

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

**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SOMUNLARIN SOĞUK ŞEKİLLENDİRME YÖNTEMİ İLE ÜRETİMİ**  
**ESNASINDA SOMUNLARDA MEYDANA GELEN HATALAR, ÖNLEME**  
**YÖNTEMLERİ VE OPTİMUM ÜRETİM PARAMETRELERİNİN**  
**BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İbrahim Barboros ÖZKOYUNCU**

**HAZİRAN 2019**

**UŞAK**

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

**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SOMUNLARIN SOĞUK ŞEKİLLENDİRME YÖNTEMİ İLE ÜRETİMİ**  
**ESNASINDA SOMUNLARDA MEYDANA GELEN HATALAR, ÖNLEME**  
**YÖNTEMLERİ VE OPTİMUM ÜRETİM PARAMETRELERİNİN**  
**BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İbrahim Barboros ÖZKOYUNCU**

**UŞAK 2019**

İbrahim Barboros ÖZKOYUNCU tarafından hazırlanan “Somunların Soğuk Şekillendirme Yöntemi ile Üretimi Esnasında Somunlarda Meydana Gelen Hatalar Önleme Yöntemleri ve Optimum Üretim Parametrelerinin Belirlenmesi” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Halit GÜN

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Halit GÜN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Prof. Dr. Osman ASİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Bahadır UYULGAN

Malzeme ve Metalurji Mühendisliği Anabilim Dalı, Dokuz Eylül Üniversitesi

Tarih: 18/06/2019

Bu tez ile U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Murat Kemal KARACAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

(İmza)

İbrahim Barboros Özkoyuncu

**SOMUNLARIN SOĞUK ŞEKİLLENDİRME YÖNTEMİ İLE ÜRETİMİ  
ESNASINDA SOMUNLARDA MEYDANA GELEN HATALAR, ÖNLEME  
YÖNTEMLERİ VE OPTİMUM ÜRETİM PARAMETRELERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**İbrahim Barboros ÖZKOYUNCU**

**UŞAK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
HAZİRAN 2019**

**ÖZET**

Bağlantı elemanları sektörü de otomotiv, beyaz eşya, makine sanayinin en önemli yan sanayi tedarikçilerinden biridir. Otomotiv, beyaz eşya ve makine sanayinde kullanılan soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunların belirlenen kriterlerde ve kalitede üretilmesi önemlidir. Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda meydana gelen hatalar son kullanıcının can ve mal kaybı yaşamasına sebep olabilir. Bu çalışmada soğuk dövme yöntemi ile üretilen somunlarda meydana gelen çatlak hataları incelenmiş bu hataların sebepleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan araştırmalarda soğuk dövme yöntemi ile üretilen somunlarda gerçekleşen çatlak hataları tane büyümesine bağlı olarak yüzey hatalarının çatlaklara sebep olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada soğuk dövme yöntemi ile üretilen somunların üretilmesi için optimum üretim parametreleri belirlenmiştir.

**Bilim Kodu** :625.03.02.

**Anahtar Kelimeler:** Soğuk Şekillendirme, Somun, Hata, Çatlak

**Sayfa Adeti** : 100

**Tez Yöneticisi** : Prof. Halit GÜN

**FLAWS OCCURRING IN THE PROCESS OF NUT MANUFACTURING USING  
COLD FORMING METHOD AND IDENTIFICATION OF OPTIMUM  
PRODUCTION PARAMETERS, ELEMINATING DEFECTS IN NUTS**

**(M.Sc. Thesis)**

**İbrahim Barboros ÖZKOYUNCU**

**UNIVERSITY OF UŞAK**

**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**June 2019**

**ABSTRACT**

Fasteners sector is one of the most important suppliers of automotive, white goods, machinery industry. It is important to produce nuts produced with cold forming method used in automotive, white goods and machinery industry in determined criteria and quality. Errors in nuts produced by cold forming method can cause loss of life and property of the end user. In this study, the cracks in the nuts produced by the cold forging method were investigated and the reasons of these errors were investigated. In the researches, it was found that the cracks in the nuts produced by the cold forging method caused cracks in the surface due to the particle growth. In this study, optimum production parameters were determined to produce nuts produced by cold forging method.

**Science Code** : 625.03.02.

**Keywords** : Cold Forming, Nut, Fault, Crack

**Page Number** : 100

**Advisor** : Prof. Dr. Halit GÜN

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının araőtırılmasında, planlanmasında, yürütülmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, çok değerli danıőmanım Prof. Dr. Halit GÜN' e ve emeği geçen diğer bütün hocalarıma sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Deneysel alıőma sırasında yardımlarını esirgemeyen sevgili Norm Somun A.Ő alıőanı arkadaşlarıma sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	vi
TEŞEKKÜR .....	vii
İÇİNDEKİLER .....	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ .....	xiii
GRAFİKLERİN LİSTESİ .....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xvi
1. GİRİŞ .....	1
2.BAĞLANTI ELEMANLARI ve ÜRETİM YÖNTEMLERİ .....	3
2.1.Bağlantı Elemanları .....	3
2.1.1.Malzeme Bağlı Bağlantılar .....	3
2.1.2.Kuvvet Bağlı Bağlantılar .....	4
2.1.3.Şekil Bağlı Bağlantılar .....	4
2.2.Cıvata ve Somunlar .....	5
2.2.1. Cıvata .....	5
2.2.2.Somun .....	6
2.3.Üretim .....	7
2.3.1.Üretim Aşamaları .....	8
2.3.2.Üretim Malzemeleri .....	9
2.3.3.Üretim Yöntemleri .....	10
3.PLASTİK ŞEKİL VERME .....	11
3.1.Soğuk Şekillendirme .....	12
3.1.1.Soğuk Şekillendirme Avantajları .....	13
3.1.2.Soğuk Şekillendirme Dezavantajları .....	13
3.2.Sıcak Şekillendirme .....	13



4.SOĞUK ŞEKİLLENDİRME YÖNTEMİ İLE SOMUN ÜRETİMİ .....	14
4.1.Tavlama .....	15
4.2.Yüzey İşlem .....	18
4.3.Soğuk Tel Çekme .....	19
4.4.Soğuk Şekillendirme .....	20
4.5Diş Açma .....	23
5.MATERYAL VE METOT .....	25
5.1.Soğuk Şekillendirme Yöntemi ile Somun Üretiminde Kullanılan Hammaddeler .....	25
5.1.1.Çap Toleransları .....	25
5.1.2.Metalografik Yapı .....	26
5.1.3.Hammaddelerin Mekanik Özellikleri .....	28
5.1.4.Hammaddenin Kimyasal ve Mekanik Özellikleri .....	28
5.1.5.Hammaddelerin Alaşımlarında Kullanılan Elementlerin Özellikleri .....	31
5.2.Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Cihazlar .....	33
5.2.1.Kesme Cihazı .....	34
5.2.2.Bakalit Cihazı .....	35
5.2.3.Parlatma Cihazı .....	36
5.2.4.Sertlik Ölçme Cihazları .....	36
5.2.5. Metal Mikroskobu .....	40
5.2.6. Çekme Cihazı .....	41
5.2.7.Hidrolik Pres .....	42
6. SOMUNLARDA MEYDANA GELEN HASARLARIN İNCELENMESİ VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	43
6.1.Üretim Kaynaklı Hatalar .....	43
6.1.1.Soğuk Şekillendirme Makinesine Bağlı Çatlak .....	44
6.1.1.1.Kesme Yüzeyi Kalitesi .....	45
6.1.1.2.Kesme Boşluğu .....	47
6.1.1.3.Kesme Hızı .....	48
6.1.1.4.Kesme Mekanizması .....	50

6.1.1.5. Eksen Kaçıklığı ve Aşırı Yüzey Gerilmesine Bağlı Çatlaklar .....	51
6.2. Üretim Dışı Hatalar .....	52
6.3. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Hammaddeler .....	53
6.3.1. SAE 1006 (1.0313) Çeliği .....	55
6.3.2. 17MnB3 (1.5520) ve C18B (1.5506) Çelikleri .....	55
6.3.3. 23MnB4 (1.5535) Çeliği .....	56
6.4. Deneysel Çalışmalarda Yapılan Testler .....	57
6.4.1. Genişletme Testi .....	57
6.4.2. Ezme Testi .....	61
6.4.3. Metalografik Yapı .....	62
6.4.4. Tane Büyümesi .....	66
6.4.5. İnklüzyon .....	68
6.4.6. Segregasyon .....	71
6.4.7. Tane Yönü .....	72
6.4.8. Pekleşme .....	73
6.4.9. Çekme Testi .....	74
7. SONUÇ ve ÖNERİLER .....	77
7.1. Sonuçlar .....	77
7.2. Öneriler .....	80
KAYNAKLAR .....	81
ÖZGEÇMİŞ .....	84

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Üretim Aşamaları ve İçerikleri .....	8
Çizelge 3.1 Soğuk şekillendirme yöntemleri kriterlerinin özellikleri .....	12
Çizelge 5.1. Hammadde çapları ve toleransları.....	26
Çizelge 5.2. C4C (QST 32-3)(1.0303) kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri .....	29
Çizelge 5.3. SAE 1006 (1.0313) kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri .....	29
Çizelge 5.4. C10C (QST 36-3, C10QAL, C8SS) (1.0214) kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri .....	30
Çizelge 5.5. C15C (QST 38-3, C15QAL) (1.2034) kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri.....	30
Çizelge 5.6. 17MnB3/C18B (1.5520, 1.5506) kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri.....	30
Çizelge 5.7. 20MnB4 (1.5525) kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri.....	31
Çizelge 5.8. 23MnB4 (1.5535) kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri .....	31
Çizelge 6.1. SAE 1006 (1.0313) Kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri .....	55
Çizelge 6.2. 17MnB3/C18B kimyasal bileşimi ve Mekanik Özellikleri .....	56
Çizelge 6.3. 23MnB4 (1.5535) kimyasal bileşim ve mekanik özellikleri .....	57
Çizelge 6.4 SAE 1006 (1.0313) hammaddesinin çatlak yapan numunelerin kimyasal analizleri .....	63
Çizelge 6.5. SAE 1006 (1.0313) çeliğine ait numunelerin sertlik değerleri .....	63
Çizelge 6.6. Farklı çelik alaşımları için önerilen maksimum inklüzyon boyutları .....	71
Çizelge 6.7. Ø12 17MnB3 (1.5520) çeliği ile üretilen çatlak hasarı olan M08x1.25 flanşlı somun test hızı 20 mm/dak ile yapılan çekme testi sonuçları .....	75
Çizelge 6.8. Ø12 17MnB3 (1.5520) çeliği ile üretilen çatlak hasarı olmayan M08x1.25 flanşlı somun test hızı 20 mm/dak ile yapılan çekme testi sonuçları .....	75
Çizelge 6.9. Ø12 17MnB3 çeliği ile üretilen çatlak hasarı olmayan M08x1.25 flanşlı somun test hızı 2 mm/dak ile yapılan çekme testi sonuçları .....	75
Çizelge 6.10. Ø12 17MnB3 (1.5520) çeliği ile üretilen çatlak hasarlı olan M08x1.25 flanşlı somun test hızı 2 mm/dak ile yapılan çekme testi sonuçları .....	75

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. DIN 931 standart cıvata teknik resmi .....	6
Şekil 2.2. DIN 934 standart somun teknik resmi .....	7
Şekil 4.1. Cıvata ve somun üretim aşamaları .....	14
Şekil 4.2. Demir – Sementit Denge Diyagramı .....	16
Şekil 4.3. Tel çekmenin prensip şeması .....	19
Şekil 4.4. Cıvata ve somunların istasyon kalıp tasarımları .....	21
Şekil 4.5. Somun dış profili ve dış açma kılavuz .....	23
Şekil 5.1. Vickers sertlik deneyi .....	37
Şekil 6.1. Mekanik kesme işlemi sırasında oluşan bölgeler ve kesme boşluğu .....	45
Şekil 6.2. Genişletme test mandreli ve test düzeneği .....	58

## RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Somun, cıvata ve saplama .....	5
Resim 4.1. Hammadde tavlama fırını .....	15
Resim 4.2. Kimyasal yüzey işlem yapılan hammadde .....	18
Resim 4.3. Soğuk tel çekme makinesi .....	20
Resim 4.4. Yatay soğuk şekillendirme presleri .....	21
Resim 4.5. Soğuk şekillendirme makinesi kalıp ve transfer sistemi .....	22
Resim 4.6 Diş açma makinesi çalışma mekanizması .....	24
Resim 5.1 Kesme cihazı .....	34
Resim 5.2 Bakalit alma cihazı .....	35
Resim 5.3. Parlatma cihazı .....	36
Resim 5.4 Vickers sertlik deneyinde ucun numune üzerinde bıraktığı izin mikroskop ile ölçümü ve görselleri (50X) .....	38
Resim 5.5 Vickers sertlik deneyinde numuneden alınan ölçümler ve vickers sertlik deneyi cihazının formül ile doğrulanması için cihazdan alınan sertlik deneylerinin sonuçları.....	39
Resim 5.6. Vickers ve rockwell sertlik ölçme cihazları .....	40
Resim 5.7. Olympus marka metal mikroskobu ve bestScops marka kamera .....	41
Resim 5.8. Zwick/Roel Z250 çekme cihazı .....	42
Resim 5.9. Hisan marka hidrolik pres .....	42
Resim 6.1. Üretim kaynaklı hatalar .....	44
Resim 6.2. Soğuk dövme çatlakları .....	45
Resim 6.3. Kesme yüzeyi kalitesinden kaynaklı çapaklanma kaynaklı çapak izleri .....	46
Resim 6.4. Ø12 SAE 1006 (1.0313) çeliğinin kesme boşluğu yanlış verilmiş makas numunesi .....	48
Resim 6.5. Ø9 17MnB3 (1.5520) çeliğinden kesme hızı farklı iki makineden alınan numunelerin yüzeyleri .....	49
Resim 6.6. Ø9 17MnB3 (1.5520) çeliğinden düşük ve yüksek hızda kesilen numunelerin ilk istasyonda dövüldükten sonraki görselleri .....	50

Resim 6.7. Ø9 17MnB3 (1.5520) çeliğinden açık makas ve kapalı makas sistemi ile kesilen numuneler .....	51
Resim 6.8. Eksen kaçıklığı ve yüzey gerilemelerinden kaynaklı dövme çatlakları .....	52
Resim 6.9. Hammadde kaynaklı çatlak hasarlı somun görseli .....	53
Resim 6.10. Soğuk dövme sırasında çatlak hasarı oluşmuş numuneler .....	53
Resim 6.11. Ø 5,5 23MnB4 (1.5523) hammaddenin soğuk dövme öncesinde içerisindeki çatlak oluşumunun 10X yaklaşmış görseli .....	54
Resim 6.12. Çatlak yapan hammaddelerden alınan numuneler .....	54
Resim 6.13. Test öncesi delik çapı nominale getirilmiş somun .....	59
Resim 6.14. Mandrel ve pres ile delik çapı genişletilmesi .....	59
Resim 6.15. Genişletme testi sonrası somun delik çapı .....	60
Resim 6.16. M10x1,25 yuvarlak kaynak somununa yapılan genişletme testi .....	61
Resim 6.17. Ø12 23MnB4 (1.5535) ezme testi numunesi ve ezildikten sonra çatlak oluşumu .....	62
Resim 6.18. Ø12 23 MnB4 (1.5535) hammadde yüzeyinde boyuna katlanma izi .....	62
Resim 6.19. SAE 1006 (1.0313) çeliği ile üretilen burçlarda oluşan çatlaklar .....	64
Resim 6.20. Ø22 SAE 1006 (1.0313) çeliği enine ve boyuna kesitinin bakalitlenmiş görüntüsü .....	65
Resim 6.21. Ø22 SAE 1006 (1.0313) çeliğine ait yüzey kusurları (100X) .....	65
Resim 6.22. SAE 1006 (1.0313) çeliğinin metalografik incelemede tane büyümesi (100X) .....	66
Resim 6.23. Ø22 SAE 1006 (1.0313) çeliğindeki tane boyutlarının karşılaştırılması (100X) .....	67
Resim 6.24. Ø22 SAE 1006 (1.0313) çeliğindeki tane büyümesi 10X yaklaşmış görseli .....	68
Resim 6.25. Yüzey hatalarına bağlı hammadde yüzeyindeki çatlak görseli (50X) .....	69
Resim 6.26. Ø22 17MnB3 (1.5520) alaşım çeliğinde oluşan çatlakların incelenmesi (100X)(50X) .....	70
Resim 6.27. Ø22 SAE 1006 (1.0313) çeliğinin enine ve boyuna kesitlerinin mikroskop görüntüleri (100X) .....	70
Resim 6.28. SAE 1006 (1.0313) çeliğinde segregasyon örnekleri ve büyük taneli yapıların tane sınırlarındaki segregasyonlar (100X) .....	72
Resim 6.29. Ø 5,5 23MnB4 (1.5523) Çeliğinde soğuk şekillendirme sonrasında ok yönünde tane yönelmeleri (50X) .....	73

## GRAFİKLERİN LİSTESİ

Grafik	Sayfa
Grafik 6.1. Ø12 17MnB3 (1.5520) çeliği ile üretilen çatlak hasarı olmayan M08x1.25 flanşlı somun test hızı 2 mm/dak ile yapılan çekme testi grafiği.....	76
Grafik 6.2. Ø12 17MnB3 (1.5520) çeliği ile üretilen çatlak hasarlı olan M08x1.25 flanşlı somun test hızı 2 mm/dak ile yapılan çekme testi grafiği.....	76



## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklamalar</b>
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung.
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials
<b>EN</b>	European Norm
<b>SAE</b>	Society of Automotive Engineers
<b>YMK</b>	Yüzey Merkezli Kübik Yapı
<b>RSD</b>	Rockwell Sertlik Ölçme Deneyi
<b>C</b>	Karbon
<b>S</b>	Kükürt
<b>P</b>	Fosfor
<b>Mn</b>	Mangan
<b>Si</b>	Silisyum
<b>Cu</b>	Bakır
<b>Cr</b>	Krom
<b>Ni</b>	Nikel
<b>Mo</b>	Molibden
<b>Al</b>	Alüminyum
<b>B</b>	Bor



# 1.GİRİŞ

Otomotiv, beyaz eşya, inşaat, makine sanayi ve mobilya sektöründeki hızlı gelişmeler ve artan üretim adetleri ile birlikte montaj ve de montajı kolay bununla birlikte hatalı parça sayısını en aza indirdiği için bağlantı elemanlarının kullanımı yaygındır. Sanayide ki artan üretim adetleri ve kalite anlayışının ilerlemesi ve her geçen gün mükemmeliyet anlayışının artması ile birlikte yan sanayi tedarikçilerinin de üretim adetlerinin artmasına, kaliteli ürünler üretmesi gerektiği anlayışının yaygınlaşmasını sağlamıştır. Bu yüzden soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda meydana gelecek hasarların incelenmesi gerekmektedir. Bağlantı elemanları ile ilgili birçok çalışma yapılmış bu çalışmalarda titreşim ve yük altındaki dayanımları ve davranışları takip edilmiştir. Bağlantı elemanları birçok sektörde kullanılmaktadır ve bu parçalar farklı yüklerle maruz kalmaktadır. Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda meydana gelen çatlakların sebepleri, bu çatlakların oluşumları, yönleri, kullanıma olan etkileri, her çatlağın kullanıma engel olup olmayacağı standart ve şartnamelere göre incelenmeli ve her çatlağın kullanıma engel olup olmadığı tespit edilmelidir.

Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda kullanılan hammaddelerde somunların üzerinde oluşan çatlak hatalarına etki eder. Somunun geometrisine göre hammaddenin hazırlanması, mekanik özellikleri, çapı ve kimyasal bileşenleri de çatlak oluşumuna etkindir. Hammadde olarak kullanılan malzemelerin alaşım oranları bu alaşımlarda kullanılan elementlerin kimyasal ve fiziksel özellikleri, üretim yöntemleri soğuk şekillendirme sırasında oluşabilecek hasarlara ve çatlaklara etkileri araştırılmıştır. Bu araştırmalar ile hammadde kaynaklı çatlakların üretime ve ürün kalitesine etkileri araştırılmıştır.

Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda meydana gelen çatlak hasarlı somunların nerde ne amaçla, hangi yük ve kuvvetler altında kullanılacağı iyi tespit

edilmeli, somun üzerindeki hasarın kullanılabilirliğe negatif etkisinin bulunmadığının tespit edilmesi önemlidir. Aksi takdirde somun üzerindeki hasarlar son kullanıcının can ve mal kaybına sebep olabilir.

### **Tezin Amacı**

Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda üretimden bağımsız hasarlar meydana gelmektedir. Üretimden bağımsız hasarların en önemlisi somunlarda meydana gelen çatlak hasarlarıdır. Çatlak hasarları hammadde kaynaklı ve soğuk şekillendirme yönteminden kaynaklı dövme çatlakları olarak bilinir. Bu çalışmada hammadde çatlakları ve sebepleri, hammadde olarak kullanılan alaşım çeliğinin kimyasal ve mekaniksel özellikleri tane yapısının oluşan çatlak hasarlarına etkisi, oluşan çatlaklarının farklı yükler altında davranışları ve kullanıma etkilerinin tespiti amaçlanmıştır. Ayrıca soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunların üretilmesi için optimum üretim parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## **2. BAĞLANTI ELEMANLARI ve ÜRETİM YÖNTEMLERİ**

### **2.1. Bağlantı Elemanları**

Bağlantı elemanları birleştirilmesi gereken iki veya daha fazla parçayı bir birine emniyetli bir şekilde bağlamak için kullanılır. Makine elemanlarının en önemli grubunu bağlantı elemanları oluşturur. Bağlantı elemanları, makineyi oluşturan çeşitli makine parçalarının özellikleri korunarak birbirine bağlanmasını sağlayan elemanlardır. Makine parçalarının ve yapı elemanlarının birleştirilmesi amacıyla çok çeşitli şekillerde imal edilir. Fakat makinede mevcut bulunan bağlama elemanları geniş ölçüde standartlaştırılmış olup, büyük seriler halinde imal edilmektedir. Bu nedenle imalatçı çok defa, hesapla bulunduğu büyüklüğe uygun bir standart eleman kullanmak zorunda olduğundan ilgili standartları da çok iyi bilmek zorundadır. Bağlantı şekilleri, bağlantının yapılma prensibine göre aşağıdaki gibi üç büyük gruba ayrılabilir.

#### **2.1.1. Malzeme Bağlı Bağlantılar**

Malzeme bağlı bağlantı türleri farklı yöntemler ile malzemelerin birleşmesiyle çözülemeyecek şekilde bağlanması ile oluşmuştur. Bu tür bağlantılar kesme, kırma, koparma gibi eylemler olmadan çözülemezler. Gereğinde bağlantıda yardımcı olarak elektrot, lehim malzemesi ve yapıştırıcı gibi ilave malzeme de kullanılır. Kaynak, lehim, yapıştırma bağlantıları olarak sayılabilir.

### **2.1.2. Kuvvet Bağlı Bağlantılar**

Parçalar uygun şekilde sıkılarak temas yüzeylerinde normal kuvvetler(ön gerilme) oluşturulur. Hareket ve kuvvet iletilmesi halinde normal kuvvetler nedeniyle harekete zıt yönde etkiyen sürtünme kuvvetleri bağlantının devamını sağlar. Sıkı geçmeler, konik geçmeler, pres geçmeler tipik örnekleridir.

### **2.1.3. Şekil Bağlı Bağlantılar**

Kuvvet ve hareket iletilmesi bağlantı elemanının şekli ile sağlanır. Bu tür bağlantılara en iyi örnekler kamalı ya da pimli bağlantılardır. Bu bağlantı tiplerinde pim ya da kama deformasyona uğramadığı sürece ya da dışarıdan bir kuvvet ile sökülmediğı sürece parçalar birbirine bağlı kalırlar. Kama, pim, perno gibi bağlantı elemanları şekil bağlantı elemanlarıdır ve bu parçalar genel olarak sökülebilen bağlantı elemanlarıdır.

Sökülemeyen bağlantı elemanları genellikle parçaların deforme edilerek ya da bağlandığı nokta hasara ya da bozunmaya uğratarak birbirinden ayrılan bağlantı türleridir. Tüm kaynak ve lehim türleri bu bağlantı türüne örnektir. Günümüzde bu bağlantı elemanların yeni türleri ise kaynak somun ve cıvatalarıdır. Kaynak somun ve cıvataları da bağlı olduğu parçadan hasara uğramadan ya da kendileri hasar görmeden sökülemezler ve bir kez daha kullanılamazlar.

Sökülebilen bağlantı elemanları birçok kez sökülüp montajlanabilir ve bu işlemler sırasında bağlantı elemanı ve montaj yapıldığı parça hasara uğramaz. Bu parçalar basit el aletleri ile kolayca montaj ve demontaj yapılabilen parçalardır. Sökülebilen bağlantı elemanlarına örnek olarak cıvata, somun, saplama, yaylı pim, ve kamalar gösterilir.

Sanayide en çok kullanılan bağlantı elemanları cıvata ve somunlardır. Cıvata ve somunlar sanayide, inşaat sektöründe, mobilya, sağlık ve beyaz eşya sektöründe en çok kullanılan bağlantı elemanlarıdır. Bu parçaların temini kolay, montaj ve demontajı basittir. Kolay bulunur olması ve kullanımının basit olması nedeniyle sanayide tercih

edilmektedir. Ayrıca bu parçalar büyük kuvvetleri taşıya bilen mukavemetli parçalardır [1].

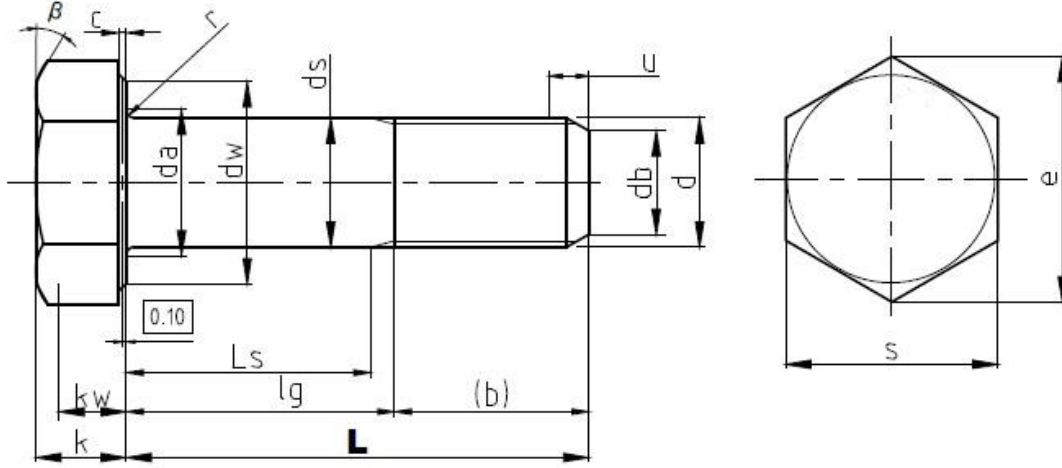


Resim 2.1. Somun, cıvata ve saplama

## 2.2. Cıvata ve Somunlar

### 2.2.1. Cıvata

Metal, ahşap, plastik ya da farklı iki malzemenin bir birine bağlanmasında kullanılan helisel farklı diş formlarına sahip el aletleri ile montajı kolayca yapılan bağlantı elemanlarına cıvata denir. Farklı ölçü ve standartlarda cıvatalar vardır. Son kullanıcının isteğine bağlı farklı formlarda standartlar dışında üretilen çeşitleri de mevcuttur.



Şekil 2.1. DIN 931 standart cıvata teknik resmi [1].

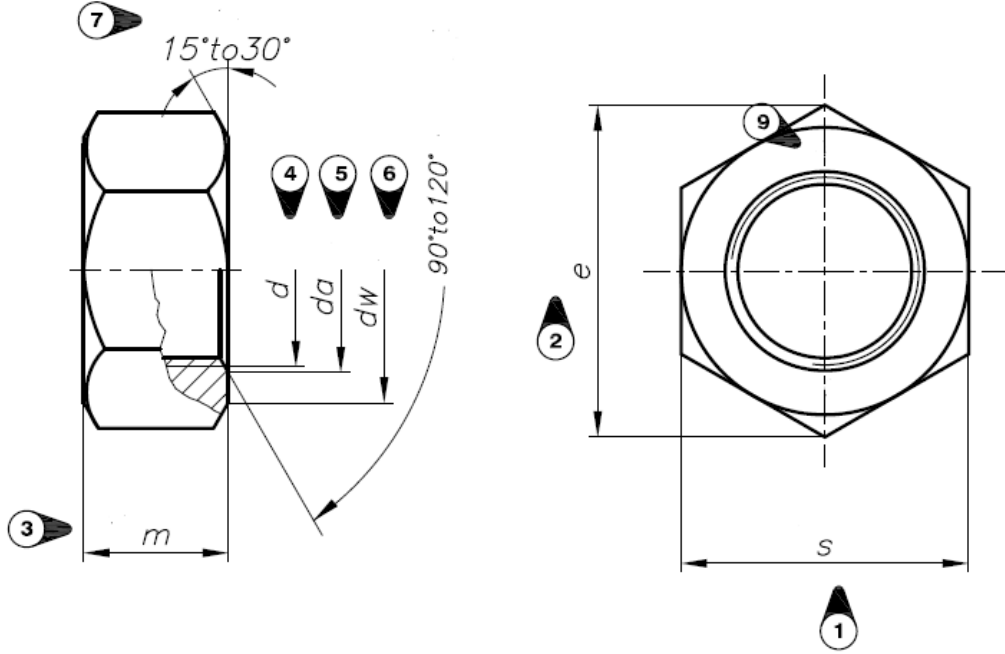
Şekil 2.1.' de DIN (Deutsches Institut für Normung) standartlarına uygun teknik resmi çizilmiş DIN 931 altı köşe başlı yarım pasolu cıvatanın ölçüm noktaları verilmiştir. Resimde verilen ölçüler “ $\beta$ ” kafa açısını, “c” rondela kalınlığını, “r” kafa altı radyusunu, “da” radius çapını, “dw” oturma yüzeyi çapını, “kw” anahtar tutma yüksekliğini, “k” kafa kalınlığını, “ls” shaft boyunu, “lg” diş başlangıç mesafesini, “b” paso boyu, “u” tamamlanmamış diş, “L” boyu, “db” sivrilme çapını, “e” köşegen ölçüsünü, “s” anahtar ağız ölçüsünü, “d” anma çapını gösterir. Standart DIN 931 cıvataya ait ölçüm noktaları bunlardır.

### 2.2.2. Somun

Parçaları birbirine sökülebilir şekilde bağlamaya yarayan cıvatalara, saplamalara vb. vida açılmış makine parçalarına vidalanan bağlama elemanlarına somun denir. Somunlarda standartlara ve müşteri özel isteklerine göre üretilir.

Şekil 2.2.' de DIN 934 standartlarına uygun teknik resmi çizilmiş bir somuna ait ölçü noktaları ve açıklamaları verilmiştir. Şekil 2.2.' de verilen ölçüler “d” somun delik çapını temsil eder ve bu ölçü somunun isimlendirilmesi içinde kullanılır. Somunun metrik kaç ve kaç diş olduğunu bu ölçüden anlarız, “da” ölçüsü ise havşa çapını, “dw”

rondela çapını, “m” somun yüksekliğini, “s” anahtar ağızını, “e” köşegen ölçüsünü bildirir.



Şekil 2.2. DIN 934 standart somun teknik resmi [1].

### 2.3. Üretim

İnsanoğlu yaşamını sürdürebilmek için farklı aletler kullanmış bu aletler ile hem hayatını kolaylaştırmış hem de hayatta kalmaya çalışmıştır. Bunları yapabilmek için ilk çağlarda doğada ki el aletlerini kullanmıştır. İhtiyaçları arttıkça farklı el aletleri yapmış ve zamanla bu el aletlerini farklı malzemelerden ve bu malzemeleri farklı yöntemler geliştirerek yapmıştır. Artan dünya nüfusu ile daha çok üretime ihtiyaç duyulmuş ve buna bağlı olarak makineleşme isteği ve ihtiyacı artmıştır. Üretim bir malzemeyi işleyerek faydalı bir araç haline getirmektir [2].

Günümüzde teknoloji sayesinde birçok araca, bilgiye, sosyal faaliyete kolayca ulaşılmaktadır. Bunu en büyük sebebi makineleşmenin artması ile birlikte yüksek miktarlarda yapılan üretimler sayesinde düşen maliyetler ve ekonomik olarak bilgiye, araçlara ve sosyal faaliyetlere ulaşmak daha kolaylaşmıştır. Yüksek üretim adetleri ve

kalite anlayışları farklı üretim yöntemleri geliştirilerek sağlanmıştır. Üretim yöntemlerinin gelişmesindeki en büyük faktör mühendislik dallarının hepsinin bir bütün halinde çalışmasıdır. Tüm mühendislik dalları üretimin en ucuz ve en kaliteli halde üretilebilmesi için farklı yöntemler geliştirmekte ve üretim yöntemleri her geçen gün gelişmektedir [2].

### 2.3.1. Üretim Aşamaları

Üretimin 3 farklı aşaması vardır.

- Başlangıç
- Süreç
- Ürün

Çizelge 2.1. Üretim Aşamaları ve İçerikleri [2].

<b>Başlangıç</b>	<b>Süreç</b>	<b>Ürün</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Talep</li><li>• Hammadde</li><li>• Sermaye</li><li>• Enerji</li><li>• Zaman</li><li>• İnsan</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tasarım</li><li>• Planlama</li><li>• İşleme</li><li>• Yönetim</li><li>• Pazar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alıcı</li><li>• Tamamlayıcı ürünler</li><li>• Kullanıcı Bilgilendirme</li></ul>

Süreç aşamasında farklı bölümler vardır bunların en önemlisi işi başlangıcı olarak bilinen tasarımıdır, diğer tüm faktörleri doğrudan etkiler iyi ve kullanışlı bir tasarım değilse diğer tüm birimlerin olması işe yaramaz. Üretim sürecinde öncelik ile ihtiyaç olunan ürün belirlenir ve bu ürünü hangi hammaddeden hangi yöntemler ile ne kadar zamanda yapılacağı tespit edilmelidir. Üretim ihtiyacı belirlendikten sonra kullanılacak hammadde, nasıl yapılacağı, nerede kullanılacağı, kime satılacağı kimin kullanacağı önemlidir. Hiçbir zaman üretim aşamalarında ki kriterler olgunlaşmadan üretim yapılmamıştır [2].



### 2.3.2. Üretim Malzemeleri

Yapılacak üretim için uygun malzeme seçimi ve seçilen bu malzemeyi istenilen biçimde ve özellikte kullanışlı bir ürüne çevirmek oldukça kompleks bir iştir. Mühendislik alanına giren bütün üretimlerde;

- Tasarım
- Malzeme seçimi
- İşleme
- Değerlendirme
- Yeniden tasarım veya değişiklik

Sırasını takip eden ardışık aktiviteler uygulanır.

Malzeme seçiminde ilk adım ürünün ihtiyaçlarının belirlenmesidir. Malzeme ve imalat sistemi hakkında karar verilmeden önce, mühendis bu parçanın fonksiyonlarını yerine getirecek şekilde imalat resimleri çizmelidir. Bunu yapmak için parça; parçanın biçimi ve geometrisi, mekanik özellikleri, fiziksel özellikleri, servi çalışma ortamı ile olan ilişkileri, imalat metodunu etkileyen diğer değişik faktörleri analiz eder [3].

Malzemeler genel olarak dört ana gruba ayrılmaktadır. Ancak son yıllarda hızla gelişen ve geniş endüstriyel uygulama alanı bulunan nano malzemelerin de eklenmesiyle birlikte beş grupta sınıflandırılmıştır[3].

- Metalik malzemeler
- Polimer malzemeler
- Seramik malzemeler
- Kompozit malzemeler
- Nano malzemeler

### 2.3.3. Üretim Yöntemleri

Bir parçanın üretilebilmesi için birden fazla üretim yöntemi kullanılabilir ancak mühendislik anlamında bu parçanın fiziksel özelliklerinin, mekaniksel özelliklerinin en uygun hangi yöntem ile elde edileceği ayrıca kullanılan üretim yönteminin parasal anlamda kazançları da önemlidir. Temel üretim yöntemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- Döküm
- Plastik Şekil Verme
- Toz Metalurjisi
- Talaşlı İmalat
- Kaynak

Bu tez çalışmasındaki konumuz soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlar olduğu için plastik şekil verme konusunun detaylarını, avantajlarını ve dezavantajlarını açıklayacağız.

### 3. PLASTİK ŞEKİL VERME

Her imalat metodunun sınırlılıklarının olması nedeniyle her çeşit makine parçası her imalat metodu ile şekillendirilemez, makine, malzeme, işçilik gibi kayıplar göz ardı edilerek üretim yapılırsa bile istenilen mukavemet, tolerans ve yüzey kalitesi elde edilemez. Bu durumda parça üretimi için en uygun üretim yönteminin tercih edilmesini zorunlu kılar. Makine parçalarının istenilen metalden istenilen şekil ve ölçüde üretilmesi için temel yöntemlerden bir tanesi de plastik şekil vermedir. Malzemelerin kalıcı şekil değişimi sağlayacak şekilde yeterli kuvvet uygulanarak yapılan şekil verme işlemlerine plastik şekil verme veya plastik deformasyon olarak tanımlanmıştır [3].

Plastik şekil verme karmaşık bir şekillendirme olduğu için bu işleme birçok bağımlı ve bağımsız değişkenler ve bu iki değişkene bağlı etkileşimli değişkenler etki eder. Bağımsız değişkenler; hammadde, ürün geometrisi, takım ve ya kalıp geometrisi, yağlama, işlem sıcaklığı, işlem hızı, deformasyon miktarıdır. Bağımlı değişkenler; İşlem için gerekli kuvvet veya güç, üretilen parçanın mekanik özellikleri, parçanın üretildiği andaki son sıcaklığı, yüzey kalitesi ve boyut hassasiyeti, deformasyon esnasındaki metal akışı, kullanılan kalıpların malzemeleri ve kalıpların ömürleri olduğu belirtilmiştir [3].

İşlem sıcaklığına göre deformasyon çeşitleri 3' e ayrılır. Bu çalışmada soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda meydana gelen hasarları inceleyeceğimiz için soğuk şekillendirme tekniği üzerinde daha fazla bilgi paylaşacağız. Ayrıca soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda kullanılan hammaddeler sıcak haddeleme yapılarak üretilen filmaşinlerden üretildiği için sıcak şekillendirme konusu hakkında bilgi verilecektir.

- Soğuk şekillendirme
- Ilık şekillendirme
- Sıcak şekillendirme

Çizelge 3.1 Soğuk şekillendirme yöntemleri kriterlerinin özellikleri [4].

	<b>Sıcak</b>	<b>Ilık</b>	<b>Soğuk</b>
Parçanın Ağırlığı	<60 KG	<10 KG	<2 KG
Çelik Sınıfı	Tüm Çelikler	C istenir, Diğer Alaşım Elementleri <% 10	Düşük Alaşımli Çelikler (C<%0,45, Diğerleri <%3)
Yüzey Kalitesi	Düşük	Orta	Yüksek
Deformasyon Basıncı	Düşük	Orta	Yüksek
Enerji Maliyeti	Yüksek	Orta	Düşük
Toleranslar	Yüksek	Orta	Düşük
Takım Maliyeti	Düşük	Yüksek	Yüksek

### 3.1. Soğuk Şekillendirme

“Soğuk Dövme” ya da “Soğuk Şekillendirme” malzemenin bir kalıp içerisine büyük kuvvetler uygulanarak sıkıştırılıp erkek ve dişi kalıpların formunu aldığı üretim yöntemlerinden biridir. Soğuk şekillendirme metalleri oda sıcaklığında şekillendirmek için metalin plastik özelliklerinden yararlanılarak yapılan bir yöntemdir. Bu yöntem öncesinde metallerin mekanik özellikleri ile ilgili iyileştirmeler yapılır. Bu yöntem diğer plastik şekil verme yöntemlerinden daha yüksek yüzey kalitesine ve daha düşük ölçüm toleranslarına sahip olduğu için üretim öncesinde farklı hazırlık işlemleri yapılır. Bu yöntem diğer plastik şekil verme yöntemlerine göre birim zamanda daha yüksek adetlerde üretim yapmayı sağlamıştır. Karmaşık yapıli ürün gruplarının üretiminde tercih edilen bir yöntem olarak belirlenmiştir [4].

### **3.1.1. Soğuk Şekillendirme Avantajları**

Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen parçaların ölçü toleransları diğer plastik şekil verme yöntemlerine göre daha dardır ve yüzey kalitesi iyidir. Üretilen parçanın mukavemeti, akma gerilmesi, aşınma dayanımı gibi mekanik özellikleri iyileştiği bilinmektedir. Yüksek adetli üretimler için uygun olduğu bilinmektedir [3].

### **3.1.2. Soğuk Şekillendirme Dezavantajları**

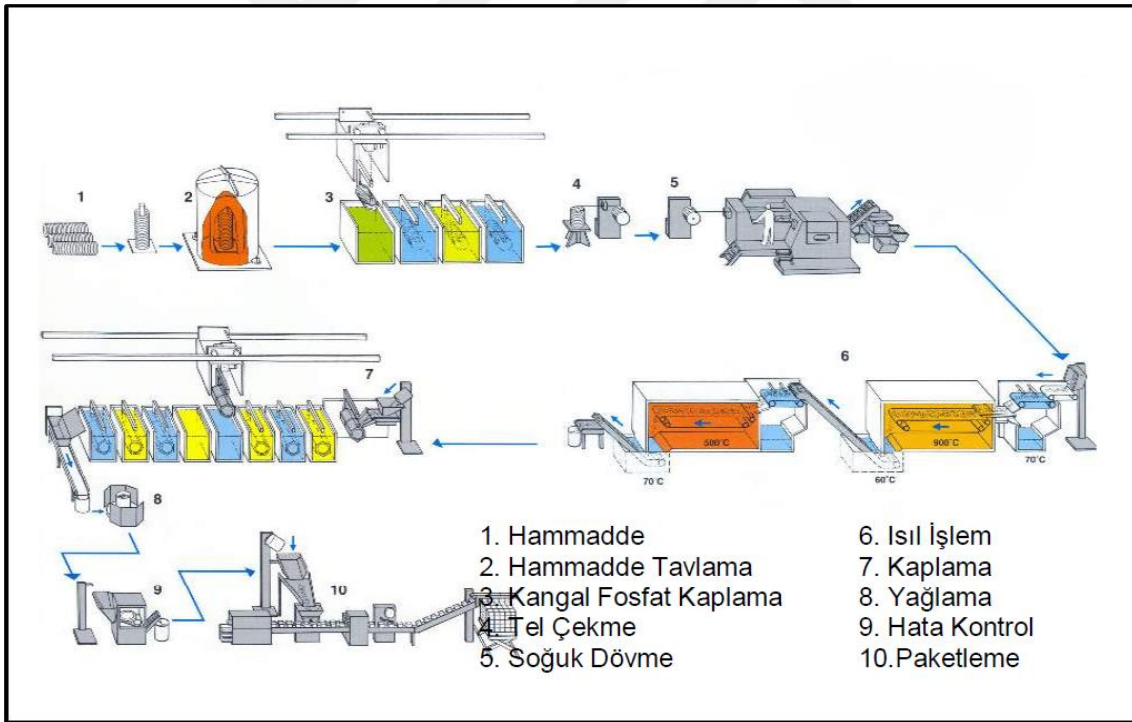
Soğuk şekillendirme için büyük kuvvetler ve bu kuvvetlere bağlı olarak dayanıklı takımlar gereklidir. Soğuk şekillendirme sonrasında deformasyon sertleşmeleri meydana gelir. Soğuk şekillendirme sonrasında ürünlerde kalıntı gerilmelerin oluşabileceği vurgulanmıştır [3].

## **3.2. Sıcak Şekillendirme**

Bir malzemeyi şekillendirirken en önemli hususlardan bir tanesi de şekillendirme sırasında kullanılan gücün büyüklüğüdür. Malzemeyi işlemenin en kolay yolu sertliğini düşürmekten geçer bu da ancak malzemenin sıcaklığının artırılarak sertliğinin azaltılması gerçekleşir. Sıcak şekillendirme metalin yeniden kristalleşme sıcaklığının üzerindeki sıcaklıklarda yapılır. Bu da metalin ergime sıcaklığının 0.5 – 0.6 katı aralığındadır. Sıcak şekillendirme yöntemi ile üretilen ürünlerde meydana gelen değişiklikler vardır. Termal büzölmeler ve üniform olmayan soğumalar nedeniyle parçanın boyut hassasiyeti ve yüzey kalitesi kötüleşir. Tane yapısındaki küçülme, son deformasyon sıcaklığı, deformasyon sonrası soğuma durumunu ve diğer etkenler nedeniyle metalürjik yapının üniform olmayabileceği söylenmiştir [3].

#### 4. SOĞUK ŞEKİLENDİRME YÖNTEMİ ile SOMUN ÜRETİMİ

Cıvata ve somunların en yaygın üretim yöntemi soğuk şekillendirme yöntemi ile yapılmaktadır. Daha önceki konu başlıklarında da anlatıldığı gibi soğuk şekillendirme yöntemi oda sıcaklığında yapılan dişi ve erkek kalıpların kullanıldığı yüksek kuvvetler altında dişi ve erkek kalıpların formlarının malzemeye kazandırıldığı bir yöntemdir. Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlar filmaşın adı verilen silindirik hammaddelerin çok istasyonlu soğuk şekillendirme preslerinde dövülerek üretilirler. Şekil 4.1. de Cıvata ve somun üretim aşamaları gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Cıvata ve somun üretim aşamaları [1].

#### 4.1. Tavlama

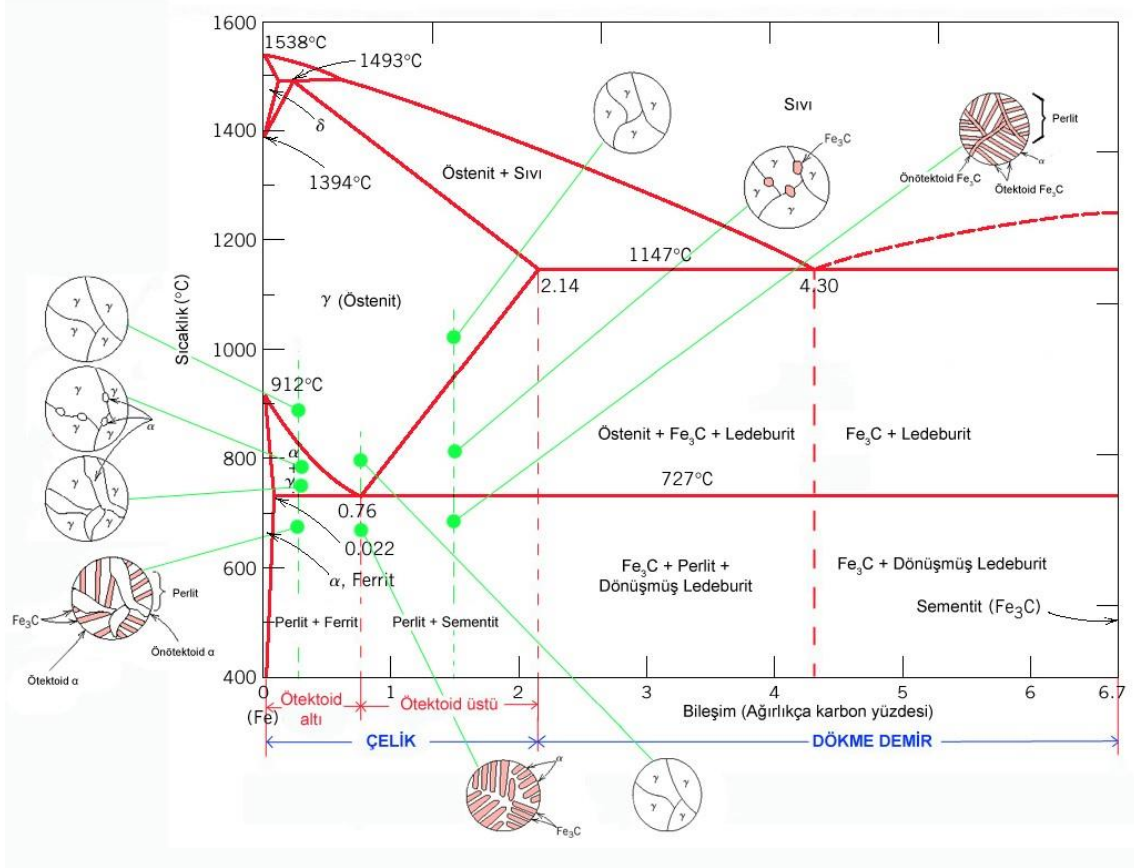
Metallerin hal değişimine uğramadan ısıtılarak yeterince ısıtılıp ulaşılan sıcaklıkta işlem türlerine göre belirli süre o sıcaklıkta bekletilip sonrasında ısınan metallerin kendiliğinden soğutulurak metallerin üretime hazırlanması işlemine tavlama denir. Tavlama metallerin iç gerilmelerini gidermek için yapılır. Soğuk şekillendirme ile somun üretimi öncesinde kullanılacak hammaddelere malzeme içyapısındaki artık gerilmeleri gidermek için tavlama yapılır. Böylelikle hammaddenin sertliği azaltılarak soğuk dövme prosesine ön hazırlık yapılmış olur.

Tavlama farklı amaçlar için yapılır ve farklı tavlama işlemleri yapılır. Tavlama türlerinin hepsinde genel mantık aynıdır.

- 1.Normalizasyon Tavlaması
- 2.Yumuşatma Tavlaması
- 3.Gerilim Giderme tavlaması
- 4.Yeniden Kristalleşme tavlaması [19].



Resim 4.1. Hammadde tavlama fırını



Şekil 4.2. Demir – Sementit Denge Diyagramı [18].

Normalizasyon tavlaması çeliklerin mikro yapılarında ki düzensizlikleri gidermek ve mekanik özellikleri iyileştirmek için yapılır. Genel de döküm, sıcak şekillendirme yöntemi olan sıcak haddeleme ve kaynak ile birleştirilen parçaların mikro yapılarındaki tane büyümelerinin giderilmesi için yapılan bir tavlama türüdür. Normalizasyon tavlaması yapılan çelikler içerdikleri karbon miktarına göre 1100°C ile 1250°C sıcaklık aralığında yapılır. Normalizasyon tavlaması uygulanan malzemeler bu sıcaklıktan sonra bir süre bu sıcaklıklarda bekletilirler ve kendiliğinden soğumaya bırakılırlar. Normalizasyon tavlaması kaynak ile birleştirilmiş ya da döküm ile üretilmiş malzemelerin talaşlı imalat öncesi mekanik özelliklerini iyileştirmek için yapılmıştır [12].

Yumuşatma tavlaması herhangi bir şekil verme işlemi yapılmamış, ısıl işlem görmemiş çeliklerde içerdikleri karbon miktarlarına göre oda sıcaklığında farklı sertlik değerlerine sahiptirler. Çelikler oda sıcaklığında ki sertlikleri ile işlenebilirlikleri mümkün



olmayabilir ya da işleme sırasında çok fazla takım kullanılmasına ihtiyaç duyulur. Çelikleri işlenebilmesi için en üst düzey de yumuşak olması istenir. Yumuşatma tavlaması günümüzde küreselleştirme tavlaması olarakta bilinir. Yumuşatma tavlaması ile küreselleştirme tavlaması proses olarak birbirlerine çok benzerler. Malzemeler içerdikleri karbon miktarlarına göre 900°C sıcaklığa kadar çıkarılırlar bu sıcaklık değerinde malzemenin karbon oranı ve tavlama sonrasında istenen sertlik değerlerine göre bir süre bekletilirler bu sıcaklıkta bir süre bekledikten sonra 725°C ye kadar kontrollü olarak soğutulurlar daha sonraki soğuma işlemine müdahale edilmez malzemenin kendiliğinden soğuması sağlanmıştır. Bu tavlamayı küreselleştirme tavlamasından ayıran en önemli özellik küreselleştirme tavlamasının % 4 ve daha az karbon içeren malzemelere uygulanmıştır [12].

Üretim yöntemi olarak sıcak dövme ve döküm yöntemi tercih edilmiş parçalarda yüksek sıcaklıklardan sonra düzensiz soğumalara bağlı olarak malzeme içerisinde çeşitli yönlerde iç gerilmeler meydana gelir. Bu iç gerilmeler malzemede çatlak oluşumuna ve çarpılma olayına neden olur. Bu hasarlara sebep olan gerilmeleri gidermek için gerilim giderme tavlaması yapılır. Bu tavlama türünde parçalar karbon oranları ve tavlama sonrasında istenilen sertliklerine göre 500°C ile 680°C sıcaklığa kadar ısıtılır, istenilen mekanik özelliklere göre bir süre bu sıcaklıkta beklendikten sonra yavaş soğutulurak üretime hazırlanmıştır. Soğutma işlemi yapılırken malzemenin kendiliğinde soğumasına izin verilmeden kontrollü soğutma yapılmıştır. Soğuk şekillendirme yöntemiyle üretilen bağlantıları elemanlarının üretiminde kullanılacak düşük karbonlu çelik çubuklar soğuk dövme işlemi öncesinde gerilim giderme tavlaması ile tavlansak mekanik özelliklerinin değişmesi sağlanmıştır [12].

Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen parçalarda dövme sonrasında oluşan gerilmeleri gidermek için yapılan tavlama türüdür. Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen boru, sac, tel ve profillerin üretim sonrasında şekil verilmesi için 300°C ile 500°C sıcaklıklara kadar malzemelerin ısıtılarak yapıldığı tavlama türüdür. Soğuk şekillendirme ile üretilen parçalarda meydana gelen pekleşmeyi gidermek ve parçaları tokluk, yüksek mukavemet, süneklik gibi mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi için yapılmıştır [12].

## 4.2. Yüzey İşlem

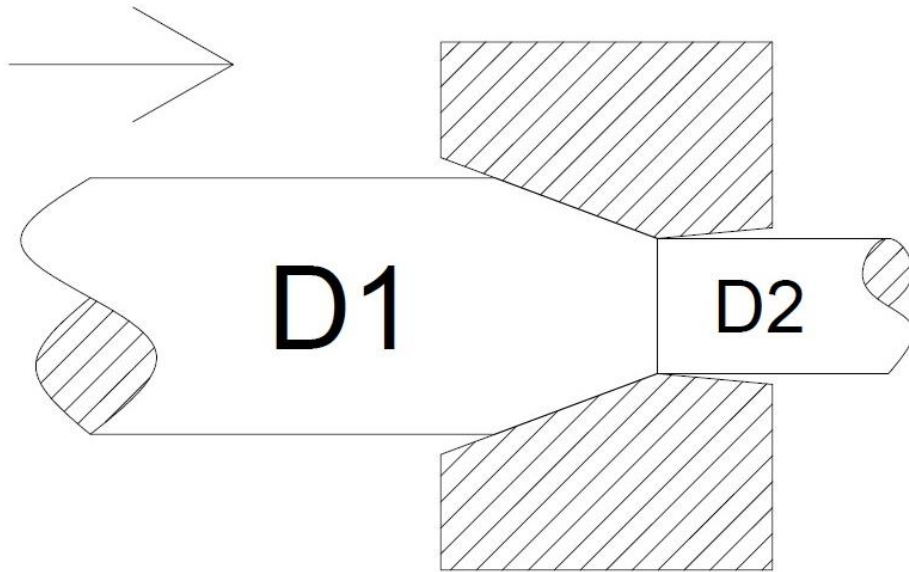
Cıvata ve somun üretiminde kullanılacak hammaddenin kolay işlenebilmesi ve hammadde yüzeyindeki tufal, pas, toz gibi yabancı maddelerden uzaklaştırılabilmesi için kimyasalların bulunduğu havuzlarda sırasıyla işleme alınıp fosfat kaplanarak oksijen ile bağlantısı kesilen hammaddeler hem paslanmaya karşı önlem alınmış olur hem de soğuk şekillendirmeye hazırlanmış olur [1]. Metal işleme yöntemlerinden soğuk şekillendirme yönteminde takım dayanıklılığı çok önemlidir. Bu yüzden takım ömrü ve malzemenin işlenebilirliğinin artırılması için hammadde yüzey hazırlama önemlidir. Hammaddenin takım üzerinde kayması ve şekil alabilmesi için sürtünme kuvvetinin en aza indirgenmesi gerekmektedir, bu yüzden soğuk dövme öncesi yüzey işlem yapılarak yüzey temizliğinin yapılması gerektiği bildirilmiştir [6].



Resim 4.2. Kimyasal yüzey işlem yapılan hammadde

### 4.3. Soğuk Tel Çekme

Soğuk şekillendirme yöntemlerinden biri olan tel çekme kalın kesitli bir telin (filmaşın) yekpare bir kalıp içerisinde bir kuvvet uygulanarak geçirilerek tel çapının düşürülmesi işlemidir. Bu işlemin yapılması için telin bir ucundan kuvvet uygulanarak yekpare kalıp içerisinde geçirilerek tel çapının düşürülmesi sağlanır. Yöntemin en büyük avantajı çekilen telin çapında ya da kesitinde simetrik ürünler elde edilir. Tel çekme sonrası yüzey kalitesi yüksektir ve malzeme çapı homojendir. Tel çekme sonrasında malzemede bir miktar pekleşme olur ve bu pekleşme soğuk dövme ideal sertlik değeri olan 125 – 155 HV den büyük ise tavlama işlemi yapılması gerekmektedir [16].



Şekil 4.3. Tel çekmenin prensip şeması

Tel çekme işlemi ile soğuk dövme ile üretilen somunlarda kullanılacak hammaddelerin homojen çapta olması önemlidir. Hammadde çaplarının homojen hale getirilerek soğuk dövmede ürün gramajlarının farklılık göstermesi engellenir. Ürün

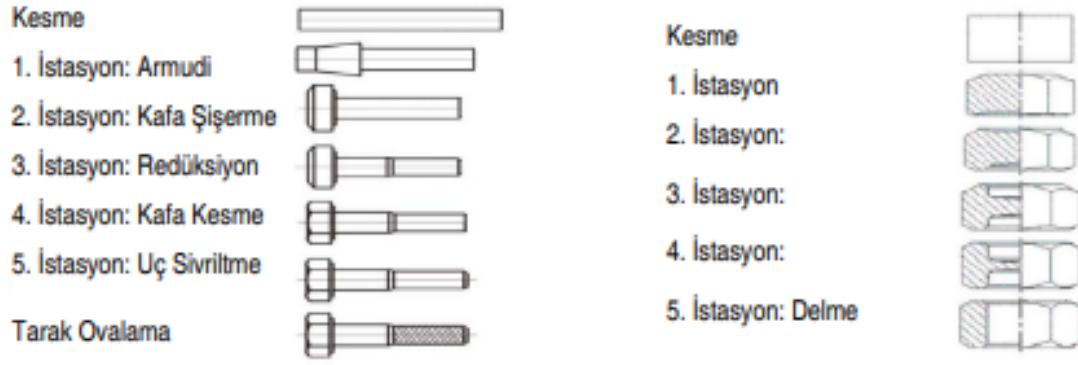
gramajları farklı olursa somun geometrisi tam oluşmaz ve ölçüler teknik resim dışına çıkarak kullanım dışı olurlar.



Resim 4.3. Soğuk tel çekme makinesi

#### 4.4. Soğuk Şekillendirme

Cıvata ve somun üretiminde en çok kullanılan bu metot ile üretilen ürünler çok istasyonlu makinelerde üretilirler. Yatay eksantrik pres mantığında çalışan bu makineler çok istasyonludurlar. Makineye giriş yapan hammadde ürün geometrik formuna göre 3 ile 7 istasyonlu makinelerde preslenerek dişi ve erkek kalıp formlarını alırlar. Bazı parçalar hariç giren hammadde hacmi ile çıkan ürünün hacimleri aynıdır. Şekil 4.4. de çok istasyonlu soğuk şekillendirme preslerinde soğuk dövme yöntemi ile üretilen cıvata ve somunların istasyon aşamaları gösterilmiştir. Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlar yatay preslerde üretilir. Bu presler üretecekleri metriklere ve somun geometrilerine göre 40 ton ile 900 ton arasında kuvvet uygulayabilir ve 3 ile 7 istasyonlu olabilir.



Şekil 4.4. Cıvata ve somunların istasyon kalıp tasarımları [5].

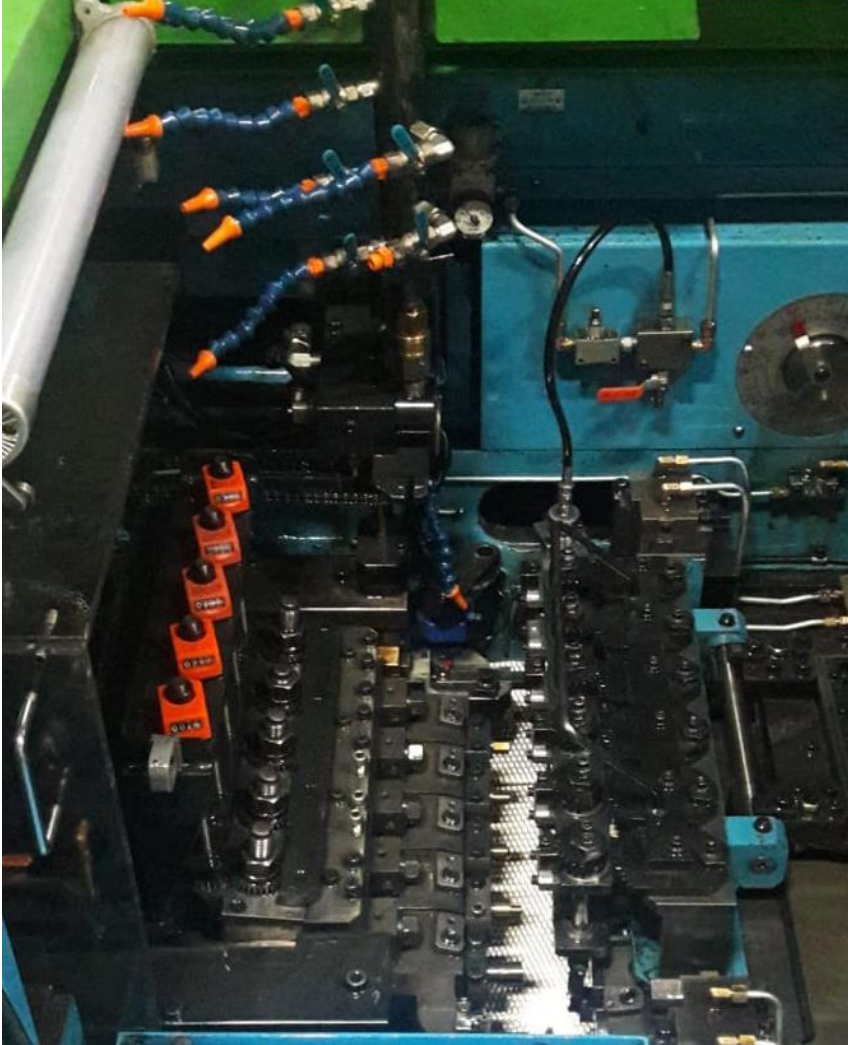
Plastik şekil verme yöntemlerinden soğuk dövme iki gruba ayrılır. Sac malzemelerin cidar kalınlığından yararlanarak içi boş hacimli parçalar ve kıvrımlı parçalar üretilir. Bir diğer yöntem ise kütle şekillendirilmesi ile yapılır hazırlanmış yarı mamuller açık kalıplarda zımbalar yardımı ile dövülerek farklı ve karmaşık geometrilerin elde edilmesiyle oluşur [7,8].



Resim 4.4. Yatay soğuk şekillendirme presleri

Soğuk dövme yöntemi ile yatay preslerde silindirik parçanın eksenini doğrultusunda dövülerek kalıp geometrisi alması sağlanır. Bu işlem özel soğuk dövme makinelerinde yapılır. Şekil 4.3 'de gösterilmek istenen, biri sabit diğeri hareketli olan kalıp yarıları

tarafından sıkıca kavranan çubuğun serbest ucu zimba (erkek kalıp) yardımıyla kalıp boşluğunu doldurmaktadır. Bu yöntemle önceleri cıvata kafalarının tek vuruşta şekillendirilmesi gibi basit üretimler yapılmaktaydı. Günümüzde ise daha karmaşık şekilli parçalar elde edilmiştir [9].



Resim 4.5. Soğuk şekillendirme makinesi kalıp ve transfer sistemi

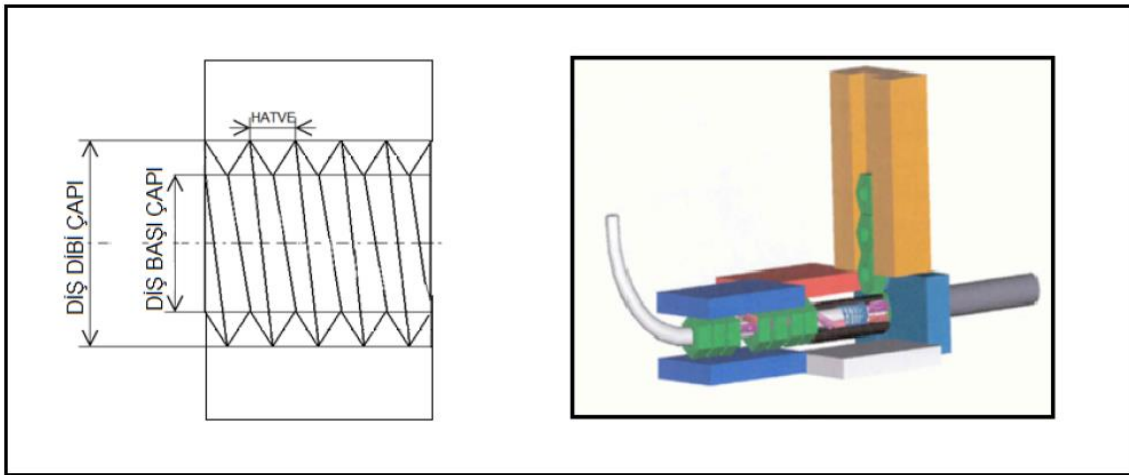
Silindirik bir metal çubuğun yatay dövülerek şekillendirilmesinde sabit kalıp dışında kalan kısmının boyunun ( $l$ ) metal çubuğun çapına ( $d$ ) çapına oranı 3 katından büyük olmamalıdır. Bu orandan daha büyük boy çap oranlarında dövme sırasında metal çubuğun kalıbın dışında büküleceği deneysel olarak ispatlanmıştır, uygulamada en fazla  $l=2,5d$  alınmalıdır [10].

Yatay dövme işlemi yapıldığı sabit kalıbın iç çapı  $D=1,5d$  olan bir ölçüde ise ve dövme işlemi bu kalıpta yapılacaksa  $l>3d$  olabilir. Uygulamada ise  $D=1,4d$  alınmalıdır [10].

Üçüncü kuralın temelini ikinci kuralın koşulları sağlar, çubuğun kalıplar arasından dışarı taşması halinde, taşan kısmın uzunluğu en çok çubuk çapına eşit olmalıdır. Bunun yanında eğer  $D=1,5d$  yerine  $D=1,25d$  alınırsa çubuğun kalıp dışına taşan kısmının uzunluğu  $1,5d$  olabilmektedir [10].

#### 4.5. Diş Açma

Somunlar soğuk şekillendirme tüm geometrik formları verildikten sonra diş üstü çapında delme zımbası ile delinerek üretilirler ve sonraki proses olan kılavuz çekme işlemi yapılır. Bu yöntemde talaş kaldırarak somuna diş açılmıştır. Ayrıca somunlara ovalama kılavuzları ile talaş kaldırmadan da diş açılmıştır. Kılavuz çekme işlemi bir talaşlı imalat yöntemi olduğu için somunların üzerinde kalan talaşları ve talaşlı imalat yağ kalıntılarını temizlemek için somunlar mazot ile yıkanarak yağ ve çapaklardan arındırılır sonrasında santrifüj makinesinde yüksek devirlerde santrifüj edilerek sonraki proseslere sevk edilmeye hazırlanmıştır [1].



Şekil 4.5. Somun diş profili ve diş açma kılavuz [1].

Soğuk şekillendirme bölümünde geometrik formu oluşturulan somunlar geometrilerine göre farklı model diş açma makinelerinde diş çekilmektedir. Resim 4.6. da diş açma makinesi ait görsel bulunmaktadır.



Resim 4.6 Diş açma makinesi çalışma mekanizması



## 5. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda meydana gelen hasarların incelenmesi ve meydana gelen hasarların sebeplerinin araştırılması için üretim sırasında kullanılan hammaddeler, yapılan testler için kullanılan cihazlar, bu cihazların özellikleri, yapılan testlerin ortam koşulları ve belirtilmiştir.

### 5.1. Soğuk Şekillendirme Yöntemi ile Somun Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Soğuk şekillendirme metodu ile üretilen cıvata ve somunlarda kullanılan hammaddeler soğuk şekillendirme ve ekstrüzyon için uygun sıcak haddeleme yöntemi ile üretilmiş, kimyasal yapı olarak düşük ve orta karbonlu, az alaşımlı DIN standartlarına göre istenilen fiziksel ve kimyasal özellikleri sağlayan çeliklerdir. Dünya genelinde cıvata ve somun için kullanılan hammaddelerin standartları DIN EN 10263 (Steel Rod, Bars And Wire For Cold Heading And Cold Extrusion) ve DIN EN 10269 (Steels And Nickel Alloys For Fasteners With Specified Elevated And Low Temperature Properties) şartnamelerinde verilmiştir. Standartlara göre kullanılan hammaddeler ile cıvatalarda 4.8, 5.8, 6.8 kaliteler ve somunlarda 8 kalite soğuk şekillendirme sonrasında elde edilir. Cıvatalarda 8.8, 10.8, 12.8 kaliteler ve somunlarda 10,12 kaliteler soğuk şekillendirme sonrası ısıtım işlemi yapılarak elde edilmiştir. Hammadde seçiminde diğer faktörler ise hammadde çapı, hammadde sertliği, mikro yapı, çekme-basma testi değerleri ve alaşım elementleri yapısı en önemli kriterler olarak belirtilmiştir [5].

#### 5.1.1. Çap Toleransları ve Ovallık

Çaplar ve ovalite için kabul edilen toleranslar DIN EN 10108 (Round Steel Rod For Cold Heading And Cold Extrusion, Dimensions And Tolerances) e uygun olmakla beraber aşağıdaki özel çap değerleri geçerlidir. Hammadde çaplarında toleranslar

dışında farklılıkların olması ürün kalitesine doğrudan etki eder ayrıca verilen toleransların dışındaki ovallikler ürün kalitesine etkilen önemli unsurlardır.

Çizelge 5.1. Hammadde çapları ve toleransları [36].

<b>Hammadde Çapı (MM)</b>	<b>Dairesellik %</b>
5,5 - 10,0	± 0,15
11,0 – 15,5	± 0,20
16,0 – 21,5	± 0,25
22,0 – 30,0	± 0,30
31,0 – 40,0	± 0,35
41,0 – 50,0	± 0,40

Toplam çap toleransının max. %80' nine kadar müsaade edilir. Örneğin Ø20 mm için max. 0,40 mm dir.

### **5.1.2. Metalografik Yapı**

Metalografi; metal ve metal türevi malzemelerin iç yapısını inceleyen, malzeme iç yapısını ve oluşumunu bu oluşumların değerlendirilmesinin ve ileriye yönelik yapılacak çalışmalara yön veren bilimdir. Metalografik incelemeler ile malzemenin mikron cinsinde tane yapıları, yapı içersin de ki oluşumlar, malzemenin performansının belirlenmesine yardımcı olur. Metalografi ile malzemenin tarihçesi, malzemenin kimyasal özellikleri, gelecek uygulamalar için alt yapı oluşumu, malzemelerin gruplandırılması, kalite ve proses kontrolleri yapılabilir. Metalografik incelemeleri ile malzemelerde oluşan hasarlar ve bu hasarların başlangıç noktaları, büyüklükleri ve bu hasarlara sebep olan içi yapı analizleri yapılabilir.

Metalografik ya da mikro yapısal analiz ile malzemenin tane boyutu, porozite, faz analizi, çatlak oluşumu, korozyon, yüzey tufalleri, inklüzyon oluşumları, dekarbürizasyon ve malzemenin tanecik yönelmeleri belirlenmiştir.

Soğuk şekillendirme ile bağlantı elemanı üretiminde kullanılan hammaddelerin tane boyutları ASTM (American Society For Testing and Materials) E112 (Standard Test Methods for Determining Average Grain Size) veya DIN EN 10263-1 e göre ASTM tane boyu numarası 5 veya daha ince ostenitik tane boyutu sağlanmalıdır. Tane boyutu ölçümü EN 103 veya DIN 50601 e göre yapılmalıdır.

Dekarbürizasyon malzeme yüzeyindeki karbon oranının azalması şeklinde bilinmektedir. Çeliklerde arzu edilen mikro yapı ve mekanik özellikler ısıtma işlemleri ile elde edilmektedir. Bu işlemlerin sıcaklığı çoğunlukla ostenit bölgesinde olup çeliklerin alaşım yapısına bağlı olarak 800 – 1200 °C arasındadır. Fırın ortamında oksijen bulunmasından dolayı karbon ısıtma işlemi gören çelik yüzeyinden ayrılma eğilimi göstermektedir. Karbonun çelik yüzeyinden ayrılmasının oluşturduğu bu olaya dekarbürizasyon denilmektedir [12].

Dekarbürizasyon derinliği bağlantı elemanı üretiminde kullanılan hammaddelerde hammadde çapın maksimum %1'ine kadar müsaade edilir. Ölçüm metodu için EN 104 veya DIN 50192 kullanılabilir.

Bir malzemeyi oluşturan elementlerin homojen bir şekilde karışmaması ve malzemenin metalografik yapısının incelendiğinde malzeme iç yapısının homojen olmama ve malzemeyi oluşturan elementlerin heterojen şekilde dağılmasına segregasyon denir. Segregasyona sebep olan birden fazla sebep vardır. Makro ve mikro düzeyde katılaşmanın neden olduğu segregasyonlar incelenmiş, segregasyonların haddelenmiş malzemelerdeki etkisi ve çatlak ilerlemeleri incelenmiştir [13].

Çelik içinde olabilecek oksit, sülfür, gibi metal olmayan kalıntıların oluşması çeliğin cinsi, ergitme yöntemleri ve pota işlemleri gibi üretim aşamalarına bağlı olduğu bilinmektedir. Çelik içerisindeki istenmeyen bu oluşuma inklüzyon olayı denilmektedir.

İnküzyonlar çelik alaşımları içerisinde bulunan istenmeyen elementler olarak bilinen oksijen ve kükürt kaynaklı istenmeyen yapılardır. Bu yapılar yapı içerisinde yer alan ara yer atomları olarak adlandırılır. Alaşım çeliklerinin içerisinde istenmeyen elementler fosfor, kükürt, oksijen, hidrojen ve azot istenmez. Bu elementler alaşım içerisinde tane

sınırlarında, istenmeyen yapılar oluşturur. Ayrıca bu elementler alaşım çeliklerinin mekanik özelliklerine negatif yönde etki ederler. Çeliklerin süneklik, darbe dayanımı ve korozyona karşı olan dirençlerini düşürürler. Karbona bir ara yer atomudur ancak karbon istenmeyen element olarak bilinmez, karbon oranı alaşım çeliklerinde uygun seviyede tutulduğu sürece istenmeyen etkisi yoktur [14].

### **5.1.3. Hammaddelerin Mekanik Özellikler**

Soğuk şekillendirme yöntemi ile bağlantı elamanı üretiminde kullanılan hammaddelerin bazı mekanik özellikleri karşılaması gerekir. Hammaddeler ezme testinden geçirilmelidir ve bu testin sonucunda hammadde yüzeyinde makro ve mikro yapıda çatlak ve yüzey kusuru görülmemelidir. Ezme testi DIN EN 10263-1' e göre yapılmalıdır.

Su alma sertlikleri her bir kalite sınıfı için ilgili kimyasal analiz tabloları altında verilmiştir. Bu sertlikler yağda su alma işlemi ile çekirdekte elde edilmesi gereken değerlerdir. Test metodu olarak EN ISO 642 ( International Organization For Standardization - Steel Hardenability Test By And Quenching) kullanılabilir.

Hammaddelerin mekanik özelliklerinin belirlendiği yöntem olan çekme testinde istenen değerler her bir kalite sınıfı için ilgili kimyasal analiz tabloları altında verilmiştir. Çekme test metodu için EN ISO 6892-1 (Metallic Materials Tensile Testing Part: 1 Method Of Test At Room Temperature) standardı uygulanmalıdır.

Hammaddeler sıcak haddelendirme yöntemi ile üretilmektedirler, sıcak haddelenmiş ürünler için EN 10221 ( Surface Quality Classes For Hot Rolled Round Bars And Rods Technical Delivery Conditions) sınıf E standardı geçerlidir. Bu standarta göre manyetik yapı kabuklaşmaya müsaade edilmez, müsaade edilebilir kabuklaşma değeri 50 cm de % 0,2 – 0,4 olarak belirlenmiştir. Makro ve mikro düzeyde katlanma ve çatlak oluşumu istenmez. Hammadde yüzeyinde inklüzyon olmamalıdır.

### **5.1.4. Hammaddelerin Kimyasal ve Mekanik Özellikleri**

Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda kullanılan düşük karbonlu hammaddelerin kimyasal ve mekaniksel özellikleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır. Somun üretiminde kullanılan hammaddeler somunlarda istenilen mekaniksel özelliklere ve göre sınıflandırılmıştır. Son kullanıcının isteklerine ve standartlarda belirtilen özelliklere göre hammadde seçimi yapılır ve bu hammaddeler üretime hazırlanır. Soğuk şekillendirme yöntemi ile somun üretiminde kullanılan hammaddeler C4C (QST 32-3) (1.0303), SAE 1006 (1.0313), C10C (QST 36-3, C10QAL, C8SS) (1.0214), C15C (QST38-3, C15QAL) (1.2034), 17MnB3 (1.5520), C18B (1.5506), 20MnB4 (1.5525), 23MnB4 (1.5535) dir. Bu hammadde tipleri soğuk dövme ve ekstrüzyon için çelik standartı olan DIN EN10263 ve DIN EN 10269 standartlarından alınmıştır. Belirtilen alaşım çeliklerin kimyasal bileşimi ağırlıkça oranları ve bazı mekanik özellikleri çizelgeler de verilmiştir.

Çizelge 5.2. C4C (QST 32-3)(1.0303) kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri [35].

<b>C</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>Cu</b>	<b>Al</b>
0,06	0,025	0,02	0,4	0,1	0,3	0,06
0,02	max	max	0,25	max	max	0,02
Çekme Gerilmesi		Max 400 N/mm <sup>2</sup>				
Kesit Daralması		Min %70				

Çizelge 5.3. SAE 1006 (1.0313) kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri [35].

<b>C</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>
0,08	0,03	0,03	0,6	0,2
max	max	max	0,3	max
Çekme Gerilmesi		Max 430 N/mm <sup>2</sup>		
Kesit Daralması		Min %60		

Çizelge5.4. C10C (QST 36-3, C10QAL, C8SS) (1.0214) kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri [35].

<b>C</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>Cu</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>Mo</b>	<b>Al</b>
0,12	0,025	0,02	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,02	0,06
0,08	max	max	0,3	max	max	max	max	max	0,02
Çekme Gerilmesi			Max 430 N/mm <sup>2</sup>						
Kesit Daralması			Min %60						

Çizelge 5.5. C15C (QST 38-3, C15QAL) (1.2034) kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri [35].

<b>C</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>Cu</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>Mo</b>	<b>Al</b>
0,17	0,025	0,025	0,6	0,1	0,1	0,2	0,1	0,05	0,05
0,13	max	max	0,35	max	max	max	max	max	0,015
Çekme Gerilimi			Max 480 N/mm <sup>2</sup>						
Kesit Daralması			Min % 58			(Min %50; RD>15mm)			

Çizelge 5.6. 17MnB3/C18B (1.5520, 1.5506) kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri [35].

<b>C</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>Cu</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>Mo</b>	<b>Al</b>	<b>B</b>	<b>Ti</b>
0,23	0,015	0,015	1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,05	0,02	0,005	0,05
0,17	max	max	0,8	max	max	max	max	max	min	0,002	max
Çekme Gerilimi			Max 570 N/mm <sup>2</sup>								
Çekme Gerilmesi (Tavlanmış)			Max 480 N/mm <sup>2</sup>								
Sertlik (Isıl İşlem Sonrası)			Min 37 HRC								
Kesit Daralması			Min %60			(Min %50; RD>15mm)					
Kesit Daralması (Tavlanmış)			Min %67								
Sertlik (Tavlanmış)			Max 140 HV								

Çizelge 5.7. 20MnB4 (1.5525) kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri [35].

C	P	S	Mn	Cr	Si	B	Ti	Cu	Ni	Mo	Al	Sn
0,23	0,015	0,015	1,2	0,3	0,13	0,005	0,05	0,1	0,05	0,05	0,02	0,02
0,2	max	max	0,9	0,15	max	0,002	max	max	max	max	min	max
Çekme Gerilmesi				Max 580 N/mm <sup>2</sup>								
Sertlik (Isıl İşlem Sonrası)				Min 39 HRC								
Kesit Daralması				Min %55								

Çizelge 5.8. 23MnB4 (1.5535) kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri [35].

C	P	S	Mn	Cr	Si	B	Ti	Cu	Ni	Mo	Al	Sn
0,25	0,015	0,015	1,2	0,3	0,13	0,005	0,05	0,1	0,05	0,05	0,02	0,02
0,22	max	max	0,9	0,15	max	0,002	max	max	max	max	min	max
Çekme Gerilmesi				Max 600N/mm <sup>2</sup>								
Sertlik (Isıl İşlem Sonrası)				Min 40HRC								
Kesit Daralması				Min %55								

### 5.1.5. Hammaddelerin Alaşımlarında Kullanılan Elementlerin Özellikleri

Karbon çelik alaşımlarının en önemli elementi olarak çeliğin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde en temel elementtir. Karbon çeliklerin mekanik özelliklerine doğrudan etki eder çelik yapısında ki karbon miktarı arttıkça akma ve çekme dayanımları artar. Çeliğin su alabilme kabiliyetini artırır ve sertlik arttırıcı bir elementtir. Karbon miktarı yüksek olan çeliklerde %kesit daralması, %uzama ve tokluk gibi mekanik değerleri azalır. Karbon oranına göre malzemenin işlenebilirliği de etkilenir, düşük karbonlu çeliklerin sertlik değerleri düşük olacağı için işlemek daha kolaydır. Karbon çeliklerde standartın dışında kullanıldığında ara yer atomları oluşturarak inklüzyon oluşumuna sebep olurlar. Düşük karbonlu çeliklerin işlenmesi sırasında meydana gelebilecek en

önemli sorun mavi gevreklik denilen olaydır. Bu olay karbon atomlarının küçük olması nedeniyle kırılğan yapı oluşturması ve talaşlı imalatı olumsuz etkilediği belirtilmiştir [16].

Fosfor alaşım çeliklerinde çok fazla istenmeyen bir elementtir. Fosfor malzemenin % uzama ve eğme özelliklerini düşürür, akma ve çekme dayanımlarını arttırır. Fosfor düşük karbonlu çeliklerde olabildiğince en düşük seviyede olması istenir. Çeliklerde talaşlı imalat yeteneğini arttırır ve soğuk kırılğanlık olayını tetiklediği belirtilmiştir. Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda kullanılan hammaddeler de fosfor oranı maksimum %0,015 olarak standartlar da belirtilmiştir [16].

Kükürt alaşım çeliklerinde ara yer atomları oluşturduğu için istenmeyen bir elementtir. Alaşım çeliklerinde kükürtün olması inklüzyon oluşumlarını tetikler. Kükürt alaşım içerisinde başka bir element ile uzaklaştırılmaz ise demir ile birlikte FeS fazını oluşturur ve tane sınırında birikir. Çelikler de mikro yapıda kalıntı fazlar istenmez. Kükürt çeliklerde talaşlı imalatı olumlu etkilediği için kükürt oranı yüksek çelikler talaşlı imalatı tercih edilir. Mekanik özelliklere çok fazla etki etmediği bildirilmiştir [16].

Mangan alaşım çeliklerinde mekanik özelliklerinin artmasına yardımcı olan karbon gibi ana elementlerden biridir. Mangan alaşım çeliklerinde akma, çekme dayanımlarını arttırır. Tokluk, su alma, şekillendirilebilirlik özelliklerini olumlu etkiler. Sünekliği azalttığı için % kesit daralması değerinin azalmasına neden olur çeliklerde bu yüzden mangan oranı için standartların dışına çıkılması tavsiye edilmemiştir. Kükürt ile birleştiğinde MnS fazını oluşturması ve bu fazında çeliklerde istenmeyen FeS fazını önlediği belirtilmiştir [16].

Krom, korozyon ve oksidasyon direncini arttırdığı için paslanmaz çeliklerde alaşım elementi olarak kullanılmaktadır. Çeliklerin sertleşme kabiliyetini iyileştirirken yüksek karbonlu çeliklerde ise aşınma direncini arttırdığı bilinmektedir [16].



Silisyum demir içerisinde tamamen çözünmüş halde bulunur. Çelik alaşımlarında oksijen giderici olarak kullanılır. Çelik içerisinde silisyum arttıkça talaşlı imalat yeteneği azalır Silisyum çeliklerde sertlik artışlarını olumlu etkiler. Yüksek silisyum oranı Filmaşinlerde istenmez silisyum sertliği arttırdığı için haddeleme sırasında malzemenin gereğinden fazla sertleşerek soğuk dövme yeteneğini kaybetmesine neden olduğu söylenmiştir [16].

Bor kullanımı endüstride giderek yaygınlaşmaktadır, son yıllarda çelik üretiminde kullanılan bor çeliklerde su alma ve sertleşme özelliklerine olumlu etkisi vardır. Çelik endüstrisinde bor kullanımı malzemenin sertleşme özelliğinin artması için yaygın olarak kullanılmaktadır [15].

Soğuk şekillendirme yönteminde kullanılan çeliklerin tane boyutları önemlidir. Alaşım içerisinde çok düşük oranlarda bulunan titanyum tane boyutlarını küçülmesine sebep olur [16].

Bakır alaşım çeliklerin de akma ve çekme dayanımını arttırmaktadır, yüzde uzamayı ve şekillenebilirliği ise azaltmaktadır. Soğuk çekilebilirliği kötüleştirdiği için filmaşinler de ki bakır oranının mümkün olabilecek düşük seviyelerde olması istenmektedir. Bakır korozyon direncini ise yükselten etki gösterdiği bilinmektedir [16].

Molibden alaşım çeliklerinde tane büyümesini engelleyici element olarak kullanılır. Çeliklerin su alma özelliğini iyileştirir. Karbür çökmesini engelleyici özelliğinden dolayı çeliklerin kırılmalık etkisini azaltır [16].

Alüminyum çeliklerde mekanik özelliklerin iyileştirilmesi için alaşım içerisinde ki oksijen uzaklaştırıcı element olarak kullanılır ayrıca alüminyum çeliklerin akma dayanım ve tokluğunu iyileştirici element olarak kullanılmıştır [16].

## **5.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Cihazlar**

Soğuk şekillendirme yöntemi ile somun üretimi sırasında meydana gelen çatlakların sebeplerinin tespit edebilmek için malzemelerin iç yapılarının incelenmesi gerekmektedir ve bu inceleme sırasında aşağıdaki cihazlar kullanılmıştır. Çatlak somunların bazı mekaniksel özelliklerinin tespiti için de farklı cihazlar kullanılmıştır.

### **5.2.1. Kesme Cihazı**

Kesme cihazı deneysel çalışmalarda kullanılan soğuk dövme sırasında çatlak hasarı oluşan hammadde uygun boyutlarda kesmeyi sağlayan cihazdır. Metallography marka kesme cihazının devri 400 dev/dak 'tır. SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve elmas tozları gibi aşınma direnci yüksek tozlardan birleştirilerek yapılan bir diske sahip olan bu cihaz döner diskin sabit parçanın hareketli olduğu bir kesme sistemine sahiptir. Kesme sırasında meydana gelen ısıların numunenin yapısını değiştirmemesi için korozyona sebep olmayan soğutucu yağ ve yağ türevi sıvılar kullanılır.



Resim 5.1 Kesme cihazı

### 5.2.2. Bakalit Cihazı

Bakalit cihazı sıcak kalıplamada kullanılan bir cihazdır. Soğuk dövme sırasında çatlak oluşumu olan hammaddelerden alınan numuneler bu cihaza inceleme yüzeyi aşağı bakacak şekilde yerleştirilir. Cihaz haznesine yerleştirilen numunenin üzerine numunenin her yeri kapanacak ve üzerinde açıklık kalmayacak kadar bakalit tozu konmalıdır. Bakalit tozunun sıcaklıkla eriyerek hacim olarak azalacağı düşünülerek bakalit tozu konmalıdır. Mouting press marka bakalit cihazı 190°C ye kadar sıcaklık artışı sağlayabilmektedir ve 25 MPa basınçta yaklaşık 15 – 20 dakika sürede içerisinde sıcak kalıplama işlemini yapabilmektedir.



Resim 5.2 Bakalit alma cihazı

### 5.2.3. Parlatma Cihazı

Parlatma işlemi metalografik inceleme öncesinde bakalitlenmiş metal parçası numunelerinin yüzeyindeki prüzleri ve çizikleri gidermek amacı ile yapılan bir işlemdir. Kesme makinesi ile kesilmiş numuneleri kesme hızına ve döner taşın devrine bağlı olarak 10-100 µm olan prüzlülükler parlatma işlemi sonrasında 1 µm'ye kadar düşer. Parlatma işlemi kademeli olarak yapılan ve farklı kum büyüklüklerine sahip parlatma zımparaları kullanılarak yapılır. Parlatma işlemi sırasında sırası ile P200, P400, P600, P800, P1000 kum ile zımparalanır ve daha sonra keçe ve elmas solüsyon ile parlatılarak sertlik ölçümü ve metalografik yapı incelenmesi için hazırlanır. Mikroskop ile

metalografik inceleme öncesinde yapılan dağlama işlemleri daha önceden bakalitlenmiş ve yüzeyi parlatılmış numune %3 lük nital çözeltisinde (%3 nitrik asit, %97 alkol) yeteri kadar bekletilir ve yıkanır kurulanır ve metalografik incelemeye alınır.



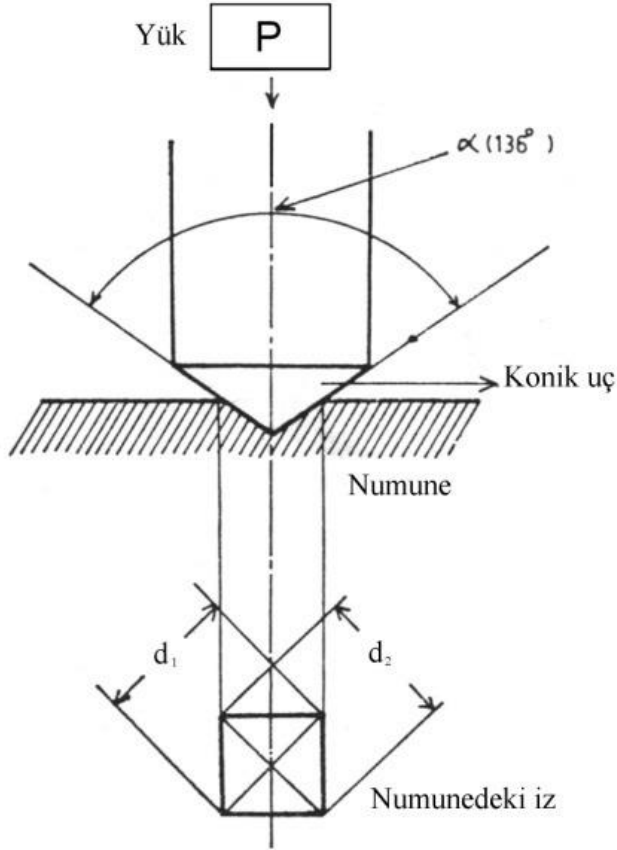
Resim 5.3. Parlatma cihazı

#### 5.2.4. Sertlik Ölçme Cihazları

Bütün metallerde sertlik değeri; soğuk şekillendirme, sıcak şekillendirme, ısıl işlem sonucu geniş sınırlar içerisinde değişmektedir. Sertlik değeri malzemenin iç yapısı durumu hakkında sonuçlar çıkartabilmek için gereklidir. Sertlik ölçümü malzemenin mikro yapısının incelenmesi sırasında yol gösterir ve malzemenin mekaniksel özelliklerinin belirlenmesi esastır. Uç formu farklı olan batıcı bir cismin belirli bir kuvvetle parça içerisine batırılmasıyla meydana gelen iz üzerinde, izin derinliği büyüklüğü ölçülerek ve farklı formüller ile bir ölçü değeri belirlenir ve buradan da sertlik hesaplanmaktadır[20].

Vickers sertlik ölçme yönteminde baskı elemanı olarak tepe açısı 136° olan elmas kare piramit kullanılmaktadır. F yükü ile malzemeye yüklendiğinde piramit ucun bıraktığı dörtgen şeklindeki izin köşegenleri uzunlukları üzerinden sertlik değeri hesaplanmaktadır [21].

Bulut makine sanayi firması tarafından üretilen dıgırock-rbov model vickers sertlik ölçme cihazı kullanılmıştır. Cihazın ön yükü 10 kgf, test yükleri 60,100,150 kgf Rockwell (kgf), 62.5 ,187.5 kgf Brinell , 30kgf Vickers dır.



Şekil 5.1. Vickers sertlik deneyi

P= Uygulanan Deney Yüğü

d= Numunede Oluşan Köşegen İzlerinin Ortalama Ölçüsü

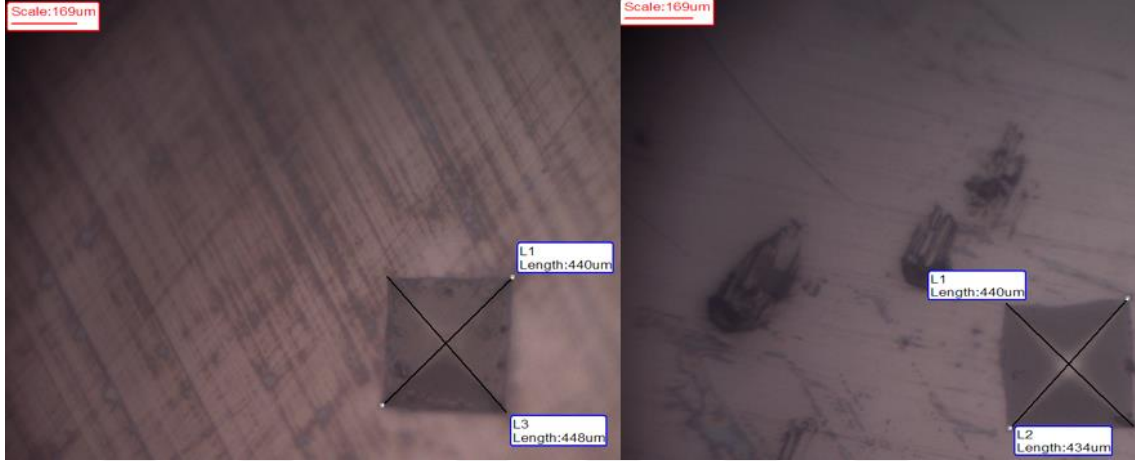
a= Numuneye Batırılan Konik Ucun Köşegen Ölçüsü

Vickers sertlik değerinin formülasyonu aşağıdaki gibidir.

$$\text{Vickers sertlik değeri} = 2P \sin(a/2) / d^2 = 1,8544P / d^2$$

Vickers sertlik deneyi doğrulamaları SAE 1006 Ø22 hammaddesi ile yapılan testler ile doğrulanmıştır. Oda koşullarında yapılan sertlik ölçme deneylerinde ki numunelerin

üzerinde oluşan izlerin köşegen ölçüleri formül de yerine konularak testin doğruluğu sağlanmıştır.



Resim 5.4 Vickers sertlik deneyinde ucun numune üzerinde bıraktığı izin mikroskop ile ölçümü ve görselleri (50X)



Resim 5.5 Vickers sertlik deneyinde numuneden alınan ölçümler ve vickers sertlik deneyi cihazının formül ile doğrulanması için cihazdan alınan sertlik deneylerinin sonuçları.

Rockwell sertlik ölçme (RSD) yöntemi uygulanması en basit ve en kısa sürede sonuç elde edilen bir yöntemdir. Isıl işlemler malzemelerde sertlik ölçmek için en çok kullanılan yöntemdir. Bu yöntem sert konik bir ucun metale batırılarak metal üzerindeki batma derinliğinin ölçülmesi ile tespit edilen birimsiz bir sayıdır. Rockwell sertlik

ölçme yöntemi ile ısıtılmış malzemelerin sertlik ölçümlerinde yuvarlak uçlu aparat kullanılır [22].

Bulut makine sanayi firması tarafından üretilen, dijital göstergeli, ön yükleri 3 ve 10 kgf olan, test yükleri ise 15,30,45,60,100,150 kgf olan rockwell cinsi sertlik ölçümü yapan test cihazı kullanılmıştır.



Resim 5.6. Vickers ve rockwell sertlik ölçme cihazları

### 5.2.5. Metal Mikroskobu

Metalografik incelemeler için Olympus marka Bx 50 model metal mikroskobu ile numunelerin metalografik yapıları incelenmiştir. Metalografik yapıların görüntülerinin bilgisayara aktarımı için Bestscops marka mikroskop kamerası kullanılmıştır. Metal mikroskobu 5X, 10X, 20X, 50X ve 100X kadar büyütme yapabilmektedir.





Resim 5.7. Olympus marka metal mikroskobu ve bestScops marka kamera

### 5.2.6. Çekme Cihazı

Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlara ISO 6892 - 1 standartlarına göre çekme testi yapılmaktadır. Bu test ile somunların cıvataya karşı uyguladıkları direnç kuvveti belirlenmektedir. Somunların çekme testlerinde somun dayanım sınıfından daha yüksek dayanıma sahip cıvatalar kullanılarak somunun dişlerinin cıvatanın çekilmesi sırasında ne kadar yüke mukavemet gösterebileceği test edilmektedir. Bu çalışmada Zwick / Roell marka Z250 model çekme cihazı (Resim 5.8.) kullanılmıştır. Bu cihazın yükleme test gücü 250kN'ye kadar çıkmaktadır. Bu cihaz test hızını 0.0001 - 600 mm / dak aralığında yapabilmektedir.



Resim 5.8. Zwick/Roel Z250 çekme cihazı

### **5.2.7. Hidrolik Pres**

Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda kullanılan hammaddelerin ezme testlerin yapılması için kullanılan Hisan marka hidrolik güç ünitesi, PLC kontrol ile yük kontrolü yapılan, 300 tonluk hidrolik pres kullanılmıştır (Resim 5.9.).



Resim 5.9. Hisan marka hidrolik pres

## **6. SOMUNLARDA MEYDANA GELEN HASARLARIN İNCELENMESİ VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR**

Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda birçok hata meydana gelmektedir, ancak bu hatalar üretim kaynaklı ve üretim kaynaklı olmayan hatalar ve hasarlardır. Bu hata ve hasarlar son kullanıcıya nasıl etki eder, kullanıma etki eder mi, mekanik özellikleri istenilen kriterleri karşılar mı şeklinde birçok soru ile karşılaşılmaktadır.

### **6.1. Üretim Kaynaklı Hatalar**

Bu hatalar soğuk şekillendirme makinesine bağlı ya da ikinci işlemlerdeki hatalardır. Soğuk şekillendirme makinesinin ayarından, kalıpların ve zımbaların hatalı olmasından kaynaklı, ölçüsel, geometri dışı ya da operatörlerin üretim resmi dışında çalışmasından ve zamanın da kontrol etmemesinden kaynaklı hatalardır. İkinci işlemleri

tamamlandıktan sonra bu hatalar gerek manuel ayıklama gerekse sıfır hata makinelerinde ki ayıklama yöntemleri ile giderilir. Resim 6.1 de üretim kaynaklı soğuk şekillendirme hatalarından birkaç örnek verilmiştir. Üretim kaynaklı hatalar çeşitli poke-yoke ve kaizen çalışmaları ile giderilebilir ve yok edilebilir.



Resim 6.1. Üretim kaynaklı hatalar

### 6.1.1. Soğuk Şekillendirme Makinesine Bağlı Çatlak Hataları

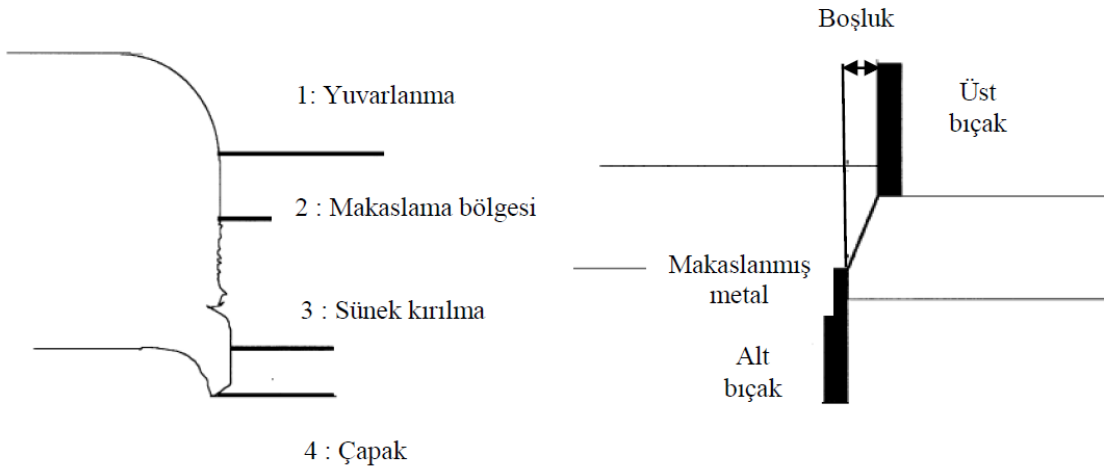
Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda meydana gelen çatlak hatalarının sebepleri araştırılırken somun üzerinde oluşan makinelerde istatistikleri tutulmuştur. Makine modelleri kesme hızları, kesme mekanizmaları gibi özelliklerinden kaynaklı çatlak hataların oluşabileceği tespit edilmiştir. Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somun ve civatalarda meydana gelen dövme çatlakları 45 derecelik bir açı ile meydana gelir. Soğuk şekillendirme dövme çatlaklarına ait görseller Resim 6.2. de verilmiştir.



Resim 6.2. Soğuk dövme çatlakları

#### 6.1.1.1. Kesme Yüzeyi Kalitesi

Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda meydana gelen çatlak hatalarından makineye bağlı olarak gerçekleşen hatalarda vardır. Makineye bağlı olarak gerçekleşen hataların en başında makinenin üretim esnasında tel çekme işlemi yapılmış üretime hazır kangaldan kestiği numunenin yüzey kalitesi de etkilidir.



Şekil 6.1. Mekanik kesme işlemi sırasında oluşan bölgeler ve kesme boşluğu [23].

Silisli saçların kesim işlemleri mekanik kesme yöntemi ile yapılır. Kesme işlemi sabit ve hareketli iki parça arasında yapılır hareketli parça saca uyguladığı kuvvet ile sabit parça ile arasındaki sacı keser.

Mekanik kesme sırasında farklı kesme alanları olur. Hareketli zımbanın sa üzerinde uyguladığı kuvvet ile birlikte yuvarlanma bölgesi olur. Yuvarlanma bölgesi oluşumu kayma üst sınırına kadar devam eder. Kayma gerilmesinin en üst seviyeye ulaştığı nokta makaslanma bölgesidir ve kesme işlemi bu noktada başlar. Kesme işlemi ile birlikte malzeme de kopma başlar ve bu olaya sünek kırılma denir. Kesme işlemi yapılırken malzemenin mekanik özelliklerine göre kesme boşluğu verilmelidir. Kesme boşluğu takım ömrü ve kesme yüzeyine etki eder. Kesme boşluğunun yüzey kalitesine etki ettiği söylenmiştir [23].

Somun retiminde önemli faktörlerden biri olan kesme yüzeyi kalitesi somun üzerinde oluşan makro ve mikro çatlaklara sebep olur. Bu hatalar son kullanıcıya kadar etki eder. kesme yüzeyi kalitesi ayrıca somun geometrik formunun ve görselinin kalitesine etki eder. Kesme yüzeyinde sünek kırılma bölgesi fazla olması durumunda çapaklanma oluşumu da yüksek miktarda olacaktır ve bu çapaklanma somun yüzeyinde derin izlere ve kalite problemlerine sebep olur.



Resim 6.3. Kesme yüzeyi kalitesinden kaynaklı çapaklanma kaynaklı çapak izleri

#### **6.1.1.2. Kesme Boşluğu**

Mekanik kesme yöntemlerinden biri olarak soğuk şekillendirme makinesi kesme yüzeyinin kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biride soğuk şekillendirme makinesi malzeme kesme mekanizması parçalarından makas ve makas karşılığı arasındaki boşluktur. Makas ve makas karşılığı arasındaki boşluğun az ya da fazla verilerek ayarlanması kesilen malzemede yüzey kusurlarının meydana gelmesine sebep olur. Kesme boşluğunun az verilmesi takım ömrüne etki edeceği gibi malzemenin yüzeyinde çapak izi ve kopma izleri bırakabilir bu izler dövme sırasında çentik darbe etkisine sebep olarak makro ve mikro çatlaklara sebep olabilir. Kesme boşluğunun

soğuk şekillendirme makinelerinde kullanılan hammaddenin mekaniksel özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Ancak makine üreticileri ve kazanılmış deneyimler sayesinde;

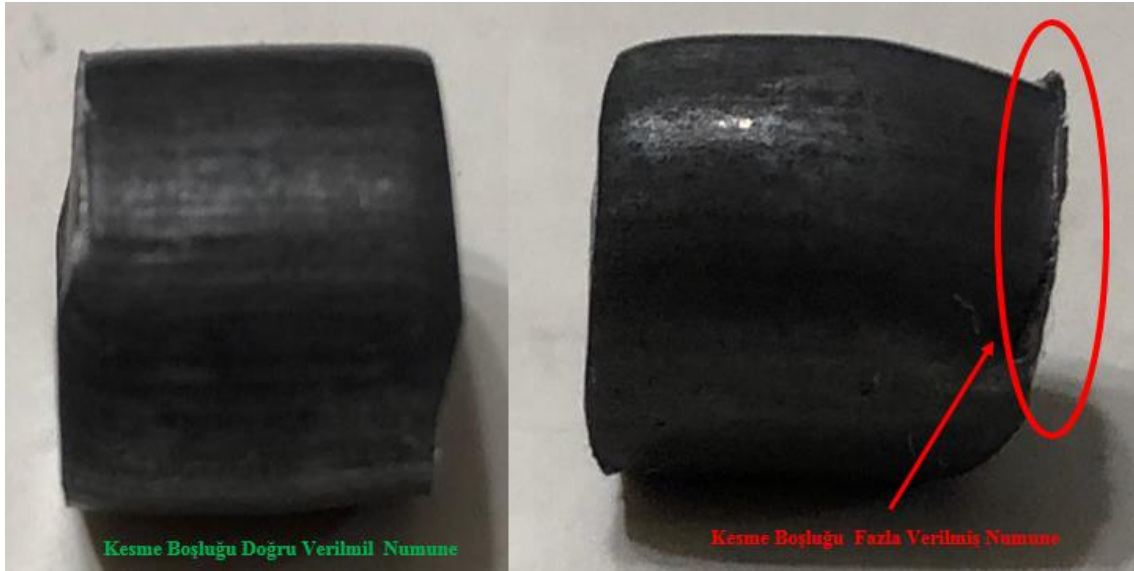
Ø 18 e kadar olan malzemeler için en basit indirilmiş formül

$$\text{Boşluk} = \frac{\text{Hammadde Çapı} \times 15}{1000}$$

Ø 18 den büyük hammaddeler için en basit formül aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$\text{Boşluk} = \frac{\text{Hammadde Çapı} \times 18}{1000}$$

Resim 6.4 de kesme boşluğu farklı ayarlanmış numunelere ait görsel verilmiştir ve hammadde kesitinden hammadde çapına uzanan çapaklar gösterilmiştir. Kesme boşluğunu etkileyen birçok faktör vardır. Kesme boşluğunu makinenin kesme mekanizması, hammadde çapı, hammadde mekanik özellikleri gibi birçok faktör etkilemektedir.



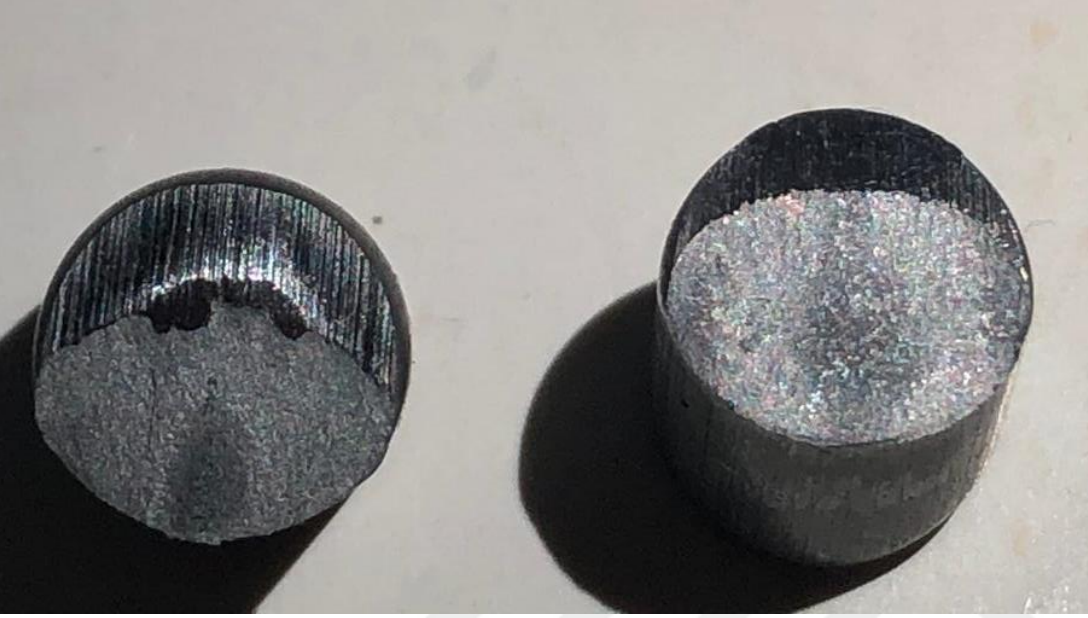
Resim 6.4. Ø12 SAE 1006 (1.0313) çeliğinin kesme boşluğu yanlış verilmiş makas numunesi

### 6.1.1.3. Kesme Hızı



Sac kesiminde kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi ve kesme yüzeyinde oluşan sünek kırılma boyutuna etki ettiği ve sac metallerde hızlı kesmenin olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Yüksek kesme hızında kesilen St37 sac metalinin kesme yüzeyindeki kayma ve kırılma yüzeylerinin pürüzlülüğünün azaldığı belirlenmiştir. Kesme hızı arttıkça kesilen yüzeylerde ki korozyon direncinin de arttığı tespit edilmiştir [26].

Soğuk şekillendirme makinelerinin somunlarda meydana gelen hatalardan en büyük etkisi olan bir diğer etken ise kesme hızıdır. Aynı somun üretimi yapan iki farklı firmaya ait A ve B model makinelerinde 1 numaralı hammadde tedarikçisinin aynı hammadde çapı ve aynı şarj numarası ile yapılan çalışmada kesme hızı 230 adet/dak olan A model soğuk şekillendirme makinesi ve kesme hızı 120 adet/dak olan makinelerden seri kesme ile alınan numunelerde 230 adet/dak ile çalışan makinenin yüzey kalitesi daha yüksek kesim yaptığı tespit edilmiştir. Resim 6.5. de görüldüğü gibi sol taraftaki numune 120 adet/dak ile çalışan kesme hızında 120 adet/dak olan makinede kesilmiş numune, sağ taraftaki numune ise 230 adet/dak ile çalışan ve kesme hızı 230 adet/dak olan makineye ait makas numunelerin yüzey kaliteleri verilmiştir.



Resim 6.5. Ø9 17MnB3 (1.5520) çeliğinden kesme hızı farklı iki makineden alınan numunelerin yüzeyleri

Kesme hızı farklı iki farklı makineden alınan numunelerin yüzey kaliteleri ve doğrusallıkları incelendiğinde yüksek hızlı kesme yapan makinenin makas numunesi düşük hızla kesme yapılan göre doğrusallık olarak diğer numuneden daha iyi olduğu saptanmıştır. Ayrıca kesme hızı yüksek olan makineden alınan numune de sünek kırılma neredeyse yok denecek kadar azdır. Kesme sonrasında soğuk şekillendirme makinesinin ilk istasyonunda kapalı kalıpta dövülen ilk numunelerin yüzeyleri karşılaştırıldığında hızlı kesme yapan makine numunesinin kesme yüzeyinin ilk istasyonda dövüldükten sonraki yüzey kalitesi daha iyidir. Resim 6.6. de görüleceği üzere kesme izlerinin tamamı kaybolmuştur. Yüksek hızda kesmenin yüzey kalitesinin

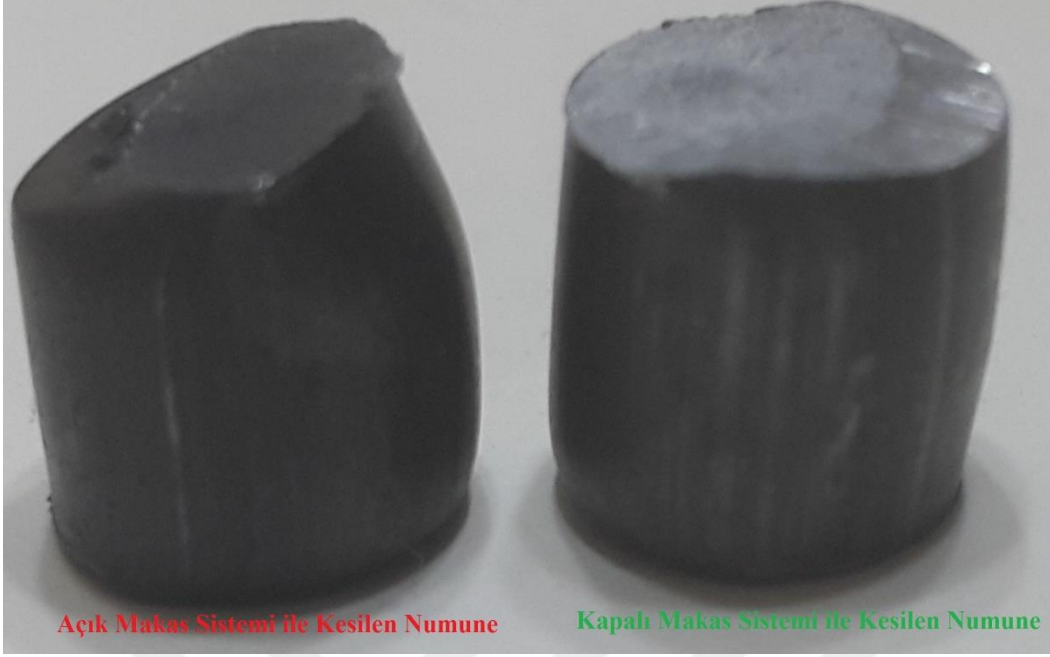
daha iyi olması sebebi ile 1 istasyon eksik dövme yapılarak malzemenin gereğinden fazla sertlik kazanmadan şekillenmesine de yardımcı olur.



Resim 6.6. Ø9 17MnB3 (1.5520) çeliğinden düşük ve yüksek hızda kesilen numunelerin ilk istasyonda dövüldükten sonraki görselleri

#### 6.1.1.4. Kesme Mekanizması

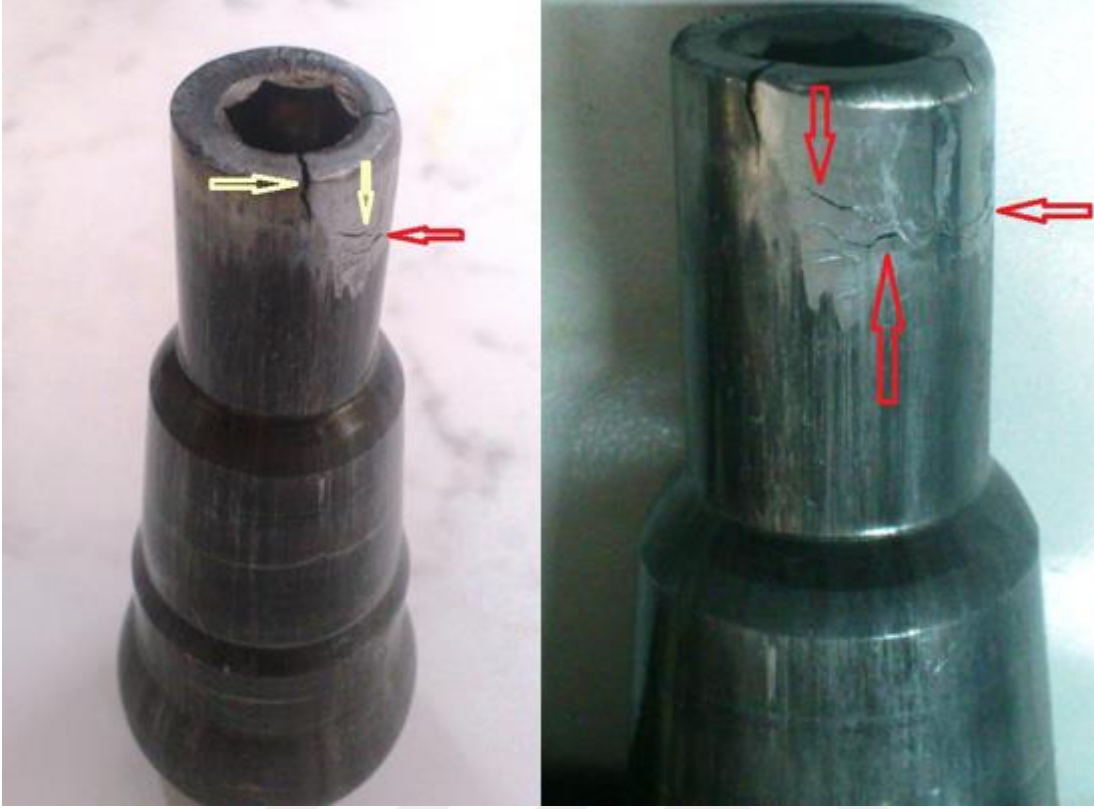
İki farklı firmaya ait soğuk şekillendirme preslerinin ve aynı firmaya ait farklı model makinelerin kesme mekanizmaları incelendiğinde kapalı bir makasın içerisinde kesilen hammadde numunelerin kesmelerin daha kaliteli olduğu, numunenin eğilme ya da bükülmeye uğramadığı tespit edilmiştir. Ancak açık makas sistemi ile kesilen numunelerde ise kesilen numunelerin enine ve boyuna deformasyona uğradığı tespit edilmiştir. Resim 6.7. de görüleceği üzere kapalı makas ve açık makas sistemi ile kesilen numuneler arasındaki deformasyon farkı görülecektir. Dövme prosesine en uygun kesim yöntemi kapalı makas ile yapılan kesme yöntemidir ve üretim sırasında karşılaşılan ve soğuk şekillendirme makinesinden olduğu tespit edilen çatlakların oranı kapalı makas sistemine sahip olan makinelerde daha az olduğu tespit edilmiştir.



Resim 6.7. Ø9 17MnB3 (1.5520) çeliğinden açık makas ve kapalı makas sistemi ile kesilen numuneler

#### 6.1.1.5. Eksen Kaçıklığı ve Aşırı Yüzey Gerilmesine Bağlı Çatlaklar

Soğuk şekillendirme yöntemi ile somun ve civata üreten makineler çok istasyonlu yatay preslerdir. Bu makinelerde üretilecek ürüne ait geometrik formlar çok istasyonlu bu makinelerin her bir istasyonunda oluşturulur ve her istasyonun bir önceki istasyon ile arasında bir uyum vardır. Redüksiyon kalıpları hariç kalıplar ilk kalıptan son kalıba doğru anahtar ağızı, çap, meme formu gibi ölçüleri büyüyerek gider. İstasyonlar arasında bu uyum etkin ayarlanmadı ise tasarım ya da operasyon bazlı hatalar var ise istasyonlar arası uyumsuzluktan kaynaklı aşırı yüzey gerilmeleri ve eksenel kaçıklıklardan dolayı yüzeyde çatlaklar ve yırtılmalar oluşur.



Resim 6.8. Eksen kaçıklığı ve yüzey gerilemelerinden kaynaklı dövme çatlakları

## 6.2. Üretim Dışı Hatalar

Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda insana, makineye bağlı olmadan gerçekleşen ve hataların ayıklanması ve tespiti zor olan hatalarda vardır ve en yaygın ve sık karşılaşılan hatalar somunlarda meydana gelen çatlak hatalarıdır. Bu çalışmanın amacı soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda meydana gelen çatlak hatalarının incelenmesi ve bu hataların sebeplerinin tespit edilmesidir. Bu çalışmada soğuk şekillendirme hattında seri üretim sırasında ortaya çıkan tespit edilen somunlar ve bu somunların üretiminde kullanılan hammaddeleri üzerinden bazı deneysel çalışmalar yapılarak meydana gelen çatlak hasarların sebepleri araştırılmıştır.



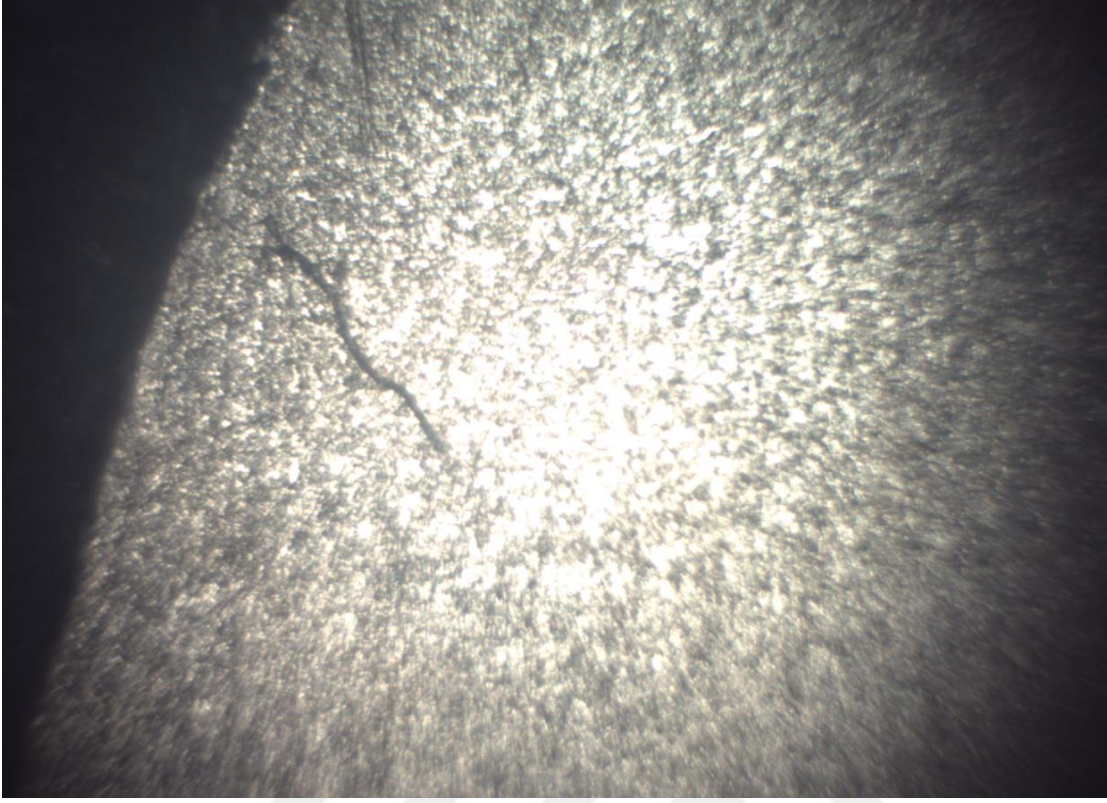
Resim 6.9. Hammadde kaynaklı çatlak hasarlı somun görseli

### 6.3. Deneysel Çalışmada Kullanılan Hammaddeler

Deneysel çalışmalarda soğuk şekillendirme prosesi devam ederken çatlak hasarı oluşan somunların üretiminde kullanılan 3 farklı tedarikçiye ait somun üretiminde kullanılan filmaşinlere ait numuneler ve bu numuneler ile üretilen somunlar kullanılmıştır. Kullanılan hammaddelere ait kimyasal analizler tedarikçilerden gelen kimyasal analizler üzerinden çalışma sürdürülmüştür. Farklı çaplarda ve farklı tedarikçilerden temin edilen hammadde görselleri Resim 6.12. de gösterilmiştir.



Resim 6.10. Soğuk dövme sırasında çatlak hasarı oluşmuş numuneler



Resim 6.11.  $\varnothing$  5,5 23MnB4 (1.5523) hammaddenin soğuk dövme öncesinde içerisindeki çatlak oluşumunun 10X yaklaşımış görseli



Resim 6.12. Çatlak yapan hammaddelerden alınan numuneler

### 6.3.1. SAE 1006 (1.0313) Çeliği

SAE 1006 alaşım çeliğinin standartlara göre istenilen kimyasal ve mekaniksel özellikleri Çizelge 6.1. te verilmiştir.

Çizelge 6.1. SAE 1006 (1.0313) Kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri [35].

<b>C</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>
0,08	0,03	0,03	0,6	0,2
max	max	max	0,3	max
Çekme Direnci		Max 430 N/mm <sup>2</sup>		
Kesit Daralması		Min %60		

SAE 1006 (1.0313) çeliği dayanım sınıfı 6 kalite olan bağlantı elemanların üretiminde kullanılır. Somun ve ya burç üretiminde kullanılan SAE 1006 (1.0313) çeliği ürün geometrisine göre tavlama işlemi uygulanır. Flanşlı somunlarda, burç üretiminde kullanılan burçlara ürün geometrilerine bağlı olarak tavllanmış hammadde kullanılmalıdır. Tavlama işlemi soğuk şekillendirme kalıplarının geometrisinin ürüne aktarılmasını kolaylaştırır, takım ömrünü uzatır.

### 6.3.2. 17MnB3 (1.5520) ve C18B (1.5506) Çelikleri

17MnB3 (1.5520) ve C18B (1.5506) çeliklerinin standartlara göre istenilen kimyasal ve mekaniksel özellikleri Çizelge 6.2. de verilmiştir. Somun üretiminde 17MnB3 (1.5520) ve C18B (1.5506) alaşım çelikleri 8 ve 10 dayanım sınıfına ait somunların üretiminde kullanılırlar. Bu çeliklerin karbon oranları yüksektir, su alma kabiliyetleri vardır ve ısıt işlem yapılabilirler. Tavlama işlemi yapılmadan kullanılamazlar sertlikleri soğuk dövme prosesine uygun değildir. Yüksek sertlikleri sahip oldukları için dövme sırasında yüksek miktarda pekleşmeyle artacak olan sertlikleri makro ve ya mikro boyutta çatlaklara sebep olabilir. Bu çelikler tavlama olmadan kullanılmaları durumunda yüksek miktarda takım kullanımı, hasarlı somunlar ve üretimde süreksizlikler olacaktır.



Çizelge 6.2. 17MnB3/C18B kimyasal bileşimi ve Mekanik Özellikleri [35].

C	S	P	Mn	Si	Cu	Cr	Ni	Mo	Al	B	Ti
0,23	0,015	0,015	1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,05	0,02	0,005	0,05
0,17	max	max	0,8	max	max	max	max	max	min	0,002	max
Çekme Direnci			Max 570 N/mm <sup>2</sup>								
Çekme Direnci (Tavlanmış)			Max 480 N/mm <sup>2</sup>								
Sertli (Isıl İşlem Sonrası)			Min 37 HRC								
Kesit Daralması			Min %60						(Min %50; RD>15mm)		
Kesit Daralması (Tavlanmış)			Min %67								
Sertlik (Tavlanmış)			Max 140 HV								

### 6.3.3. 23MnB4 (1.5535) Çeliği

23MnB4 (1.5535) çeliğine ait standartlara göre istenilen kimyasal ve mekaniksel özellikleri Çizelge 6.3. de verilmiştir.

Çizelge 6.3. 23MnB4 (1.5535) kimyasal bileşim ve mekanik özellikleri [35].

C	P	S	Mn	Cr	Si	B	Ti	N	Cu	Ni	Mo	Al	Sn
0,25	0,015	0,015	1,2	0,3	0,13	0,005	0,05		0,1	0,05	0,05	0,02	0,02
0,22	max	max	0,9	0,15	max	0,002	max		max	max	max	min	max
Çekme Direnci			Max 600N/mm <sup>2</sup>										
Sertlik (Isıl İşlem Sonrası)			Min 40HRC										
Kesit Daralması			Min %55										

## 6.5. Deneysel Çalışmalarda Yapılan Testler

### 6.5.1. Genişletme Testi

Soğuk şekillendirme ile üretilmiş bir somunun talaşlı imalat öncesinde delik çapının nominal dış çapına kadar çıkarılmasının ardından delik içerisinde geçirilen özel bir mandrel ile yapılan testtir. Genişletme ölçüsü delik çapının bir yüzdesi olarak ölçülür. Genişletme testinde test sonrası delik içerisindeki büyüme somun kalitelerine göre %6 ve %4 delik içi büyümesi kabul edilebilir. Ayrıca genişletme testi sırasında kullanılacak ve numune somuna destek olacak metalin sertliği en az 45 HRC olmalı ve yüzey pürüzlülüğü Ra:2,5  $\mu$ m olmalıdır. Testten önce mandrenin molibden disülfür (MoS<sub>2</sub>) ile yağlanmalıdır. Mandrel Şekil 6.2 de gösterildiği gibi somuna yerleştirildikten sonra sürekli ve aksel olarak mandrelin silindirik kısmına gelinceye kadar bir pres yardımı ile itilir [24].

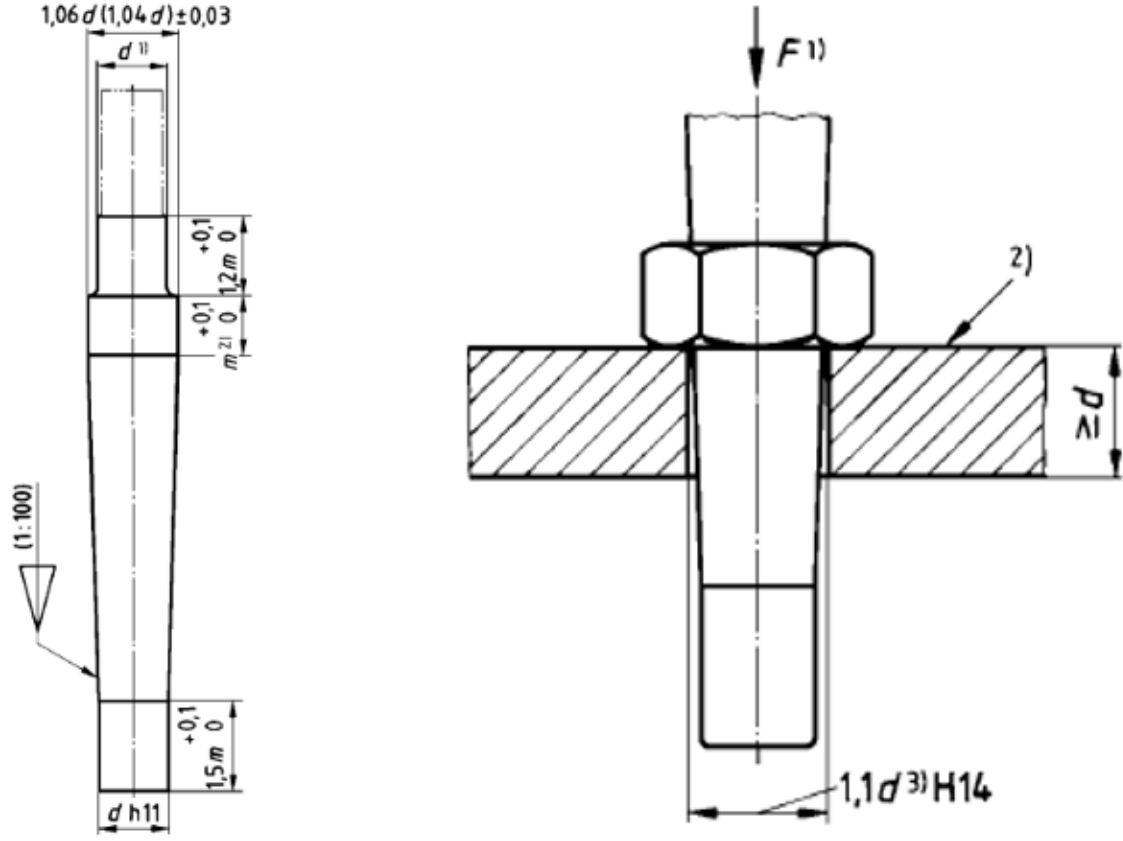
Genişletme testi uygulamalarında;

- 6 -12 kalite arası somunlarda mandrel d çapı % 6
- 04- 05 kalite somunlarda ise mandrel d çapı % 4 olmamalıdır.

Somunun anahtar ağız yüzeyinde, belirlenen minimum genişleme değerinden önce tamamen çatlak oluşumu olursa somun testi tamamlamadan hatalı olarak ayrılır.

- d: somun nominal dış çapı
- m: somunun nominal yüksekliği
- F: uygulanan yük

Genişletme testi ile soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda meydana gelen makro ve mikro çatlakların kabul edilebilir delik içi büyümesine ne kadar etki ettiğinin tespiti için yapılır.



Şekil 6.2. Genişletme test mandreli ve test düzeneği [25].

M08 yuvarlak kaynak somununda yapılan genişletme testine ait sonuçlar ve görseller aşağıda paylaşılmıştır. Genişletme testi öncesinde somun delik çapı nominal delik çapı ölçüsüne getirilmiştir. Mandrel ve pres yardımı ile delik çapı %6 genişletilmiştir. Genişletme testi sonrasında ölçü yapıldığında delik çapı istenilen tolerans değerleri içerisinde kalmış ve somun çatlak bölgesinde kırılma olmamıştır. Test öncesi delik Ø7,5 mm olan somun görseli Resim 6.13. te verilmiştir.



Resim 6.13. Test öncesi delik çapı nominale getirilmiş somun



Resim 6.14. Mandrel ve pres ile delik çapı genişletilmesi

%6 genişletme testine tabi tutulmuş somunun test sonrası delik çap ölçüsü ve çatlak görseli Resim 6.15. de verilmiştir.



Resim 6.15. Genişletme testi sonrası somun delik çapı

M10x1.25 yuvarlak kaynak somununa yapılan genişletme testinde somun delik çapı nominal dış çapına getirilmiş sonrasında mandrel ile %3 genişletme testine tabi tutulmuştur ve genişletme testi sonrasında delik çapı yeniden ölçülmüştür. Somun çatlak bölgesinde makro yapıda ilerleme ve kırılma olmadığı tespit edilmiştir.



Resim 6.16. M10x1,25 yuvarlak kaynak somununa yapılan genişletme testi

### 6.5.2. Ezme Testi

Ezme testi hammaddelerden alınan düz parçalardan enine kesilen bir numune ile yapılmaktadır. Numunenin her iki ucu da düz ve yüzeyi düzgün olmalıdır. Test için hazırlanan parçanın iki ucu düz ve birbirine paralel olarak hazırlanır. Teste başlangıçta numunenin boyu numunenin çapının 1,5 katı kadar olmalıdır. Numune hazırlandıktan sonra hidrolik pres altında mevcut boyun 1/3 üne kadar düşürülmelidir [25].

Ezme testi ile hammaddenin yüzeyindeki makro ve mikro çiziklerin sıcak haddeleme ve tel çekme katlanmalarının soğuk şekillendirme sırasında çatlak oluşumuna etkileri tespit edilebilir. M08 DIN 934 standartlarına göre üretilen bir somunda meydana gelen aşırı büyük yarılmaların nedeni araştırıldığında hammaddenin sertlik değerlerinin nominal de olduğu, metalografik yapısında tane büyümesi ve yüzey kusurlarının olmadığı tespit edilmiştir. Sonrasında ezme testi için yapılan hazırlıklarda boyuna uzayan makro çizikler olduğu tespit edilmiş soğuk tel çekme sonrasında hammadde de katlanma olduğu tespit edilmiştir. Ezme testi sonrasında numunenin makro boyutta çatladığı görülmüştür. Hammadde geçmişi incelendiğinde tedarikçiden gelen hammadde çapının 16 mm den 12 mm ye düşürüldüğü ve bu sırada katlanma oluşumu olduğu tespit edilmiştir. Bu katlanmadan dolayı soğuk dövme sırasında boyuna katlanma çizikleri yüksek dövme kuvveti altında kalarak çentik etkisi ile çatlaklar oluşmuştur.



Resim 6.17. Ø12 23MnB4 (1.5535) ezme testi numunesi ve ezildikten sonra çatlak oluşumu



Resim 6.18. Ø12 23 MnB4 (1.5535) hammadde yüzeyinde boyuna katlanma izi

### 5.5.3. Metalografik Yapı

Soğuk şekillendirme yöntemi ile somun üretiminde kullanılan SAE 1006 (1.0313), 17MnB3 (1.5520), C18B (1.5506) gibi çeliklerin metal mikroskobu altında mikro yapıları 25 ile 100 defa büyütülerek kullanılan hammaddelerin mikro yapıları ve tane boyutları ve tane dizimleri görülebilir.

Soğuk şekillendirme makinelerinde somun üretimi sırasında somunda çatlak meydana gelen farklı tedarikçilerden gelen hammaddelerden alınan numunelerin metalografik incelemeler yapılmıştır. Bu çalışmada farklı firmalardan tedarik edilen SAE 1006 (1.0313), 17MnB3 (1.5520), C18B (1.5506) ve 23MnB4 (1.5535) çeliklerinden oluşan

numunelerin metalografik yapıları incelenmiş bu incelenmenin yanında çatlığa sebep olabilecek alaşım oranlarının ise kimyasal analizleri incelenmiştir.

Burç üretiminde kullanılan A firmasından tedarik edilen SAE 1006 (1.0313) çeliğinin farklı numunelerine ait kimyasal analizleri aşağıdaki tabloda verilmiştir ve standartların içerisinde alaşım oranına sahip olduğu onaylanmıştır. Hammaddenin soğuk dövme öncesindeki tavlama giriş ve çıkış sertliklerinin uygun olduğu, tel çekme işlemi sonrası ise sertlik değerlerinin istenilen değerlerden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 6.4 SAE 1006 (1.0313) hammaddesinin çatlak yapan numunelerin kimyasal analizleri

	<b>Tel Çekme Çapı</b>	<b>Çelik Cinsi</b>	<b>%C 0,08</b>	<b>%Si 0,20</b>	<b>%Mn 0,60</b>	<b>%P 0,03</b>	<b>%S</b>	<b>%Cu</b>	<b>%Al</b>
<b>Num 1</b>	21,73	1006	0,079	0,09	0,034	0,005	0,008	0,15	0,025
<b>Num 2</b>	21,75	1006	0,075	0,09	0,036	0,006	0,03	0,1	0,04
<b>Num 3</b>	21,74	1006	0,08	0,07	0,34	0,005	0,009	0,11	0,045
<b>Num 4</b>	21,72	1006	0,079	0,06	0,35	0,012	0,012	0,1	0,05
<b>Num 5</b>	21,76	1006	0,08	0,09	0,42	0,007	0,007	0,039	0,06

Çizelge 6.5. SAE 1006 (1.0313) çeliğine ait numunelerin sertlik değerleri

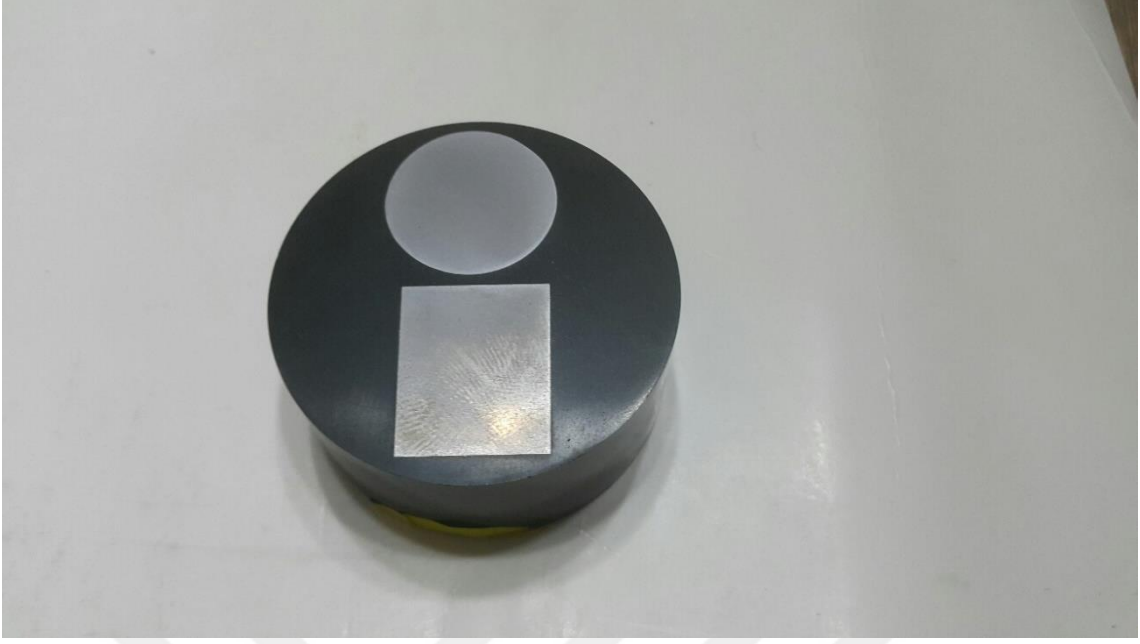
	<b>Tavlama Öncesi Yüzey Sertlik (Hv)</b>	<b>Tavlama Öncesi Çekirdek Sertlik (Hv)</b>	<b>Tavlama Sonrası Yüzey Sertlik (Hv)</b>	<b>Tavlama Sonrası Çekirdek Sertlik (Hv)</b>	<b>Tel Çekme Sonrası Yüzey Sertlik (Hv)</b>	<b>Tel Çekme Sonrası Çekirdek Sertlik (Hv)</b>	<b>Soğuk Dövme Sonrası Sertlik (Hv)</b>
<b>Num 1</b>	127	130	103	160	160	148	235
<b>Num 2</b>	123	132	108	150	150	137	234
<b>Num 3</b>	130	134	102	147	147	141	202
<b>Num 4</b>	122	129	101	152	152	143	219
<b>Num 5</b>	121	131	105	153	153	140	210



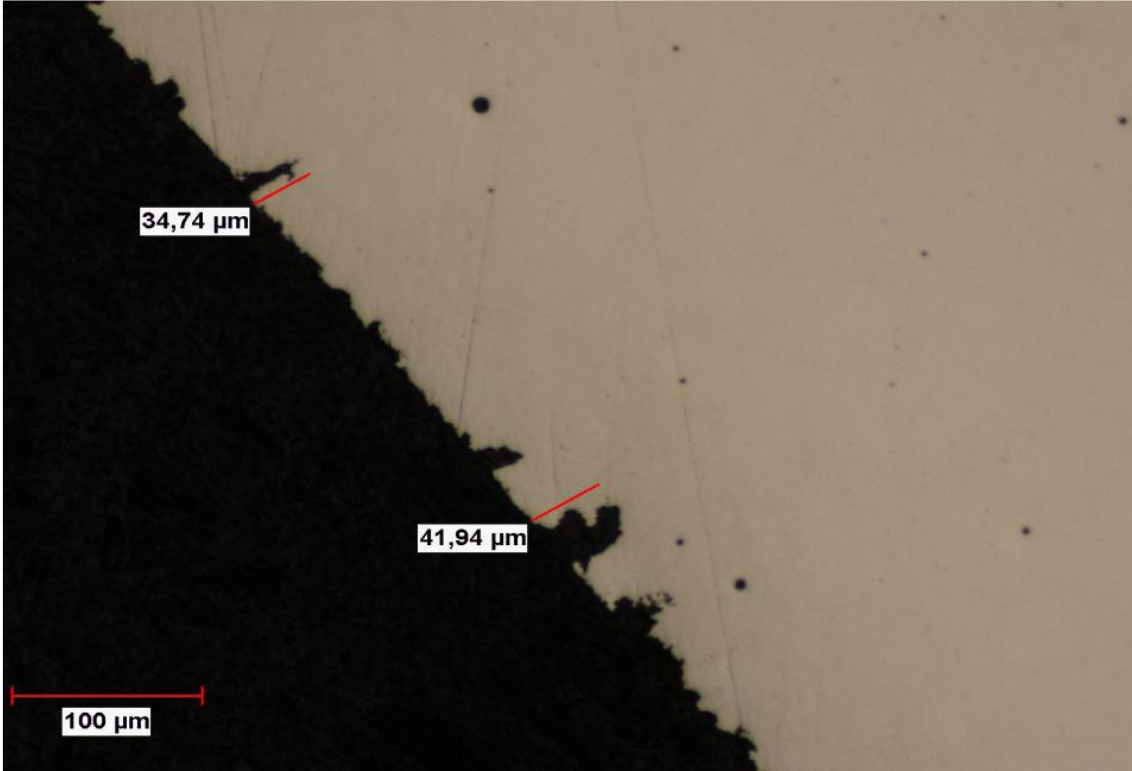


Resim 6.19. SAE 1006 (1.0313) çeliği ile üretilen burçlarda oluşan çatlaklar

Metalografik inceleme için bakalite alınmış çap 22 SAE 1006 (1.0313) çeliği enine ve boyuna kesitleri alınarak bakalitlenmiştir. Sonrasında P200, P400, P600, P800, P1000 kumlarda zımparalanmış ve son olarak parlatma işlemi elmas solüsyon keçe ile parlatma işlemi yapılarak yeterince parlatılmış ve sonrasında %3 Nital çözeltide dağlanmıştır. Sonrasında Olympus marka metal mikroskobu ile tane yapısı incelenmiştir. İnceleme sonucunda Resim 6.21. ve Resim 6.22. te tane yapısının yüzeyde bozulduğu, tanelerin büyüdüğü ve tane sınırlarının yüzeye kadar uzandığı tespit edilmiştir. Ayrıca tane büyümesinin yanında yüzeyde mikron birimde yüzeyden çekirdeğe uzanan yüzey kusurları görünmüştür. Bu kusurlar soğuk dövme sırasında çentik etkisi ile birlikte çatlaklara sebep olabilmektedir.



Resim 6.20. Ø22 SAE 1006 (1.0313) çeliği enine ve boyuna kesitinin bakalitlenmiş görüntüsü



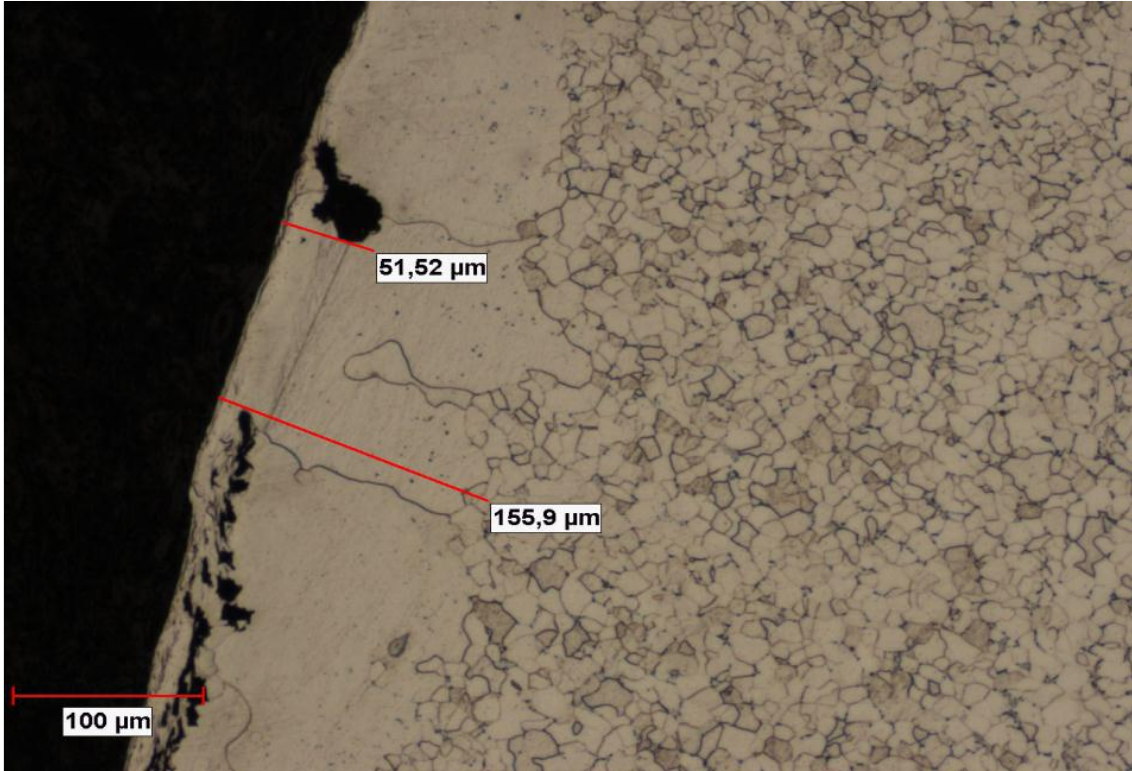
Resim 6.21. Ø22 SAE 1006 (1.0313) çeliğine ait yüzey kusurları (100X)

#### 6.5.4. Tane Büyümesi

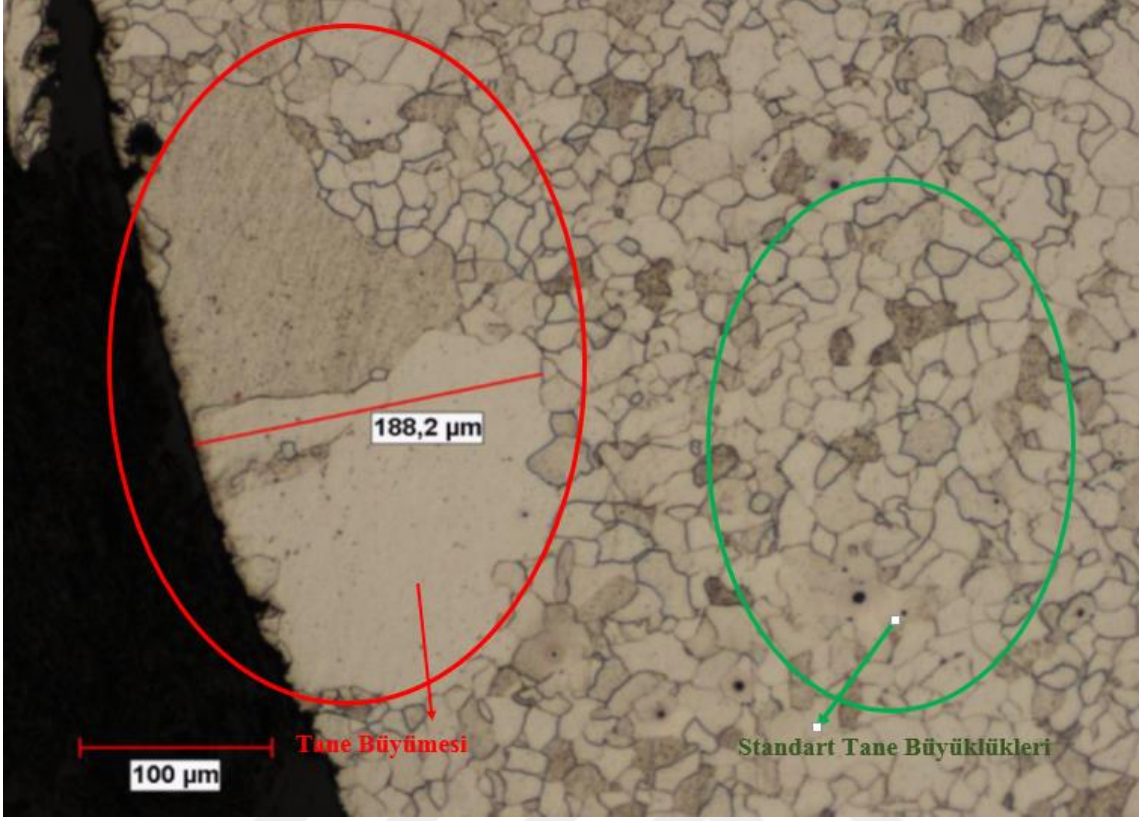
Tane büyümesi sıcaklık artışı ile doğru orantılıdır buna bağlı olarak tane büyüklükleri değişmektedir. Tane boyutlarının büyümesi ile alaşım çeliklerinin mekanik özellikleri de değişmektedir [27].

Tane boyutu, deformasyon oranı, deformasyon sıcaklığı, çelik alaşım oranı ve inklüzyonlar dislokasyonların hareketini ve yapı içerisindeki dağılımları etkiler. Malzemenin sertlik değerleri ile bu etkiler takip edilebilir [28].

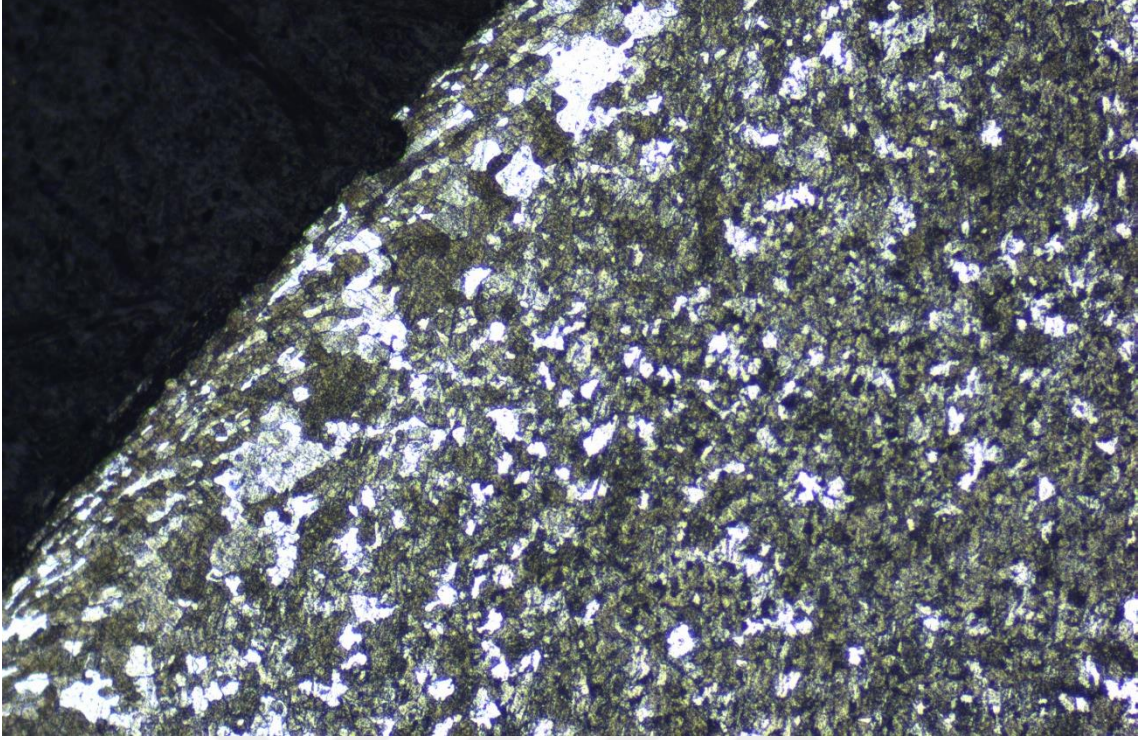
Tane büyümesi yüzeyde gerçekleşmiş yüzey kusurları ile birlikte soğuk şekillendirme sırasında mikro ve makro boyutta çatlaklara sebep olmuştur. Tane büyüklükleri 155,9  $\mu\text{m}$  kadar uzamıştır.



Resim 6.22. SAE 1006 (1.0313) çeliğinin metalografik incelemede tane büyümesi (100X)



Resim 6.23. Ø22 SAE 1006 (1.0313) çeliğindeki tane boyutlarının karşılaştırılması (100X)

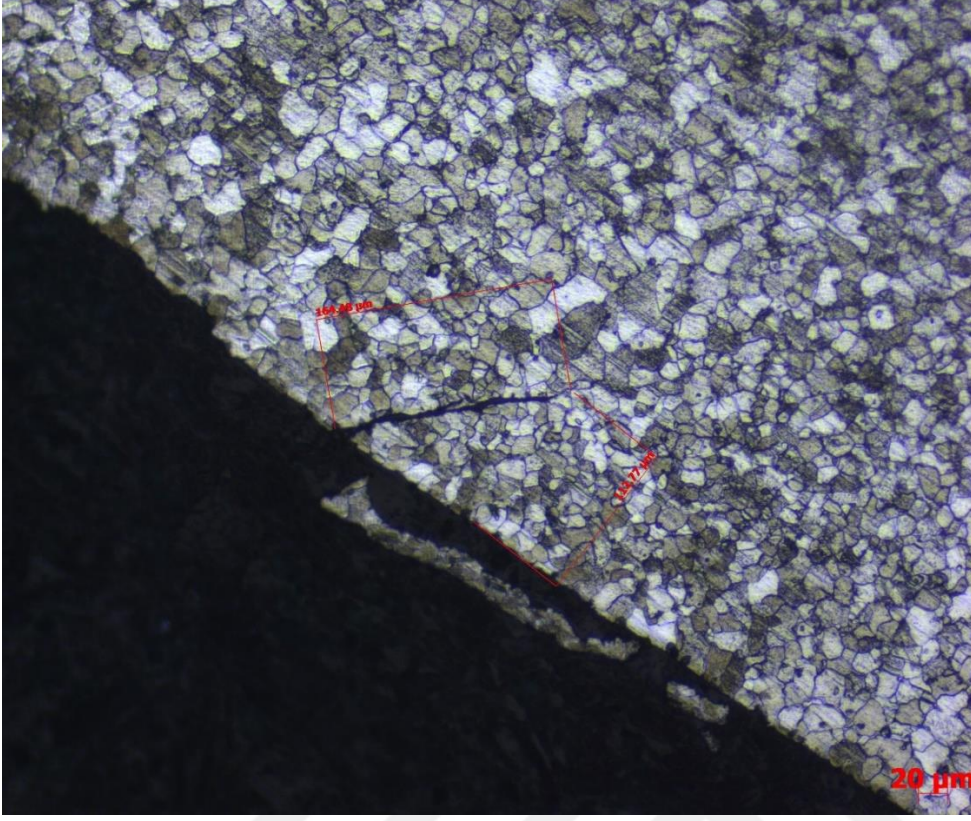


Resim 6.24. Ø22 SAE 1006 (1.0313) çeliğindeki tane büyümesi 10X yaklaşılmış görseli

### 6.5.5. İnküzyon

Metal alaşımlarının içerisinde bulunan metalik olmayan kalıntılara inküzyon denir. Çelik alaşımlarında 2 çeşit inküzyon vardır. Dışsal kaynaklı inküzyon ve içsel kaynaklı inküzyonlar vardır. Dışsal kaynaklı inküzyonlar refrakter partikülleri, oksitler, silisyum karbür, bu inküzyonlar aşınma ve fırın malzemelerinin zamanla erozyona uğrayarak metal alaşımları içerisinde kalması ile oluşur. Bu inküzyonların boyutları 1µm' den birkaç mm ye kadar çıkabilir. İçsel inküzyonlar ergitme sırasında meydana gelen kimyasal reaksiyonların sonucunda oluşmaktadır ya da bilinçli olarak ergiyik metalin içerisine karıştırılır. Bilinçli olarak ergiyik metale karıştırılan inküzyonlar flakslama için ya da tane boyutlarını düşürmek için yapılır [29].

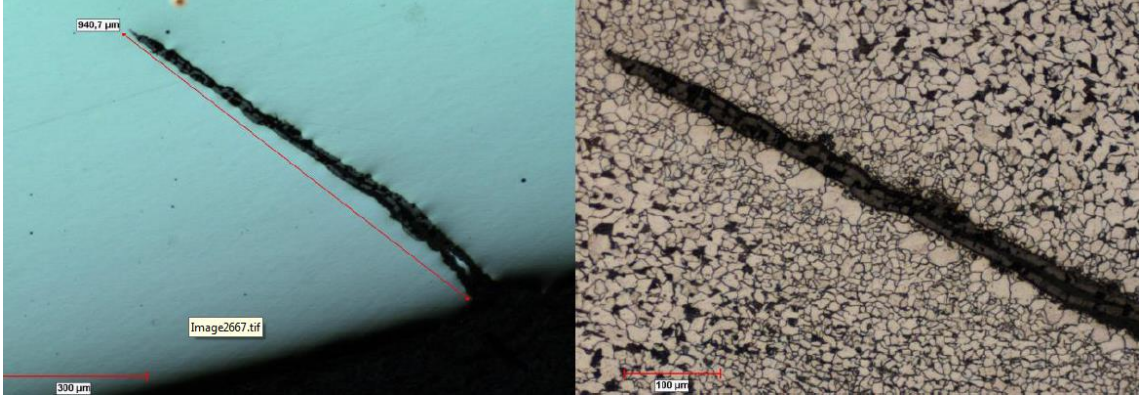
Ergimiş metal alaşımlarının içerisindeki inküzyonlar ve oksitler ergimiş metal alaşımı katılaştıktan sonra alaşım içerisinde hapsolursa, metal alaşımlarının sonraki proseslerde işlenmesi sırasında farklı problem ortaya çıkaracaktır.



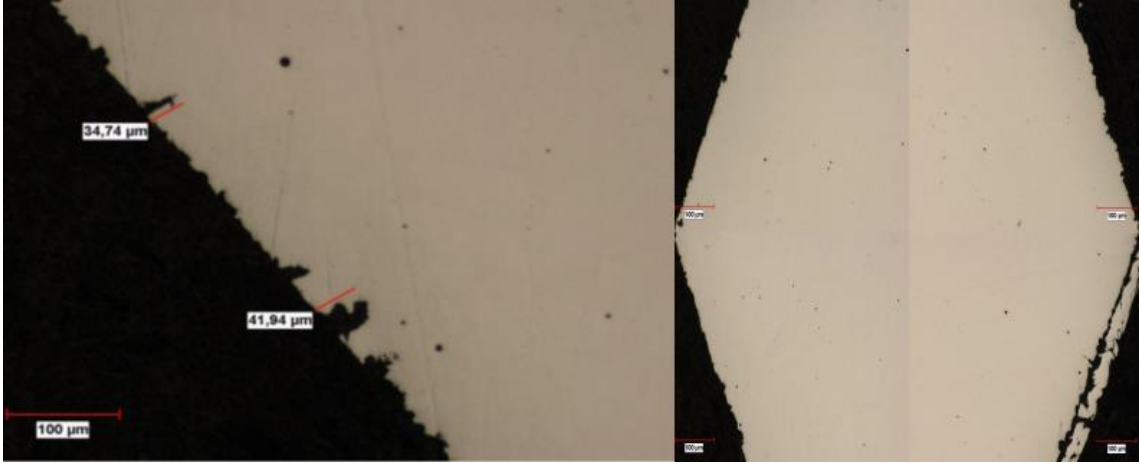
Resim 6.25. Yüzey hatalarına bağlı hammadde yüzeyindeki çatlak görseli (50X)

Soğuk şekillendirme yöntemlerinden ekstrüzyon sırasında üründe oluşacak yırtılmalar, ürün yüzeyinde derin iz ve damarlar, işlenebilirliğin azalması gibi problemler oluşabilir [30].

Soğuk şekillendirme ile somun üretimi sırasında tespit edilen çatlak malzemeler bakalite enine ve boyuna kesitleri alınarak %3 nital çözelti ile dağlanmıştır. Metal mikroskobu altında incelendiğinde 940,7µm derinliğe kadar uzanan yüzey süreksizliği tespit edilmiştir. Çatlak içerisinde oluşan tufal ve çatlak çevresindeki tane yapısı somun numunelerindeki çatlağa hammadde kaynaklı hataların neden olduğu göstermektedir.



Resim 6.26. Ø22 17MnB3 (1.5520) alaşım çeliğinde oluşan çatlakların incelenmesi (100X)(50X)



Resim 6.27. Ø22 SAE 1006 (1.0313) çeliğinin enine ve boyuna kesitlerinin mikroskop görüntüleri (100X)

Oksit ve FeS inklüzyonları deforme olmazlar, bu inklüzyonlar sıcak ve soğuk haddeleme sırasında deforme olmazlar. Bu tür inklüzyonlar haddeleme ve tel çekme işlemi sırasında yüzeye teldeki kesit daralması ile birlikte yüzeye yaklaşır. Bu inklüzyonlar boyutlarına ve uzama yönlerine göre telde kopmalara sebep olurlar [32].

Çizelge 6.6. Farklı çelik alaşımları için önerilen maksimum inklüzyon boyutları [33].

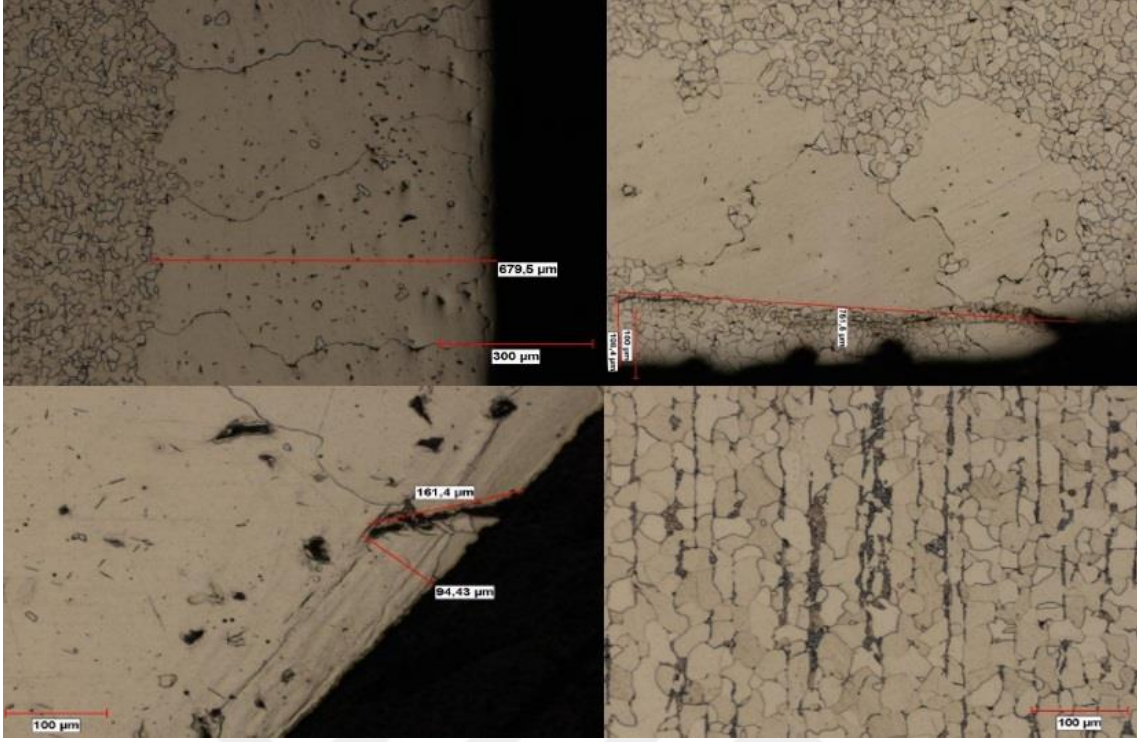
Çelik Ürün	Maksimum Inklüzyon Boyutu ( $\mu\text{m}$ )
Otomotiv ve Derin Çekme Çelikleri	100
Konserve Ürünleri	20
Boru Ürünleri	100
Bilyalı Rulmanlar	15
Lastik Telleri	10
Tel Ürünleri	20

### 6.5.6. Segregasyon

Segregasyon alaşım elementlerinin homojen karışmaması durumunda ergiyik elementlerin ağırlık farkından üst üste tabakalaşması durumudur. Malzeme mikro yapısında görülmesi mikro yapının homojen olmamasının bir kanıtıdır. Segregasyon etkilerini mikro yapıları inceleyerek yorumlamak gerekir. Segregasyon çeliklerde sertlik farkına, ergiyik metalin katılma sürecinde farklı mikro yapıların oluşmasına neden olur. Segregasyon nedenli farklı mikro yapılar oluşmaları, kaba karbür oluşmaları meydana gelir bu oluşumlarda çatlak oluşumunun başlangıcı olan mikro kırılmaların başlamasını sağladığı söylenmiştir [13].

Bir alaşım elementi olmayan kalay çeliğin kaplanması amacıyla kullanılmaktadır. Ergiyik çelik alaşımı içerisinde çözünürlüğü çok yüksek olan kalay, ergiyik alaşım çeliğinin katılması ile çözünürlüğü neredeyse yok olur. Ergiyik metalin katılması sırasında tane sınırı ve segregasyon oluşumuna sebep olan kalay sıcak yırtılma ve yüzey kusurlarına sebep olduğu belirtilmiştir [31].

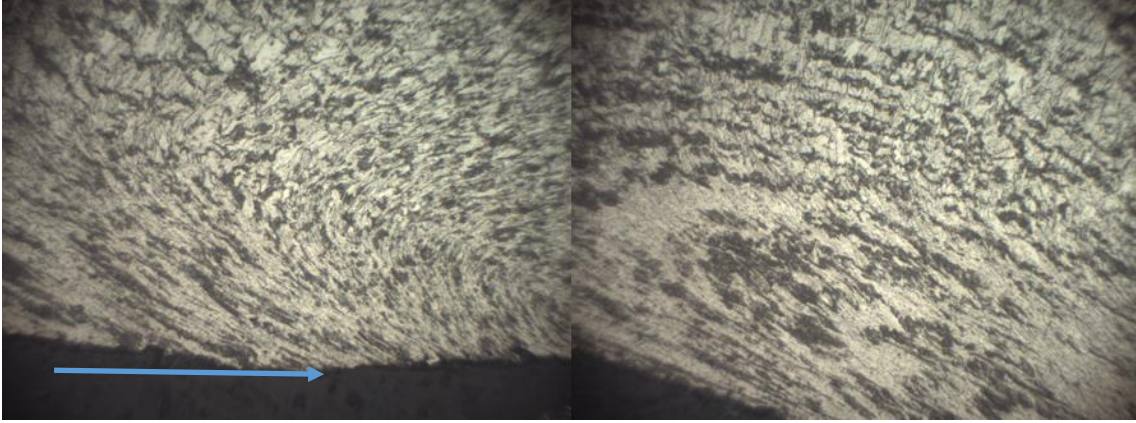




Resim 6.28. SAE 1006 (1.0313) çeliğinde segregasyon örnekleri ve büyük taneli yapıların tane sınırlarındaki segregasyonlar (100X)

### 6.5.7. Tane Yönü

Soğuk şekillendirme yöntemi ile bağlantı elemanı üretiminde kullanılan düşük karbonlu alaşım çelikleri sıcak haddeleme ile üretilip filmaşın haline getirilmektedir. Haddeleme kaynaklı tane yönü oluşmaktadır ve bu tane yönleri haddeleme yönünde uzayan taneler şeklindedir. Soğuk şekillendirme makinesinin dövme yönü ile zıt yönde bağlanan hammaddeler dövme sonrası çatlak oluşumuna sebep olur. Bu olaya tüm filmaşınlar de rastlanmaz ancak dövme yönünün yanı sıra hadde sonrasında yüzeye yaklaşan inklüzyonların da etkisiyle birlikte dövme çatlakları oluşur. Resim 6.29. da dövme yönü ve tanelerin yönelmeleri gösterilmiştir.



Resim 6.29. Ø 5,5 23MnB4 (1.5523) Çeliğinde soğuk şekillendirme sonrasında ok yönünde tane yönelmeleri (50X)

### 6.5.8. Pekleşme

Plastik deformasyondan dolayı malzeme mukavemetinin artmasına pekleşme denir. Pekleşme soğuk şekillendirme yöntemlerinden olan dövme, haddeleme, tel çekme, ekstrüzyon yöntemlerinde meydana gelir. Malzemelere uygulanan yükler altında dislokasyonlar ortaya çıkar, soğuk şekillendirme yöntemlerinde dislokasyonların uzaklaştırılması mümkün değildir, yığılır ve birbirleri ile kesişirler, bunun sonucunda malzemenin mukavemeti artar, sünekliği azalır [7].

Aynı çaptaki hammaddelerin tel çekme işleminin farklı hızlarda yapılması durumunda malzemenin mekanik özelliklerinde artışlar meydana gelir [16].

Soğuk şekillendirme yöntemi ile somun üretiminde kullanılan hammaddelerde pekleşme olayı soğuk dövme prosesi öncesinde tel çekme işlemi sırasında başlar, burada pekleşmeyi etkileyen önemli faktörler işlem hızları ve hammadde çaplarının tel çekme ile ne kadar düşürüldüğüdür. Tel çekme hızı mekanik özellikleri artırır çünkü artan şekil değiştirme hızı ile pekleşme üsteli azalır, ayrıca çapta yapılan küçülme ile pekleşme artarak malzemenin mekanik özelliklerinin artmasını sağlar. Soğuk dövme öncesinde malzemelerde yaşanan mekanik özelliklerin artması soğuk şekillendirme makinelerinde malzemelerin işlenebilirliğini düşürür, takım ömrünü azaltır.

### 6.5.9. Çekme Testi

Çekme deneyi farklı sektörlerde kullanılan malzemenin akma sınırı, çekme sınırı, uzama miktarı gibi birçok mekanik özelliğinin tespiti ve malzeme mukavemetinin belirlenmesi için yapılan farklı sektörlerde kullanılan bir yöntemdir [34].

Soğuk şekillendirme yöntemiyle üretilen somunlarda meydana gelen farklı boyuttaki çatlakların ve makro yapıda hasar ve çatlak olmayan somunlara yapılan çekme testi yapılmıştır. 2 mm/dak ve 20 mm/dak yükleme hızı ile dişli somunlara yapılan bu çekme gerilmeleri tespit edilmiş hasarlı ve hasarsız somunların mekanik özelliklerinin birbirine oranları ve standartlarda istenilen değerlere oranları karşılaştırılmıştır. Standartlara göre yapılan çekme deneylerinde 6 kalite somunlar için 8.8 kalite cıvata, 8 kalite somunlar için 10.8 ve 10.9 cıvata, 10 kalite somunlar için ise 12.9 cıvata kullanılmış somunların cıvatalar karşı direnç kuvvetleri tespit edilmiştir.

Anma çapı: Somun delik çapı, Kesit alanı: Çekme testinde kullanılan cıvata kesit alanı, Test yükü: Çekme testi sırasında somunun cıvataya karşı dayanabildiği kuvvet, somunun direnç gösterdiği en büyük kuvvet, İlk boy: Cıvata ilk boyu, Son boy: Cıvata son boyu

DIN EN 10002 (Metallic Materials – Tensile Testing) standartlarına göre oda koşullarında yapılan çekme testinde Ø12 17MnB3 (1.5520) malzemesi ile üretilen M08 flanşlı somunlarda çatlak hasarı olan ve çatlak hasarı olmayan somunlara 2 mm/dak ve 20 mm/dak test hızları ile yapılan çekme testi sonuçları Çizelge 6.7, Çizelge 6.8, Çizelge 6.9, 6.10 da verilmiştir.

Yapılan çekme deneyi sonuçlarında test hızı arttığında çekme direnci ve test yükü (kanıt yükü) artıyor ve standarta göre değerlendirildiğinde kullanılabilir olduğu görünüyor. Çatlak hasarlı somunların 20 mm/dak ve 2 mm/dak test hızları ile yapılan çekme testlerinde somunların kullanılabilir ve kullanılamaz olduğu tespit edilebilmektedir. Ø12 17MnB3 (1.5520) çeliği ile üretilen M08 DIN 6923 somunun 2 mm/dak ve 20 mm/dak test hızları ile yapılan deneylerde test hızı 20 mm/dak ile yapılan testte çatlak hasarlı somunun kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir. Fakat yine çatlak hasarlı M08 DIN 6923 somununa 2 mm/dak test hızı ile çekme testi yapıldığında ISO 898-2 (Mechanical

Properties of Fasteners Made Of Carbon Steel And Alloy Steel) standardına göre kullanılamaz parça olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 6.7. Ø12 17MnB3 (1.5520) çeliği ile üretilen çatlak hasarı olan M08x1.25 flanşlı somun test hızı 20 mm/dak ile yapılan çekme testi sonuçları

Anma Çapı	Kesit Alanı	İlk Boy	Son Boy	Akma Dayanımı	Çekme Dayanımı	Test Yüğü Min. Standart	Test Yüğü Gerçekleşen
mm	mm <sup>2</sup>	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N	N
8	36,6	20	20,27	1004.12	1271.4	31800	46533

Çizelge 6.8. Ø12 17MnB3 (1.5520) çeliği ile üretilen çatlak hasarı olmayan M08x1.25 flanşlı somun test hızı 20 mm/dak ile yapılan çekme testi sonuçları

Anma Çapı	Kesit Alanı	İlk Boy	Son Boy	Akma Dayanımı	Çekme Dayanımı	Test Yüğü Min. Standart	Test Yüğü Gerçekleşen
mm	mm <sup>2</sup>	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N	N
8	36,60	20	20,35	1093.48	1384.155	31800	50654

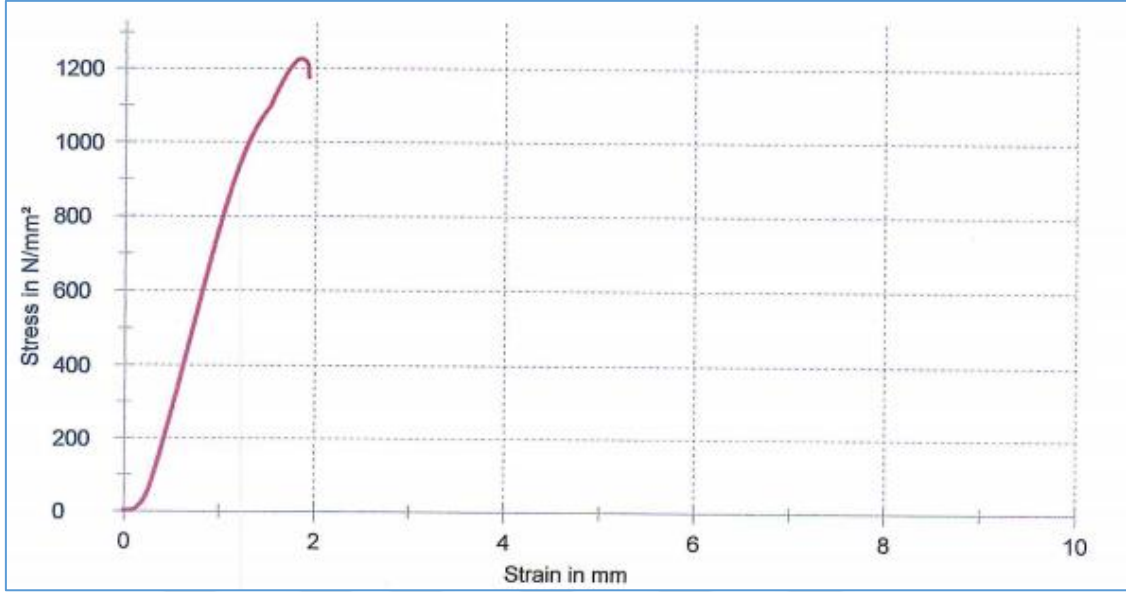
Çizelge 6.9. Ø12 17MnB3 çeliği ile üretilen çatlak hasarı olmayan M08x1.25 flanşlı somun test hızı 2 mm/dak ile yapılan çekme testi sonuçları

Anma Çapı	Kesit Alanı	İlk Boy	Son Boy	Akma Dayanımı	Çekme Dayanımı	Test Yüğü Min. Standart	Test Yüğü Gerçekleşen
mm	mm <sup>2</sup>	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N	N
8	36,60	20	20,3	1043.48	1228	31800	44944

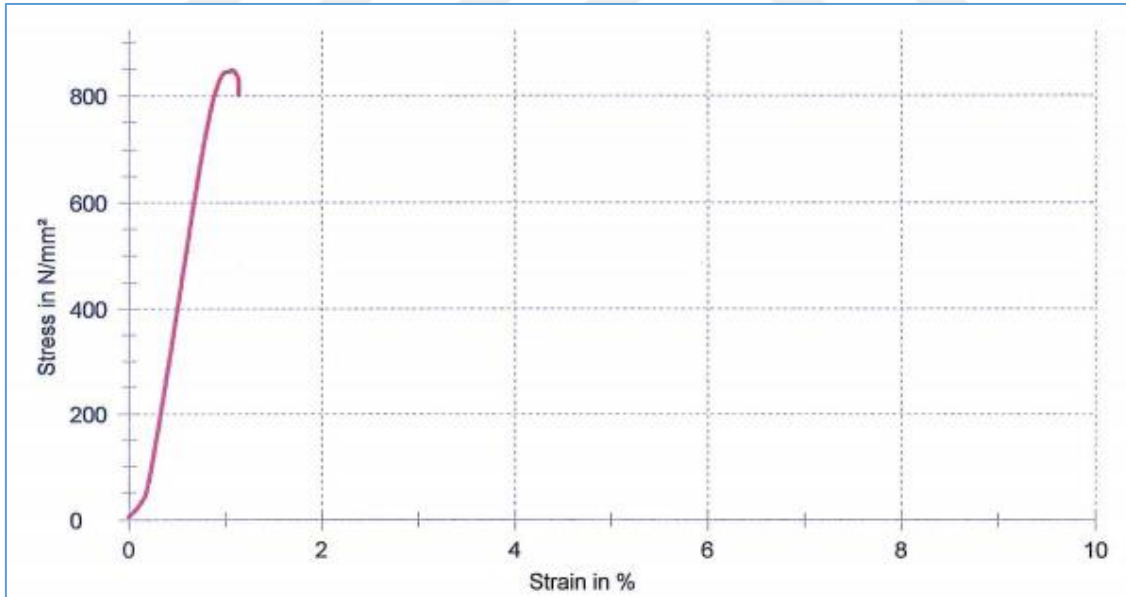
Çizelge 6.10. Ø12 17MnB3 (1.5520) çeliği ile üretilen çatlak hasarlı olan M08x1.25 flanşlı somun test hızı 2 mm/dak ile yapılan çekme testi sonuçları

Anma Çapı	Kesit Alanı	İlk Boy	Son Boy	Akma Dayanımı	Çekme Dayanımı	Test Yüğü Min. Standart	Test Yüğü Gerçekleşen
mm	mm <sup>2</sup>	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N	N
8	36,60	20	20,2	780	848	31800	31033

Grafik 6.1. Ø12 17MnB3 (1.5520) çeliği ile üretilen çatlak hasarı olmayan M08x1.25 flanşlı somun test hızı 2 mm/dak ile yapılan çekme testi grafiği



Grafik 6.2. Ø12 17MnB3 (1.5520) çeliği ile üretilen çatlak hasarlı olan M08x1.25 flanşlı somun test hızı 2 mm/dak ile yapılan çekme testi grafiği



## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde 6.Bölümde araştırmadan elde edilen bulgulara göre yapılan çıkarımlara ve gelecek için faydalı olabilecek düşünce ve önerilere yer verilmiştir.

### 7.1. SONUÇLAR

Günlük hayatımızın neredeyse her noktasında yeri olan bağlantı elemanlarının üretiminde karşılaşılan hasarları incelediğimiz bu çalışmada meydana gelen hasarların sebepleri ve bu hasarların birbirini tetiklediği sonucuna varıldı.

Makineye bağlı olarak meydana gelen çatlak hatalarında kesme yüzeyi kalitesi önemlidir. Ø9 17MnB3 (1.5520) çeliğinden üretilen somununda kesme yüzeyinin kalitesinin düşük olması sebebi ile çentik etkisi ile makro ve mikro boyutta çatlaklar meydana geldiği tespit edildi. Bu etkinin tespiti çatlak oluşumu olan makineden sökülen Ø 12 17MnB3 (1.5520) hammaddesi aynı ölçü ve standartlara göre çalışan başka bir makinede üretime başlandığında çatlak oluşumu olmadığı tespit edildi ve üretime devam edildi.

Kesme boşluğu yüzey kalitesine etki eden en önemli kriterlerden biridir. Kesme boşluğu kesme yüzeyi kalitesini, kesme yüzeyi kalitesi de makro ve mikro çatlakların oluşumuna etki eder. Kesme boşluğu kesilen malzemenin yüzey ve paralellik kalitesine etki eder. Kesme boşluğu çok verildiğinde çapaklanma ve sünek kırılma alanı büyük olur ve somun görselinde çapak izleri ve yüzeyde çatlak izi olmaktadır. Ø12 17MnB3 (1.5520) çeliğinden üretilen M08 flanşlı somunda kesme boşluğundan kaynaklı çapaklanma, makro ve mikro boyutta çatlaklar olduğu tespit edildi.

Hammaddelerden kesilen ürün brüt ağırlığına denk gelen kesme numunelerinde sünek kırılma ve çapak alanı olmamalıdır. Bu kriterleri sağlayacak en önemli özellik hızlı kesme işlemidir. Ø12 17MnB3 (1.5520) çeliğinden üretilen M08 flanşlı somunda deneysel çalışmalarda aynı mekanik özelliklere sahip, aynı çap ve toleranslarda tel çekme işlemi yapılmış numunelerde yüzey kalitesi karşılaştırıldı, hızlı kesilmiş numunede ki yüksek yüzey kalitesi birçok avantaj sağlandı görüldü. Yüksek hızda kesilen hammaddeler de yüzey kalitesinden kaynaklı çatlak oluşumu gerçekleşmedi. Soğuk şekillendirme makinesinde istasyon sayısı olarak daha az istasyonda ürün çıkmasını sağlar. Bu da takım maliyetini düşürür. Yüksek hızlı kesmeden dolayı elde edilen yüzey kalitesi daha iyi olduğu için nihai üründe makro ve mikro çatlak oluşumu daha azdır. Yüksek hızlı kesmenin bir diğer etkisi soğuk dövme sırasında pekleşme olayının azalmasına sebep olacaktır bu da karmaşık geometri yapısına sahip ürünlerde kaynak somunu, burç, flanşlı somunlarda aşırı malzeme sertleşmesinden dolayı daha az etki edecektir. Kesme hızı makine kapasitesi, takım ömrü, daha az takım ile üretim yapmayı sağlayacaktır. Deneysel çalışmalar sonucunda 230 ad/dak ile kesilen numuneler ve 120 ad/dak ile kesilen aynı şarj numaralı, aynı çaptaki malzemelerin yüzey kaliteleri karşılaştırıldığında kesme yüzeyinde ki kırılmanın daha az olduğu çapak oluşumu olmadığı tespit edildi.

Soğuk şekillendirme makinelerinde ki kesme mekanizmaları 2 farklı yöntem ile yapılmaktadır. Bunlar açık makas kesme sistemi ve kapalı makas kesme sistemleridir. Deneysel çalışmalarda her iki mekanizma ile kesilen aynı mekanik özelliklere sahip aynı şarj numaralı ve aynı çaptaki Ø22 SAE 1006 (1.0313) hammaddesinden kesilen kesme numunelerinin yüzey kaliteleri ve kesme numunesin aksel paralelliğinin kapalı makas sisteminde daha iyi olduğu ve soğuk şekillendirme makinesinde kapalı makas sisteminin daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Kapalı makas sistemi ile kesilen kesme numunelerinde eğilme, çapak oluşumu olmadığı ve dövme işlemine daha uygun olduğu tespit edildi.

Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen somunlarda meydana gelen çatlaklar incelendiğinde yüzeyde meydana gelen yırtılmaların, çatlakların ve aksel kaçıklıkların dövme sırasında istasyonlar arasında transferden kaynaklı merkez kaçıklıklarından olduğu tespit edildi

Soğuk şekillendirme yöntemi ile döverek somun üretimi prosesinden bağımsız hatalarda ise hammadde kimyasal bileşenleri standartlara uygun olmalıdır. Alaşım çelikleri içinde bulunan silisyum oranının yüksek olması durumunda işlenebilirlik güçleşmektedir. Deneysel çalışmalardaki metalografik incelemelerde Ø22 SAE 1006 (1.0313) hammaddesinden üretilen burçlarda çatlak oluşumları gözlenmiş, çatlak yapan hammaddelerin yapılarında tane büyümesi olduğu tespit edilmiştir. Tane büyümesi tane sınırlarının düzensiz olmasına neden olmaktadır. Her çatlak yapan hammadde de tane büyümesi yoktur, çatlaklar farklı kriterlerden kaynaklıdır. Ancak tane büyümesi olan tüm hammaddelerde makro ve mikro yapıda çatlak oluşumu vardır. Büyük taneciklerin yüzeye gelerek tane sınırlarını yüzeyde sınırlandırdığı numuneler de çatlak oluşumu vardır. Yapı da ki büyük taneler yüzey kusurları ile birlikte tane sınırlarına denk geldiğinde dövme prosesinden kaynaklı hammadde yapısına bağlı çatlaklar oluştu. Tane büyümesi olan Ø22 SAE 1006 (1.0313) hammaddesinde sertlik ölçümleri yapıldığında hammadde yüzey sertliği ile çekirdek sertliği arasındaki sertlik farkına tane büyümesinin sebep olduğu tespit edilmiştir.

Soğuk şekillendirme ile bağlantı elemanı üretiminde kullanılan hammaddelerin metalografik incelemelerinde segregasyon ve inklüzyon en alt seviyede olmalıdır. Inklüzyonlar hadde ve tel çekme sonrasında yüzeye yaklaşır ve yüzey kusurlarına sebep olur bu yüzey kusurlar soğuk dövme sırasında çatlaklara sebep olur. Deneysel çalışmalarda metalografik incelemelerde hammaddeler segregasyon ve inklüzyonlar tespit edilmiştir. Ø22 SAE 1006 (1.03139) ve Ø16 17MnB3 (1.5520) hammaddelerinden üretilen somun ve burçlarda oluşan çatlaklardan sonra hammaddelerin incelemelerinde yüzeyde inklüzyonlar tespit edilmiştir. Bu inklüzyonlar oluşma sebebi soğuk haddeleme ya da tel çekme sırasında yüksek çekme kuvvetidir. Bu kuvvette dayanamayan inklüzyonlar çatlak başlangıcına sebep olurlar.

Soğuk şekillendirme yöntemi ile bağlantı elemanı üretiminde kullanılan filmaşinler sıcak haddeleme yöntemi ile üretilirler. Filmaşin üretimi sırasında ya da soğuk şekillendirme öncesinde homojen çap için yapılan tel çekme prosesinde katlanma, fitillenme ve çizik oluşmamalıdır. Bu gibi hasarlar soğuk dövme sırasında çatlak oluşturmaktadır. Somunlarda çatlak yapan hammaddeler incelendiğinde Ø8 23MnB4 (1.5523) hammaddesinde katlanma hatası tespit edilmiş ve soğuk dövme sonrası makro çatlaklar oluşmaktadır.



Bağlantı elemanlarında oluşan her çatlak kullanıma engel değildir. Bu durumu deneysel çalışmalardaki Ø16 17MnB3 (1.5520) hammaddesinden üretilen somunlar ile yapılan çekme, genişletme testleri yapılarak şartname ve standartlardaki değerleri sağladığını ispatladık. Çatlaklar testlere tabi tutulmalı test sonuçlarına göre kullanım alanları irdelenip kullanma ya da hurdalama kararı alınmalıdır. Bu karar alınırken bağlantı elemanın kullanılacağı ekipman, araç, maruz kaldığı kuvvetler tespit edilmelidir.

Bağlantı elemanı üretiminde kullanılan hammaddelerin üretimi sırasında sıcak hadde prosesinde malzeme iç yapısındaki proses gereği tane boyları uzar ve taneler hadde yönünde yönlendirilir, bu durum karşın soğuk dövme prosesinde dövme yönü ile hadde yönü zıt yönlerde olmamalıdır, hadde yönünde yönelmiş yüzeydeki tanecikler soğuk dövme ile zıt yönde olması durumunda makro ve mikro boyutta çatlaklar oluşmuştur. Hammaddenin diğer ucundan soğuk şekillendirme makinesine bağlandığında çatlak oluşumun olmadığı makro yapıdaki çatlakları mikro yapıya geçtiği görülmektedir.

## 7.2. ÖNERİLER

Soğuk şekillendirme makineleri kesme boşlukları malzeme çapı, mekanik özellikleri, makine kesme hızı, kesme mekanizmaları sayısal analiz ve simülasyonlar ile araştırılıp kesme boşluğu formülü geliştirilebilir.

Soğuk şekillendirme yöntemi ile üretilen bağlantı elemanların geometrik formunun çatlak oluşumuna etkileri incelenmeli ve simülasyon programları ile kalıp tasarım farkları ile çatlak oluşumunun engellenebilirliğine dair çalışmalar yapılabilir.

Redüksiyon kalıpları ile yapılan üretimlerde yüzey gerilmelerinden kaynaklı oluşan yırtılma ve çatlakların modellenmesi yapılabilir ve redüksiyon oranının yırtılma ve çatlaklara etkisi tespit edilebilir. Böylece redüksiyon oranları belirlenir.

Hammadde mikro yapısındaki tane büyüklüklerinin modellenmesi yapılarak soğuk dövme sırasındaki tane büyüklüğünün oluşan hasarlara etkisi araştırılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Çoban D., Ünlü B. S., 2015 “Cıvata ve Somunların Çeşitleri ve Üretimi” *C B Ü Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*: 1-44.
- [2] Trakya Üniversitesi, 2003 “Farklı Malzemelerin Yığılmasında Malzeme Akışının İncelenmesi” <http://dspace.trakya.edu.tr/xmlui/handle/1/72>
- [3] Gavas M., Aydın M., Yaşar M., Altunpak Y., 2011 “Üretim Yöntemleri ve İmalat Teknolojileri” *Ankara* 1-27.
- [4] Başdemir V., Baygut A., Çulha O., “Soğuk Dövme Tekniği ile Bağlantı Elemanı Üretiminde Kullanılan Plastik Şekil Verme Teknolojileri” *Journal of Advanced Technology Sciences*, Cilt 7, 19-28.
- [5] Çoban, Özkan, D., Ünlü, B. S. 2016. “Kaynak Cıvata ve Somunlarının Çeşitleri, Üretimi, Yöntemi ve Kullanım Alanları,” *Mühendis ve Makine*, cilt 57, sayı 678, s. 44-52.
- [6] Groche P., Stahlman J., Hartel J., Köhler M., 2009 “Hydrodynamic effects of macroscopic deterministic surface structures in cold forging processes” *Tribology International*, 1173-1179.
- [7] Callister W. D. 2007 “Material Science and Engineering: An Introduction”, 7. Basım, *Department of Metallurgical Engineering The University of Utah*, Amerika.
- [8] Dieter G. E. 1988 “Mechanical Metallurgy, SI Metric Edition”, University of Maryland, *McGraw-Hill Book Co.*
- [9] Adiloğlu S., 2008, “Dövme Kalıplarında Kalıbın Dolmasını Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi ve Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Akış Analizlerinin Yapılması”, “Yüksek Lisans Tezi”, “*Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*”, İstanbul, 20-67.
- [10] Hallström J., (2000) “Influence Of Friction In Counterblow Hammer Forging”, *Journal Of Materials Processing Technology*, 108: 21-25.
- [11] Altan T., Ngaile G., Shen G., 2004, “ Cold and Hot Forging Fundamentals and Applications” “*Asm International*”, Ohio, 20 – 90.
- [12] Callister W.D. , Rethwisch D. D., 2013, “Materials Science and Engineering” Genel K., Parasız A., Bindal C., Demirkol M., Artır R., Bakkal M., *Nobel Akademik Yayıncılık*, Ankara.
- [13] Karagöz Ş., Ünal H. İ., Kahrıman F., Demircan F. G., 2009, “ Çeliklerde Segregasyon Etkileri”, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu IATS'09*, Karabük.

- [14] Kaçar Y., 2011, “ Kalsiyum İşlemi İdeal İnküzyon Modifikasyonu Koşullarının Belirlenmesi ve Proses Optimizasyonu”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 3-61.
- [15] Çarboğa, C., 2010, “Düşük Karbonlu Çeliklere Bor İlavesinin Mikroyapı ve Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi”, *Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- [16] Güzey A., 2009, “Demirsel Tellerin Üretim Sürecinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne, 1-72.
- [17] Topbaş, M.A., 1998, “Çelik ve Isıl İşlem El Kitabı”, *Prestij Yayınları*, İstanbul, 28-34.
- [18] Askeland ,D.R., 1998, “Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri I-II”, Çeviri editörü Erdoğan M., *NobelYayın*, Ankara.
- [19] Yalçın, H., Gürü, M., 2002 “Malzeme Bilgisi”, *Palme Yayıncılık*, Ankara, 203
- [20] Weissavach W., 1996, “Malzeme Bilgisi ve Muayenesi” Çeviri Editörleri Ank, S., Ank E. S., Vural, M., *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 308.
- [21] Aydemir B., 2014 “Metalik Malzemelerin Çekme Deney Standardı EN ISO 6892-1’in Getirdiği Değişiklikler” *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2013, 10 (3), 61-70.
- [22] Kayalı, E. S., Ensari, C., Dikeç, F., 1990, “ Metalik Malzemelerin Mekanik Deneylemleri”, İ. T. Ü. Kimya-Metalürji Fakültesi Ofset Atölyesi.
- [23] Bayraktar Ş., Turgut Y., 2015, “Silisli Sacların Mekanik Kesme Prosesinde Gerilim Giderme Tavlamaasının Manyetik Özellikler Üzerindeki Etkileri: Bir Araştırma”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 459-469.
- [24] International Standard, “Widening test on nuts” ISO10484, First edition 1997-11-01
- [25] British Standard, “Upsetting Test” BS EN 10263-1, 2001, 15.
- [26] Kanca E., Eyercioğlu O., Karahan I., H., Günen A., Göv K., 2016, “Effects of Blanking Speed on the Shear Surface of Mild Steel (St37)”, *Acta Physica Polonica A*, vol 160, 370-374.
- [27] Gök M., Ulu S., Said G., 2011, “1030 Çeliğinin Sertleşebilirliğine Tane Boyutunun Etkisi”, *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, Elazığ, 329-333.
- [28] Bostan B., Özdemir A., T., 2003, “Fe-%5,23V ve Fe-%15V Alaşımlarının Yeniden Kristalleşme Kinetiği”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 18, No 1, 101-108.

- [29] Gruzleski, J.E., Closset, B.M., 1990 "The Treatment of Liquid Aluminum-Silicon Alloys.", *Transactions of the American Foundrymen' s Society*. California, 15-25.
- [30] Grandfi eld, J.F., Eskin, D.G., Bainbridge, I.F., 2013 "Direct Chill Casting of Light Alloys.", *John Wiley & Sons Inc*, New Jersey, 36–56.
- [31] Kara Köksel M., 2014, “Sürekli Tavlama Yöntemi ile Yeni Kalite Bir Emaye Çeliği Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 13-15.
- [32] Altun K., 2015, “Soğuk Çekme Metoduyla Üretilen Kaynak Tellerinde Görülen Hataların Belirlenmesi ve Giderilmesi” Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 67-69.
- [33] Zhang, L., Thomas B.G., 2003, “Inclusions in Continuous Casting of Steel” *XXIV National Steelmaking Symposium*, Mexico, 138-183.
- [34] Aydemir B.,2014, “Metalik Malzemelerin Çekme Deney Standardı EN ISO 6892-1’in Getirdiği Değişiklikler”, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi* Cilt: 10, No: 3, 61-70.
- [35] British Standard, “Steel rod, bars and wire for cold heading and cold extrusion” BS EN 10263-3, 2001, 1.
- [36] Deutsches Institut für Normung, “Round steel rod for cold heading and cold extrusion - Dimensions and tolerances” German version EN 10108:2004

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZKOYUNCU, İbrahim Barboros

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi, yeri : 19.02.1990, Salihli/MANİSA

Medeni hali : Bekar

Telefon : 05413111683

Faks : -

e-mail : brbrs.ozkoyuncu@gmail.com

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Karabük Üniversitesi/Makine Mühendisliği	2015
Lise	Sekine Evren Anadolu Lisesi	2009

### İş Deneyimi

Yer	Yıl	Görev
NORM SOMUN A.Ş.	2015 -	Üretim Uzmanı

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

-

### Hobiler

Futbol, Makine Teknolojileri, Seyahat