

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

78676

**JOMINY DENEY CİHAZININ
TASARIM VE İMALATI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Talat CAYMAZ

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA EĞİTİMİ

Bu tez, ..26../.06../ 199.8.. tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı
Doç. Dr. Fehim FINDIK

Jüri Üyesi
Yrd. Doç. Dr. Erdiñ İLHAN

Jüri Üyesi
Yrd. Doç. Dr. Uğur ŞEN

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, uygun çelik seçimi yapabilmek için sertleşebilme kabiliyetinin belirlenmesinde kullanılan jominy deney cihazları incelenip, kullanım kolaylığı olan bir cihaz tasarlanıp imal edildi. Bu cihaz ile piyasada satılan bazı çelik çeşitleri ile deneyler yapıp sertleşebilirlik eğrileri belirlendi. İmalat sanayiinde çelik seçiminin bilinçli olarak yapılmasının önemi ve ekonomikliğı üzerinde duruldu.

Bu çalışmayı yöneten ve bilgileri ile bana yol gösteren değerli hocam Doç. Dr. Fehim FINDIK'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Deneylerin yapılmasında fabrika imkanlarını kullanabilmem için bana yardımcı olan Goetze İst. Segman ve Gömlek Fabrikası Personel Müdürü Sayın Ahmet HÜREL'e, Personel Şefi Sayın Mehmet ÖCBE'ye, Fizik ve Spektrometre Laboratuvarı teknisyeni Sayın Selahattin USTA'ya teşekkür ederim.

Numunelerin hazırlanmasında yardımcı olan Adapazarı 1. Endüstri Meslek lisesi Tesviye Atölyesi teknisyeni Sayın Zekai ŞENYURT 'a ve cihazın imalat aşamasında görüşlerinden faydalandığım Metalişleri Atölyesi şefi Sayın Ahmet KÜÇÜK 'e, Sayın Ahmet HÜNER 'e ve diğer arkadaşlara teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmalarım süresince büyük fedakârlık gösteren sevgili eşime ve çocuklarıma teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 1998

Talat CAYMAZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No:</u>
ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
GİRİŞ	1
BÖLÜM 1. ÇELİKLERİN SERTLEŞMESİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER	3
1. 1. Giriş	3
1. 2. Genel Anlamda Sertleşebilirlik	4
1. 3. Yüksek Sertleşebilirlik	6
1. 4. Çekirdeğe Kadar Sertleştirme	7
1. 5. Düşük Sertleşebilirlik	8
1. 6. Su Verme Şiddetinin Sertleşme Derinliğine Etkisi	9
1. 6. 1. Parça ebadının sertleşme derinliğine etkisi	11
1. 6. 2. Sertleştirme ortamının cinsi	14
1. 6. 3. Sertleştirme ortamının sıcaklığı	17
1. 7. Tane Büyüklüğünün Sertleşebilirliğe Etkisi	19
1. 8. Alaşım Elemanlarının Sertleşebilirliğe Etkisi	20
1. 9. Martenzit Yüzdesinin Sertleşme Derinliğine Etkisi	22
1. 10. Karbon Yüzdesinin Sertleşebilirliğe Etkisi	23
BÖLÜM 2. JOMİNY DENEY CİHAZI	27
2. 1. Giriş	27
2. 2. Jominy Deneyi	26
2. 2. 1. Jominy deney cihazının çalışma prensibi	28
2. 2. 2. Numunelerin hazırlanması	32
2. 2. 3. Deneyin yapılması	34

2. 2. 3. a. Numunelerin ısıtılması	34
2. 2. 3. b. Deney parçasının soğutulması	36
2. 2. 4. Sertlik ölçümleri öncesi yapılan hazırlıklar	37
BÖLÜM 3. SERTLEŞEBİLME KABİLİYETİNİN MUAYENESİ	39
3. 1. Sertleşebilirlik Bantları	39
3. 2. Sulama Şiddetinin Jominy Eğrileri İle Belirlenmesi	40
3. 3. Sertleşebilme Kabiliyeti Bakımından Çelik Seçimi	48
3. 3. 1. Erişilebilen maksimum sertliğin bulunması	49
3. 3. 2. Gerekli minimum karbon miktarının bulunması	50
BÖLÜM 4. JOMİNY SERTLEŞEBİLİRLİK EĞRİLERİNİN ÇİZİLMESİ	51
4. 1. Giriş	51
4. 2. Serleşebilirlik eğrilerinin çizimi	51
4. 2. 1. Ç 1020 çeliğinin uç su verme deneyi	52
4. 2. 2. Ç 1030 çeliğinin uç su verme deneyi	52
4. 2. 3. Ç 1040 çeliğinin uç su verme deneyi	54
4. 2. 4. Ç 1050 çeliğinin uç su verme deneyi	55
4. 2. 5. Ç 1060 çeliğinin uç su verme deneyi	56
4. 2. 6. Ç 8620 çeliğinin uç su verme deneyi	57
4. 2. 7. Ç 8640 çeliğinin uç su verme deneyi	58
4. 2. 8. Ç 4130 çeliğinin uç su verme deneyi	59
4. 2. 9. Ç 4140 çeliğinin uç su verme deneyi	60
4. 2. 10. Ç 9260 çeliğinin uç su verme deneyi	61
4. 2. 11. 16 Mn Cr 5 çeliğinin uç su verme deneyi	62
4. 2. 12. Ç 4150 çeliğinin uç su verme deneyi	63
4. 2. 13. Ç 6150 çeliğinin uç su verme deneyi	64
BÖLÜM 5. SONUÇLAR	67
BÖLÜM 6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER	69
KAYNAKLAR	70
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	71

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1.	a- r yarı çaplı çeliğin yüzeyinden merkeze doğru soğuma b- yüzeyden iç kısımlara sertlik dağılımı	5
Şekil 1. 2.	Aynı özellikli farklı çaplı bir çeliğin sertleşme derinliği	5
Şekil 1. 3.	Çeşitli sıcaklıklarda östenitin dönüşümü	7
Şekil 1. 4.	Su verilmiş farklı çaplardaki çubuklarda merkez sertlikler.	10
Şekil 1. 5.	Aynı özellik ve farklı çaplarda sertleştirilmiş çubukların sertleşmiş ve sertleşmemiş kısımları.	11
Şekil 1. 6.	Parça çapının soğuma hızına etkisi	12
Şekil 1. 7.	25 mm çapındaki bir çelik çubuğun suda soğutulduğunda kesitinin çeşitli noktalarında elde edilen soğuma eğrileri	14
Şekil 1. 8.	Sertleştirme ortamının (soğumanın) üç safhası	15
Şekil 1. 9.	12 mm çapında, 60 mm boyundaki paslanmaz çelik çubukların merkezleri için, çeşitli soğutma ortamlarında elde edilmiş soğuma eğrileri	16
Şekil 1. 10.	12 mm çapında, 60 mm boyundaki paslanmaz çelik çubukların merkezleri için, 25 ve 50 °C sıcaklıklarındaki soğuma ortamlarında elde edilen soğuma eğrileri	17
Şekil 1. 11.	Soğutma ortamı içinde parça hareketinin soğuma hızına etkisi	18
Şekil 1. 12.	Karbon miktarı ve tane yapısının soğutma hızına etkisi	19
Şekil 1. 13.	Değişik bileşimlere ait çeliklerin sertleşme derinlikleri	20
Şekil 1. 14.	Sertlik ve karbon miktarı ile, martenzit yüzdesi arasındaki ilişkinin şematik olarak gösterilmesi	22
Şekil 1. 15.	Alaşımız takım çeliğinde karbon miktarı ve sertlik arasındaki ilişki	23
Şekil 2. 1.	Sade karbonlu ve alaşımlı çeliklerin Jominy eğrilerinin karşılaştırılması	28
Şekil 2. 2.	Suyun serbest yükselme mesafesi	28
Şekil 2. 3.	Şehir Şebekesi suyu ile çalışan Jominy cihazı	29
Şekil 2. 4.	Pompa vasıtası ile çalışan Jominy deney cihazı	30
Şekil 2. 5.	İmalatı yapılan cihazın fotoğrafı	31
Şekil 2. 6.	Deney numunesinin cihaza yerleştirilmiş hali	32

Şekil 2. 7. Deney numunelerinin şekil ve ölçüleri	33
Şekil 2. 8. Jominy numunelerinin oksidasyon ve dekarbürizasyonunu önlemek için kullanılan yumuşak çelik kap.	36
Şekil 2. 9. Sertleşebilirliği yüksek çeliklerde ölçme noktaları ve deney parçasının hazırlanması	38
Şekil 2. 10. Sertleşebilirliği düşük çeliklerin ölçüm noktaları	39
Şekil 3. 1. Jominy sertleşebilirlik bandı sınırları	40
Şekil 3. 2. Ç.4140 çeliğinin Jominy sertleşebilirlik eğrisi	41
Şekil 3. 3. Çekirdeğine kadar tamamen sertleşmiş yuvarlak çubuk	43
Şekil 3. 4. Çekirdekte $r/R=0,1$ sertleşmemiş kısım kalan yuvarlak çubukların karşılaştırılması	43
Şekil 3. 5. Merkezde $r/R=0,2$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması	44
Şekil 3. 6. Merkezde $r/R=0,3$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması	44
Şekil 3. 7. Merkezde $r/R=0,4$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması	45
Şekil 3. 8. Merkezde $r/R=0,5$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması	45
Şekil 3. 9. Merkezde $r/R=0,6$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması	46
Şekil 3. 10. Merkezde $r/R=0,7$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması	46
Şekil 3. 11. Merkezde $r/R=0,8$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması	47
Şekil 3. 12. Merkezde $r/R=0,9$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması	47
Şekil 3. 13. Merkezde $r/R=1.0$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması	48
Şekil 4. 1. Ç 1020 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi	52
Şekil 4. 2. Ç 1030 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi	53
Şekil 4. 3. Ç 1040 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi	54
Şekil 4. 4. Ç 1050 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi	55
Şekil 4. 5. Ç 1060 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi	56
Şekil 4. 6. Ç 8620 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi	57
Şekil 4. 7. Ç 8640 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi	58

Şekil 4. 8. Ç 4130 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi	59
Şekil 4. 9. Ç 4140 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi	60
Şekil 4. 10. Ç 9260 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi	61
Şekil 4. 11. 16 Mn Cr 5 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi	62
Şekil 4. 12. Ç 4150 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi	63
Şekil 4. 13. Ç 6150 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi	64
Şekil 4. 14. Deneyi yapılan çeliklerin sertleşebilirlik bantları üzerinde gösterilmesi	65
Şekil 4. 15. Deneyi yapılan çeliklerin sertleşebilirlik bantları üzerinde gösterilmesi	66



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. 1.	Ç 5140 çeliğinin üstten alta doğru inildikçe meydana gelen sertlik değişimi.	8
Tablo 1. 2.	Krom - nikelli çeliğin kimyasal analizi	10
Tablo 1. 3.	Su verme ortamlarının şiddetleri (H)	11
Tablo 1. 4.	Farklı çaplı parçaların yüzey sertlik değerleri	13
Tablo 1. 5.	Değişik soğutma ortamları için ideal ortam sıcaklıkları	17
Tablo 1. 6.	Değişik soğutma metodları için değişik ortamlara ait sertleştirme şiddet değerleri	18
Tablo 1. 7.	Sertlik grafiği çizilen sade karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin kimyasal analizi	20
Tablo 1. 8.	Alaşım elementlerinin sertleşebilirliğe etkisi	21
Tablo 1. 9.	Alaşım elemanlarının %1 ilavesi ile ortaya çıkan sertlik artışı	21
Tablo 2. 1.	Jominy mesafesi ve soğuma hızı arasındaki ilişki.	27
Tablo 3. 1.	4140 çeliğinin merkez ile yüzey arasındaki sertlik dağılımı	42
Tablo 3. 2.	Yüzde martenzit miktarının katsayı ile gösterilmesi	49
Tablo 4. 1.	Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi	52
Tablo 4. 2.	Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi	53
Tablo 4. 3.	Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi	54
Tablo 4. 4.	Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi	55
Tablo 4. 5.	Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi	56
Tablo 4. 6.	Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi	57
Tablo 4. 7.	Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi	58
Tablo 4. 8.	Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi	59
Tablo 4. 9.	Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi	60
Tablo 4. 10.	Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi	61
Tablo 4. 11.	Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi	62
Tablo 4. 12.	Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi	63
Tablo 4. 13.	Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi	64

JOMİNY DENEY CİHAZI TASARIM VE İMALATI

ÖZET

Bu tezde Jominy deney cihazları ve kullanımları ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Uygulamada kullanılan mevcut jominy deney cihazları incelenerek olumsuz tarafları belirlendi. Bu olumsuzluklar göz önüne alınarak daha kullanışlı bir cihazın tasarımı yapıldı. Tasarımı yapılan cihazdan bir adet imal edildi.

Bu tezin amacı çelik seçiminde sertleşebilme kabiliyetini göz önüne almanın sonuçta malzeme, zaman ve işgücü tasarrufu sağladığını göstermektir. Bu amaca ulaşmak için uygun bir jominy cihazı kullanılması ve deney sonuçlarından nasıl faydalanılacağı konusunda örnekler verilmiştir.

Araştırmanın birinci bölümde çeliklerin sertleşebilirliklerine etki eden faktörler gözden geçirilmiştir. İkinci bölümde mevcut jominy cihazlarının kullanımları incelenip olumsuz yönleri belirlendi. Tasarım ve imalatı yapılan cihaz bu bölümde tanıtıldı. Cihazın TS 1381'e göre kullanılması ve deneylerin yapılması anlatıldı. Üçüncü bölümde sertleşebilme kabiliyetinin belirlenmesi ve jominy eğrileri yardımı ile çelik seçimi anlatıldı. Dördüncü bölümde ise jominy deney cihazı ile bazı makine imalat çeliklerinin uç su verme deneyleri yapıldı. Bu deneyler sonunda ölçülen HRC değerleri grafiklerle gösterildi. Çizilmiş olan eğriler, ilgili çeliklerin jominy bantları ile karşılaştırılarak sonuçların uyumlu olduğu gözlemlendi.

JOMINY END TEST APPARATUS, DESIGN AND MANUFACTURE

SUMMARY

In this thesis investigations dealing with Jominy End Test Apparatus and its usage were performed.

The Common Jominy Test apparatus was detected to find their negative ways. By evaluating them, a more usable one's design was made.

The aim of this thesis is to prove the calculation of hardenability of a steel in materials selection causes material, time and labor saving. In order to gain this aim, a proper test apparatus had been used and examples have been given to show the usage of results.

In the first part of investigation, factors affecting the hardenability of steels were observed. In the second part, the common jominy test apparatus was detected and had ways were determined. The apparatus designed and manufactured was identified in this section. Usage of it obeys the TS 1381. In the third section determination of hardenability and steel selection by the aim of jominy curves were mentioned. In the fourth section, quenching of some machine manufacturing steels were performed by means of this apparatus. HRC values obtained by the end of this experiments between graphs and Jominy bands were obtained and good results were observed.

GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler çeliklerin kullanılma alanlarını artırmış, buna bağlı olarak da çok değişik özelliklerde çelikler üretilmiştir. Çeliğin kullanılma alanlarının artmasında en etkili olan özelliği çeliğin sertleşebilirliğidir. Çeliğin sertleşebilirliğinin belirlenmesinde kullanılan en pratik yöntem olan Jominy uç su verme deneyi standart deney olarak kabul edilmiştir.

Makine tasarım ve imalatında uygun çelik seçilmesi çok önemli bir işlemdir. Seçilen çelik, uygulama alanının gerektirdiği özellikleri en iyi biçimde karşılayarak uzun ömürlü ve olabildiğince ekonomik olmalıdır. Bu nedenle çelik seçiminde hem yeterli malzeme bilgisi hem de seçimi yapılacak çeliklerin özelliklerinin iyi bilinmesi gerekir. Çeliğin en önemli özelliği olan sertleşebilirliğinin bu seçimde göz önüne alınması gerekir.

Çeliğin bileşimi, tana boyu ve su verme şiddeti sertleşebilirliğine etki eden faktörlerdir. Her döküm seansında çeliklerin bileşimleri farklı olabildiği için kolaylık olması düşünülerek sertleşebilirlik bantları geliştirilmiştir. Yapılan Jominy deney sonuçları bu bantlarla karşılaştırılarak çeliklerin kalitelerinin kontrolü yapılmaktadır.

Günümüzde sanayileşmenin bir göstergesi olarak kabul edilen çelik çeşit sayısının fazlalığı ile de makina tasarımında her ihtiyaca göre seçeneğe olabilmektedir. Çeliğin kullanılma süresini belirleyen en önemli etken sertleşme derinliğidir. Çeliklerin bileşimlerine göre ısıtma ve su verme ortamları belirlenerek elde edilen sertleşme derinliğine göre malzeme seçimi daha isabetli olarak yapılabilir.

Ülkemizde Makine Kimya Endüstrisi Kurumu ve çeşitli özel sektör kuruluşları TSE ve diğer uluslararası normlara göre ürettikleri çelikler ile ülkemiz kalkınmasında önemli

bir görevi yerine getirmektedirler. İmalat sanayimizde kullanılan bu çeliklerin sertleşme derinliği ile ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar çelik üretim fabrikaları tarafından devam ettirilerek, her kuruluş ürettikleri çeliklerle ilgili jominy bantlarını belirlemelidirler. Bu çalışma da Jominy uç su verme deney cihazları ile ilgili araştırmalar yapılarak, standartlara uygun bir cihazın tasarım ve imalatı yapıldı. Bu cihaz ile MKE Kurumu ve bazı özel sektör kuruluşlarının ürettikleri çelikler üzerinde deneyler yapıldı. Yapılan deneyler sonunda elde edilen sertleşebilirlik eğrilerinin ilgili çeliklerin Jominy bantları ile kontrollerini yaparak bunlardan faydalanabilmeyi göstermektedir.



BÖLÜM 1 ÇELİKLERİN SERTLEŞMESİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

1. 1. Giriş

Çelikler bileşimlerine göre sade karbonlu ve alaşımlı çelikler olarak sınıflandırılır. Sade karbonlu çeliklerde içerisindeki karbon oranlarına göre az, orta ve yüksek karbonlu çelikler olarak anılmaktadır[1]. Demir karbon alaşımı olan çeliklerin üretimi esnasında P, S, Si, Mn, O ve N gibi elementler artırılmadığından yada istenilerek belli miktarlarda bulunur[2].

Bu elemanların dışında çeliğe istenilerek Cr, Ni, Mo, Al, B, Co, Ti, W, V, Zr gibi elemanlar katılır. Çeliğe özellik kazandırmak için katılan bu elemanlara alaşım elemanları adı verilir. Çeliğin içine katılan alaşım elemanları çeliğin bütün özelliklerini etkilemektedir. Bu özelliklerden en önemlisi sertleşmenin meydana geldiği derinliğin az veya çok oluşuna bağlıdır[3].

Çeliğe sertleşme kabiliyeti kazandıran en önemli alaşım elemanı karbondur. Su verme sonucunda ulaşılabilen en yüksek sertlik karbon ile oluşur ve bu sertlik 65 Rockwell C'dir. Sade karbonlu çeliklerde sertlik yüzeyin hemen altında hızla düşer. Sertliğin derinlere inmesini sağlamak için alaşım elemanları kullanılmaktadır. Alaşım elemanları karbonun difzyonunu engellediğinden karbür oluşumu da engellerler ve sertliğin derinlere kadar inmesini sağlarlar[4].

Sertleşebilirliği artıran başka özellikler; tane boyutu, su verme şiddeti ve yapısında oluşturacağı martenzit miktarı ile ilgilidir. Tane boyutu arttıkça sertleşme derinliği artar. Buna karşılık tokluk azalır, su verme şiddeti arttıkça sertlik derinlere kadar iner fakat çatlama riski ortaya çıkar [5]. Sertleşebilirliği artırmak için riske girmek yerine

daha uygun önlemler alınmalıdır. Alaşım elemanlarının miktarını artırmakla bu riski ortadan kaldırmamız.

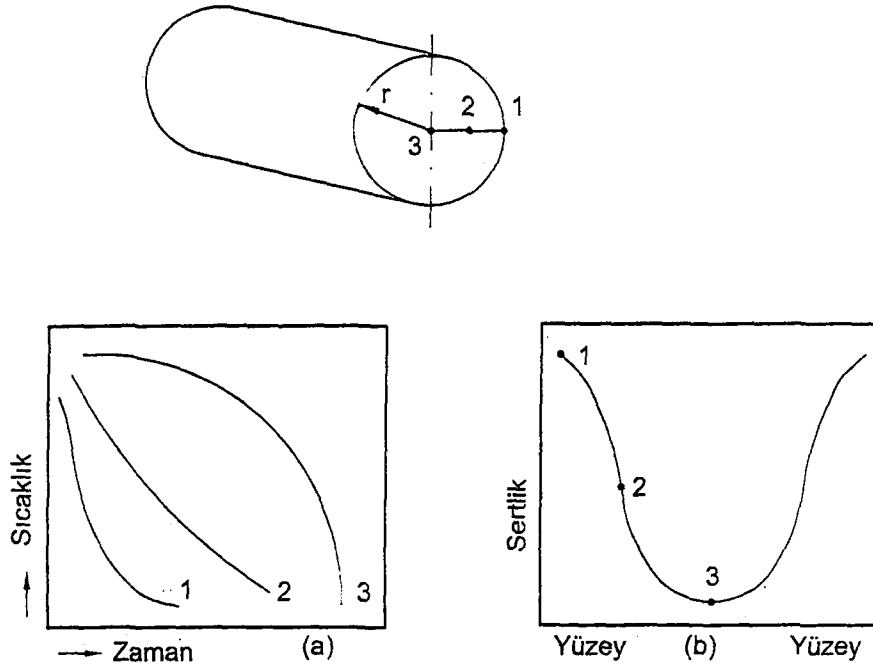
Çeliklerin yüksek veya düşük sertleşebilirlik göstermesi bileşimine bağlı olduğu gibi ısıtma işlemi operasyonu sürecinde bazı olumlu ve olumsuz sonuçların ortaya çıkması normaldir. Isıtma işlemi operasyonunda fırının yapısı, seçilen tav sıcaklığı, soğutma ortamı vb. etkenlerin sertleşebilirliği etkilediği bilinmektedir[6].

1. 2. Genel Anlamda Sertleşebilirlik

Sertleşebilirlik bir çelikte su verme işlemi sonucu oluşturulan sertliğin, yüzeyden içeriye doğru dağılım ve derinlik elde etme özelliğine verilen addır. Su verme sonunda elde edilen sertlik derinlere inebiliyorsa, bu çelikler yüksek sertleşebilirliğe sahip çeliklerdir. Sertlik yüzeyden itibaren hızla düşüyorsa bu tip çelikler düşük sertleşebilirliğe sahip çeliklerdir. Yüksek sertleşebilirliğe sahip bir çeliğin karakteristik özelliği, onun büyük bir sertleşme derinliği göstermesi veya büyük parçalar halinde tam olarak sertleşebilmesidir[1].

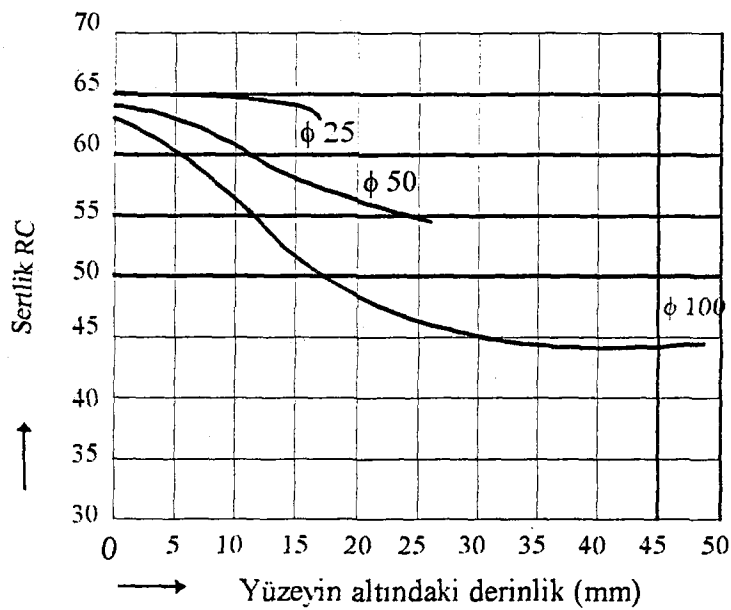
Sertlik ile sertleşebilirlik genellikle birbirleri ile karıştırılırlar. Sertleşme sonunda yüzeyde 50 RC sertlik veren 20 mm çapında bir çelik çubuğun sertliği merkezde 45-47 RC arasında kalırsa, bu çeliğin sertleşebilirliğinin yüksek olduğunu gösterir. Diğer bir örnekte yüzey sertliği 62 RC olan bir çelik çubuğun merkeze doğru sertliği hızla düşer ve bu değer 40 RC 'nin altında olursa kullanılan çeliğin düşük sertleşebilirliğe sahip olduğunu gösterir[7].

Ostenit bölgesine kadar ısıtılan çelik aniden soğutulursa dış yüzeyler ile iç kısımlar farklı soğuma hızı ile soğuyacaktır. Bu durumda hızlı soğuyan dış yüzey ile yavaş soğuyan iç kısımlar arasında bir sertlik farkı ortaya çıkacaktır. Bu sertlik farkları bize çeliğin sertleşebilirliği hakkında bilgi verecektir. Şekil 1.1 'de r yarı çaplı bir çubuğun farklı noktadaki soğuma eğrileri ve sertlik eğrileri görülmektedir [4].



Şekil 1. 1: a- r yarı çaplı çeliğin yüzeyinden merkeze doğru soğuma
b- yüzeyden iç kısımlara sertlik dağılımı [4]

Çeliğin boyutları arttığı zaman, soğuma hızı düşer ve çekirdek sertliği, ferrit ve perlit oluşumu yüzünden daha fazla azalma gösterir. Böylece yüzey sertliğinde de azalma meydana gelir. Aynı özellikli ve farklı çaplı bir çeliğin yağda su verilmesinden sonraki sertleşme derinliği Şekil 1. 2’de görülmektedir.



Şekil 1. 2: Aynı özellikli farklı çaplı bir çeliğin sertleşme derinliği [1]

Çeliğin sertleşebilirliğini etkileyen en önemli iki etmenden birincisi kimyasal bileşimi, ikincisi de östenit tane büyüklüğüdür. Kimyasal bileşim daha açık olarak östenitlenme sıcaklığındaki östenitin bileşimi diye tanımlanabilir. Çünkü karbür ve nitrür gibi bazı bileşikler oluştuğunda, östenitleme işlemi ile bu bileşikler çözündürülemezse çelik oda sıcaklığındaki bileşiminden farklı bir bileşime sahip olur. Bu durumda farklı sertleşebilirlik değerleri ortaya çıkar. Östenitleme işlemi gerektiği gibi yapıldığında pratik uygulamalar için sertleşebilirlik çeliğin oda sıcaklığındaki bileşimi ile belirlenir[7]. Sertleşme derinliğini iki yolla artırabiliriz[8-9].

- a- Gerçek soğutma hızı sabit olduğunda, alaşım elementleri ilavesi ile kritik soğuma hızını yavaşlatmak ve östenit tanelerini büyütme.
- b- İzotermal dönüşüm diyagramı sabit olduğunda daha etkin bir su verme ortamı kullanarak veya soğutma sıvısını hareketlendirerek gerçek soğuma hızını artırmak.

1. 3. Yüksek Sertleşebilirlik

Çok büyük kesitli çeliklerin sertleştirilmeleri ve temperlenmeleri söz konusu olduğunda, yüksek sertleşebilirliğin yararları ortaya çıkmaktadır. Bu çelikler işlenerek sonradan çeşitli kesitlere dönüştürülebilecek parçalar için çok büyük boyutlarda kullanılabilirler. Bunların küçük ve büyük kesitlerinde aynı değerlerde yüksek sertlik istenir. Bu güne kadar beyan edilen deney yöntemleri, sadece yüzeyin altında 20 mm'ye kadar uzanan bir bölgeyle ilgilidir.

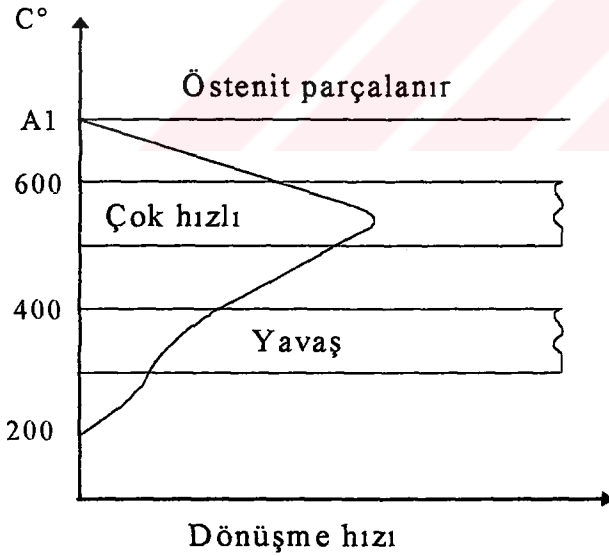
Sertleştirilmiş ve temperlenmiş bir çubuğun yüzeyinde ve merkezinde sertlik aynı olsa bile, çubuğun merkezinin darbe direncinin daha küçük olduğu kabul edilmelidir. Bunun nedeni yüzeyin mikroyapısının incelendiğinde temperlenmiş martenzit veya alt beynitten, merkezin ise başlıca üst beynit veya perlitten oluşmasına bağlıdır. Çünkü üst beynit ve perlitin darbe mukavemeti, temperlenmiş martenzit veya alt beynite oranla düşük olduğu bilinmektedir[1].

Kalın kesitli parçalarda çeliğin kötü ısı iletim kabiliyeti, büyük sıcaklık farklarının ortaya çıkmasına sebep olur. Parçanın dış yüzeylere yakın kısımları doğrudan su verme ortamı ile temas halinde bulunduğundan merkez daha yüksek sıcaklıkta olur. Dış

kısımlar oda sıcaklığına indiğinde merkez 200 - 400 °C arasında kalır. Merkezde kritik soğuma hızına erişilemediğinden martenzitik iç yapı meydana gelmez. Bu nedenle ısı iletimi kötü olan malzemelerde yüksek sertleşebilirlik elde edilmesi güçtür[9].

Yüksek sertleşebilirlik elde etmek için alaşımli çeliklerin kullanılması gerekir. Sertleştirme sıcaklığında östenit içinde çözelti halinde bulunan alaşım atomları perlit teşekkülü sırasında difüzyona uğrarlar. Difüzyon sırasında perlit yapı teşekkül eder. Şekil 3'de görüldüğü gibi burun kısılır ve kritik soğuma hızı küçülür. Bu durumda çelik çekirdeğine kadar sertleşir[9].

Yüksek sertleşebilirliğin gerektiği dövme kalıpları ve basınçlı döküm kalıpları vs. gibi takımlar tamamen sertleşebilirliğe sahip çelik kütüklerden yapılmalıdır. Aksi halde yüzeye oranla daha yumuşak olan çekirdek deforme olabilir. Bu gibi durumlarda sert olan yüzey tabakaları aşırı gerilmelere maruz kalacağından kopmalar olabilir. Yüksek sertleşebilirlik istenen takımlar alaşımli çeliklerden yapılmalıdır[1].



Şekil 1. 3. Çeşitli sıcaklıklarda östenitin dönüşümü [9]

1. 4. Çekirdeğe Kadar Sertleştirme

Çekirdeğe kadar sertleştirilen çeliklerde karbon miktarı % 0,25'ten itibaren yaklaşık % 0,80'e kadar devam eder. Orta karbonlu çeliklerde karbon miktarı % 0,25 - 0,50

arasında olup sertleştirme sonunda yapılan meneviş işleminden sonra sertlik karbon miktarına bağlı olmak üzere 24 ile 43 RC arasında değişir. % 0,50 - 0,80 arasında karbon oranına sahip yüksek karbonlu çelikler ise 40 ile 51 RC sertlik değerine kadar sertleşebilir.

Çekirdeğe kadar sertleştirilebilen çeliklerde parçanın bütün bünyesi hiç bir zaman homojen olarak aynı sertliği alamaz.

Yüzeiden itibaren malzeme içine doğru inildikçe sertlikte yavaş yavaş bir azalma görülür. Bu sertlik azalması tablo 1. 1'de verilmiştir.

Tablo 1.1 Ç 5140 çeliğinin üstten alta doğru inildikçe meydana gelen sertlik değişimi [11]

			Üst yüzeiden itibaren alta doğru derinlik, mm						
			1.68	6.35	12.7	19.05	25.4	37	50.8
SAE	Sertlik	Max	60	57	50	43	38	34	32
Ç.5140	HRC	Min	53	48	33	28	25	20	-

1. 5. Düşük Sertleşebilirlik

Su verme işlemi çeliğin sertliğini arttırmakla beraber kırılganlığını da artırır. Dolayısıyla bu iki zıt özellik öyle ayarlanmalıdır ki takım için en iyi ömür tayin edilebilsin. Bazı takımların yalnız yüzeiy kısımları sert olması istenmekle birlikte, iç kısımların buna sünek bir yatak vazifesi görmesi istenir. Bu tür makine parçaları için merkeze kadar giden sertleşmeden (Yüksek sertleşebilirlik) kaçınılmalıdır. Genel olarak sertleşme derinliği karbonlu çeliklerde (suda su verilmiş) 4 mm. kadardır[11]. Düşük sertleşebilirliğe sahip az alaşımlı ve alaşımsız çelikler ucuz olması nedeni ile kullanma yerine uygunluğu halinde alaşımlı çeliklere tercih edilirler.

Tam sertleştirilememiş çeliklerin sulanmış yapıları sadece kısmen martenzittir. Bu çelikler menevişlenince yalnız çekme dirençleri düşük olmakla kalmaz tam sertleşmiş çeliklere göre diğer bütün özellikleri düşer. Bu nedenle yeter derecede dövülgenlik ve dayanıklılık elde etmek için çekme direncinden gerektiğinden çok daha fazla feda etmek gerekir. Tam sertleşmemiş çeliklerin yüksek sertleşen çeliklere göre sertlikleri oldukça düşüktür[1]. Sertliğin düşük olması aşınma ve darbe direncini düşürmektedir.

Bazı hallerde makine parçaları ve takımlar için düşük sertleşebilirlik istenir. Darbe gerilimlerine karşı düşük sertleşme derinliği gösteren çelikler tercih edilir. Tercih edilme sebebi ise yüzeyin sert çekirdeğin özlü oluşuna bağlıdır. Bu çeliklerin yüksek sertleşebilirliği sahip çeliklere göre daha uzun ömürlü olduğunu söyleyebiliriz. Büyük bilyalı yataklar, miller, dişliler vb. gibi takımlar düşük sertleşebilirliğe sahip çeliklerden yapılırlar[1]. Düşük sertleşebilirliği sahip çeliklerden yapılan takımlar genelde yüzey sertleştirme işlemine tabi tutulurlar. Yüzey sertleştirme işlemi çeliğin çekirdeğinin özlü olmasını sağlar.

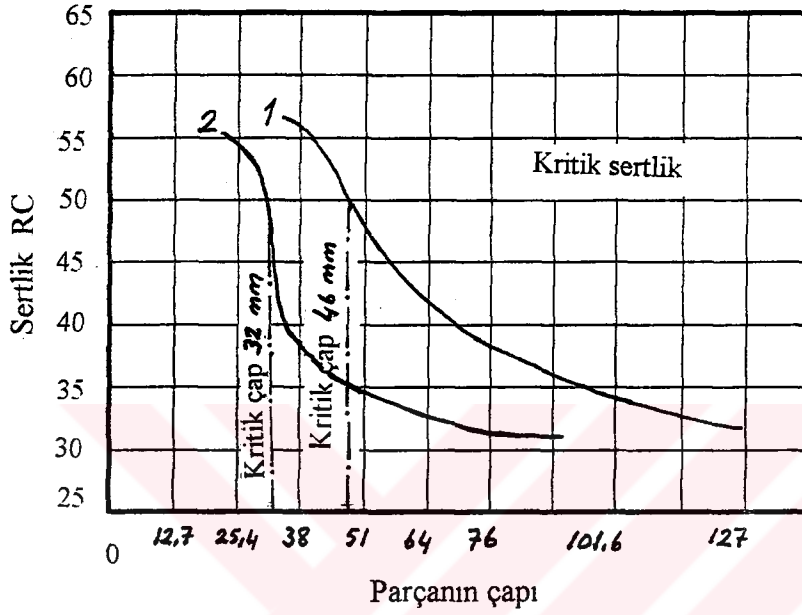
1. 6. Su Verme Şiddetinin Sertleşme Derinliğine Etkisi

Sertleştirme için östenit bölgesine kadar ısıtılan parçalar sulanırken; Su verme şiddetine göre farklı sertleşme derinliği gösterirler. Su verme işlemi yapılmadan önce su verme ortamı ve şiddetinin de uygun seçilmesi gerekir.

Bir çeliğin sertleşmesi yalnız sertleşme kabiliyetine değil aynı zamanda su verme ortamına ve su verme şiddetine bağlıdır. Bu durumda bileşimi, belli bir çelik muhtelif su verme şiddetleri için değişik “kritik çaplar” gösterecektir[11]. Şekil 1.4’de Krom - nikelli çeliğin iki farklı soğuma ortamındaki kritik çaplarını görebiliriz. Krom - nikelli çelik yağda sertleştiğinde, 50 RC’lik sertlik için çapın 31 mm, aynı çeliğin suda sertleştirilmesi sonucunda, 50 RC’lik Kritik sertlik için çapın 46 mm olduğu görülmektedir. Örnek verilen çeliğin bileşimi Tablo 1.2’de verilmiştir.

Tablo 1.2. Krom - nikelli çeliğin kimyasal analizi [11]

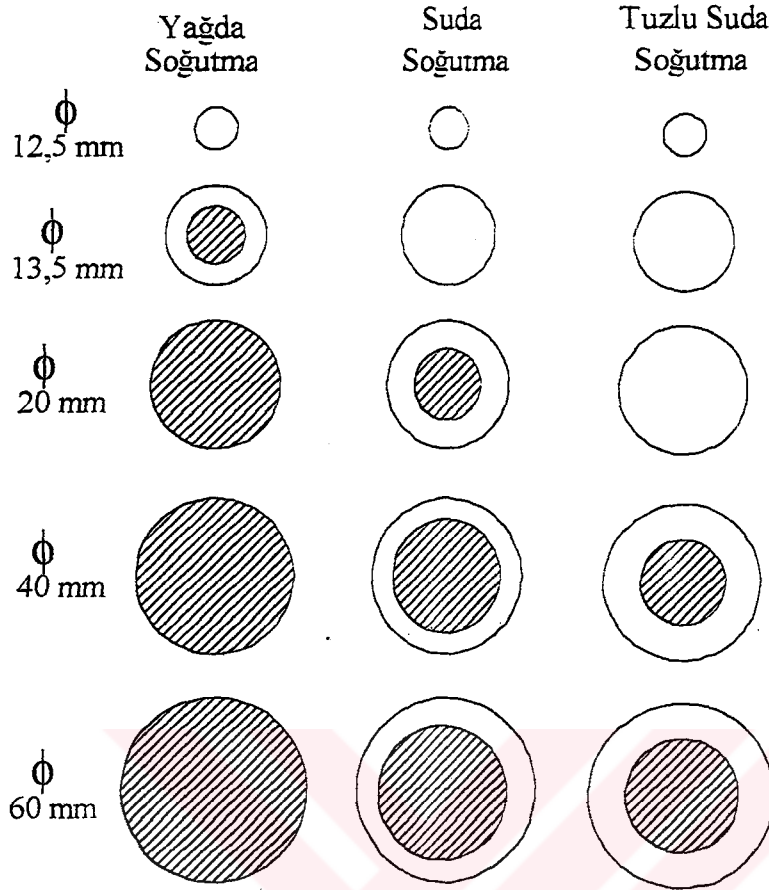
C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr
0,41	0,76	0,017	0,023	0,08	1,20	0,67



1. Suda sertleştirilmiş
2. Yağda sertleştirilmiş

Şekil 1.4. Su verilmiş farklı çaplardaki çubuklarda merkez sertlikler [11]

Su verme işlemi ile parçaların iç kısımları da sertleşir. Fakat çekirdeğindeki soğutma hızı dış cidar kadar olmadığı için parçanın içi daha yumuşak olur. Dış kısım ile çekirdek arasındaki sertlik farkı küçük ve ince parçalarda az, kalın ve büyük parçalarda çok olur. Aynı cins çelikten muhtelif çaplarda parçaların yağda, suda ve tuzlu suda soğutulmuş kesitleri Şekil 1.5'de verilmiştir. Taranmış kısımlar sertleşmemiş kısımlardır [8].



Şekil 1.5 Aynı özellik ve farklı çaplarda sertleştirilmiş çubukların sertleşmiş ve sertleşmemiş kısımları [8]

1. 6. 1. Parça ebadının sertleşme derinliğine etkisi

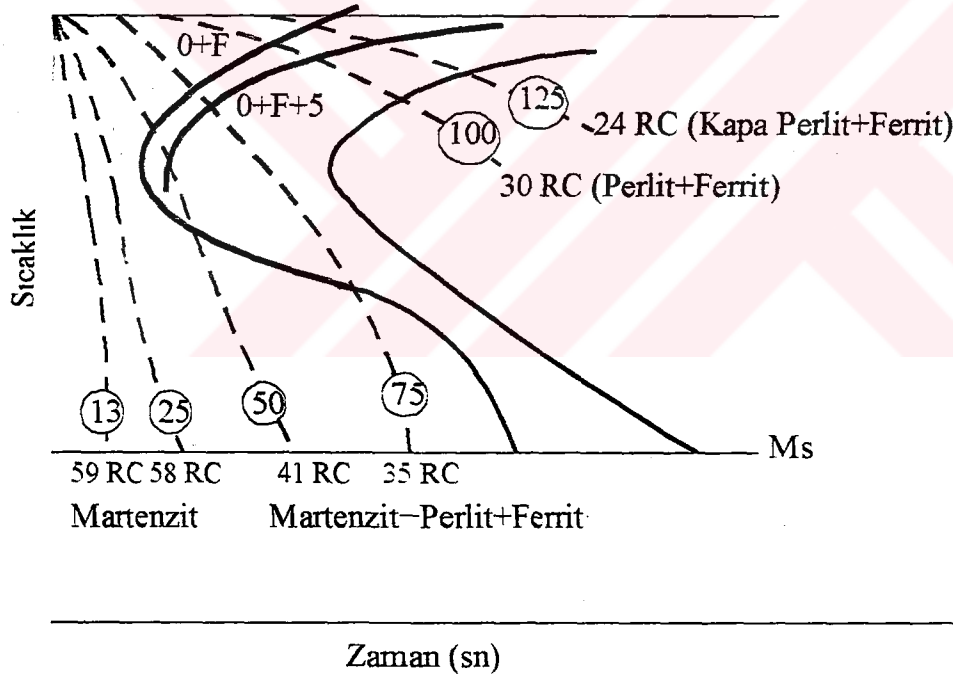
Su verme ortamının seçiminde yada eldeki su verme imkanlarının kullanılmasında “su verme şiddeti” kavramının bilinmesi gerekir. Su verme şiddeti bir sıvı ortamın soğutma gücünü gösterir. Su verme şiddeti katsayısı H ile ifade edilmektedir.

Tablo 1. 3. Su verme ortamlarının şiddetleri (H) [1]

Su verme ortamı				
Karıştırma	Hava	Yağ	Su	Tuzlu su
Yok	0,02	0,20	1,0	2,0
Yumuşak	--	0,35	1,1	2,1
Orta	--	0,40	1,3	--
Çok	0,05	0,60	1,5	--
Şiddetli	--	0,80	2,0	4,0

Çelik parçanın sadece yüzeyi sertleştirme (soğutma) ortamı ile temas ettiğinden, parça yüzey alanın kütlesine oranı soğuma hızını belirleyen önemli bir faktördür. Bu oran parçanın geometrik şekline yakından bağlıdır ve oranın büyümesi ve soğuma hızını artırır. Küresel parçalar için bu oran fazla önemli değildir. Silindirik parçalarda ise, oran parça çapına ters orantılı olarak bağlıdır. Tellerde ve ince levhalarda yüzey alanın kütleye oranı oldukça büyük olduğundan, yüksek soğuma hızı elde edilir. Bir genelleme ile büyük parça küçük parçadan daha yavaş soğuyacaktır diyebiliriz.

Şekil 1.6 'da değişik çapta ve % 0,45 karbonlu çeliğin ZSD diyagramı üzerinde tablo 1.3'deki sertlik değerleri ve soğutma sonunda elde edilmiş yapı değişikliklerini gösteren yüzey soğuma eğrileri çizilmiştir.



Şekil 1.6. Parça çapının soğuma hızına etkisi [3]

Yukarıdaki şekilde 13 ve 25 mm çaplı parçalar için çizilmiş soğuma eğrilerinden anlaşıldığı gibi, bu parçaların yüzey soğuma hızları kritik soğuma hızını geçirdiği için sonuçta yüksek sertlikte martenzit yapı elde edilmiştir. 50 ve 75 mm çaplı parçaların yüzey soğuma hızları orta derecededir. Sonuçta martenzit, perlit ve ferrit karışımı meydana gelmiştir. 100 ve 125 mm çaplı parçalar için ise yüzeydeki soğuma hızı

oldukça yavaştır. Ve sonuçta yapı ostenitin ferrit ve perlite dönüşümünden meydana gelmiştir.

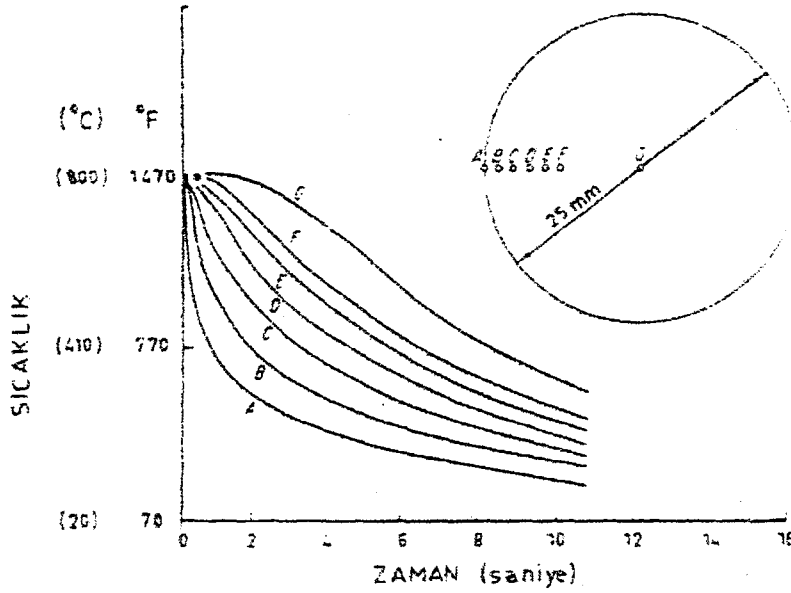
Değişik çaplarda % 0,45 karbonlu silindirik parçalar için yapılmış sertleştirme işlemi sonrası, yüzey sertlik değerleri tablo 1.4’de verilmiştir. Parçalar suda sertleştirilmiştir.

Tablo 1.4. Farklı çaplı parçaların yüzey sertlik değerleri [3]

Çap mm	Yüzey Sertliği HRC
13	59
25	58
50	41
75	35
100	30
125	24

Belirli bir çubuk için sulama derecesi, onun yüzeyinin sulama banyosu sıcaklığına indirilmesi hızına bağlıdır. Isıl geçirgenliğe bağlı sınırlardan ve ısının sadece çubuğun yüzeyinden dışarı çekilmesi gerçeğinden dolayı çubuğun merkezi ile yüzeyi arasında soğuma derecesinde düşüş vardır. Şekil 1.7’de yüzeydeki soğutma derecesi ne kadar yüksek olursa, düşüş derece daha dik olur. Düşüş eğrisinin dik oluşu çubuk içindeki bütün noktalarda soğuma şiddetinin hızlı olduğu anlamına gelir[12].

Çelik parçanın yüzeyinin verilen bir sıcaklığa soğutulma derecesi parçanın ölçülerine, şekline ve sulama şiddetine bağlıdır. Belirli bir soğutma şiddetinde silindirik çubuğun yüzeyindeki soğuma derecesi parçanın çapı arttıkça azalır ve parça iç kısmında genel bir azalma olur.



Şekil 1.7. 25 mm çapındaki bir çelik çubuğun suda soğutulduğunda kesitinin çeşitli noktalarında elde edilen soğuma eğrileri [3]

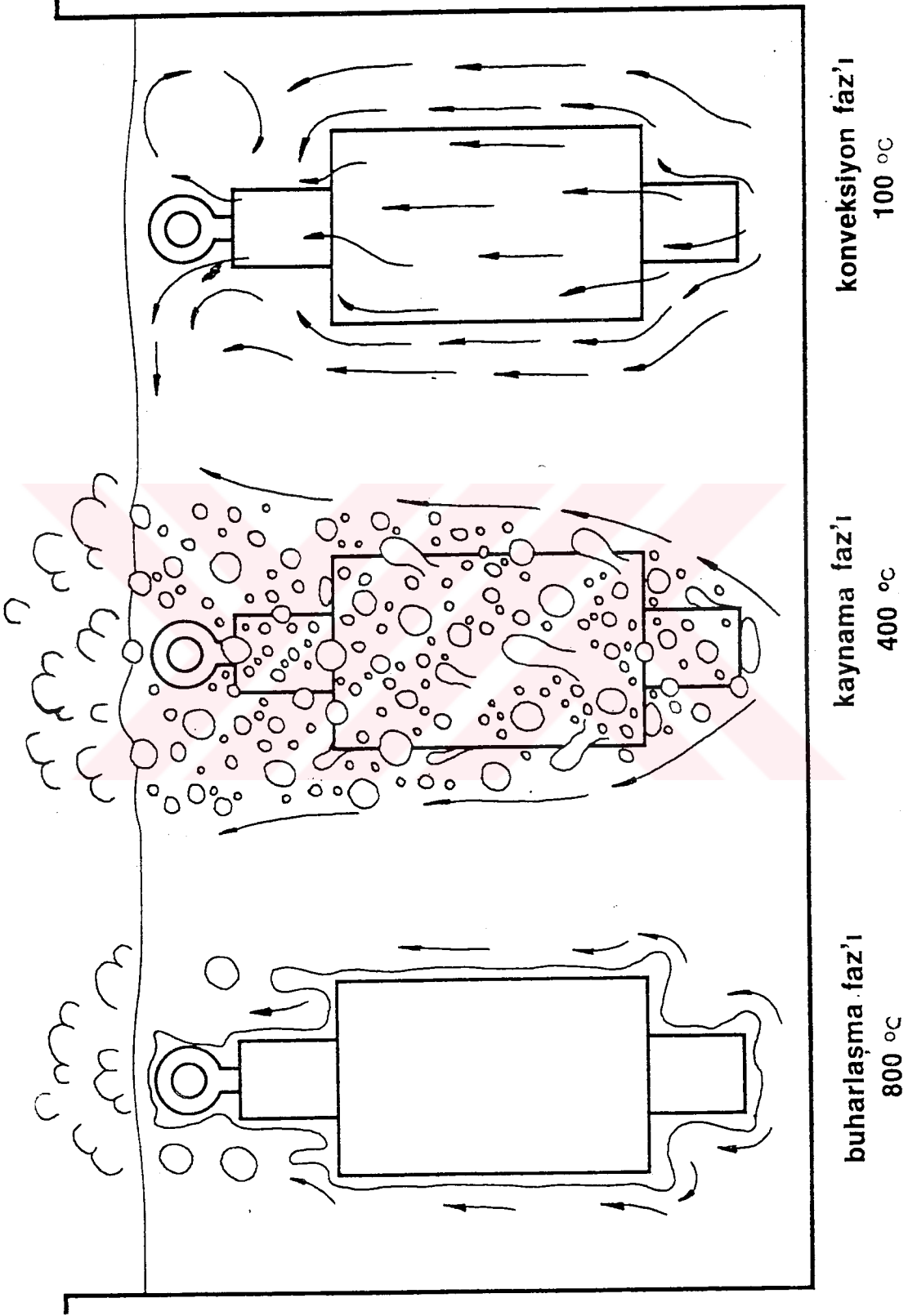
1. 6. 2. Sertleştirme ortamının cinsi

Bir çelik parçanın sertleştirilmesi esnasında soğutma ortamı incelendiğinde üç safhadan meydana geldiği görülür[3].

- Birinci safhada, düşük sıcaklıktaki soğutma ortamıyla temasa geçen yüksek sıcaklıktaki çelik parçanın yüzeyinde, ince bir buhar tabakası oluşur. Bu tabakanın ısı iletimi çok düşük olduğundan, parça ısısının soğutma ortamına geçişi çok yavaş olur. Bu sebepten birinci safha boyunca soğuma hızı oldukça düşüktür.
- İkinci safha, parça yüzeyindeki buhar tabakasının bozulmasıyla başlar. Bu safhada yüzeyde şiddetli, kaynama meydana gelerek, çelik parçanın sıcaklığı hızla düşer. Soğumanın en hızlı olduğu bölüm bu safhadır.
- Üçüncü safhada, parça yüzey sıcaklığının soğutma maddesinin kaynama sıcaklığına ulaşmasıyla başlar. Parça yüzeyinde kaynama durmuştur ve soğutma ısı iletimi şeklinde olur. Bu safhada soğuma hızı tekrar yavaşlamıştır. Bu durum sıvı ile sıcaklık eşitliği sağlanıncaya kadar devam eder.

Şekil 1.8'de sertleştirme ortamının üç safhası görülmektedir.

(Sertleştirme sıcaklığı > buharlaşma sıcaklığı)

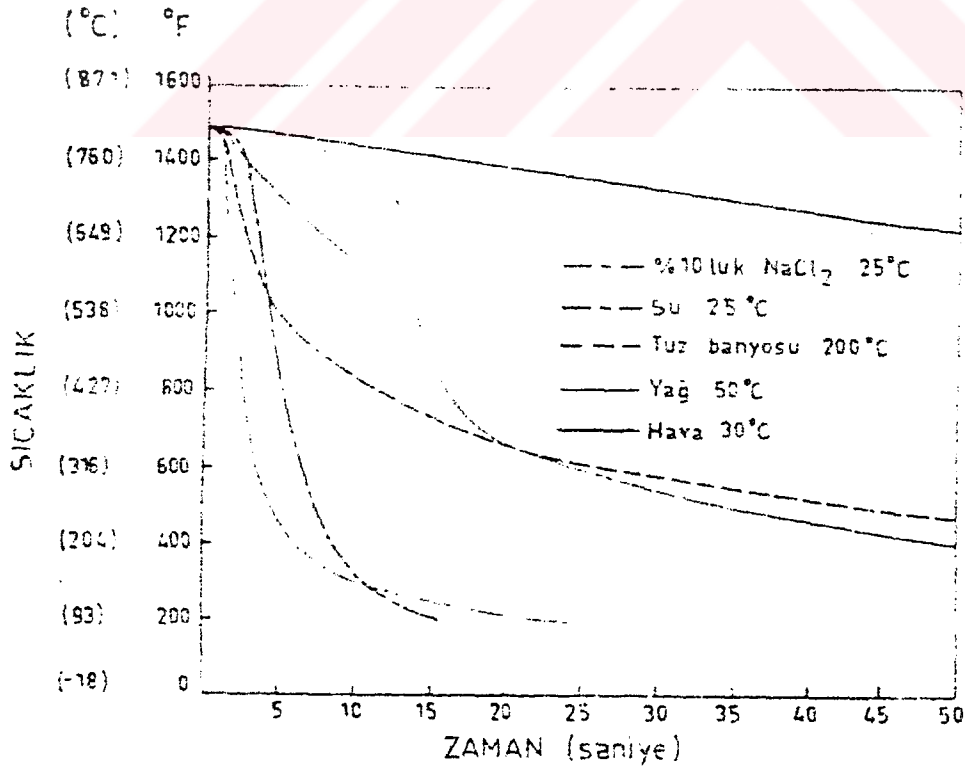


Şekil 1.8 Sertleştirme ortamının (soğumanın) üç safhası [21]

Aşağıda azalan soğutma şiddetlerine göre çeşitli soğutma ortamları sıralanmıştır.

1. %10'luk NaCl₂ çözeltisi,
2. Tuzlu su
3. Su
4. Tuz banyosu
5. Yağ çözeltileri
6. Yağ
7. Hava

Değişik soğutma ortamları kullanılarak 12 mm çapındaki paslanmaz kalitedeki çelik çubuk parçalarının merkezleri için elde edilmiş soğuma eğrileri şekil 1.9'da görülmektedir. Soğuma eğrileri incelendiğinde her soğutma ortamının farklı soğutma safhalarına sahip olduğu görülmektedir. Parçalar belli sıcaklıktaki soğutma ortamlarında hareket olarak soğutulmuşlardır[3].



Şekil 1.9. 12 mm çapında, 60 mm boyundaki paslanmaz çelik çubukların merkezleri için çeşitli soğutma ortamlarında elde edilmiş soğuma eğrileri [3]

1. 6. 3. Sertleştirme Ortamının Sıcaklığı

Genel olarak sertleştirme ortamının sıcaklığı yükseldikçe soğuma hızı düşer. Ortam sıcaklığının yükselmemesi için öncelikle ortam hacminin yeterli miktarda olması sağlanmalıdır. Ayrıca, soğutma hızını arttırmak ve ortam sıcaklığını sabit tutmak için, ortamda çalkantı (sirkülasyon) sağlanabileceği gibi, parçanın ortam içinde hareketi de söz konusu olabilir. Böylece, soğumanın birinci safhasında parça yüzeyinde oluşan buhar tabakası etkili bir şekilde giderilerek soğuma hızı artırılmış olur.

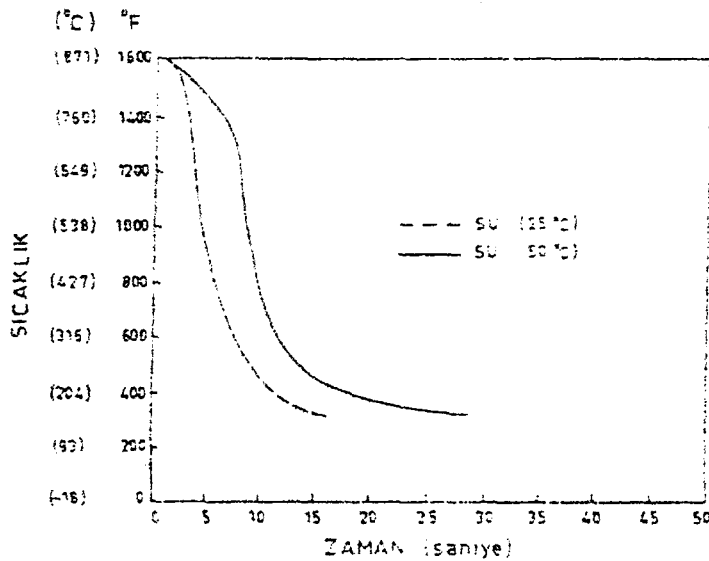
Kullanılan soğutma ortamlarının cinsine göre uygun ortam sıcaklıkları da değişmektedir. Tablo 1.5'de bazı soğutma ortamları için ideal ortam sıcaklıkları görülmektedir.

Tablo 1.5. Değişik soğutma ortamları için ideal ortam sıcaklıkları. [8]

Ortamın Cinsi	İdeal Sıcaklık °C
Su	18 - 20
Tuzlusu	20 - 40
Yağ	50 - 80
Tuz Banyoları	200 - 300

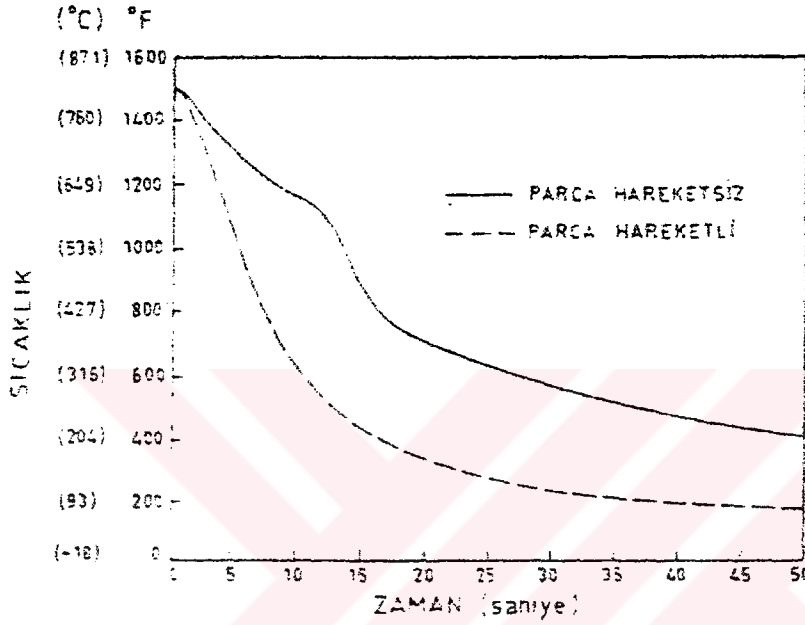
Aynı kalitede ve aynı çapta çubukların farklı ortam sıcaklıklarında sertleştirilmeleri sonucu elde edilen soğuma eğrilerinin farklı olduğu şekil 1.10'da görülmektedir.

Parçalar ortamda hareketsizdir.



Şekil 1.10. 12 mm çapında, 60 mm boyundaki paslanmaz çelik çubukların merkezleri için, 25 ve 50 °C sıcaklıklarındaki soğuma ortamlarında elde edilen soğuma eğrileri [3]

Sertleştirme ortamı içindeki parça hareketinin, soğutma hızına etkisinin önemi şekil 1.11'de verilmiştir. Şekilde 50 °C 'deki yağ banyosunda sertleştirilen paslanmaz kalitedeki bir çelik parçasının ortam içinde hareketli olup olmamasına bağlı olarak değişen soğuma eğrileri görülmektedir.



Şekil 1.11. Soğutma ortamı içinde parça hareketinin soğuma hızına etkisi [3]

Parçanın hareketinin sağlanmadığı durumlarda ortamdaki sıvının sirkülasyonu (Çalkantı) sağlanmalıdır. Tablo 1.6'da durgun su için sertleştirme şiddeti değeri 1.0 olarak bazlandığında, çeşitli soğutma metodları için değişik ortamlara ait sertleştirme şiddet değerleri verilmiştir.

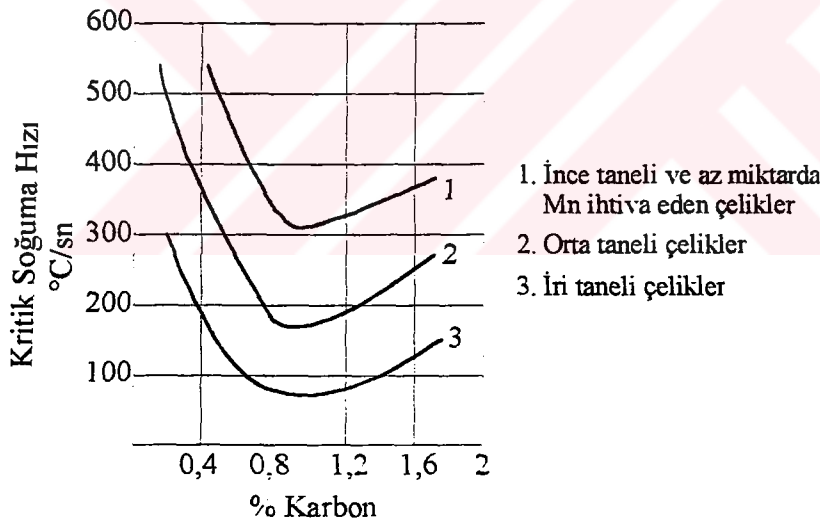
Tablo 1.6. Değişik soğutma metodları için değişik ortamlara ait sertleştirme şiddet değerleri [3]

Soğutma Metodu	Yağ	Su	% 10'luk NaCl ₂ Çözeltisi
Çalkantısız ortam	0,25 - 0,30	0,9 - 1,0	2
Az çalkantılı ortam	0,30 - 0,35	1,0 - 1,1	2 - 2,2
Orta çalkantılı ortam	0,35 - 0,40	1,2 - 1,3	
İyi çalkantılı ortam	0,40 - 0,50	1,4 - 1,5	
Şiddetli çalkantılı ortam	0,80 - 1,10	4	5

1. 7. Tane Büyüklüğünün Sertleşebilirliğe Etkisi

Sertleşme derinliğine etki eden en önemli etmenlerden birisi de çeliğin tane boyutudur. Tane boyu küçük olan çeliklerde sertleşme derinlere kadar inmez Perlit genelde östenit tane sınırlarından itibaren oluşmaya başladığında tane boyunun küçülmesi ile dönüşüm gecikir ve yüzeyden itibaren sertlik azalır[4]. Buradan anlaşılıyor ki; tane boyu irileştikçe sertleşme kabiliyeti artar[12]. “Tane büyüklüğü genellikle doğrusal olarak 100 defalık bir büyütmede $(25,4 \text{ mm})^2$ inç kareye isabet eden ortalama tane sayısı olarak tarif edilir.”

Küçük taneli bir çelik 750x’den soğutulması sonucu 60 RC sertlik vermesi isteniyorsa, iri taneli çeliğe nazaran daha süratli soğutulması gerekir. Şekil 1.12’de karbon miktarı ile tane yapısının soğutma hızına etkileri görülmektedir.



Şekil 1.12. Karbon miktarı ve tane yapısının soğutma hızına etkisi [12]

Tane büyüklüğünün ve bununla birlikte sertleşme kabiliyetinin de artışı, daha büyük kesitteki parçaların sertleşmesine imkan verir. Su verme işleminde sertlik için tane boyunu büyük tutmak yerine, alaşım elemanları kullanarak sertleşme derinliğini arttırmak daha yerinde olur. Östenit tane büyüklüğünün artması su verilmiş çeliğin tokluğunu azaltıp kırılgan olmasına neden olur. Tane boyu küçültülmüş alaşımli çeliklerde deforme ve çatlama ihtimali azdır[13,12].

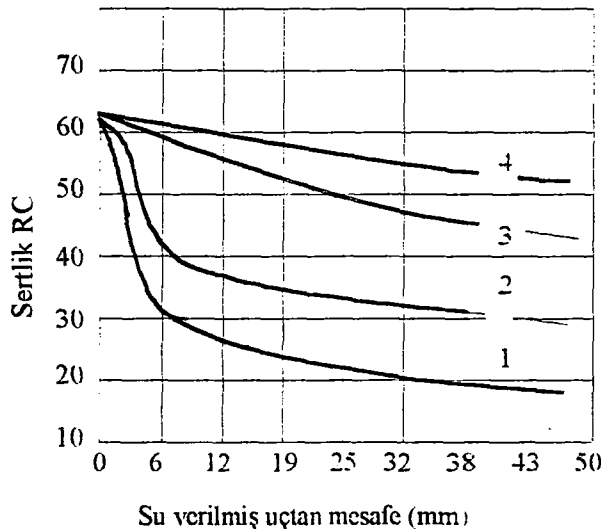
1. 8. Alaşım Elemanlarının Sertleşebilirliğe Etkisi

Sertleşebilirliğe etki eden elementlerin başında karbon gelmektedir. Diğer alaşım elementleri sertliği ikinci derecede etki ederler. Alaşım elementleri sertleşme derinliğinin artmasını sağlarlar. Alaşım elementleri sertleşme derinliği sade karbonlu çeliklere göre daha fazladır. Alaşım elementlerinin en büyük etkisi, dönüşüm eğrilerini olmaktadır. Çeliğe katılan alaşım elementleri karbonun difüzyonunu etkilediğinden karbür oluşumu gecikir, bu gecikme sonunda sertleşme çekirdeğe kadar devam eder[12]. Alaşım elemanları parçaların çarpılma, çatlama tehlikesi olmaksızın kritik soğuma hızına ulaşmasına neden olurlar. Özellikle molibden, mangan ve krom elementleri çok etkili olmaktadır.

Şekil 1.13 'de alaşımli makine çelikleri ile sade karbonlu çeliklerin sertleşme derinlikleri görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi sade karbonlu 1040-1060 çeliklerinin sertliği yüzeyin hemen altında hızla azalmasına rağmen az alaşımli 4140-4340 çeliklerinde sertlik derinlere kadar inebilmektedir.

Tablo 1.7. Sertlik grafiği çizilen sade karbonlu ve az alaşımli çeliklerin kimyasal analizi [12]

Çeliğin Cinsi	C	Mn	Ni	Cr	Mo	Tane Boyu	
1	1040	0,39	0,89	0,01	0,01	-	8
2	1060	0,62	0,81	0,02	-	-	8
3	4140	0,38	0,79	0,01	1,01	0,22	8
4	4340	0,40	0,75	1,71	0,77	0,32	8



Şekil 1.13. Değişik bileşimlere ait çeliklerin sertleşme derinlikleri [12-20]

Mangan ve krom gibi elementler kuvvetli karbür yapıcı olduğundan sertliğin çok derinlere inmesini sağlarlar. Kritik soğuma hızının azalması ile yüksek sertleşebilirliğe ulaşılır. Bu durumda daha büyük parçaların çekirdeğine kadar sertleşmesi istendiğinde alaşımli çelikler kullanılır. Karbon ve diğer alaşım elementlerinin başka bir rolüde martenzit oluşum sıcaklığını düşürmeleridir[12]. Alaşım elementlerinin sertleşebilirliğe etkileri Tablo 1.8 'de görülmektedir.

Tablo 1.8. Alaşım elementlerinin sertleşebilirliğe etkisi [12]

Alaşım Elemanı	Tesir derecesi	Alaşım Elemanı	Tesir Derecesi
Manganez	Kuvvetli	Molibden	Kuvvetli
Silisyum	Orta	Vanadyum	Hafif
Nikel	Orta	Tungsten	Orta
Krom	Kuvvetli	Bakır	Zayıf

Kobalt ve alüminyum dışındaki bütün alaşım elementleri daha önce bahsedildiği gibi, martenzit başlangıç (Ms) ve martenzit oluşum (mf) sıcaklıklarını düşürür. Alaşım elemanları gerek kritik soğuma hızını gerekse artık ostenit miktarını değiştirdiğinde su verilmiş çeliklerin sertliklerini önemli ölçüde etkiler. Bu durum martenzit sertliğini doğrudan etkilemez[13].

Alaşım elementlerinin %1 ilavesi ile su verme sonucunda ortaya çıkan sertlik artışları Tablo 1.9'da görülmektedir[12]. Sertliği en fazla arttıran elementin molibden olduğunu tabloda görebiliriz.

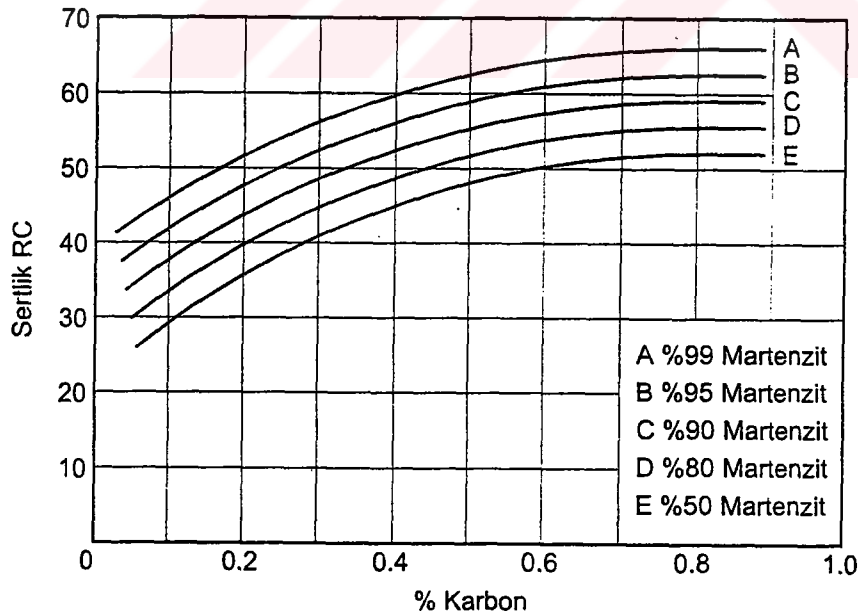
Tablo 1.9. Alaşım elemanlarının %1 ilavesi ile ortaya çıkan sertlik artışı [12]

Alaşım Elemanı	Sertlik Artış Miktarı (RC)
Manganez	15,5
Silisyum	5,0
Nikel	5,5
Molibden	37,5
Krom	15,0

1. 9. Martenzit Yüzdesinin Sertleşme Derinliğine Etkisi

Sulanarak sertleştirilen çeliklerin sertlik düzeyi karbon oranına bağlıdır. Bileşimindeki % C miktarı arttıkça sertleştirilmiş çeliğin sertlik oranı da artar. Ancak setleştirilmiş çeliğe sertliği kazandıran, çeliğin iç yapısında hızlı soğuma sonucunda oluşan martenzittir. Martenzit, çeliğin iç yapısında karbür ve nitrürlerden sonra en sert dokudur. Martenzit dokusu aşırı doymuş bir katı çözelti olduğundan, sertliği içinde bulundurduğu karbon oranına bağlıdır. Karbon arttıkça martenzitin sertliği de artar[7].

Sertleştirilen çeliğin sertliği, doğrudan ihtiva ettiği karbon yüzdesine bağlı martenzitle artar. Sertleştirilmiş çeliğin sertliğinin en yüksek düzeye ulaşması için; iç yapıda martenzitin tam olarak oluşması gerekir. Sertleştirilmiş çeliklerin sertliği, ihtiva ettiği karbon oranına ve yapısında oluşturacağı martenzit yüzdesine bağlıdır. Şekil 1.14'de karbon ile martenzit yüzdesinin bağıntısı görülmektedir. Çeliğin maksimum sertliğe ulaşması % 100 martenzit teşekkülü ile mümkündür. Şekil1.14'de % 99 martenzit ve % 0,8 karbon oranı ile en yüksek sertlik değerine ulaşıldığı görülmektedir.



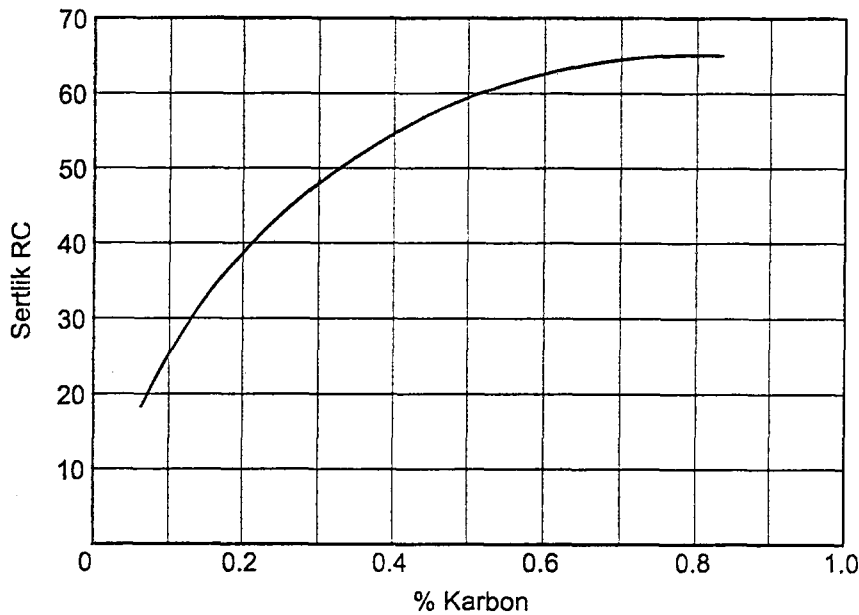
Şekil 1.14. Sertlik ve karbon miktarı ile, martenzit yüzdesi arasındaki ilişkinin şematik olarak gösterilmesi [1]

Çelikte ulaşılabilen en yüksek sertlik çeliğin yapısında % 100 martenzit teşekkülü ile mümkündür. Yapıda % 100 martenzit elde edildiğinde zaman tam sertleşme

oluşturmuştur. İdeal bir sertleştirme için çekirdekte en az % 50 martenzit oluşturulması istenir[5]. Düşük sertleşebilirliğe sahip çeliklerde, yüzeyin altında martenzit oranı hızla düşer. Şekil 1.14'de görüldüğü gibi iç yapıda % 50 ile %100 arasında martenzit oluşumu sertliğinde, 10 - 15 RC'lik bir artış göstermesine neden olur. Çeliğin bileşimindeki % C oranı içte oluşacak martenzite ulaşmak için seçilebilir. Şekil 1.14'den bir örnek verecek olursak % 0,40 karbonlu bir çeliğin yapısında % 55 martenzit oluştuğu kabul edilirse sertliğin 40 RC, tam sertleşmenin oluştuğu % 99,9 martenzitli dokuda aynı çeliğin, 55 RC sertlik verdiği görülür[7]. Çeliklerde su vererek sertleştirme işlemi ile elde edilebilen en yüksek sertlik 65 RC'dir. Bu sertliğe ulaşabilmek için karbon oranı % 0,8 olması gerekir.

1. 10. Karbon Yüzdesinin Sertleşebilirliğe Etkisi

Çeliklerde ulaşılacak en yüksek sertlik, karbon ile doğru orantılıdır. Sade karbonlu takım çeliklerinde en fazla % 1,5 karbon bulunur. Karbon oranı % 0,85 'e ulaştığında en yüksek sertlik elde edilir. Çeliklerde demir karbon alaşımı ile oluşan demir karbürün (Fe_3C) ulaşabileceği en yüksek sertlik 65 RC'dir[2,14]. Şekil 1.15'de karbon oranı ile sertlik arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 1. 15 Alaşımız takım çeliğinde karbon miktarı ve sertlik arasındaki ilişki [8]

Saf demir bakır gibi yumuşak olduğu halde demir karbür yüksek sertlik ve kırılabilirliğe sahiptir. Demir içindeki demir karbür (Fe_3C) homojen olarak yayılırsa sertlik ve sertleşme derinliği de artış gösterecektir. Çeliğin içindeki demir karbürün dağılımı rastgele olmayıp belli bir düzen içindedir[15].

Makine yapımında kullanılan takım çeliklerinde % 0,6'dan fazla karbon gereksizdir. Sertleşebilirliği arttırmak için; karbon oranını yükseltmek yerine, alaşım elemanı kullanmak daha uygundur. Çünkü fazla karbon iç gerilmelere neden olabilmektedir. Makine imalat çeliklerinde alaşım elemanları mekanik dayanımlar açısından önemlidirler[5,7,10].

Çeliğin sertleşmeye elverişli olabilmesi için bileşiminde en az %0,1 karbon bulunması gerekir. Bilindiği gibi sertlik hacimsel küpün dar alanına, demir ve karbon atomunun sıkışmasından meydana gelen zoraki bir durumdan başka bir şey değildir. Dönüşme sertleştirilmesi için ortalama %0,40 karbon bulunması gerektiği kabul edilmektedir[14].

Çeliklerin haddeleme, dövme ve tavlama gibi işlemler esnasında çoğu kez dekarbürizasyon (Karbon azalması) meydana geldiği unutulmamalıdır. Bu işlemleri görmüş çelikler sertleştirmede yeterli sertlik veremezler. Bilindiği gibi az karbonlu çelikler ya az sertleşirler yada sertleşmezler. Takım çeliklerinden yapılacak olan makine parçalarının dekarbürizasyona uğrayan kısımları işlenirse yeniden sertleştirme yapılabilir[14].

BÖLÜM 2 JOMİNY DENEY CİHAZI

2. 1. Giriş

Çeliklerin sertleştirme sonrası kazanacağı sertlik satın alımındaki tercih faktörlerinden en başta gelenidir. Sertleşme derinliği ve sertleşme kabiliyetinin bilinmesi çelik seçimini kolaylaştıracaktır. Sertleşme kabiliyetini tespit etmek için kullanılan metodun ucuz, kolay ve pratik olması onun yaygın olarak kullanılmasını sağlayacaktır. Soğuma şiddetini bir kaç kesitte ve değişik boyutlardaki çubuklarda tayin etmek için kullanılan klasik araştırma usulleri çok zahmetlidir ve deneyimlere dayanır. Özel uygulamalarda tek bir kesitle sertleşebilme deneyleri uzun yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uygulama ancak yapıldığı takım için yeterli sonuç vermektedir. Standartlaşmış sertleşebilme deneylerinden, orta derecede sertleşebilen çelikler için en yaygın olanı Jominy ve Boegehold tarafından geliştirilen uç sulama deneyidir. Jominy uç sulama deneyini aynı kararlılıkla tekrarlayabilmek kolay olduğu için bu metod sertleşebilmenin tayininde uluslararası düzeyde standartlaştırılmıştır. Böylece sertleşebilmenin doğru ve duyarlı olarak bulunması sağlanmıştır.

Detayları Türk Standartları 1381'de verilen deney için, 25 mm çapında 100 mm boyunda silindirik bir deney numunesi hazırlanır. Numuneler faturalı ve flanşlı olarak hazırlanabilir. Numuneler ızalasyonu sağlanmış fırınlarda ısıtılıp süratle cihaza yerleştirilerek sertleşme sağlanır.

Sertleşmeyi gerçekleştiren cihazın üzerindeki borudan gelen suyun serbest yükselme mesafesi 65 ± 10 mm 'dir. Sertleştirilen numunenin her iki tarafı uzunluk ekseninde boyunca 0,4 mm taşlanarak sertlikleri ölçülür. Sertleştirilmiş uçtan itibaren ölçülen sertliklerden bir eğri oluşturulur[16]. Sertlik değerlerini bulmak için Rockwell C cihazı kullanılır. Ölçümler sırasında 20 RC 'nin altındaki değerler dikkate alınmaz.

Sertleşebilirlik eğrisi bilinen çelik hakkında bilgi edinmek kolaydır. Eğrisi belirlenen çeliğin çeşitli sulama değerleri için sertleşebilirlik eğrileri çizilebilir. Grosman 'ın geliştirdiği grafikler kullanılarak istenen sertliği mevcut soğutma sistemi ile yüzeyden itibaren oluşacak sertlikleri tahmin etmek mümkündür. Soğutma sıvısının ve ulaşılabilecek sertliğin bilinmesi çelik seçimini kolaylaştıracaktır.

2. 2. Jominy Deneyi

Çeliklerin sertleşebilirliklerini ölçmek için kullanılan deney numuneleri 25 mm çapında ve 100 mm boyunda hazırlanır. Bu numunelerin hazırlanması sırasında bileşimleri etkilenmemelidir. Hazırlanan silindirik numune, uygun bir ostenit sıcaklığına kadar tavlınır. Deney numunesi, malzemenin özelliklerine uygun ve homojen olarak belirli bir ostenit sıcaklığına kadar tavlınır. Bu sıcaklık 816 - 927 °C arasında olabileceği gibi çoğu çeliklerde 871 - 899 °C arası sıcaklıklarda ostenitlenirler. Bu sıcaklıklarda deney parçasının merkezinin istenilen sıcaklığa ulaşabilmesi için 30 ± 5 dakika bekletilir. Östenitlemede yüzeyin korunmasına dikkat edilir[16, 17].

Numune fırından hızla alınıp Jominy deney cihazında yataya dik bir şekilde yerleştirilir. Soğutma suyu kolay açılıp kapanır bir vana ile süratle açılarak numunenin tabanından su verilir. Soğutma işlemine yaklaşık 10 dakika devam edilir.

Soğutma işlemi tamamlanan numune cihazdan alınarak sertlik ölçümü için 180 °C açı ile ekseni boyunca iki düzgün yüzey 0,4 mm taşlanır. Uçtan itibaren sertlik ard arda 1,5 - 1,5 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 (toplam 15 mm) 8 noktadan ölçülür. Bundan sonraki noktalarda 5 er mm ara ile alınıp ölçülür. Böylece sertleşme derinliğini gösteren eğri çizilir[16].

Deney çubuğu kontrollü olarak sulandığından, sulanmış uç ile havada soğuyan uç arasında çok şiddetliden çok yavaşta kadar değişen sulama hızlarının, aynı şartlarda sulanan bütün deney çubuklarının eş değer noktalarda aynı olduğu düşünülmüştür. Böylece her deney parçası, su püskürtülen uçtan itibaren havada soğuyan dip kısmına

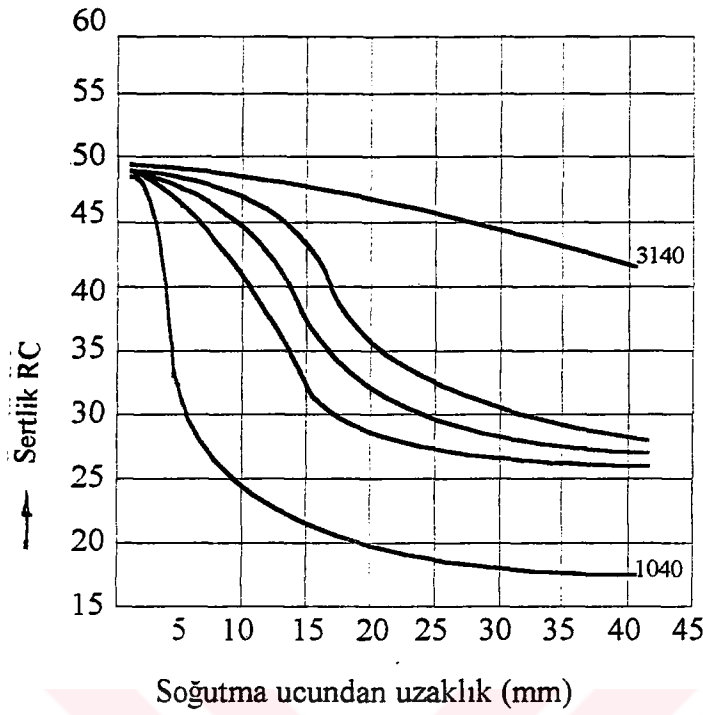
kadar değişen bir seri soğuma hızına sahip olur. Tablo 2. 1'de soğuma hızı ile uçtan uzaklık arasındaki ilişki görölmektedir.

Tablo 2. 1. Jominy mesafesi ve soğuma hızı arasındaki ilişki [21].

Uçtan Uzaklık (mm)	Soğuma Hızı (°C/s)
1,6	315
3,2	110
4,8	50
6,4	36
8,0	28
9,6	22
11,2	17
12,8	15
16,0	10
19,2	8
25,4	5
32,0	3
38,4	2,8
44,5	2,5
57,2	2,2

Sonuçta değişik soğuma hızlarına bağlı olarak deney parçasının değişik noktalarında farklı sertlikler elde edilir. Değişik çeliklerin Jominy eğrilerini karşılaştırınca sertlikler arasında farklar açık ve kolayca görölmektedir. Şekil 2. 1 'de SAE 1040 Sığ sertleşen çeliği, (1,25 Ni ve 0,75 Cr) 'lu derin sertleşebilen 3140 çeliği ile diğer bazı çeliklerin mukayesesini gösteren eğriler verilmektedir. Jominy eğrileri çeliklerin birbiri ile mukayesesini kolaylaştırır.

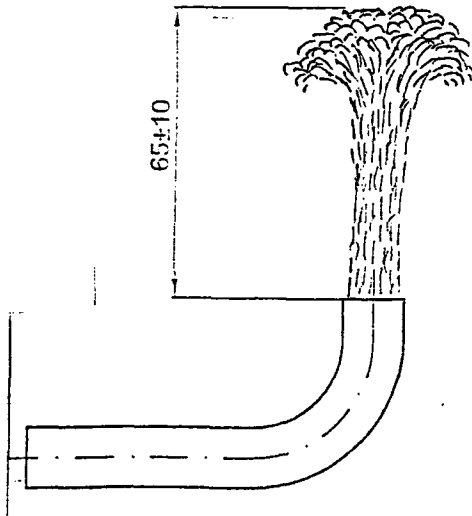
Jominy deneyinde elde edilen değerler ile sertleşebilirlik bantları oluşturulabilir. Her çelik cinsi için yapılan yüzlerce deney sonucu, sertleşebilirlik eğrilerinin üst ve alt sınırları belirlenir. Bunun yapılması uzun araştırma ve denemeler gerektirir. Oluşturulan bu bantlar, çelik üretim fabrikalarında kalite kontrolü için kullanılır.



Şekil 2. 1. Sade karbonlu ve alaşımlı çeliklerin Jominy eğrilerinin karşılaştırılması [5]

2. 2. 1. Jominy deney cihazının çalışma prensibi

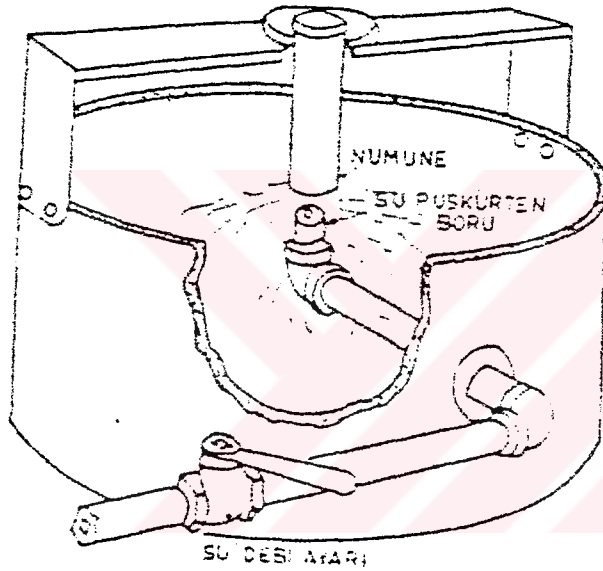
Deney cihazı numunelerin sertleşmesini pratik bir şekilde sağlayan bir düzendir. Soğutmanın düzenli bir şekilde yapılabilmesi için devamlı beslenen suya ihtiyaç vardır. Sabit bir yarım parmak ($\frac{1}{2}$ ") borudan gelen suyun şiddeti serbest yükselme prensibine göre ayarlanır. Suyun yükselme mesafesi $\frac{1}{2}$ " boru ucundan itibaren 65 ± 10 mm 'dir[16]. Şekil 2. 2 'de suyun serbest yükselme mesafesi görülmektedir.



Şekil 2. 2. Suyun serbest yükselme mesafesi [16]

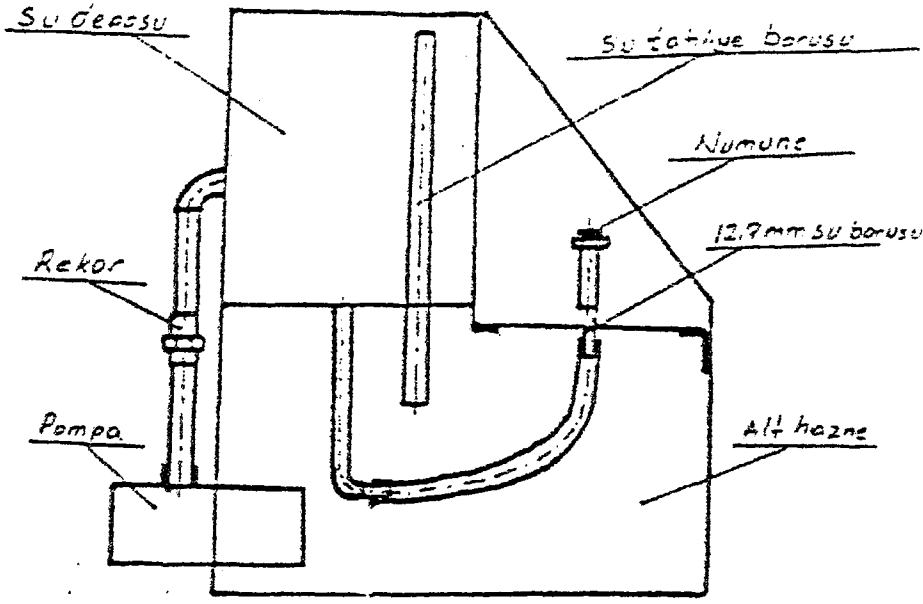
Deney cihazı şehir şebekesi suyu ile beslenebildiği gibi, sabit yükseklikteki bir kaptan gelen su ile de beslenebilir. Şehir şebekesi suyu ile beslenen basit bir cihaz Şekil 2. 3 'de görülmektedir. Bu cihazda suyun yükselme mesafesi bir vana yardımı ile ayarlanır. Suyun çabuk açılıp kapanabilmesini sağlayan bir musluk cihazdaki boru üzerine tespit edilmiştir.

Şehir şebeke suyu basıncının değişken olması serbest yükselme mesafesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum deneylerde hatalara neden olabilir.



Şekil 2. 3. Şehir Şebekesi suyu ile çalışan Jominy cihazı [20]

Yukarıdaki şekilde görülen sistemin mahsuru kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Buna benzer bir cihaz G. Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Metalîşleri eğitimi anabilim dalı atelyesinde yapılmıştır. Bu cihazın çalışma sistemi bir motor vasıtasıyla olmaktadır. Alt haznede toplanan su pompa vasıtasıyla üst kaba aktarılmakta ve oradan da yarım parmaklık boru ile sertleştirilmenin yapılacağı aparatın altına gelmektedir. Bu sistem kapalı bir sistem olup, soğutma suyu olarak aynı su sürekli kullanılmaktadır. Fazla sayıda deney yapıldığında suyun sıcaklığının yükseldiği görülmüştür. Bu sakıncayı önlemek için soğutma suyunun belli aralıklarla değiştirilmesi yada soğumasının beklenmesi gerekmektedir. Bu sakınca bu sisteminde kullanılmasını güçleştirmektedir. Pompa vasıtası ile çalışan Jominy deney cihazının kesit görünüşü Şekil 2. 4 'de görülmektedir.



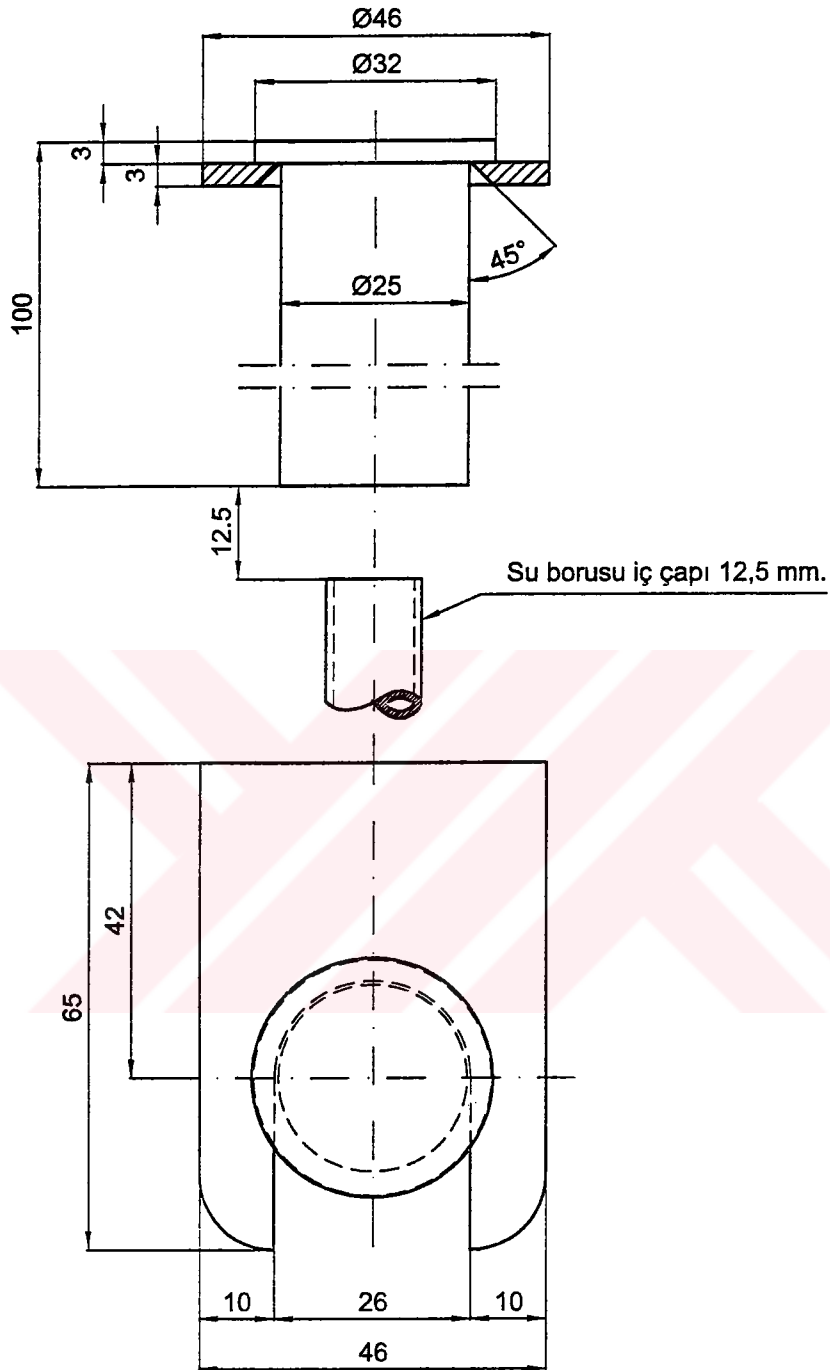
Şekil 2. 4. Pompa vasıtası ile çalışan Jominy deney cihazı [6]

Her iki sistemin de mahsurlarından yola çıkarak bir cihaz tasarlandı. Şamandıra ile su kontrolü yapılan ve şehir şebekesi suyu ile sürekli aynı sıcaklıkta su sağlanan cihazın imalatını yapıldı. Bu cihazın üzerinde bir su tankı mevcut olup, suyun serbest yükselme kuralı gereği, denemeler yapılarak, tanktaki yeterli su miktarı belirlendi. Tanktaki su miktarı yeterli seviyeye ulaştığında şamandıra tanka su girişini kesmektedir. Cihaz çalışıp su eksilmeye başladığında şamandıra açılıp tanka yeni su ilavesi olmaktadır. Böylece suyun serbest yükselme seviyesi ve su sıcaklığı aynı kaldığından deneylerde hata oranı en aza indirilmiştir. Ayrıca TS 1381 'e göre numuneler flanşlı ve faturalı olmaktadır. Her iki tip numune de bu cihaz ile sertleştirilebilmektedir. Tasarım ve imalatı yapılan cihazın resmi Şekil 2. 5 'de görülmektedir.

Numunelerin aparata yerleştirilmeleri TS 1381 'e göre yapılmalıdır. Numune cihaza yerleştirildiği zaman, suyun geldiği boru ile aynı eksende olmasına dikkat edilir. Deney numunesi cihaza yerleştirildiğinde numunenin uç kısmı ile su borusu arasındaki mesafe $12,5 \pm 0,5$ mm arasında olmalıdır. Şekil 2. 6 'da numunenin cihaza yerleştirilmiş hali görülmektedir.



Şekil 2. 5. İmalatı yapılan cihazın fotoğrafı



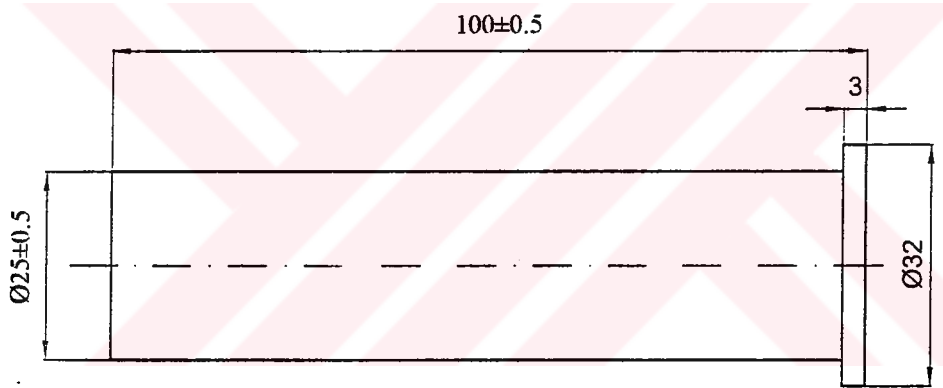
Şekil 2. 6. Deney numunesinin cihaza yerleştirilmiş hali

2. 2. 2. Numunelerin hazırlanması

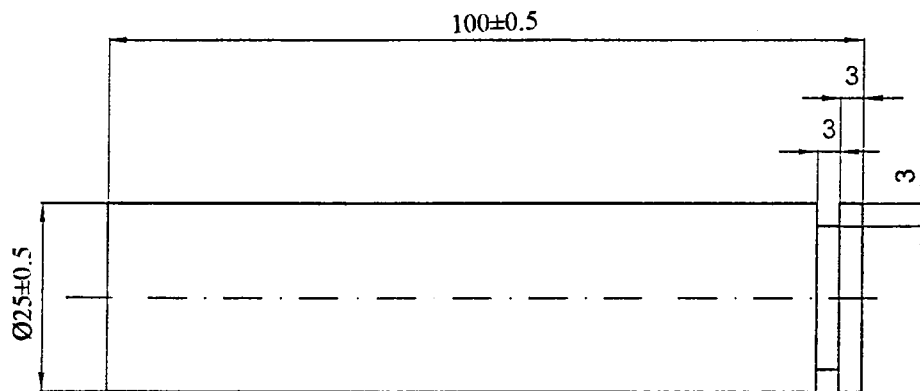
Uluslararası düzeyde standartlaştırılmış detayları Türk Standartları 1381 'de verilen deney için, deney yapılacak çeliklerden parçalar alınır. Bu parçalar 25 mm çapında,

100 mm boyunda silindirik olarak işlenirler. Numunelerin cihaza takılabilmesi için Şekil 2. 7 a ve b 'de görüldüğü gibi flanşlı veya faturalı olacak şekilde yapılır. Deney parçasının sertleştirilmeyen taraftaki ucuna işaretlemek amacıyla bir numara vurulur. Dövülmüş ve haddelenmiş deney parçaları işlenmeden önce normalize edilmelidir. Özel haller dışında normalize işlemi, malzemenin özelliklerine uygun olarak yapılmalıdır[16].

Deneyi yapılan çeliklerin numuneleri Adapazarı Endüstri Meslek Lisesi torna atölyesinde hazırlanmıştır. Deney numuneleri hazırlanırken yapı değişikliğinin meydana gelmemesi için dikkat edildi. Numunelerin silindirik kısımları ince talaş çıkartılarak düzgün işlenmesine özen gösterildi. Suyun temas edeceği taban kısmı ise daha hassas olarak işlendi.



a - Flanşlı Numune



b - Faturalı Numune

Şekil 2.7. Deney numunelerinin şekil ve ölçüleri [16]

2. 2. 3. Deneyin yapılması

2. 2. 3. a. Numunelerin ısıtılması

Su verilecek ötektoid altı çelikler A_3 sıcaklığının, ötektoid üstü çelikler ise A_1 sıcaklığının $30 - 50^\circ\text{C}$ üstünde homojen bir şekilde östenitlenmelidirler. Deney numunesi sertleştirme öncesi malzeme özelliklerine göre önceden tayin edilmiş (ilgili çelik kataloglarından alınır) sıcaklığa kadar ısıtılmış olması gerekir. Isıtma esnasında ısı dağılımının homojen olmasına dikkat edilir. Parçalar fırına yerleştirildikten sonra, gerekli östenit sıcaklığına ayarlanan fırın pirometresi, istenilen sıcaklığa geldikten sonra homojenliğin sağlanması için, bu sıcaklıkta 30 ± 5 dakika daha bekletilir. Isıtılan parçalar oksidasyona uğratılmadan 5 sn içinde deney cihazına takılırlar.

Isıtma için kullanılan fırının oksidasyona meydan vermeyecek bir şekilde seçilmesine dikkat edilmeli, yapısı (tuğlaları) sağlam ve kapakları dış atmosfere karşı en iyi izalasyonun sağlanmasına özen gösterilmelidir.

Çelikler tav fırınlarında tavlarken diğer metaller gibi oksit tabakası (tufal) ile kaplandığı görülür. Fırın atmosferinde mevcut oksijen sebebiyle meydana gelen tufal tabakasının kalınlığı parça ısındıkça artar, hatta tufal tabakasının malzeme çapına göre merkeze kadar indiği görülmüştür[12]. Tabanda meydana gelen tufal tabakası sertleştirme sırasında ısı iletimini güçleştirdiği için en küçük tufal oluşumu dahi deney sonuçlarını değişikliğe uğratar. Tufallaşmış numune sertleştirme sonucu gerçek sertlik değerlerini göstermez.

Tufallaşmanın meydana gelmesi;

a: Oksijen (O_2), Su buharı (H_2O), Karbondioksit (CO_2) gibi oksitleyici gazlar yüzeyden metal içine doğru nüfuz ederek şu reaksiyonları oluştururlar.

Oksijenle: $\text{Fe} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{FeO}$

Karbondioksit ile: $\text{Fe} + \text{CO} \rightarrow \text{FeO} + \text{Co}$

Su buharı ile: $\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeO} + \text{H}_2$

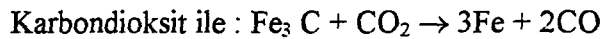
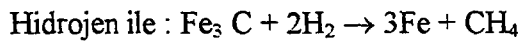
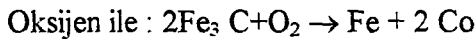
b: Tufal (FeO) ve demir (Fe)'nin genleşme katsayısı farklı olduğu için tufalin bir kısmı parça üzerinden düşer ve yüzeyde tekrar yenisi oluşur[12].

Oksidasyonun hızı ve miktarına şu faktörler etki eder;

- a: Sıcaklık
- b: Tav süresi
- c: Fırın atmosferi
- d: Çeliğin terkibi
- e. Parça ebadı ve şekli
- f. Fırının cinsi

Isıtma sırasında meydana gelebilecek başka bir olay da dekarbürizasyon (karbonsuzlaşma) 'dur. Bu olay fırın atmosferinde bulunan hidrojen (H) ve oksijen (O₂) vasıtası ile karbonun gaz haline getirilmesidir. Tufal oluşturmayacak kadar az olan serbest oksijen, karbondioksit veya su buharı dahi dekarbürizasyona sebep olabilir. Genelde 620 °C'ye kadar olan düşük sıcaklıklarda dekarbürizasyon çok az veya sıfıra eşittir. Dekarbürizasyon; sıcaklığın ve çelikteki karbon miktarının artması ile artar[12]. Dekarbürizasyona uğrayan numunenin sertleştirilmesi ile olumlu sonuç alınmaz. Yapılan deneyde numune alınan partinin sertleşebilirliği hakkında yanlış bir karar verilmesine sebep olabilir[6].

Dekarbürizasyon olayı şu reaksiyonlar ile oluşur;



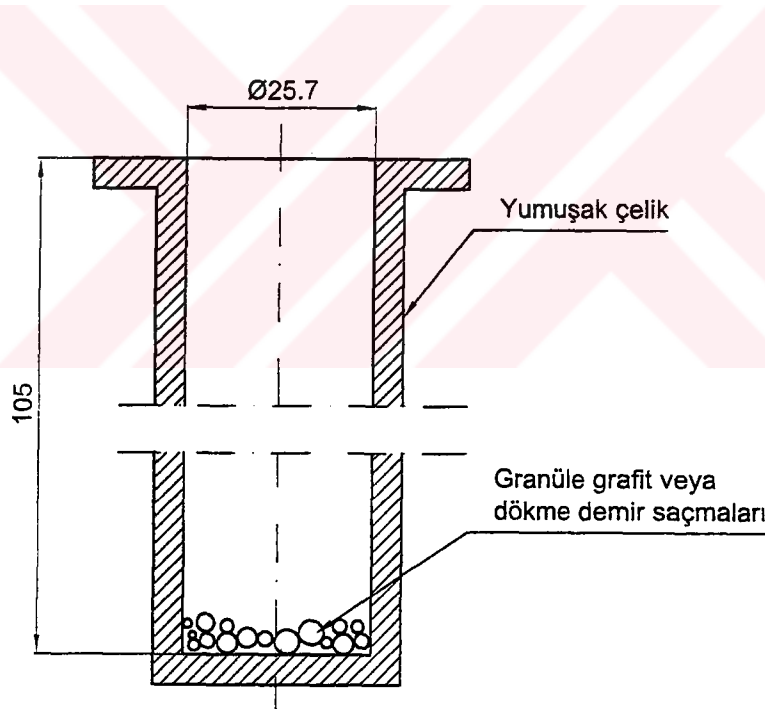
Dekarbürizasyon çelik yapısı için oksidasyondan daha tehlikeli bir olaydır. Tecrübeler sonunda anlaşılmıştır ki önce dekarbürizasyon sonra da oksidasyon olayı başlamaktadır.

Alaşım elemanlarından krom ve manganez dekarbürizasyona mani olucu özellikte olmalarına rağmen; silisyum, wolfram, vanadyum ve molibden ise dekarbürizasyon

meylini artırırlar. Kromun dekarbürizasyona engel oluşunun sebebi; karbon difizyonunun hızını azaltması ve havanın parça yüzeyine nüfuz etmesini önleyecek şekilde tabaka meydana getirmesidir[12].

Yapılan deneylerde fırın izolasyonunun tam olarak yapılamaması nedeniyle fırın içi atmosferindeki gazlar giderilememiştir. İzolasyonu tam olan fırında bile fırın içinde kalan gazların oksidasyon ve dekarbürizasyona neden olduğu görülmüştür.

Numunelerin gerçek sertleşme değerlerini bulabilmek için Şekil 2. 8 'de görüldüğü gibi yumuşak çelik kaplar hazırlanmıştır. Bu çelik kaplar içine konarak koruma altında tavlanan numunelerde oksidasyon ve dekarbürizasyon oranlarının azaldığı görülmüştür. Koruma için hazırlanan yumuşak çelik kabın dip kısmına dökme demir saçmaları yerleştirilmiştir [16,18].



Şekil 2. 8. Jominy numunelerinin oksidasyon ve dekarbürizasyonunu önlemek için kullanılan yumuşak çelik kap [16]

2. 2. 3. b. Deney parçasının soğutulması

Sertleştirme sıcaklığına kadar ısıtılan numune 5 sn. içinde aparata yerleştirilip soğutulmaya başlanmıştır. Su püskürtme işlemine 10 dakika devam edilmiş ve bu süre sonunda parça suya daldırılarak tamamen soğutulmuştur.

2. 2. 4. Sertlik ölçümleri öncesi yapılan hazırlıklar

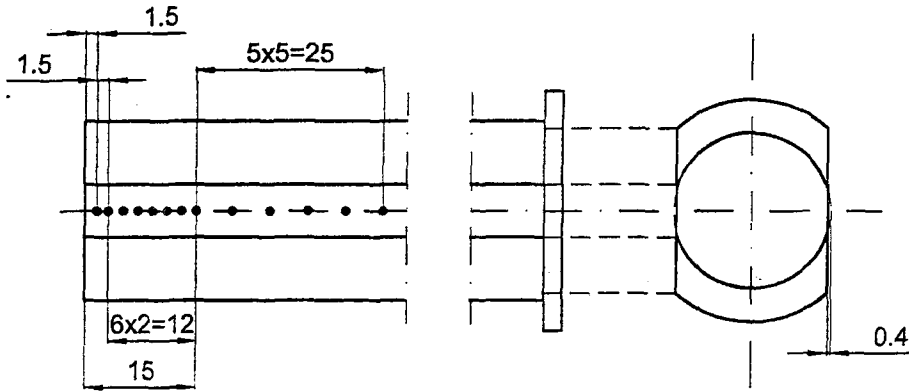
Sertleştirme işlemi sonunda önce parça yüzeyinde oluşan tufaller temizlendi. Flanşlı numunelerin taşlama tezgahı ile sertlik ölçme cihazına rahat yerleştirilmesini sağlamak için flanş kısımları torna tezgahında alındı. Deney parçasının uzunluk eksenine boyunca birbirinden 180 ° açıklıkta karşılıklı iki yüzey 0,4 mm taşlandı. Taşlama işlemi yapılırken parçanın aşırı ısınarak mikrografik yapısının değişmemesi için bol miktarda soğutucu sıvı kullanıldı.

Taşlama sırasında yapı değişimi olup olmadığını anlamak için deney parçası % 5 'lik (hacimce) nitrik asit çözeltisi içinde kararınca kadar tutuldu ve sıcak su ile yıkandı. Bu işlemden sonra 2 veya 3 saniye % 50 'lik (hacime) seyreltik hidrolorik asit çözeltisinde tutuldu. Tekrar sıcak su ile yıkanarak sıcak hava ile kurutuldu. Numune üzerindeki rengin her tarafta aynı olduğu anlaşılınca sertlik ölçme işlemine geçildi. Numune üzerinde renk farklılığı ya da lekeler görülürse iki yeni düzlem daha taşlanıp işlemler tekrarlandı [16].

Numunelerin sertlik ölçümleri 150 kgf yük altında çalışan Rockwell C cihazında yapılmıştır. Ölçümler Rockwell C cihazı yerine 30 kgf yükü çalışan Vickers cihazında da yapılabilir. Ölçümlere geçmeden önce parça cihaza çok iyi bir şekilde yerleştirildi. Ölçüm yapılacak noktalar önceden tesbit edilerek yumuşak kurşun kalem ile işaretlendi.

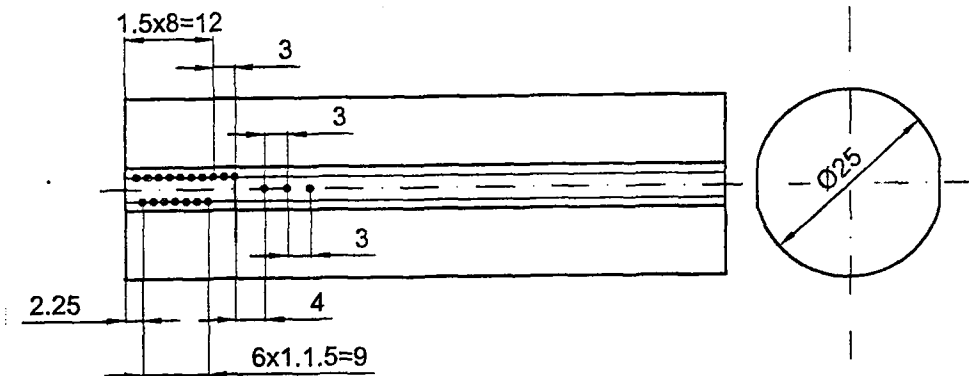
Sertleşme derinliği yüksek olan çeliklerde ölçümler için 1,5 - 1,5 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2 toplam 15 mm, bundan sonraki noktalar ise 5 er mm ara ile işaretlenme yapıldı. Fakat birinci noktadan sonraki ölçü noktaları aralıklarına bağlı kalınmayabilir. Eğer eğride belirsizlik yok ise aralıklar çok yakın olmayabilir. Sonuçların daha sıhhatli olması isteniyorsa aralıklar daha sık yapılmalıdır [16]. Bundan dolayı belirtilen bütün noktalardan ölçümler yapıldı.

Sertleşme derinliği az olan çelikler için ölçüm mesafeleri sertleştirilmiş uçtan itibaren 1,5 - 0,75 - 0,75 - 0,75 ... 12 mm 'ye kadar, bundan sonraki 4 nokta aynı uçtan 15 - 19 - 22 ve 25 mm uzaklıkta alınır.



Şekil 2. 9. Sertleşebilirliği yüksek çeliklerde ölçme noktaları ve deney parçasının hazırlanması [16]

Alınan sertlik ölçme aralıkları çelikler için Rockwell C sertlik deneyinde belirtilen en az aralıkla bağdaşmadığı zaman deney sonuçlarını sağlıklı alabilmek için Şekil 2. 10 'da görüldüğü gibi zikzak yapılarak ölçülür [16].



Şekil 2. 10. Sertleşebilirliği düşük çeliklerin ölçüm noktaları [16]

BÖLÜM 3 SERTLEŞEBİLME KABİLİYETİNİN MUAYENESİ

3. 1. Sertleşebilirlik Bantları

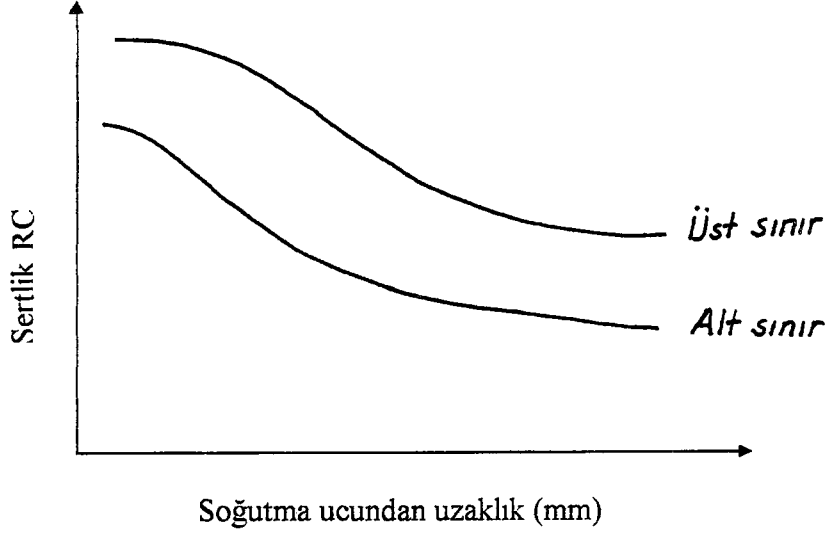
Jominy deney numunelerinin soğutulması sonunda sertlikleri ölçüldüğünde çizgi halinde bir eğri ortaya çıkmaktadır. Bu eğri bize numunenin alındığı partinin sertleşebilirliği hakkında bilgi verir. Çelik üretim süreçlerinde bir çeliğin standartlarda verilen bileşimi dökümden döküme veya dökümün başından sonuna farklılıklar gösterir[19]. Üretimi yapılan her çeliğin sertleşebilirliği hakkında daha duyarlı ve geniş bilgi için, çeşitli dökümlerden alınan yüzlerce numune üzerinde setleştirme deneyi yapılır. Deney sonunda elde edilen sertliğin maksimum ve minimum sınırlarını belirleyen ve çeliğin bileşiminde olabilecek her türlü değişimi içine alan bir diyagram çizilir. Bu diyagrama sertleşebilirlik bandı adı verilir. Bu diyagramlardan iki sonuç çıkarılabilir[20].

- a- Su verme ucundan herhangi bir uzaklıktaki en düşük ve en yüksek sertlik değerleri,
- b- Su verme ucundan, herhangi bir sertliğin oluştuğu en küçük ve en büyük uzaklıklar.

Sertleşebilirlik bantları çeliğin bileşiminde olabilecek değişiklikleri kendi sınırları içinde kabul eder. Alacağımız numunelerin sertleşebilirlik eğrilerinin bu sınırlar içinde kalması beklenir. Yukarıda bahsedilen bandın oluşmasında belli noktada ulaşılan en yüksek ve en düşük sertlik esas alınır.

Sertleşebilirlik bantları oluşturulurken sınırların dar tutulması istendiğinde; alaşım elementleri içinde istenmeyen elementler, belli sınırı aşmamak için, kontrol altında bulundurulmalıdır[17]. Dar sınırlar içinde üretilen bu çeliklere SAE/AISI standartları da sertleşebilirlik güvenceli H çelikleri denir.

Sertleşebilirlik sınırlarının belirlenmesinde Rockwell C sertlik sıkalası ile ölçüm yapılır. Ölçümlerde 20 RC 'nin altındaki değerler dikkate alınmaz [18].



Şekil 3. 1. Jominy sertleşebilirlik bandı sınırları [16]

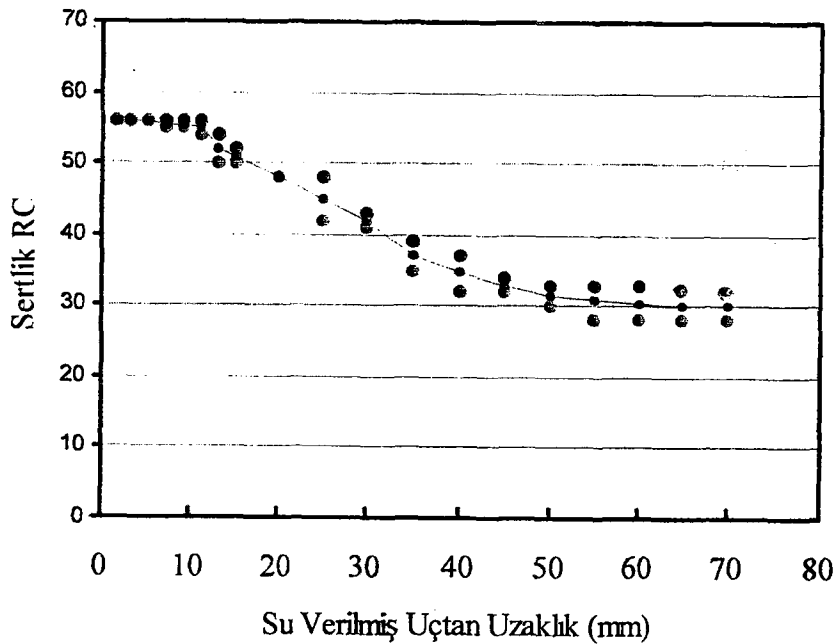
3. 2. Sulama Şiddetinin Jominy Eğrileri İle Belirlenmesi

Jominy deney sonuçları sonunda çizilen sertleşebilirlik eğrileri kullanılarak, çelik parçaların herhangi bir noktasındaki, istenen sertlik için gerekli soğuma şiddeti tayin edilebilir. Sertleştirme için soğutma ortamlarının (Lomat ve grosman) sayısal değerleri Tablo 1. 3 'de verilmiştir. Sertleştirilmesi istenen çeliğin jominy eğrisi biliniyorsa, kullanılan çapa göre sertliğin istendiği nokta için parçanın sertleştirme ortamı seçilebilir. Soğutma ortamının bilinmesi çelik seçiminde kolaylık sağlar.

Çeliklerde iç yapının tetkiki veya daha kolay olarak sertlik ölçmeleri ile tesbit edilebilen sertleşme derinliği r/R oranı ile ifade edilir. Burada r sertleşmemiş çekirdeğin yarıçapı, R 'de tam sertleşmiş vaziyetteki çubuğun yarıçapıdır. r/R oransal mesafesi merkezde sınıf ve çubuğun yüzeyinde 1.0 dır [11].

Bu duruma bir örnek verecek olursak; sertleşme eğrisi Şekil III. 2 'de gösterilen bir çelik için, $H=1.0$ sulama şiddetinde sulandığı zaman, bütün kesiti boyunca tam sertleşebilen maksimum yuvarlak çapı; tam sertleşmiş çubuğun merkez sertliği; 51 mm 'lik bir çubukta tam sertleşmenin oluşabilmesi için gerekli soğutma şiddeti, 63 mm çapında bir çubukta yüzeyin 13 mm altında tam sertleştirme için gerekli soğutma şiddetinin değeri; ve 76 mm çapında bir çubuğun $H=0.7$ sulama şiddeti ile sulanması halinde kesiti boyunca elde edilen sertliklerin ne oldukları bilinmek istenmektedir. Arzu edilen bu bilgilerin elde edilmesinde Şekil 3. 3 'den 3. 13 'e kadar çeşitli grafiklerden yararlanılacaktır.

Jominy eğrisi verilen (Şekil III. 2) çeliğin maksimum sertliğinin 9,5 mm 'ye kadar devam ettiğini ve bu sertliğin 55,8 RC olduğu görülür. $H=1.0$ sulama şiddetindeki merkez sertliği 55,8 RC olan çapı bulabilmek için Şekil III. 3 'e başvurulur. Grafik üzerinde 9,5 mm uzaklıktan yukarı çizilen dikin $H=1.0$ eğrisini kestiği yerden ordinata çizilen çizgiden tam sertleşmenin oluşabileceği çapın 38 mm oluşu görülür. Bu şartlarda yapılan sulama sonucu 38 mm veya daha küçük çaplarda 55,8 RC sertlik değeri beklenebilir.



Şekil 3. 2. Ç.4140 çeliğinin Jominy sertleşebilirlik eğrisi

51 mm çapında çubuğun merkezinde tam sertlik elde edebilmek için gerekli sulama şiddeti yine Şekil III. 3'deki grafikten 9,5 mm uzaklıktaki Jominy derinliği değerinden çizilen dik ile 51 mm 'lik çaptan gelen çizginin kesiştikleri noktadaki sulama şiddeti $H=2.0$ dir. Bu soğutma sıvısı ile sulanan 4140 çeliğinin merkezinde tam sertleşme olur.

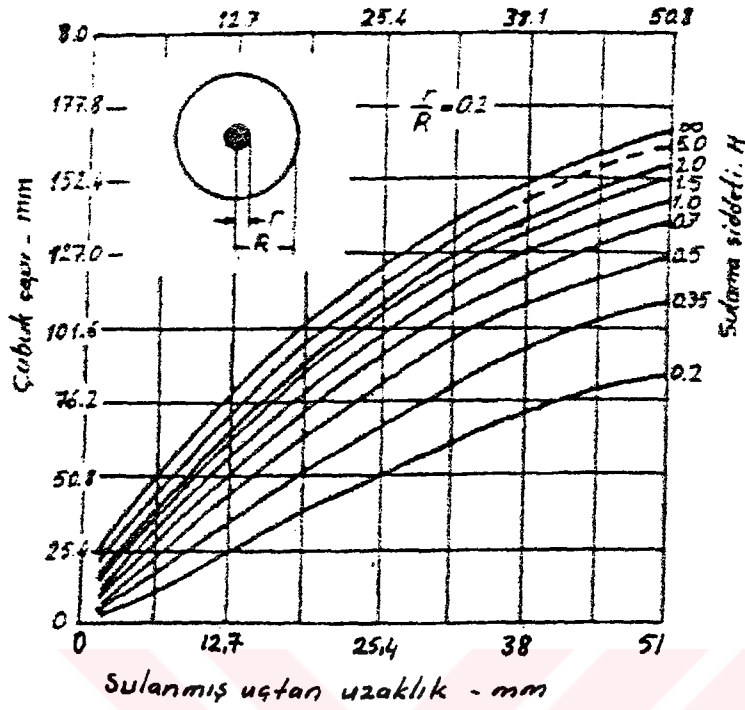
Şekil 3. 2 'de görülen 4140 çeliğinin 63 mm çapındaki bir çubuğunun yüzeyden 13 mm derinlikte tam sertlik oluşturabilecek sulama şiddeti $r/R = 0,6$ ($31,5 - 13/31,5$) kısmi derinliği veren Şekil 3. 9 'daki grafikten bulunur. 13 mm derinlikteki tam sertleşme için absisten 9,5 mm 'lik mesafedeki Jominy noktasından çıkılan dik ile 63 mm 'den gelen çizginin kesiştiği noktada okunan soğutma şiddeti $H=1,5$ olur. Bu durumda şöyle diyebiliriz; 63 mm çapındaki bir çubuk $H=1,5$ sulama şiddeti ile sulanacak olursa, yüzeyinden itibaren 13 mm 'de tam sertleşme beklenebilir ve bu sertliğin değeri 55,8 RC 'dir.

63 mm çubuğun merkez sertliği; $H=1,5$ sulama şiddeti ile sulandığında $r/R = 0$ 'a göre sertlik derinliği 13,6 mm bulunacak ve Şekil 3. 2 'deki Jominy derinliğinden 13,5 mm karşılığındaki sertlik 54 RC olacaktır.

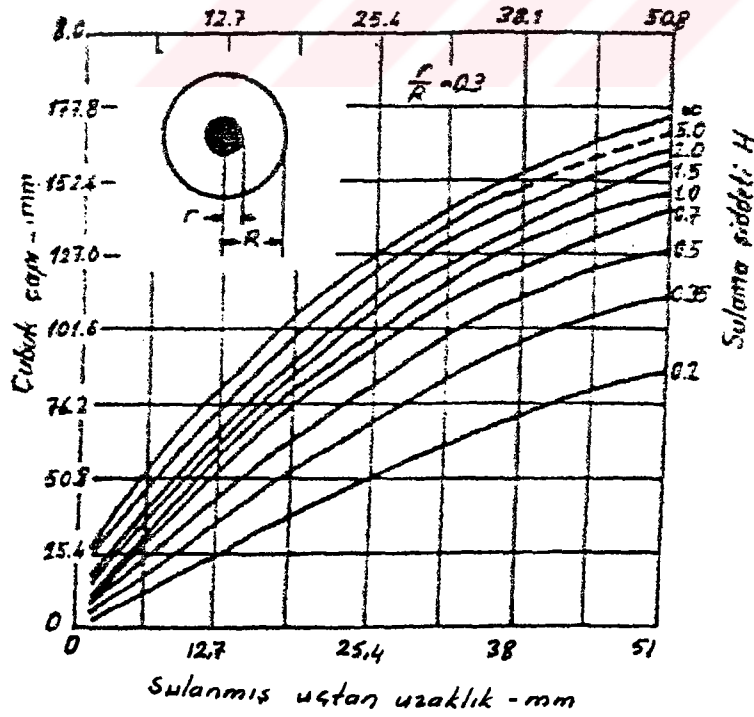
4140 çeliğinin $H=0,7$ sulama şiddeti ile sulandığında 76 mm çapındaki çubuğun kesiti boyunca sertlik dağılımı Şekil 3. 3 'den 3. 13 'e kadar grafiklerin hepsini kullanmak gerekir. Bu çubuğun merkez sertliği Şekil 3. 3 'den, $r/R = 0$ derinlik kesrinde, $H=0,7$ için Jominy derinliği 20,5 uzaklıktadır. Jominy eğrisinden (Şekil 3. 2) 47 RC olarak bulunur ve merkez sertliği olarak kabul edilir. Bundan sonra $r/R=0,1$ 'den $r/R = 1,0$ 'a kadar olan grafiklerden bulunan değerler aşağıdaki gibidir[6].

Tablo 3. 1. 4140 çeliğinin merkez ile yüzey arasındaki sertlik dağılımı [6]

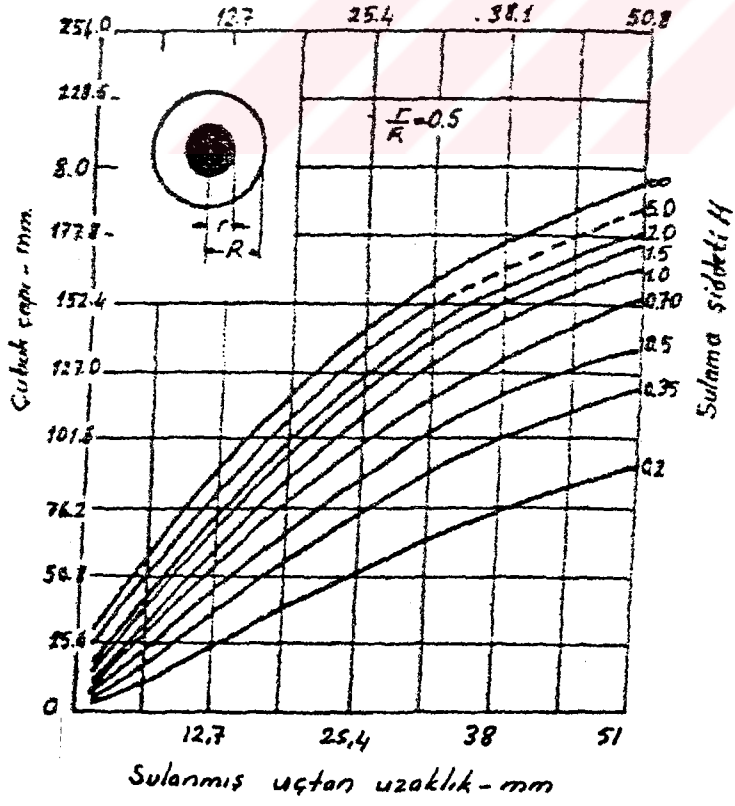
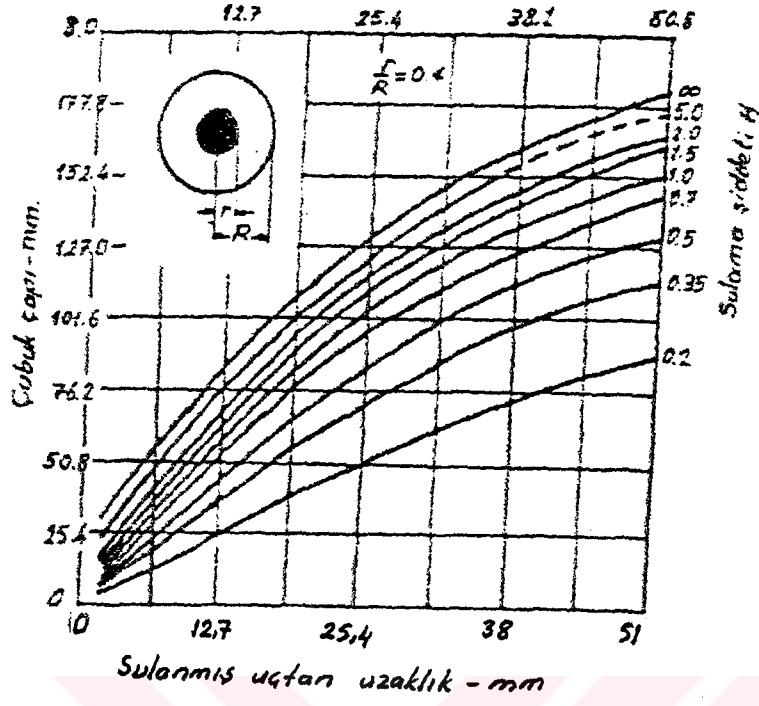
Derinlik Kesri (r/R)	Merkezden Uzaklık (mm)	Sertlik (RC)
0,0 (Merkez)	0,0	47
0,1	3,8	49
0,2	7,62	50,2
0,3	11,43	51
0,4	15,24	52
0,5 (Orta nokta)	19,05	53
0,6	22,86	54
0,7	26,67	54,8
0,8	30,48	55,2
0,9	34,29	55,8
1.0 (Yüzey)	38	55,8



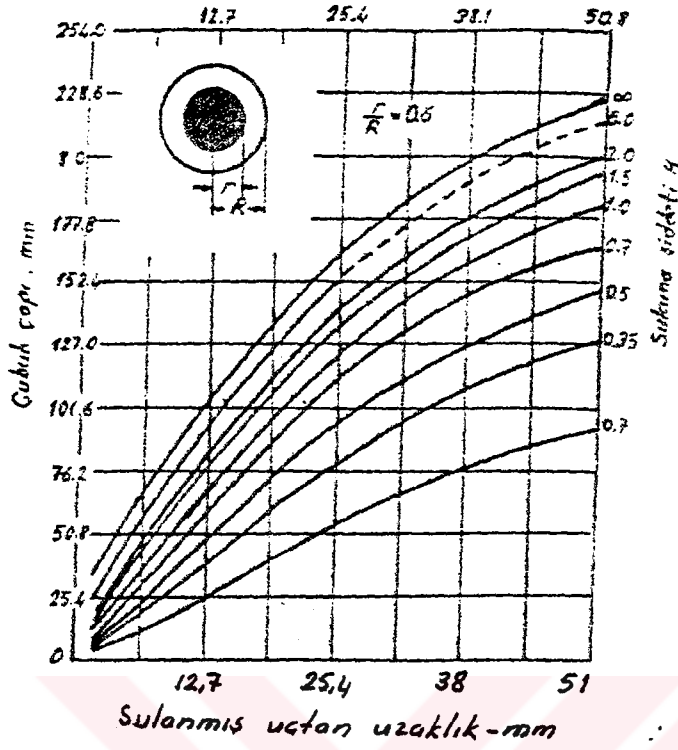
Şekil 3. 5. Merkezde $r/R=0,2$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması



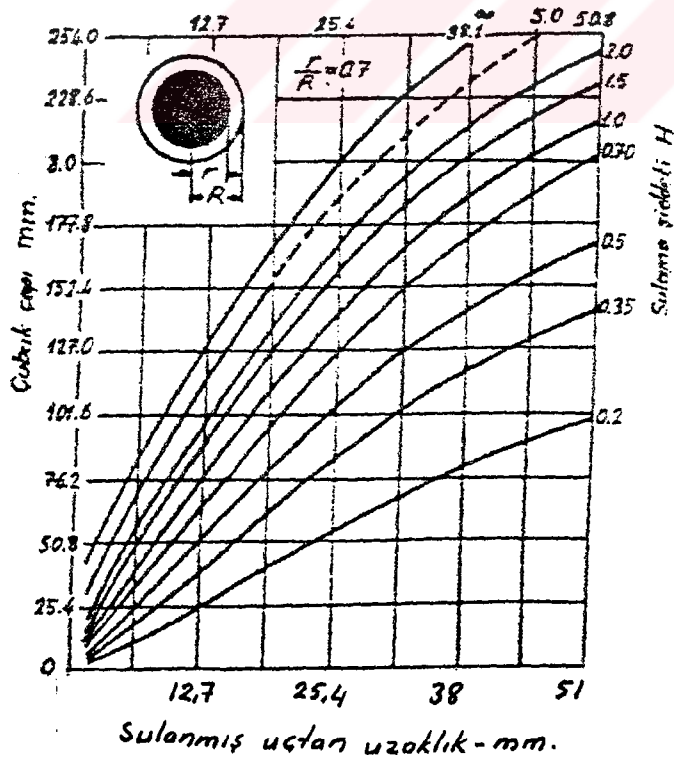
Şekil 3. 6. Merkezde $r/R=0,3$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması



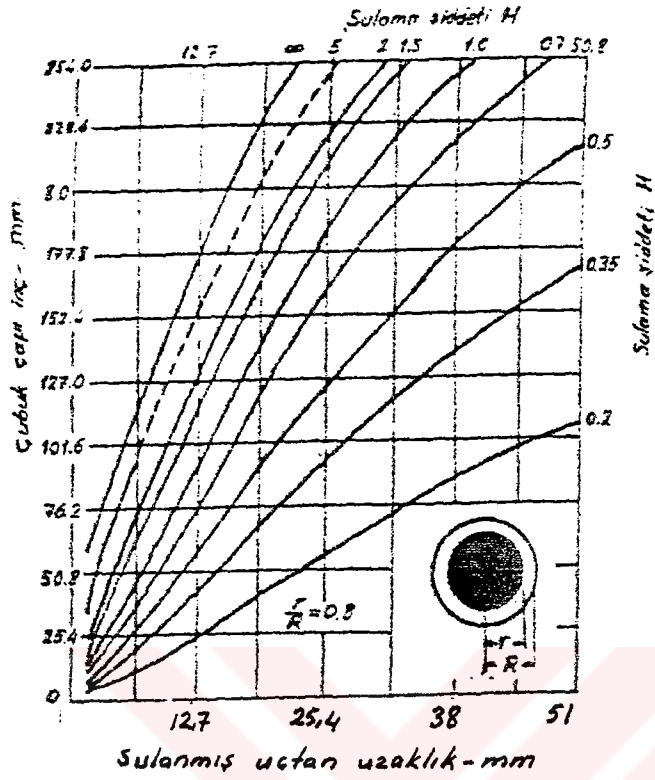
Şekil 3. 8. Merkezde $r/R=0,5$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması



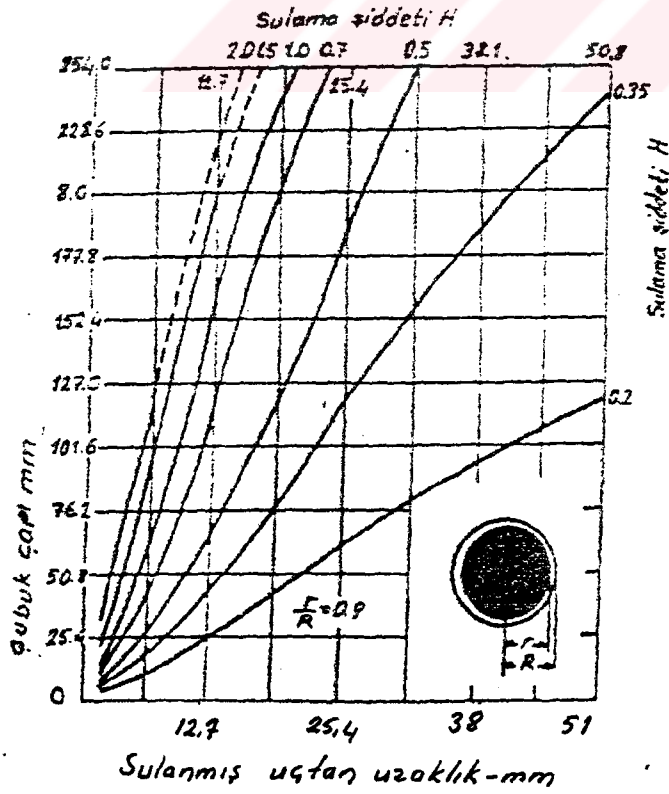
Şekil 3. 9. Merkezde $r/R=0,6$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması



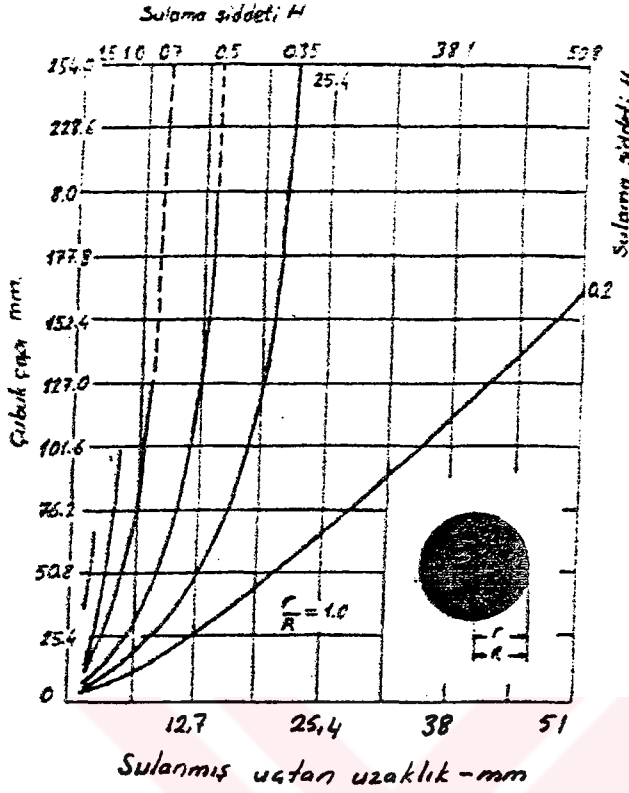
Şekil 3. 10. Merkezde $r/R=0,7$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması



Şekil 3. 11. Merkezde $r/R=0,8$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması



Şekil 3. 12. Merkezde $r/R=0,9$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması



Şekil 3. 13. Merkezde $r/R=1.0$ oranında sertleşmemiş kısım kalan çubukların karşılaştırılması

3. 3. Sertleşebilme Kabiliyeti Bakımından Çelik Seçimi

Çelik imalatçı veya makine mühendisinin karşısına bir çelik fabrikasında üretilmiş, çeşitli şekillerde biçimlendirilmiş (kaba kütük, kütük, yassı kütük, levha, çeşitli kesitleri olan uzun çelik ürünler vb. gibi) belirli bir iç yapısı ve kimyasal bileşimi olan tasarımda kullanabileceği, katı bir malzeme olarak çıkmaktadır. Ancak çelik bu haliyle tasarımda istenen tüm özelliklere sahip olmayabilir ve bazı özelliklerini değiştirmek gerekebilir.

Bir malzemenin arzu edilen yada istenen bir kullanma özelliğine (sertlik, çekme mukavemeti, aşınma direnci, yorulma dayanımı vb. gibi) sahip olabilmesi, öngörülen ısı işlem için elverişli olduğu takdirde mümkündür.

Eğer sertleşme kabiliyeti hiç yada yetersiz olarak gözönüne alınırsa, zaman, iş gücü ve malzeme bakımından önemli kayıplar olasıdır. Bu kaybın yol açacağı maliyet artışı

daha mamul parçanın projelendirilme safhasında iken sertleşme kabiliyetini göz önüne alan bir çelik seçimi ile önlenebilecektir.

3. 3. 1. Erişilebilen Maksimum Sertliğin Bulunması

Erişilebilen maksimum sertliği Şekil 1. 14 'den belirli bir karbon miktarı ve belirli bir martenzit miktarı için bulmak mümkündür. Bunun dışında maksimum sertliği bulmak için aşağıdaki bağıntıdan da yararlanılabilir.

$$H_{\max} = K + \frac{\%C \times 100}{2} \pm 2 \text{ (HRC)}$$

Bu bağıntı % 0,15 ve 0,60 arası karbon miktarı için alaşım elemanlarından bağımsız olarak erişilebilecek maksimum sertlik değerini vermektedir. Burada K 'nın değeri martenzit miktarına bağlı olarak Tablo 3. 2 'den alınabilir.

Tablo 3. 2. Yüzde martenzit miktarının katsayı ile gösterilmesi. [18]

% Martenzit	K
100	35
80	30
50	23

Örnek: C 45 'den mamul bir yapı elemanı için 57-2 HRC 'lik bir sertlik değeri öngörülmüştür. Acaba talep yerine getirilebilir mi?

Cevap: Sipariş şartnamelerine bakılacak olursa bu çelik için % 0,42 - 0,50 karbonluk bir ergitme analizi olduğu görülecektir. Bu değerlerden olabilecek sapma standartlarda verilmekte olup % 0,02 C 'luk bir sapmayı geçmemelidir. Buna göre % 0,40 ile % 0,51 'lik bir sapma öngörülebilir. % 100 martenzit için elde edilebilecek maksimum sertlik karbon miktarının alt sınırı için;

$$H_{\max} = 35 + \frac{0,40 \times 100}{2} \pm 2 = 55 \pm 2 \text{ HRC}$$

Karbon miktarının üst sınırı için;

$$H_{\max} = 35 + \frac{0,52 \times 100}{2} \pm 2 = 61 \pm 2 \text{ HRC}$$

olacaktır. Buna göre ideal su verme koşullarında (\approx % 100 martenzit) en elverişli durumda 53 HRC ve en kötü halde ise 63 HRC sertlik değerleri elde edilmektedir.

Bu durumda söz konusu çelik için, yeterli imalat güvenilirliğine sahip olmadığı sonucuna varılır.

3. 3. 2. Gerekli Minimum Karbon Miktarının Bulunması

Gerekli minimum karbon miktarı aşağıdaki bağıntı yardımı ile analitik olarak bulunabilir.

$$C_{\min} = \frac{2x(H_{\text{ist}} - K)}{100} = 0,04 \%$$

Bu bağıntı % 0,15 - % 0,60 karbon miktarı için alaşım elemanlarından bağımsız olarak istenen en az karbon miktarını vermektedir. Burada H_{ist} (HRC) olarak istenen minimum sertlik değeridir. K ise sabit bir sayı olup Tablo III. 2 'den alınabilir.

Örnek: Bir yapı elemanının sertleştirilmiş durumda en az 60 HRC 'lik bir yüzey sertliğine sahip olması istenmektedir. Bu durumda kullanılacak çeliğin minimum karbon miktarı ne olmalıdır?

Cevap: Gerekli minimum karbon miktarı yukarıda verilen bağıntıdan hesaplanabilir. İdeal sertleştirme koşulları altında (% 100 martenzit)

$$C_{\min} = \frac{2x(60 - 35)}{100} \pm 0,04 = 0,50 \pm 0,04$$

Bu durumda malzeme analizi, dağılım bölgesinin alt sınırı % 0,54 karbon miktarına sahip olan bir çelik kullanılmalıdır.

Örneğin C 60 çeliği bu iş için kullanılabilir.

BÖLÜM 4 JOMİNY SERTLEŞEBİLİRLİK EĞRİLERİNİN ÇİZİLMESİ

4. 1. Giriş

Makine elemanlarının yapımında en çok kullanılan, en önemli malzeme çeliktir. Ancak bir makine elemanı için çelik seçimi gelişi güzel yapılmaz. Sanayimizde çelik seçimi yapılırken sertleşebilirlik faktörünün gözönüne alınmadığı bilinmektedir. Çelik seçiminde bu faktörü gözönünde bulundurabilmek için sertleşebilirlik eğrilerinin bilinmesi gerekir. Üretilen ve stoklardaki çeliklerin sertleşebilirlik eğrilerin bilinmesi çelik seçimi yapanlara rehberlik edecektir. Tasarımı ve imalatı yapılan Jominy cihazı ile bazı çelik çeşitleri üzerinde deneyler yapılmıştır.

Deneyi yapılan çelik numuneler herhangi bir değişime uğramaması için özenle taşlandı. Sağlıklı sonuç alabilmek için taşlama işlemi 180° açı altında çift taraflı yapılmıştır. Sertlik ölçümleri uzunluk eksenı boyunca (Rockwell C) cihazı ile yapılmıştır. Ölçümler grafik üzerinde işaretlenerek sertleşebilirlik eğrileri çizilmiştir.

4. 2. Sertleşebilirlik eğrilerinin çizimi

Jominy deney cihazında sertleştirilen parçalar kurutulduktan sonra uzunluk eksenı boyunca iki taraflı taşlama yapıldı. Taşlamada talaş kaldırma derinliği 0,4 mm olarak alındı. Yüzeyin düzgün olması için taşlama derinliğine inme hızı düşük tutuldu.

Taşlama işlemi sırasında yüzeyde yumuşama olup olmadığını anlamak için % 5 'lik (hacimce) nitrik asit içinde numuneler kararınca kadar tutulmuştur. Su ile yıkanan numune kurutulmuş ve % 50 'lik (hacimce) seyreltik hidroklorik asit çözeltisinde 3 saniye dağlanmıştır. Su ile yıkandıktan sonra sıcak hava ile tekrar kurutulmuştur[10]. Yapılan işlem sonunda renk her tarafta aynı olduğunda, yumuşama olmadığı anlaşıldığından sertlik ölçümüne geçildi.

Hazırlanan numunenin ölçüm yerleri kurşun kalemle işaretlenmiştir. İşaretlenen yerlerin Rockwell C cihazında ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler 180° (çift taraflı) yapıldı aynı uzaklıktaki değerlerin ortalaması alınmıştır.

Sertlik ölçümlerinden alınan değerler, grafik şeklinde çizilip serleşebilirlik eğrileri belirlenmiştir. Eğrilerle birlikte o numunenin teknolojik özellikleri ile kullanıma alanları da verilmiştir. Elde edilen serleşebilirlik eğrileri Jominy bantları ile mukayese edilerek sonuçların normal olduğu gözlemlendi.

4. 2. 1. Ç 1020 çeliğinin uç su verme deneyi (MKE Normu)

Tablo 4. 1. Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi

C	Mn	Si	P	S
0,15	0,30	0,10	0,040	0,040
0,24	0,60	0,30	en çok	en çok

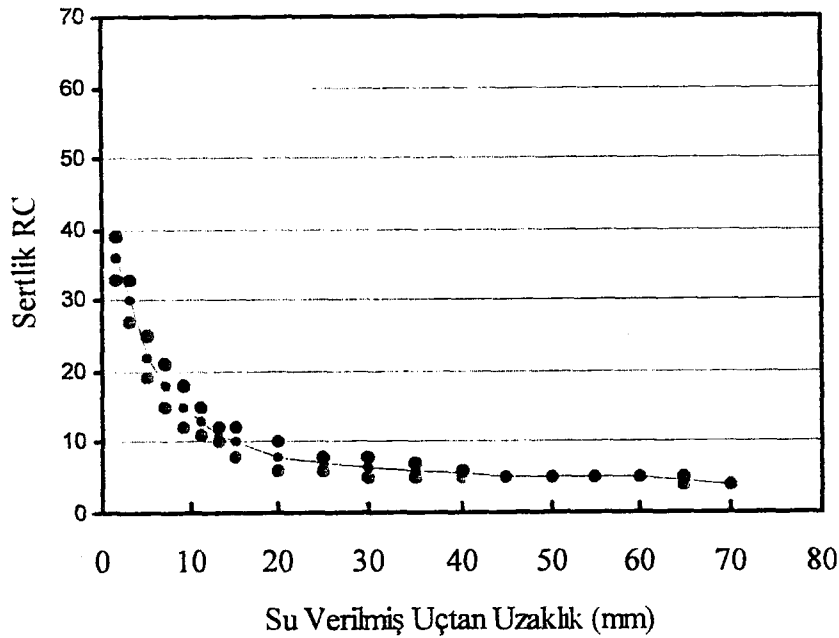
Deneyin yapıldığı yer : Adapazarı 1. Endüstri Meslek Lisesi

Deneyin yapılışı : Mekanik usûller ile hazırlanan silindirik numune 880 °C 'de tavlandı. Tavlanan numune deney cihazında soğutuldu. TS 1381 'e göre sertlik ölçümü yapıldı. Elde edilen sonuçlar grafik ile gösterildi.

Sertleştirme sıcaklığı : 880 - 920 °C

Menevişleme sıcaklığı : 530 - 670 °C

Kullanıldığı yerler : Islah çeliği, civata ve somun gibi düşük zorlanmalı makine parçalarında kullanılır.



Şekil 4. 1. Ç 1020 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi

4. 2. 2. Ç 1030 çeliğinin uç su verme deneyi (MKE Normu)

Tablo 4. 2. Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi

C	Mn	Si	P	S
0,25	0,60	0,10	0,040	0,050
0,34	0,90	0,30	en çok	en çok

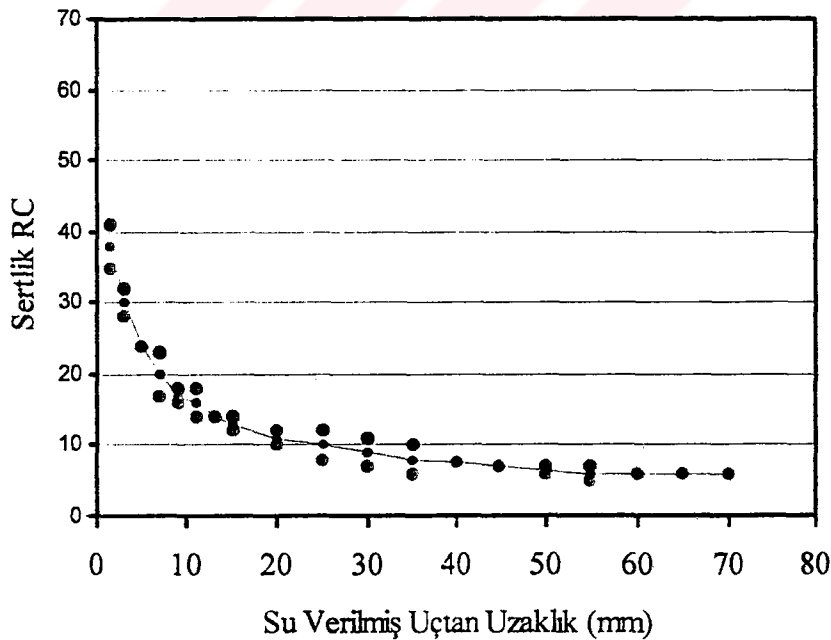
Deneyin yapıldığı yer : Adapazarı 1. Endüstri Meslek Lisesi

Deneyin yapılışı : Mekanik usüller ile hazırlanan silindirik numune 880 °C 'de tavlandı. Tavlanan numune deney cihazında soğutuldu. TS 1381 'e göre sertlik ölçümü yapıldı. Elde edilen sonuçlar grafik ile gösterildi.

Sertleştirme sıcaklığı : 860 - 900 °C

Menevişleme sıcaklığı : 150 - 200 °C

Kullanıldığı yerler : Islah çeliği, az zorlanmaya dayanıklı makine, taşıt yapım elemanları ve civata yapımında kullanılır.



Şekil 4. 2. Ç 1030 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi

4. 2. 3. Ç 1040 çeliğinin uç su verme deneyi (MKE Normu)

Tablo 4. 3. Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi

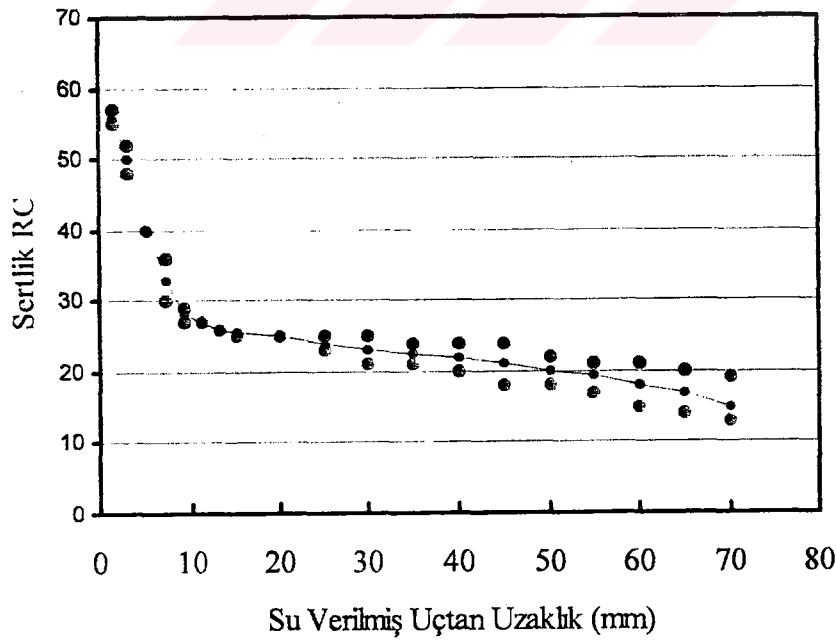
C	Mn	Si	P	S
0,35	0,60	0,10	0,040	0,050
0,44	0,90	0,30	en çok	en çok

Deneyin yapıldığı yer : Adapazarı 1. Endüstri Meslek Lisesi

Deneyin yapılışı : Mekanik usûller ile hazırlanan silindirik numune 880 °C 'de tavlandı. Tavlanan numune deney cihazında soğutuldu. TS 1381 'e göre sertlik ölçümü yapıldı. Elde edilen sonuçlar grafik ile gösterildi.

Sertleştirme sıcaklığı : 840 - 880 °C

Kullanıldığı yerler : Alaşimsız yapı çeliği, makine ve taşıt yapı elemanları, transmisyon milleri, raylar, dişliler vs. yapımında kullanılır.



Şekil 4. 3. Ç 1040 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi

4. 3. 4. Ç 1050 çeliğinin uç su verme deneyi (MKE Normu)

Tablo 4. 4. Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi

C	Mn	Si	P	S
0,45	0,60	0,10	0,040	0,050
0,54	0,90	0,30	en çok	en çok

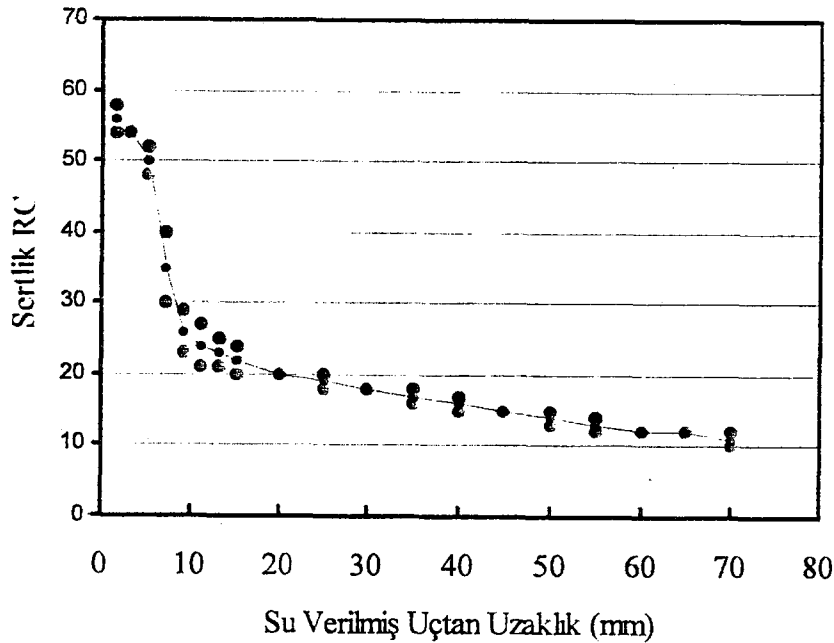
Deneyin yapıldığı yer : Adapazarı 1. Endüstri Meslek Lisesi

Deneyin yapılışı : Mekanik usûller ile hazırlanan silindirik numune 880 °C 'de tavlandı. Tavlanan numune deney cihazında soğutuldu. TS 1381 'e göre sertlik ölçümü yapıldı. Elde edilen sonuçlar grafik ile gösterildi.

Sertleştirme sıcaklığı : 820 - 960 °C

Menevişleme sıcaklığı : 530 - 670 °C

Kullanıldığı yerler : Islah çeliği; orta zorlanmalara dayanıklı makine ve taşıt elemanları, cer kancaları, dişliler, kazmalar vs. yapımında kullanılır.



Şekil 4. 4. Ç 1050 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi

4. 2. 5. Ç 1060 çeliğinin uç su verme deneyi (MKE Normu)

Tablo 4. 5. Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi

C	Mn	Si	P	S
0,55	0,60	0,10	0,040	0,050
0,64	0,90	0,30	en çok	en çok

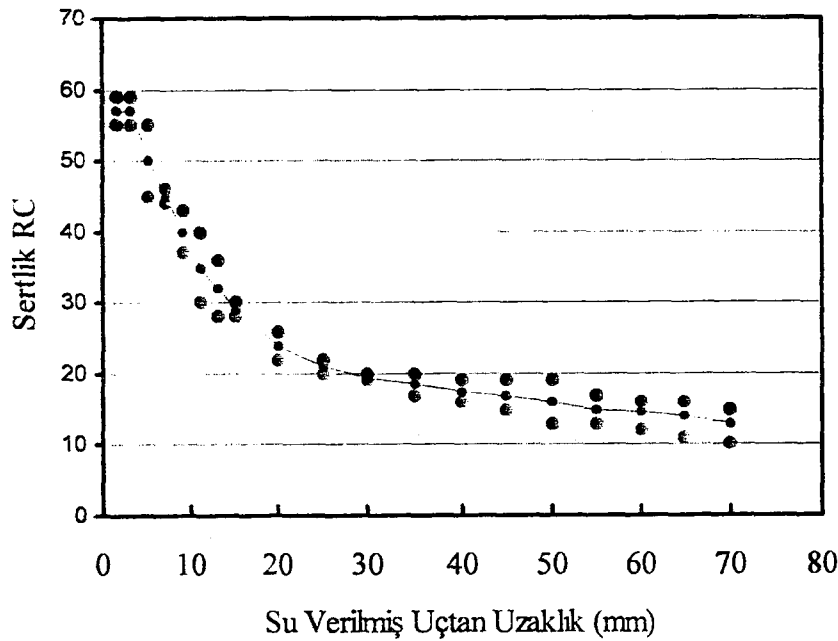
Deneyin yapıldığı yer : Adapazarı 1. Endüstri Meslek Lisesi

Deneyin yapılışı : Mekanik usûller ile hazırlanan silindirik numune 830 °C 'de tavlandı. Tavlanan numune deney cihazında soğutuldu. TS 1381 'e göre sertlik ölçümü yapıldı. Elde edilen sonuçlar grafik ile gösterildi.

Sertleştirme sıcaklığı : 800 - 840 °C

Menevişleme sıcaklığı : 530 - 670 °C

Kullanıldığı yerler : Islah çeliği; yük taşıyan makine elemanları, mil, şaft, civata, vs. yapımında kullanılır.



Şekil 4. 5. Ç 1060 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi

4. 2. 6. Ç 8620 çeliğinin uç su verme deneyi (MKE Normu)

Tablo 4. 6. Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
0,16	0,60	0,15	0,040	0,040	0,40	0,40	0,15
0,24	0,90	0,35	en çok	en çok	0,60	0,70	0,25

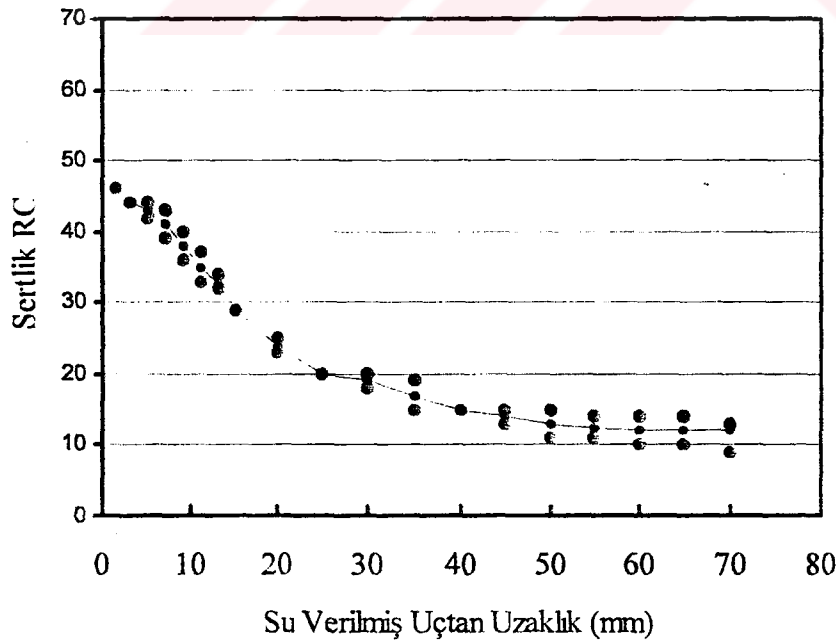
Deneyin yapıldığı yer : İstanbul Segman ve Gömlek Fabrikası

Deneyin yapılışı : Mekanik usûller ile hazırlanan silindirik numune 860 °C 'de tavlandı. Tavlanan numune deney cihazında soğutuldu. TS 1381 'e göre sertlik ölçümü yapıldı. Elde edilen sonuçlar grafik ile gösterildi.

Sertleştirme sıcaklığı : 830 - 870 °C

Menevişleme sıcaklığı : 200 - 600 °C

Kullanıldığı yerler : Sementasyon çeliği; aşırı zorlanmaya dayanıklı makine yapı elemanları, mil, vites, pim, oto ve traktör dişlileri yapımında kullanılır.



Şekil 4. 6. Ç 8620 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi

4. 2. 7. Ç 8640 çeliğinin uç su verme deneyi (MKE Normu)

Tablo 4. 7. Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
0,35	0,70	0,15	0,40	0,40	0,40	0,40	0,15
0,44	1,00	0,35	en çok	en çok	0,60	0,70	0,25

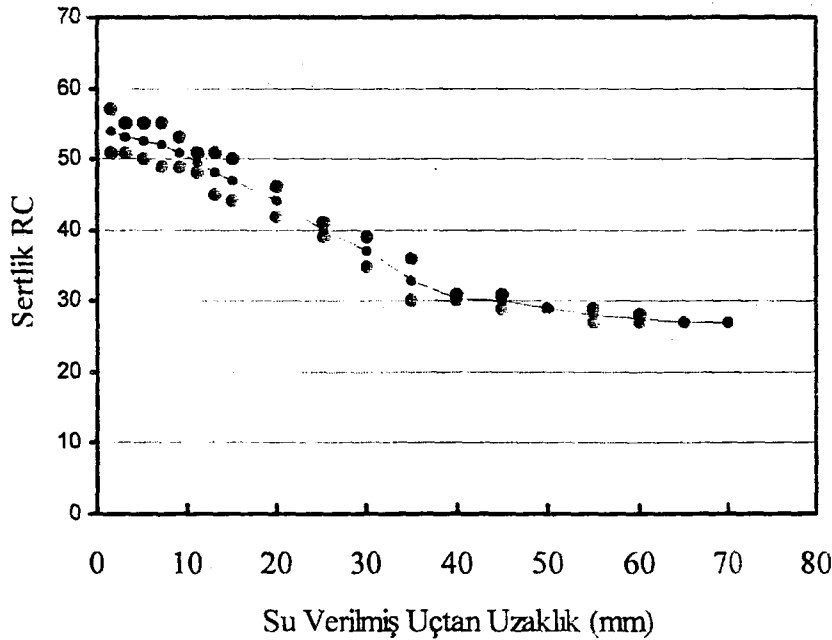
Deneyin yapıldığı yer : İstanbul Segman ve Gömlek Fabrikası

Deneyin yapılışı : Mekanik usûller ile hazırlanan silindirik numune 850 °C 'de tavlandı. Tavlanan numune deney cihazında soğutuldu. TS 1381 'e göre sertlik ölçümü yapıldı. Elde edilen sonuçlar grafik ile gösterildi.

Sertleştirme sıcaklığı : 830 - 860 °C

Menevişleme sıcaklığı : 530 - 650 °C

Kullanıldığı yerler : Islah çeliği; 900 - 1150 N/mm² dayanç gerektiren aks, dingil, hareket milleri yapımında kullanılır.



Şekil 4. 7. Ç 8640 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi

4. 2. 8. Ç 4130 çeliğinin uç su verme deneyi (MKE Normu)

Tablo 4. 8. Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi

C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo
0,25	0,60	0,15	0,040	0,040	0,80	0,15
0,34	0,90	0,35	en çok	en çok	1,10	0,25

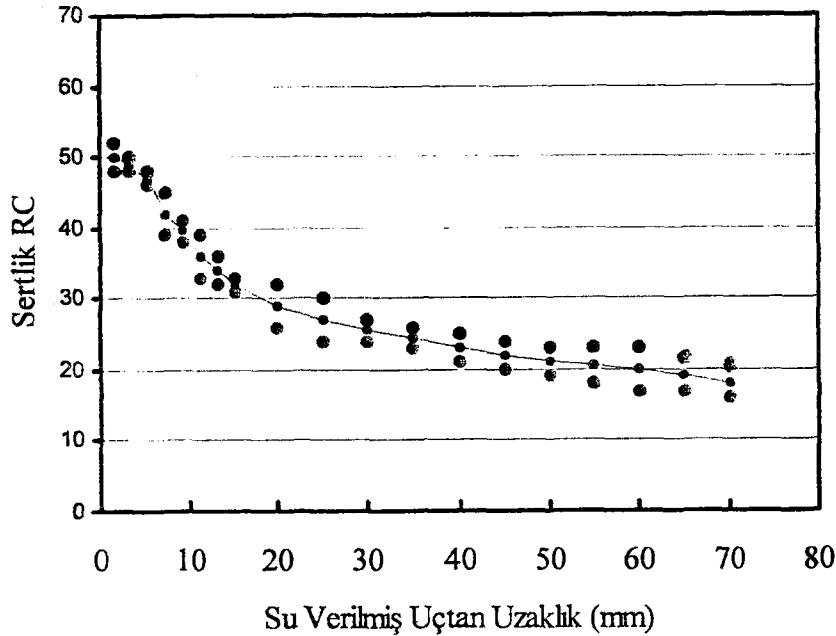
Deneyin yapıldığı yer : İstanbul Segman ve Gömlek Fabrikası

Deneyin yapılışı : Mekanik usûller ile hazırlanan silindirik numune 840 °C 'de tavlandı. Tavlanan numune deney cihazında soğutuldu. TS 1381 'e göre sertlik ölçümü yapıldı. Elde edilen sonuçlar grafik ile gösterildi.

Sertleştirme sıcaklığı : 820 - 850 °C

Menevişleme sıcaklığı : 530 - 670 °C

Kullanıldığı yerler : Islah çeliği; 800 - 1100 N/mm² dayanım gerektiren makine elemanları, krank mili, aks, dingil, oto hareket parçaları, palet ve hareket iletim parçaları yapımında kullanılır.



Şekil 4. 8. Ç 4130 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi

4. 2. 9. Ç 4140 çeliğinin uç su verme deneyi (MKE Normu)

Tablo 4. 9. Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi

C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo
0,35	0,60	0,15	0,040	0,040	0,80	0,15
0,44	0,90	0,35	en çok	en çok	1,10	0,25

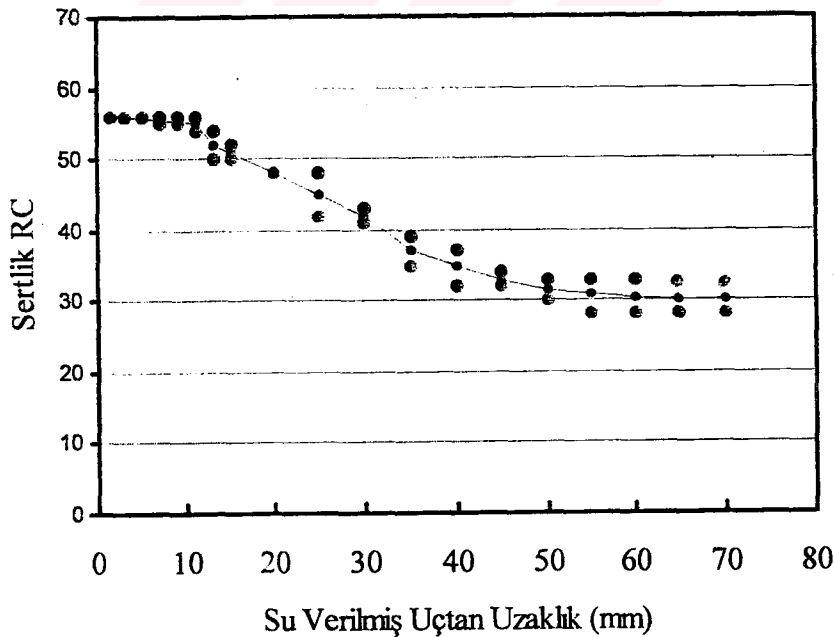
Deneyin yapıldığı yer : İstanbul Segman ve Gömlek Fabrikası

Deneyin yapılışı : Mekanik usûller ile hazırlanan silindirik numune 840 °C 'de tavlandı. Tavlanan numune deney cihazında soğutuldu. TS 1381 'e göre sertlik ölçümü yapıldı. Elde edilen sonuçlar grafik ile gösterildi.

Sertleştirme sıcaklığı : 820 - 850 °C

Menevişleme sıcaklığı : 530 - 670 °C

Kullanıldığı yerler : İslah çeliği; yüksek dayanç gerektiren dingil, mil, dişli, krank ve saplama yapımında kullanılır.



Şekil 4. 9. Ç 4140 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi

4. 2. 10. Ç 9260 çeliğinin uç su verme deneyi (MKE Normu)

Tablo 4. 10. Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi

C	Mn	Si	P	S
0,54	1,50	0,70	0,050	0,050
0,64	2,00	0,85	en çok	en çok

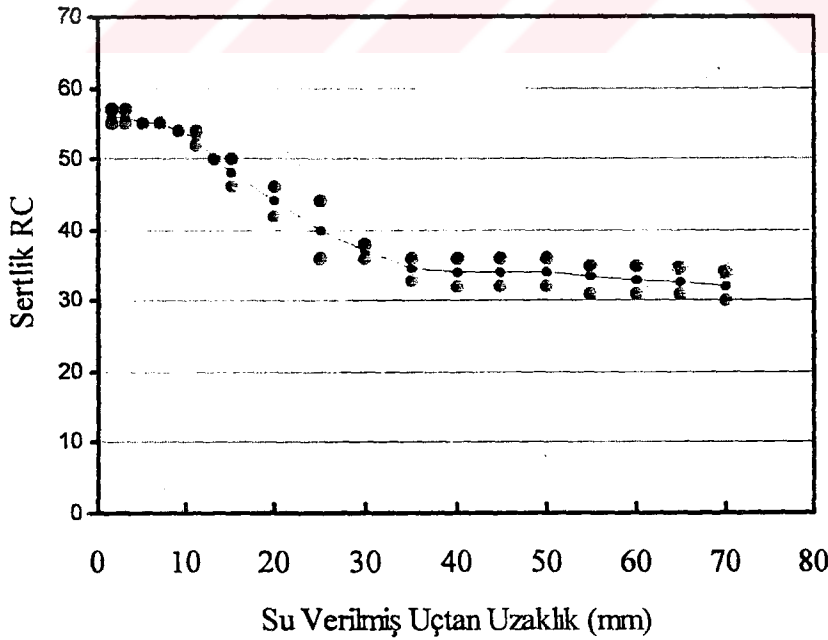
Deneyin yapıldığı yer : İstanbul Segman ve Gömlek Fabrikası

Deneyin yapılışı : Mekanik usûller ile hazırlanan silindirik numune 850 °C 'de tavlandı. Tavlanan numune deney cihazında soğutuldu. TS 1381 'e göre sertlik ölçümü yapıldı. Elde edilen sonuçlar grafik ile gösterildi.

Sertleştirme sıcaklığı : 830 - 860 °C

Menevişleme sıcaklığı : 470 - 540 °C

Kullanıldığı yerler : Yay çeliği; demiryolu taşıma araçları için baskı ve çekme yayları yapımında kullanılır.



Şekil 4. 10. Ç 9260 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi

4. 2. 11. 16 Mn Cr 5 çeliğinin uç su verme deneyi (DIN Normu)

Tablo 4. 11. Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi

C	Mn	Si	P	S	Cr
0,14	1,00	0,15	0,035	0,035	0,80
0,19	1,30	0,40	en çok	en çok	1,10

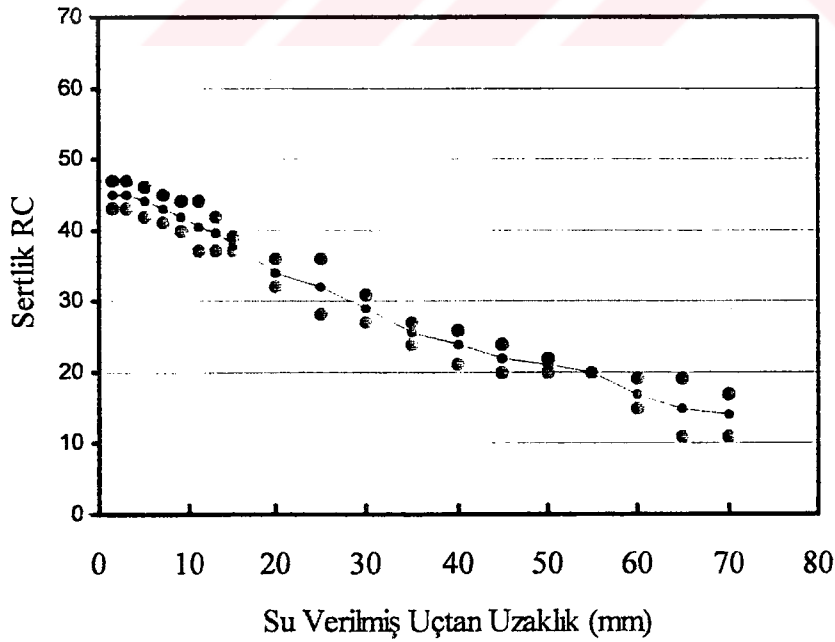
Deneyin yapıldığı yer : Sakarya Üniversitesi Metalurji Mühendisliği Laboratuvarı

Deneyin yapılışı : Mekanik usûller ile hazırlanan silindirik numune 860 °C 'de tavlandı. Tavlanan numune deney cihazında soğutuldu. TS 1381 'e göre sertlik ölçümü yapıldı. Elde edilen sonuçlar grafik ile gösterildi.

Sertleştirme sıcaklığı : 840 - 880 °C

Menevişleme sıcaklığı : 170 - 200 °C

Kullanıldığı yerler : Bilyalı yataklar, miller, ölçü aletleri kontrol parçaları ve şanzuman dişlileri yapımında kullanılır.



Şekil 4. 11. 16 Mn Cr 5 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi

4. 2. 12. Ç 4150 çeliğinin uç su verme deneyi (MKE Normu)

Tablo 4. 12. Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0,45	0,15	0,60	0,040	0,040	0,80	0,15
0,54	0,35	0,90	en çok	en çok	1,10	0,25

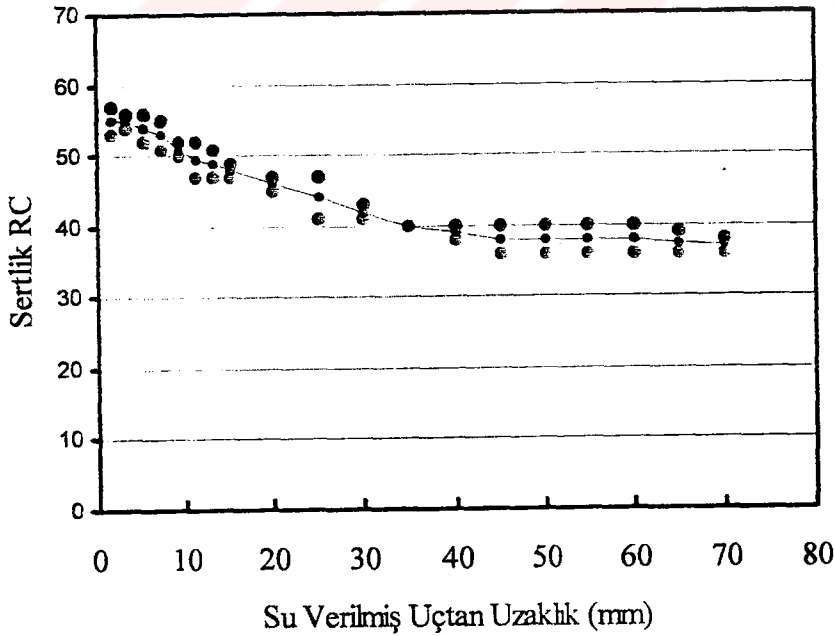
Deneyin yapıldığı yer : Goetze İstanbul Segman ve Gömlek Fabrikası Fizik Lab.

Deneyin yapılışı : Mekanik usûller ile hazırlanan silindirik numune 830 °C 'de tavlandı. Tavlanan numune deney cihazında soğutuldu. TS 1381 'e göre sertlik ölçümü yapıldı. Elde edilen sonuçlar grafik ile gösterildi.

Sertleştirme sıcaklığı : 840 - 870 °C

Menevişleme sıcaklığı : 350 - 450 °C

Kullanıldığı yerler : Büyük iş kalıpları, zırh çeliği, yüksek mukavemetli mil, dingil kumanda parçaları yapımında kullanılır.



Şekil 4. 12. Ç 4150 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi

4. 2. 13. Ç 6150 çeliğinin uç su verme deneyi (SAE/AISI Normu)

Tablo 4. 13. Deneyi yapılan çeliğin kimyasal analizi

C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo
0,50	0,70	0,25	0,040	0,040	1,00	0,20

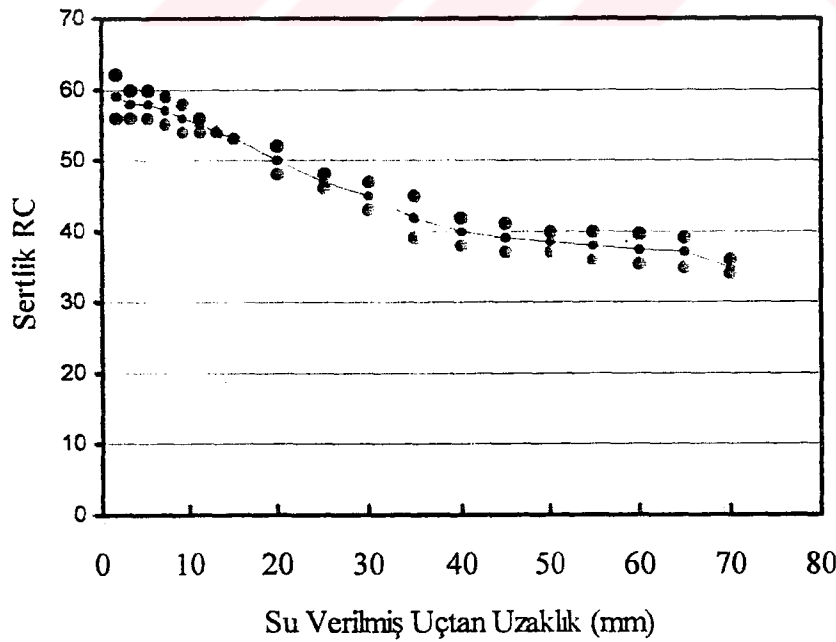
Deneyin yapıldığı yer : Goetze İstanbul Segman ve Gömlek Fabrikası Fizik Laboratuvarı

Deneyin yapılışı : Mekanik usûller ile hazırlanan silindirik numune 830 °C 'de tavlandı. Tavlanan numune deney cihazında soğutuldu. TS 1381 'e göre sertlik ölçümü yapıldı. Elde edilen sonuçlar grafik ile gösterildi.

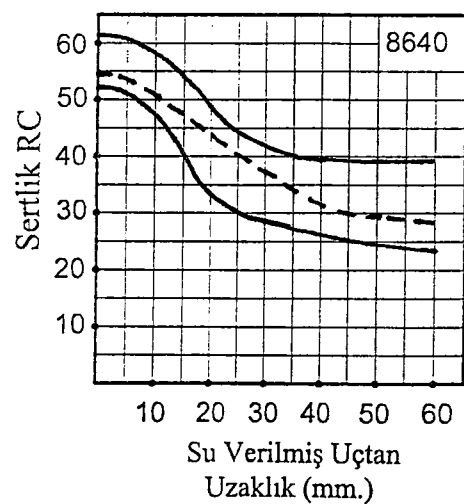
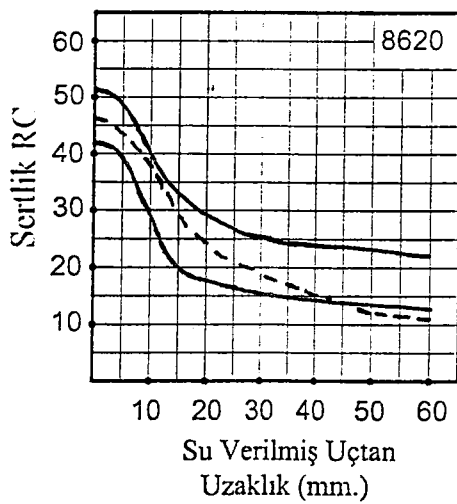
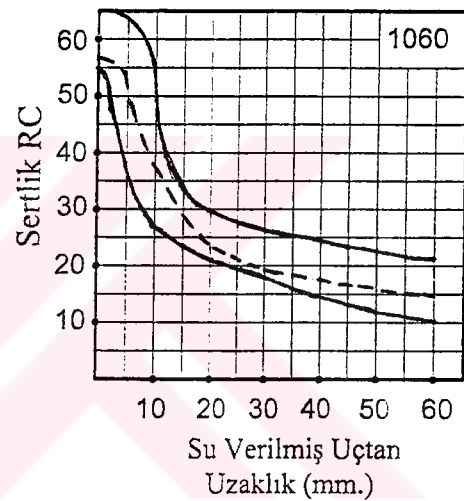
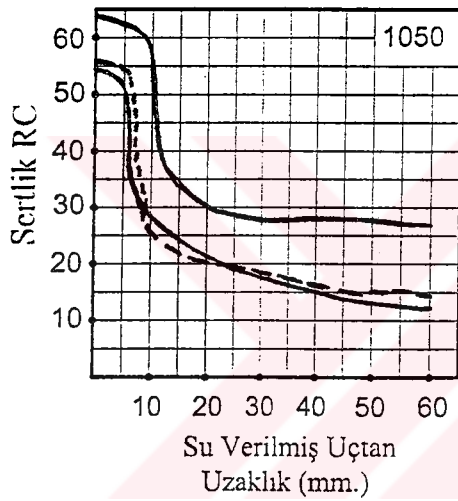
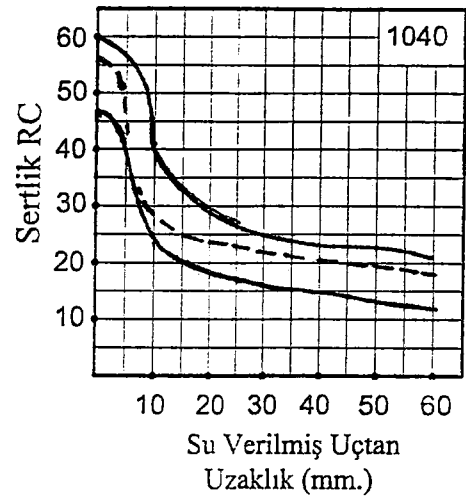
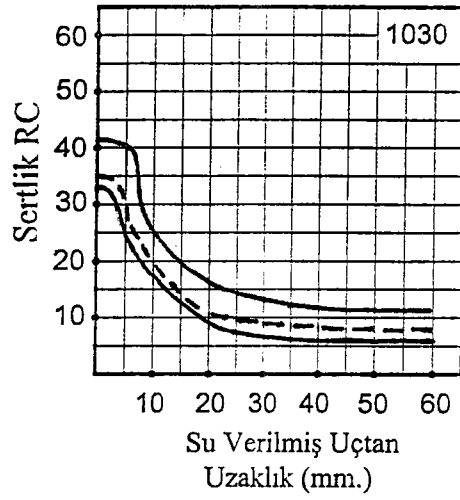
Sertleştirme sıcaklığı : 830 - 860 °C

Menevişleme sıcaklığı : 430 - 540 °C

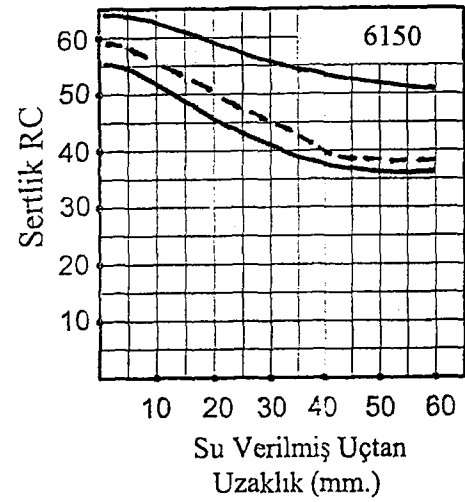
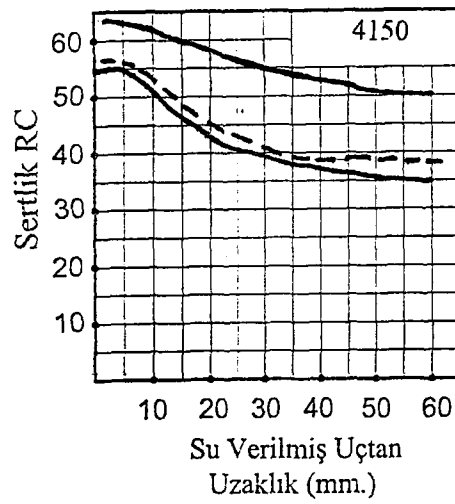
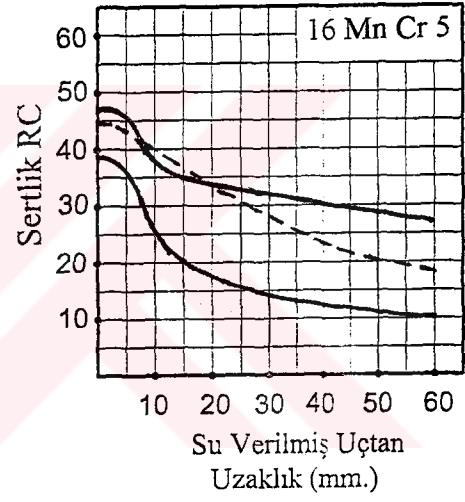
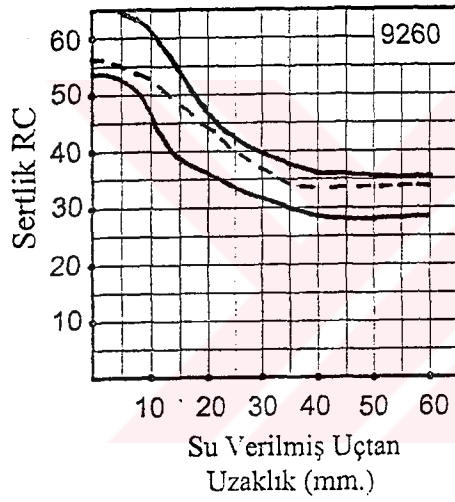
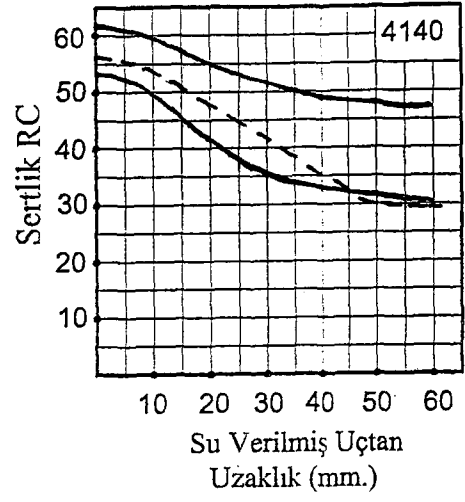
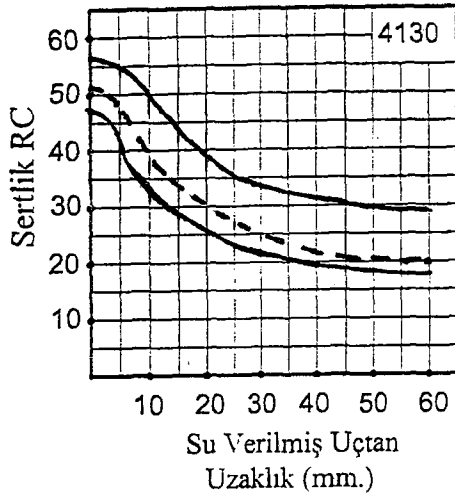
Kullanıldığı yerler : Yüksek zorlamaya maruz yaprak ve helezon yayları, Ventil yayları, sıcak ve soğuk iş kalıbı yapımında kullanılır.



Şekil 4. 13. Ç 6150 çeliğinin sertleşebilirlik eğrisi



Şekil 4. 14. Deneyi yapılan çeliklerin sertleşebilirlik bantları üzerinde gösterilmesi [3, 18].



Şekil 4. 15. Deneyi yapılan çeliklerin sertleşebilirlik bantları üzerinde gösterilmesi [3. 18].

BÖLÜM 5 SONUÇLAR

Teknolojik gelişmelere paralel olarak kullanım alanları ve çeşitli sayısı artan çeliklerin uygun olarak seçimi büyük önem taşımaktadır. Seçimi yapılan çeliğin mekanik ve diğer özellikleri istenen ihtiyaçları karşılayabilmekle birlikte ekonomik de olmalıdır. Çeliğin en önemli özelliği olan sertleşebilme kabiliyeti bilinerek yapılan bir çelik seçimi daha isabetli olacaktır.

Çeliklerin sertleşebilme kabiliyetlerinin belirlenmesinde kullanılan metotlardan en önemlisi ve pratik olanı Jominy uç su verme deneyidir. Bu çalışmada uygulamada kullanılan Jominy deney cihazları ile ilgili araştırma ve incelemeler yapıp, çalışma prensipleri gözden geçirildi. Bu cihazların kullanımlarındaki olumsuz yönler belirlenerek TS1381'e göre daha kullanışlı bir cihazın tasarım ve imalatı yapıldı.

Çeliklerin sertleşebilme kabiliyetleri ve sertleşebilirliğe etki eden faktörler ile ilgili olarak bilgi taraması yapıldı. Bu bilgiler ışığında imalatı yapılan cihaz ile imalat sanayiinde yaygın olarak kullanılan bazı çeliklerle deneyler yapılarak sertleşebilirlik eğrileri belirlendi. Bu sonuçlar sertleşebilirlik bantları içinde Şekil 4. 14 ve 15 'de gösterildi[3, 18].

Deney yapılmak üzere piyasadan temin edilen çeliklerin kimyasal analizleri yapıldıktan sonra deneyleri yapılmıştır. Kimyasal analizlerin yapılması sonucunda piyasada standartlara uymayan çeliklerin pazarlandığı tespit edildi.

Bu çalışmada deneylerini yaptığımız numuneler (MKE Normu Ç1020, 1030, 1040, 1050, 1060, 8620, 8640, 4130, 4140, 9260, 4150, 6150, DIN Normu 15 Mn Cr5) çeliklerine aittir. Bu çeliklere ait üçer adet numune üzerinde deneyler yapılarak sonuçların ortalaması alındı. Sertlik ölçümler Rockwell C cihazı ile yapılmıştır.

Üretimde kalite kontrol yapabilmek için sertleşebilirlik bantlarının bilinmesi gerekir. Bu nedenle çelik üretim kuruluşları ürettikleri çeliklerin sertleşebilirlik bantlarını belirlemeleri gerekmektedir. Sertleşebilirlik bantları kullanılarak üretilen çeliklerin sertleşebilme güvencesi artacaktır. Sertleşebilirlik eğrisi tespit edilen çeliğin seçimi daha kolay olmaktadır. Sertliğe göre yapılacak çelik seçimi jominy eğrisi biliniyorsa; gerekli çap içi su verme şiddetini bulmak kolaydır.

Sertleşebilirlik eğrisi belirlenen Ç 4140 çeliğine ait sertleşebilirlik örnekleri (sulama şiddetinin jominy eğrileri ile belirlenmesi kısmında) verilmiştir. Bu örnekler sertleşme deneyi yapılan diğer çeliklere de uygulanabilir.



BÖLÜM 6 TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Makine ve elemanların imalatında en çok kullanılan, en önemli malzeme çeliktir. Bir makine elemanı için çelik seçimi gelişmiş güzel yapılmaz. Kullanılacak çeliğin fiziki ve mekanik özellikleri bilinip kullanıldığı yerde görev yapıp yapamayacağı belirlenmelidir. Ciddi olarak ele alındığında çelik seçiminin zorluğu ve yanlış seçilmesi durumunda maliyetlerde meydana gelen önemli miktarlardaki artış bu seçimin önemini artırmaktadır.

Çeliklerin sertleşebilirlik deneylerinin yapıldığı jominy deney cihazlarının standartları TS 1381'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bu araştırmaya başlarken bazı kuruluşlarda bulunan jominy deney cihazları yerinde görülerek incelendi. Bunlardan bazılarının standartlara uygun olmadığı görüldü. Standartlara uygun olanların çalışma sistemlerinin iki çeşit olduğu tespit edildi. Birinci sistemde cihaz doğrudan şehir şebeke suyuna bağlı olarak çalışmakta ve suyun miktarı bir vana yardımı ile ayarlanmaktadır. Bu sistemde şehir şebekesindeki suyun basınç farklılığı olumsuzluklara neden olmaktadır. Tesisatlar arasında, yada katlar arasındaki basınç farklılığı cihazın kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Ayrıca bu cihaz ile sadece flanşlı numunelerin deneyleri yapılabilmektedir.

İkinci sistem kapalı bir sistem olup bir pompa yardımı ile alt kaptan toplanan su üst kaba aktarılarak kullanılmaktadır. Bu cihazda aynı su sürekli kullanıldığı için, her numunenin soğutulması sonucu suyun sıcaklığı yaklaşık 5 °C yükselmektedir. Şehir şebeke suyunun sıcaklığı yaklaşık olarak 15 - 20 °C olarak kabul edildiğinde, 4 numunenin sertleştirilmesi sonunda su sıcaklığı yaklaşık 35 - 40 °C 'ye çıkmaktadır. Bu durum sertleşebilirliğe etki eden olumsuz bir faktör olmaktadır. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak için ya mevcut su tanklarının hacimleri büyütülmeli yada 2-3 deney sonunda soğutma suyu değiştirilmelidir.

Bu olumsuzluklar göz önüne alınarak TS 1381 'e göre tasarlanan cihaz şehir şebeke suyu ile beslenmekte olup şamandra ile su seviyesi kontrolü yapılmaktadır. Suyun çıkış borusu ucundan standart yüksekliği şamandra ile ayarlanarak suyun devamlı olarak aynı miktarda akması sağlanmıştır. Ayrıca hem flanşlı hem de faturalı numunelerin deneyleri yapılabilmektedir.

Sertleşebilirlik deneyleri yapılan çeliklerden Ç(1020, 1030, 1040, 1060, 8640, 4130, 4140, 9260, 4150, 6150) çeliklerinin sertleşebilirlik eğrilerinin jominy bandları ile uyumlu görüldü. Ç (1050, 8620) ve 16 Mn Cr5 çeliklerine ait sertleşebilirlik eğrilerinin ise çok küçük sapmalar gösterdiği görüldü. Bu sapmaların nedenleri araştırıldı. Önce ilgili çeliklerin spektrometre ile kimyasal analizleri yapıldı. Kimyasal analizlerin standart değerlere uygun olduğu görüldü. Bu sapmalara yol açabilecek diğer nedenler ise şöyle sıralanabilir. Tufal oluşumu, karbonsuzlaşma, homojen olmayan yapı, ostenitlenme farkı, soğutma hızı ve deneysel hatalardır. Bu sapmaların nereden kaynaklandığı konusunda kesin bir sonuca varılamamıştır.

İmalat sanayiinde yapılan araştırmalarda çelik seçiminin birçok işletme tarafından bilimsel olarak yapılmadığı görülmüştür. Bu seçimde etkili olan en önemli faktörler ise şunlardır. Alışkanlıklar, kolay bulunabilme ve ekonomik olma durumudur. Bu nedenle bir çok işletmede yapılacak işe göre uygun malzeme seçildiği söylenemez.

Bu durumun önlenmesinde çelik üretimi yapan kuruluşlara görevler düşmektedir. Bu kuruluşlar ürettikleri ürünlerin sertleşebilirlik bantlarını geliştirerek imalatçılara ulaştırmalıdır. İmalat sanayimizdeki kuruluşlarda çelik seçimini isabetli yapabilmeleri için bu bandlardan yararlanmaları yada üniversitelerimizle işbirliği yaparak deneylerin oralarda yapılıp ülke kaynaklarının yerinde kullanılması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] TEKİN, A., Çelik ve Isıl İşlemi., Bofors El Kitabı., E-K. Thelning, 1984.
- [2] BAYDUR, G., Malzeme Bilgisi, İstanbul, 1991.
- [3] Asil Çelik Teknik Yayınları dizisi.
- [4] ÖNEL, K., AKSOY, T., Metalik Malzemeler, 9 Eylül Üniversitesi, İzmir.
- [5] TEKİN, E., Çeliklerin Sertleşebilirlik Özelliği ve Sertleşebilirliğe Göre Çelik Seçimi, ODTÜ, Ankara, 1984
- [6] GÜLENÇ, B., MKE Kurum Çeliklerinin Sertleşebilirliğinin tayini (Yüksek Lisans Tezi) Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1987.
- [7] TEKİN, E., Mühendisler için Çelik Seçimi, Ankara, 1986.
- [8] AKBIYIK, H., Malzeme Bilgisi Demir ve Çelik, Ankara, 1966.
- [9] ANIK, S., ANIK, E. S., Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, 1984.
- [10] DAĞLILAR, M., Standart Çeliklerin Sertleştirilmesinde Pratik Uygulama Esasları, Mühendislik ve Makine Dergisi, Cilt 25, Sayı 297, 1984.
- [11] ÇUHADAR, N., GÜLER, D., Karbonlu Çeliklerin Isıl İşlemi, İstanbul, 1958.
- [12] GÜVENTÜRK, F., Çeliklerin Tavlanması ve Isıl İşlemi, Kırıkkale, 1973.
- [13] Çelik Isıl İşlem semineri, MKE, Hizmet Yayınları, No: 19, 20-24 Eylül, Ankara, 1992.
- [14] SAĞIŞMAN, M., Çelik Nedir., 1971.
- [15] İZAR, N., Çelik Seçimi ve Sertleşebilme.
- [16] TS. 1381, Çeliğin Ucuna Su Vererek Sertleşebilme Deneyi, TSE, 1974.
- [17] WIESE, P. F., Steel Cantings Handbook, Steel Founders Society of America, 1980.
- [18] S. A. E. Handbook, Part 1, Materials, Society of Automotive Engineers, 1984.

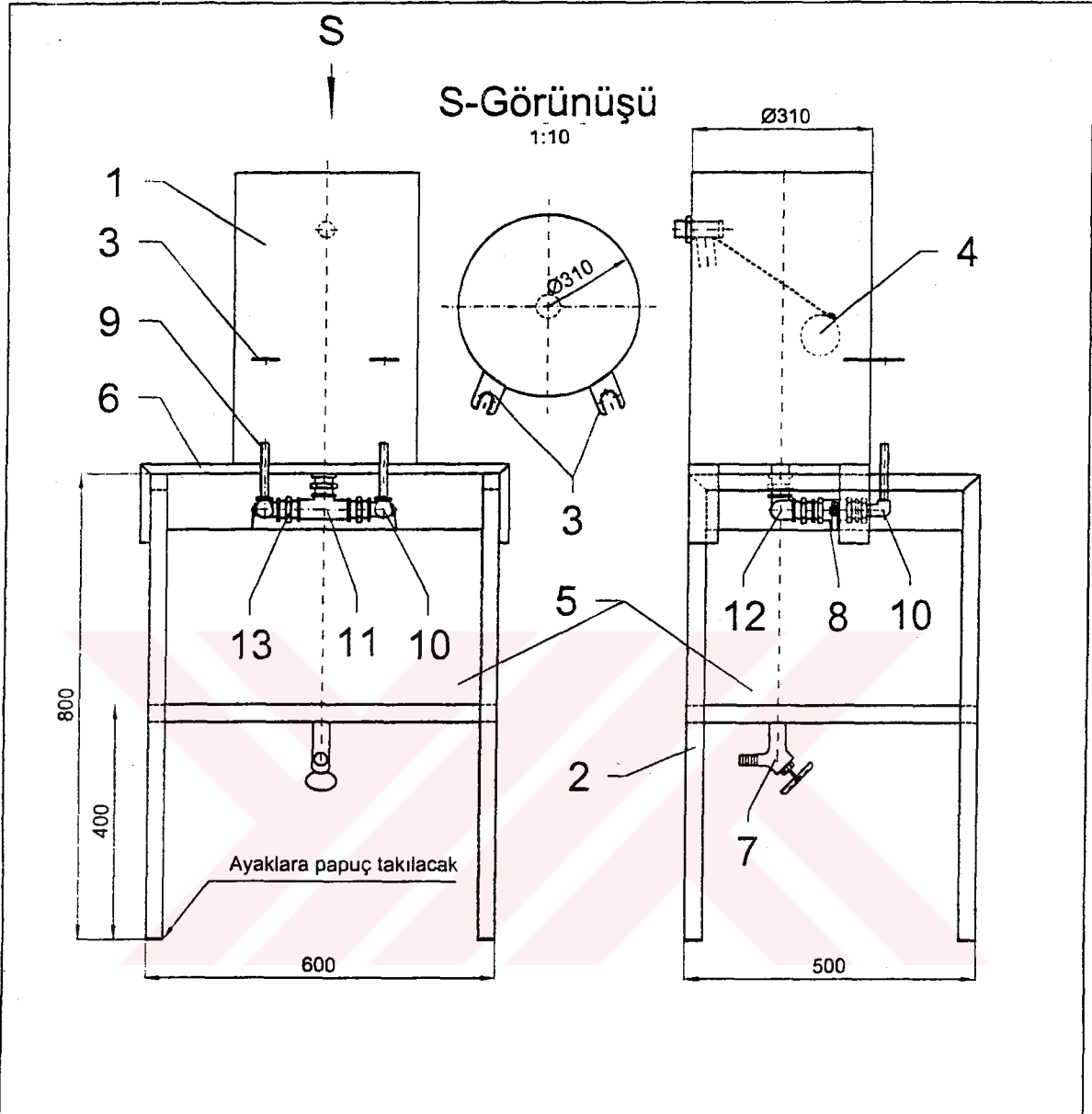
- [19] OKTAY, M. S., Çelik Isıl İşleminin Temel Prensipleri ve Yöntemleri SEGEM Yayını.
- [20] ATALA, H., Çeliklerde Isıl İşlemin Temel Prensipleri, ODTÜ Ders Notları, Ankara, 1989.
- [21] ASKELAND, D. R., The Science and Engineering of Materials, Chapman and Hall, 1990.
- [22] MKE Normu Özel Nitelikte Çelik Türleri Kataloğu, MKEK, Ankara, 1978.



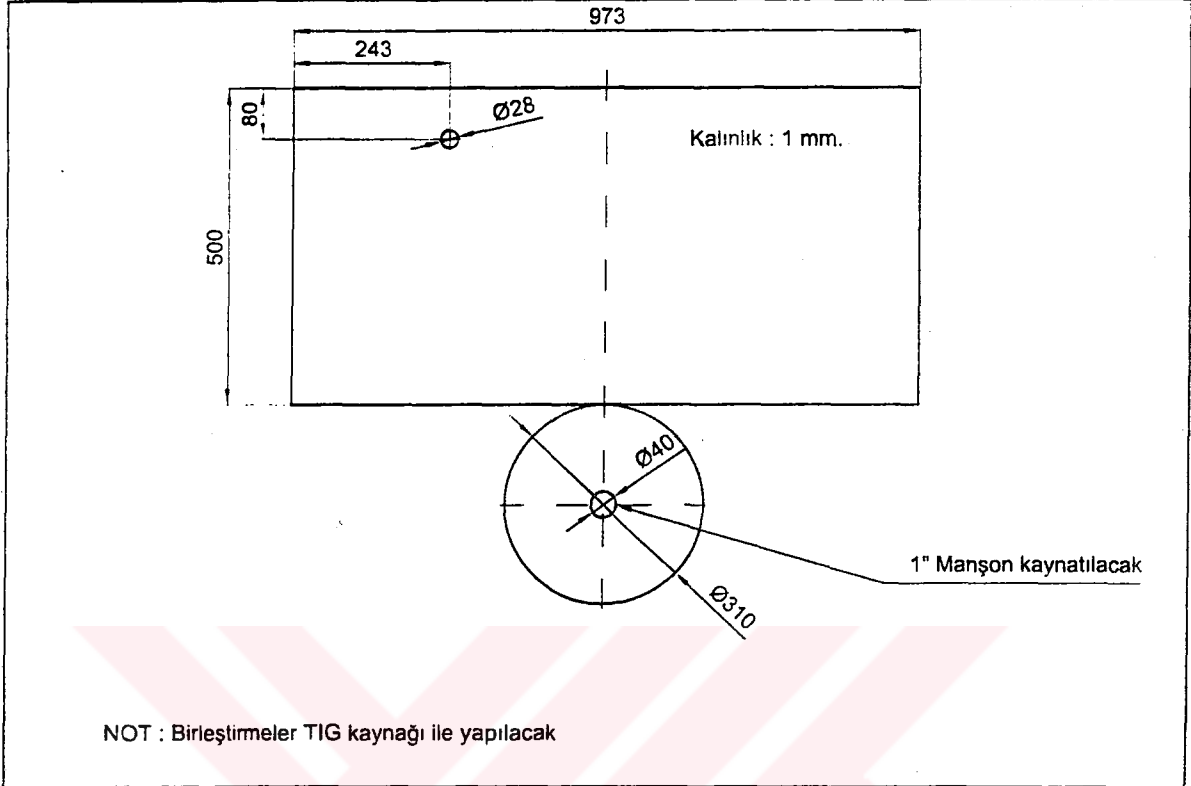
EKLER

**İMALATI YAPILAN JOMINY DENEY CİHAZININ KOMPLE
VE DETAY RESİMLERİ**

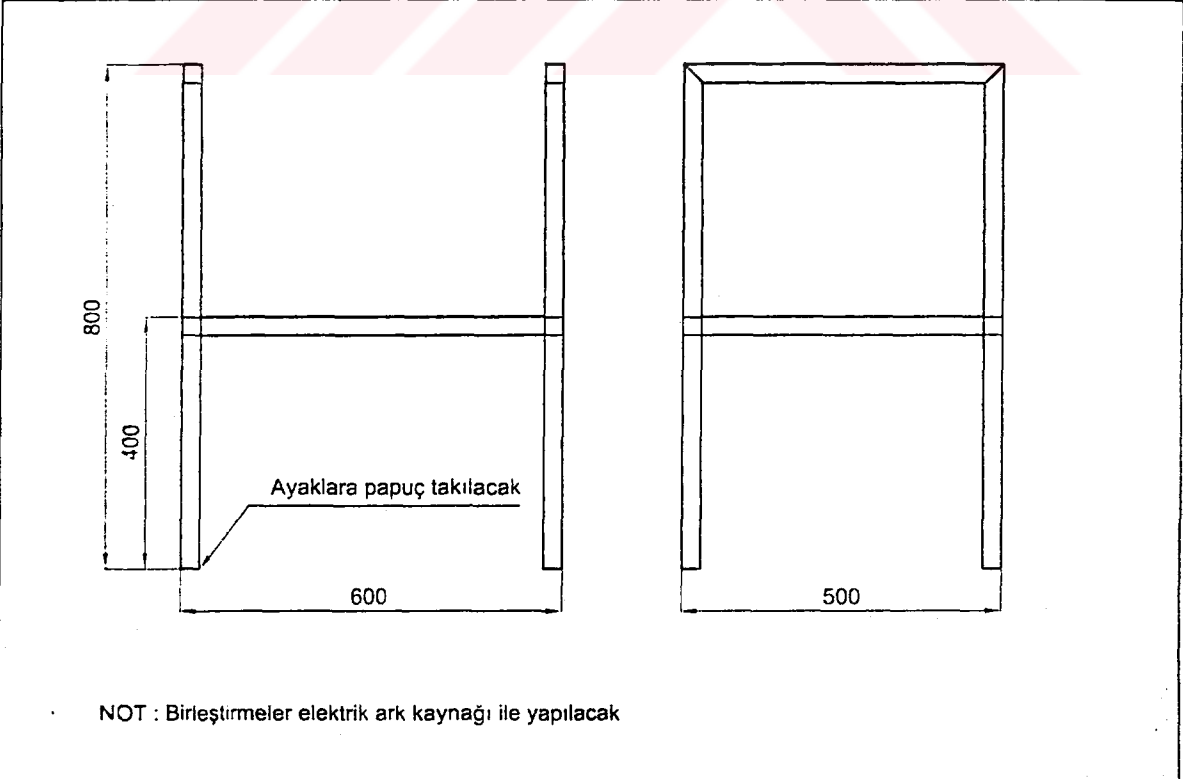




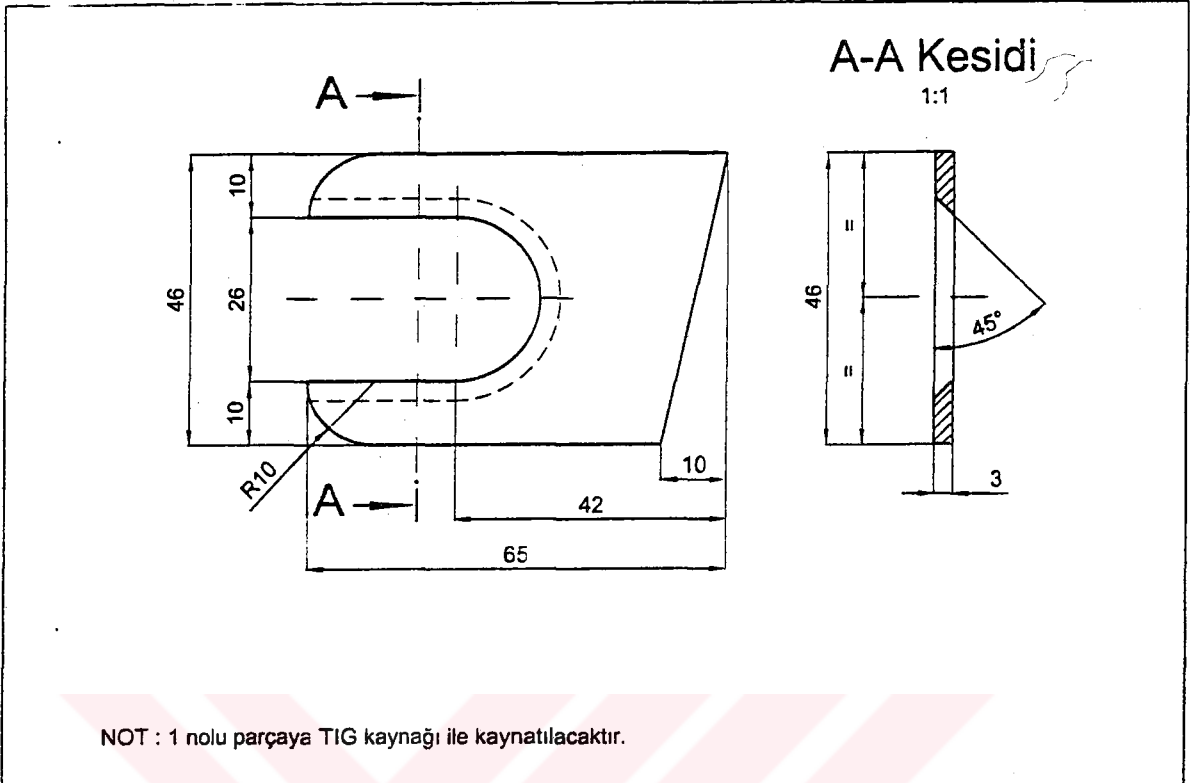
		14			
2	Düşürücü	13	Hazır		1" dan 3/4"
2	Dirsek 90°	12	Hazır		3/4" Galvanizli
1	T Dirsek	11	Hazır		1" Galvanizli
2	Kuyruklu Dirsek	10	Hazır		1/2" Galvanizli
2	Su Çıkış Borusu	9	Hazır		Ø 12.5 x 100
2	Vana	8	Hazır		1/2" Küresel
1	Su Tahliye Musluğu	7	Hazır		1/2" Küresel
2	Tank Monte Ayakları	6	Ç 3915	01 - 05	890 x 80 x 2
1	Su Toplama Kabı	5	DKP	01 - 04	1100 x 1140 x 1.5
1	Şamandra	4	Hazır		3/4"
2	Numune Tutucu Kol	3	Ç 3915	01 - 03	65 x 46 x 3
1	Sehpa	2		01 - 02	30 x 30 x 1.5
1	Su Tankı	1	Ç 3915	01 - 01	973 x 500 x 1
Sayı	Parçanın Adı	Montaj No	Gereç	Detay No	Malzeme Kaba Ölçüleri
Ölçek 1:10	Çizen	Talat CAYMAZ		14/05/1998	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
	Kontrol				
JOMINY DENEY CİHAZI				Resim Nr.	01 - 00



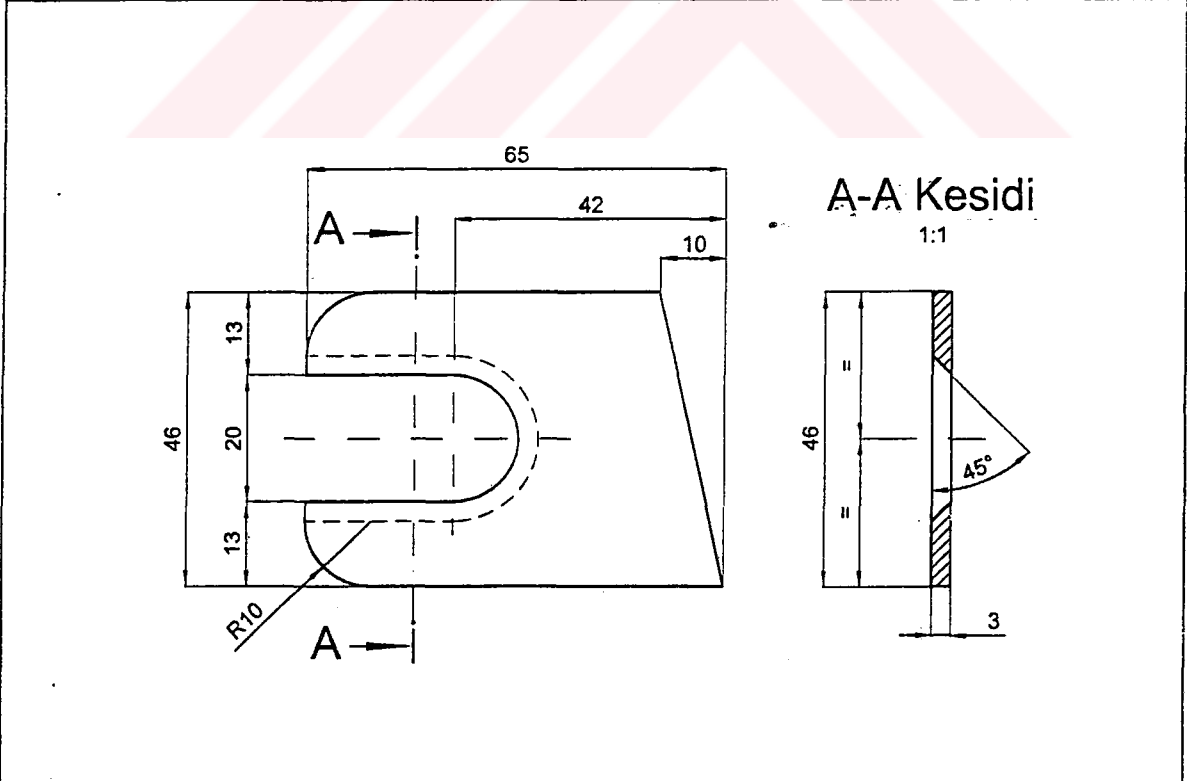
Ölçek 1:10	Çizen	Talat CAYMAZ	14/05/1998	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ	
	Gereç	Ç 3915		Sayı	1
SU TANKI				Resim Nr.	01 - 01



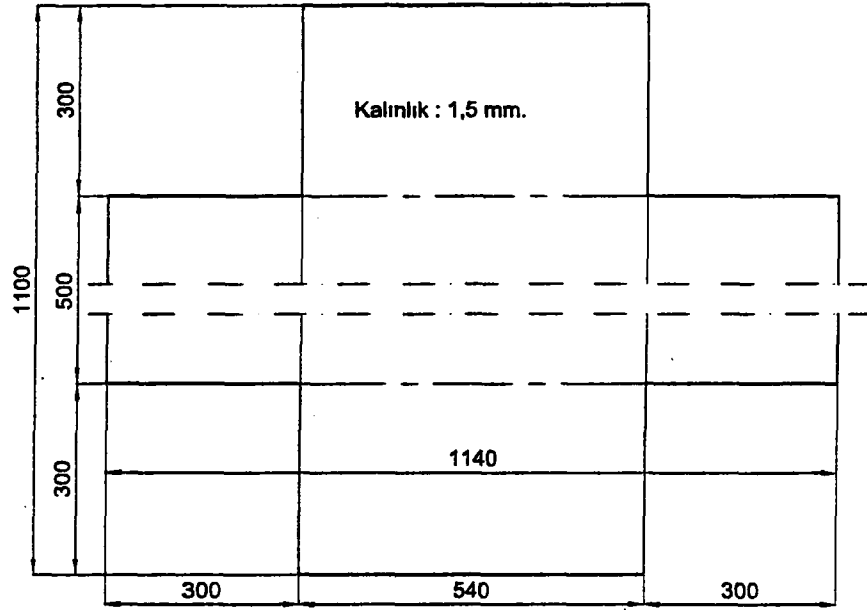
Ölçek 1:10	Çizen	Talat CAYMAZ	14/05/1998	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ	
	SEHPA			Gereç	30 x 30 x 1.5
				Resim Nr.	01 - 02



Ölçek 1:1	Çizen	Talat CAYMAZ	14/05/1998	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ	
	Gereç	Ç 3915		Sayı	1
NUMUNE TUTUCU KOL				Resim Nr.	01 - 03-1

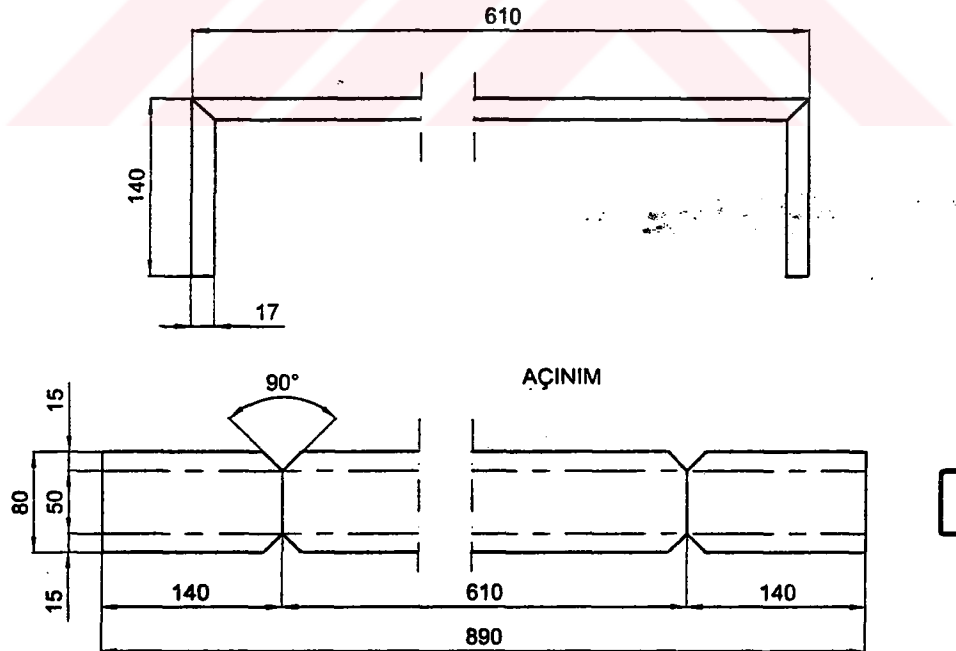


Ölçek 1:1	Çizen	Talat CAYMAZ	14/05/1998	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ	
	Gereç	Ç 3915		Sayı	1
NUMUNE TUTUCU KOL				Resim Nr.	01 - 03-2



NOT : Kenarlar elektrik ark kaynağı ile kaynatılacaktır.

Ölçek 1:10	Çizen	Talat CAYMAZ	14/05/1998	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ	
	Gereç	DKP Sac		Sayı	1
SU TOPLAMA KABI				Resim Nr.	01 - 04



Ölçek 1:5	Çizen	Talat CAYMAZ	14/05/1998	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ	
	Gereç	Ç3915		Sayı	2
TANK MONTAJ AYAKLARI				Resim Nr.	01 - 05

ÖZGEÇMİŞ

1958 yılında Manisa'da doğdu. İlk ve Orta öğretimini aynı ilde tamamladı. 1990 yılında girdiği Ankara Yüksek Teknik Öğretmen Okulundan 1981 yılı güz döneminde mezun oldu.

Yurdumuzun çeşitli bölgelerinde öğretmenlik görevi yaptı. Halen Adapazarı 1. Endüstri Meslek lisesinde görev yapan Talat CAYMAZ evlidir.

