

**İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BURÇ ÜRETİMİ İÇİN SOĞUK DÖVME KALIBI TASARIMI VE
ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burak Gökberk ÖZÇİÇEK

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ A.B.D

OCAK 2020

**İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BURÇ ÜRETİMİ İÇİN SOĞUK DÖVME KALIBI TASARIMI VE
ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Burak Gökberk ÖZÇİÇEK
Y170228007**

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ A.B.D

Dr. Öğr. Üyesi Ebubekir ATAN

OCAK 2020

İKÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsünün Y170228007 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Burak Gökberk ÖZÇİÇEK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “BURÇ ÜRETİMİ İÇİN SOĞUK DÖVME KALIBI TASARIMI VE ANALİZİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :

Dr.Öğr. Üyesi Ebubekir ATAN
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Jüri Üyeleri :

Prof. Dr. Kutlay SEVER
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Savaş ÖZTÜRK
Celal Bayar Üniversitesi

Teslim Tarihi : 10.01.2020
Savunma Tarihi: 24.01.2020

ÖNSÖZ

Bu çalışmaya olan katkılarından dolayı, Norm Somun A.Ş'ye, Dr. Öğr. Üyesi Ebubekir ATAN'a, Mak Yük. Müh. Sn. Tunca ERDOĞAN, Mak Müh. Sn. Barış KÜTAHYA, Mak Müh. Sn. Fuat AĞARER, Kalıp Tasarım Uzm. Sn. Serdar YAĞCI, Mak Yük. Müh. Sn. Hatice SANDALLI'ya, destekleri için Mak.Müh. Sn. İzlem BAKAR'a ve aileme teşekkür ederim.

Ocak 2020

Burak Gökberk ÖZÇİÇEK

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ.....	12
1.1 Soğuk Dövme	13
1.2 Sıcak Dövme	14
1.3 Plastik Şekillendirmenin Temelleri.....	15
1.3.1 Akma gerilmesi ve akma eğrisi.....	15
1.3.2 Şekil değiştirme sertleşmesi.....	16
1.3.3 Şekillendirme yöntemleri.....	16
1.3.3.1 Taban düzeltme	17
1.3.3.2 Kafa şişirme.....	17
1.3.3.3 İleri ve geri uzatma.....	18
1.3.3.4 Redüksiyon.....	18
1.3.3.5 Delme	19
1.3.3.6 Kesme	19
1.4 Çalışmanın Amacı	20
1.5 Yöntem.....	20
2. TASARIM SÜRECİ.....	21
2.1 Malzeme Seçimi.....	22
2.1.1 Basma altındaki uzama miktarının hesaplanması	22
2.2 İstasyon Tasarımı	23
2.2.1 Kesme istasyonu.....	24
2.2.2 İstasyon 1 ve 2-taban düzeltme istasyonu.....	25
2.2.3 İstasyon 3-ilk uzatma istasyonu	25
2.2.4 İstasyon 4- ikinci uzatma istasyonu	26
2.2.5 İstasyon 5- delme istasyonu	26
2.2.5.1 Rondela kesme kuvvetinin hesaplanması.....	27
2.2.6 İstasyon 6- kalibre istasyonu.....	27
2.3 Dövme Simulasyonu	28
2.4 Pres Seçimi Ve Pres Seçimini Etkileyen Parametreler	32
2.4.1 İstasyon sayısı	32
2.4.2 Hammadde çapı.....	32
2.4.3 Minimum hammadde kesme boyu	32
2.4.4 Maksimum çıkarma boyu.....	32
2.5 Zimba Tasarımı	33
2.5.1 Basma dayanımı	33
2.5.2 Burkulma dayanımı.....	34
2.5.3 Örnek uygulama	35
2.5.3.1 Çözüm.....	35
2.5.4 Tasarım tavsiyeleri	37

2.6	Çekirdek Tasarımı	38
2.7	Kalıp Projelendirilmesi	40
3.	ÜRETİM PROSESLERİ, PROBLEMLERİ VE ÇÖZÜMLERİ.....	41
3.1	Yüzey İşlem.....	41
3.1.1	Yüzey temizlik yöntemleri.....	41
3.1.1.1	Tersine eğme ve fırçalama yöntemi	41
3.1.1.2	Kumlama	42
3.1.1.3	Kimyasal banyolama	42
3.2	Tavlama.....	44
3.3	Tel Çekme	45
3.4	Soğuk Dövme Presi.....	46
3.4.1	Kangal açma ünitesi	46
3.4.2	Kangal düzeltme ünitesi.....	47
3.4.3	Soğuk şekillendirme ve transfer sistemi	47
3.5	Santrifüj.....	50
3.6	Kalite Kontrol.....	51
3.6.1.1	Basma deneyi.....	52
3.7	Soğuk Dövmede Karşılaşılan Problemler Ve Çözümleri.....	53
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	55
	KAYNAKLAR	56
	ÖZGEÇMİŞ.....	58

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1 Plastik şekillendirme sıcaklık aralığı [4].....	13
Tablo 2.1 Test koşulları çizelgesi.....	22
Tablo 2.2 Makine seçim kriterleri [15]	33

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Ahşap malzemede yataklama burcu uygulaması [1]	12
Şekil 1.2 Kauçuk kaplı titreşim burcu [2].....	12
Şekil 1.3 Soğuk dövme ile üretilmiş parçalar[2]	14
Şekil 1.4 Gerilme-şekil değiştirme grafiği [9]	15
Şekil 1.5 Farklı metallerin akma eğrilerinin kıyaslanması [3].....	16
Şekil 1.6 Taban düzeltme [3]	17
Şekil 1.7 Kafa Şişirme [11].....	17
Şekil 1.8 İleri ve geri uzatma (a=baskı zımbası, b=kalıp, c=iş parçası, d=sıyırıcı, e=uzatma zımbası) [12].....	18
Şekil 1.9 Redüksiyon ile çap düşürülmesi [3]	18
Şekil 1.10 Delme işlemi.....	19
Şekil 1.11 Altıköşe başlı cıvatalarda kesme işlemi [3].....	19
Şekil 2.1 Ürün teknik resmi.	21
Şekil 2.2 Simufact.forming programı ile plastik boy değişiminin incelenmesi.....	23
Şekil 2.3 İstasyon tasarımı.	24
Şekil 2.4 Taban düzeltmeyi gösteren istasyon numuneleri.....	25
Şekil 2.5 Kademeli uzatmada set oluşumu.	26
Şekil 2.6 Simufact.forming ile aksisimetrik soğuk dövme parametrelerinin belirlenmesi.....	28
Şekil 2.7 İş parçası malzemesinin seçilmesi.....	29
Şekil 2.8 Simufact.forming pres seçme ekranı.	29
Şekil 2.9 Kalıp ve iş parçası sıcaklığının belirlendiği pencere.....	30
Şekil 2.10 İş parçasına mesh atanması.....	30
Şekil 2.11 İş parçası, zımba ve kalıbın manuel konumlandırılması.	31
Şekil 2.12 Dövme istasyonlarında meydana gelen kuvvetler.....	31
Şekil 2.13 Mesnet tiplerine göre kritik boy katsayıları [16]	34
Şekil 2.14 Delici zımba ve delinecek iş parçası.....	35
Şekil 2.15 Sıyırıcı ile desteklenen zımba.....	37
Şekil 2.16 Delme yönünün Lk'ya etkisi (a: Lk=0,7L, b:Lk=2L).	37
Şekil 2.17 Kalıp ve zımbada meydana gelen maksimum asal gerilme.....	38
Şekil 2.18 Kalıp ve zımbada meydana gelen minimum asal gerilme.	38
Şekil 2.19 Kalıp tasarımı için önerilen malzemeler [19]	39
Şekil 2.20 Kalıp montaj resmi.	40
Şekil 3.1 Tersine eğme ve fırçalama ile yüzey temizliği [21]	41
Şekil 3.2 Kumlama ile yüzey temizliği [23]	42
Şekil 3.3 Kimyasal banyolama ile yüzey işlem [25].....	43
Şekil 3.4 Tavlama fırını	44
Şekil 3.5 Tel çekme makinesi.....	45
Şekil 3.6 Yatay pres makinesi.....	46
Şekil 3.7 Kangal Düzeltme ünitesi.	47
Şekil 3.8 Soğuk şekillendirme bölümü.....	48

Şekil 3.9 Referans tabla.	49
Şekil 3.10 Santrifüj makinesi.....	50
Şekil 3.11 Bakalite alınmış numuneler.	51
Şekil 3.12 Ölçüm sonuçları.....	51
Şekil 3.13 Çökme testi uygulaması.....	52
Şekil 3.14 Çökme testi sonuç raporu.	52
Şekil 3.15 Sıvama yapmış ürün.	53
Şekil 3.16 Bileziklenme.....	54
Şekil 3.17 İstasyon numunesi kesit görünüşü.....	54

BURÇ ÜRETİMİ İÇİN SOĞUK DÖVME KALIBI TASARIMI VE ANALİZİ

ÖZET

Burçlar, endüstride farklı uygulama alanlarında, yaygın olarak kullanılan makine elemanlarıdır. Titreşim takozu, kaynaklı bağlantı elamanı, yataklama elemanı olarak kullanılır. Yaygın imalat yöntemlerinin hemen hepsi ile üretilebilir. Büyük hacimli üretimlerde hız ve maliyet önemlidir. Bu sebeple dövme gibi konvansiyonel yöntemler sıkça tercih edilmektedir.

Bu çalışmada, burçların kullanım alanları ve dövme ile ilgili temel bilgilere değinilmiştir. Delikli düz burç için soğuk dövme kalıbı tasarımı yapılmış, Simufact.forming programı ile dövme tasarımı analiz edilerek dövme kuvvetleri belirlenmiştir. Basma gerilmesine maruz kalan kalıp elemanları için analitik hesap yöntemlerine değinilmiştir.

Üretimde kullanılan çok istasyonlu yatay preslerin yapısına değinilmiş, üretimde karşılaşılan problemler için çözüm önerileri sunulmuş ve üretimi yapılan burç basma testine tabi tutularak, test sonuçları değerlendirilmiştir. Elde edilen kazanımlar, farklı formlardaki delikli parçaların şekillendirilmesinde meydana gelebilecek problemlerin öngörülmesi için gerekli yöntem bilgisini sağlayacaktır.

COLD FORGING TOOL DESIGN AND ANALYSIS FOR BUSHING MANUFACTURING

ABSTRACT

Bushings are widely used machine elements in different application areas in industry. It can be produced by almost all of the common manufacturing methods. Speed and cost are important in large volume production. For this reason, conventional methods such as forging are often preferred.

In this study, the use of bushes and basic information about forging are mentioned. Cold forging die design was made for perforated flat bush, forging forces were determined by analyzing forging design with Simufact.forming program. Analytical calculation methods for mold elements subjected to compressive stress are discussed.

The structure of the multi-station horizontal presses used in the production, problems encountered in production and solutions are discussed. In the result section, the produced bushing was subjected to compression test and the test results were evaluated. Design suggestions are given to eliminate forging defects. The gains obtained will provide the necessary method knowledge to predict the problems that may occur in the shaping of hollow parts of different forms.

1. GİRİŞ

Burç, makine tasarımında yaygın olarak kullanılan bir makine elemanıdır. Son ürün olarak kullanılabilirdiği gibi, ikinci bir işleme tabi tutularak farklı ürünlere çevrilebilir. Tespit burcu, titreşim takozu, yataklama elemanı, kaynak burcu gibi uygulamalarda kullanılabilir. Endüstride üretilen her ürün gibi, hızlı ve ucuz üretilmesi önemlidir. Bu sebeple, toz metalürjisi, soğuk dövme, sıcak dövme gibi hammadde sarfiyatının talaşlı imalata göre az olduğu seri üretim yöntemleri ile üretilmesi tercih edilir.



Şekil 1.1 Ahşap malzeme de yataklama burcu uygulaması [1]



Şekil 1.2 Kauçuk kaplı titreşim burcu [2]

Burç üretiminde kullanılan seri imalat yöntemlerinden biride dövmedir. Dövme, malzemeyi basma kuvveti ile şekillendirmeyi esas alan bir imalat yöntemidir. Nihai ürün ya da yarı mamül üretiminde uygulanabilir. Günümüzde, otomotiv, havacılık, bağlantı elemanları üretimi gibi sektörlerde yaygın olarak kullanılan bir imalat yöntemidir [3]. Diğer yaygın imalat yöntemlerine göre avantajları olduğu gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Üretim yönteminin belirlenmesinde fayda-maliyet ilişkisi esastır. Dövme, yüksek hacimli üretim gerektiren durumlarda faydalı çözümler sunmaktadır. Malzeme sarfiyatı, talaşlı imalata göre düşüktür.

Dövme, soğuk, ılık ya da sıcak olarak uygulanabilir. Bu aralığı belirleyen kriter uygulama sıcaklığının, iş parçası malzemesinin ergime sıcaklığına olan oranıdır (Tablo 1.1) [4].

Tablo 1.1 Plastik şekillendirme sıcaklık aralığı [4]

İşlem	T/T _m
Soğuk şekillendirme	< 0,3
Ilık şekillendirme	0,3 - 0,5
Sıcak şekillendirme	> 0,6

T:Dövme sıcaklığı, T_m:Dövülen malzemenin ergime sıcaklığı

1.1 Soğuk Dövme

Tablo 1.1’de belirlenen $T/T_m < 0,3$ şartını sağlayan sıcaklıklarda uygulanmaktadır [4]. İş parçası, bir kalıp içerisinde sıkıştırılarak şekillendirilmektedir. Kafa şişirme, taban düzeltme, uzatma, delme gibi yöntemler kullanılır. Ürün ölçülerini tek seferde yakalamak mümkün değildir. Bu sebeple, şekillendirme, kademeli olarak gerçekleştirilir. Otomotiv ve bağlantı elemanları sektöründe sıkça kullanılır [5].

Soğuk dövmenin avantajları aşağıdaki gibi listelenebilir [3].

- Hız yüksektir.
- Talaş kaldırma olmadığı için malzeme sarfiyatı düşüktür.
- Malzemenin akması sebebiyle mekanik özellikler iyileşir.

- Yüzey kalitesi yüksektir. Ürün geometrisine bağlı olarak nihai ürün ikincil işlemsiz üretilebilir.

Soğuk dövmenin dezavantajları aşağıdaki gibi listelenebilir [3].

- Yüksek yatırım gerektirir.
- Şekillendirme için gerekli olan kuvvetin yüksek olması sebebiyle, takım maliyeti yüksektir.
- Tüm geometriler üretilemez. Dövme eksenine dik, delik ve yiv açılması zordur.



Şekil 1.3 Soğuk dövme ile üretilmiş parçalar[2]

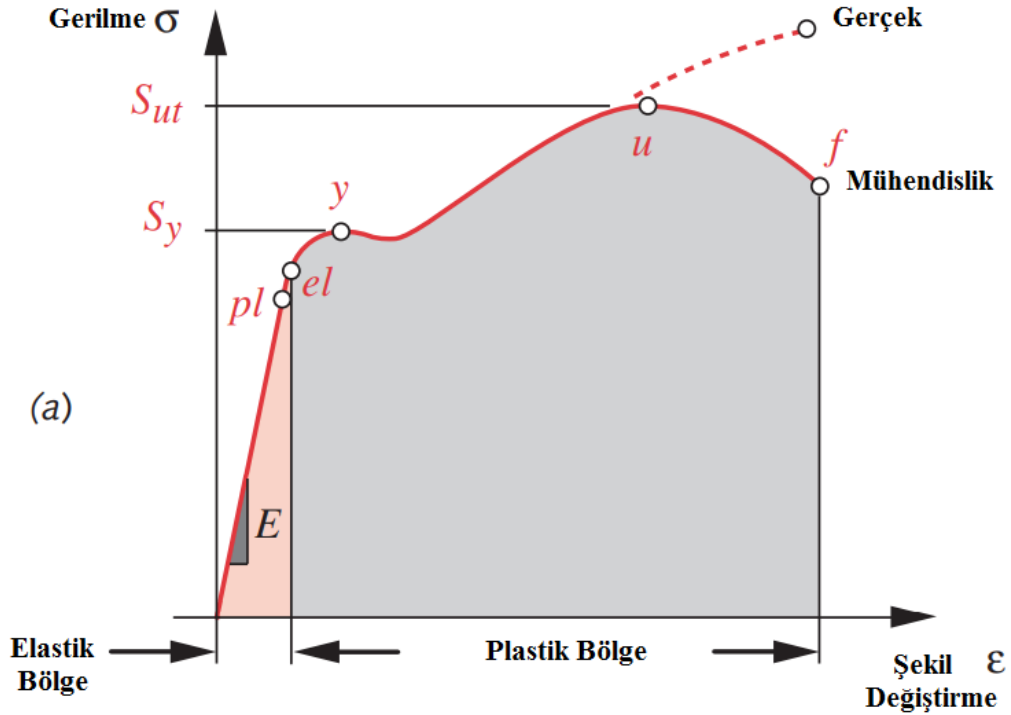
1.2 Sıcak Dövme

Yüksek sıcaklıklarda ($T/T_m > 0.6$) uygulanan dövme uygulamalarına sıcak dövme denir [4]. İhtiyaç duyulan dövme kuvveti soğuk şekillendirmeye göre daha düşüktür [6]. Dövme operasyonunda kullanılan takımlar, basının yanında termal gerilmelere de maruz kalırlar. İş parçası ısıtıldığı için sünekliği artar. Soğuk dövmeyle kıyasla daha

karmaşık geometriler şekillendirilebilir [7]. Soğuk şekillendirmeye nazaran toleranslar daha kabadır. Termal genleşme meydana gelir. Bu sebeple daima ikincil işleme ihtiyaç duyar [3].

1.3 Plastik Şekillendirmenin Temelleri

Çekme testinden elde edilen gerilme-şekil değiştirme grafiği, malzemenin kuvvet altında nasıl davranacağı ile ilgili birçok bilgi barındırır. Dayanım esaslı uygulamalarda, malzemenin elastik bölge içerisinde kalması beklenir [8]. Plastik şekillendirme uygulamalarında, grafiğin plastik bölgesine odaklanılır [3].

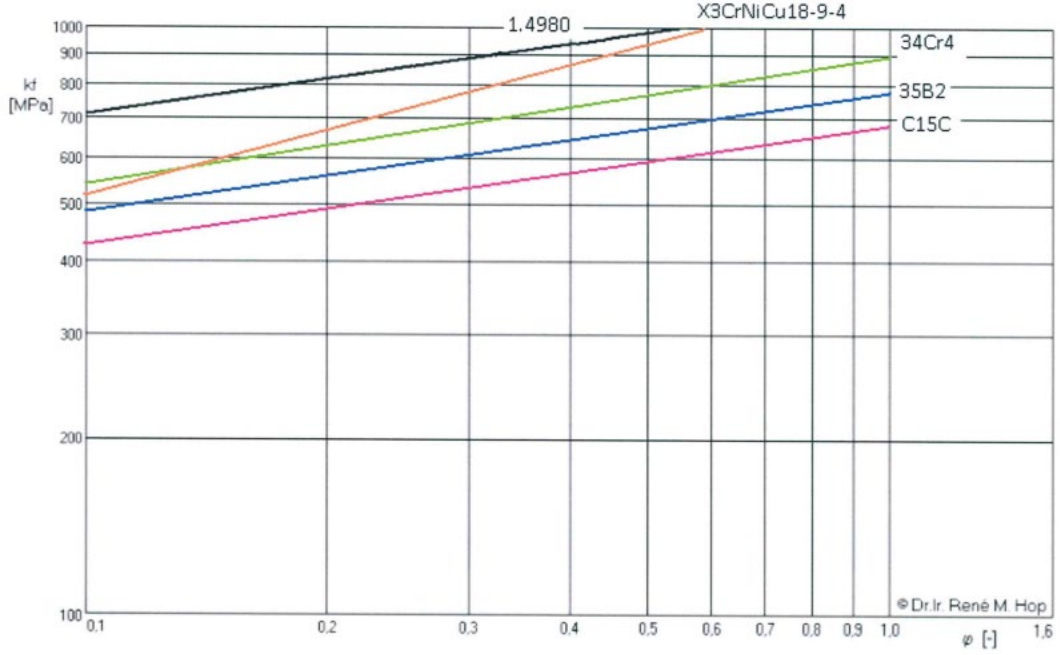


Şekil 1.4 Gerilme-şekil değiştirme grafiği [9]

1.3.1 Akma gerilmesi ve akma eğrisi

Akma gerilmesi, malzemenin plastik deformasyona uğramaya başladığı gerilme değeridir [10]. Şekil değiştirme, şekil değiştirme hızı ve sıcaklığın bir fonksiyonudur [6]. Akma eğrisi, deformasyon derecesi ve akma gerilmesinin ilişkisini gösterir. Deformasyon derecesi, malzemenin ne kadar şekil değiştirdiğinin bir ölçөгüdür [3]. Akma eğrisinden, deformasyon için gerekli olan kuvvet, takımların maruz kalacağı

kuvvet değerleri okunabilir [3]. Farklı metallerin akma eğrileri Şekil 1.3'te gösterilmektedir.



Şekil 1.5 Farklı metallerin akma eğrilerinin kıyaslanması [3]

1.3.2 Şekil değiştirme sertleşmesi

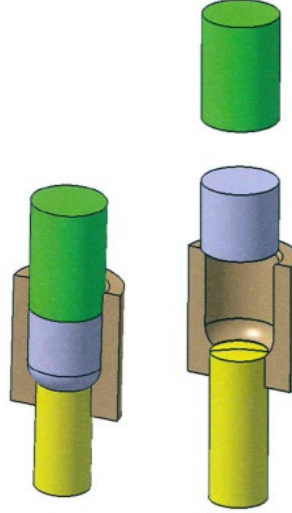
Malzeme iç yapısında bulunan dislokasyonlar, plastik şekillendirme esnasında hareket ederler. İç yapının bazı bölgelerinde yeni dislokasyonlar oluşurken, bazı bölgelerinde dislokasyonlar yığılarak tanelerin hareket etmesini engeller. Bu duruma, şekil değiştirme sertleşmesi denir. Malzeme sertleştikçe, malzemenin şekillendirilebilirliği azalır [3].

1.3.3 Şekillendirme yöntemleri

Kapalı kalıpta dövme yapılırken, üründe bulunan delik, fatura, flanş gibi geometrik özellikleri yakalayabilmek adına farklı şekillendirme yöntemler uygulanır. Bu başlık altında bu yöntemler incelenecektir.

1.3.3.1 Taban düzeltme

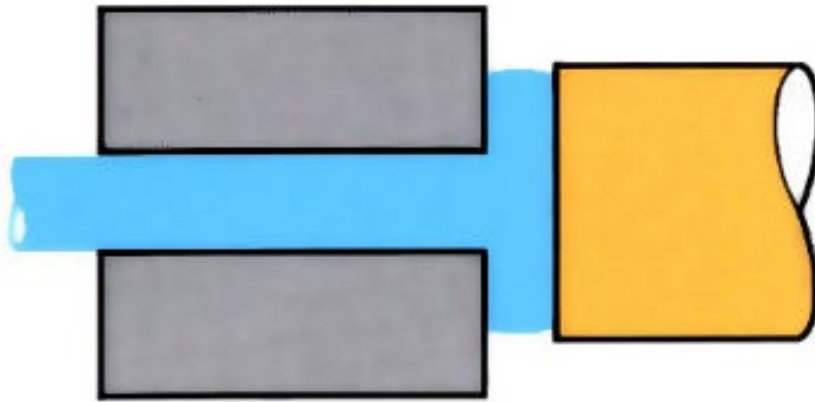
İş parçası, çelik kangaldan istenen hacimde kesildiğinde, kesme yüzeylerinde deformasyon meydana gelir. Bu deformasyon giderilmeden şekillenme işlemine başlandığı durumlarda, ürün üzerinde makas izi denilen izler meydana gelir. Bu izleri giderebilmek adına, iş parçası ilk olarak taban düzeltme işlemine tabi tutulur.



Şekil 1.6 Taban düzeltme [3]

1.3.3.2 Kafa şişirme

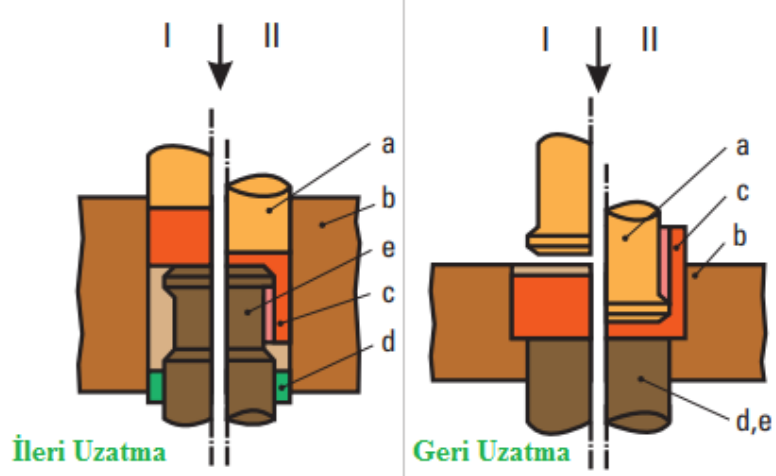
Flanş gibi geometrik özelliklere sahip ürünler dövülürken, kafa şişirme işlemine tabi tutulur.



Şekil 1.7 Kafa Şişirme [11]

1.3.3.3 İleri ve geri uzatma

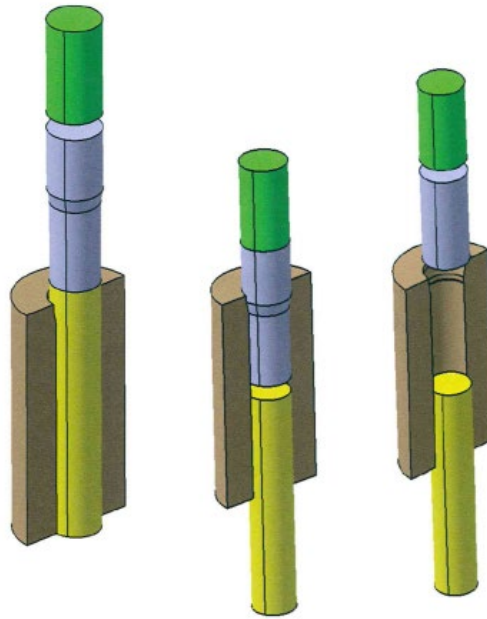
Delik formuna sahip ürünlerde, deliği oluşturmak için kullanılan dövme yöntemidir. İleri ve geri uzatma şeklinde uygulanabilir.



Şekil 1.8 İleri ve geri uzatma (a=baskı zımbası, b=kalıp, c=iş parçası, d=sıyırıcı, e=uzatma zımbası) [12]

1.3.3.4 Redüksiyon

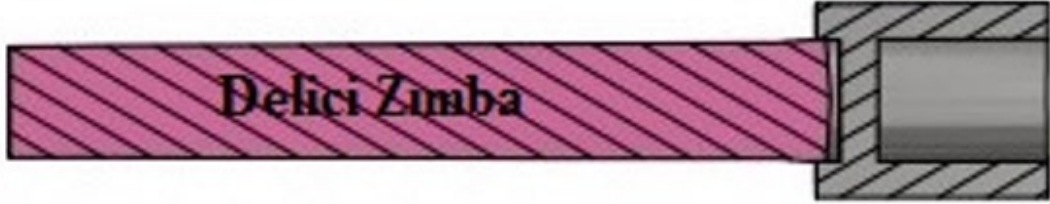
Kademeli yapıları oluşturmak için kullanılan bir çap düşürme yöntemidir. Cıvataların shaft kısımları bu yöntem ile oluşturulur.



Şekil 1.9 Redüksiyon ile çap düşürülmesi [3]

1.3.3.5 Delme

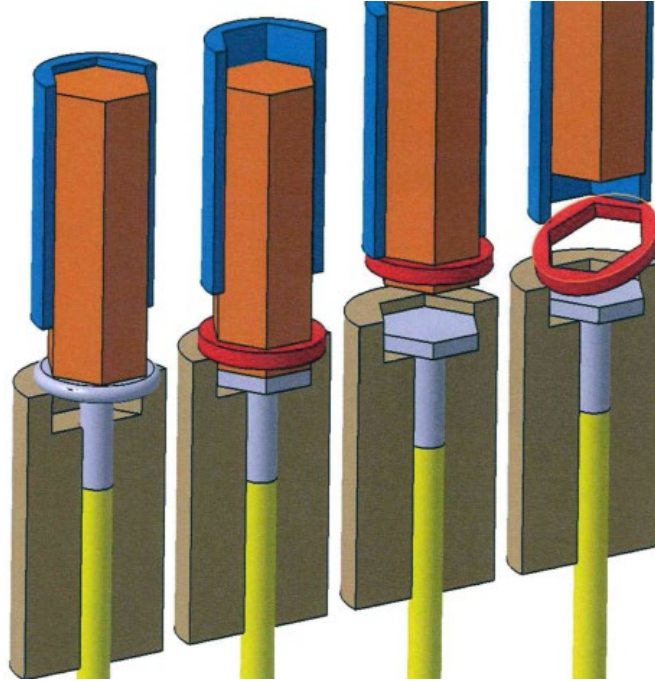
Dövülen parçada delik açma için kullanılan şekillendirme yöntemidir. Delik, uzatma işlemleri ile belirli bir bölgeye kadar hazırlanır. Nihai deliği oluşturmak için bir kısım malzeme kesilerek atılır.



Şekil 1.10 Delme işlemi.

1.3.3.6 Kesme

Dövme ile doldurulması zor olan keskin köşelere sahip geometriler, kesme yöntemi ile oluşturulur. Örneğin; DIN 931 cıvatalar.



Şekil 1.11 Altıköşe başlı cıvatalarda kesme işlemi [3]

1.4 Çalışmanın Amacı

Burçlar, endüstride sıkça kullanılmaktadır. Farklı geometrik şekillere sahip olabilir. Aralama takozu veya farklı uygulamalar için yarı mamül olarak kullanılabilir. Hızlı üretimi önemlidir. Mekanik özelliklerin iyileştirilmesi, yüzey kalitesinin iyi olması, hız gibi sebeplerden dolayı, soğuk dövme ile üretimi sıkça tercih edilir. Bu çalışmada, burç üretimi için endüstriyel bir soğuk dövme operasyonunun, tasarım, üretim, test gibi çalışmalar yürütülmüştür. Delikli parçaların dövülmesinde izlenen yol, karşılaşılan sorunlar, deneysel olarak incelenmiştir. Elde edilen kazanımlar, farklı formlardaki delikli parçaların şekillendirilmesinde meydana gelebilecek problemlerin öngörülmesi için gerekli yöntem bilgisini sağlayacaktır.

1.5 Yöntem

Mühendislik tasarımı iteratif bir süreçtir. Tasarım süreci, hedefe varılıncaya kadar devam eder. Günlük hayatımızda kullandığımız birçok araç, arkasında planlı bir çalışma barındıran mühendislik ürünüdür. Bu çalışma kapsamında, takip edilecek plan aşağıda listelenmiştir.

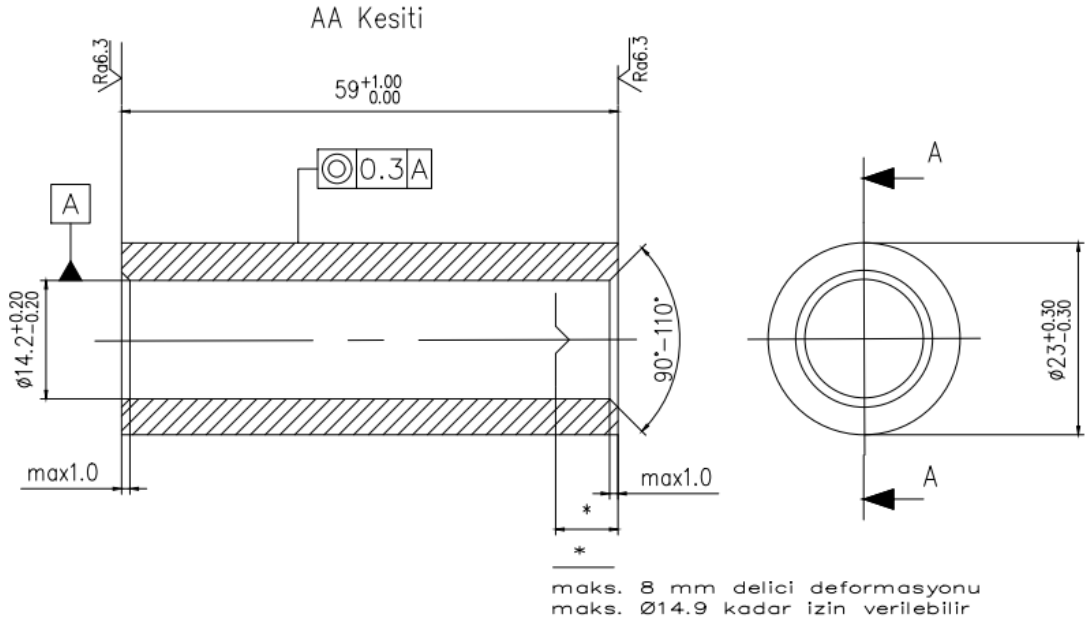
Tasarım Planı

1. Problemin tanımlanması ve ihtiyaçların belirlenmesi
2. Literatür taraması
3. Ön tasarım süreci, dövme adımlarının tasarlanması
4. Dövme adımlarının simülasyon ile uygunluğunun kontrolü
5. Kalıp projelendirilmesi
6. Üretim Süreci
7. Üretimden öğrenilen derslerin değerlendirilmesi
8. Kalite Kontrol
9. Sonuçların değerlendirilmesi

Takip edilecek bu planın alt başlıklarında, tasarımcının kullandığı yaklaşım ve teknik bilgiler örneklerle detaylandırılacaktır. Sonuç kısmında, tüm süreç boyunca elde edilen kazanımlar değerlendirilecek, ilerleyen projelere altyapı oluşturması adına bir yöntem bilgisi oluşturulacaktır.

2. TASARIM SÜRECİ

Tasarım sürecinde, soğuk şekillendirme operasyonunun tüm kısımları göz önünde bulundurulmalıdır. Tasarımcı, ürün kalitesini etkileyebilecek tüm parametreleri önceden öngörmeli ve engelleyici aksiyonlar almalıdır. Bu öngörülerini alırken tasarımcı, fayda-maliyet çerçevesinde hareket etmelidir. Ürün ihtiyaçlarından fazla bir önlem almak maliyeti arttıracaktır. Tasarımcı, ürün resminde belirtilen optimum koşulları sağlayan ekonomik çözümler üretmelidir. Soğuk dövme ile üretilen bir ürünün ihtiyaçları, geometrik ve mekanik ihtiyaçlar olarak iki başlıkta incelenebilir.



Şekil 2.1 Ürün teknik resmi.

Ürün teknik resminde belirtilen ölçü ve toleranslar geometrik ihtiyaçlar başlığı altında incelenmelidir. Kalıp projelendirme ve istasyon tasarımı aşamalarında, ürün teknik resminde belirtilen ölçü ve toleranslar esas alınacaktır. Dövme operasyonu kademeli olarak gerçekleştiği için, bir istasyon tasarımı içinde belirlenen geometrik sınırlandırmalar, bir sonraki istasyonu etkileyecektir. Dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husus, ürünün ihtiyaç duyacağı mekanik özelliklerdir. Ürün basma, çekme veya müşteri tarafından belirlenen test koşullarını sağlamalıdır. Tasarımcı, belirtilen test koşullarını sağlayacak bir hammadde seçmelidir.

2.1 Malzeme Seçimi

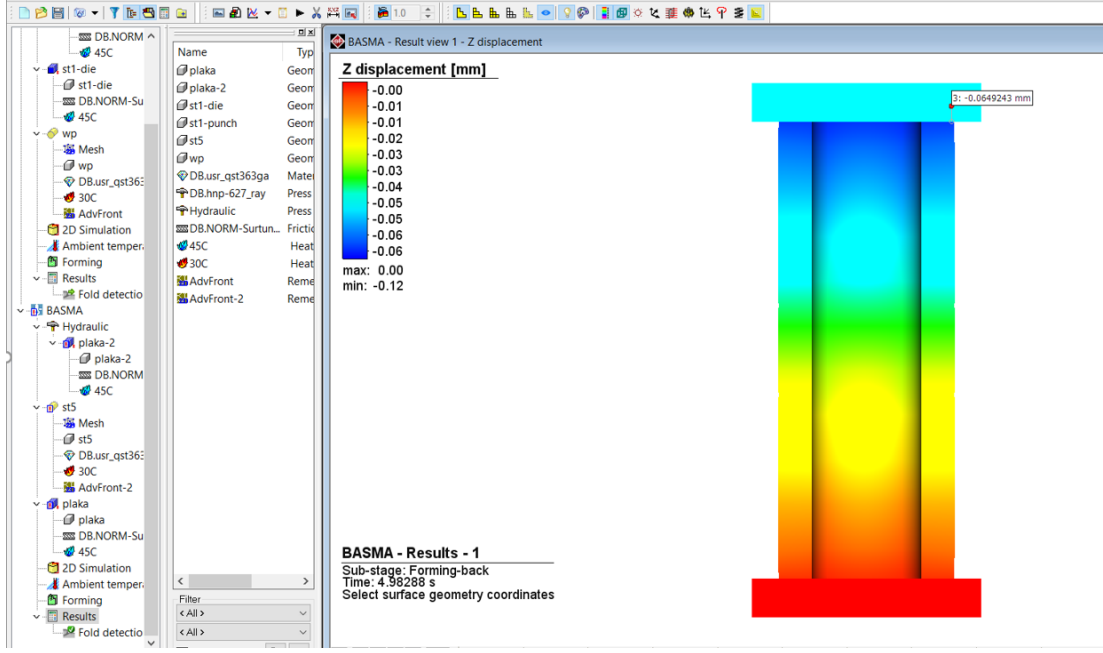
Malzeme seçimi yapılırken, mukavemet, şekillendirilebilirlik, korozyon direnci, mevcut stok durumu gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Ele aldığımız örnekteki burç, süspansiyon takozu olarak kullanılmaktadır. Basma kuvvetine maruz kalacaktır. Basmaya maruz kalan ürünlere basma testi uygulanmaktadır. Soğuk şekillendirme ile üretilen burç, ürün resminde belirtilen basma test koşullarını sağlamalıdır. Soğuk dövmede, genellikle düşük, orta ve yüksek karbonlu çelikler kullanılmaktadır. Malzeme olarak C10C öngörülmüştür. Yapılacak kontrol neticesinde, uygun olup olmadığı kontrol edilecektir. Ürün için belirtilen basma test parametreleri Tablo 2.1'deki gibidir.

Tablo 2.1 Test koşulları çizelgesi.

Test Koşulları	
Ön Yükleme Hızı	2mm/min
Ön Yük	Fv= 0kN
1.Kademe	F1= 50kN
2.Kademe	F2= 100kN
3.Kademe	F3= 0kN
Bekleme Süresi	$\Delta t= 0$
İstenen Uzama	$S1-S3 \leq 0,2mm$

2.1.1 Basma altındaki uzama miktarının hesaplanması

Soğuk şekillendirme ile üretilen burç, çekme-basma test cihazında, basma testine tabi tutulacaktır. Test çizelgesinde belirtilen 100KN kuvvet, burç üzerine uygulanıp plastik boy değişim miktarı kontrol edilmiştir. Plastik boy değişimi, simufact.forming programı ile gerçekleştirilmiştir. Burç, cad yazılımı ile modellenerek simufact.forming programına yüklenmiştir.

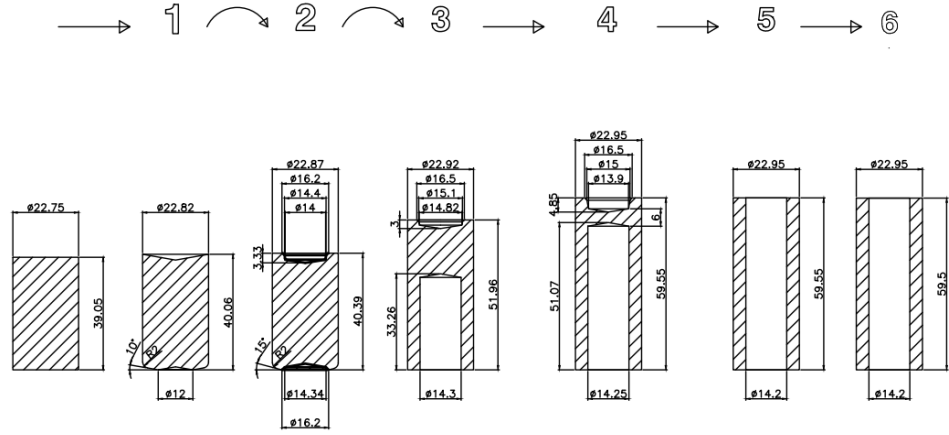


Şekil 2.2 Simufact.forming programı ile plastik boy değişiminin incelenmesi.

Alt ve üst tabla arasında yerleştirilen burç, Tablo 2.1’de belirtilen test koşullarına göre, basma testine tabi tutulmuştur. Yerdeğiştirme miktarı incelendiğinde, malzemedeki çökme miktarı 0,06mm’dir. Plastik boy değişim miktarı, soğuk şekillendirme ile üretilen bu gibi ürünler için önemli bir kalite parametresidir. Ön tasarım aşamasında, seçilen malzemenin gerekli çökme koşullarını sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmelidir. Yapılan kontrol hesapları neticesinde, C10C malzemenin kullanılmasının uygun olduğu görülmüştür.

2.2 İstasyon Tasarımı

Soğuk şekillendirme ile üretim yaparken, parçanın nihai formunu tek bir dövme işleminde tamamlamak mümkün değildir. Makine tarafından kesilen hammadde, kademeli olarak şekillendirilerek, ürünün son geometrisine ulaşılmış olur. Bu kademelerin her birine istasyon denir. İstasyon tasarımı, üretilecek olan ürünün şekillendirme adımlarını temsil etmektedir. Tasarımdaki istasyon sayısı, ürün geometrisinin karmaşıklığına bağlıdır. Ürün geometrisinde bulunabilecek olan fatura, redüksiyon miktarı arttıkça, istasyon sayısı artacaktır. Bu ürün için, 6 istasyonlu bir tasarımın yeterli olacağı öngörülmektedir.



Şekil 2.3 İstasyon tasarımı.

Soğuk şekillendirmede delikli parçalar üretilirken, doğrudan deliği oluşturmak yüksek kuvvetler gerektirir. Bu kuvveti azaltmak adına delik belli bir kısma kadar oluşturulur. Nihai delik formunu verebilmek için bir miktar hammadde hurda olarak atılır. Atılan bu hurdaya “rondela” adı verilir. İngilizce literatürde “piercing” olarak geçmektedir. Rondelayı, üründen ayıran zımbaya delici adı verilir.

İstasyon tasarımının ilk adımı, üründen atılacak olan rondela miktarının belirlenmesidir. Net hacme, atılan rondela hacmi eklenerek brüt hacim belirlenir. Rondela hacmi büyüdükçe, hammadde sarfiyatı ve rondelayı üründen ayırmak için gerekli olan kesme kuvveti artmaktadır. Atılan rondelanın çapı, nihai ürünün delik çapına eşittir. Burada hacmi belirleyen parametre rondelanın kalınlığıdır. Sarfiyatı önlemek adına rondelanın ince yapılması, koç ve kalıp tarafındaki zımbaların çakışmasına ve rondelanın üründen ayrıldığı noktada yırtmaya sebep olabilir. Ürün resmi incelendiğinde, maksimum delici deformasyonunun boyu 8mm olarak belirlenmiştir. Atılacak olan rondelanın boyu, 8mm’den küçük olmalıdır. Aksi takdirde, nihai ürün kalite koşullarını sağlamayacaktır. Ön tasarım sürecinde, rondela 6mm olarak kabul edilecektir. Kontrol hesapları neticesinde rondela kalınlığı değiştirilecektir.

2.2.1 Kesme istasyonu

Kesme istasyonunda kesilen numunenin hacmi, nihai ürünün şeklini etkiler. Bu sebeple, atılacak rondela miktarı da dahil edilerek ürün brüt hacmi hesaplanır.

Hesaplanan bu brüt hacim değerine göre, uygun hammadde çapı ve kesme boyu hesaplanır. Hammadde çapı belirlenirken, uzatma ve delme istasyonlarında çap şişirme meydana gelmeyeceği göz önünde bulundurularak, uygun bir çap seçilmelidir.

2.2.2 İstasyon 1 ve 2-taban düzeltme istasyonu

Kesme istasyonundan gelen numune, giyotin kesmeye maruz kaldığı için, kesme yüzeylerinde kusurlar bulunmaktadır.



Şekil 2.4 Taban düzeltmeyi gösteren istasyon numuneleri.

Bu kusurlar düzeltilmeden şekillendirme işlemine geçildiğinde, kesme yüzeyindeki kusurlar, ürünün farklı kısımlarında açığa çıkabilir. Bu kalite kusuru ile karşılaşmamak adına, kesme numunesinin her iki yüzeyi, 1 ve 2 numaralı istasyonlarda, düzeltme işlemine tabi tutulur. Numune, kesme istasyonundan, 2 numaralı istasyona kadar dönerek kalıpların içine sokulur. Böylece her iki kesme yüzeyi de düzeltme işlemine tabi tutulmuş olur.

2.2.3 İstasyon 3-ilk uzatma istasyonu

Uzatma işlemi, öne uzatma, geriye uzatma veya yanal(lateral) uzatma şeklinde gerçekleştirilebilir [12]. Bu tasarımda öne uzatma yöntemi kullanılmıştır. Uzatma işlemi, kalıp tarafında gerçekleştirilmektedir. Uzatma istasyonlarında dikkat edilmesi gereken en önemli husus, uzatılan parçanın, uzatma işlemi sonrası, zımbadan ayrılabilmesidir. Ürünün toplam boyu 60mm'dir. Kullanılacak makinenin çıkarma boyu, 60mm'den büyük olmalı ya da uzatma işlemi iki veya daha fazla aşamada

yapılarak, uzatma boyunun, çıkarma boyundan küçük tutulması gerekmektedir. Tüm boyu tek adımda uzatma, kademeli uzatmaya göre daha fazla dövme yükü gerektirecektir. Artan dövme yükü ile beraber, uzatma zımbalarının kullanım ömründe düşme yaşanacaktır. Bu tasarımda, iki aşamalı uzatma işleminin yeterli olacağı öngörülmüştür. Uzatma işleminde kademe miktarının artması, ürün delik çapında set oluşturacaktır.

2.2.4 İstasyon 4- ikinci uzatma istasyonu

Ürünün tam boyunu yakalamak adına yapılan son uzatma işlemidir. İkinci uzatma işleminde, deliğe sokulan zımba, bir önceki istasyonun zımba çapından küçük yapılmalıdır. İki zımba arasındaki çap farkı büyüdükçe, delik içinde oluşacak kademelerin belirginliği de artar.



Şekil 2.5 Kademeli uzatmada set oluşumu.

2.2.5 İstasyon 5- delme istasyonu

Delme istasyonunda, rondela atılarak net hacim yakalanmış olur. Son uzatma istasyonunda rondela kalınlığı, ön görülen 6mm uzunluğa kadar düşürülmelidir. Rondela kalınlığı ne kadar fazla olursa, delik içinde delmeden kaynaklı yüzey deformasyonu o kadar yüksek olacaktır. Ayrıca rondela kalınlığının fazla olması kesme için gerekli olan kuvvetin artmasına sebep olur.

2.2.5.1 Rondela kesme kuvvetinin hesaplanması

Delici zımba tarafından kuvvet uygulandığında, rondelanın yanal yüzeyi kesme gerilmesine maruz kalacaktır. Kullanılacak malzeme C10C olarak belirlenmiştir. Kesme kuvveti Formül 2.2 ile hesaplanmaktadır [13].

$$F_s = A_s * k_s \quad (2.2)$$

$$k_s = 0,7 \dots 0,8 * R_m \quad (2.3)$$

$$A_s = \pi * D * h \quad (2.4)$$

$$A_s = \pi * 14,2 * 6$$

$$A_s = 267,528(mm^2)$$

$$k_s = 0,7 * R_m$$

$$k_s = 0,7 * 470$$

$$k_s = 330MPa$$

$$F_s = A_s * k_s$$

$$F_s = 267,528 * 330$$

$$F_s = 88172N = 8,83tonf$$

$$A_s = \text{Rondela Yanal Yüzey Alanı } (mm^2)$$

$$k_s = \text{Kesme Direnci } \left(\frac{N}{mm^2}\right)$$

$$R_m = \text{Çekme Mukavemeti } \left(\frac{N}{mm^2}\right)$$

$$F_s = \text{Kesme Kuvveti } (N)$$

$$D = \text{Rondela Çapı}(mm)$$

$$h = \text{Rondela Kalınlığı}(mm)$$

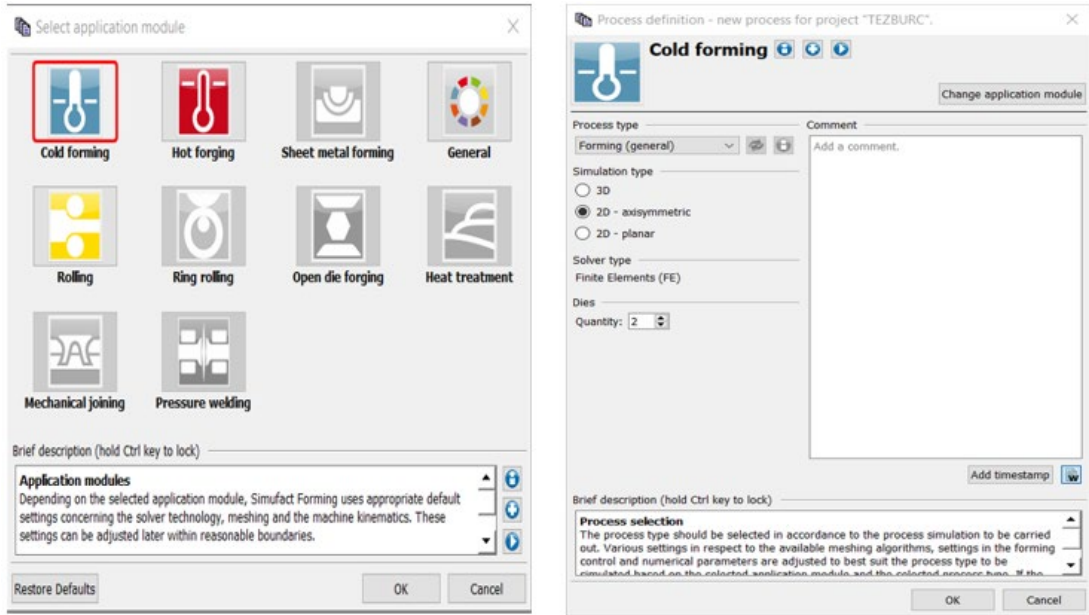
2.2.6 İstasyon 6- kalibre istasyonu

Delme işlemi tamamlanan burç, kalibre istasyonunda sıkıştırılarak, boy ve çaptaki toleransları yakalanmış olur. Delik içinde meydana gelen delici deformasyonu, kalibre istasyonunda belli ölçüde giderilebilir. Delme istasyonunda, boy ve çap toleransları yakalanırken, üst tolerans değerleri referans alınmalıdır. Ayar esnasında alt tolerans değerlerine sıkıştırılan ürünler, termal genişlemeden dolayı tolerans dışına çıkabilir. Soğuk şekillendirme olarak adlandırılrsa da, üretim esnasında, istasyonlardaki numunelerin sıcaklıkları 120°C'ye kadar yükselebilir [3] [14].

2.3 Dövmeye Simulasyonu

Simulasyon teknolojisi, mühendisliğin her alanında olduğu gibi soğuk şekillendirme endüstrisinde de önemli bir yere sahiptir. Öngörülen tasarımların, uygulamada nasıl bir davranış göstereceğini tespit edebilmek, maliyetleri azaltacaktır [14]. Bu simulasyon çalışmasında, uygun pres seçimi için ihtiyaç duyulan dövme kuvveti belirlenmiştir. Gerekli dövme kuvvetini hesaplayabilmek, ihtiyaçların üzerinde bir pres seçimini engelleyecek ve ekonomik sarfiyatı azaltacaktır. Dövme simulasyonu simufact.forming programı ile yapılmıştır.

Simulasyon için kullanılacak olan kalıplar, harici bir cad yazılımı ile modellenir. Soğuk dövme analizi yapılacağı için simufact.forming programında, uygulama modülü olarak “Cold forging” seçilir.

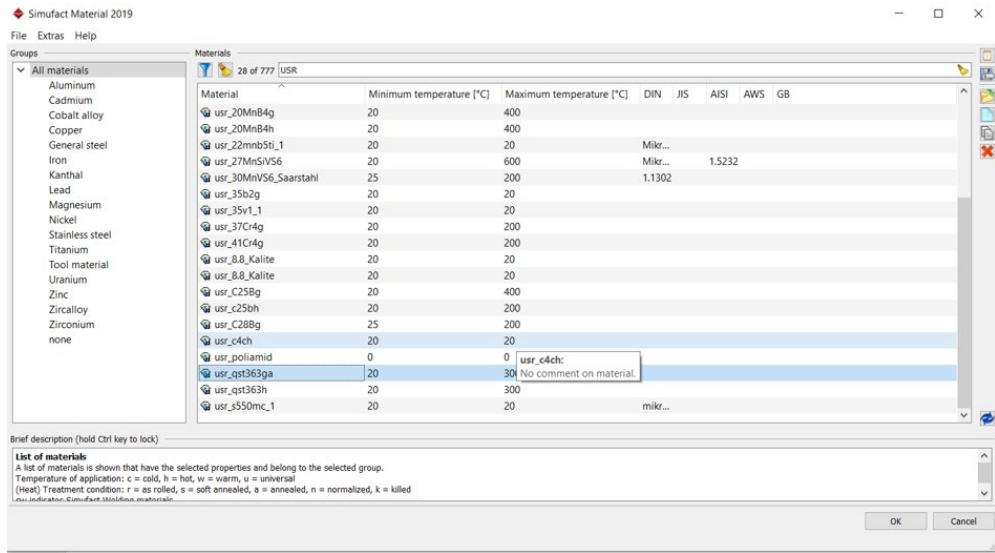


Şekil 2.6 Simufact.forming ile aksisimetrik soğuk dövme parametrelerinin belirlenmesi.

Analizini yapacağımız düz burç, eksenal simetrik bir parçadır. Parça, iki boyutlu eksenal simetrik olarak modellenebilir. Eksenal simetrik olarak modellemek simulasyon süresini ve boyutunu kısaltacaktır.

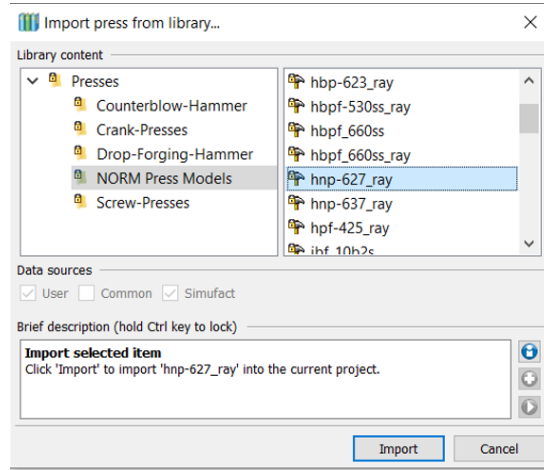
Simufact.forming, seçilen uygulama tipine göre taslak bir unsur ağacı oluşturur. Kullanıcı, programın simulasyon için talep ettiği verileri girerek, kalıp ve ürün konumlandırma işlemine geçebilir.

Taslak unsur ağacına ilk olarak iş parçası, zımba ve kalıbın cad modelleri yüklenir. İş parçasının malzemesi seçilir. Malzeme verileri mekanik özelliklerin yanında, akma eğrilerini içerir.



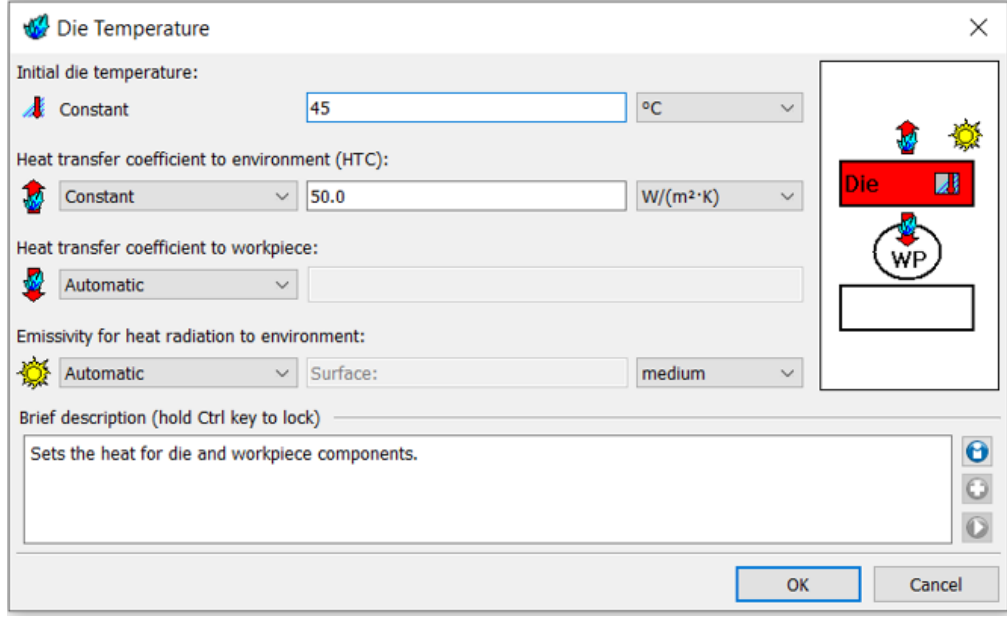
Şekil 2.7 İş parçası malzemesinin seçilmesi.

Malzeme tanımlamasından sonra, dövme için kullanılacak olan presin seçimi yapılır. HNP-627 presin mekanik özellikleri(hız,tonaj) programa tanımlanmıştır.



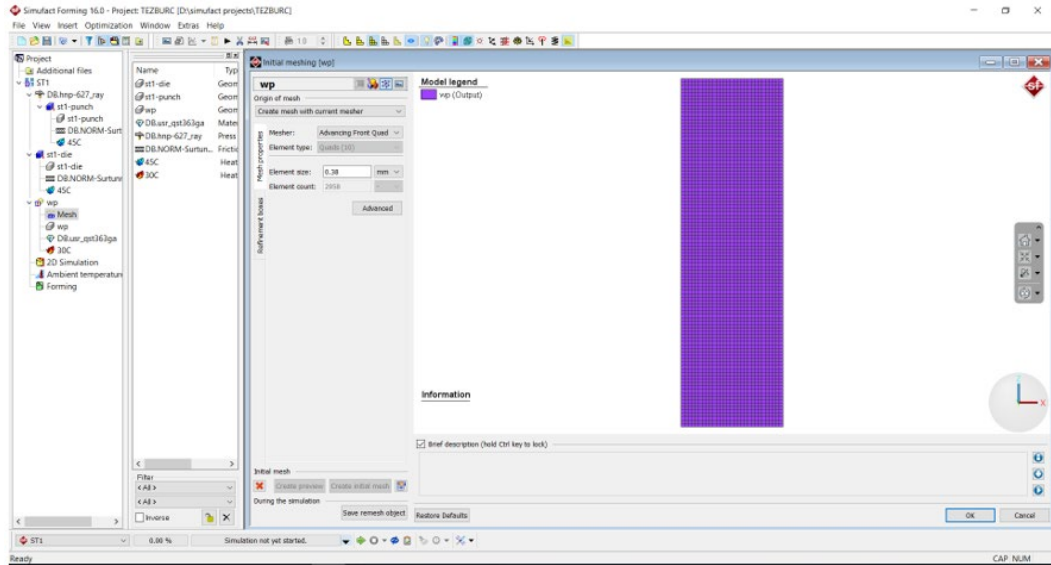
Şekil 2.8 Simufact.forming pres seçme ekranı.

Malzemeye ait sürtünme verileri seçilir. Kalıp ve iş parçasının başlangıç sıcaklıkları belirlenir. Başlangıç sıcaklığı iş parçası için 25 °C, kalıp için 45°C'dir.

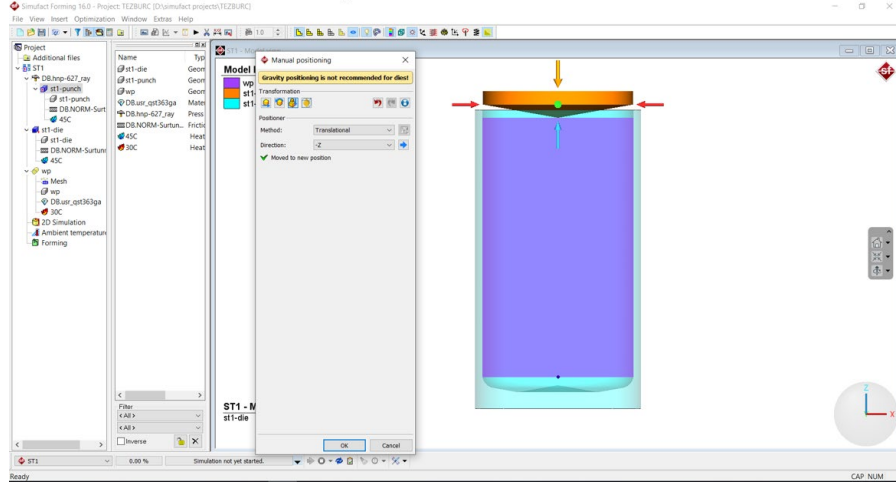


Şekil 2.9 Kalıp ve iş parçası sıcaklığının belirlendiği pencere.

İş parçasının mesh yoğunluğu, belirlenir. Mesh sayısı 2958 adettir. Mesh sayısını arttırmak, çözüm süresini arttıracaktır.

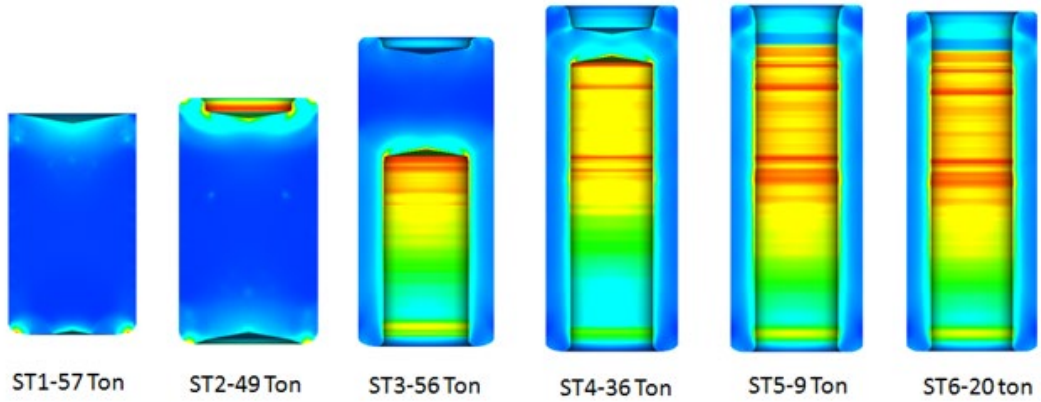


Şekil 2.10 İş parçasına mesh atanması.



Şekil 2.11. İş parçası, zımba ve kalıbın manuel konumlandırılması.

Mesh oluşturulduktan sonra, kalıp, zımba ve iş parçası manuel konumlandırılır. Zımbanın yapacağı kurs boyu tanımlanır ve simülasyon başlatılır. Diğer istasyonlar için, simülasyon adımları tekrarlanarak, tüm istasyonlardaki dövme kuvveti bulunabilir.



Şekil 2.12 Dövme istasyonlarında meydana gelen kuvvetler.

Toplam pres kuvveti, 229 ton olarak hesaplanmıştır. Bu simülasyon, kalıp tasarımı için gerekli olan öngörülerini oluşturmak adına sağlam bir kaynak olacaktır. Sonuçları incelediğimizde, 1, 2 ve 3 numaralı istasyonlarda dövme yükü, diğer istasyonlara göre yüksektir. Taban düzeltme istasyonu olan 1 ve 2 numaralı istasyonda, koç tarafı zımbaları mümkün olduğunca kısa tutulmalı, akma gerilmesi ve tokluğu yüksek çelikler tercih edilmelidir. İlk uzatma istasyonunda 56 ton yük meydana gelmektedir. Kalıp içinde ileri uzatma yapılacaktır. Uzatma zımbasının kademe boyu, burkulma

ihtimalini düşürmek adına kısa tutulmalıdır. Aynı durum ikinci uzatma ve delme istasyonları içinde geçerlidir. Son istasyon olan kalibre istasyonunda, delik içerisine maça sokulacaktır. Kademe geçişlerindeki gerilim konsantrasyonunu düşürmek adına, kalibrasyon zımbası iki parça olarak kovanlı tasarlanacaktır.

2.4 Pres Seçimi Ve Pres Seçimini Etkileyen Parametreler

Pres seçimi yapılırken, pres kuvveti ve pres geometrik limitleri göz önünde bulundurulmalıdır. İstasyon tasarımı tamamlanan ürünü dövme için gerekli olan kuvvet 229 ton olarak hesaplanmıştır. Pres, hesaplanan bu dövme kuvvetini sağlamanın yanında, istasyon tasarımının doğuracağı geometrik limitleri de karşılamalıdır.

2.4.1 İstasyon sayısı

İstasyon sayısı, yatay presler de değişiklik gösterilebilir. Makinenin istasyon sayısı, istasyon tasarımında belirtilen kademe sayısına eşit olmalıdır.

2.4.2 Hammadde çapı

Yatay preslerde, makinenin çalışabileceği hammadde çapı için üst limit bulunmaktadır. Seçilecek pres, istasyon tasarımında belirtilen hammadde çapında çalışabilmelidir.

2.4.3 Minimum hammadde kesme boyu

İstasyon numunesinin doğru hacme sahip olması, son ürün ölçülerini yakalamak adına önemlidir. Yatay preslerde, malzemenin kesebileceği minimum hammadde boyu ile ilgili bir alt limit bulunmaktadır. Seçilen pres, istasyon tasarımında belirtilen hammadde boyunu kesebilmelidir.

2.4.4 Maksimum çıkarma boyu

Kalıp içinde dövme işlemi yapıldıktan sonra, dövülen numunenin kalıp içerisinden çıkarılması gerekmektedir. Seçilen presin çıkarma boyu, dövülen numunenin, kalıp içindeki boyundan fazla olmalıdır. Bazı preslerde, koç tarafında da çıkarma sistemi bulunmaktadır. Eğer istasyon tasarımında uzatma işlemi koç tarafında doğru geriye

uzatma şeklinde yapılırsa, tasarımcı, koç tarafi çıkarma boyunun sınırlarını göz önünde bulundurmalıdır.

Yapılan çalışmalar sonucunda HYODONG HNP-627 makinesinin seçilmesine karar verilmiştir. İhtiyaç duyulan ve makinede bulunan özellikler Tablo 2.2’de listelenmiştir.

Tablo 2.2 Makine seçim kriterleri [15]

Özellik	İhtiyaç Duyulan	Makinede Olan
Tonaj	229 Ton	300 Ton
Kalıp tarafi çıkarma boyu	65mm	100mm
Koç tarafi çıkarma boyu	10mm	45mm
İstasyon sayısı	6	6
Minimum kesme boyu	39mm	10mm
Maksimum hammadde çapı	22,75mm	27mm

2.5 Zımba Tasarımı

Zımbalar, dövme kalıplarında ağırlıklı olarak basıya maruz kalan makine elemanlarıdır. Dayanımları, bası gerilmesi altında, akma ve burkulma kontrolleri yapılarak hesaplanır.

2.5.1 Basma dayanımı

Zımbanın basma altındaki dayanımı, gerilme formülü ile hesaplanabilir. Zımba malzemesinin bası dayanımı, zımba üzerinde oluşan bası gerilmesinden büyük olmalıdır. Gerilme, Formül 2.5 ile hesaplanabilir [8].

$$\sigma_b = \frac{F_p}{A} \leq \sigma_{pd} \quad (2.5)$$

σ_b = Bası Gerilmesi (MPa)

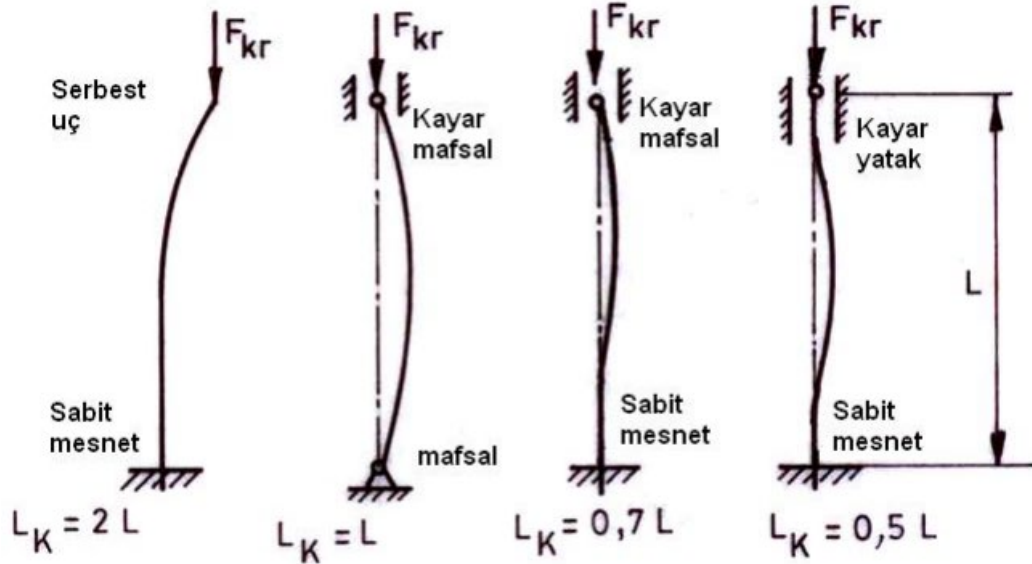
σ_{pd} = Zımba Malzemesinin Bası Dayanımı(MPa)

A = Basıya Maruz Kalan Yüzey Alanı(mm²)

F_p = Zımba Üzerine Gelen Kuvvet(N)

2.5.2 Burkulma dayanımı

Basıya maruz kalan zımbaların burkulma dayanımı, Euler burkulma formülü ile hesaplanabilir. Euler metodunda, zımbanın mesnet tipine göre kritik boy seçimi yapılmaktadır.



Şekil 2.13 Mesnet tiplerine göre kritik boy katsayıları [16]

Kritik burkulma kuvvetini hesaplamak için, Formül 2.6 kullanılabilir [17]. Hesaplanan kritik burkulma kuvveti, zımba üzerine gelen kuvvetten büyük olmalıdır.

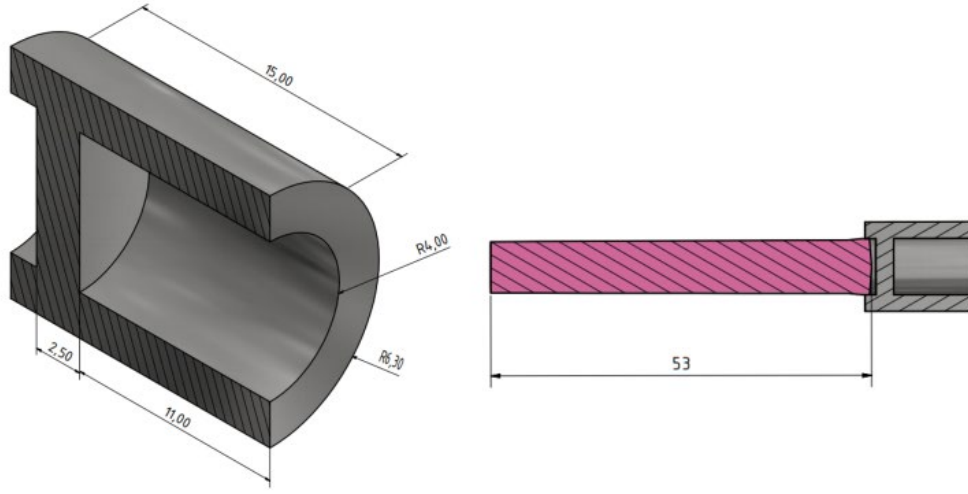
$$F_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I_{\text{minimal}}}{L_k^2} \quad (2.6)$$

F_{cr} = Kritik Burkulma Yüğü(Kn)

E = Elastik Modül(GPa)

I = Atalet Momenti(mm⁴)

L_k = Mesnet tipine göre kritik boy(mm)



Şekil 2.14 Delici zımba ve delinecek iş parçası.

2.5.3 Örnek uygulama

Bir delici zımba, C10C malzemeden dövülen bir iş parçasından, $D=8\text{mm}$ çapında ve $H=2,5\text{mm}$ kalınlığında rondela koparacaktır. Delici zımba M2 65HRC malzemeden imal edilmiştir. C10C çekme mukavemeti $R_m=470\text{MPa}$. Delici zımbanın basma ve burkulma dayanımını hesaplayınız. ($\sigma_{pd(M2\ 65HRC)} = 2450\text{MPa}$, $E=210\text{GPa}$)

2.5.3.1 Çözüm

Formül 2.2 kullanılarak, rondela kesme için gerekli olan kuvvet bulunur.

$$F_s = A_s * k_s \quad (2.2)$$

$$k_s = 0,7 \dots 0,8 * R_m \quad (2.3)$$

$$k_s = 0,8 * 470\text{MPa} = 376\text{MPa}$$

$$A_s = \pi * D * H \quad (2.4)$$

$$A_s = 3,14 * 8 * 2,5 = 62\text{mm}^2$$

$$F_s = 376\text{MPa} * 62\text{mm}^2$$

$$F_s = 23312\text{N}$$

Rondela kesme kuvveti, delicinin maruz kaldığı basma kuvvetidir. Bu kuvvet, delicinin kritik burkulma yükü olan F_{cr} 'den küçük olmalıdır. Ek olarak delici üzerinde meydana gelen bası gerilmesi, delicinin basma dayanımından küçük olmalıdır.

Delici basma dayanımı

Delici, 8mm çapında bir rondela kesmek için kullanılacaktır. Delici anma çapı 8mm olarak kabul edilebilir. Faturalı olması durumunda en küçük kesit alanına sahip çap, anma çapı olarak belirlenmelidir.

$$\sigma_b = \frac{F_p}{A} \leq \sigma_{pd(M2\ 65HRC)} \quad (2.5)$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$\sigma_b = \frac{23312N}{(\pi * 8^2)/4} \leq 2450MPa$$

$$\sigma_b = 466MPa \leq 2450MPa$$

Delici, basma gerilmesinden meydana gelebilecek deformasyon için emniyetlidir.

Burkulma dayanımı

Burkulma mukavemeti hesaplanırken, kritik boy Lk mesnet tipine göre değişkenlik göstermektedir. Şekil 2.14'deki uygulamaya bakıldığında, delici ucu serbesttir. Kalıp bloğuna bağlandığı kısmı, anskastre mesnet olarak değerlendirilebilir. Bu durumda Lk=2*L olacaktır. Kritik burkulma yükü formül Formül 2.6 kullanılarak hesaplanabilir.

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I_{\text{minimal}}}{(2 * L)^2} \quad (2.6)$$

$$I_{\text{minimal}} = \frac{\pi * D^4}{64} \quad (2.7)$$

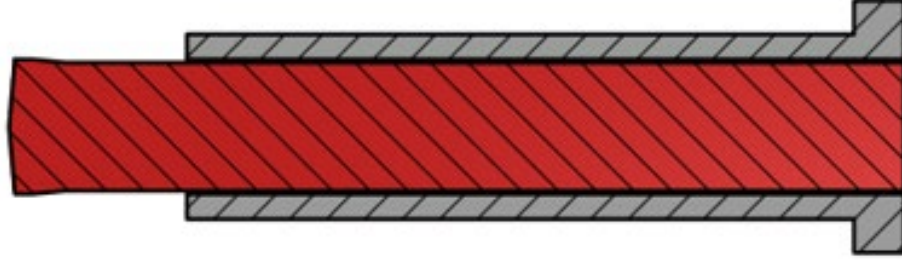
$$I_{\text{minimal}} = \frac{\pi * 8^4}{64} = 200,96\text{mm}^4$$

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 * 210MPa * 10^3 * 200,96\text{mm}^4}{(2 * 53\text{mm})^2} \cong 37070N$$

Görüldüğü üzere, delici üzerine gelen delme kuvveti Fs=23312N kritik burkulma yükünden küçüktür. Delici, bu kuvvet altında, burkulma açısından emniyetlidir. Delicinin yataklanması durumunda, Lk=0,7*L olacaktır. Bu durumda delicinin burkulma direnci 8 kat artarak Fcr=302668N olacaktır.

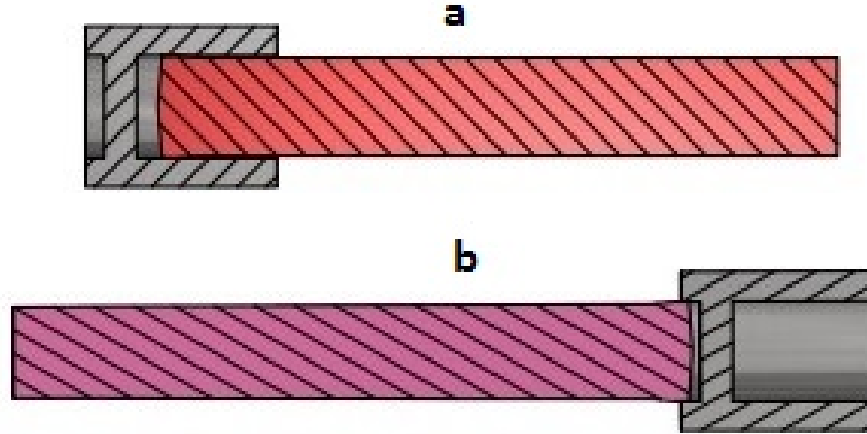
2.5.4 Tasarım tavsiyeleri

Zımbaların boyu geometrik limitleri göz önünde bulundurarak kısa tutulmalıdır. Zımbaların sıyırıcı gibi elemanlarla yataklanmalıdır [18].



Şekil 2.15 Sıyırıcı ile desteklenen zımba.

Delici zımbalar için, delme işlemini uzatma deliği tarafından yapmak, deliciyi yataklama imkanı sunar. Bu gibi durumlarda $L_k=0,7L$ alınabilir.

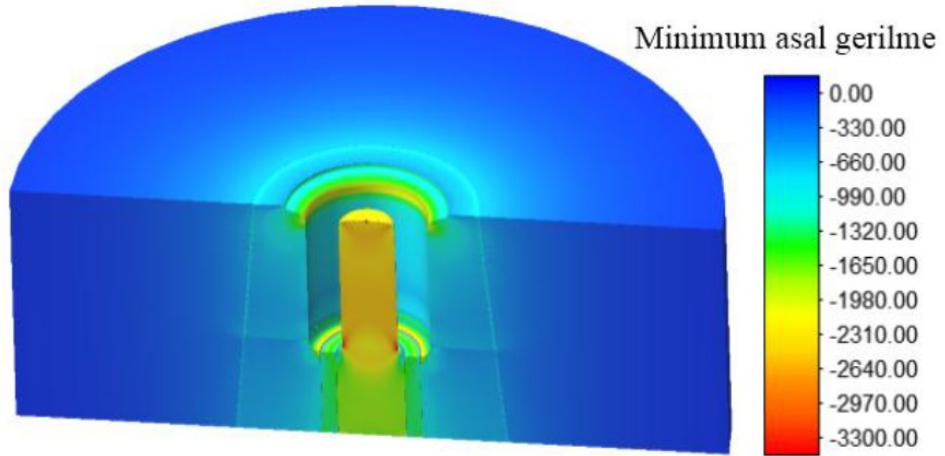


Şekil 2.16 Delme yönünün L_k 'ya etkisi (a: $L_k=0,7L$, b: $L_k=2L$).

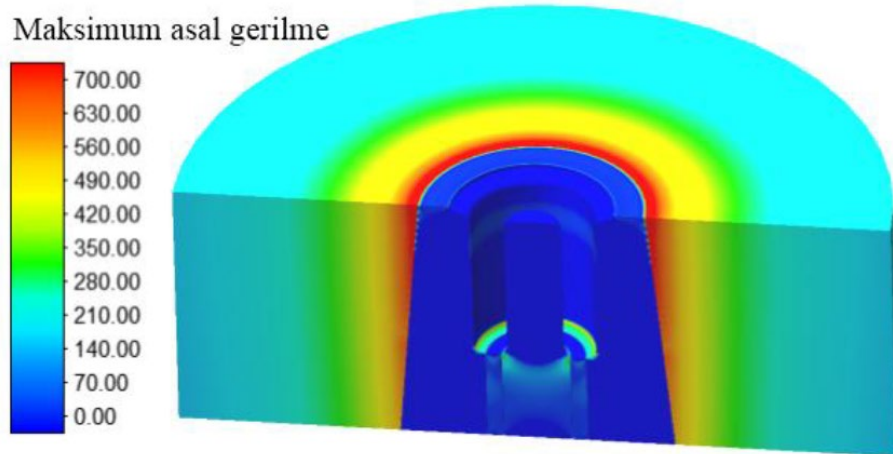
Zımba kesit atalet momentini yükseltmek, kritik burkulma kuvvetini arttıracaktır.

2.6 Çekirdek Tasarımı

Kalıp çekirdeğinin formu, ürün geometrisine bağlıdır. Bu sebeple genel bir teori ortaya koymak mümkün değildir. Kalıp üzerinde meydana gelen gerilmeler, sonlu elemanlar yazılımları ile hesaplanabilir. Bu çalışmada, dövme yükünün en fazla olduğu 3.istasyona kalıp dayanım analizi yapılmıştır.

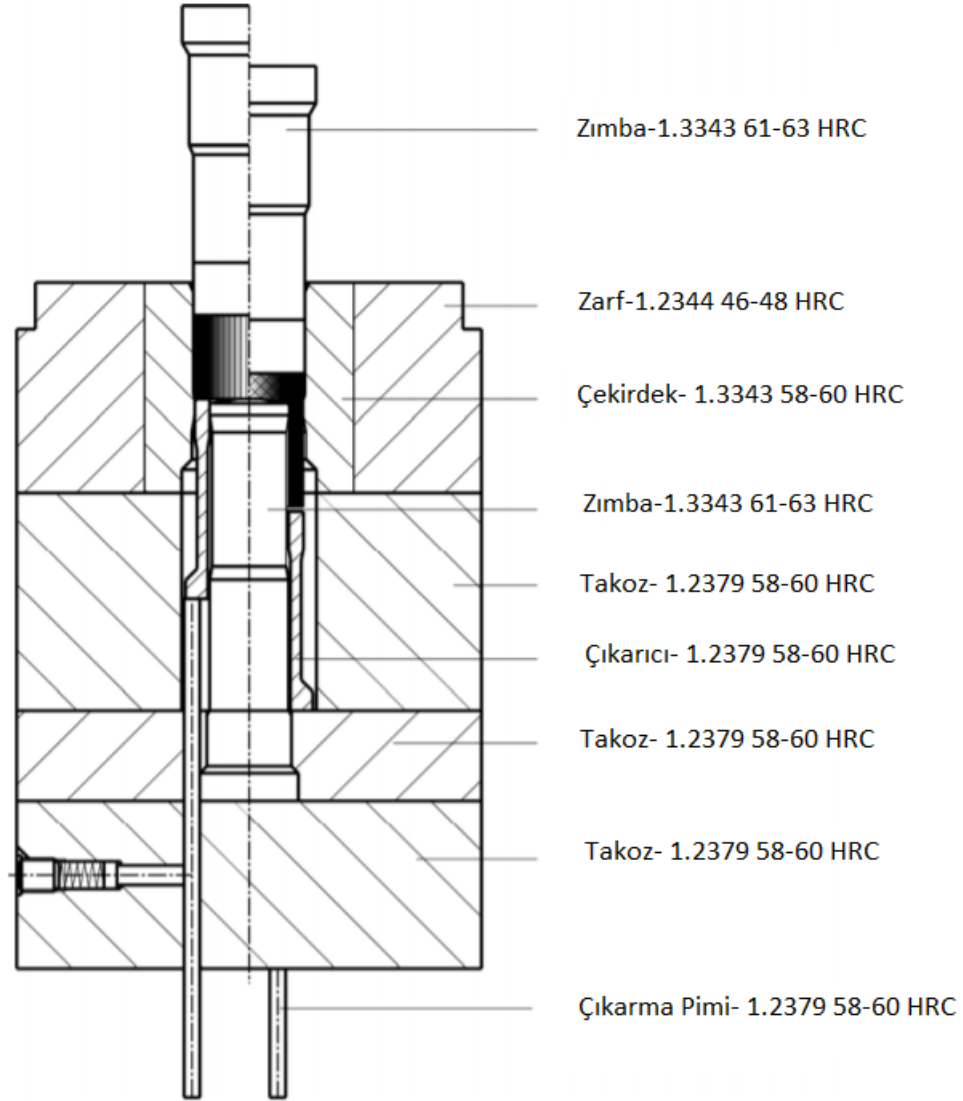


Şekil 2.17 Kalıp ve zimbada meydana gelen maksimum asal gerilme.



Şekil 2.18 Kalıp ve zimbada meydana gelen minimum asal gerilme.

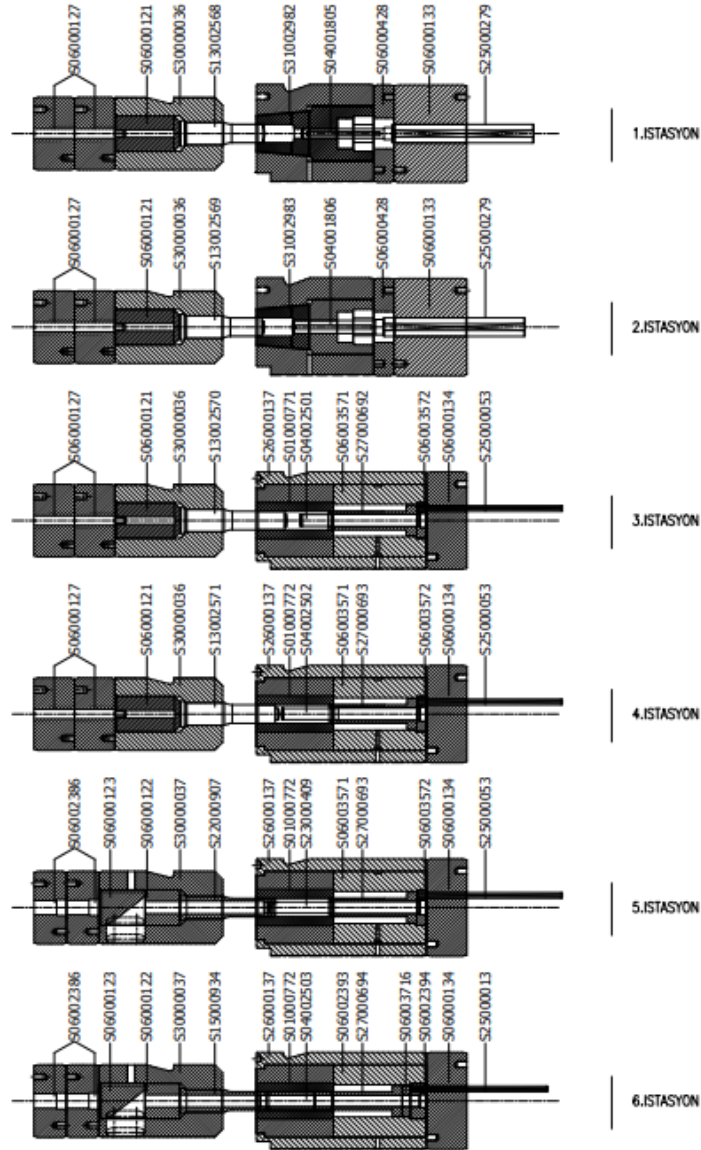
60-65 HRC 1.3343 malzeme için basma dayanımı 2800MPa'dır [19]. Şekil 2.18 incelendiğinde, zımba üzerindeki gerilme bazı bölgelerde kritik eşiğe ulaşabilir. Zımba sarfi yüksek olacaktır. Müşteriye teklif edilirken bu sarf kalemi göz önünde bulundurulmalıdır. Şekil 2.19'da, kalıp elemanları için malzeme ve sertlik önerileri bulunmaktadır. Çekirdek için tungsten karbid malzemelerde tercih edilebilir.



Şekil 2.19 Kalıp tasarımı için önerilen malzemeler [19]

2.7 Kalıp Projelendirilmesi

İstasyon tasarımı ve dövme simülasyonu sonrası makine belirlenir. Kalıp projelendirilmesi, makinenin geometrik limitlerine göre yapılmaktadır. HNP-627 makinesi, kalıp ve koç tarafında çıkarma sistemi olan, kalıp içinde delme gibi kabiliyetlere sahiptir. Şekil 2.20’de, kalıp montajı görülmektedir. Çıkarıcı, takoz gibi kalıp elemanlarının mukavemet hesapları yapılırken, zımba tasarımı bölümünde anlatılan burkulma ve bası gerilmesi teorileri kullanılabilir. Basıya maruz kalan kalıp elemanları tasarlanırken, boy kısa tutulmalı, gerilim konsantrasyonu oluşturabilecek yiv, fatura gibi geometrik geçişlerden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.



Şekil 2.20 Kalıp montaj resmi.

3. ÜRETİM PROSESLERİ, PROBLEMLERİ VE ÇÖZÜMLERİ

Çok istasyonlu soğuk dövme işlemlerinde, hammadde belirli bir ön hazırlık sürecinden geçmelidir. Bu bölümde, soğuk dövme öncesi ve sonrası gerçekleşen işlemler açıklanacaktır.

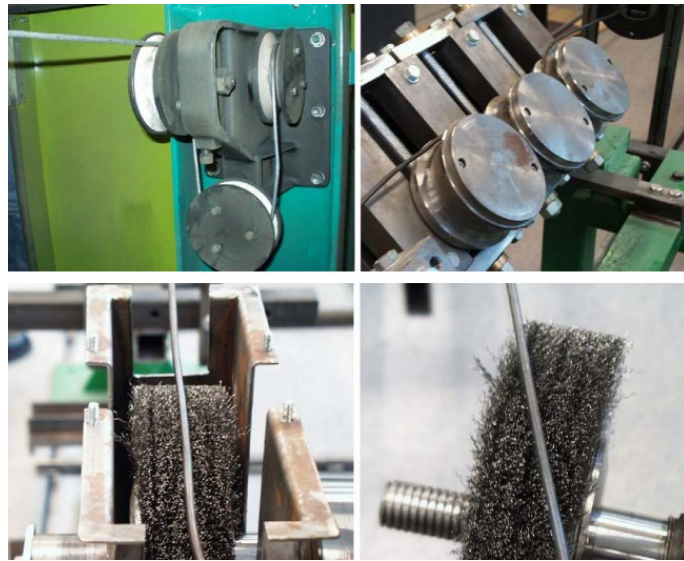
3.1 Yüzey İşlem

Sıcak haddeleme yöntemi ile üretilen hammaddelerin yüzeyinde oksit tabakası oluşmaktadır [20]. Hammadde yüzeyinde bulunan bu oksit tabakası, tel çekme operasyonu öncesi temizlenmelidir. Oksit tabakasının temizlenmemesi durumunda, hammadde yüzeyindeki oksit tabakası, soğuk şekillendirme istasyonlarında hareket ederek malzemenin içine ilerleyebilir. Bu kalite kusurunu önlemek adına hammadde, bir dizi temizlik işlemine tabi tutulur.

3.1.1 Yüzey temizlik yöntemleri

3.1.1.1 Tersine eğme ve fırçalama yöntemi

Metal sünek bir malzemedir. Hammadde yüzeyinde yer alan oksit tabakası gevrek yapıdadır. Tersine eğme yöntemi, hammaddeyi bir dizi eğme işlemine tabi tutarak, yüzeyde tutunmuş olan oksit tabakasının kırılmasını hedefler [21].



Şekil 3.1 Tersine eğme ve fırçalama ile yüzey temizliği [21]

Fırçalama yönteminde, bir tel fırça, hammadde yüzeyine sürtünerek oksit tabakasını temizler. Bu iki yöntem tek tek uygulanabildiği gibi birleşik olarak ta uygulanabilir. Tersine eğme silikon alaşımli çelikler için uygun değildir [21].

3.1.1.2 Kumlama

Kumlama, endüstride yaygın olarak kullanılan bir yüzey temizlik yöntemidir. Sert demir tanecikleri, oksit tabakası kaplı yüzeye fırlatılarak temizleme işlemi gerçekleştirilmektedir [22]. Kumlama işlemi sonrası oksit tabakası ve metal tanecikleri elenerek ayrılır. Aşındırıcı olarak kullanılan metal tanecikleri yeniden kullanılabilir.



Şekil 3.2 Kumlama ile yüzey temizliği [23]

3.1.1.3 Kimyasal banyolama

Kimyasal banyolama yönteminde, asit havuzlarına daldırılan hammadde sülfirik asit ile reaksiyona girerek yüzeydeki oksit tabakası temizlenmiş olur [24]. Asit havuzu tek bir dalma operasyonunda, yüzeydeki oksit tabakasının tamamını temizleyemez. Bu sebeple, işlem sıralı havuzlarda uygulanır. İşlem adımları şu şekilde sıralanabilir;

Sıcak su havuzu

Durulama havuzudur. Hammadde depolamasından kaynaklı kirler bu havuz içerisinde temizlenir. Hammadde üzerindeki kirin asit havuzlarına geçmesi istenmez. Asit havuzu kirlendikçe çözücülüğü düşer. Bu havuzda şebeke suyu kullanılmaktadır. Havuz 70C° sıcaklığındadır. Hammaddenin ısıtılması, asit havuzunda gerçekleşecek reaksiyon için aktivatör görevi görür.

Asit havuzu

Sülfirik asit içerir. Asidin aşındırıcı özelliğinden faydalanılarak, hammadde yüzeyindeki oksit tabakası temizlenir. Sıcak su havuzunda olduğu gibi havuz ısıtılır. Havuzda işlem gören hammaddelerin oksit tabakası havuz dibine çöker. Bu zamanla asidin çözünürlüğünü etkiler. Asit belirli periyotlarla yenilenmelidir.

Durulama havuzu

Asit havuzundan çıkan hammadde yüzeyindeki artık asit, durulama havuzunda basınçlı şebeke suyu ile yıkanarak temizlenir.

Fosfat kaplama havuzu

Fosfat kaplama, yaygın olarak kullanılan bir yüzey koruma yöntemidir. Metal yüzeyinin hava ile teması kesilerek paslanmasının geçici olarak önüne geçilir. Fosfat kaplama, hammadde yüzeyine kayganlık sağlar. Soğuk dövme esnasında hammaddenin sürtünmeden dolayı kalıba yapışmasını engeller.



Şekil 3.3 Kimyasal banyolama ile yüzey işlem [25]

3.2 Tavlama

Talaş kaldırma veya soğuk şekillendirmeyi kolaylaştırmak adına, malzemenin belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılıp, o sıcaklıkta bir süre bekledikten sonra soğutulması işlemine tavlama denir. Homojenlik artar. Sertlik azalır [26]. Malzeme soğuk şekillendirme kalıplarında daha düşük kuvvetlerle şekillendirilebilir [3]. Tavlama işlemi, AC1 sıcaklığı altında gerçekleşir. Bu sıcaklıklarda, fırın atmosferi içerisinde bulunan oksijen atomları, çelikte bulunan karbon atomları ile bileşik oluşturur. Bu olaya dekarbürizasyon denir. Dekarbürizasyon ile çelikteki karbon miktarı azalır ve mukavemeti düşer. Bunu önlemek adına, tavlama işlemi, atmosfere kapalı fırınlarda gerçekleştirilir. Böylelikle, karbon kaybı olmaksızın malzeme yumuşatılmış olur [26].

Bir diğer tavlama işlemi ise küreselleştirme tavlamasıdır. Soğuk işlem görmüş karbür tanecikleri, uzayarak dikdörtgen formunu alır ve malzeme malzeme sertleşir. Bu olaya deformasyon sertleşmesi denir. Karbür taneciklerinin tekrardan küreselleştirilmek için yapılan tavlamaya küreselleştirme tavlaması denir [27].



Şekil 3.4 Tavlama fırını

3.3 Tel Çekme

İstasyon tasarımı sürecinde, numunenin hacminin istasyonlar arası korunması ve istasyonlar arası çap geçişlerinin oranları önemlidir. İhtiyaç duyulan hammadde çapı en son adımda belirlenir. Belirlenen hammadde çapı $\text{Ø}8.57$ gibi küsürlü bir rakam çıkabilir. Piyasada bu çapta hammadde bulmak mümkün değildir. Bu sebeple hammadde çapı, standart çaptan ihtiyaç duyulan çapa düşürülmelidir. Bu çap düşürme işlemine tel çekme denir.

Tel çekmede çap düşümü kademeli olarak yapılır. Çap düşüm oranı arttıkça, malzeme dislokasyon yığılması artar. Malzeme sertleşir. Bu olaya pekleşme denir. Sertleşen malzemenin, soğuk olarak şekillendirmesi zorlaşır [4]. Şekillendirilebilirliği arttırmak için, malzemenin tavllanması gerekmektedir [27]. Tel çekme operasyonu sonrası malzeme istenen çapa düşürülmüş olur. Malzemedeki ovalik azalır.



Şekil 3.5 Tel çekme makinesi.

3.4 Soğuk Dövme Presi

Soğuk şekillendirmede kullanılan yatay presler genel olarak 4 kısımdan oluşmaktadır.

3.4.1 Kangal açma ünitesi

Soğuk şekillendirmede hammadde olarak kullanılan çelik kangallar, rulo halinde üretilmektedir. Hammaddenin bu dairesel formu, sevkiyat ve hammadde hazırlık süreçlerinde, hacim olarak daha az yer kaplamakta ve proses içinde hareket kabiliyetini arttırmaktadır. Kangal, makineye girmeden önce bir dizi açma ve düzeltme işlemine tabi tutulur. Kangal açma ünitesi, kalıp ile aynı eksendedir. Rulo halinde bulunan çelik çubuk, döndürülerek açılır ve makineye sürme işlemi gerçekleştirilir. Soğuk şekillendirme makinelerinin tipine göre kangal açma ünitesi yatay veya dik konumlandırılabilir. Kangal açma ünitesinden hemen sonra, Kangal düzeltme ünitesi gelmektedir.



Şekil 3.6 Yatay pres makinesi.

3.4.2 Kangal düzeltme ünitesi

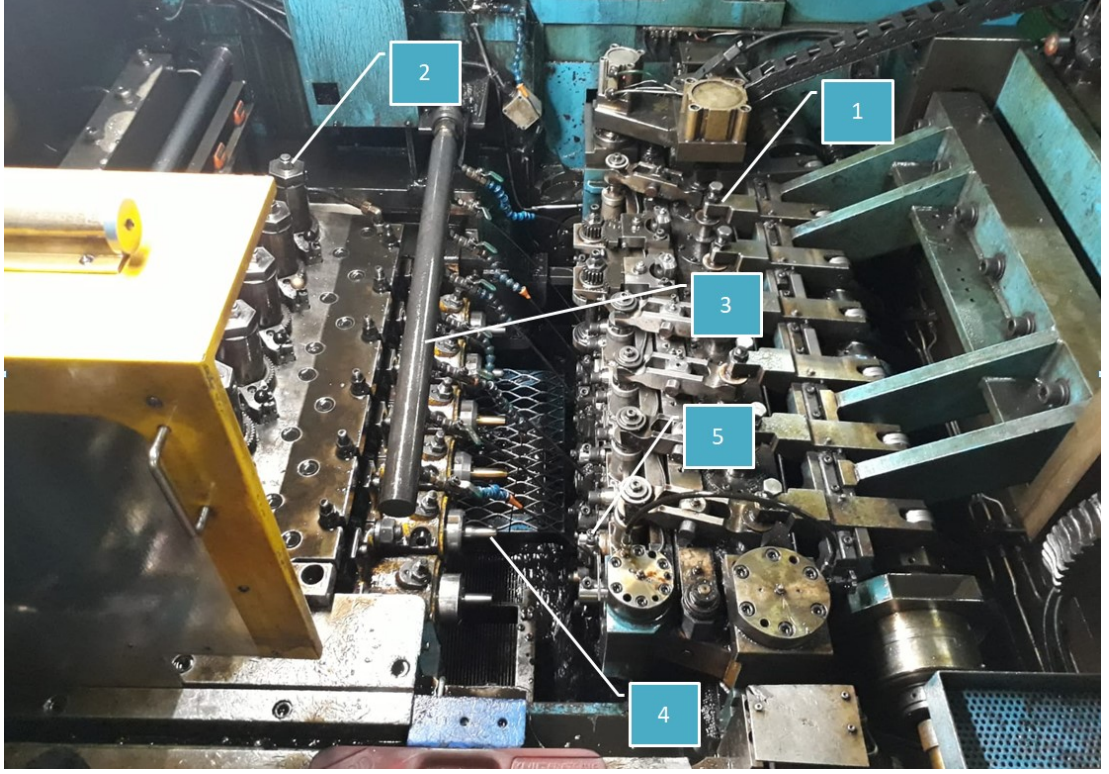
Kangal açma ünitesine yerleştirilen çubuk, açma işlemi esnasında, dairesel formunu hala korumaktadır. Makine içerisinde, kesme numunesinin düz olmaması, numunenin kalıplara girmemesine, istasyonlar için gerekli olan doğru hacimdeki numunenin kesilememesine sebep olabilir. Bu sebeple, kangal açma işlemi sonrasında, bir dizi düzeltme işlemi uygulanır. Düzeltme ünitesinde, karşılıklı konumlandırılmış, dairesel makaralar, kangala baskı uygulayarak düzeltme işlemini gerçekleştirir. Dairesel makaralar, dikey ekseninde aşağı veya yukarı hareket edebilmektedir. Böylelikle, farklı çaplara sahip hammaddeler düzleştirilebilmektedir.



Şekil 3.7 Kangal Düzeltme ünitesi.

3.4.3 Soğuk şekillendirme ve transfer sistemi

Hammadde sürme sisteminden gelen kangal, soğuk şekillendirme ünitesinde bulunan makas sistemi ile ihtiyaç duyulan hacimde kesilmektedir. Hacmin doğru olması adına, kesme yüzeyinin düzgün kesilmesi, önemli parametrelerden biridir. Kesme yüzeyinin bozuk olması, nihai ürün üzerinde makas izi denilen kusura sebep olabilir.



Şekil 3.8 Soğuk şekillendirme bölümü.

Şekil 3.8'deki görselde 1 numaralı makine elemanı, parmak boşaltma sistemidir. Kam mili tarafından tahrik edilen bu sistem, parmak tarafından tutulan istasyon numunesinin gerekli zamanda bırakılmasını sağlamaktadır. Stabil çalışması önemlidir. Makine üzerindeki zamanlamayı yakalayamaması durumunda, ünite içerisinde bulunan diğer elamanların çakışmasına sebep olabilir. Zımba ayar civatası 2 numaralı görsel ile gösterilmektedir. Tasarım esnasında, kalıp ve koç tarafındaki zımbaların konumu ölçüsel olarak belirlenmektedir. Uygulama esnasında etken faktörlerin çok olması sebebiyle, tasarım sürecinde belirlenen zımba konumları, her zaman ihtiyaçları karşılayamayabilir. Kalıp ve koç tarafında bulunan zımbalar ileri geri hareket edebilmektedir. Koç tarafındaki zımbaların ileri geri hareketi 2 numaralı işaretçi ile gösterilen ayar civatası sayesinde yapılmaktadır. İleri geri hareket mesafesi, makineden makineye değişmektedir. Numune üretiminde kullandığımız HYODONG HNP-627 makinesi için, koç tarafında bulunan zımbaların, ileri geri hareket kabiliyeti $\pm 4,5\text{mm}$ 'dir. Bu özellik, tasarımcıya esnek davranma imkanı sunmaktadır. 3 numaralı işaretçi ile gösterilen makine elemanı, yağlama manifoldudur. Soğuk şekillendirme esnasında, kalıp ve koç tarafındaki makine elemanları ısınmaktadır. Soğutma işlemi,

yağlama manifoldundan dağıtılan yağ ile sağlanmaktadır. Yağlama, aynı zamanda kalıp içerisinde dövme numunesinin sürtünmesini azaltmak içinde gereklidir. Koç tarafındaki zimbalar, 4 numaralı işaretçi ile gösterilmiştir. Kalıp içindeki dövme numunesine baskı uygulama görevini üstlenir. Dövme işleminin gerçekleştiği kalıplar 5 numaralı işaretçi ile gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Referans tabla.

Şekil 3.9'daki görselde, kalıp ayarı için kullanılan referans tabla gözükmemektedir. Kalıp ve punch tarafındaki elamanların, pres gövdesine montajı burada test edilir. Montaj esnasında karşılaşılabilecek herhangi bir ölçüsel kusur, kalıp seti makineye bağlanmadan tespit edilmiş olur. Bu uygulama sayesinde, kalıp değişim sürecinde harcanan vakit azaltılmış olur. Referans tabla üzerinde kalıp ayarı yapmak, operatörün hareket kabiliyetini arttırmaktadır. Soğuk şekillendirme bölümü dar olduğu için operatörün hareket kabiliyet kısıtlıdır.

3.5 Santrifüj

Soğuk şekillendirme makinelerinde, soğutma ve sürtünmeyi azaltmak için yağ kullanılmaktadır. Bu soğutma yağı dövülen malzemelerin üzerinde birikir. Kaplama gibi operasyonlara girmeden önce bu yağın temizlenmesi gerekir. Yağ temizleme işlemi santrifüj makinesinde yapılır. Kontamine olmuş malzemeler, delikli bir tambur içine yerleştirilir. Tambur yüksek devirlerde dönerek merkezkaç kuvveti ile yağ ve çapağı malzemeden ayırır. Örnek bir santrifüj makinesi şekil 3.10'da görülmektedir.



Şekil 3.10 Santrifüj makinesi.

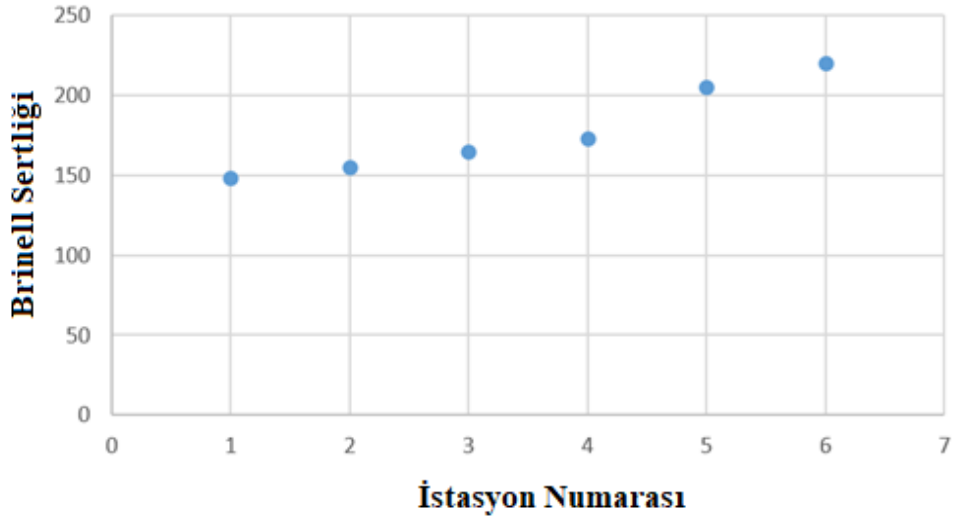
Soğuk şekillendirilmiş parçalar, birimler arasında konteynırlar yardımı ile taşınmaktadır. Bu doldurma boşaltma işlemlerinde vuruş oluşmaması adına kauçuk kaplı konteynırlar kullanarak darbe emme kabiliyeti artırılmalıdır. Özellikle klavuz çekilmiş parçalarda, taşıma esnasında gerçekleşen vuruş sebebiyle, diş mastarının geçmemesi gibi problemlerle karşılaşılabilir. Üretmiş olduğumuz burç, klavuz operasyonu görmeyecektir. Kalite testleri sonrası müşteriye sevk edilecek ve müşteri tarafından üzerine kauçuk kaplanacaktır.

3.6 Kalite Kontrol

Üretimi tamamlanan düz burç, müşteriye sevk edilebilmesi için bir dizi teste tabi tutulur. Ölçüsel kontroller, delik mastarı, kumpas ve mikrometre ile yapılmaktadır. Sertlik ölçümü için brinell sertlik ölçeği kullanılmaktadır. Üretilen istasyon numuneleri, bakalite alınarak, brinell sertlik cihazı ile sertliği ölçülmüştür. Dövme kademesi arttıkça dislokasyon yığılması sebebi ile malzemenin sertliği artmaktadır(Şekil 3.12).



Şekil 3.11 Bakalite alınmış numuneler.



Şekil 3.12 Ölçüm sonuçları.

3.6.1.1 Basma deneyi

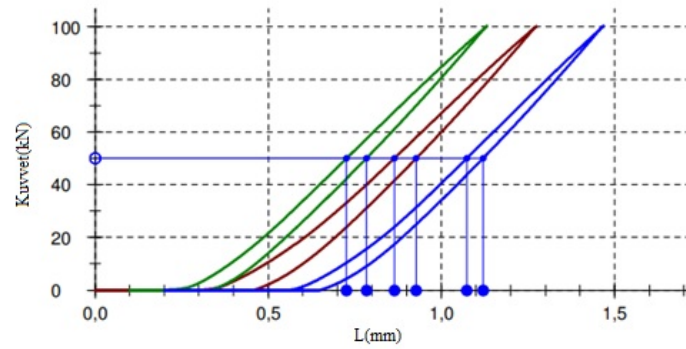
Basma deneyi, Zwick Roell marka çekme-basma test cihazında gerçekleştirilmiştir. Tablo 2.1’de belirtilen test koşulları oluşturulmuştur. Basma testine tabi tutulacak 3 numune, rastgele seçilmiştir. Yüzey temizlenerek test tablası üzerine yerleştirilmiştir.



Şekil 3.13 Çökme testi uygulaması.

Test hızı : 2 mm/min Test geri dönüş noktası : 0,000 mm
Test yükleme noktası : 100 kN Ön yük Fv : 0,000 kN

Nr	50kN altında L(mm)	50kN yük kaldırıldığındaki L(mm)		S1-S3 mm
Max.				0,2000
Min.				---
1	0,86	0,93	-	0,0632
2	0,63	0,68	-	0,0572
3	0,87	0,92	-	0,0469

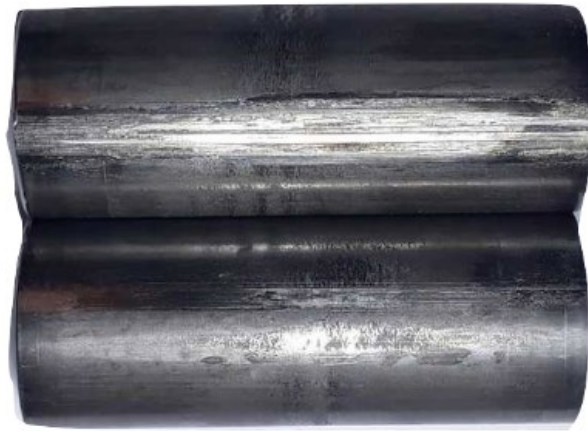


Şekil 3.14 Çökme testi sonuç raporu.

Şekil 3.14'deki grafikte test sonuçları gözükmemektedir. Çökme miktarı, 3 numune içinde 0,1mm'nin altındadır. Çökme miktarının maksimum 0,1mm olduğu uygulamalarda, test dikkatli bir şekilde yürütülmelidir. Test öncesi, numuneler temizlenmeli, test plakalarının düzlemsellik toleransları kontrol edilmelidir. Ayrıca test numunesinin basıya maruz kalan yüzeyleri arasındaki paralellik, test sonuçlarını etkilemektedir.

3.7 Soğuk Dövmede Karşılaşılan Problemler Ve Çözümleri

Üretim esnasında, sıvama ve bileziklenme gibi sorunlarla karşılaşmıştır. Şekil 3.15'teki görselde sıvama yapmış bir istasyon numunesi görülmektedir. Sıvamanın temel sebebi, numunenin, kendi çapından daha küçük çapta bir kalıba girmeye çalışmasından kaynaklanır. Numunenin, öngörülen çaptan daha büyük bir çapa ulaşmasının sebebi, uygulanan baskı kuvvetidir. Baskı kuvveti arttıkça kalıp esner ve numune çapı büyür. Çözüm olarak istasyondaki baskı kuvveti düşürülerek, öngörülen çaptan daha büyük bir çapa genişleme önlenir. Bir diğer çözüm ise, genişlemenin gerçekleştiği istasyondan sonra gelen istasyon kalıbının çapı talaşlı imalat ile büyütülür. Bu baskı azaltmaya göre daha maliyetli bir yöntemdir. Baskı azaltma yönteminde, bazı durumlarda bileziklenme meydana gelebilir. Dış çap yüzeyinde, kesikli çember izleri görülmesine bileziklenme denir. Bileziklenme, istasyondaki numunenin kalıbı tamamıyla dolduramamasından kaynaklanır.

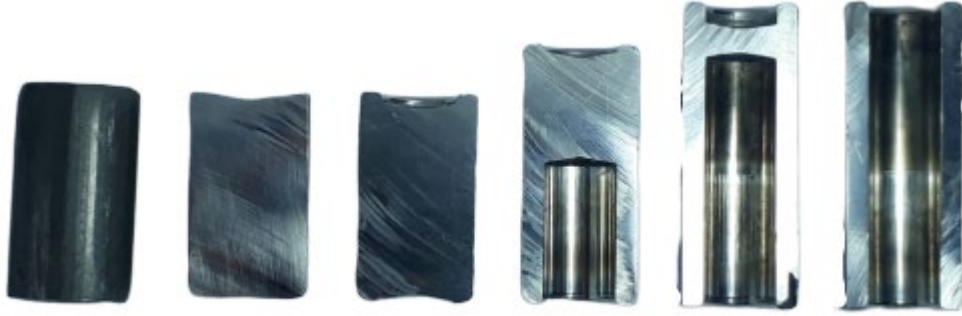


Şekil 3.15 Sıvama yapmış ürün.



Şekil 3.16 Bileziklenme.

Bileziklenme problemini çözmek için baskı arttırılabilir. Böylelikle malzeme sıkışarak dolmayan yüzeyler doldurur. Bileziklenme genellikle ilk istasyonda başlar ve diğer istasyonlara ilerler. Hammadde çapı ile 1.istasyon kalıp çapı arasında, 0,1mm'den büyük çap farkı olmamalıdır.



Şekil 3.17 İstasyon numunesi kesit görünüşü.

Dövme operasyonunun tamamlanmasından sonra, istasyon numuleri kesit alınarak incelenmiştir. Katlama, delici izinin uzunluğu, kademeli uzatmada oluşan set miktarı incelenmiştir.

4.SONUÇ VE ÖNERİLER

İstasyon tasarımı yapılırken, hacimlerin her istasyonda aynı olması önemlidir. Malzeme dövüldükçe sertleşmektedir(Şekil 3.12). Dövme istasyonları mümkün olduğunca azaltılmalıdır. Malzeme dövmeyi kolaylaştırmak adına, yumuşatma tavlmasına tabi tutulmalı, sürtünmeyi azaltmak için yüzeyi fosfat kaplanmalıdır.

Öngörülen istasyon hacimleri makinede yakalamak önemlidir. Ürün brüt hacmi doğru kesilmelidir. Kesme yüzeyleri mutlaka düzeltilmelidir. Taban düzeltme işlemlerinde baskı uygulanırken, numunenin istasyon tasarımında öngörülen çaptan daha büyük bir çapa genişlemesine müsaade edilmesi durumunda sıvama problemi ile karşılaşmaktadır. Baskının çok düşük olması durumunda, malzeme dolmamasından kaynaklı bileziklenme kusuru meydana gelmektedir.

Uzatma işlemlerini kademeli yapmak, zımbalar üzerine gelen kuvveti düşürecek ve zımbaların ömrünü arttıracaktır. Kademeli yapılan uzatmalarda delik içinde set oluşmaktadır. İki uzatma kademesi arasındaki çap farkı büyüdükçe, kademenin belirginliği artmaktadır.

Delme operasyonlarında, rondelanın koptuğu yüzeylerde koparma izi meydana gelmektedir. Rondela kalınlığı, ürün teknik resminde belirtilen rondela çıkarma izinden küçük olmalıdır.

Kalibrasyon için sıkıştırma yapılan istasyonlarda baskı ayarı yapılırken termal genleşmeler göz önünde bulundurulmalıdır. Soğuk şekillendirme olarak adlandırılrsa da, malzeme dövmeden dolayı belli ölçüde ısınır. Soğuduğu vakit boy ve delikte belli ölçüde çekmeler meydana gelir. Termal genleşmelerden kaynaklı tolerans dışına çıkma ihtimaline karşı, boy ve delik nominal ölçünün üstünde çalışılmalıdır.

Üretimi tamamlanan burç basma testine tabi tutulmaktadır. Çökme miktarı tasarımın başında göz önünde bulundurulmalıdır. Test ekipmanlarının düzlemsellik toleransı, sonuçları etkileyebilir. Test plakalarının, iki yüzeyi arasındaki paralellik toleransı 0,05mm'yi geçmemelidir. Ayrıca üretilen burcun bası yüzeylerinin paralellik toleransı 0,1mm'yi geçmemelidir. Çökme miktarını düşürmek için, ürün boyu kısa tutulmalı ve yüzey alanı artırılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. <https://www.leevalley.com/en-us/shop/tools/workshop/workbenches/benchtop-accessories/72602-dog-hole-bushings>.
2. <https://www.avproductsinc.com/images/bushing-mounts.jpg>.
3. Nedschroef Academy. Metal forming technology from theory to practice: Nedschroef Herantals; 2018.
4. KARAMIŞ M., İmalat Yöntemleri: Kayseri Erciyes Üniversitesi Yayınları; 2012.
5. Jeswiet J, Geiger M, Engel U, Schikorra M, Duflou J, Neugebauer R, Bariani P, Bruschi S et al. Metal forming progress since 2000. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. 2008;1:2-17
6. Altan T., Ngaile G., Shen G. Cold and Hot Forging: Fundamentals And Applications: ASM International; 2005
7. <https://www.farinia.com/forge/hot-forging/the-hot-forging-manufacturing-process-and-its-undoubted-advantages>.
8. Kutay M. Makinacının Rehberi: Birsen Yayınevi; 2003.
9. Norton L. Machine Design: An Integrated Approach 4ed: Pearson; 2010
10. Bramley A, Reinhart G, et al. Flow Stress, Flow Curve. Encyclopedia of Production Engineering: Springer; 2016
11. <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/engineering-technology/manupedia/upset-forging>.
12. Schuler GmbH, Metal Forming Handbook: Springer; 1998.
13. VDI 3144:1986-10 Rohteilherstellung für das Kaltmassivumformen, Beuth Publishing, 1986.
14. Kılıçaslan C, İnce U, et al. Tool life enhancement in cold bolt forging process: effect of forging stage design. Sakarya University Journal of Science. 2017;21:961-967.
15. <http://www.hyodongmachine.co.kr/?c=57/68>
16. <http://kisi.deu.edu.tr//melih.belevi/Mukavemet2013-makina.pdf>
17. Boljanovic V. Sheet metal forming processes and die design: Industrial Press; 2004.
18. Labanova N, Liewald M, Felde A, et al. Production of extremely deep sleeves by backward cold. 4th International Conference on New Forming. 2015;21
19. Lange K, Kammerer M, Pöhlandt K, Schöck J. Fließpressen: Wirtschaftliche Fertigung metallischer Präzisionswerkstücke: Springer; 2008.
20. Tominaga J, Wakimoto J, Toshimichi M, Murakami M, Yoshimura T, et al. Manufacture of wire rods with good descaling properties,» Trans. ISIJ. 1982;22-646-656.
21. Gillstrom P, Jarl M, et al. Mechanical descaling of wire rod using reverse bending and brushing. Journal of Materials Processing Technology. 2015.
22. Gillstrom P, Jarl M, et al. Replacement of pickling with shot blasting for wire. Scandinavian Journal of Metallurgy. 2004;33:269-278.
23. <https://www.blastkingtec.com/wire-drawing>
24. Tominaga J, Wakimoto J, Toshimichi M, Murakami M, Yoshimura T, et al. Manufacture of wire rods with good descaling properties, TISIJ. 1982;22-646-656.
25. <http://www.normsomun.com/yuzey-islem-prosesi>.
26. Callister D, Materials Science and Engineering: John Wiley & Sons; 2007.
27. SAVAŞKAN T, Malzeme Bilgisi ve Muayenesi: Papatya Bilim; 2017.

28. <https://www.indiamart.com/proddetail/cold-forged-parts-7176617148.html>
29. <https://www.makeitfrom.com/material-properties/EN-1.0214-C10C-Non-Alloy-Steel>.
30. Nisbett J, Buddynas R, Shigley'den Makine Mühendisliğinde Tasarım: Literatür Yayıncılık; 2019.
31. Kılıçaslan C, Ince U, et al. Soğuk Dövme Kalıplarında Meydana Gelen Kırılma Sebeplerinin Nümerik Olarak İncelenmesi. Mühendis ve Makine.2016;57(678):65-70
32. Kreith F, Mechanical Engineering Handbook: CRC Press LLC;1999.

ÖZGEÇMİŞ

Burak Gökberk ÖZÇİÇEK

01.01.1993

info@gokberkozcicek.com

İş Tecrübesi

Norm Somun

Kalıp Tasarım Mühendisi

2018-Devam ediyor

Eğitim

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Makine Mühendisliği

2011-2016