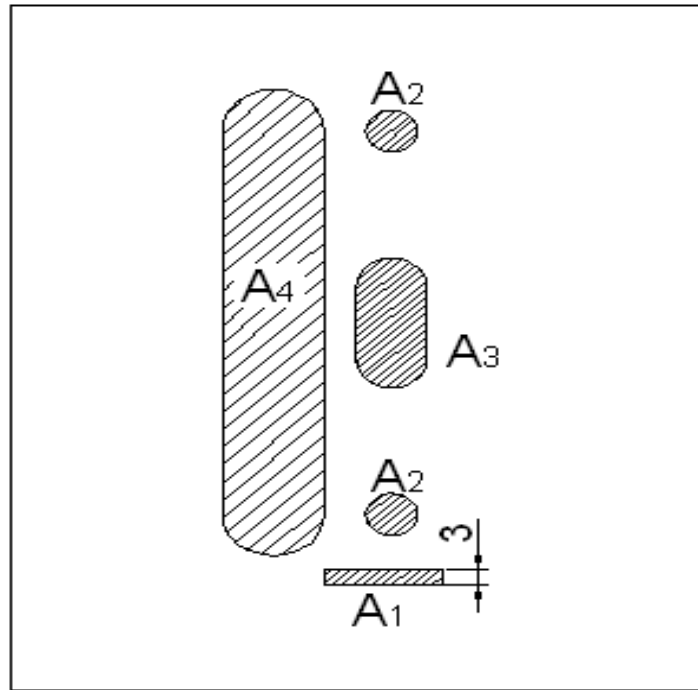
$$\Sigma (U.Y) = 24667,4 \text{ mm}$$

$$\Sigma U = U1+U2+U3+U4+U5$$

$$S_{mY} = [\Sigma(U.Y)]/(\Sigma U) = 24667,4/279,28$$

$$Y = 82,325 \text{ mm olarak bulunur.}$$

6.3.7. Darbe sacının incelenmesi



Şekil 6.9. Kapalı kesmede, darbe sacı hesaplamasına dahil edilen alanlar

$$\Sigma p_{em} = \Sigma P_k / \Sigma A, \quad A1 = 57 \text{ mm}^2, \quad A2 = 50,26 \text{ mm}^2, \quad A3 = 249 \text{ mm}^2, \quad A4 = 1389,74 \text{ mm}^2,$$

$$\Sigma A = 1796,26 \text{ mm}^2$$

$\Sigma P_{em} = 33513,6 / 1796,26 = 18,66 \text{ kg/ mm}^2$ bulunur. $18,66 \text{ kg/ mm}^2 < 20 \text{ kg/ mm}^2$ olduğundan darbe sacı kullanmaya gerek yoktur.

6.3.8. Kalıpta kullanılacak vida çapının bulunması

$$D_1 = [(4 \cdot Pa) / (\pi \cdot \sigma)]^{1/2} \quad \Sigma Pa = 3686,496 \quad Na = \text{Kullanılan vida sayısı,}$$

$\sigma = \text{Vidanın çekilme gerilmesi}$

$$Pa = \Sigma Pa / Na = 3686,496 / 4 = 921,6 \text{ kg}$$

$$D_1 = [(4 \cdot 921,6) / (3,14 \cdot 40)]^{1/2} = 5,41 \text{ mm yaklaşık M6, Emniyet için M8 alıyoruz.}$$

Kalıpta kullanılacak merkezleme pim çapı ise seçilen vidanın dış dibi çapına eşittir.

$$\text{Pim çapı} = 7 \text{ mm}$$

6.3.9. Kesme işinin bulunması

$$\dot{I}_k = (\Sigma P_k \cdot 0,6 \cdot s) / 1000$$

$$\dot{I}_k = (33513,6 \cdot 0,6 \cdot 3) / 1000 = 60,32 \text{ kg.m}$$

6.3.10. Kesme gücünün bulunması

$$N_k = (\dot{I}_k \cdot n) / (102 \cdot 60 \cdot \eta), \quad \eta = \text{Prosesin verimi (\% 60),}$$

$n = \text{Presin dakikadaki strok sayısı (50 dev/dak)}$

$$N_k = (60,32 \cdot 50) / (102 \cdot 60 \cdot 0,6) = 0,821 \text{ kW olarak bulunur.}$$

6.3.11. Kesme boşluğunun bulunması

$$K_b = (1/75) \cdot s \cdot (\tau_k)^{1/2}$$

$$K_b = (1/75) \cdot 3 \cdot (40)^{1/2} = 0,25 \text{ mm'dir}$$

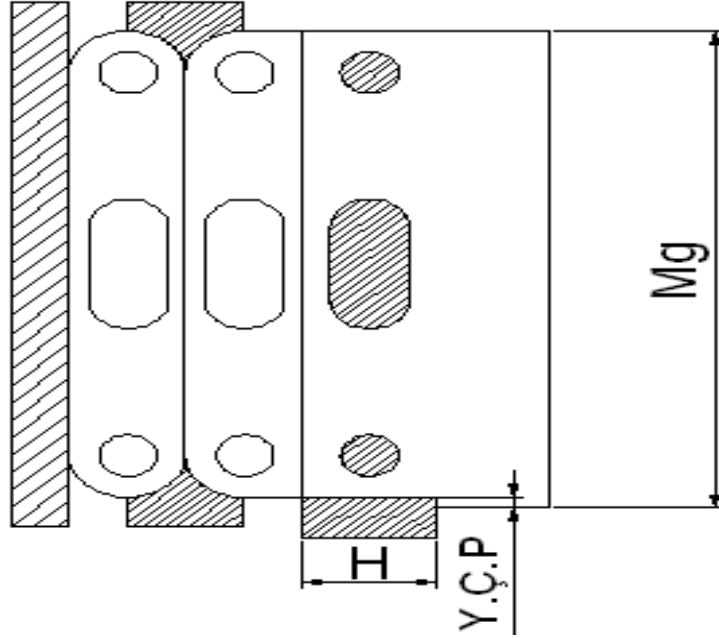
$K_a = \text{kesme aralığı}$

$$K_b = 2K_a$$

$K_a = 0,125 \text{ mm olarak bulunur.}$

6.4. Uç Kesme Yöntemine Göre Kalıp Hesaplamaları

Üretilen parça boyunun (Üe), ilerleme yönü paralel olarak seçilmiştir.(Şekil 6.3)



Şekil 6.10. Uç kesme yönteminde, adım ve her adımda yapılacak kesme

$$A_k = M_g \cdot H = 93 \times 16 = 1488 \text{ mm}^2$$

$$M_g = \ddot{U}b + Y.\dot{C}.P.$$

$$M_g = 90 + 3 = 93 \text{ mm}$$

$$H = \ddot{U}e = 16 \text{ mm}$$

6.4.1. Uç kesme yönteminde verim hesabı

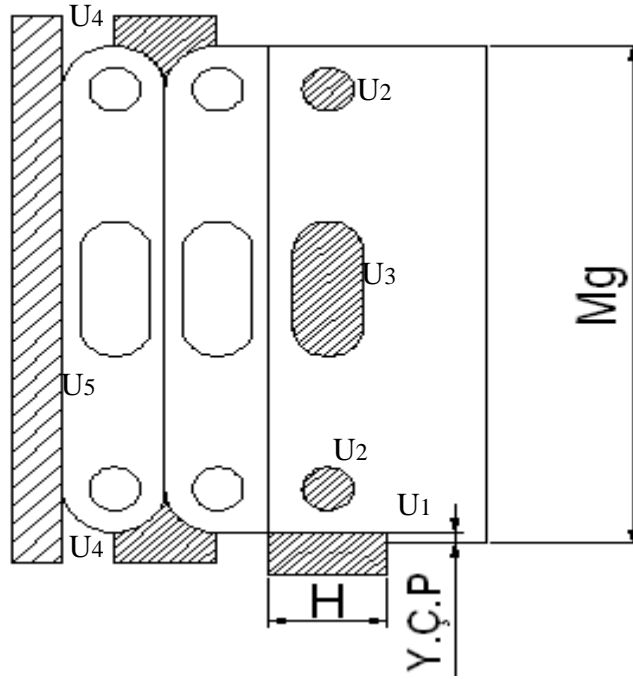
$$\eta_f = A_n / A_k \cdot 100 = 889,44 / 1488 \times 100 = \%59,77$$

Kayıp katsayısı;

$$\eta_k = 100 - \eta_f = 100 - 59,77 = \%40,23$$

Yapılan incelemeler sonucu üretim için en uygun ve en ekonomik yöntem uç kesme yöntemi seçilir.

6.4.2. Kesme kuvvetinin bulunması



Şekil 6.11. Uç kesme yönteminde, kesme kuvveti için hesaplanacak çevrelerin gösterimi

$$\Sigma P_k = \tau_k \cdot S \cdot \Sigma U \quad \text{TON}$$

$$\Sigma U = U_1 + 2 \times U_2 + U_3 + 2 \times U_4 + U_5$$

$$U_1 = H + Y.Ç.P. = 16 + 3 = 19 \text{ mm}$$

$$U_2 = 50,26 \text{ mm}$$

$$U_3 = 45,28 \text{ mm}$$

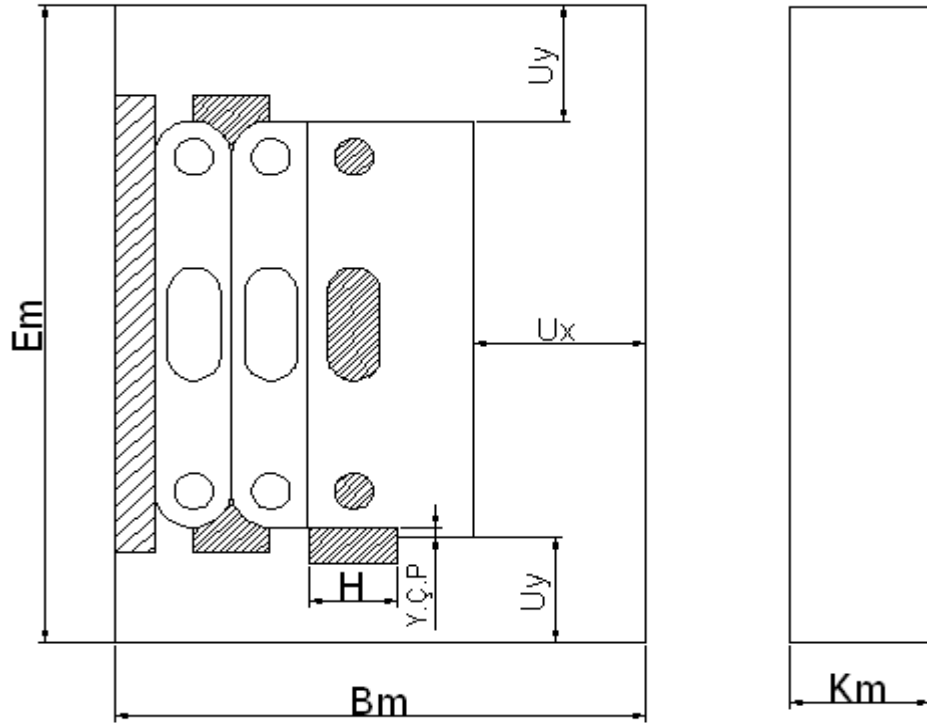
$$U_4 = 102,56 \text{ mm}$$

$$U_5 = 74 \text{ mm}$$

$$\Sigma U = 291,1 \text{ mm}$$

$$\Sigma P_k = 291,1 \times 3 \times 40 = 34932 \text{ kg} \sim 35 \text{ TON}$$

6.4.3. Matris grubuna ait hesaplamalar



Şekil 6.12. Uç kesme yönteminde, matrisin boyutlandırılmasının simgesel gösterimi

Matrisin boyutlandırılmasında Çizelge 6.1' de kenar faktörü hesaba dahil edilir.

Matris kalınlığının bulunması

$$K_m = (\sum P_k)^{1/3} = (34932)^{1/3} = 32,69 \text{ mm} \sim 33 \text{ mm}$$

Matris boyunun bulunması

$$B_m = \sum H + U_x$$

$$U_x = 1 \cdot K_m = 33 \text{ mm}$$

$$B_m = 3 \times 16 + 33 = 81 \text{ mm}$$

Matris eninin bulunması

$$E_m = M_g + 2 \cdot U_y$$

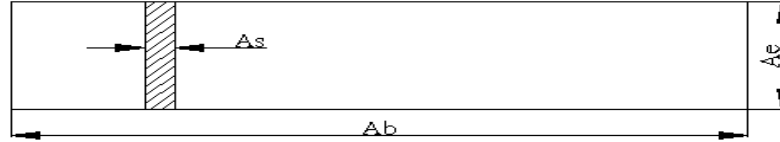
$$U_y = 1,25 \cdot K_m = 1,25 \times 33 = 41,25 \text{ mm} \sim 41,5 \text{ mm}$$

$$E_m = 93 + 2 \times 41,5 = 176 \text{ mm}$$

6.4.4. Kalıp setinin seçimi

Bulduğumuz matrisin kalınlığı 33mm olacak. Boyutları 81x175,5 mm olup buna en yakın ve faydalı olacak şekilde boyut sütunu, arkadaki kalıp altlığı ve sap tutucusu olarak buradaki değerler alınacaktır.

6.4.5. Ara sacın hesaplanması



Şekil 6.13. Ara sac boyutlandırmasının gösterimi

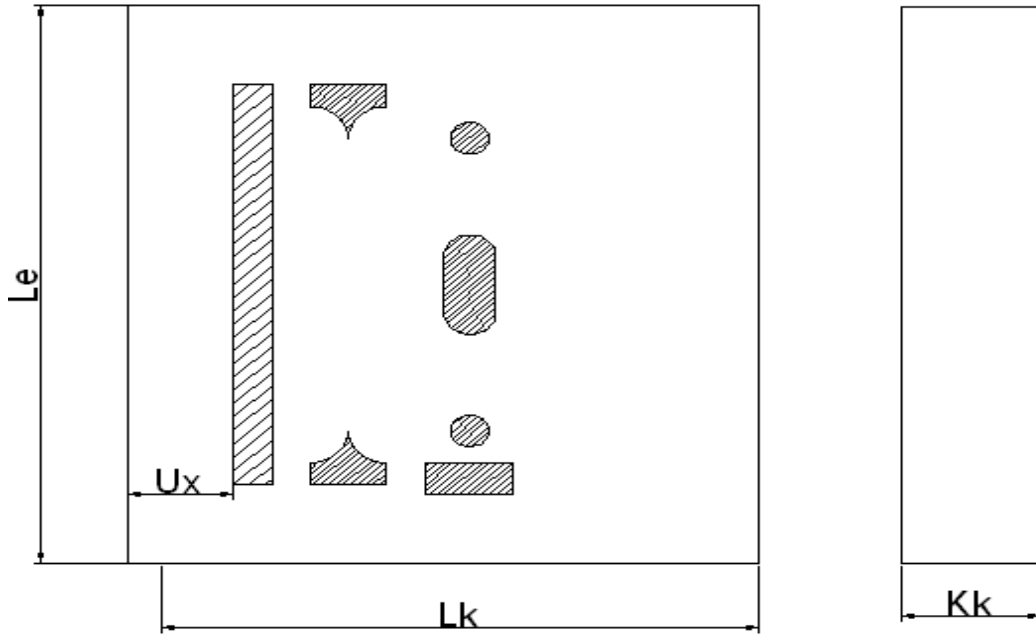
$$A_e = U_y = 41,5 \text{ mm}$$

$$A_s = 2.S = 2 \times 3 = 6 \text{ mm}$$

$$A_b = B_m + U_x$$

$$A_b = 81 + 33 = 114 \text{ mm}$$

6.4.6. Kılavuz tablasının boyut hesabı



Şekil 6.14. Uç kesme yönteminde, kılavuz tablası boyutlandırılmasının simgesel gösterimi

Kılavuz tablasının boyu

$$Lk = Bm + Ux = 81 + 33 = 114 \text{ mm}$$

Kılavuz tablasının boyu

$$Le = Em = 176 \text{ mm}$$

Kılavuz tablasının kalınlığı

$$Kk = (\sum Pa)^{1/3}, \text{ Çizelge 6.2' den } \sum Pa = (0,10 \sim 0,12) \cdot Pk$$

$$= 0,11 \times 34932 = 3842,52 \text{ kg}$$

$$Kk = (3842,52)^{1/3} = 15,66 \text{ mm} \sim 16 \text{ mm' dir.}$$

6.4.7. Zimba tutucusunun boyut hesabı

Kalıpcılıkta genel olarak zimba tutucusunun büyüklüğü kılavuz tablasının büyüklüğünde alınır.

$$ZL = Lk = 114 \text{ mm}$$

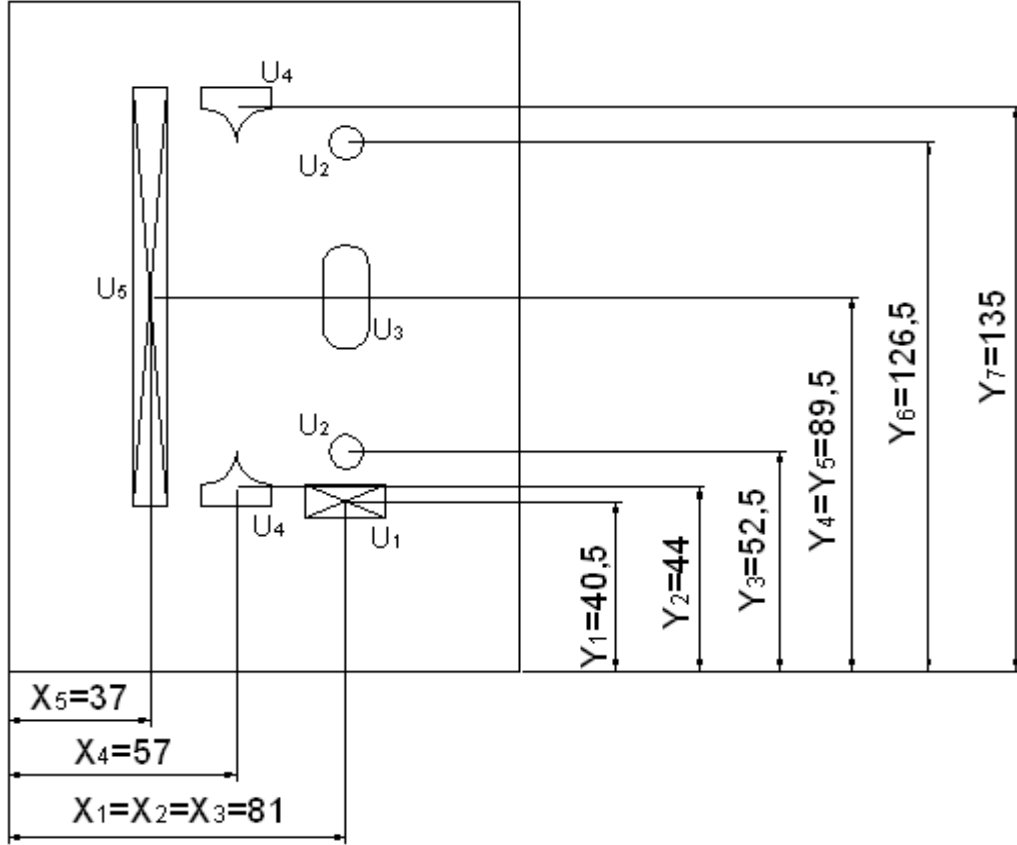
$$Ze = Le = 176 \text{ mm}$$

$$Zk = Kk = 16 \text{ mm}$$

6.4.8. Sap tutucunun boyut hesaplaması

Bütün sap tutucuların boyutları zımba tutucularla aynı değere sahiptir.

6.4.9. Sap merkezinin hesaplanması



Şekil 6.15. Uç kesme yönteminde, sap merkezi tayininde zımba merkezlerinin eksenlere olan uzaklıkları

$$U1 = H+Y.Ç.P.=16+3 = 19 \text{ mm}$$

$$U2 = 25,13 \text{ mm}$$

$$U3 = 45,28 \text{ mm}$$

$$U4 = 51,28 \text{ mm}$$

$$U5 = 74 \text{ mm}$$

$$\Sigma U = 291,1 \text{ mm}$$

$$S_{mx} = [\Sigma(U.x)]/(\Sigma U) =$$

$$\Sigma (U.x) = (U1.x1)+(U2.x2)+(U3.x3)+(U4.x4)+(U5.x5)$$

$$\Sigma(U.x) = (19 \times 81) + (50,26 \times 81) + (45,28 \times 81) + (102,56 \times 57) + (74 \times 37)$$

$$\Sigma(U.x) = 17861,66 \text{ mm}$$

$$S_{mx} \sim 61,5 \text{ mm}$$

$$S_{my} = [\Sigma(U.y)] / (\Sigma U) =$$

$$\Sigma(U.y) = (U1.y1) + (U4.y2) + (U2.y3) + (U3.y4) + (U5.y5) + (U2.y6) + (U4.y7)$$

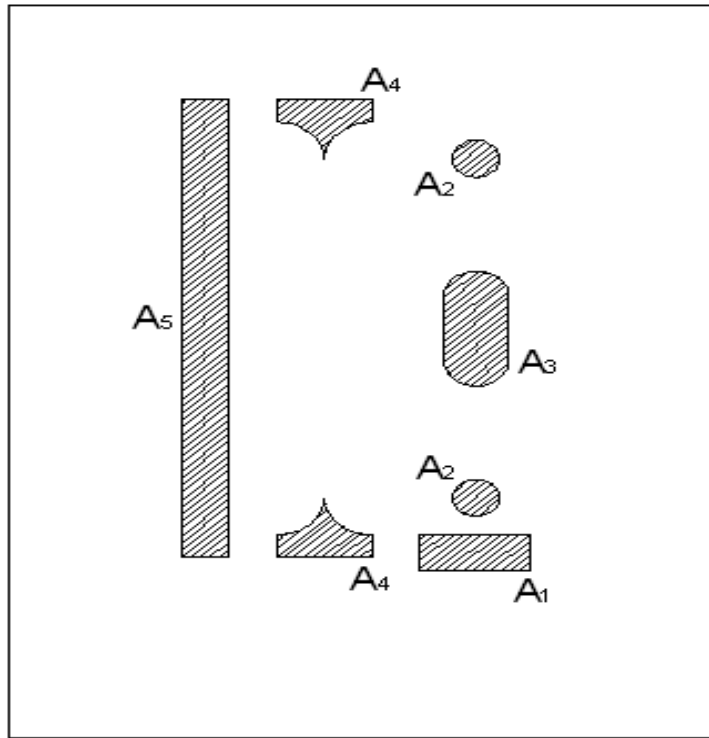
$$\Sigma(U.y) = (19 \times 40,5) + (51,28 \times 44) + (25,13 \times 52,5) + (45,28 \times 89,5) + (74 \times 89,5) + (25,13 \times 126,5)$$

$$+ (51,28 \times 135)$$

$$\Sigma(U.y) = 25122,45 \text{ mm}$$

$$S_{my} \sim 86,5 \text{ mm}$$

6.4.10. Darbe sacının incelenmesi



Şekil 6.16. Uç kesme yönteminde, darbe sacı hesaplamasına dahil edilen alanlar

$\Sigma P_{em} < 20 \text{ kg/mm}^2$ olduğunda darbe sacı kullanmaya gerek yoktur.

$$\Sigma P_{em} = \Sigma P_k / \Sigma A, \quad A_1 = 48 \text{ mm}^2, \quad A_2 = 50,26 \text{ mm}^2, \quad A_3 = 249 \text{ mm}^2, \quad A_4 = 180,5 \text{ mm}^2,$$

$$A_5 = 74 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma A = 832,53 \text{ mm}^2$$

$\Sigma P_{em} = 34932 / 832,53 \sim 41,96 \text{ kg/mm}^2$ olduğundan darbe sacı kullanılmalıdır.

6.4.11. Kalıpta kullanılacak vida çapının hesaplanması

$$D_1 = [(4.Pa) / (\pi \cdot \sigma)]^{1/2}$$

Ayırma kuvvetinin (Pa), hesaplanmasında Çizelge 6.2' den sac kalınlığına uygun olarak seçilen formül;

$$\Sigma Pa = (0,10 \sim 0,12) \cdot P_k$$

$$Pa = \Sigma Pa / Na = 3842,52 / 4 = 960,53 \text{ kg}$$

$$D_1 = [(4 \cdot 960,53) / (3,14 \cdot 40)]^{1/2} = 5,52 \text{ mm yaklaşık M6'dır.}$$

Emniyet için M10 alıyoruz.

Kalıpta kullanılacak merkezleme pim çapı ise seçilen vidanın dış dibi çapına eşittir.

Pim çapı = 8 mm

6.4.12. Kesme işinin bulunması

$$\dot{I}_k = (\Sigma P_k \cdot 0,6 \cdot s) / 1000$$

$$\dot{I}_k = (34932 \times 0,6 \times 3) / 1000 = 62,87 \text{ kg.m}$$

6.4.13. Kesme gücünün bulunması

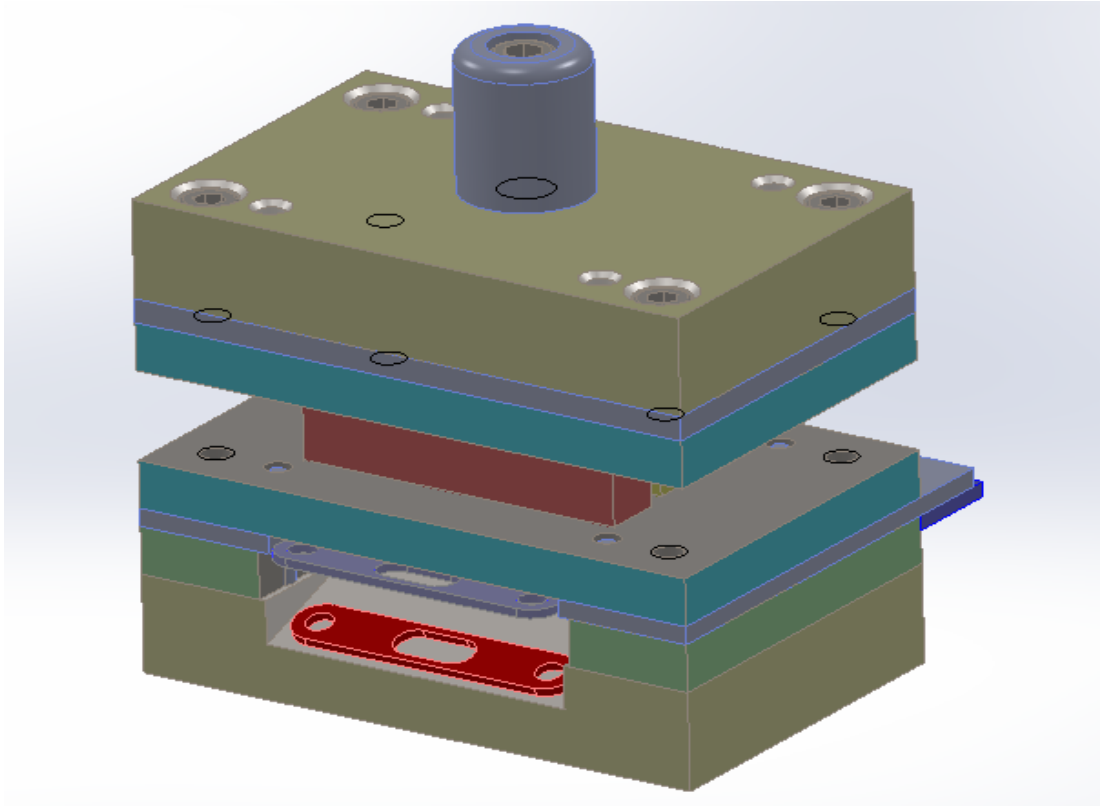
$$N_k = (\dot{I}_k \cdot n) / (102 \cdot 60 \cdot \eta) = (62,87 \times 50) / (102 \times 60 \times 0,60) = 0,856 \text{ kW}$$

6.4.14. Kesme boşluğunun bulunması

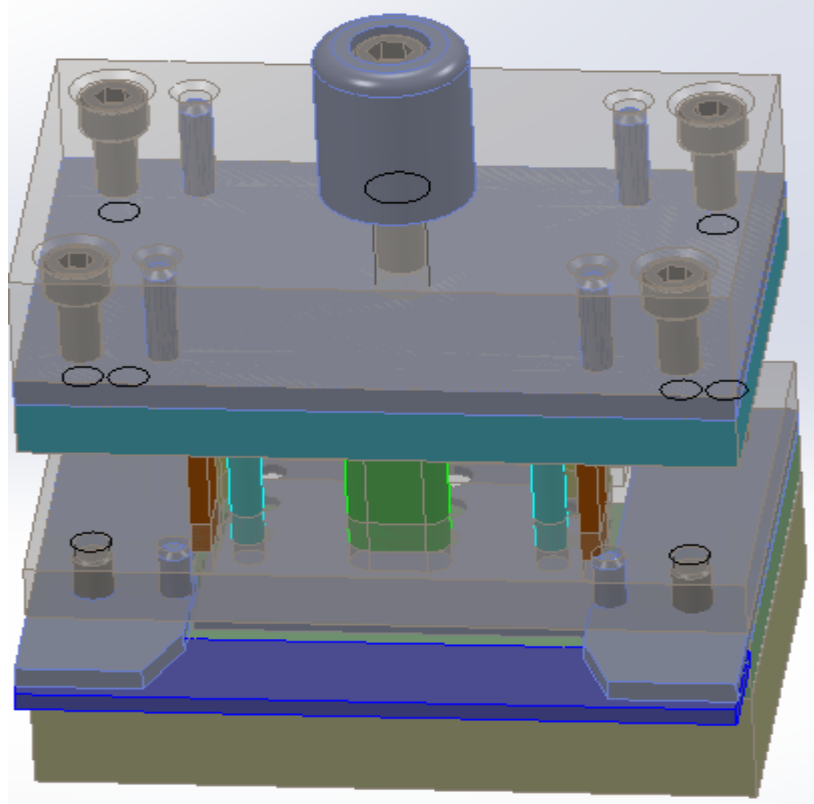
$$K_b = (1/75) \cdot s \cdot (\tau_k)^{1/2}$$

$$K_b = (1/75) \times 3 \times (40)^{1/2} = 0,253 \text{ mm} = 2K_a,$$

$$K_a = 0,125 \text{ mm}$$



Şekil 6.17. Tasarımı yapılan kalıbın montaj resmi ve ürün



Şekil 6.18. Tasarımı yapılan kalıbın şeffaf montaj resmi

7. ANALİZ VE SONUÇ

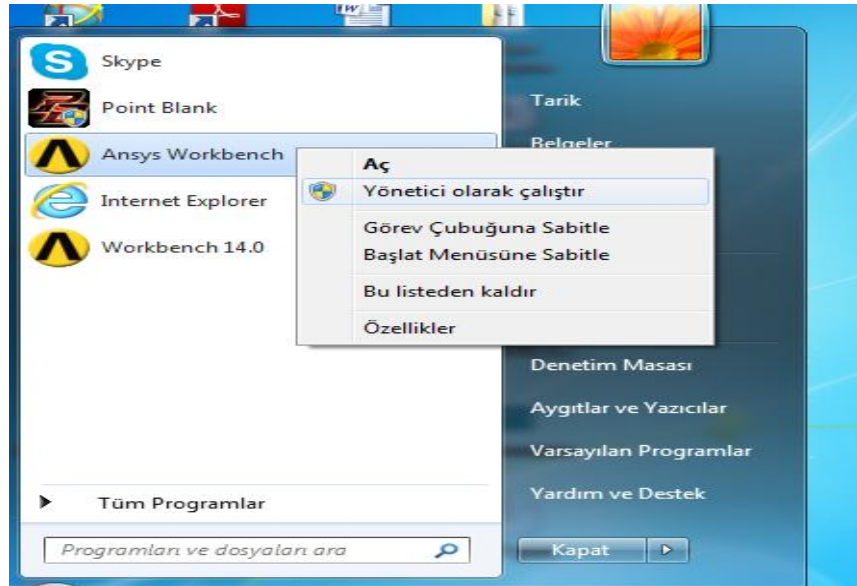
7.1. Analizin Tanımı ve İşlem Adımları

Yapmış olduğumuz analizde Ansys Workbench'in Statik Structural analiz yöntemi kullanılmıştır. Zımbalarda oluşan gerilmeleri görmek için matris sabit zemin gibi düşünülmüş ve hesaplamalarımız da zımbalar üzerine bineceği varsayılan 350000 N' luk yük 1 saniyeliğine zımbalar üzerine uygulanmıştır. İki analiz yapılmış; ilk analizde sadece yük uygulanmış ve ikinci analizde aynı yük; sürtünmenin (kesme boşluğunun yetersiz) olduğu, sıcaklığın 40 °C'den 70 °C'ye çıktığı varsayılarak uygulanmıştır.

Ve böylece pres ve ürün arasında kalan zımbalarda zorlanmaların nerelerde olduğunu, sürtünmenin etkisini imalat öncesi görmüş olacağız.

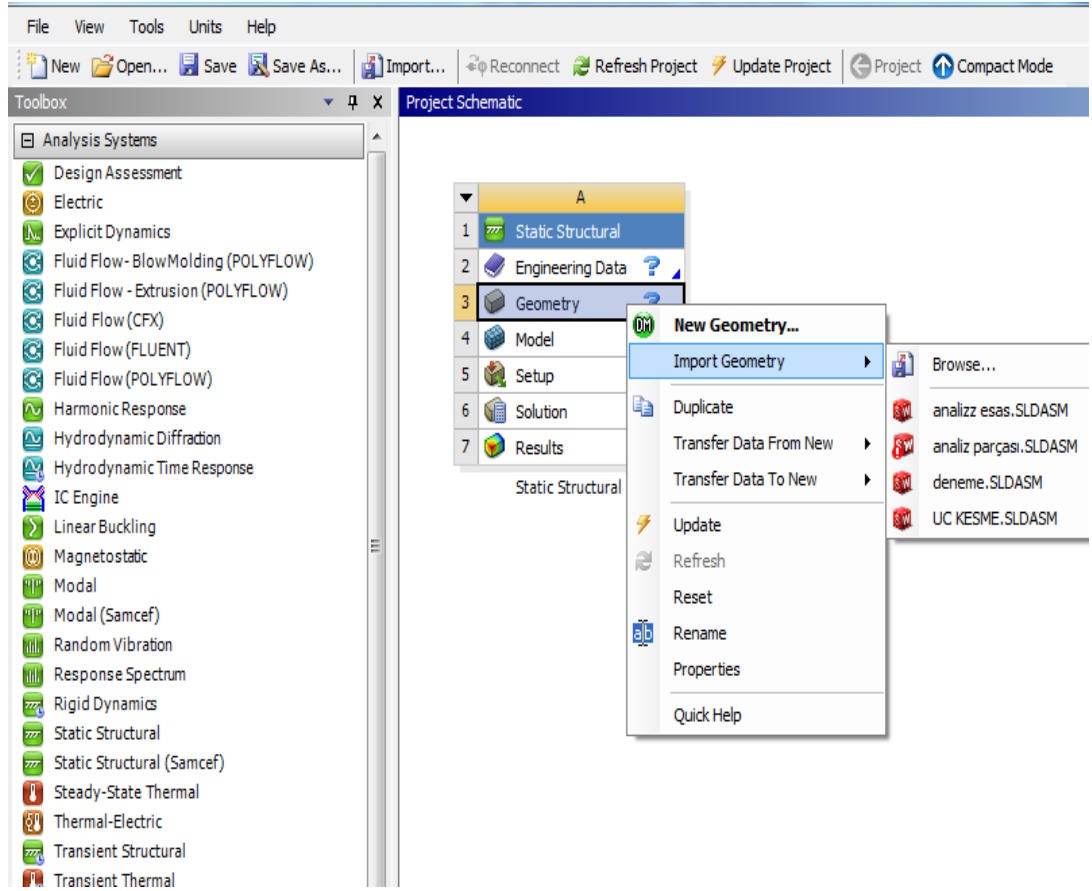
Zımbalar için kullanılacak malzemeleri programın kütüphanesinde bulunan çelik malzemeler içerisinde seçtik. Soğuk iş takım çeliğinin (115 CrV3); Yoğunluğu 7850 kg/m³, Poisson oranı 0.28, Young modülü 200 GPa olarak belirlenmiştir.

Yapılan analiz işleminde hangi adımların takip edildiği şekillerle anlatılmıştır. İlk olarak bilgisayarımızda "ANSYS" yönetici olarak çalıştırılmalıdır.



Şekil 7.1. Ansys Programının bilgisayarda çalıştırılması

Daha sonra açılan programda “Static Structural” sekmesi boş alana tutularak sürüklenir.



Şekil 7.2. Ansys programında yapılacak analiz yönteminin seçilmesi

Şekil 7.2’de seçilen analiz yöntemine (static structural), SolidWorks’te çizmiş olduğumuz kalıbı “Geometry” kısmına sağ tuş yaparak “İmport” ediyoruz.

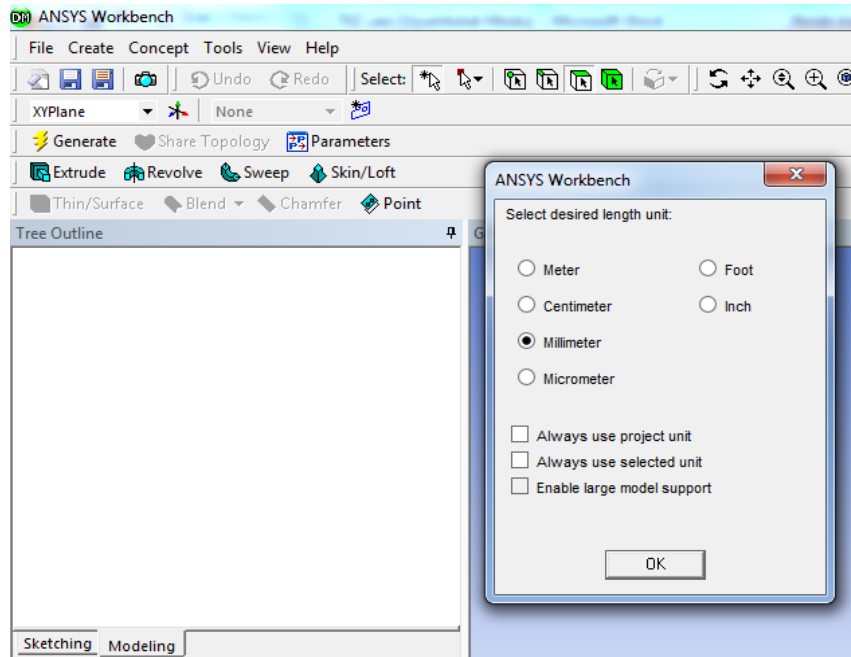
“Engineering Data” (Şekil 7.3.) ise programın kütüphanesini gösterir. Kütüphane içerisindeki malzemeler seçilebildiği gibi malzeme özelliklerinde değişiklikler yapılabilmektedir.

	A	B	C	D
1	Contents of Engineering Data		Source	Description
4	Structural Steel NL		General Materials Non-linear.xml	ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
5	Structural Steel NL 2		General Materials Non-linear.xml	Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1

Properties of Outline Row 5: Structural Steel NL 2				
	A	B	C	D
1	Property	Value	Unit	
2	Density	7850	kg m ⁻³	
3	Isotropic Elasticity			
4	Derive from	Young's Modulus and...		
5	Young's Modulus	2E+11	Pa	
6	Poisson's Ratio	0,28		
7	Bulk Modulus	1,5152E+11	Pa	
8	Shear Modulus	7,8125E+10	Pa	
9	Bilinear Isotropic Hardening			
10	Yield Strength	2,5E+08	Pa	

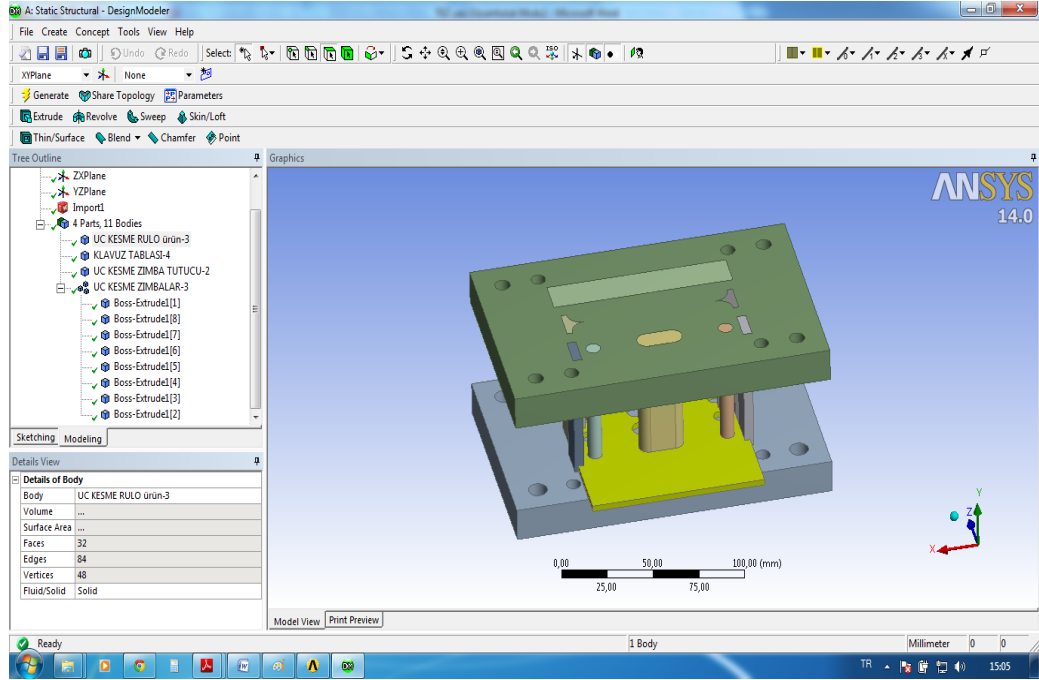
Şekil 7.3. Ansys kütüphanesinde malzeme özelliklerinin girilmesi

Aktarılan şeklimizi görmek için “Geometry” çift tıkladığında hangi ölçü biriminde çalışmak istediğimizi soran (Şekil 7.4.) kutucuk karşımıza çıkacaktır. Çalışmada birimimiz “mm” olarak seçilmiştir. Birimlerin farklı olması programın hata vermesine neden olmaktadır.



Şekil 7.4. Çalışılacak ölçü biriminin seçilmesi

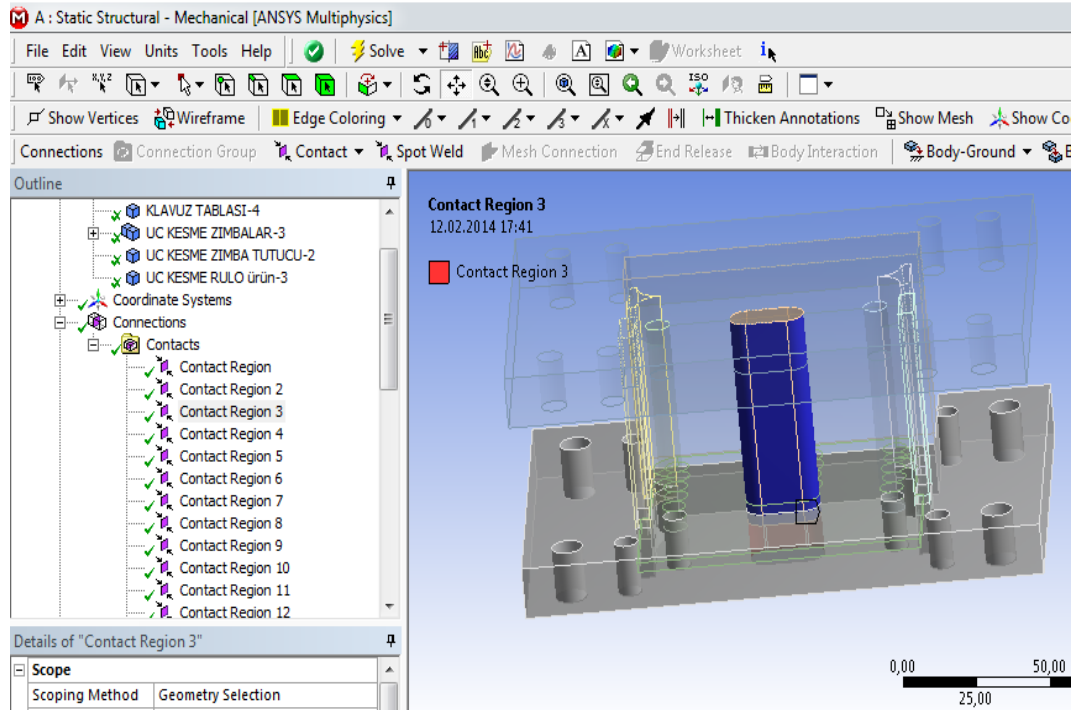
Kullanacağımız ölçü birimini seçtikten sonra Şekil 7.5’te “Import” ettiğimiz geometri karşımıza çıkacaktır.



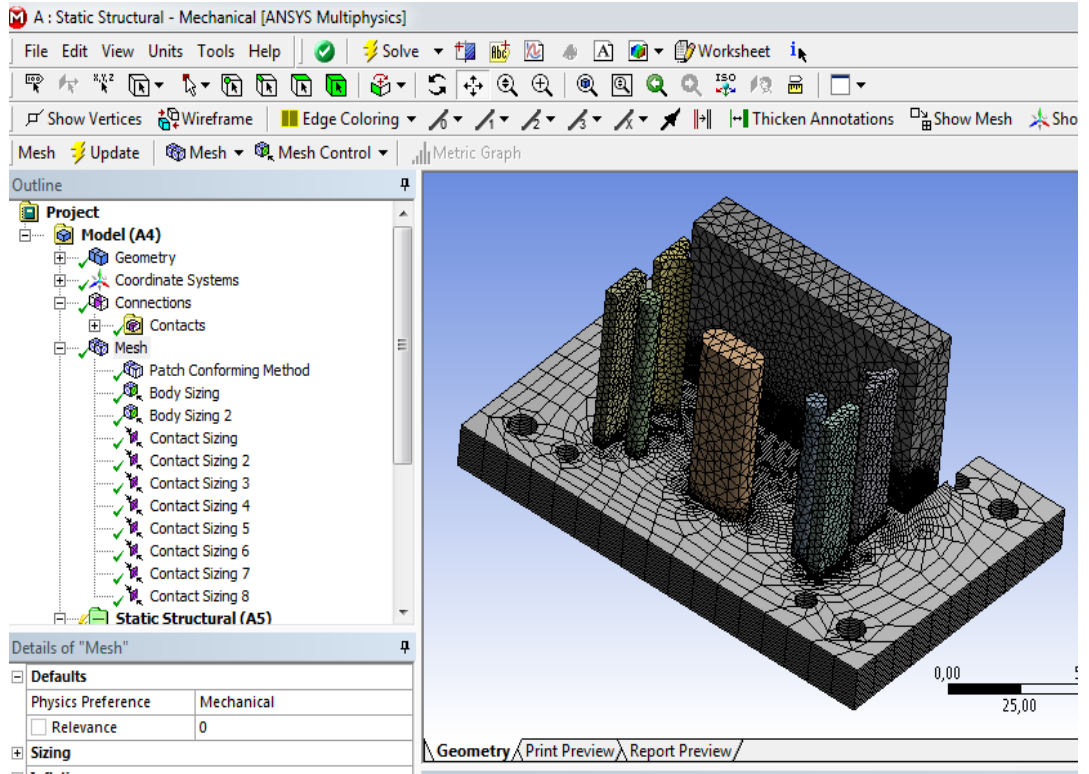
Şekil 7.5. Ansys’e aktarılan geometri

Bu işlemlerden sonra geometrimizi “Generat” tuşuna basarak güncel halini model kısmına aktarmış oluruz.

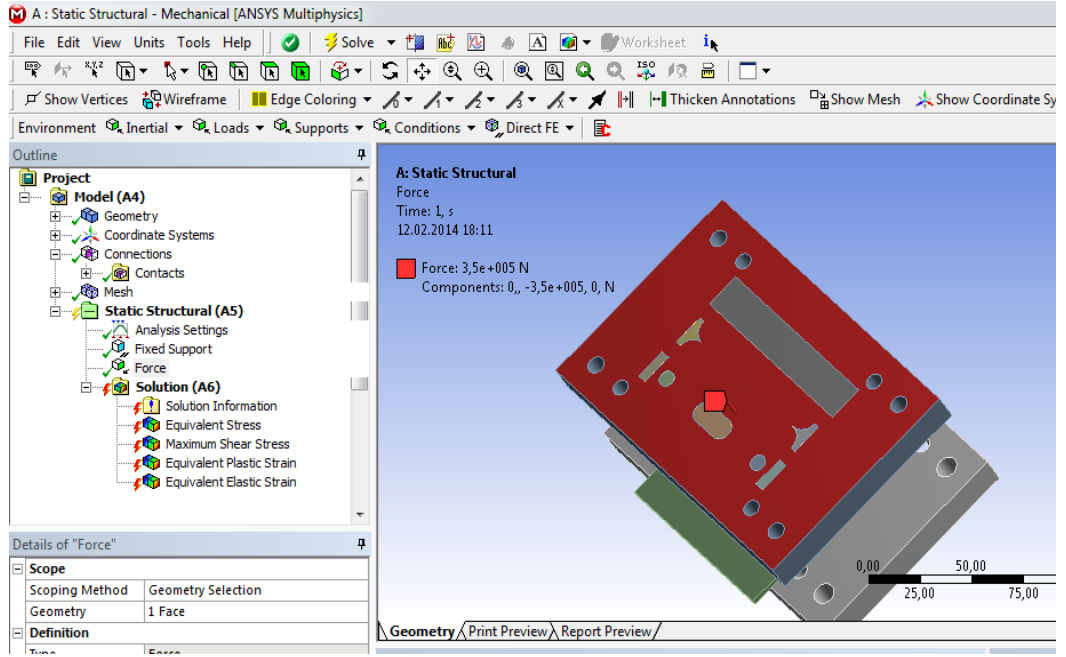
“Static structural” analiz penceresinde “Model” butonuna basıldığında analiz işlemini yapacağımız “Mechanical” sayfası açılacaktır. “Mesh” işlemi, uygulanacak kuvvet ve istediğimiz analiz sonuçlarının görüntüleneceği ekran burasıdır. Mesh işlemi; geometriye ve istediğimiz hassasiyete göre uzun sürebilir. Aşağıda bu işlemlerin adımlarını gösteren şekiller yer almaktadır.



Şekil 7.6. Analizi istenen parça için temas yüzeyinin belirlenmesi



Şekil 7.7. Mesh işleminin uygulanması

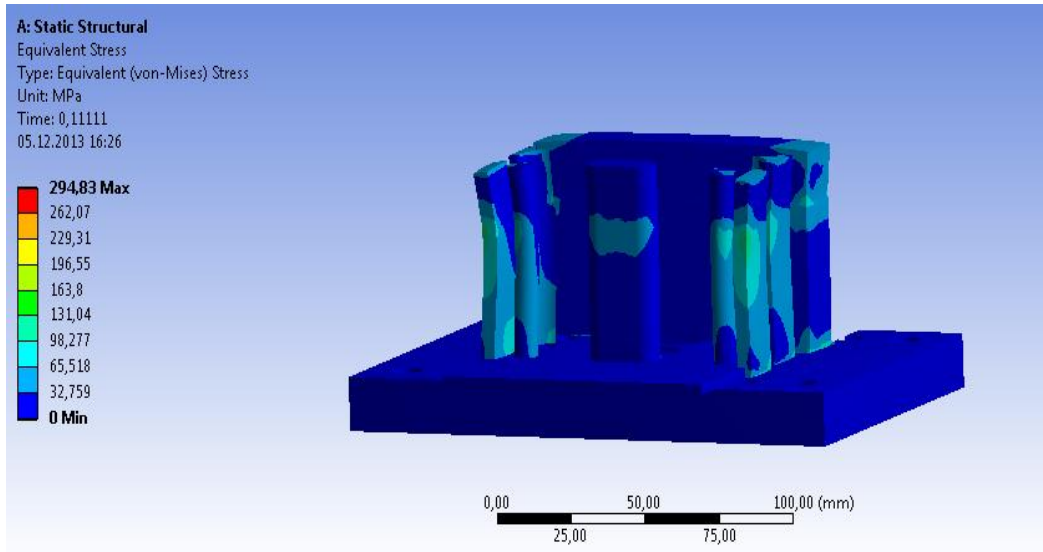


Şekil 7.8. Uygulanacak kuvvetin gösterilmesi

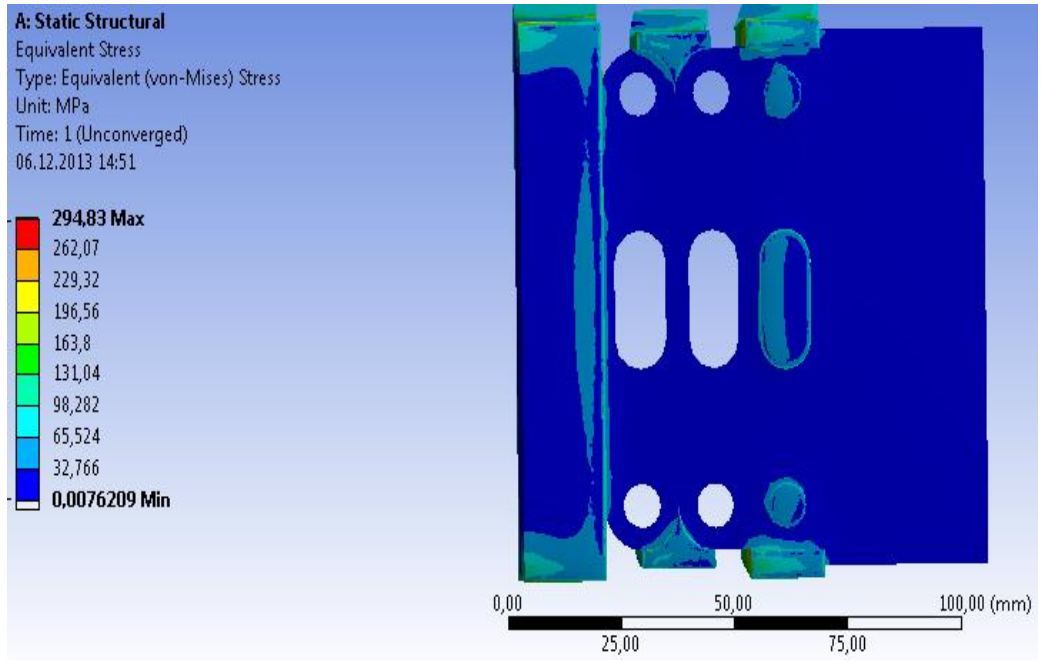
Bu aşamadan sonra görmek istediğimiz analiz yöntemlerini “Solution” sekmesi altında belirleriz. Daha sonra “Solve” butonuna bastığımızda analiz işlemi başlayacaktır.

7.2. Bulgular

İlk analize ait şekiller ve grafikler aşağıda görülmektedir.

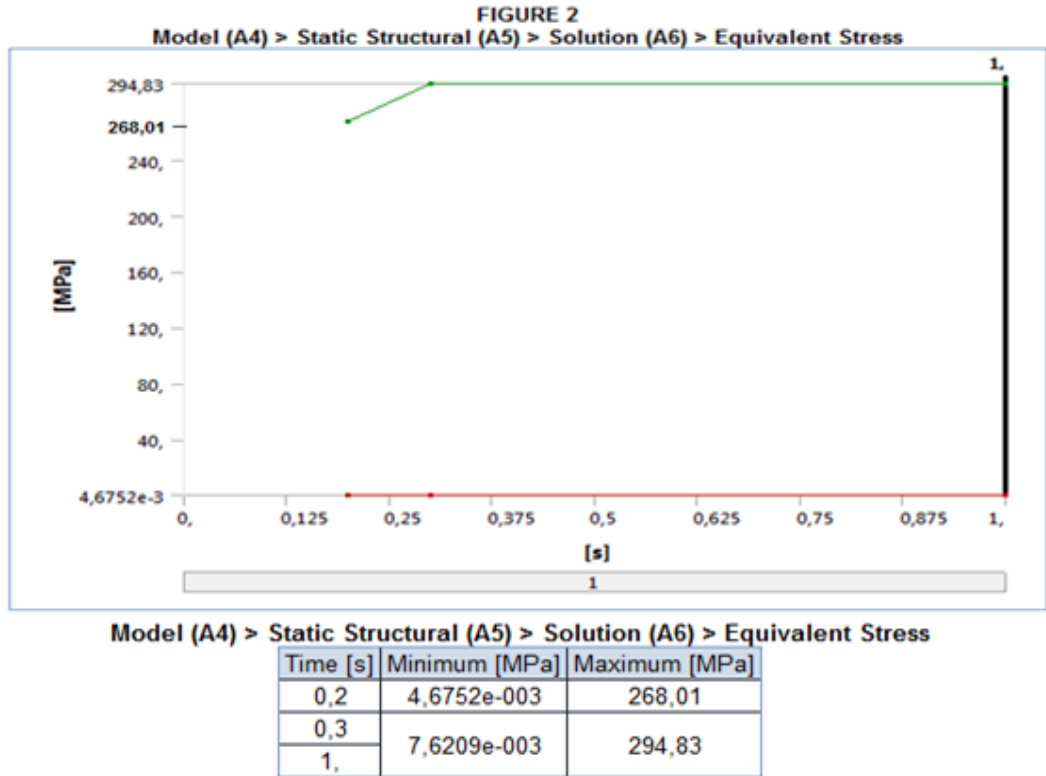


Şekil 7.9. Zımbalardaki Eşdeğer gerilme (MPa)



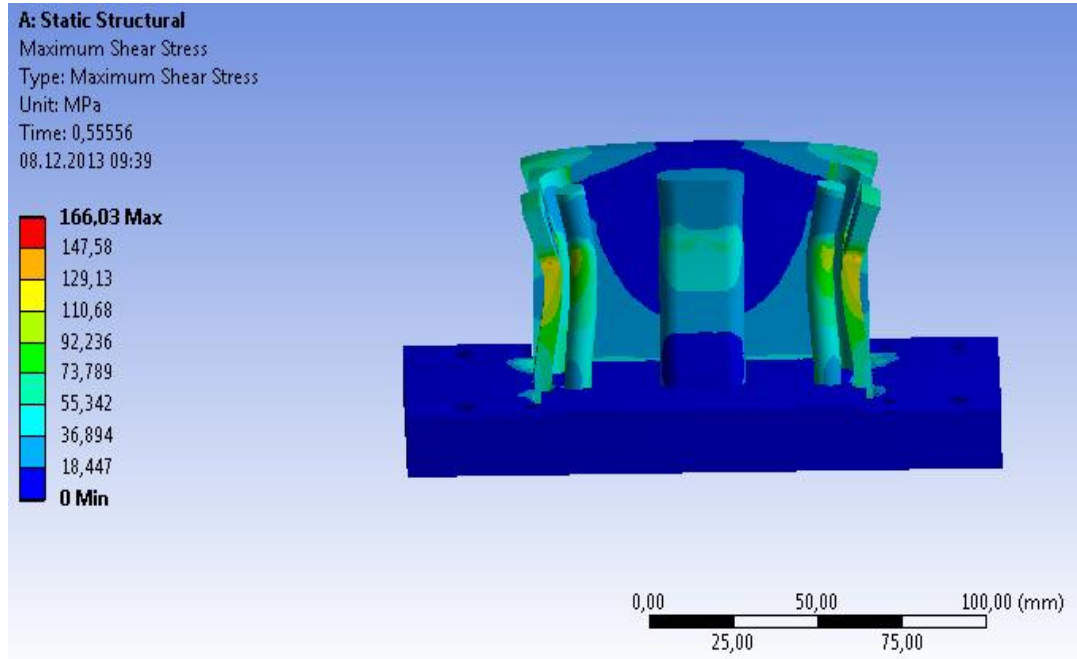
Şekil 7.10. Zımba uçlarındaki eşdeğer gerilme (MPa)

Çizelge 7.1. Eşdeğer gerilmeye ait basınç - zaman diyagramı



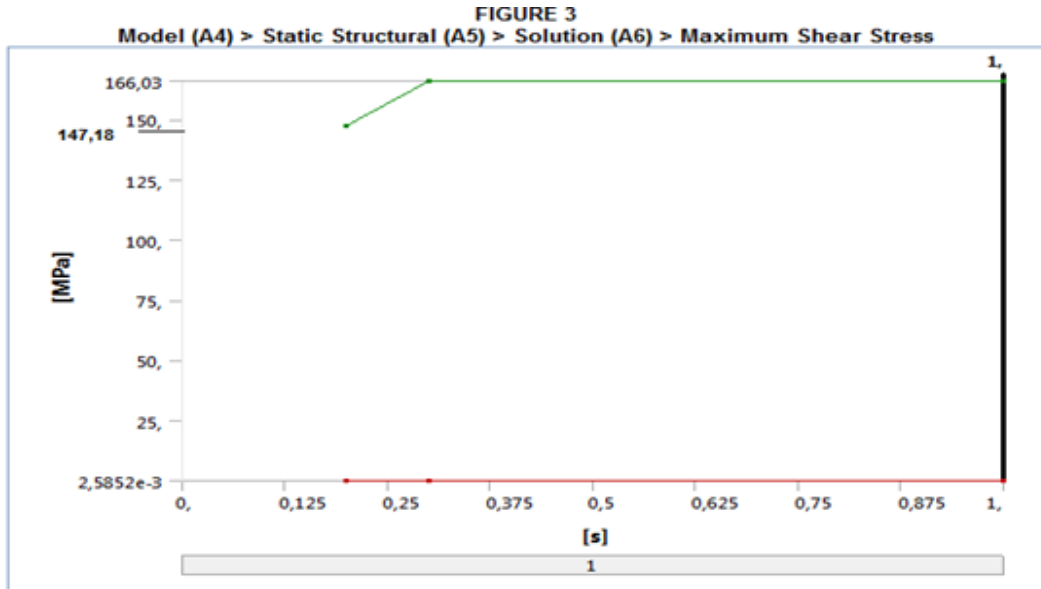
Zımbalar üzerindeki eşdeğer gerilmenin maksimum değeri Çizelge 7.1' de görüldüğü gibi yaklaşık 295 MPa' dır. Şekillerde de görüldüğü gibi gerilmeler zımbaların

genellikle düşey kesiti ve uçlarında meydana gelmiştir (Şekil 7.9, Şekil 7.10). Düşeyde oluşan gerilme zımba ürüne batana kadar geçecek zamanda oluşan gerilmedir.



Şekil 7.11. Zımbalardaki maksimum kayma gerilmesi (MPa)

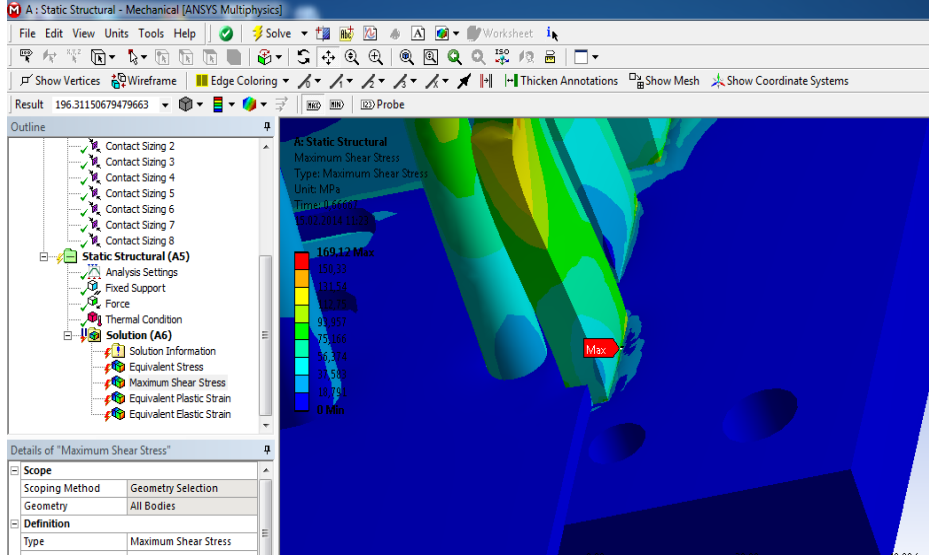
Çizelge 7.2. Kayma gerilmesine ait basınç - zaman grafiği



Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Maximum Shear Stress

Time [s]	Minimum [MPa]	Maximum [MPa]
0,2	2,5852e-003	147,18
0,3	4,2219e-003	166,03
1,	4,2219e-003	166,03

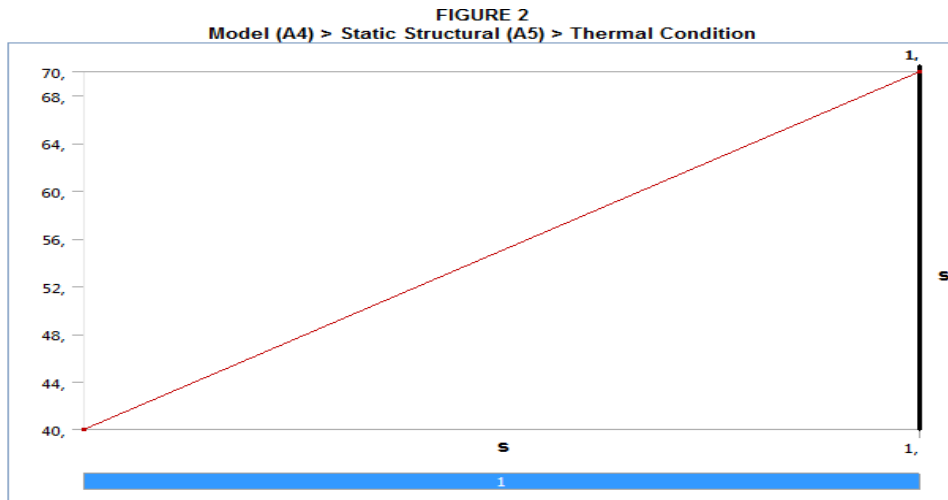
Zımbalar üzerindeki kayma gerilmesinin maksimum değeri ise Çizelge 7.2’ de görüldüğü gibi 166 MPa’ dır. Eğer zımbalarımız; uyguladığımız yüküle matris arasında sıkışmış olsaydı, Şekil 7.11’ de görüldüğü gibi kayma gerilmesinin etkisiyle bükülmeye maruz kalabilirdi. Şekil 7.12’den de anlaşılacağı gibi maksimum gerilme zımba uçlarında meydana gelmektedir.

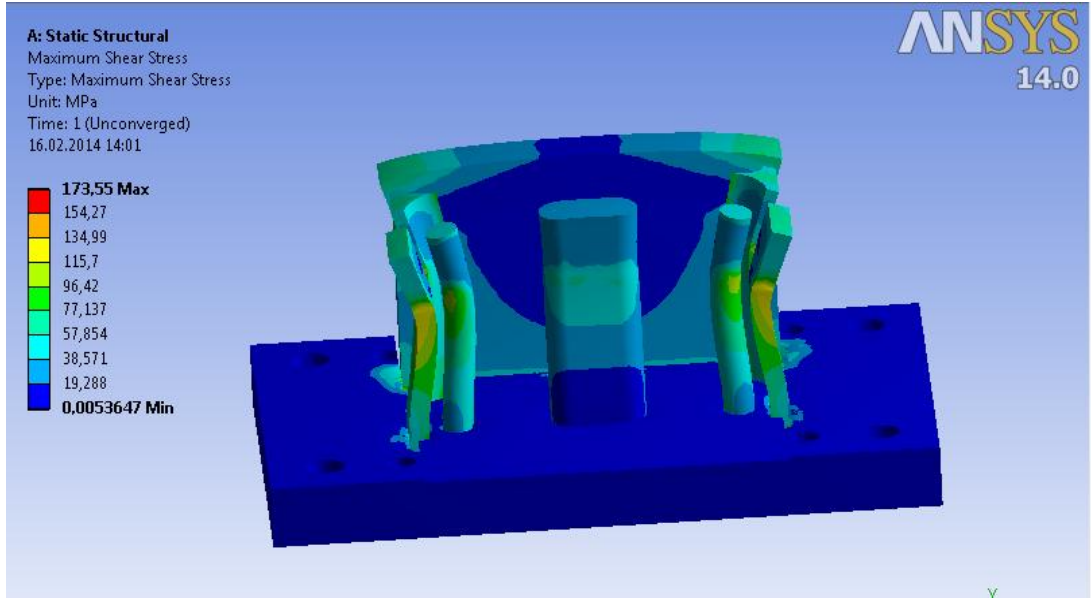


Şekil 7.12. Zımbalarda maksimum gerilmenin olduğu yer (MPa)

İkinci analizde aynı yük (350000 N) uygulanmıştır. Ve bu arada sıcaklığında sürtünmeye bağlı olarak arttığı düşünülerek yapılan analize ait şekil ve çizelgeler aşağıdadır.

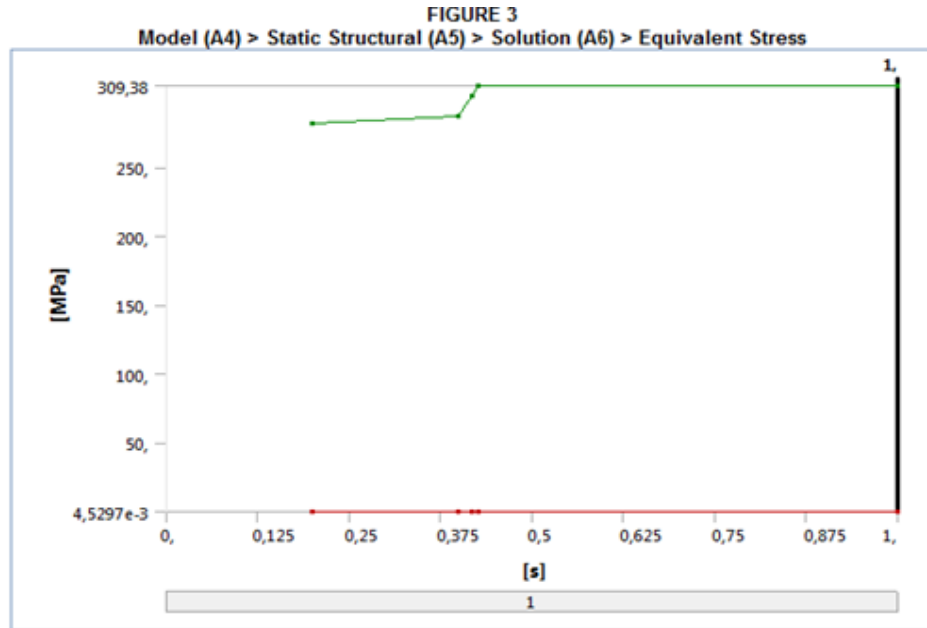
Çizelge 7.3. Sıcaklık - zaman grafiği





Şekil 7.13. Yük ve sıcaklık etkisinde oluşan kayma gerilmesi (MPa)

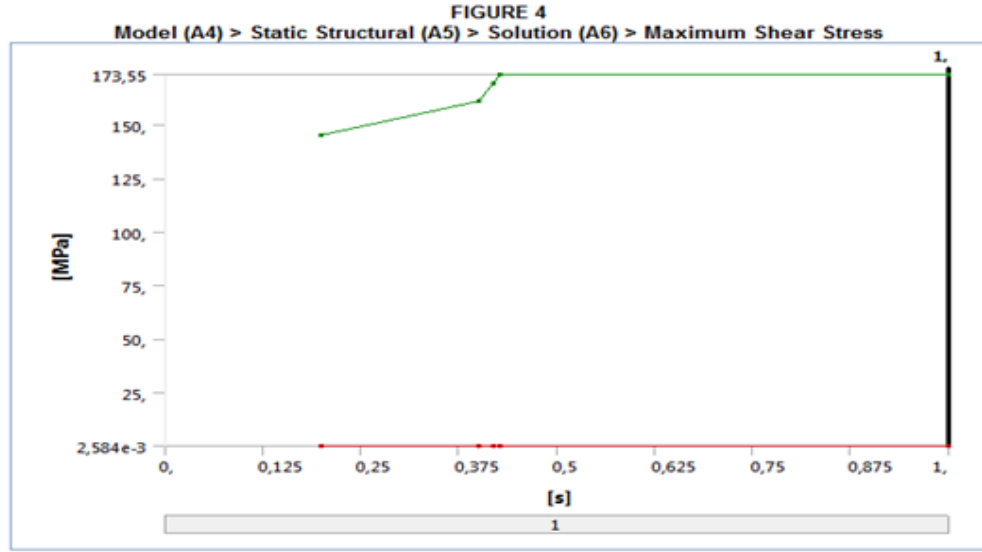
Çizelge 7.4. Yük ve sıcaklık altında oluşan eşdeğer gerilmenin Basınç - Zaman grafiği



Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Stress

Time [s]	Minimum [MPa]	Maximum [MPa]
0,2	4,5297e-003	282,1
0,4	9,0018e-003	287,5
0,41875	9,515e-003	302,51
0,42719	9,5641e-003	309,38
1,		

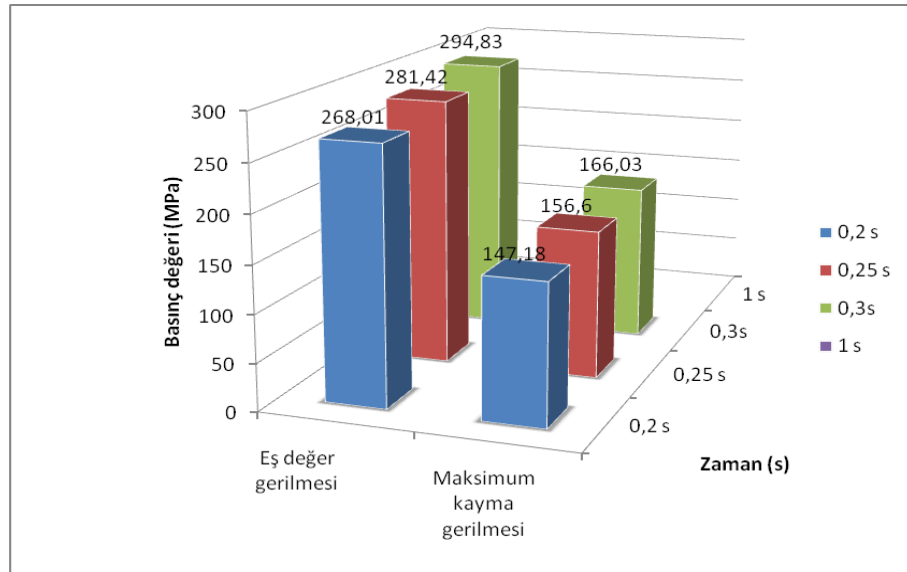
Çizelge 7.5. Yük ve sıcaklık altında oluşan kayma gerilmesinin Basınç - Zaman grafiği



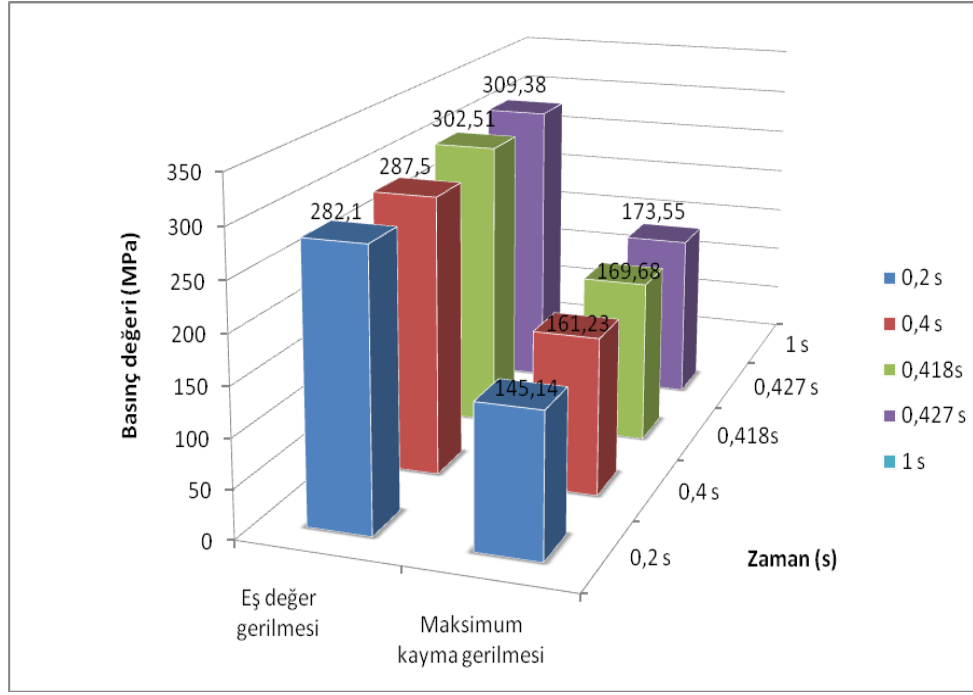
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Maximum Shear Stress

Time [s]	Minimum [MPa]	Maximum [MPa]
0,2	2,584e-003	145,14
0,4	5,1116e-003	161,23
0,41875	5,2998e-003	169,68
0,42719	5,3647e-003	173,55
1,	5,3647e-003	173,55

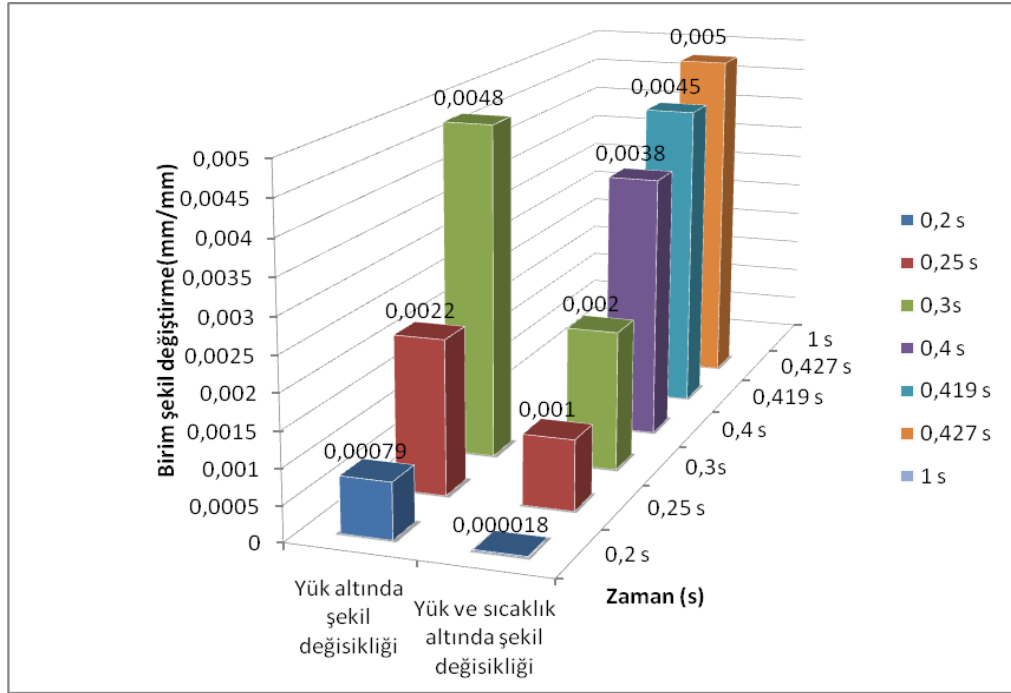
Analizlerin daha iyi okunabilmesi için şematik grafikte gösterecek olursak, Şekil 7.14 sadece yük altında oluşan gerilme değerlerini göstermektedir. Şekil 7.15 ise yük ve sıcaklık etkisi altında oluşan gerilme değerlerini göstermektedir.



Şekil 7.14. Yük altında oluşan gerilmelerin şematik gösterimi



Şekil 7.15. Yük ve sıcaklık altında oluşan gerilmelerin şematik gösterimi



Şekil 7.16. Plastik şekil değişiminin şematik gösterimi

Analizleri inceleyecek olursak, Çizelge 7.1’de sadece yük etkisi altında kalan zımbaların eşdeğer gerilme deformasyonu 268,01 MPa akma sınırını göstermekte ve 294,83 MPa’ da maksimum basınca ulaştığını göstermektedir.

İkinci analizi incelediğimizde ise Çizelge 7.3’te sıcaklık ve yük etkisi altında oluşan eşdeğer gerilme deformasyonu 282,1 MPa da başlamış sıcaklığın da etkisiyle daha yüksek basınçta 309,38 MPa’da maksimum noktaya ulaşmıştır. Sıcaklığın etkisiyle sünek bir yapı gösterdiğinden ilk analize göre daha uzun zaman diliminde deformasyon gerçekleşmiştir.

Birim şekil değişimlerini incelediğimizde yine ilk analizde, şekil değişikliği (Şekil 7.16) daha kısa sürede fakat hemen hemen aynı oranda bir şekil değişikliği olmuştur. İkinci analizde ise sıcaklığın etkisi ile yapı daha sünek bir hal almış ve zamana yayılan şekil değişikliği ilk analize çok yakın bir değerde sonuçlanmıştır.

Analizlerin sonucunda; hem yük etkisi altında hem de yük ve sıcaklık etkisi altında oluşan gerilmelerin maksimum olduğu yer Şekil 7.12’den de görüleceği üzere zımba uçlarıdır. Yani zımbalarda olası bir deformasyon ilk bu noktalarda meydana gelebilecektir. Yine Şekil 7.11 ve Şekil 7.13’te görüleceği üzere zımbalarda gerilmelerin yoğun olduğu diğer bölgeler ise düşey kesitlerdir.

7.3. Sonuçlar ve Öneriler

Tecrübeye dayalı üretim yapan kalıpcılık mesleğinde imalat sürecinde birçok sorunla karşılaşıldığı biliniyordu. En çok karşılaşılan sorunların başında formüller yardımıyla tasarım yapılmadığı için, montaj işleminde boyutlandırmanın hatalı olduğunu görüyorduk. Bunun yanında eksenlerin birbirini karşılamaması gibi karşımıza birçok sorun çıkabiliyordu. Bu çalışmada kullanılan hesaplamalar yardımıyla doğru bir sac metal kesme kalıp boyutlandırılması yapılmıştır. Paket programlar kullanılarak boyutlandırmaların kontrolü imalat öncesi yapılarak, imalat sonrası montaj işleminde karşımıza çıkabilecek sorunların böylelikle önüne geçildi.

Kalıp ömrünü etkileyen faktörleri incelediğimizde yaptığımız çalışma ile kalıp ömrüne ve dolayısıyla kalitenin niteliğine katkıda bulunmuş oluyoruz.

Kalıp ömrünü etkileyen faktörlerden birkaçını sıralayacak olursak, üretilen malzemenin ebatları, kalıbın dizayn ve yapım şekli, sap merkezinin yeri, zımbaların uzunluğu, zımbaların birbirine olan mesafeleri, kesme boşluğu kalıp ömrünü etkileyen faktörlerdendir (Ataşimşek, 1977).

Bu çalışma referans alınarak yapılan imalat sürecinde yukarıda saydığımız faktörlerinde kontrolleri yapılmış olacaktır.

Analizlerden de anlaşılacağı üzere kalıp tasarımında çok küçük hataların bile büyük sorunlara neden olacağı görülmektedir. Kalıp tasarımında, sap merkezinin tayini, kesme boşluğu ve zımba boyutunun hesaplanması başta olmak üzere her aşamasının özenle tasarlanması gerektiğini yapılan analizlerden görebiliriz.

Analizlerde yük doğru noktadan uygulandığında, zımbalarda gerilmelerin nerelerde oluştuğunu görmüş olduk. Zımba uçlarında gerilmelerin maksimum olması tahmin edilebilir olabilirdi, fakat zımbaların düşey kesitlerindeki gerilmelerin yüksek olması ise bize analizin vermiş olduğu sonuçtur.

Zımbalarda kesme boşluğunun olması gerekenden küçük olduğu varsayılmış ve sürtünme sonucunda sıcaklığın artacağı düşünülerek yapılan ikinci analizde ise gerilmelerin maksimum olduğu yerler değişmedi. İkinci analizde farklı olan sıcaklığın etkisiyle malzemenin daha sünek davranış göstermiş olduğudur.

Yapılan analizlerde sap tutucunun merkez hesabının önemi net olarak görülüyor. Çünkü kuvvet kalıbımıza tam bu noktadan uygulanacağı için kesilecek alanın büyüklüğüne göre o bölgede ihtiyaç duyulacak kuvvet daha fazla olacaktır. Yanlış hesaplanmış sap merkezlerinde zımbanın rijit olmayan yüke maruz kalmasından dolayı erken körlenmesine veya zımbalarda eksen kaymasına neden olabilir, bu durum da kalıp ömrümüzü doğrudan etkilerdi. Yine kesme boşluğu içinde aynı durum söz konusudur. Kesme boşluğu olması gerekenden küçük yapılırsa sürtünmeye neden olacak, büyük olur ise doğru bir kesme yapılamayacaktır. Zımba boyutu için de aynı durum söz konusu olacaktır. Gereğinden fazla büyük tasarlanan zımbalar burkulmaya maruz kalacaktır.

Bu alışmamızda görülüyor ki doğru bir kalıp hesabının kalıp ömrüne etkisi çok fazladır. Kullanılan tasarım ve analiz yöntemleriyle, imalat aşamasına geçmeden olası hataların nerelerde oluşabileceğini görebiliriz. Böylelikle zamandan ve maliyetten tasarruf edilirken, kaliteli bir üretim de bu sayede mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

- Karabıyık Ö., February 2011. Sac-metal kesme kalıplarının parametrik tasarımına yönelik bir yaklaşım, SDU International Technologic Science Vol. 3 No 2, s61-69.
- Sen H. ve Kisioglu Y., 2006. Halat kancası imalatı için bileşik kalıp tasarımı, (TİMAK)Tasarım İmalat Analiz Kongresi, s.19-26, Balıkesir.
- R. Hambli, A. Potiron, 2000. "Finite Element Modeling of Sheet-Metal Blanking Operations With Experimental verification" Volume 102, Number 1, s. 257-265.
- R. Hambli, 2001. "Blanking Tool Wear Modeling Using the Finite Element Method" International journal of machine tools and manufacture, 41, 12; s.1815-1829
- Altunbağ F., Aklan F. ve Ay M., 2011. "Hacim kalıp tasarımı ve uygulama", Bitirme tezi, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul.
- Alp S., 2005. Kalıpcılık sektör araştırması, İstanbul Ticaret Odası (İTO), İstanbul.
- Ataşımşek S., 1977. Delme kesme ve sac kalıpları, Bursa
- Kurt H., 1999. Kalıpcılık tekniği ve tasarımı kesme kalıpları, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Paquin J.R. Çeviren: C. Kırmızı, 1987. Kalıp yapımı ve çiziminde temel kurallar, Atlas Kitapevi.
- Erişkin Y., Nisan /1986. Uygulamalı sac metal kalıp konstrüksiyonu, Gazi Üniversitesi Basın Yayın Yüksek Okulu Matbaası, Ankara
- Uzun İ., ve Erişkin Y., 1983. Sac metal kalıpcılığı, (Milli Eğitim Basımevi), İstanbul.
- Güneş A. T., 1989. Pres İşleri Tekniği, Ankara
- Sözöz H., (2005-2006). "Kalıpcılık ders notları" İstanbul.
- Özer F., 2011. Geliştirilmiş yüksek mukavemetli çeliklerde şekil verme operasyonları sonucu oluşan geri yaylanmanın doğru tahmini ve telafisi, Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- FİBRO Kalıp Elemanları Kataloğu
- URL-1, <http://www.sfvictoriana.com/details/pages/1.htm>, Yunanlıların geliştirmiş oldukları kalıp formatları, 11.12.2013
- URL-2, www.enti.com.tr/Celik_Nedir.htm, İmalat çelikleri tablosu, 17.12.2013

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tarık YILMAZ

Doğum Yılı : 1983

Eğitim Bilgileri (Kurum ve Yıl)

Lisans : Marmara Üniversitesi - 2007

İletişim Bilgileri

Adres : Mersin Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı

Telefon : 546 539 90 53

E-posta : tarikyilmaz@mersin.edu.tr