

T.C.  
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TALAŞLI İMALAT ESNASINDA PARÇALARA YÜKLENEN  
ARTIK GERİLMELERİN ISIL İŞLEM SONRASI  
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Mak. Müh. Yücel ŞEN

Makina Mühendisliği EDİRNE

Danışman: Prof. Dr. H. Erol AKATA

**2006  
EDİRNE**

T. C.  
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

“TALAŞLI İMALAT ESNASINDA PARÇALARA YÜKLENEBEN ARTIK GERİLMELERİN  
ISIL İŞLEM SONRASI ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI”

Mak.Müh. Yücel ŞEN  
Makina Mühendisliği EDİRNE

Danışman  
Prof. Dr. H. Erol AKATA

2006  
Edirne

T.C.  
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TALAŞLI İMALAT ESNASINDA PARÇALARA YÜKLENEN ARTIK GERİLMELERİN ISIL İŞLEM  
SONRASI ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mak. Müh. Yücel ŞEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Bu tez 03.11.2006 tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından Kabul Edilmiştir.

Prof. Dr. H. Erol AKATA  
Danışman

Yrd. Doç. Dr. Mümin ŞAHİN

Yrd. Doç. Dr. Ercan BULUŞ

This document was created by the trial version of Print2PDF. !  
Once Print2PDF is registered, this message will disappear. !  
Purchase Print2PDF at <http://www.software602.com>

## ÖZET

Bu çalışmada, talaşlı imalat sırasında çelik parçalara yüklenen artık gerilmelerin ısıtıl işlem sırasındaki boyutsal değişime etkileri araştırılmıştır. İmalat sektöründe, ısıtıl işlem sonrası yapılan prosesler pahalı olduğundan ısıtıl işlem prosesi önemlidir. Çalışmalarında direksiyonun önemli parçalarından olan sektör mili ve piston'un talaşlı imalat prosesleri incelenmiştir. Dövme prosesinden itibaren parçaların prosesleri izlenmiştir. Talaşlı imalat sonrası boyutsal ölçümler yapılarak ısıtıl işlem sonrası ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Aynı çalışma finiş tornalamaya 0,5 mm paso bırakılarak gerilme gidermeye tabi tutulmuş ölçümler tekrarlanmıştır. Artık gerilmelerin kaçınılmaz olduğu talaşlı imalatta, ön gerilme giderme uygulayarak parçanın gerilmeleri alınmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmaya paralel olarak sektör milinde alternatif dövme yöntemi üzerinde çalışılmıştır. Bu şekilde talaş payı azaltılarak yüklenen artık gerilme miktarının da düştüğü gözlenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Artık gerilme, ısıtıl işlem, talaşlı imalat

## SUMMARY

In this study, impact on dimensional variation of residual stress, which applied onto steel component during the heat treatment, were researched. Due to cost of process after heat treatment, heat treatment process occupy a very important place in the manufacturing industry. In my study, steering systems important element's sector pivot's and piston's machining process were observed. From forging process, every process that applied to our experimental part also were observed. Dimensional measurement of after-machining process has been done and these measurements were compared to Dimensional measurement of after-heat treatment process. The same work has been done for the part which was exposed stress relieving and 0.5 mm depth has being left for the end lathing, and measuring were repeated. Because of the residual stress's are unavoidable in machining process, through the advance-stress relieving, the tension's of the part were tried to be reduced.

Running parallel to this study, alternative forging method has been applied to sector pivot. Using that method, it was observed that the amount of residual stress has been lowered by reducing the margin of the machining depth on the component.

**KEYWORDS:** Residual stress, Heat treatment, Machining

# İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Konunun Seçimi ve İşletmedeki Önemi.....	2
BÖLÜM 2. ISIL İŞLEM.....	5
2.1. Isıl İşlem Tekniği.....	5
2.2. Isıl İşlem ile İlgili Temel İlkeler .....	7
2.2.1. Dönüşüm Sıcaklığı .....	7
2.2.2. Çelikte Isıl İşlem Önce ve Sonrası Mevcut Yapı Elemanları .....	8
BÖLÜM 3. GENEL ISIL İŞLEM TÜRLERİ .....	9
3.1. Tavlama.....	9
3.2. Normalizasyon .....	10
3.3. Sertleştirme .....	10
3.4. Menevişleme .....	12
3.5. Sementasyon.....	12
BÖLÜM 4. SEMENTASYON SONRASI OLUŞAN BOYUTSAL DEĞİŞİMLER	14
4.1. Termal (Isıl) Gerilmeler .....	14
4.2. Dönüşüm Gerilmeleri .....	16
BÖLÜM 5. GERİLİM GİDERMEDE YENİ ISLAH YÖNTEMLERİ .....	21

5.1. Soğukta Gerilim Giderme .....	24
5.2. Yağlamaya İyon Depolaması Yöntemi .....	25
BÖLÜM 6. SONUÇLAR .....	28
6.1. Çalışmada Elde Edilen Sonuçlar .....	28
BÖLÜM 7. TARTIŞMA .....	40
KAYNAKLAR .....	41
TEŞEKKÜR .....	42
ÖZGEÇMİŞ .....	43

## ŞEKİL LİSTESİ

<u>ŞEKİL NO</u>	<u>ŞEKİL ADI</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1.	8098 tipi Servocom direksiyon önden görünüşü	3
Şekil 1.2.	8098 tipi Servocom direksiyon yandan görünüşü	3
Şekil 1.3.	8098 tipi Servocom direksiyon üstten görünüşü	4
Şekil 2.1.	Demir-Karbon denge diyagramı	6
Şekil 4.1.	Yumuşak karbonlu çelikten (%0,10) yapılmış plakalarda, su, yağ, erimiş su verme banyosu ve havada soğutma sonrası, meydana gelen yapısal değişimler	15
Şekil 4.2.	Yumuşak karbonlu bir çelikte yağda soğuma sırasında meydana gelen boyutsal değişimlere, ısıtma sıcaklığının genliğinin etkisi	16
Şekil 4.3.	Farklı bileşimlerdeki çelik plakalarda, 920°C den suda soğutma sonrası meydana gelen boyutsal değişimler	16
Şekil 4.4.	Isıl işlem uygulanabilir bir çelikte ısıtma ve soğutma sırasında uzunlukta oluşan değişim	18
Şekil 6.1.	İşleme sonrası sektör mili görünümü	29
Şekil 6.2.	Piston'un genel görünüşü	30
Şekil 6.3.	8098 Tipi Piston Isıl İşlem Öncesi Ölçüm Raporu	32
Şekil 6.4.	8098 Tipi Piston Isıl İşlem Öncesi Ölçüm Raporu	33
Şekil 6.5.	8098 Tipi Piston Isıl İşlem Sonrası Ölçüm Raporu	34
Şekil 6.6.	8098 Tipi Piston Isıl İşlem Sonrası Ölçüm Raporu	35
Şekil 6.7.	8098 Tipi Piston Isıl İşlem Öncesi Ölçüm Raporu	36
Şekil 6.8.	8098 Tipi Piston Isıl İşlem Öncesi Ölçüm Raporu	37
Şekil 6.9.	8098 Tipi Piston Isıl İşlem Sonrası Ölçüm Raporu	38
Şekil 6.10.	8098 Tipi Piston Isıl İşlem Sonrası Ölçüm Raporu	39



## TABLO LİSTESİ

<u>TABLO NO</u>	<u>TABLO ADI</u>	<u>Sayfa</u> <u>No</u>
<b>Tablo 1.1.</b>	Şekillerin genel açıklamaları	<b>4</b>
<b>Tablo 2.1.</b>	ZF1A Alaşımli çeliğin kimyasal kompozisyonu	<b>7</b>
<b>Tablo 4.1.</b>	Karbon takım çeliklerinde mevcut fazların özgül hacimleri	<b>17</b>
<b>Tablo 4.2.</b>	Değişik fazlara dönüşüm sırasında oluşan hacim değişimleri	<b>19</b>

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

### 1.1. Giriş

Bu çalışmada, talaşlı imalat prosesleri ve bu prosesler sırasında parçalara yüklenen iç gerilimlerin ısı işlem sonrası boyut değişimlerine etkileri incelenmiştir.

Talaşlı imalat prosesleri şekil, boyutları ve yüzey kalitesi önceden belirlenmiş parçaların metal işleme makinalarında kesme operasyonu ile şekillendirilmesini kapsar. Talaşlı imalat, kesici takım ve iş parçasının nisbi hareketleri ile iş parçasının belirli bir kısmında, gerinim oluşturarak gerçekleştirilir. Diğer taraftan talaşlı imalat kesici takım tarafından uygulanan kesme kuvvetleri ile iş parçası arasındaki ara etkileşime bağlıdır.

Talaşlı imalat yöntemleri başlıca dokuz ana grupta toplanabilir;

1. Vargel ve Planyalama,
2. Tornalama,
3. Borlama,
4. Delme,
5. Frezeleme,
6. Broşlama,
7. Raybalama,
8. Testere ile kesme işlemi
9. Taşlama,

Çalışmayı destekleyen işletmede yukarıda belirtilen tüm talaşlı imalat yöntemleri uygulanmaktadır. Bu talaşlı imalat yöntemleri uygulanırken de günümüz teknolojisinin bütün imkanları kullanılmaktadır.

Çeliğin, talaşlı imalatının yanı sıra ısıl işlem prosesi de önemli bir yer tutmaktadır. Isıl işlem sonrası boyutsal değişimlerin minimal seviyelerde olması işletme maliyetleri açısından önemlidir. Isıl işlem sonrası boyut değişimleri parçanın fiziksel özelliklerinin değişiminin yanında mekanik özelliklerinde de bir takım değişikliklere sebep olur. İşletmeler için ısıl işlem sonrası boyut değişimleri istenmeyen durumlardır.

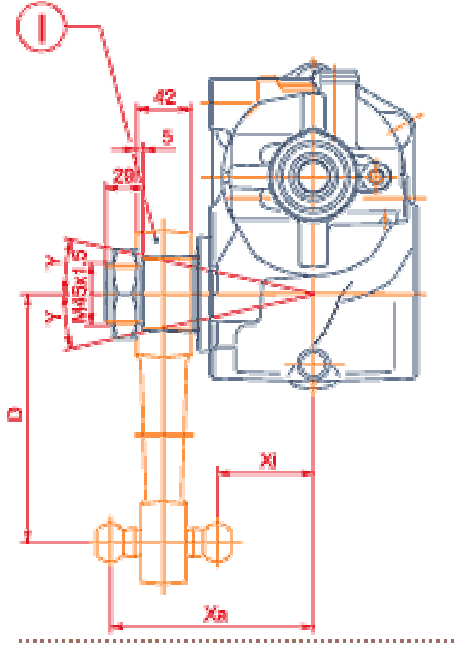
Çalışmalarında talaşlı imalat sırasında parçalara yüklenen iç streslerin ısıl işlem esnasında açığa çıkarak parçalarda oluşturduğu boyutsal değişimleri incelendi. Ayrıca bu boyutsal değişimleri minimal seviyelere indirebilmek için talaşlı imalat prosesinde bir takım düzenlemeler yaparak ve ısıl işlem öncesi ön gerilme giderme uygulayarak boyut değişimlerinin analizlerini de ölçüsel olarak değerlendirme fırsatı bulundu.

## 1.2.Konunun Seçimi ve İşletme İçin Önemi

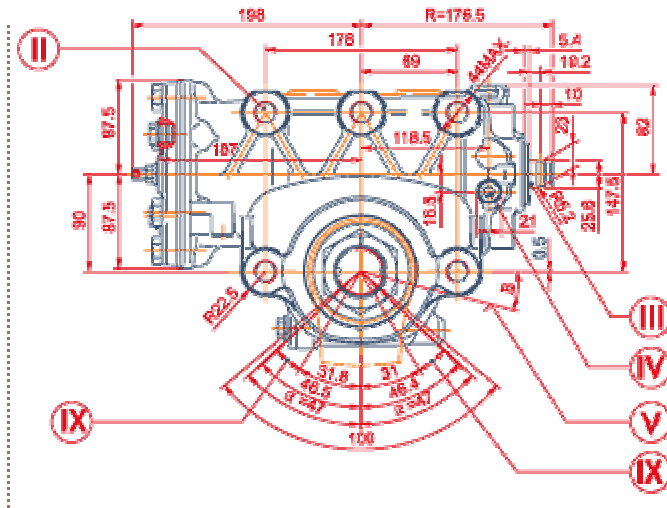
İşletme 1973 yılından bu yana faaliyet gösteren, hidrolik konusunda Türkiye'nin en büyük işletmelerinden biridir. İşletme otomotive yönelik tüm hidrolik ekipman üretme kabiliyetine sahiptir.

Bu hidrolik ekipmanlardan büyük tonajlı ticari araçlarda kullanılan Hidrolik Direksiyon Kutusunun bazı parçalarını talaşlı imalat ve ısıl işlem prosesleri bakımından inceleyeceğiz. İşletmede Hidrolik Direksiyon kutuları Alman ZF lisansı ile üretilmektedir. Lisans anlaşması çerçevesinde bu mamulün yerlileştirilmesi işletme için çok büyük önem taşımaktadır. ( Yıllık yaklaşık 4 milyon EURO kaynak tasarrufu ). İşletme bu yerlileştirme çalışmaları sırasında elindeki teknolojik imkanlarla makine, işçilik, hatalı parça ve fırsat kayıplarının en az olduğu proses akışlarını oluşturmak zorunda. Hidrolik direksiyon kompleksinin içerisindeki imalat ana kalemlerinden, maliyet açısından en yüksek payeye, sektör mili, piston ve sonsuz vidalı mil sahiptir.

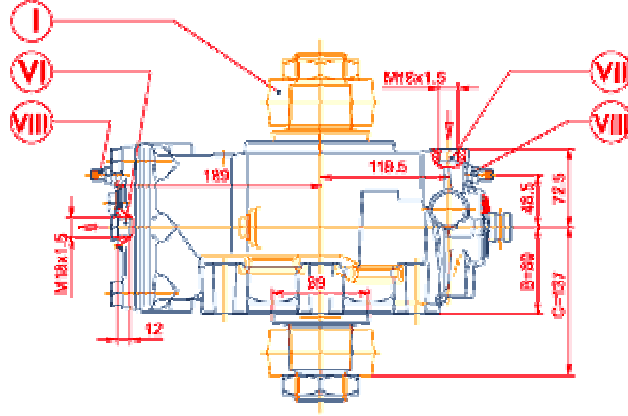
Çalışmada da sektör mili ve piston'u ele alınmıştır. Bu iki parçanın sıcak dövme prosesinden başlayarak talaşlı imalat prosesleri ve ısıtım işlem sonrası boyutsal değişimler ile bu değişimlerin final proseslere etkileri irdelenecektir. Bu çalışmalardan önce Hidrolik direksiyonun şematik görünümüne bakalım.



Şekil 1.1. 8098 tipi servocom direksiyon önden görünüş



Şekil 1.2. 8098 tipi servocom direksiyon yandan görünüş



Şekil.1.3.8098 tipi servocom direksiyon üstten görünüş

Tablo.1.1. Şekillerin genel açıklamaları

<b>I</b>	Sektör mili konik yiv dişli ZGN 738' e göre B 2 5/16" x 48 , isteğe bağlı olarak direksiyon kutusunun sağ veya sol yanında.
<b>II</b>	5 adet dış açılmış delik M20 x 1.5, 24 mm derinlikte isteğe bağlı olarak direksiyon kutusunun sağ veya sol yanında.
<b>III</b>	Direksiyon giriş mili silindirik yiv dişli 1 x 79 to ZGN 715' e göre.
<b>IV</b>	Kullanılan pompa tipine bağlı olarak basınç sınırlama valfi veya yeniden emiş valfi kullanılması gerekebilir.
<b>V</b>	Araç üzerindeki teorik yatay düzlem ve montaj açıları B ve Y.
<b>VI</b>	M18 x 1.5; geri dönüş hattı için vida. Dönüş hattı önerilen iç çap :12 mm, dış çap : 15 mm.
<b>VII</b>	M18 x 1.5; basınç hattı için vida. Basınç hattı için önerilen iç çap:9mm, dış çap:12mm.
<b>VIII</b>	Hidrolik son konum ayarlama civataları.
<b>IX</b>	Hidrolik son konum ayar aralığı.
<b>D</b>	Pitman kolu uzunluğu : HEMA tarafından uygun görülen standart uzunluk 190 - 300 mm.

Şekil 1.1, Şekil 1.2 ve Şekil 1.3 'te verilen servocom direksiyon görünüşleri Tablo 1.1 de teknik olarak kısaca açıklanmıştır.

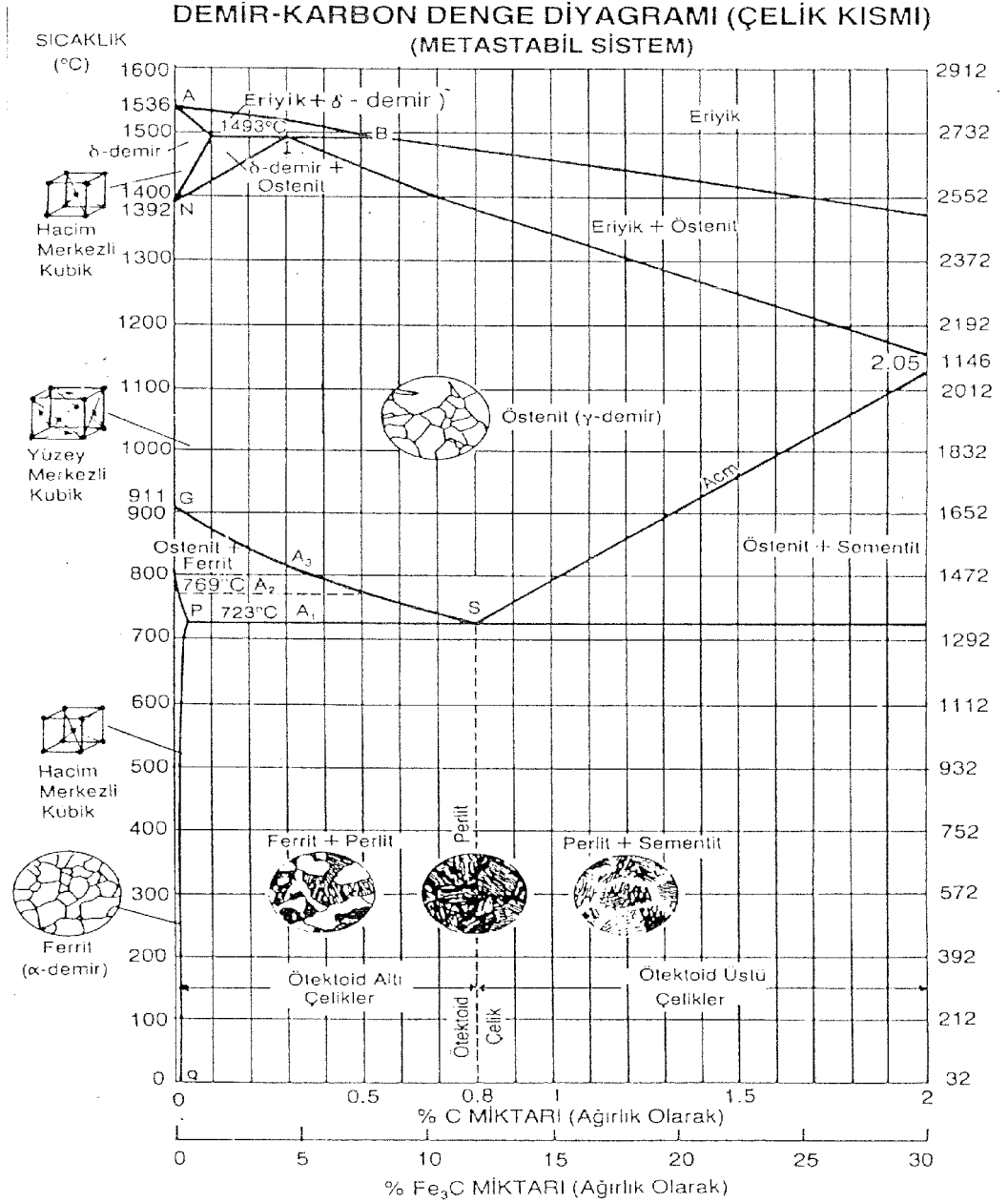
## BÖLÜM 2. ISIL İŞLEM

### 2.1. Isıl İşlem Tekniği

Isıl işlem “bir metal veya alaşıma katı halde, arzu edilen özellikleri elde edebilmek amacıyla uygulanan, zamana bağlı, ısıtma ve soğutma işlemlerinin bir arada uygulanması” olarak tanımlanır. Kısaca, çeliklerin yapıları göz önünde bulundurularak; belirli özellikler kazandırmak amacıyla kontrollü olarak uygulanan ısıtma ve soğutma işlemlerinin bütünüdür ısıtma işlemi. Bütün çelik ısıtma işlemleri ostenitin dönüşümü ile ilgilidir. Ostenitin dönüşümü sonucunda ortaya çıkan ürünlerin özellikleri ve görünüşleri, herhangi bir çeliğin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirler. Çelik ısıtma işleminde ilk aşama, malzemeyi ostenit elde etmek üzere belirli bir kritik bölgede veya bunun üzerindeki bir sıcaklığa ısıtmaktır. Çoğu zaman, istenilen sıcaklığa kadar olan ısıtma hızı, ısıtma işlemi çevrimindeki diğer faktörlerden daha az önemlidir. Buna karşılık önceden büyük oranda şekil değiştirmiş, dolayısıyla da iç gerilmeler etkisi altındaki malzemeler, iç gerilmelerden kurtulmaları için ve çarpılmaları önlemek amacıyla daha yavaş ısıtılmalıdır.

Ayrıca parça kuvvet etkisinden uzaklaştırılması durumunda dahi parça üzerinden kaybolmayan etkiler artık gerilmeler olarak tanımlanır. Artık gerilmeler, ısıtma işlemi sırasında, iş parçasında sıcaklık dağılımı bozukluklarına veya uygun olmayan koşullarda faz değişikliklerine neden olduğundan sonuçta çarpılmalara veya çatlak oluşumuna ve bazı durumlarda da parçanın serviste çok çabuk hasara uğramasına yol açar.

Artık gerilmeler yüzeyde çekme, iç kısımlarda basma veya tam tersi olarak ortaya çıkabilir. Gerek parçanın kullanılabilirliğini, gerekse ısıtma işlemi etkinliğini arttırmak üzere mümkün olduğunca, son işlemlerden önce giderilmelidir. Bunun için, “gerilme giderme tavlama” “yeniden kristelleşme tavlama” “normalizasyon tavlama” veya “tam tavlama” yöntemlerinden biri uygulanır.



Şekil 2.1 Demir-Karbon Denge Diyagramı

Şekil 2.1 'de de görüleceği üzere çeliğin yapısındaki karbon miktarı ısıl işlem için en önemli parametresidir. Çalışmalarında kullandığım alaşımlı çelik ZF lisansör firmasının özel olarak amacına uygun tasarladığı ve kendi standardı ile ZF1A olarak tanımladığı çeliktir. Bu çeliğin kimyasal kompozisyonu aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.1 ZF1A Alaşımli Çeliğin Kimyasal Kompozisyonu

C= 0,15~0,19	Mo= 0,25~0,35	Sn= max. 0,03	Si= max.0,40	Ni= 1,40~1,70
Ti= max.0,005	Mn= 0,50~0,90	Cu= max.0,30	Ca= max.0,003	P= max.0,025
Al= 0,02~0,05	Sb= max.0,005	Cr= 1,50~1,80	N= min. 0,009	O= max.0,0025

Sektör mili ve piston aynı özelliklere sahip malzemedен sıcak dövme metodu ile üretilmektedir.

## 2.2. Isıl İşlem ile İlgili Temel İlkeler

### 2.2.1 Dönüşüm Sıcaklığı

Dönüşüm sıcaklığı, katı haldeki bir metal malzemenin faz değişiminin oluştuğu sıcaklıktır.

Çelik malzemenin çeşitli dönüşüm sıcaklıklarını belirtmekte kullanılan kısa gösterimler aşağıda verilmiştir.

$A_{c1}$  = Isıtma sırasında ostenitin oluşmaya başladığı sıcaklıktır.

$A_{cm}$  = Ötektoit üstü çeliklerin ısıtılması sırasında, ostenit ile birlikte bulunan sementitin ostenite dönüşümünün tamamlandığı sıcaklıktır.

$A_{c3}$  = Isıtma sırasında ferriitin ostenite dönüşümünün tamamlandığı sıcaklıktır.

$A_{r1}$  = Soğutma sırasında ostenitin ferrit ve sementite (perlit) dönüşümünün tamamlandığı sıcaklıktır.



$A_{r_{cm}}$  = Ötektoit üstü çeliklerin soğutulması sırasında ostenitten sementitin ayrışmaya başladığı sıcaklıktır.

$A_{r_3}$  = Soğutma sırasında ostenitin ferrite dönüşmeye başladığı sıcaklıktır.

$A_{r_4}$  = Soğutma sırasında delta demirin ostenite dönüşümünün tamamlandığı sıcaklıktır.

### 2.2.2. Çelikte Isıl İşlem Önce ve Sonrası Mevcut Yapı Elemanları

OSTENİT :  $A_3 - A_{cm}$  üzerinde meydana gelir. Yumuşak ve gayri manyetiktir.

PERLİT : 0.80 C.'lu ötektoit çelik yapısı perlit olup; sementit ve ferritten müteşekkildir.

FERRİT : Az miktarda C ihtiva eden demirdir. Çok yumuşaktır.

MARTENZİT : Ostenitin ani soğumasıyla elde edilen iğnesel ve sert bir yapıdır.

BEYNİT : Ostenitleştirilmiş çeliğin  $M_s$  üzerinde soğutulması ile sağlanır.

SORBİT : Ostenitleştirilmiş yapının uygun soğutulması ile elde edilir.

## BÖLÜM 3. GENEL ISIL İŞLEM TÜRLERİ

### 3.1.Tavlama

Tavlama işleminin genel amacı, çeliğin sertliğini azaltmak veya çeliğin daha sonraki imal işlemlerini kolaylaştıracak bir yapıya sahip olmasını sağlamaktır. Genel olarak kritik sıcaklık civarına kadar ısıtılıp, belli bir müddet bu sıcaklıkta tutmaya müteakip yavaş yavaş soğutma işlemidir.

Çok değişik gayeleri dolayısıyla uygulama türleri vardır.

- a. Çeliğin talaşlı işlenebilirlik kabiliyetini arttırmak.
- b. Çeliğin mekanik özelliklerini iyileştirmek.
- c. Sünekliliği arttırmak.
- d. Kimyasal homojensizliği kaldırmak.
- e. Mikro yapıyı değiştirmek ve sertleştirme için arzu edilen yapıyı elde etmek.
- f. İç gerilmeleri kaldırmak.

Bu gayelerin uygulamasına çeşitli tavlama türleri kullanılır.

1. Normalizasyon,
2. Yumuşak (tam) tavlama,
3. Gerilmeleri giderici tavlama,
4. Küreselleştirme tavlama,
5. Rekrizalizasyon tavlama,
6. İzotermik tavlama

### 3.2. Normalizasyon (Normalleştirme Tavı)

Pratik olarak bir tavlama türü olmasına rağmen önemi ve kısmi farkı nedeniyle bazen ayrı bir bölüm olarak incelenebilir.

Ac3 sıcaklığının 50°C üzerinde tavlamaya müteakip havada soğutma işlemidir.

Havada soğutma işlemi nedeniyle; havada sertleşebilen çeliklere bu işlem uygulanmaz.

Normalizasyonun başlıca amaçları;

- Bütün döküm parçalar, bu işleme tabi tutulur
- Sıcak şekillendirmeye müteakip talaşlı işleme özelliği kazandırmak için uygulanır.
- Soğuk şekil verme işleminden sonraki sertlik ve kırılganlığı bertaraf etmek için
- Kaynak işleminden sonra
- Yanlış sertleşmeyi gidermek için

Normalize işlemi uygulanır.

### 3.3. Sertleştirme

Sertleştirme işlemi, öncelikle çelik parçanın ostenit faz sıcaklığına kadar ısıtılması ve bu sıcaklıkta belli bir süre tutularak, uygun bir ortamda hızla soğutulması işlemidir. Ostenit sıcaklığında tutma süresini çelik parçanın ostenit fazda homojen bir yapıya ulaşması belirler ve bu süre çeliğin kimyasal bileşimine bağlı olarak değişir.

Ötektoit altı çelikler için tavsiye edilen ostenitleştirme sıcaklığı A<sub>3</sub> çizgisinin yaklaşık 10°C üzerindedir. Ötektoit üstü çelikler için ise, ostenitleştirme sıcaklığı genellikle A<sub>cm</sub> ile A<sub>1</sub> çizgileri arasındadır. Ötektoit üstü çelikler için, bu sınırlar arasındaki sıcaklıktan yapılacak sertleştirme işlemi sırasında, mikro yapıda çözülmemiş

karbür taneleri görülür.  $A_{cm}$  çizgisi büyük bir açı ile yükseldiği için ostenit fazda proötektit sementit çözülmesi için yüksek sıcaklığa çıkmak gerekir. Bu durum ostenit tane büyümesine sebep olacağından, soğutma esnasında parçanın çatlama tehlikesini artıracaktır.

Östenit faz sıcaklığında homojenliği sağlamak için yeterli süre bekletilmiş çelik parça, yüksek hızda soğutulursa martenzite dönüşür. Dönüşüm esnasında çeliğin kristal yapısında, yüzey merkezli kübükten hacim merkezli tetragonal kristal yapısına değişiklik olur. Hacim merkezli tetragonal kristalin boyutlarındaki oran (c-a oranı) , çeliğin kimyasal bileşimindeki karbon miktarındaki artışa bağlı olarak büyür. Martenzit sertliğinin esası çeliğin kristal yapısındaki bu değişikliktir. Östenitin martenzite dönüşümünün birkaç önemli karakteristiği vardır. Bunlar:

- Dönüşüm, difüzyonla değil, bir kayma hareketi sonucudur.
- Kimyasal bileşimde bir değişiklik olmaz.
- Dönüşüm sadece sıcaklık azalmasına bağlıdır. Soğutma durursa dönüşüm de durur. Yani dönüşüm zamana bağlı değildir. Martenzit dönüşümünün başlama sıcaklığı  $M_s$  sona erme sıcaklığı  $M_f$  olarak bilinir. Eğer çelik parça, bu iki sıcaklık değeri arasında bir noktada tutulursa martenzit dönüşümü durur ve sıcaklık düşmedikçe dönüşüm ilerlemez.
- $M_s$  değeri her çelik kalitesine göre karakteristiktir ve sadece kimyasal bileşiminin bir fonksiyonudur. Parçanın soğuma hızı değiştirilerek  $M_s$  sıcaklığı değiştirilemez.
- Çeliğin kimyasal bileşiminden,  $M_s$  sıcaklığının hesaplanması mümkündür. Bu amaçla çeşitli formüller geliştirilmiştir. Aşağıda bunlardan bir tanesi verilmiştir.  

$$M_s(^{\circ}C) = 539 - 423C - 30.4Mn - 12.1Cr - 17.7Ni - 7.5Mo$$
- Martenzitin en önemli özelliği çok sert oluşudur. Martenzit sertliği artan karbon miktarına bağlı olarak yükselir. Ancak karbon miktarının %0.7'yi geçmesinden itibaren martenzit yapıda görülebilecek artık ostenit, sertlik azalmasına sebep olacaktır.

Parçanın soğuma hızına tesir eden çeşitli faktörler vardır. Bunları şöyle sıralayabiliriz:

- Sertleştirme ortamının cinsi
- Sertleştirme ortamının sıcaklığı
- Parçanın yüzey şartları

- Parçanın ebadı

### 3.4. Menevişleme

Sertleştirme sonrası elde edilen martenzit yapı birçok uygulama için fazlasıyla sert ve gevreklerdir. Aynı zamanda, ostenitin martenzite dönüşümü parçada yüksek gerilimler bırakır. Bu sebeplerden hemen parçanın gevrekliğini gidererek tok bir yapı kazandırmak ve hem de ortaya çıkmış gerilimleri gidermek amacıyla menevişleme adı verilen ısıtma işlemi uygulanır. Menevişleme, çelik parçasının  $A_1$  sıcaklığı altında belli bir süre ısıtılması işlemidir. Bu işlem,  $A_1$  sıcaklığına ( $723^{\circ}\text{C}$ ) kadar geniş bir sıcaklık alanında yapılabileceğinden, çeliğin mekanik özellikleri ve mikro yapısında bazı değişiklikler söz konusu olacaktır. Menevişleme sıcaklığı alanında, sıcaklık yükselirken genel olarak sertlikte azalma ve toklukta artma gözlenir. Ancak, yükselen sıcaklıkla tokluğun artması, çekme deneyinde kesit daralması veya uzama olarak ölçüldüğünde doğrudur. Fakat eğer tokluk çentik darbe deneyi ile ölçülecek ise, menevişleme işleminde yükselen sıcaklıkta tokluğun artacağı genellemesine gidilemez.

### 3.5. Sementasyon

Sementasyon işlemi, yüzey sertleştirme metodlarından biri olup en eski ve en yaygın olarak kullanılanıdır. Esas itibarıyla, düşük karbonlu çelik parçasının yüzeyine karbon emdirilmesi işlemidir. Karbon emdirilmesi işlemi, çelik parçasının

karbonmonoksit (CO) ihtiva eden bir ortamda, ostenit faz sıcaklığına kadar ısıtılmasıyla, gaz-metal reaksiyonu sonucu oluşur. Genellikle 850~950 °C arasında bir sıcaklık kullanılır ki bu sıcaklığa sementasyon sıcaklığı adı verilir.

Çelik yüzeyindeki dekarbürizasyon tabakası, sementasyon sonrası yapılacak sertleştirme işleminde martenzit yapıya dönüşmeyeceği için yüzeyde yumuşak bir bölge oluşturur. Bu ise çoğu zaman arzu edilmeyen bir durumdur. Dekarbürizasyon tabakasının oluşumunu önlemek için, fırın atmosferinde endotermik gaz karışımı sağlayarak, çelik parçasının yüzeyi karbondioksit, oksijen ve su buharından korunarak sağlanabilir.

Çelik parça, sementasyon sıcaklığında karbon difüzyonunun arzu edilen derinliğe kadar ilerlemesi için yeterli süre tutulur. Bu süreye sementasyon zamanı adı verilir. Sementasyon zamanı süresince, çelik parçanın yüzeyinden içeriye doğru difüz eden karbonun ilerleme derinliğine sementasyon derinliği denir. Eğer çelik parça, sementasyon sıcaklığından yavaşça soğutulursa, sementasyon derinliği boyunca değişen karbon miktarına bağlı olarak çeşitli yapılar oluşur. Bu yapılar, çelik parçasına sementasyon sonrası, fırından yavaş soğutulularak alındıktan sonra mikroskopta incelenmesiyle açıkça görülebilir. Önce, yüzeyde teşekkül eden ötektoit üstü bölgede, sementit ve perlit yapılar görülür. Bunun altında oluşan ötektoit bölge sadece perlit yapıdadır.

## BÖLÜM 4. SERTLEŞTİRME SIRASINDA OLUŞAN BOYUTSAL DEĞİŞİMLER

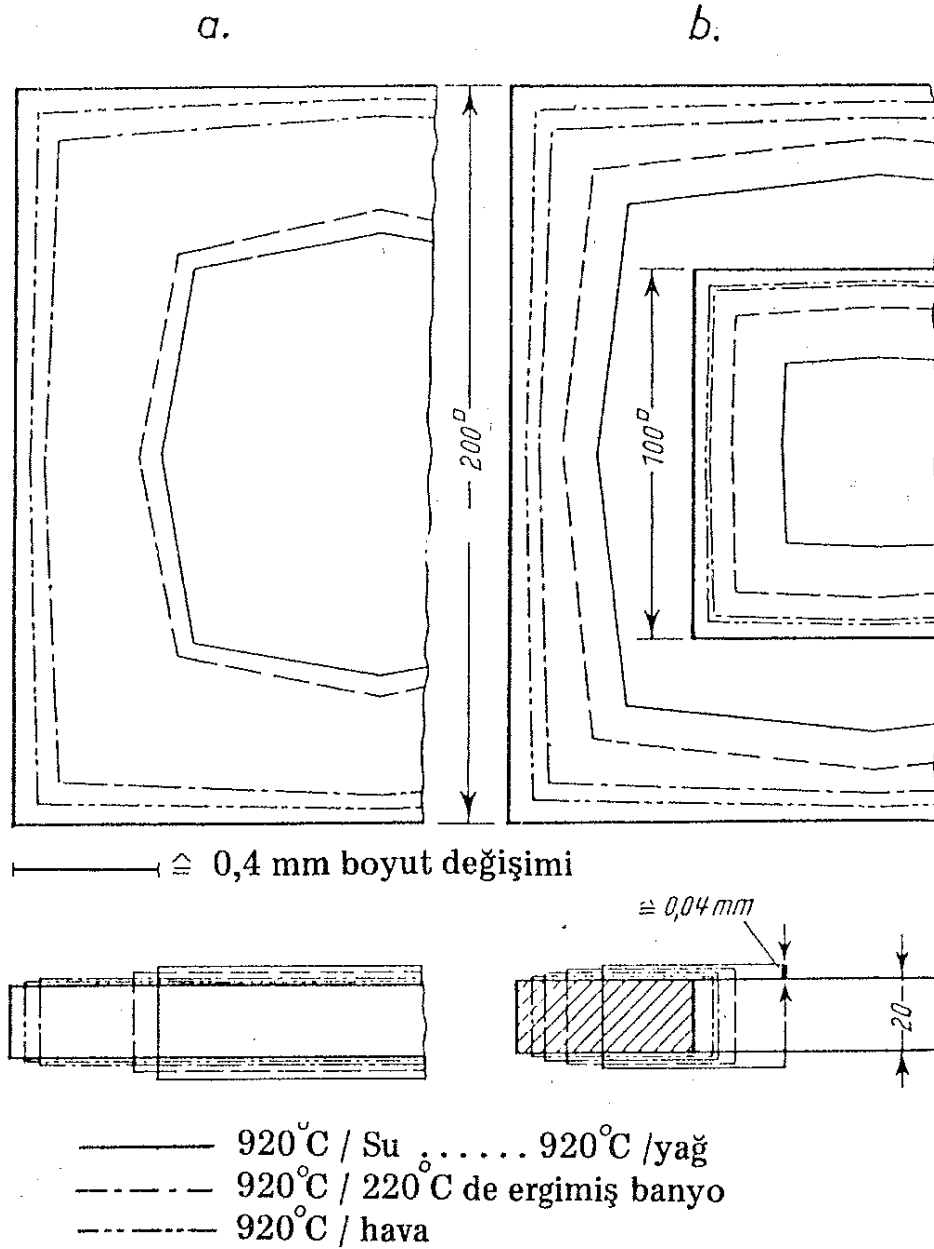
Boyutsal değişimlerin ana nedenlerinden biri, metalin soğuması sırasında meydana gelen gerilmelerdir. Diğer bir neden de, martenzit dönüşümü sırasında oluşan dönüşüm gerilmeleridir.

### 4.1. Termal (Isıl) Gerilmeler

Bir metal kütleinin soğuması sırasında dış tabaka çok çabuk soğur ve daralır. Daha yumuşak olan iç kısımlar, küresel varsayılan bir şekle dönüşmeye çalışırlar, ki bu deformasyon sürecinde en düşük direnci gösteren bir şekildir.

Termal gerilmelerin etkisi en iyi bir şekilde, martenzitik dönüşüm ihtimalinin göz önünde bulundurulmadığı, düşük karbonlu çeliklerde incelenebilir. Bu konuda diğer uygun bir çelik türü ostenitik çeliktir. Frehser ve Lowitzer, soğuma hızının 200x200x20 mm boyutlarında yumuşak çelikten yapılmış kütükler üzerindeki etkisini gösteren bir seri araştırmalar yürütmüşlerdir. Şekil 4.1 de gösterilen kütük (a) bir katı olup kütük (b) ise 100x100 mm boyutlarında kare şeklinde bir delik içermektedir. Boyutsal değişimleri açık olarak belirtmek için bunlar büyük ölçüde çizilmişlerdir. Şekil 4.1 e göre su verme, ne kadar şiddetli olursa, değişimler o denli fazla olmaktadır. Şekil 4.2 ise, soğutma sırasında sıcaklık düşüşünün fazla olması durumunda, deformasyonun da yüksek olacağı hususunu göstermektedir.

Boyutsal değişimlere, çeliğin yüksek sıcaklık mukavemetinin de, bir miktar etkisi vardır. Şekil 4.3 gösterildiği gibi, en yüksek sıcak mukavemete sahip bir çelik (18/8 paslanmaz çelik) en yüksek boyutsal kararlılık göstermektedir.

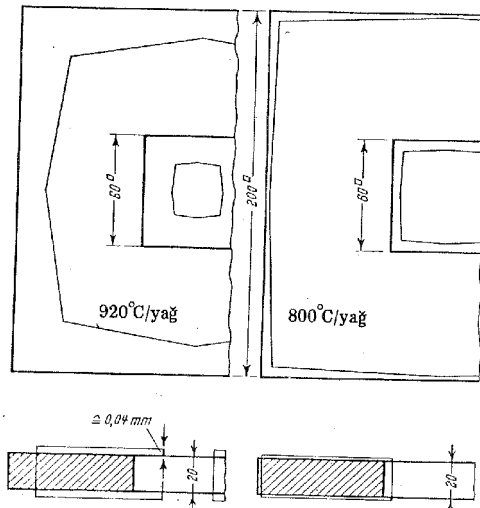


Şekil 4.1. Yumuşak karbonlu çelikten (%0,10) yapılmış plakalarda, su, yağ, erimiş su verme banyosu ve havada soğutma sonrası, meydana gelen yapısal değişimler.

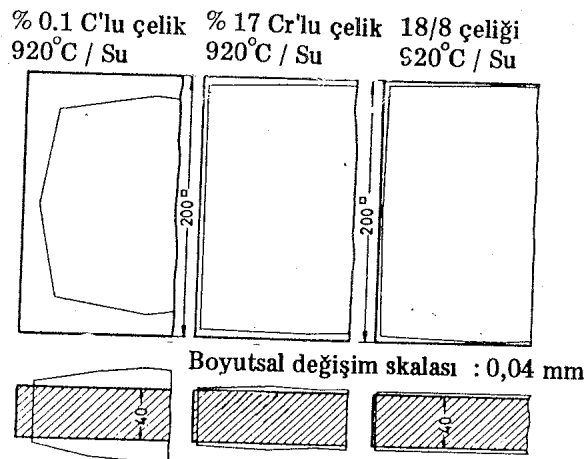


## 4.2 - Dönüşüm Gerilmeleri

Çeliğin ısıtılması ve soğutulması sırasında bir seri yapısal dönüşümler meydana gelir. Çeliğin yapısında mevcut olan çeşitli fazlar veya partiküller farklı yoğunluklara sahip olduklarından, bunların özgül hacimleri de farklı olmaktadır. (Tablo 4.1)



Şekil 4.2. Yumuşak karbonlu bir çelikte yağda soğuma sırasında meydana gelen boyutsal değişimlere, ısıtma sıcaklığının genliğinin etkisi.



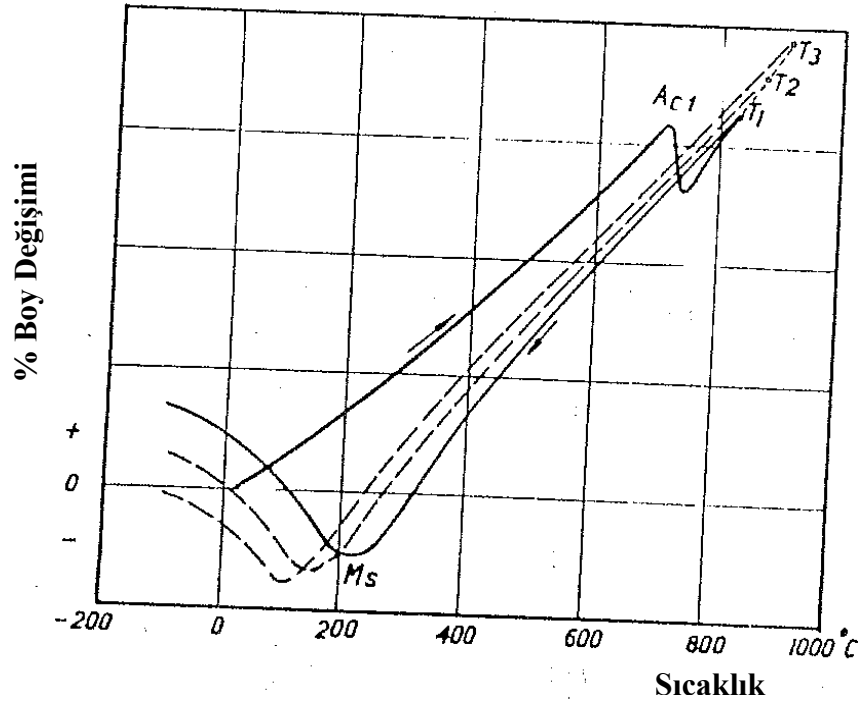
Şekil 4.3. Farklı bileşimlerdeki çelik plakalarda, 920°C den suda soğutma sonrası meydana gelen, boyutsal değişimler.

Ostenit veya martenzitin içersinde erimiş halde bulunan karbonun özgül hacme etkisi nispeten fazladır. Sertleşmeye ilişkin dönüşümler sırasında meydana gelen hacim değişimini hesaplarken, gerçek ilginin, tablo 4.2 den görüldüğü gibi, karbon miktarına gösterilmesi gerekir.

Tablo 4.1 Karbon Takım Çeliklerinde Mevcut Fazların Özgül Hacimler

Faz veya Faz Karışımı	Karbon Sınırı %	20°C deki Hesaplanmış Özgül Hacim, cm <sup>3</sup> /gr
Ostenit	0-2	0,1212+0,0033 (%C)
Martenzit	0-2	0,1271+0,0025 (%C)
Ferrit	0-0,02	0,1271
Sementit	6,7±0,2	0,130±0,001
Epsilon karbür	8,5±0,7	0,140±0,002
Grafit	100	0,451
Ferrit + Sementit	0-2	0,1271 + 0,0005 (%C)
Düşük karbonlu martenzit + epsilon karbür	0,25-2	0,1277 + ,0015 (%C-0,25)
Ferrit + epsilon karbür	0-2	0,1271 + 0,0015 (%C)

Çeliğin boyunda meydana gelen değişme miktarı dilatometre kullanılarak saptanabilir. Bunun için çelik çubuk iki kuartz arasına yerleştirilir. Ve ısıtma ve soğutma arasında çeliğin boyunda meydana gelen değişimler ölçülür. Eğer soğutma martenzitin oluşabileceği çok yüksek bir hızda yapılırsa, şekil 4.4 te gösterildiği gibi, sürekli eğrinin özellikle önemli olduğu bir diyagram elde edilir. Isıtma sırasında, çeliğin ostenite dönüşmesinden ötürü kısalma gösterdiği Ac<sub>1</sub> sıcaklığına kadar boyda sürekli bir artış olur. Ostenit oluşumu tamamlandıktan sonra boy tekrar uzar, ancak ostenitin uzunlamasına genişleme katsayısı, ferritinkinin aynısı değildir.



Şekil 4.4. Isıl işlem uygulanabilir bir çelikte ısıtma ve soğutma sırasında uzunlukta oluşan değişim.

Soğuma sırasında termal olarak daralma yer alır ve martenzit oluşumu sırasında çeliğin boyu artar. Oda sıcaklığına soğutma sonrası tüm martenzitik çelikler bir miktar kalıntı ostenit içerirler. Bu, ostenitleme işlemi sırasında erimiş halde bulunan alaşım elementi miktarı ile artar. Sertleşme sonrası çelikteki mevcut kalıntı ostenit miktarı ne kadar yüksek ise, boydaki veya hacimdeki azalma o denli az olur. Eğer kalıntı ostenit miktarı yeterince yüksek ise, genellikle hacim azalması söz konusudur. (Şekil 4.4 te T3 eğrisi) Bununla beraber, ostenitin hacmi, içerisindeki erimiş karbon miktarı ile artacağından, hacim değişikliği hesaplanırken bu hususun göz önünde tutulması gerekir.

Tablo 4.2 Değişik Fazlara Dönüşüm Sırasında Oluşan Hacim Değişimleri

Dönüşüm	% Hacim değişimi
Küreleşmiş perlit → Ostenit	-4.64 , +2.24 (%C)
Ostenit → Martenzit	4.64 , -0.53 (%C)
Küreleşmiş perlit → Martenzit	1.68 (%C)
Ostenit → Alt beyrit	4.64 , -1.43 (%C)
Küreleşmiş perlit → Alt beyrit	0.78 (%C)
Ostenit → üst beyrit	4.64 , -2.21 (%C)
Küreleşmiş perlit → Üst beyrit	0

Martenzit ve ostenit oranlarını, erimiş karbon miktarıyla beraber esas alarak, tablo 4.1 deki dataların yardımıyla sertleştirme sırasında meydana gelen hacim değişikliğini hesaplamak mümkündür. Eğer çelik erimemiş sementit içerirse, bu hacmin hesaplama sırasında çıkarılması gerekir. Sonuç olarak teorik hesaplama, aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\Delta V/V = (100 - V_c - V_a)/100 * (1,68 * C) + V_a/100 * (-4,64 + 2,21 * C)$$

Burada,

$\Delta V/V$  = % hacim değişimi

$V_c$  = % erimemiş (çözülmemiş) sementit miktarı (hacim)

$V_a$  = % ostenit miktarı (hacim)

$100 - V_c - V_a$  = % martenzit miktarı (hacim)

$C$  = Ostenit ve martenzitte erimiş % ağırlıkça karbon miktarı.

% 1 C içeren karbonlu çeliklerde teorik olarak, sertleştirme sırasında hacim değişiminden kaçınmak mümkündür. Bunun için çeliğin örneğin, %10 erimemiş sementit ve %13 kalıntı ostenit içermesi gerekir. Bu halde martenzit haldeki karbon miktarı ca %0.38 dir. Böyle bir düşük karbonla %13 miktarında kalıntı ostenit elde edilemez. Bu çelikte eğer sementitin tümü çözümlenecekse bu durumda da %40'lık bir kalıntı ostenite gerek olacağından, hacim değişiminden kaçınmak yine de söz konusu olması mümkün değildir. Dolayısıyla %1 C'lu çelikte sertleştirme sırasında hacim artışı her zaman beklenmelidir. Böyle bir çelikte 10 mm'den küçük boyutlarda tam bir

sertleşme sağlandığı için, daha büyük boyutlardaki hacim artışı çok fazla olmamaktadır. Çünkü böyle hallerde sertleşmiş tabaka toplam hacmin ancak % birkaçını oluşturmaktadır. Karbonlu çeliklerde olduğu gibi martenzit ve kalıntı ostenit miktarının aynı kaldığı farz edilerek, yüksek sertleşebilirliğe sahip çeliklerde daha fazla hacim artışı beklenebilir. Ancak kalıntı ostenit miktarının yüksek alaşımlı çeliklerde fazla olması artan sertleşebilirlikten ileri gelen hacim artışını telefi eder. Orta ve yüksek alaşımlı takım çeliklerinde kalıntı ostenit miktarı ve dolayısıyla buna bağlı hacim artışı Şekil 4.4 te gösterildiği gibi sertleştirme sıcaklığı ile kontrol edilebilir. Bu olayda sertleştirme sıcaklığı T2, oda sıcaklığına soğuma sonrası hacimde herhangi bir artışa neden olmaz eğer T3 gibi sertleştirme sıcaklığının kullanımından ötürü bir hacim azalması olursa bu azalma miktarı 0 altına soğutma işlemi ile telafi edilebilir.

Tüm yönlerinde aynı özelliklere sahip bir malzeme (isotropik) boyda meydana gelen relatif değişme hacmin 1/3 üne eşittir. Ancak, mühendislik malzemeleri anizotropik olduklarından sertleşme sırasında meydana gelen lineer değişme haddeleme yönünde ve buna dik yönde aynı değildir.

D2 ve D6 türü yüksek kromlu çeliklerdeki karbürler haddeleme yönünde uzanırlar. Sertleşme sürecinde bu çelikler haddeleme yönünde diğer yönlerle oranla çok daha fazla genişleme gösterirler. Frehser'e göre bunun nedeni çeliğin ostenitlenme safhasına kadar ısıtılması sürecinde karbürlerin matriks kadar uzama göstermemeleridir. Soğuma sırasında karbürler matriksin uzunlamasına yönünde termal daralmasını engellerler. Bu teorinin henüz herhangi bir ilmi kanıtı olmamasına karşın olayı hatırlama ve kolay kavrama bakımından basit bir model olarak görülebilir. Yukarıdakilerden başka diğer çelik türleri de çok fazla anizotropi gösterirler.

## BÖLÜM 5. GERİLME GİDERMEDE YENİ ISLAH YÖNTEMLERİ

Ersan TANER (Roketsan A.Ş.) konu hakkında yaptığı çalışmalarda aşağıdaki sonuçlara ulaşmıştır.

Makina parçalarının iç gerilimlerini gidermek için bulunan yeni yöntemler, parçaların daha uzun ömürlü ve sorunsuz çalışmasını sağlıyor. Mekanik sistemlerin performansını en güvenilir yöntemler olan yağlama ve ısıl işleme geliştirmek mümkünken, artık yeni geliştirilen metodlar ile de yüksek performans elde edilebiliyor. Yeni teknolojiler arasında, Harmonik altı vibrasyonla gerilim giderme (Subharmonic vibrational stress relief-SVSR), Dondurma – kriyojenik ıslah (cryogenics), ve iyon depolama sayılabilir.

Gerçekten de, SVSR yönteminde, vibrasyonla parçadaki gerilimler yok ediliyor. Dondurma (kriyojenik) yöntemiyle parçaya -185°C de soğuk ıslah yapılıyor ve üzerindeki gerilimler yok ediliyor. Gerilimi almamasına karşın, iyon depolama, elektriği kullanıp kuru bir yağlayıcı film tabakası oluşturarak rulmanlara ve diğer hareketli parçalara kaplama yapıyor ve bu sayede bu parçalarda kullanılan yağ ve gres gereksinimini ortadan kaldırıyor. VİBRASYONLA GERİLİMİ GİDERME SİSTEMİ 1950'lerde Amerikan Ordusu, harmonik titreşimleri uçak kanatlarını test etmek için kullanmıştı. Araştırmacılar, rezonans frekanslarında titreşim yapan bir çok parçada yüksek boyutlu sehimplere (high amplitude deflections) rastlandığını, bunun da parçanın kırılması-zarar görmesi anlamına geldiğini belirtiyorlar. Bununla beraber aynı araştırmacılar, bazı parçaların da rezonans frekanslarında salınım yapmasına karşın hala çalışabildiğine tanık olduklarını söylüyorlar. Rezonans frekanslarında titreşen bir parçanın hasar görmesini kontrol etmek güçlüğünden bu gözlemin gerçekleştirilmesi oldukça zordur. Bonal Technologies'deki mühendisler, titreşimi gerilim alma problemlerini çözerken kullandılar ve hasarlanma sorununu da çözmüş görünüyorlar. Buldukları çözüm, parçayı rezonans frekansının hemen altındaki bir değerde titreşime tabi tutmak. Harmonik altı vibrasyonla gerilim giderme (SVSR) adı verilen bu yöntemle, önce metal parçadaki rezonans frekanslarını belirlemek, ardından da parçayı

belirlenen rezonans frekanslarının birinin hemen altında titreştirmek öngörülüyor. Bu işlemle parçadaki gerilim alınıyor.

Talaşlı imalat, parça üzerinde birçok artık stres, iç gerilim bırakır. Örneğin, kaynak, döküm, dövme ve talaşlı imalat sonrasında parçada ısıl gerilimler oluşur. Isıl gerilimleri olan parçalar, talaşlı imalat sırasında hasar görebilir, bozulabilir veya zaman içinde kullanımı sırasında kırılabilir. Parçadaki artık gerilimleri almanın ilk aşaması, parçanın harmonik frekansının belirlenmesidir. Tüm cisimler doğal harmonik frekansa sahiptirler. Isıl iç gerilimlere sahip parçaların doğal harmonik frekanslardan farklı harmonik frekansları vardır. Bu parçalara harmonik altı (subharmonic) frekanslarda titreşim uygulanırsa, parça ısıl gerilimleri yok edecek enerjiyi absorbe eder. Bu da, harmonik frekanslarını kendi doğal harmonik frekanslarına taşımalarını sağlar. SVSR, (Harmonik altı titreşimle gerilim giderme) yöntemini uygulayan sistemlerden birisi de Bonal Technologies firmasının ürettiği Meta-Lax adı verilen sistemdir. Bu sistem, bir kuvvet üretici, bir transduser ve bir kontrol kısmından oluşur. Kuvvet üretici, doğrudan parçaya bağlanıyor veya parçanın civatalarla bağlandığı tablaya tutturuluyor. Kuvvet üretici, parça üzerinde ilerleyen kontrollü titreşimler yaratıyor. Transduser ise, kontrol kısmına, kuvvet üreticinin oluşturduğu kuvvetin gücü hakkında bilgi veren harmonik düzenli sinyaller gönderiyor. Sistem, parçaya ilk önce, harmonik tepe frekansını belirleyecek titreşimler gönderiyor. Daha sonra parçaya, parçanın titreşim profilindeki harmonik tepe noktasına dayanarak, harmonik altı bölgeden titreşimler gönderiyor. Birkaç dakikalık harmonik altı titreşimden sonra parçanın titreşimi durduruluyor ve harmonik tepe frekansı yeniden kontrol ediliyor. Eğer SVSR yöntemi verimli olduysa, yeni tepe frekansı orjinal tepe frekansından daha düşük bir değerde olacaktır. Bir sonraki aşama, prosesi tekrarlamak ve yeni tepe frekansı değerini kontrol etmektir. Eğer parçadaki yeni tepe frekansı bir önceki ölçümdeki değer aynısı ise, bu parçanın doğal harmonik frekansında titreşim yaptığını gösteriyor. Titreşim ile parça içi gerilimin giderildiği bir diğer yöntem de rezonans titreşim ile gerilim giderme (RVSR)dir. Bu yöntemde parça, anlaşılacağı gibi rezonans frekansında titreşime tabi tutulur. Kuvvet üretici, parçalara, rezonans frekanslarının altında titreşim verdiğinde, parçalar, aldıkları enerjinin çoğunu kuvvet üreticiden sağlarlar. Ancak, parçalar rezonans frekanslarında titreşim yaptıklarında, enerjiyi yeterince alamıyorlar ve verilen kuvvetin etkisi ölçülemiyor. SVSR yöntemi ise, parçanın geriliminin tamamen giderilmesi amacıyla

sürekli tekrarlanan harmonik frekans ölçümlerinden ötürü, ölçülebilir bir proses olarak gözüküyor. Bonal Technologies'den Tom Hebel, SVSR'nin RVSR'ye oranla daha tutarlı sonuçlar verdiğini belirtiyor. Hebel'e göre RVSR tekniğinde parçadaki iç gerilimin giderildiğine dair kesin bir bulgu elde edilemiyor. Kullanılan metodun en az ısı işlemdeki kadar güvenilir ve tutarlı sonuçlar vermesi gerekiyor, aksi takdirde imalat endüstrisi bu yöntemi kullanmaz. Parçadaki gerilimler tamamen alındığında, parçanın talaşlı imalatı daha kolaylaşıyor ve parça daha uzun süreli çalışabiliyor. Bu proses, otomotiv, savunma sanayi gibi sektörlerde sıkça kullanılabilir. SVSR vibrasyonla gerilim giderme sistemini oluşturan parçalar küçük boyutta olduğundan, seyyar olarak taşınabiliyor. Bu sayede üretim sırasında veya üretimden sonra parça kullanımda iken bile bu proses kolayca uygulanabiliyor.

SVSR üretimin birçok aşamasında gerçekleştirilebiliyor. Hassas borlama-frezeleme tezgahları üretimi, yapan Parker Boring firmasındaki bir çalışmada, CNC işleme merkezleri için kaynaklı bilezik parçalar ve dökme demir taretler frezeleni. Parçalar henüz fabrikadan ayrılmadan gerilimleri alınmış olmasına rağmen, üretici firmadan Andy Parker, SVSR makinası ile artık gerilimlerin kalıp kalmadığını kontrol etti. Bazı parçalarda hala az miktarda iç gerilimlerin bulunduğunu tespit etti. Böylece, SVSR makinasını iç gerilimleri almak üzere, parçaların son işlemeden önce her bir parça için çalıştırdı. Daha sonra parçalar diğer fabrikaya götürülerek montaj edildi. Parker fabrikasında taretlerin son frezelemesi yapılmadan önce tüm kompleye SVSR uygulandı. Parker firmasından bir yetkilinin bu işleme dair açıklaması şöyle: "Bu uygulamadaki en önemli nokta, üç ayrı tip malzemeye de aynı anda gerilim giderme işlemi uygulanmasıdır. Bu parçaların ikisinin talaşlı imalatı bitmiş olup, üçüncüsü montajdan sonra yeniden işlenecektir. Bu, ısı işlem ile gerilim gidermede kesinlikle imkansız olan bir işlemdir." Tüm SVSR prosesi, parçanın mukavemetine, elastisite sabitine ve geometrik ölçülerine bağlı olarak yarım saat ile birkaç saat arasında değişebiliyor. Eğer parçalarda hala gerilim kalmışsa işlem tekrarlanıyor. SVSR'nin bir diğer avantajı, parçanın geometrik ölçülerinin büyüklüğünün proses içinde önemli olmamasıdır. Büyük parçalar bir kaç farklı noktadan titreşime tabi tutularak, küçük bir çok parça ise bir tablaya bağlanarak, kuvvet üreticinin tüm tablaya titreşim uygulamasıyla, proses gerçekleştiriliyor.



### 5.1. Soğukta Gerilme Giderme

(Dondurma) kriyojenik yöntem, parçalardaki artık gerilimleri yok etmek için kullanılan diğer bir yöntem. Bilgisayar kontrollü bir proseste parçalar  $-185\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-300^{\circ}\text{F}$ )'ye soğutuluyor ve ardından önce yavaşça oda sıcaklığına, sonra da daha yüksek sıcaklıklara ısıtılıyor. Kriyojenik yöntemle parçanın malzemesinin mikroyapısı göreceli olarak daha yumuşak durumdan daha yoğun ve düzenli bir yapı olarak değiştiriliyor. Proses çok değişik parçalara, örneğin kesme uçları, yarış otomobili motorları, topçu lançerleri gibi parçalara uygulanabiliyor. Proses SVSR'den daha uzun (24-56 saat) sürebiliyor, fakat parçaya bir kez uygulanan bu işlemle malzeme özellikleri tamamen değişiyor. Isıl işlemde parçaya sertlik, tokluk, süneklik, korozyon direnci verilmesine karşın, bir çok çelik malzeme, ısıl işlemden sonra östenit iç yapısını muhafaza eder. Östenit yumuşak demir ve karbondan oluşur. Martenzit ise östenite göre daha düzenli, daha küçük tanecikli bir yapıya sahiptir. Kriyojenik işlemi ile parça iç yapısı östenitten martenzite geçer. Martenzit yapısındaki malzeme, törpüleyici aşınmaya karşı çok dirençli olur. Sadece parçaların yüzeylerinde etkili olan ısıl işlemden farklı olarak, kriyojenik yöntemle parçanın her yerinde iyileştirme gerçekleşiyor. Kriyojenik gerilim almada, parça sıcaklığı her 25 mm'de  $1^{\circ}\text{C}$  değişiyor. Prosesi kontrol eden bilgisayarlar, her parça için özel, tekrarlanabilen soğutma eğrileri oluşturuyorlar. Sıcaklık değişim oranı yeterince yavaşsa, termal büzülme ve genleşme, çekirdekten yüzeye dek düzenli bir biçimde iç gerilimleri azaltarak gerçekleşiyor. Sonuç olarak termal açıdan dengede, ölçüleri değişmemiş homojen bir parça elde ediliyor.

Bu prosesin birçok açıdan yararları var. Örneğin kriyojenik temperlemede parçanın aşınma direnci, dayanıklılığı, çekme mukavemeti ve tokluk değerleri artıyor. Yüksek alaşımlı çelik kesme takımları, bu prosesten sonra uzun süre keskin kalıyorlar, daha az aşınıyorlar ve kırılıyorlar. Endüstriyel kesme takımlarının kriyojenik ıslahı konusunda uzmanlaşan Applied Cryogenics firmasının raporlarına göre, bu proses karbit kesme takımlarının çalışma ömürlerini % 60 oranında arttırmış bulunuyor. Kriyojenik ıslah, yeni olduğu gibi kullanılmış, eski kesme takımlarına da uygulanabiliyor. Kesme takımlarının yeniden işlenip bilenmiş olması kriyojenik ıslah

işlemini etkilemiyor. Proses, titanyum ve diğer metal malzemelerde ölçüsel kontrolü de geliştiriyor ve hatta kalaylama ve krom kaplama gibi yüzey koruma yöntemleriyle eşdeğer performans sergiliyor. Yüksek yüzey gerilimine sahip alüminyumun, kriyojenik ıslah işleminden sonra ölçüleri değişmiyor ve yeni talaşlı imalatlara da hazır oluyor. Bu proses, naylon, teflon ve plastikler gibi sentetik malzemelerde de başarılı sonuçlar veriyor. Bazı uygulamalarda, kriyojenik yöntemle yapılan tasarruf birkaç yüzbin Amerikan doları'na erişebiliyor. Applied Cryogenics'den David Medlyn, "En yüksek tasarrufu 100000 \$ değerindeki büyük hacimli döküm kalıplarında gözlüyoruz, eğer kalıbın ömrünü % 50 arttırabilmişsek, kazancımız 50000 \$ oluyor. Bu, sadece kalıp maliyetinden gelen kazanç. Tasarrufun önemli bir kısmı ise aslında kalıp değiştirme zamanından, yeniden sipariş verme süresinden ve azalan bekleme zamanından kaynaklanıyor. Applied Cryogenics firması, kriyojenik prosesinin motorların ömrünü arttırdığını belirtiyor. Yarış otomobillerinin motorları, yarışlar sırasında sık sık hasar görür. Kriyojenik proses ile bu hasar önleniyor. Örneğin Hixson Engines firmasından Butch Hixson, 8000 dev./dak.da çalışan küçük bloklu bir Chevrolet motoruna kriyojenik proses uyguladı. Kriyojenik proses uygulandıktan sonra, motor devri 8500 dev./dak.'ya ulaşabiliyor ve tüm yarış sezonunu hasarsız kapatabiliyor. Sezon sonunda motor bakıma alındığında normalde 0.050-0.075 mm aşınma beklenen piston yataklarında 0.00635 mm aşınma gözleniyor. Bu prosesin dezavantajı, çok hızlı bir üretim temposunda işleri, en az 24 saat sürmesinden ileri gelerek yavaşlatması. Ayrıca soğutma odalarının ölçüleri de burada ıslah edilecek parçalar için kısıtlayıcı bir etmen.

## 5.2. Yağlamaya İyon Depolaması Yaklaşımı

Yağlama, sürekli dikkat gerektiren bir konudur. Yağ, bir çok makina elemanının düzgün çalışmasını sağlıyor, fakat yarı-iletken üretimi gibi bazı hassas üretimlerde

kirlilik yaratıyor. Az sürtünmeli bir ortamın kritik olduğu zamanlarda ise, yağ, hareketli parçalar üzerinde yapışkan bir hal alarak parçaların çalışmasını olumsuz yönde etkiliyor. Böyle zamanlarda tasarımcılar parçaları yağsız çalıştırmayı tercih ediyorlar. Champion Bearings firması mühendisleri, katı bir yağlayıcı film kullanarak, sürtünmeyi, yağ kullanılan yağlama sistemlerinden daha düşük düzeyde tutacak bir yöntem geliştirdiler. Bu yağlamadaki ana prensip, yağın iki hareketli parça arasında bir sınır oluşturmasıdır. Parça yüzeyinde mikron seviyesinde, bir çok irili ufaklı girinti ve çıkıntılar vardır. Eğer bu yüzeyler birbirine temas eder ve birbirlerinin üzerinde kaymaya başlarsa sürtünme oluşur ve bu da ısıya yol açar. Eğer yeterince ısınmışlarsa, iki yüzey birlikte eriyebilir. Bu duruma mikrokaynak yapışması adı verilir. Eğer parçalar harekete devam ederlerse, mikrokaynaklı yüzeyler ayrılır ve parça yüzeylerinden kopmalar oluşur. Bu problemi yağ ve gres kullanmadan çözmek için, Champion Bearings firmasından Richard Kay, iyon depolama adı verilen bir proses kullanıldığını belirtiyor. Bu proseste parça yüzeyine katı -film yağlayıcılar elektriksel olarak yapıştırılıyor. Örneğin, bilyalı rulmanda bu proses uygulandığında, montajı tamamlanmış rulmanlar, içine argon gazı doldurulmuş vakum odaları içine alınıyor ve döndürülüyor. Tungsten-disülfid gibi iyon verecek bileşik ise, önce kaynama noktasına kadar elektriksel olarak ısıtılıyor. Argon iyonları, elektriksel voltajla hızlandırılıyor, ve buharlaştırılmış tungsten-disülfid atomları ile çarpıştırılıyor. Bu, tungsten disülfid üzerinde kinetik enerji artışına neden oluyor ve onun rulman yönünde hareket edip rulman yüzeyi üzerinde mikron düzeyindeki girintileri doldurmasını sağlıyor. Richard Kay, rulman ölçülerinin bu prosesten sonra çok fazla değişmediğini belirtiyor. Tungsten disülfid veya

Molibden disülfid bileşiğinden sadece 2000 Angstrom (0.0002 mm) kalınlığı kadar eklendiğini söylüyor.

Katı film yağlayıcı malzemeler, 1960'lardan beri bilinmesine karşın, Champion firması, Beraloy adı verilen, seramik bilyalı, teflon bazlı malzemeli kapaklı, iç ve dış bilezik yuvarlanma yolları iyonla kaplanmış hibrit rulmanları son zamanlarda geliştirdi. Bu hibrit rulmanların kullanıldığı teknolojilerin de gelişmesiyle, firma bu ürünü geliştirmeye ağırlık verdi. Örneğin General Motors, yeni elektrik-dizelle çalışan hibrit otomobilinin aktarma organlarında, Champion'un iyonla kaplı rulman ve dişlilerini kullandı. GM mühendisleri, bu değişiklikle otomobilin güç tüketiminde 200W'lık bir

azalma ve tork kazancı elde edilebileceğini belirtiyorlar. Yarı iletken üretimi ise, yağın kullanılmadığı, hızlı gelişen bir üretim sektörüdür. Yarı iletken üretiminde yağ kullanılmaz çünkü bir çok proses vakum odalarında gerçekleşiyor. Buna ek olarak, bir çok yarı iletken üretimi uygulamasında, rotorlara uygulanan potansiyel farkı, motor millerine doğru ikiye katlanıyor. Bu, potansiyel farkı değeri, bazen rulman yağlama malzemesinin dielektrik mukavemetini aşıyor. Sonuçta oluşan akım, milden yağlayıcıya, oradan da topraklanmış motor aksamına geçiyor. Bu durum yüksek bir döndürme direnci, rulman bilya yuvarlanma yollarında aşınma ve en sonunda kalıcı hasarlara yol açıyor. Rulmanların içinde bilya yuvarlanma yollarında, bu elektromanyetik kuvvetler sonucunda oluşan bozulmalar, hasarlar gözleniyor. Bu problemleri, hibrit rulmanlardaki gibi, iletken olmayan seramik bilyaları rulman yuvarlanma yollarında kullanarak çözmek mümkün. Rulman yuvarlanma yollarının bozulması önlenmediği gibi, seramik bilyalar çelik bilyalara göre daha az ısınarak çalıştıkları için, mikrokaynak yapışmalarına da maruz kalmıyorlar.

## BÖLÜM 6. SONUÇLAR

### 6.1. Çalışmalarda Elde Edilen Sonuçlar

Talaşlı imalat proseslerinde parçaya yüklenen gerilmeleri azaltmak için, birinci yol talaş miktarını (ap) azaltmak olacaktır. Üç diş balta görünümünde olan sektör mili mevcut proste balta biçiminde ve diş formu verilmeden dövülmektedir. Bunun yerine sektör milinin üç diş formunun verilerek dövülmesi ve prosesin bu şekilde tamamlanması önerilmektedir. Bu çalışma ile, tedariki güç ve masraflı olan çelikten % 17'lik malzeme (hammadde), sektör için en kıymetli olan zamandan ise %10 kazanç sağlanması hedeflenmektedir. İlk aşamada sektör milinin üç diş formunda dövülebilmesi çalışması yapılacak ve ikinci aşama olarak ta hammaddenin talaşlı imalatı gerçekleştirilecektir. İkinci yol olarak ta ısıtma işlemi öncesi son finiş operasyonundan önce parçaya ön gerilme giderme ısıtma işlemi uygulamak. Bu sayede parçada ki gerilmeleri minimize ederek sertleştirme sırasında boyut değişimlerini azaltabiliriz.



Şekil.6.1. İşleme Sonrası Sektör Mili Görünümü

Hidrolik direksiyon sistemi, aracın sağa sola dönüş ve manevralarını güvenli bir şekilde yapmasını, ayrıca ele gelen kuvvetlerin en aza indirgemesini sağlar. Direksiyon sistemi içerisindeki doğrusal hareketi dönme hareketi ile tekerleklere iletme görevi sektör milinindir.

Tornalamanın talaş kayıpları yanında operasyon zamanlarının büyümesine de yol açtığı açıktır. Bu durumda diğer üretim yöntemlerinin de bu tip parça imalatına uygulanmasının araştırılması kuruluşun yararına olacaktır. Ayrıca üç dişin açılması sırasında parçaya yüklenen artık gerilmelerden dolayı ısıl işlem sonrası boyutsal değişimler oluşmaktadır. Bu değişimlerin boyutu zaman zaman sonraki taşlama operasyonunda paso miktarını da aşmaktadır. Bu da parçanın hurda olması demektir. Prosesler sırasında bu boyut değişimlerini en aza indirebilmek için prosese ara operasyon olan gerilim giderme operasyonu eklenmiştir. Üç dişin finiş freze operasyonundan önce 0,5 mm paso bırakarak ~640 °C de gerilim giderme uygulanmıştır. Sıcaklığın daha yukarılara çekilmesi, parçanın tane yapısını etkileyeceği



için mümkün olmamıştır. Eğer gerilim giderme prosesini parçanın tane yapısının etkilenmeyeceği ve fırın ortamından gaz etkileşimin olmayacağı bir biçimde ostenit sıcaklığında gerçekleştirebilse edik daha başarılı sonuçlar elde edebilirdik. Ancak, 640 °C sıcaklık ta olumlu sonuç almamıza yetti. Finiş freze operasyonu için 0,5 paso, gerilim giderme sırasında parça ısınıp soğuyacağı için boyutsal değişimleri almak için bırakılmıştır. Gerilim giderme ve meneviş sonrası parça finiş freze operasyonu yapılarak ısıl işlem tabi tutulmaktadır. Parça karbon emdirme sonrası su verme operasyonuna tabi tutulmaktadır.

Yapılan ölçümler sonucu ara gerilim giderme uygulanmış parça ile uygulanmamış parçalar arasında 50 µm profil değişimlerinde iyileşme gözlemlenmiştir.

Yine sektör mili ile eş çalışan fakat ısıl işlem sonrası taşlama operasyonu uygulanmayan sektör mili için boyutsal değişimler daha da önem kazanmaktadır.



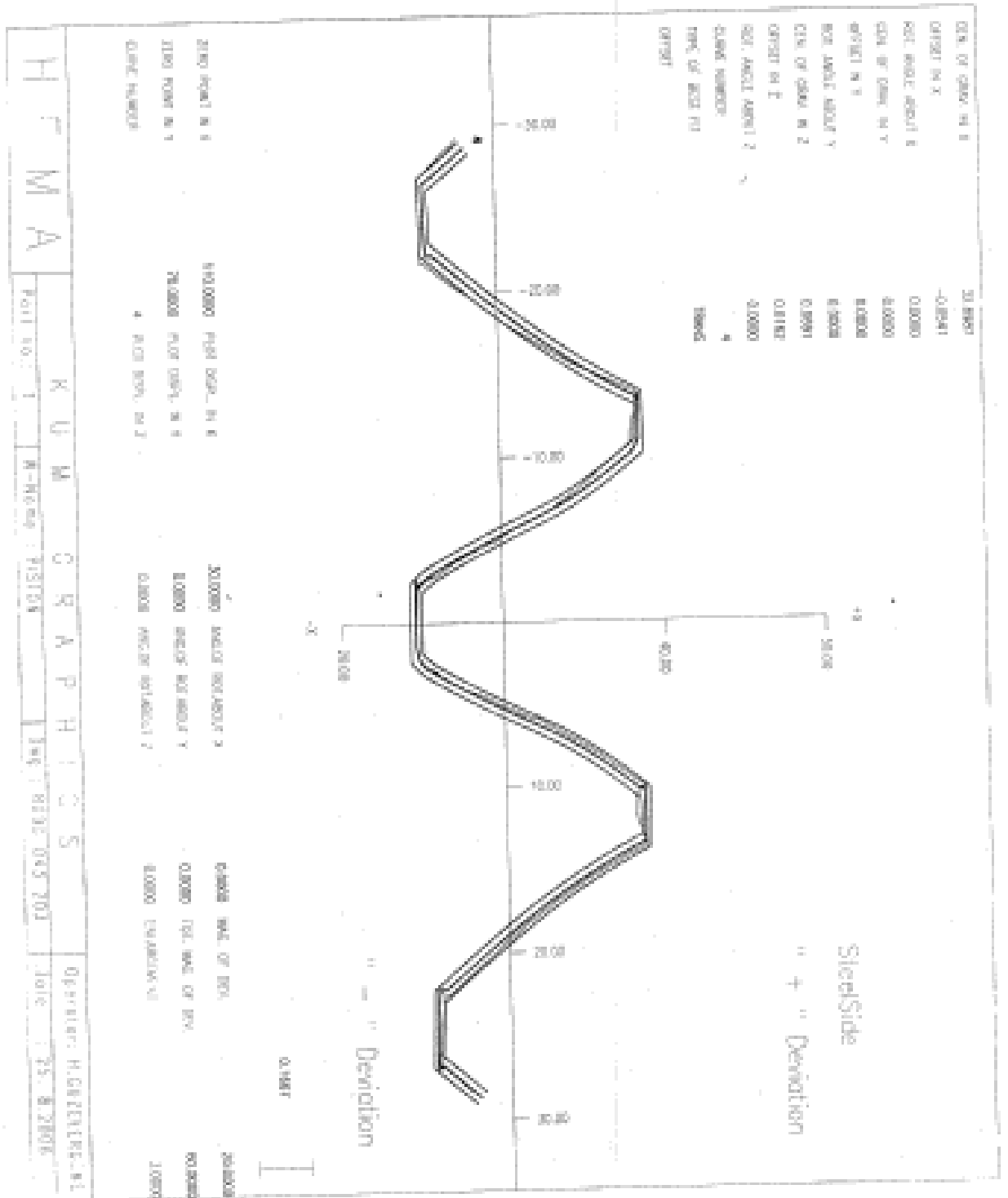
Şekil.6.2. Piston'un Genel Görünüşü

Piston'un üç dişi broşlama operasyonu ile yapılmaktadır. Finiş işlemler sonrası ısıı işlemleri tamamlanan parçanın üç dişin yüzeyleri taşlanmamaktadır. Profil sapmasının  $\pm 20$   $\mu\text{m}$  bandında istenmesi ısıı işlemin ve parçadaki artık gerilimlerin önemini daha da arttırmaktadır. Yine sektör miline uygulanan gerilim giderme prosesi piston'a da uygulanmış, olumlu sonuçlar alınmış sonuçlar aşağıda raporlanmıştır.



Meas. Line No.	Element No.	Pts	X-Coord. X-Angle	Y-Coord. Y-Angle	Z-Coord. Z-Angle	Diameter Dist/Ang	Max. Diff
			Nominal	++Up/Ls Tol	Actual	Dev/Error	mm
**	8090 043 203 DIS QLCMMJ **						
**	TARİH	SAAT	QLCEN	**			
6	N0086 CIRCLE	M	0.000	0.000	29.992	10.002	0.0000
6	N0086 CIRCLE	M	0.000	0.000	29.992	10.002	0.0000
7	N0087 CIRCLE	4	0.000	63.032	-32.666	12.005	0.0015
8	N0101 CIRCLE	4	0.000	38.465	-32.856	12.005	0.0027
	N0102 Res8 =	13-6					-38.856
9	N0119 CIRCLE	4	0.000	13.907	-32.633	12.005	0.0021
10	N0137 CIRCLE	4	0.000	13.887	-32.389	12.003	0.0017
11	N0149 CIRCLE	4	0.000	38.443	-32.639	12.005	0.0025
	N0150 Res9 =	13-6					-38.639
12	N0167 CIRCLE	4	0.000	63.012	-32.427	12.002	0.0028
13	N0198 Rectang.	4	90.000	0.050	0.023		
7	N0207 DISTANCE	8	0.000	24.565	0.200	24.567	
7	N0208 Dist. Y	8	24.561	0.028	24.566	0.005	
				-0.028			
7	N0209 Dist. Z	8	0.186	0.050	0.200	0.014	
				-0.030			
9	N0214 DISTANCE	8	0.000	-24.559	0.232	24.560	
9	N0215 Dist. Z	8	0.186	0.050	0.232	0.046	
				-0.030			
9	N0216 Dist. Y	8	24.561	0.028	24.559	-0.002	
				-0.028			
10	N0221 DISTANCE	11	0.000	-24.556	0.250	24.558	
10	N0222 Dist. Y	11	24.561	0.028	24.556	-0.005	
				-0.028			
10	N0223 Dist. Z	11	0.186	0.050	0.250	0.054	
				-0.030		0.014	
12	N0228 DISTANCE	11	0.000	24.569	0.212	24.570	
12	N0229 Dist. Z	11	0.186	0.050	0.212	0.026	
				-0.030			
12	N0230 Dist. Y	11	24.561	0.028	24.569	0.008	
				-0.028			

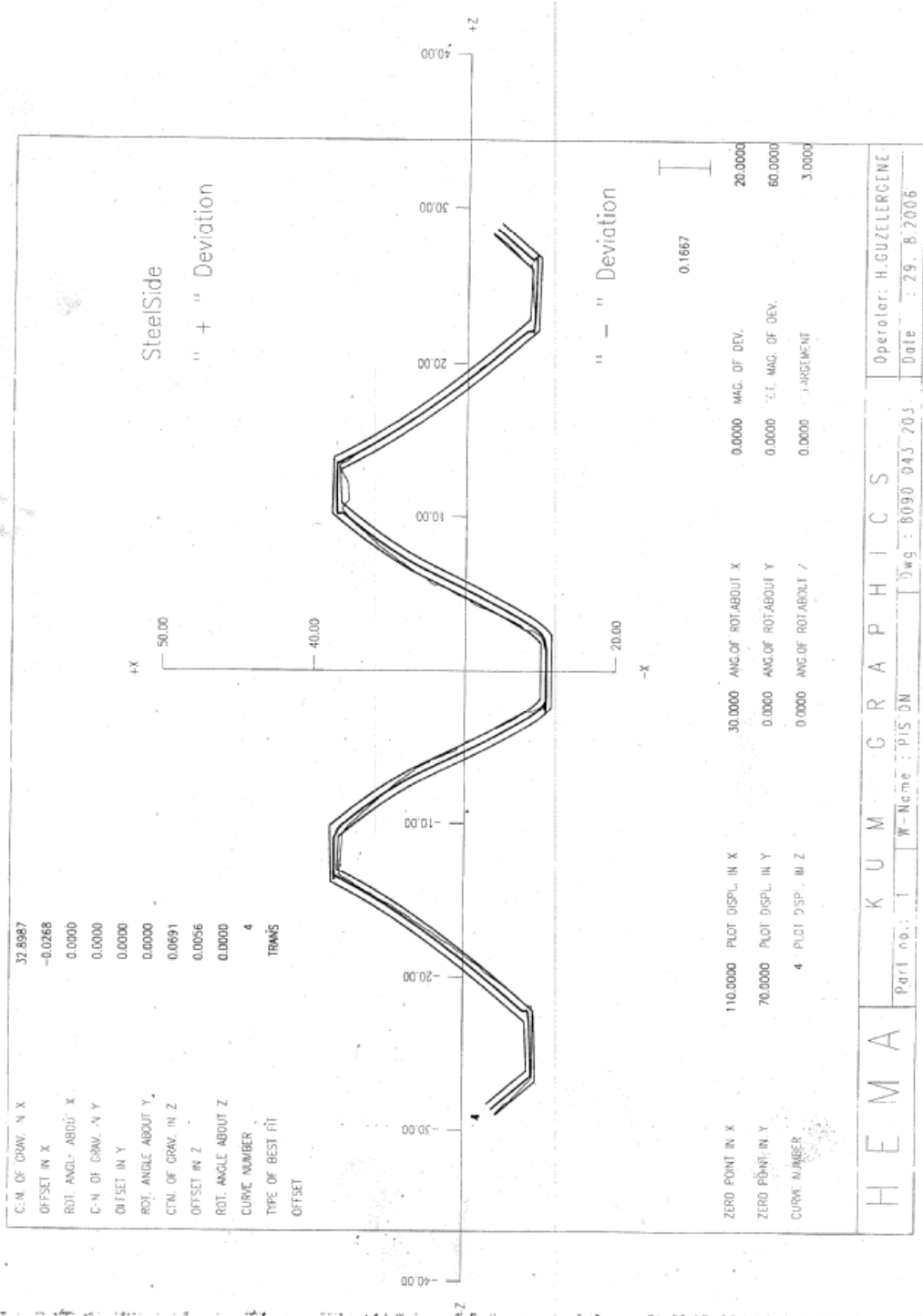
Şekil.6.3. 8098 Tipi Piston Isıl İşlem Öncesi Ölçüm Raporu



Şekil.6.4. 8098 Tipi Piston Isıl İşlem Öncesi Ölçüm Raporu

Mem. Line No.	Element No.	Pts	X-Coord. X-Angle	Y-Coord. Y-Angle	Z-Coord. Z-Angle	Diameter Dist/Spec
** 8090	043 203	D12	ULCUMU	**		
** TARİH	30/8/06	SART	0857	ULCEN **	KG 07	
** 9090	043 203	D18	ULCUMU	**		
** TARİH		SART		ULCEN **		
6	N0066	CIRCLE	M	0.000	0.000	29.942 9.988
6	N0066	CIRCLE	M	0.000	0.000	29.942 9.988
7	N0087	CIRCLE	4	0.000	63.006	-32.678 12.002
8	N0101	CIRCLE	4	0.000	38.468	-32.908 11.999
	N0102	Res8	=	13-6		
9	N0119	CIRCLE	4	0.000	13.906	-32.637 12.001
10	N0137	CIRCLE	4	0.000	13.921	-32.404 12.002
11	N0149	CIRCLE	4	0.000	38.461	-32.682 12.002
	N0150	Res9	=	13-6		
12	N0167	CIRCLE	4	0.000	63.009	-32.432 12.004
13	N0198	Rectang.	4	80.000	0.050	0.008
7	N0207	DISTANCE	8	0.000	24.538	0.230 24.539
7	N0208	Dist. Y	8	24.561	0.028	24.538 -0.023
7	N0209	Dist. Z	8	0.186	-0.028	0.230 0.044
9	N0214	DISTANCE	8	0.000	-24.562	0.271 24.564
9	N0215	Dist. Z	8	0.186	0.050	0.271 0.085
9	N0216	Dist. Y	8	24.561	-0.030	0.271 0.035
10	N0221	DISTANCE	11	0.000	-24.541	0.278 24.542
10	N0222	Dist. Y	11	24.561	0.028	0.278 24.541 -0.020
10	N0223	Dist. Z	11	0.186	-0.028	0.278 0.092
12	N0228	DISTANCE	11	0.000	24.548	0.250 24.549
12	N0229	Dist. Z	11	0.186	0.050	0.250 0.064
12	N0230	Dist. Y	11	24.561	-0.030	0.250 0.014
						-0.013

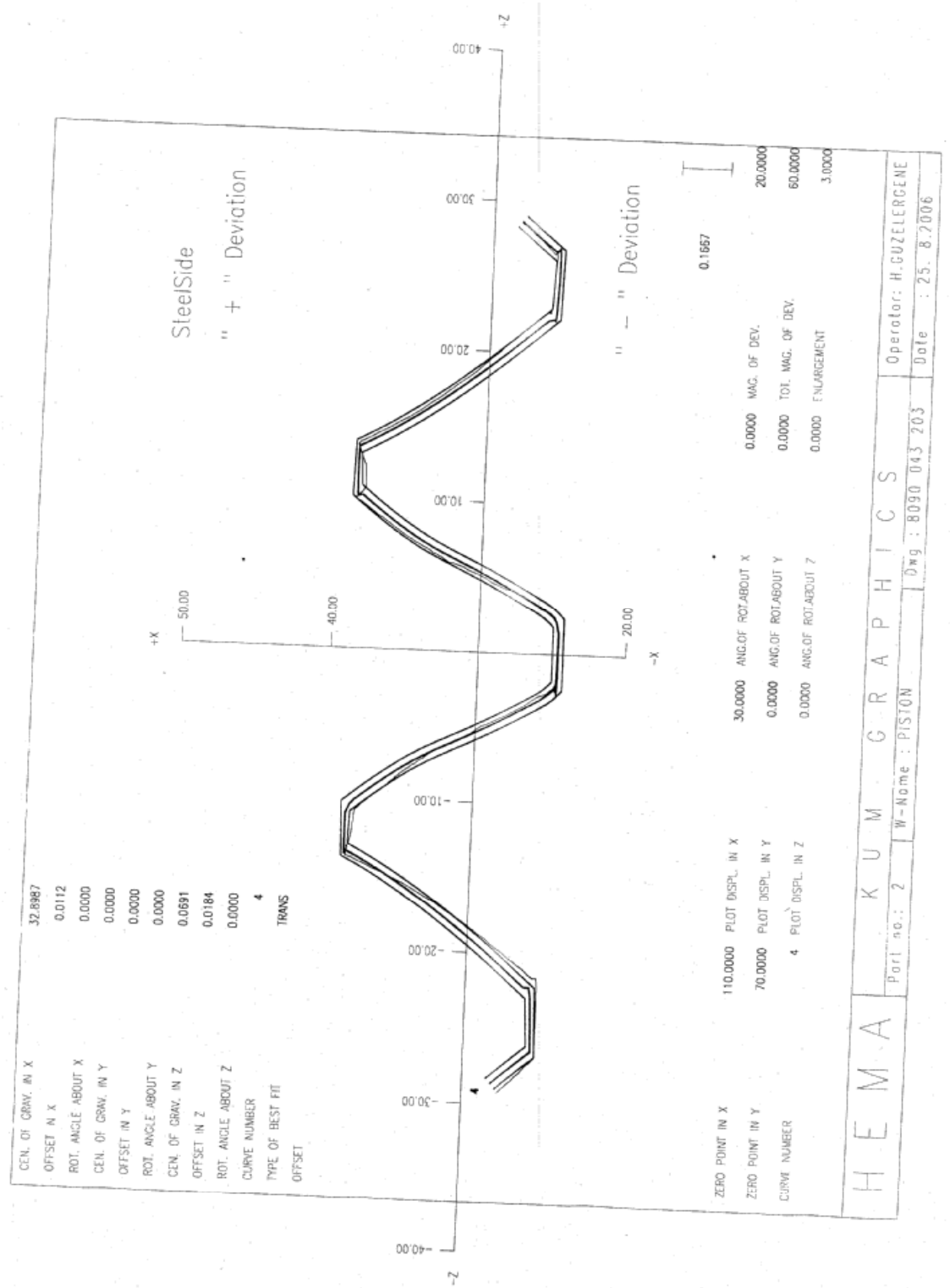
Şekil.6.5. 8098 Tipi Piston Isıl İşlem Sonrası Ölçüm Raporu



Şekil.6.6. 8098 Tipi Piston Isıl İşlem sonrası Ölçüm Raporu

Mem. Line No.	Element No.	Tolerance	Pts Ref	X-Coord. X-Angle Nominal	Y-Coord. Y-Angle ++Up/Lo Tol	Z-Coord. Z-Angle Actual	Diameter Dist/Ang Dev/Error	Max. Diff mm
** 8090	043	203 DIS	OLCUMU	**				
** TARIH		SAAT	OLCEN	**				
6	N0066	CIRCLE	M	0.000	0.000	29.971	9.993	0.0019
6	N0066	CIRCLE	M	0.000	0.000	29.971	9.993	0.0019
7	N0087	CIRCLE	4	0.000	63.080	-32.618	12.006	0.0011
8	N0101	CIRCLE	4	0.000	38.510	-32.813	12.007	0.0004
	N0102	ResB =	13-6					-38.813
9	N0119	CIRCLE	4	0.000	13.955	-32.578	12.007	0.0036
10	N0137	CIRCLE	4	0.000	13.889	-32.437	12.006	0.0011
11	N0149	CIRCLE	4	0.000	38.452	-32.689	12.006	0.0008
	N0150	Res9 =	13-6					-38.689
12	N0167	CIRCLE	4	0.000	63.021	-32.483	12.005	0.0003
13	N0198	Rectang.	4	80.000	0.050	0.066	0.016	---->>
7	N0207	DISTANCE	8	0.000	24.569	0.194	24.570	
7	N0208	Dist. Y	8	24.561	0.028 -0.028	24.569	0.008	-----**-----
7	N0209	Dist. Z	8	0.186	0.050 -0.030	0.194	0.008	-----*-----
9	N0214	DISTANCE	8	0.000	-24.556	0.235	24.557	
9	N0215	Dist. Z	8	0.186	0.050 -0.030	0.235	0.049	-----*****
9	N0216	Dist. Y	8	24.561	0.028 -0.028	24.556	-0.005	-----**-----
10	N0221	DISTANCE	11	0.000	-24.563	0.252	24.564	
10	N0222	Dist. Y	11	24.561	0.028 -0.028	24.563	0.002	-----*-----
10	N0223	Dist. Z	11	0.186	0.050 -0.030	0.252	0.066 0.016	-----+---->>
12	N0228	DISTANCE	11	0.000	24.569	0.206	24.570	
12	N0229	Dist. Z	11	0.186	0.050 -0.030	0.206	0.020	-----**-----
12	N0230	Dist. Y	11	24.561	0.028 -0.028	24.569	0.008	-----**-----
Mem. Line No.	Element No.		Pts	X-Coord. X-Angle	Y-Coord. Y-Angle	Z-Coord. Z-Angle	Diameter Dist/Ang	Max. Diff

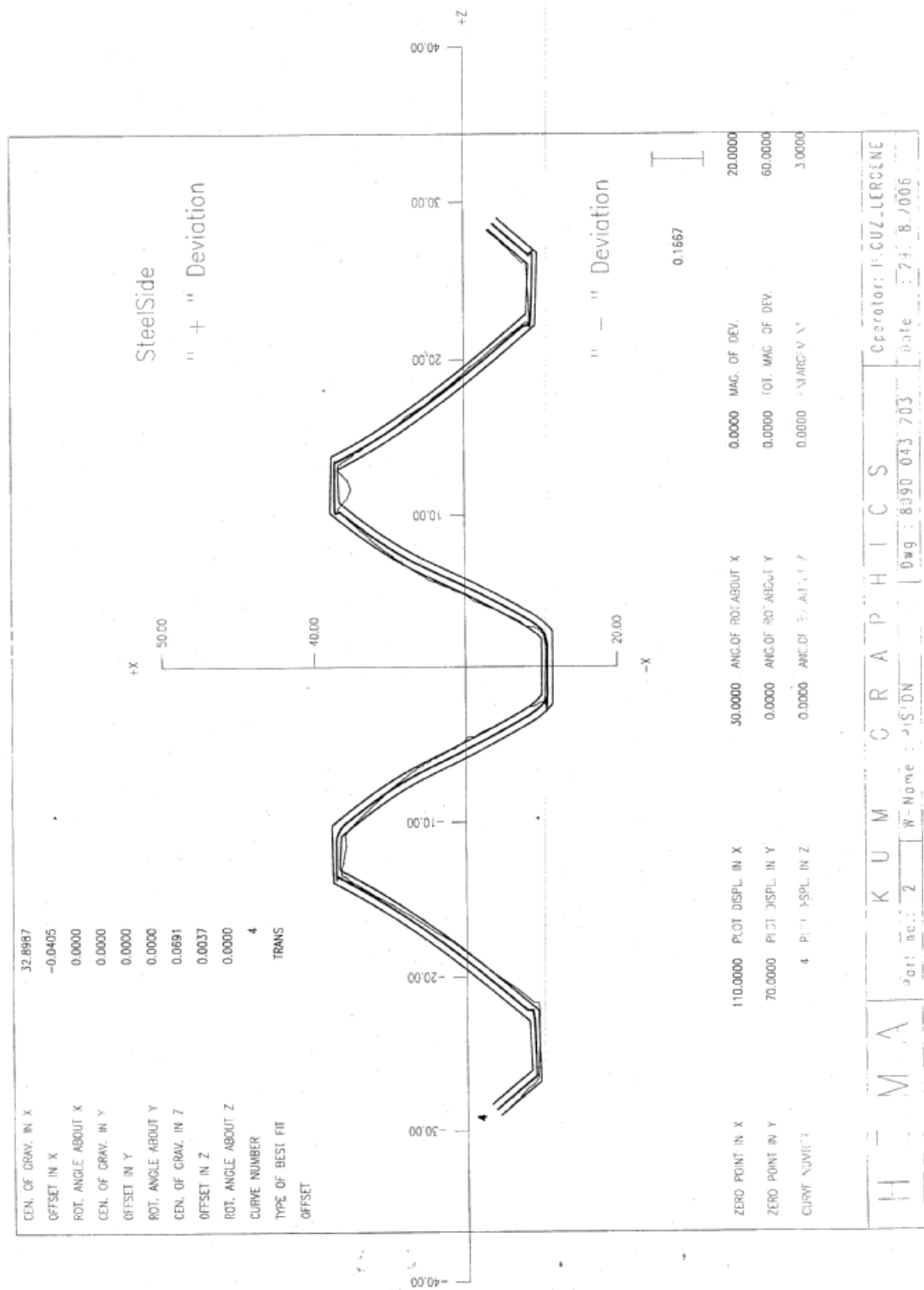
Şekil.6.7. 8098 Tipi Piston Isıl İşlem Öncesi Ölçüm Raporu



Şekil.6.8. 8098 Tipi Piston Isıl İşlem Öncesi Ölçüm Raporu

Mem. Line No.	Element No.	Pts	X-Coord. X-Angle	Y-Coord. Y-Angle	Z-Coord. Z-Angle	Diameter Dist/Ang	Max. Diff
		Tolerance Ref	Nominal	++Up/Lo	Tol	Actual Dev/Error	
** 8090 043 203 DIS OLCUMU **							
** TARİH SAAT OLCEN **							
6	NO066 CIRCLE	4	0.000	0.000	29.916	9.980	0.0188
6	NO066 CIRCLE	4	0.000	0.000	29.916	9.980	0.0188
7	NO087 CIRCLE	4	0.000	63.056	-32.624	12.001	0.0012
9	NO101 CIRCLE	4	0.000	38.508	-32.867	11.999	0.0031
	NO102 Res8 =	13-6					-38.867
5	NO119 CIRCLE	4	0.000	13.954	-32.583	12.001	0.0038
10	NO127 CIRCLE	4	0.000	13.927	-32.442	12.005	0.0025
11	NO149 CIRCLE	4	0.000	38.473	-32.726	12.005	0.0048
	NO150 Res9 =	13-6					-38.726
12	NO167 CIRCLE	4	0.000	63.014	-32.486	12.004	0.0045
13	NO198 Rectang.	4	80.000	0.050	0.038		*****
7	NO207 DISTANCE	8	0.000	24.548	0.243	24.550	
8	NO208 Dist. Y	8	24.561	0.028 -0.028	24.548	-0.013	-----**-----
7	NO209 Dist. Z	8	0.186	0.050 -0.030	0.243	0.057 0.007	-----+---->)
9	NO214 DISTANCE	8	0.000	-24.554	0.284	24.556	
9	NO215 Dist. Z	8	0.186	0.050 -0.030	0.284	0.098 0.048	-----+---->)
8	NO216 Dist. Y	8	24.561	0.028 -0.028	24.554	-0.007	-----**-----
10	NO221 DISTANCE	11	0.000	-24.546	0.283	24.548	
10	NO222 Dist. Y	11	24.561	0.028 -0.028	24.546	-0.015	-----**-----
10	NO223 Dist. Z	11	0.186	0.050 -0.030	0.283	0.097 0.047	-----+---->)
11	NO228 DISTANCE	11	0.000	24.541	0.240	24.542	
11	NO229 Dist. Z	11	0.186	0.050 -0.030	0.240	0.054 0.004	-----+---->)
11	NO230 Dist. Y	11	24.561	0.028 -0.028	24.541	-0.020	-----**-----

Şekil.6.9. 8098 Tipi Piston Isıl İşlem Sonrası Ölçüm Raporu



Şekil.6.10. 8098 Tipi Piston Isıl İşlem sonrası Ölçüm Raporu



## BÖLÜM 7. TARTIŞMA

Ölçüm raporlarından da anlaşılacağı üzere ısıtma sonrası boyutsal değişimler kaçınılmazdır. Çalışmalarımızda bu boyutsal değişimleri yok etmek ya da minimize etmek için prosesler geliştirmeye çalıştık. İşletmeler için karlılık ve verimlilik en önemli iki kavramdır. Rekabet ortamının en son noktaya ulaştığı dünyamızda bu iki kavram işletmelerin göstergeleri haline gelmiştir. Dolayısıyla çalışmayı destekleyen kuruluş ta ilave prosesler ile birlikte oluşacak yeni maliyetleri ve bu proseslerin verimliliğe etkilerini karşılaştırmak durumunda. Yine çalışmalarımızda artık gerilmelere sebep olabilecek durumları irdelemiştik. Gerilmeleri en aza indirebilmek ve bunu işletme için en faydalı duruma dönüştürmek te önemlidir.

Çalışmayı destekleyen kuruluşa baktığımız zaman, artık gerilme ağırlıklı olarak parçadan talaş kaldırma esnasında olmaktadır. Kaldırılan talaş miktarını azaltmak gerilmenin azalmasını da sağlayacaktır. Üç dişin dolu olarak yığma ile dövülmesinin yerine üç dişin ön şekillendirilmiş olarak dövülmesi hem parça ağırlığının iyileşmesine hem de talaş kaldırma proses zamanlarda ciddi iyileşmelere sebep olacaktır. Çalışma ile, tedariki güç ve masraflı olan çelikten % 17'lik malzeme (hammadde), sektör için en kıymetli olan zamandan ise %10 kazanç sağlanması hedeflenmiştir.

İşletme yeni dövme kalıpları yaptırarak ön şekillenmiş sektör mili üretimine başlamış ve hammadde ve talaş payı kazanımı sağlanmıştır. Talaş payının azalmasının en önemli etkisi, parça daha kısa süreli ve daha düşük kesme kuvvetlerine maruz kaldığı için iç gerilme yüklenimi de ciddi oranda azalmıştır.

**KAYNAKLAR**

K.E. Thelning, Çeviren Doç.Dr. A. TEKİN, Çelik ve Isıl İşlemi, 1984

Mak. Y. Müh. F. GÜVENTÜRK, Çelik El Kitabı, 1990

Walter CRAFTS, John L. LAMONT, Çeviren Nejat İZAR, Çelik Seçimi ve Sertleşebilme, 1971

Prof. M. Ali TOPBAŞ, Isıl İşlemler, 1993

TANER, E. Roketsan A.Ş.

## TEŞEKKÜR

Projenin seçiminden tamamlanmasına kadar olan sürecindeki yardımlarından dolayı Sn. Prof. Dr. H.Erol AKATA'ya, Yard. Doç. Dr. Mümin ŞAHİN'e, deneysel çalışmaların gerçekteşmesinde tüm imkanlarını kullandığım Hema Endüstri A.Ő. ve bu çalışmalar sırasında imalat desteğini esirgemeyen Formenimiz Sn. Rasim BOSNALI'ya teşekkür eder, emeği geçen tüm meslektaş ve arkadaşlarıma Őükranlarımı sunarım.

## ÖZGEÇMİŞ

Yücel ŞEN 1976 yılında Tekirdağ'ın Kaşıkçı Köyünde doğdu. İlk ve Orta öğrenimi köyde tamamladı. Lise öğrenimi Keşirtepe Öğretmen lisesinde 1992 yılında tamamladıktan sonra aynı yıl Trakya Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü kazandı. 1997 yılında Makine Mühendisi ünvanı ile Lisans eğitimini tamamladı. Kısa dönem askerliğinin ardından 1998 yılında Hema Endüstri A.Ş. Ticari Araç Direksiyon Fabrikasında Üretim Sorumlusu olarak göreve başladı. Aynı şirkette çeşitli kademelerde görev aldıktan sonra yine aynı şirkette Hidrolik Sistemler Fabrikası (Ticari Araç Direksiyon, Kaldırıcı ve Valf Fabrikaları) Planlama Sorumlusu olarak çalışmaktadır. Yücel ŞEN, evli olup orta derece İngilizce bilmektedir.