

# LABORATUVAR II

## JOMINY ALINDAN SU VERME DENEYİ

Prof.Dr. Cemal Meran  
(2021-2022 Bahar Yarıyılı)

### Önemli Not:

Lütfen deney föyünü çok dikkatli okuyunuz. Numuneleri kendiniz satın alıp, kendiniz işleteceksiniz. Grupların belli olmasından sonra birinci öğretim ve ikinci öğretim **Grup 5 ve Grup 6 en geç 3 Mart Perşembe gününe kadar diğer gruplar ise en geç 10 Mart Perşembe gününe kadar 2 adet işlenmiş** ve markalanmış numunenizi Arş. Gör. Emre KORKMAZ'a teslim ediniz. Numunelerini teslim eden gruplar aşağıda belirtilen gün ve saatte ısıtma işlemi ve su verme işlemleri için MUH-A-EL-Z-17 nolu Isıtma İşlem Laboratuvarında hazır bulunacaktır. Isıtma işlemleri ilan edilen tarih ve saatler dışında yapılamayacağından ısıtma işlemi kaçıran grup sertlik ölçmeye katılmayacaktır.

### 1. DENEYLE İLGİLİ AÇIKLAMALAR

Deney, ısıtma işlemi-alından su verme ve alından itibaren sertlik ölçme olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Dersin 1 haftada işlenmesi gerektiğinden ısıtma işlemi ve alından su verme işlemleri **her bir grup tarafından tabloda belirtilen gün ve saatte tamamlanacaktır.**

Tüm öğrencilerin laboratuvar esnasında sıkıntı yaşamaması için aşağıdaki açıklamaları dikkatli şekilde okuması ve gereğini yapması beklenmektedir. Deney sonunda her bir öğrenci ayrı ayrı rapor hazırlayacak ve Makine Mühendisliği Bölüm Sekreterliğine çıktı olarak uygulamadan bir hafta sonra teslim edecektir. Deneyin aşamaları ve yapılması gerekenler;

### **1. Aşama: Numunelerin İşlenmesi, Markalama ve Isıtma İşlemlerinin Yapılması ve Su Verme**

Her bir öğrenci Bölüm Başkanlığı tarafından ilan edilen programdan Jominy Alından Su verme deney tarihine bakar. **Her bir grup 1 adet C40 (AISI 1040) ve 1 adet 42CrMo4 (AISI 4140) olmak üzere toplam 2 adet çelik numune** yarı mamülü sanayiye malzeme satan firmalardan temin ederek, ısıtma işlemi yapılmak üzere Şekil 1'de verilen boyutlara işlenmiş ve markalanmış olarak hazırlayıp **birinci öğretim ve ikinci öğretim Grup 5 ve Grup 6 en geç 3 Mart Perşembe gününe kadar, diğer gruplar ise 10 Mart Perşembe gününe kadar** Arş. Gör. Emre KORKMAZ'a teslim edecektir. **Daha sonra numunelerini teslim eden gruplar** aşağıda belirtilen gün ve saatte ısıtma işlemi yapılmak üzere MUH-A-EL-Z-17 nolu ısıtma işlem laboratuvarında hazır bekler. **(Herbir grup toplam 2 adet numuneyi hazırlayacaktır, her bir öğrenci değil!)**

### Birinci Öğretim Isıtma İşlem Programı

|            | 17:00-17:30 | 17:30-18:00 | 18:00-18:30 | 18:30-19:00 | 19:00-19:30 |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 04.03.2022 | Grup 5      | Grup 6      |             |             |             |
| 14.03.2022 | Grup 7      | Grup 8      | Grup 9      | Grup 10     | Grup 11     |
| 15.03.2022 | Grup 12     | Grup 1      | Grup 2      | Grup 3      | Grup 4      |

### İkinci Öğretim Isıtma İşlem Programı

|            | 14:30-15:00 | 15:00-15:30 | 15:30-16:00 | 16:00-16:30 | 16:30-17:00 |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 04.03.2022 |             |             |             | Grup 5      | Grup 6      |
| 14.03.2022 | Grup 7      | Grup 8      | Grup 9      | Grup 10     | Grup 11     |
| 15.03.2022 | Grup 12     | Grup 1      | Grup 2      | Grup 3      | Grup 4      |

Her bir grup herhangi bir karışıklığa imkan vermemek için **Şekil 1**'de boyutları verilen Jominy deney numunesinin 32 mm çapında olan kısmının altına grup numarasını, numune türünü ve hangi öğretimde olduğunu ısıtılma işleminden önce markalamak zorundadır. Markalamaları ister laboratuvarımızda isterse parçayı işlettiğiniz yerde yapabilirsiniz. Markalamada karışıklık olmaması için kalemle yazılmaması, çelik marka kalemleri yapılması gerekir. Normal öğretim öğrencileri 1XY, ikinci öğretim öğrencileri ise 2XY şeklinde markalamalı, X yerine kendi grup numarası, Y yerine ise size verilen numunelerden C40 çeliği için 1, 42CrMo4 için ise 2 şeklinde markalamalıdır. Örneğin normal öğretim ikinci grup olan bir öğrenci, C40 çeliğinden numuneye 121, 42CrMo4 numunesi için ise 122 şeklinde markalamalıdır. İkinci öğretim 5. Grup olan bir öğrenci ise C40 çeliğinden numuneye 251, 42CrMo4 numunesi ise 252 şeklinde markalamalıdır. **Numunelerin tornalanması esnasında uç kısmında punta deliği olmamasına dikkat edilmelidir. Bunun için numune toplam boyunu başlangıçta 110 mm alıp, punta deliği açılan kısmı keserek toplam boyu 100 mm'ye düşürmek uygun olacaktır.**

Çelik numunelere alından su verme deneyi öncesi 850 °C'de ostenitlenecektir. Her bir grup her iki numunesini fırından çıkarır (numuneler öğrenciler laboratuvara gelmeden bizim tarafımızdan konulmuş olacak) ve Jominy alından su verme düzeneğine yerleştirilerek 10 dakika su verilir. Bu işlem her 2 numune içinde yapılacaktır. Alından su verilen numuneler programda görülen ders tarih ve saatinde sertliklerini ölçmek için **Şekil 3**'de görüldüğü şekilde her iki yüzeyden 0,4 mm taşlamak üzere grup tarafından teslim alınır. (MUH-A-EL-Z-15)

**Su verme işlemine katılmayan öğrenciler, programda görülen laboratuvar haftasında sertlik ölçme işlemine de katılamaz ve rapor teslim edemez.**

## **2. Aşama: Sertlik Ölçme (Bölüm tarafından ilan edilen tarih ve saat)**

Bölüm Başkanlığı tarafından ilan edilen tarih ve saatteki derse gelirken ders tarihinden önce alından su verilmiş olan numunelerinin **her iki yüzeyden 0,4 mm derinlikte** olacak şekilde ayna parlaklığında, üzerinde takım izi olmayacak şekilde taşlatmış olarak gelmelidir.

Öğrenciler alından çift yönlü 0,4 mm taşlama yaptırdıkları numuneleri **Şekil 3**'de verilen standart ölçülerde markalayıp Rockwell C cinsinden sertliklerini ölçeceklerdir.

Her iki numuneye ait Rockwell Sertlik (HRC)– Alından mesafe (mm) grafiği aynı eksen takımında çizilip karşılaştırılacaktır. Yani iki malzemenin sertlik grafiği birlikte aynı grafik üzerinde çizilerek karşılaştırılacaktır. Grafik Microsoft office excel programında oluşturulacaktır.

Raporun hazırlanmasında ekte verilen şablon kullanılacaktır.

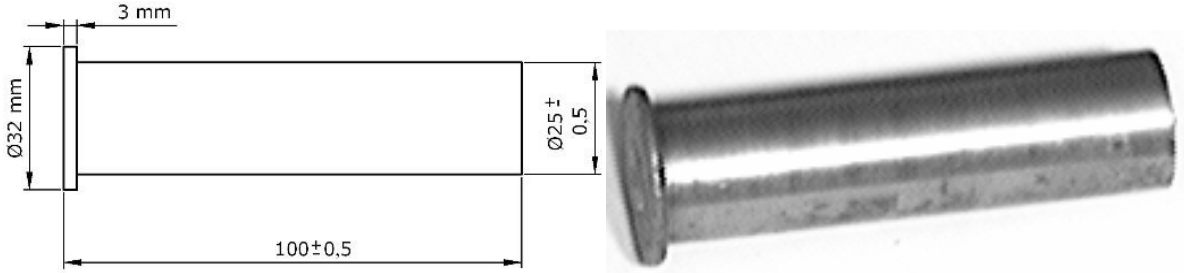
Sertlik ölçümleri yapıldıktan 1 hafta içinde her bir öğrencinin kendisi tarafından hazırlayacağı özgün rapor çıktısı Bölüm Başkanlığı karşındaki Laboratuvar II yazılan kutuya atılacaktır. Raporlar içerdiği bilgiler, sonuçların veriliş şekli, özgünlüğü, kopya olup olmadığı gibi birçok yönden tek tek incelenerek, değerlendirilecektir.

Laboratuvar II Jominy deneyi ile öğrenciler, çelik fiyatları ve temin yolları, talaşlı işlem maliyeti ve imkanları, ısıtılma işlem ve su verme, taşlama, sertlik ölçme, rapor yazma işlemlerini sırasıyla gerçekleştirmiş olacaktır.

**LABORATUVAR II**  
**JOMINY ALINDAN SU VERME DENEYİ**  
**Prof.Dr. Cemal Meran**  
(2021-2022 Bahar Yarıyılı)  
<https://youtu.be/IP-XGNTmRf4>

**1. JOMINY (ALINDAN SU VERME) DENEYİ**

Jominy (alından su verme) deneyinin prensibi, standart ölçülerde talaşlı imalatla elde edilen deney parçasının, **Şekil 1**, karbon içeriğine bağlı olarak  $Ac_3$  veya  $Ac_1$  sıcaklığının üzerindeki bir sıcaklığa ısıtılması, bu sıcaklıkta belli bir süre bekletilmesi, devamında fırından çıkarılan numunenin Jominy deney düzeneğinde alından su püskürtülerek en az 10 dakika soğutulması şeklinde gerçekleştirilir. Soğumayı takiben alından çift taraflı 0,4 mm derinliğinde taşlama yapılan numunenin standartlarda belirtilen aralıklarda sertlikleri ölçülerek, alından iç kısımlara doğru sertlik değişimi belirlenebilir.



**Şekil 1:** Flanşlı bir Jominy deney numunesinin standart boyutları

Dövülmüş veya haddelenmiş deney parçaları, işlenmeden önce normalize edilir. Özel isteklerde başka ısıtma işlemleri de kullanılabilir. Yumuşatılmış durumdaki çeliklerin sertleşebilme kabiliyetleri de bilinmek isteniyorsa, deney parçasına buna göre işlem uygulanır. Özel haller dışında, çeliklerin normalize işlemleri, malzeme özelliğine göre yapılır. Deney çubuklarının işlenmesi sırasında çok düşük miktarlarda dahi karbon azalmasının önlenmesine dikkat edilmelidir. Deney parçasının silindirik yüzeyi, çok ince talaş çıkacak şekilde tornalanır. Deney parçasının sertleştirilecek uç yüzeyi hassas şekilde işlenerek parlatılır.

Jominy deney düzeneği, deney parçasının alından itibaren derinliğine sertleşebilmesini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. **Şekil 2**'de gösterilen deney düzeneğinde, deney numunesi su borusunun tam üstünde, dik ve merkezi olacak şekilde yerleştirilir. Su gelen borunun üzerinde, çabuk açılıp kapanabilen vana düzeni vardır. Deney parçası yerleştirildikten sonra deney numunesinin alın yüzeyi ile su borusu ucu arasındaki uzaklık  $12,5 \pm 0,5$  mm olacak şekilde deney parçası oturma yeri uzaklığı saptanmalıdır. Deney numunesi deney düzeneğinde su borusunun üzerinde merkezlenmiş ve su püskürtülmesi sırasında hareketsiz kalacak şekilde olmalıdır. Deney numunesi yerine yerleştirilinceye kadar kuru olmalı ve su verme işlemi başlayıncaya kadar sıçrayan sulardan korunmalıdır. Deney numunesi yerleştirilmeden önce su borusu ucundan püskürtülen suyun yüksekliği  $65 \pm 10$  mm olacak şekilde ayarlanmalıdır. Borudaki su sıcaklığı 5–30 °C arasında olmalıdır. Su verme esnasında deney düzeneğinin hava akımlarından etkilenmemesi sağlanmalıdır.

Deney numunesi, malzemenin özelliklerine uygun ve homojen olarak malzemenin kimyasal bileşimine (% C oranı dikkate alınır) uygun olarak belirlenen bir sıcaklığa kadar ısıtılır ve bu sıcaklıkta  $30 \pm 5$  dakika tutulur. Özel tip fırınlarda deney numunesi merkezinin istenilen sıcaklığa ulaşabilmesi için geçmesi gereken en az ısıtma süresi daha önce yapılan deneylerle tespit edilmiş olmalıdır. Deney numunesinde herhangi bir karbon oranında değişiklik veya tufal yapacak oksitlenme olayı önlenmelidir. Bunun için kontrollü atmosferli bir fırın kullanılabilir veya deney numunesi yumuşak bir çelik kap içine konulur; deney numunesinin oturduğu kabın tabanı toz grafit veya dökme demir saçmaları ile örtülür.

Yerleştirilmiş Deney Parçası

Su borusunun ucu

12,5±0,5

12,5±0,5

65±10

Ø12,5±0,5

Su borusu

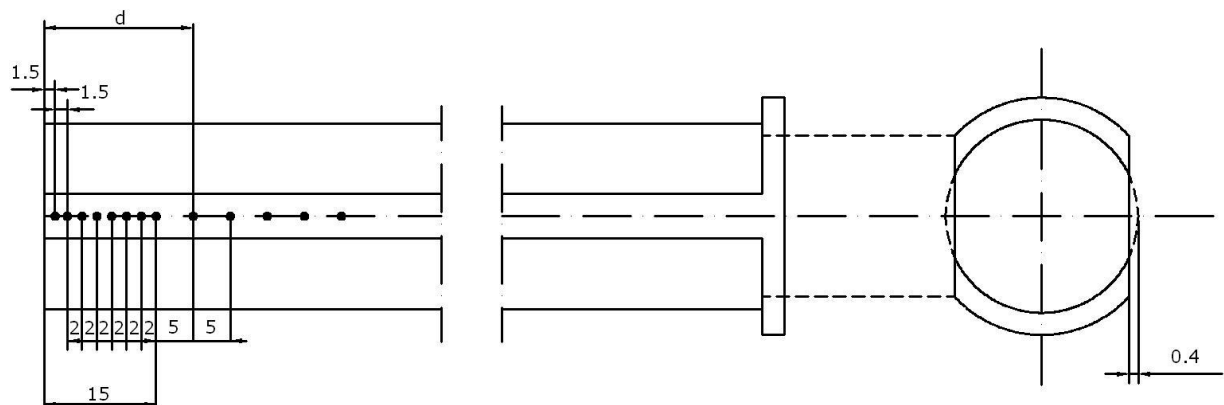
Ø105

Çabuk ağırlı kapanır vana

Su borusu

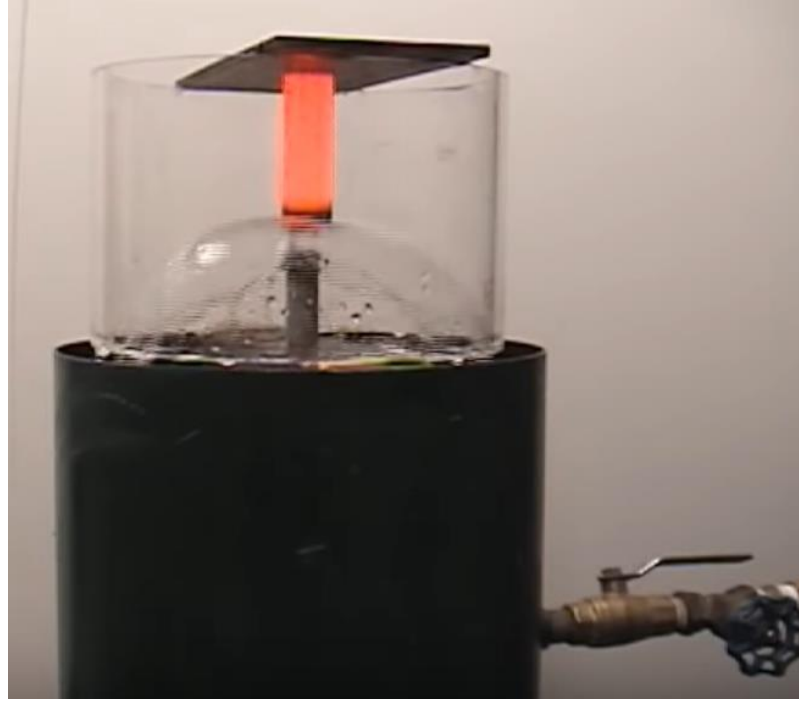
Su verme işlemi yapıldıktan sonra deney parçasını sıçrayan sulardan koruyan süzgeç

Sertleştirilmiş deney numunesinin sertliğini ölçmek için, uzunluk eksenı doğrultusunda birbirinden 180° açılkıkta karşılıklı iki yüzey taşlanır. Taşlama derinliğı 0,4 mm olmalıdır, **Şekil 1.3**. Taşlama yapılması sırasında deney numunesinin aşırı ısınarak mikro yapısının değışmemesi için, bol miktarda soğutucu verilmelidir. Taşlama sırasında yumuşama olmamasına dikkat edilmelidir.



Bunun için deney numunesi % 5'lik nitrik asit çözeltisi içinde kararınca kadar tutulur. Sıcak suda yıkandıktan sonra 2 veya 3 saniye % 50'lik seyreltik hidroklorik asit çözeltisine batırılır. Sıcak suda tekrar yıkanarak sıcak hava ile kurutulur. Deney parçası uygun bir taşıyıcıya yerleştirilerek, hazırlanmış yüzeylerin uzunluk eksenleri boyunca Rockwell C sertlik ölçümleri yapılmalıdır. Rockwell C sertlik ölçümü yerine 30 kgf yükü Vickers sertlik ölçümü de yapılabilir. İkinci taşlanmış yüzeyde sertlik deneyi yapılmadan önce birinci yüzeydeki batıcı uç iz çıkıntılarının taşlanması yapılmalıdır. Ölçme noktalarının yerleri **Şekil 3'e** uygun olacak şekilde yapılmalıdır. Sertlik ölçümleri su vermenin yapıldığı alından başlanarak 1,5-1,5-2-2-2-2-2 mm olan mesafelerde yapılır. Toplam 15 mm'yi bulan bu noktalardan sonra 5'er mm aralıkla ölçümler yapılır. Elde edilen farklı mesafelerdeki sertlik değerleri bir grafiğe taşınırsa malzemenin Jominy sertleştirilebilirlik eğrisi elde edilmiş olur.

# JOMINY ALINDAN SU VERME DENEYİ



**Prof.Dr. Cemal Meran**

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü



# **DENEY DÜZENEĞİ VE DENEYİN YAPILIŞI**

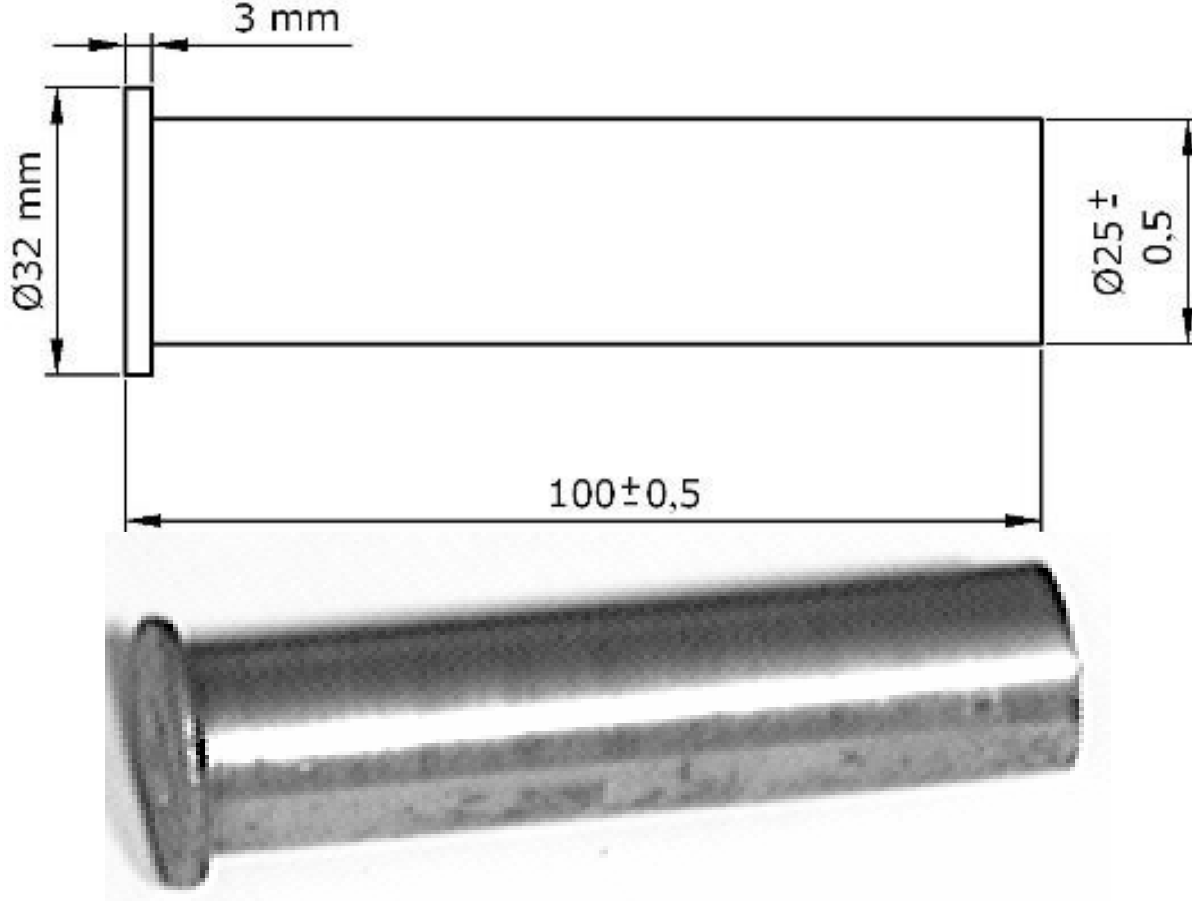
# Deney Aşamaları

**İlgili Standart :** ASTM A255 - Standard Test Methods for Determining Hardenability of Steel, American Society for Testing and Materials, (1999).

1. Numunelerin standartta verilen geometrilere **talaşlı imalatı**
2. Isıl işlemlerinin yapılması (**Ostenitleme**, yaklaşık 30 min)
3. Alından **su verme** (En az 10 min)
4. Alt ve Üst yüzeyden 0,4 mm derinliğinde **taşlama**
5. Alından itibaren standartta verilen mesafelerde **sertlik ölçümü**
6. Ölçülen sertliklerin **grafiğe aktarılması**

# Deney Aşamaları

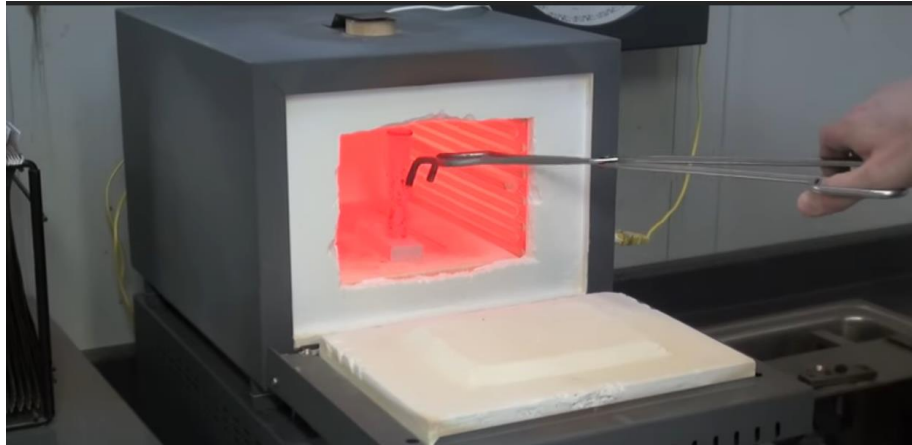
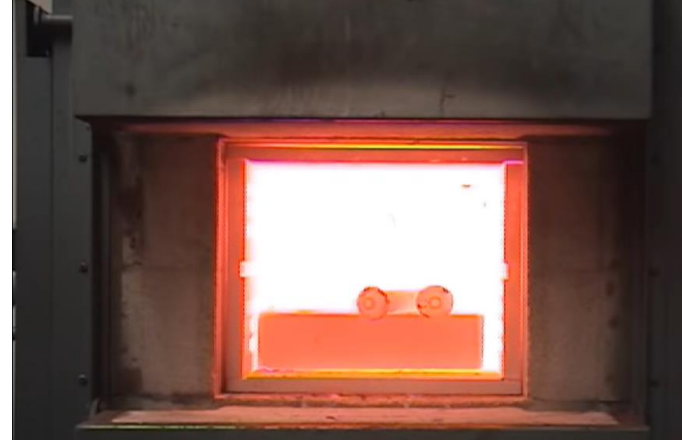
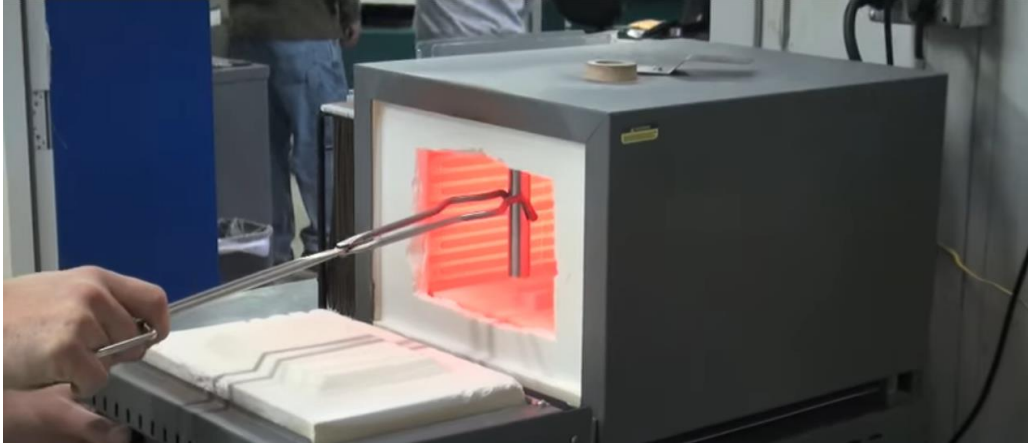
## 1. Numunelerin standartta verilen geometrilere talaşlı imalatı



**Not:** Alında punta deliği kalması istenmez. Bu sebeple ayna ve punta arasında talaşlı işlemi için yarı mamül numunenin biraz daha uzun kestirilmesi önerilmektedir.

# Deney Aşamaları

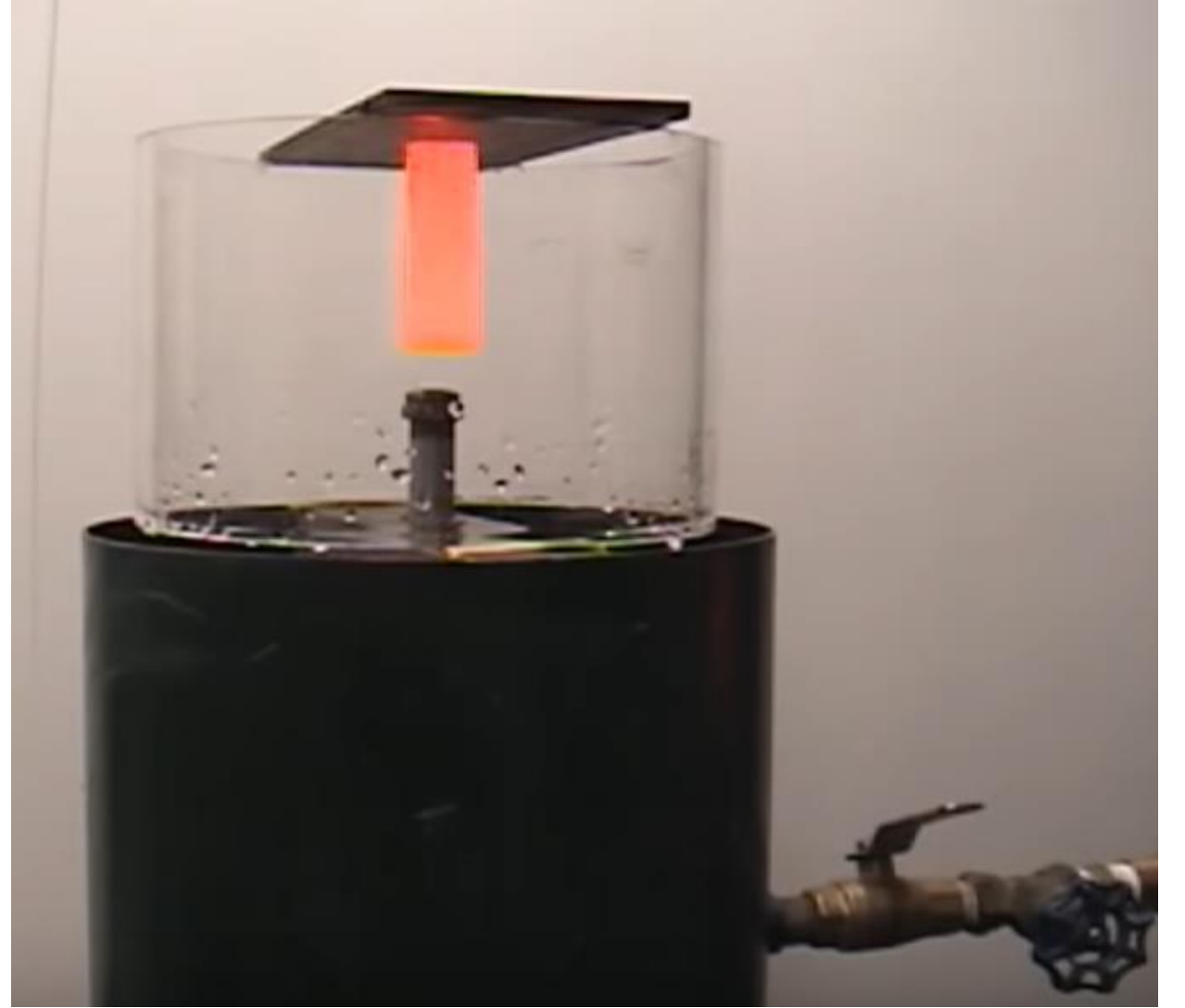
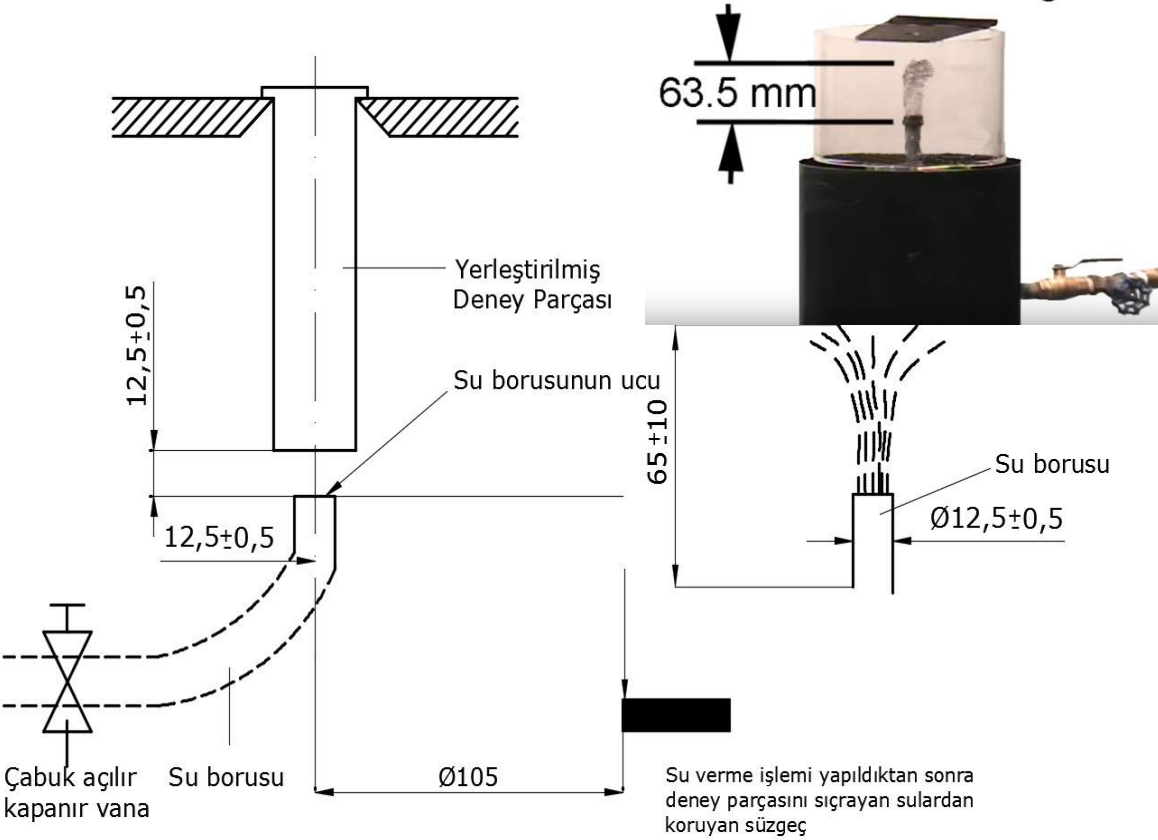
## 2. Numunelerin Isıl İşlemi (Ostenitleme)



**Not:** Numunenin fırında karbon oranına göre standartta verilen sıcaklıkta (örneği % 0,4 C'lu çelikte bu sıcaklık 850 °C) yaklaşık 30 min bekletilmesi, sonrasında fırından alınıp 5 s içinde alından su verme düzenneğine yerleştirilip alından su vermeye başlanması gerekmektedir.

# Deneyin Aşamaları

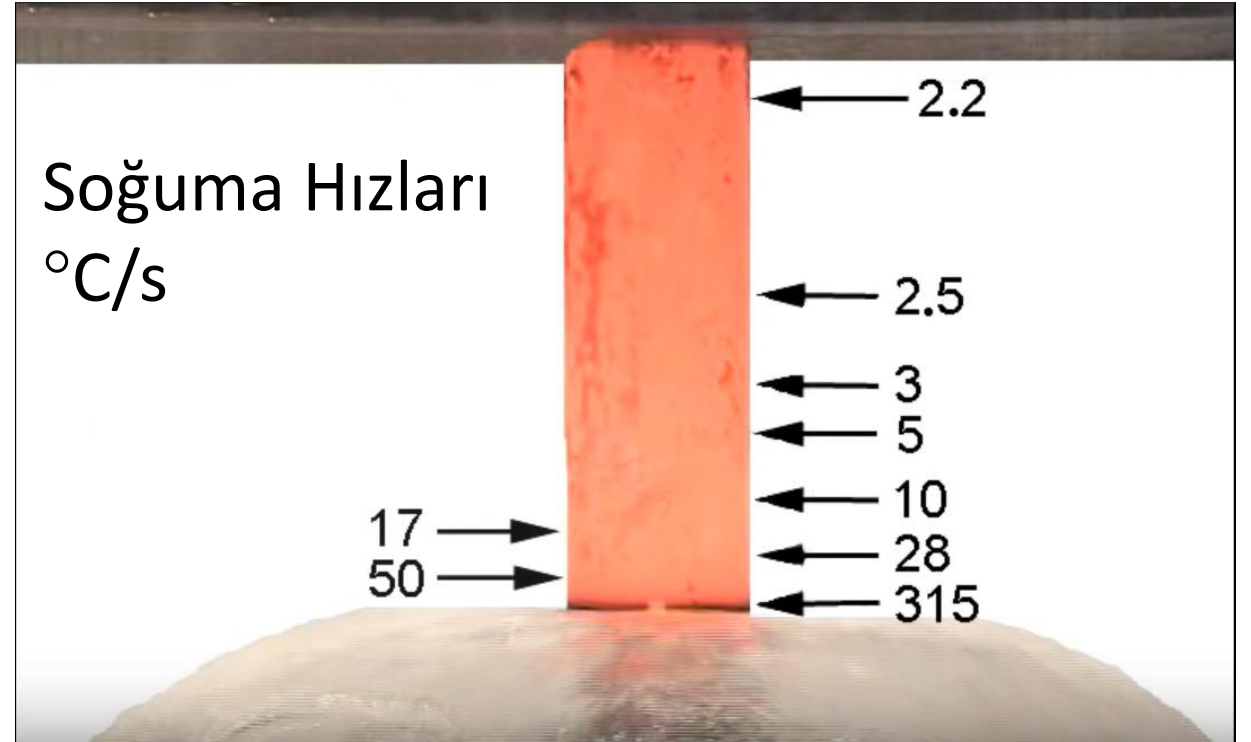
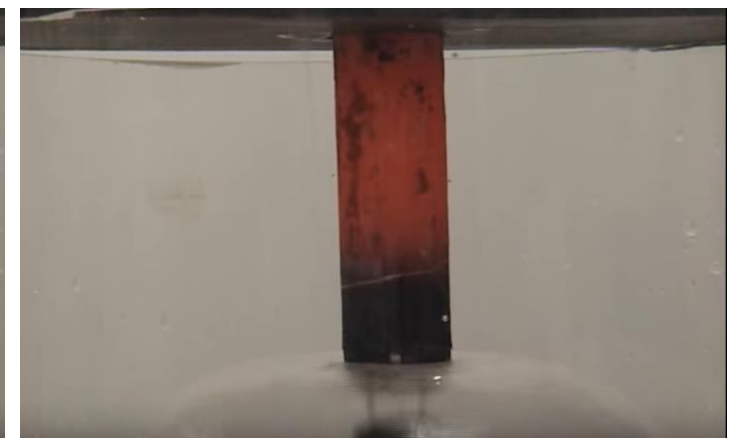
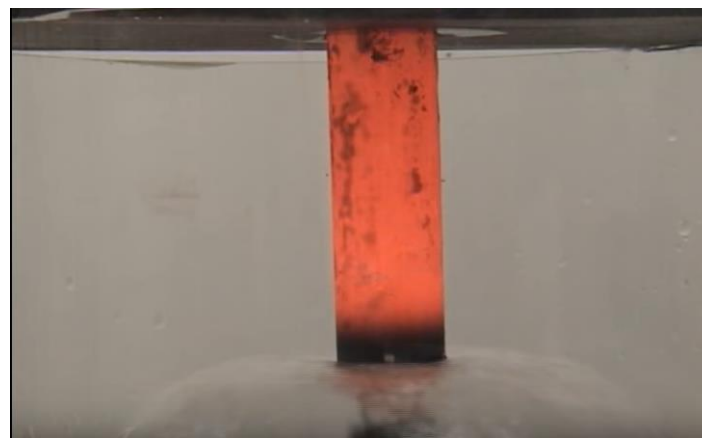
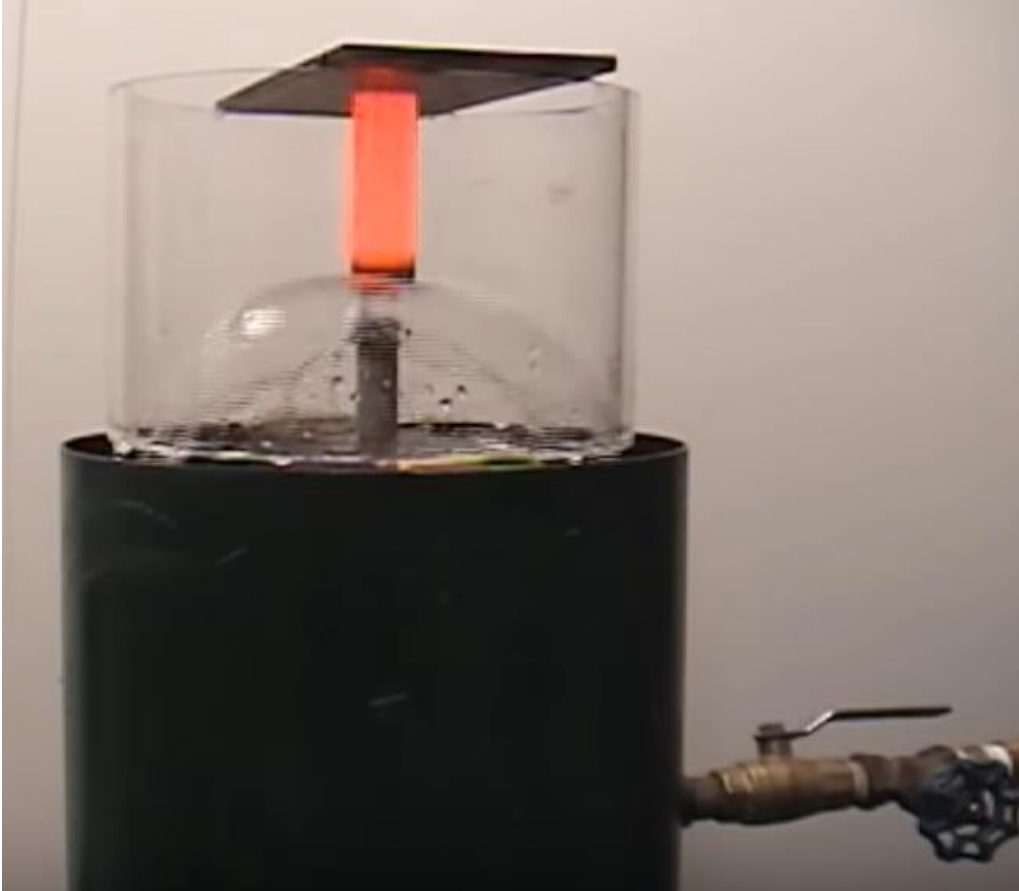
## 3. Alından Su Verme



Numunenin sağından solundan su ile temas etmemesi için önce numunenin su verme düzeneğine yerleştirilip sonra hızlı aç kapa vanasından standartlarda verilen miktarda oda sıcaklığındaki su ile en az 10 min alından su verilmesi sağlanmalıdır.

# Deneyin Aşamaları

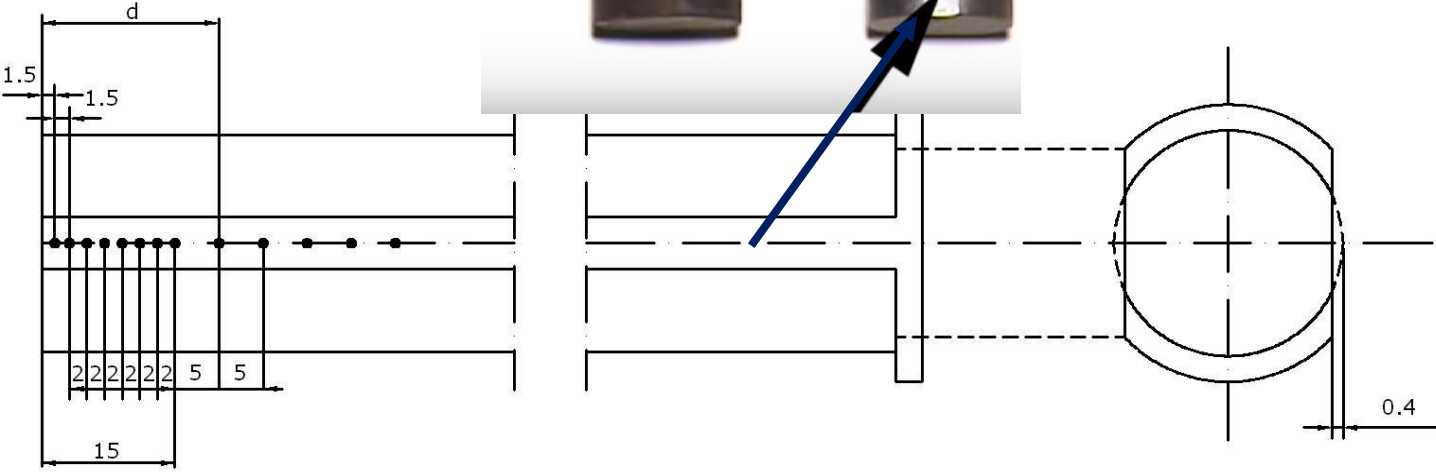
## 3. Alından Su Verme (devam)



Çeliğin başta karbon miktarı olmak üzere içerdiği alaşım elementlerinin türü ve miktarına bağlı olarak suyun ilk temas ettiği alından içeriye doğru farklı soğuma hızlarından dolayı farklı sertlikler ortaya çıkacaktır.

# Deneyin Aşamaları

## 4. Taşlama



Numunenin alından su verme sonrası önce alt ve üst yüzeyden 0,4 mm derinliğinde bir taşlama tezgahında taşlanması (freze ile yapılan işlem hatalı sonuçlara yol açabilir) ve sonrasında ise standartlarda verildiği üzere 1,5-3-5-7-9-11-13-15-20-25-30-35-40-45-50 mm mesafelerden işaretlenir

# Deneyin Aşamaları

## 5. Sertlik Ölçümü

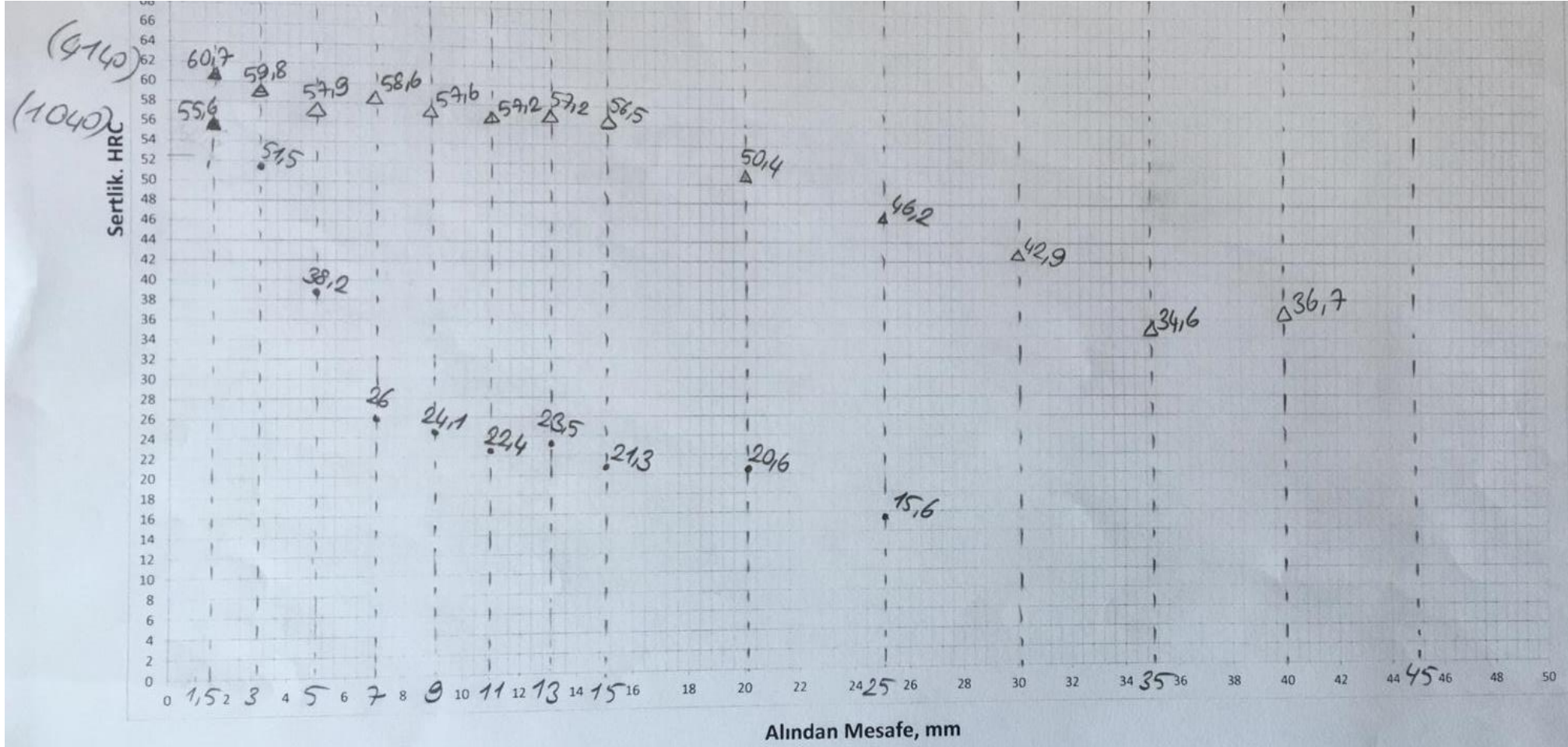


**Not:** Numunenin işaretlenen noktalarından sırasıyla Rockwell C (HRC) cinsinden sertliği ölçülür.

**Video Tavsiye:** <https://www.youtube.com/watch?v=qjsZVivfzcg>  
<https://www.youtube.com/watch?v=qW0aUbTWtVM&t=4s>

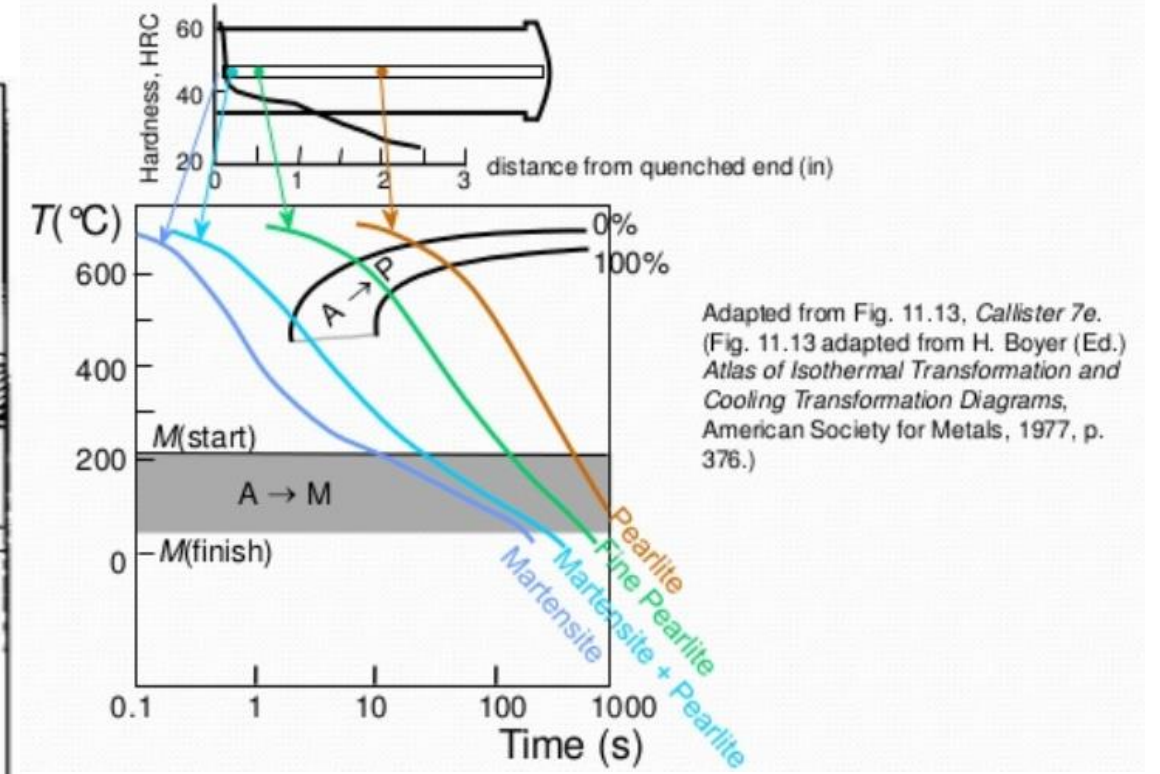
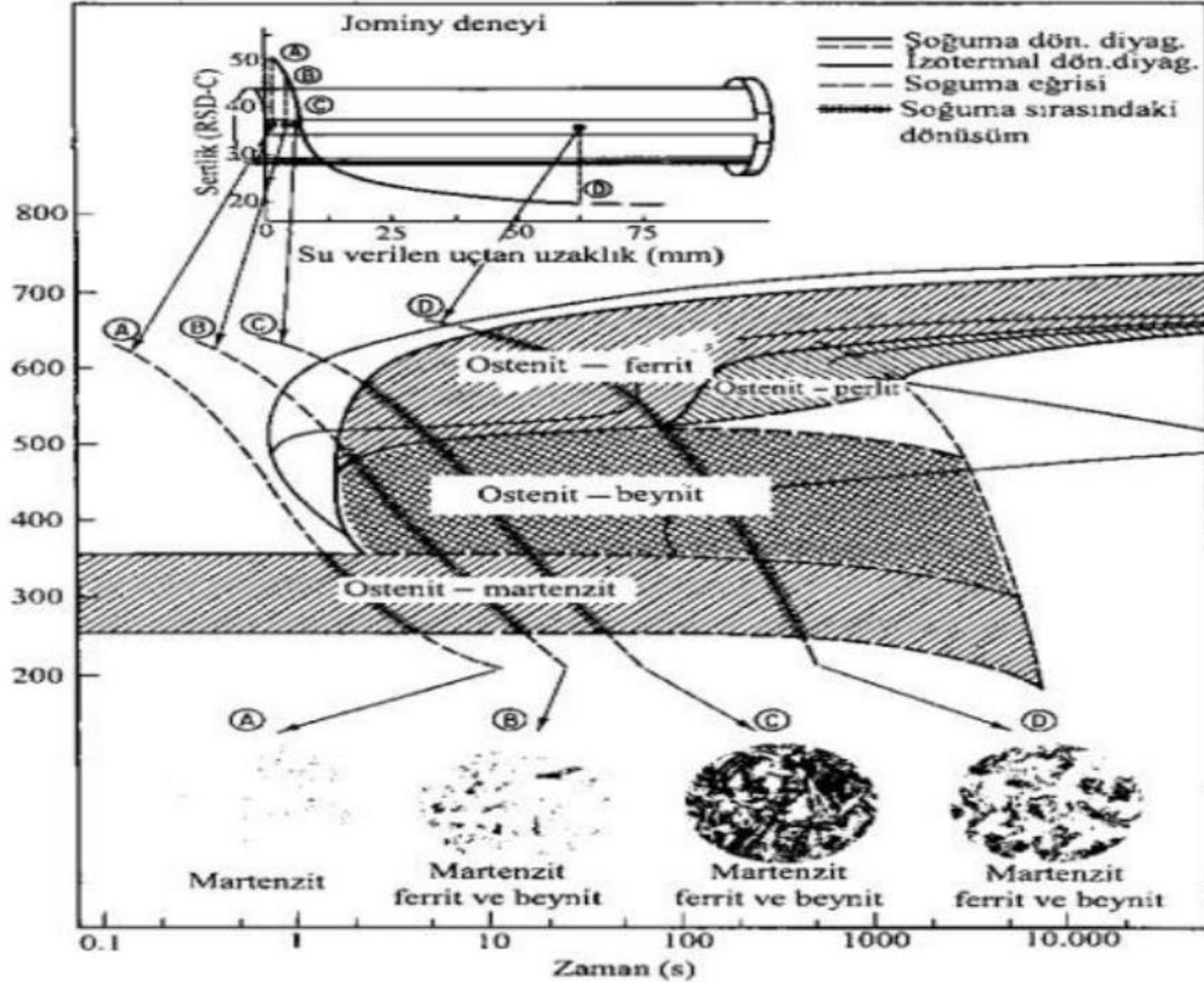
# Deneyin Aşamaları

## 6. Sertlik Ölçüm Sonuçlarını Grafiğe Aktarma



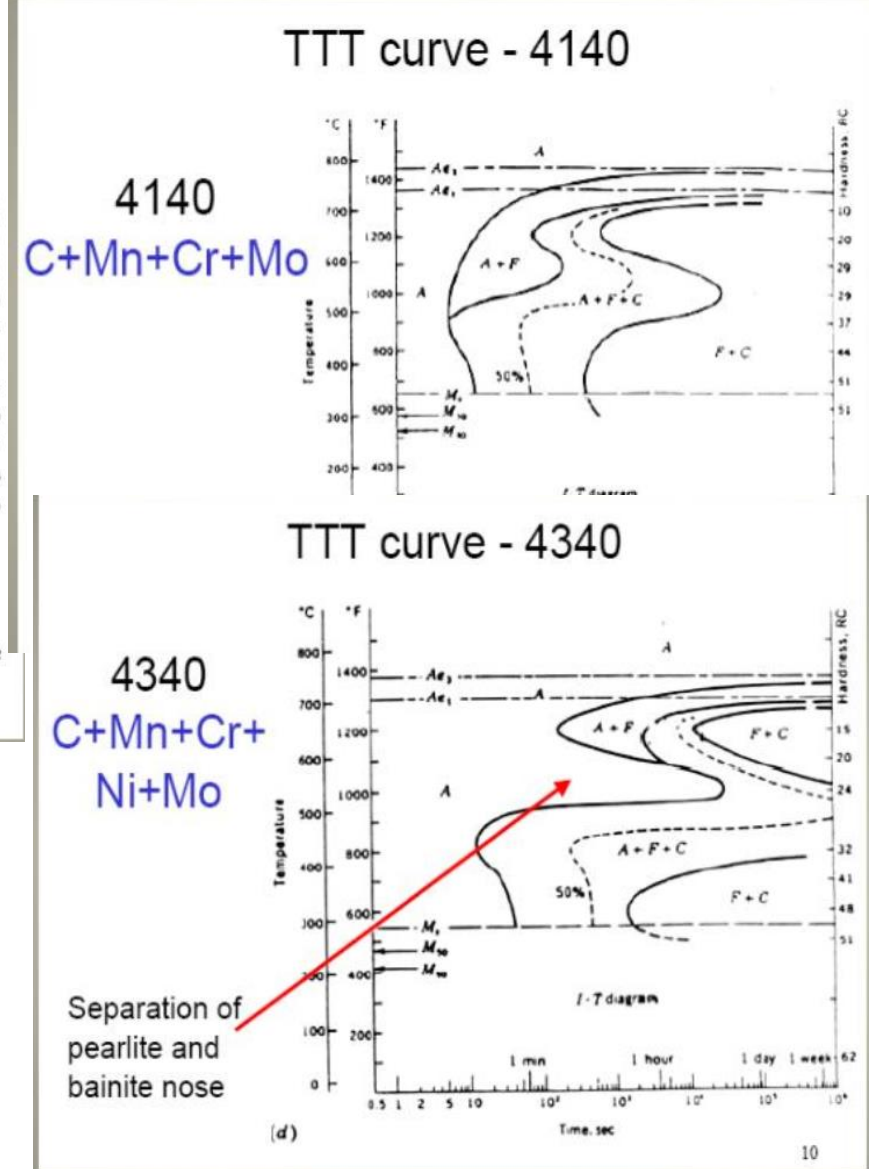
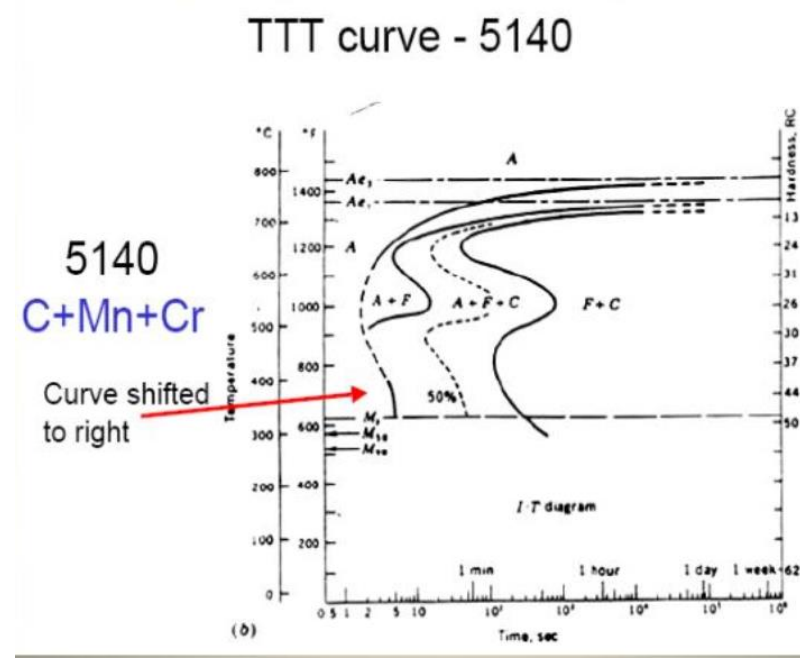
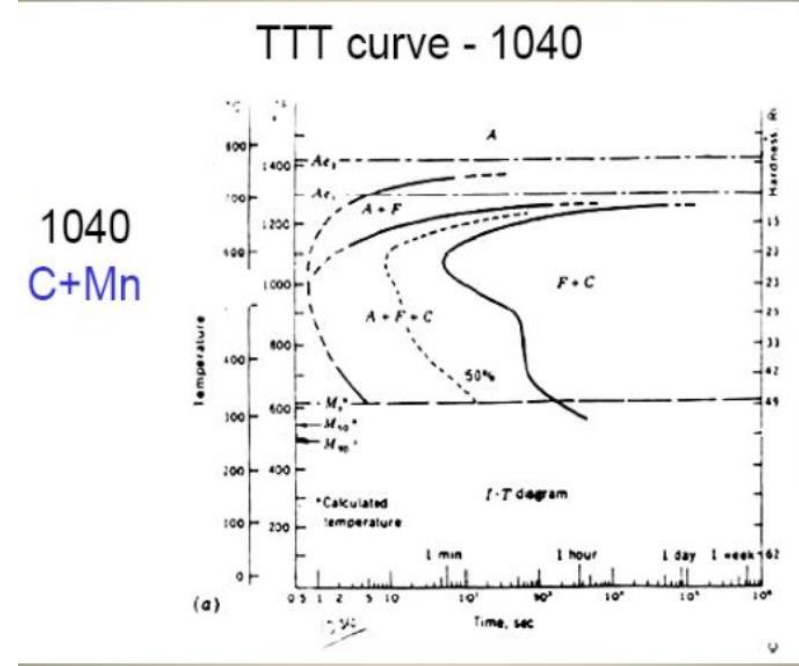
# DERİNLİĞİNE SERTLEŞME KABİLİYETİ

# Zaman Sıcaklık Dönüşüm Diyagramları – Alından Su Verme İlişkisi



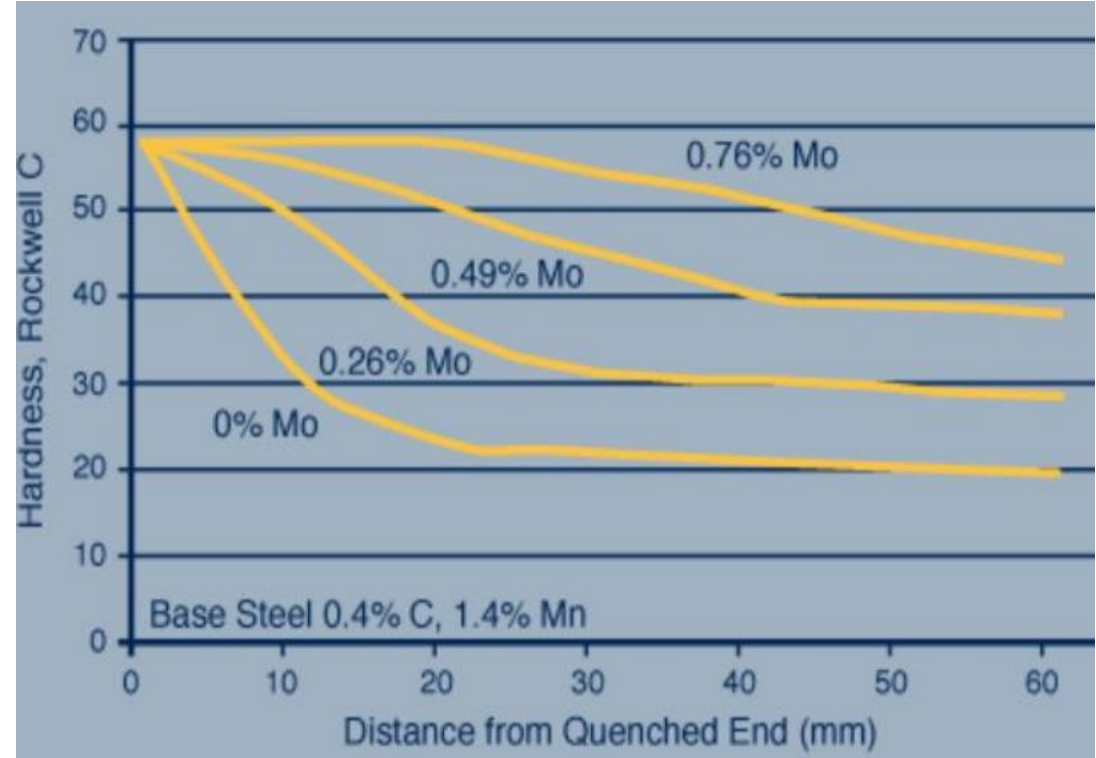
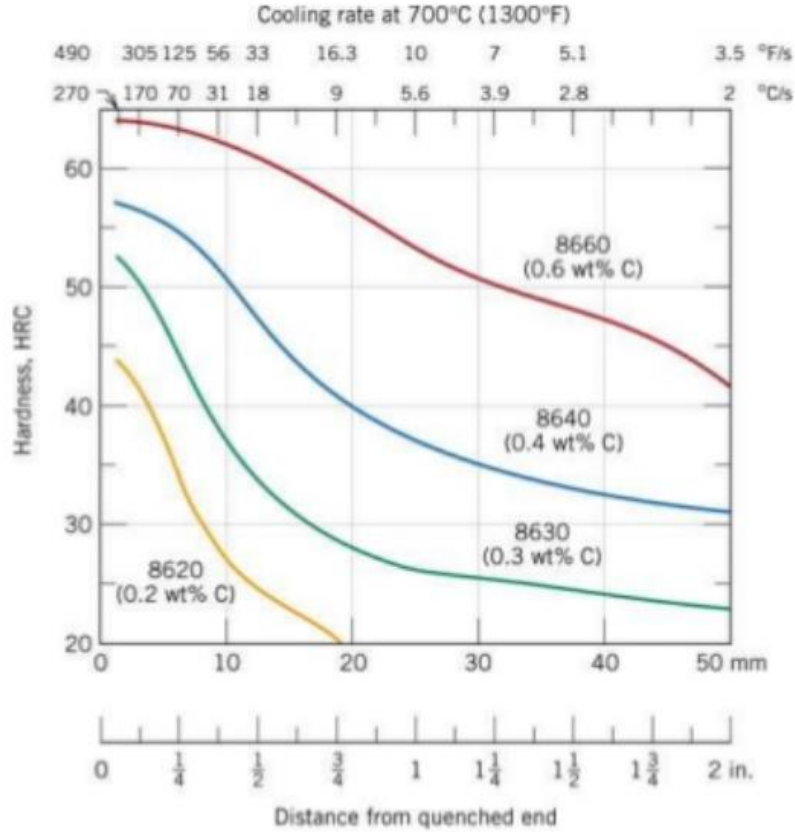
Alından su verince malzemenin alından farklı mesafelerinde farklı soğuma hızları ortaya çıkacak ve bunun sonucunda Fe-C denge diyagramında olmayan beynit, martenzit gibi yapıları da içeren Zaman Sıcaklık Dönüşüm (TTT) diyagramlarındaki iç yapılar ve bu iç yapılara bağlı sertlik değerleri ortaya çıkacaktır.

# Zaman Sıcaklık Dönüşüm Diyagramları – Alından Su Verme İlişkisi



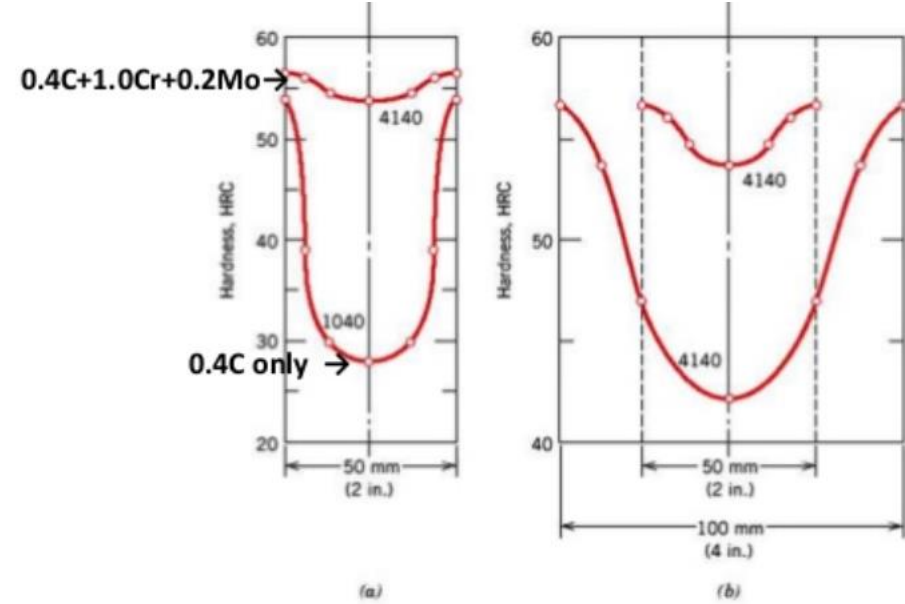
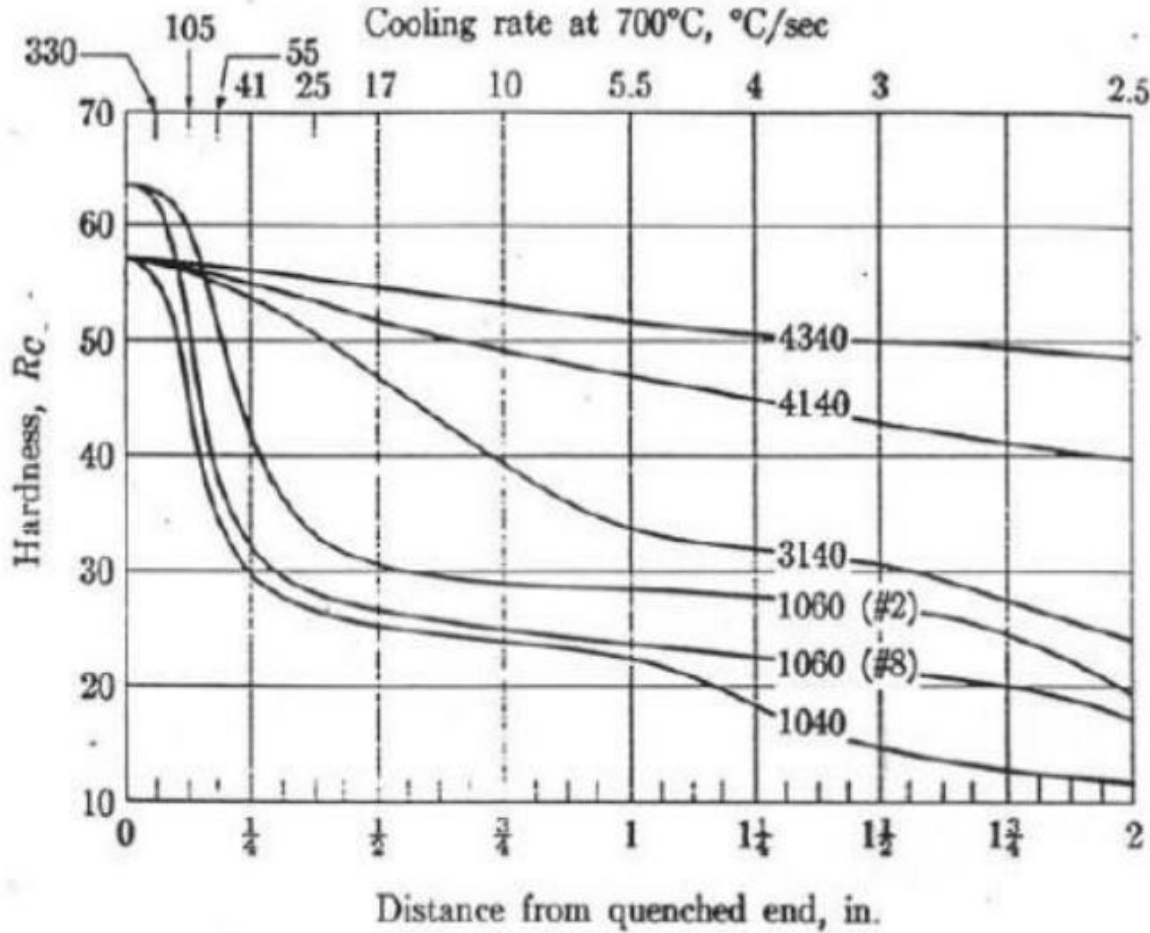
Aynı karbon oranına sahip dört farklı çeliğin C40 (AISI 1040), 41Cr4 (5140), 42CrMo4 (4140) ve 34CrNiMo6 (4340) zaman sıcaklık dönüşüm diyagramlarına bakıldığında alaşım elementlerinin artmasıyla dönüşüm eğrilerinin sağa doğru kaydığı görülmektedir. Bu durum alaşım elementi miktarının artmasıyla daha yavaş soğuma hızlarında bile çelik iç yapısında daha yüksek sertliklerde iç yapı elde edilebileceği, çeliğin daha derinliğine sertleşebileceği anlamına gelmektedir.

# Karbon ve Molibden Miktarının Derinliğine Sertleşebilirliğe Etkisi



Farklı Karbon ve Molibden oranlarının derinliğine sertleşmeye etkisine bakıldığında artan C ve Mo oranıyla derinliğine sertleşme kabiliyetinin arttığı görülmektedir.

# Farklı Çeliklerin Derinliğine Sertlik Sonuçları



Üstte solda bulunan kıyaslama da her ikisi de 50 mm çapına sahip 42CrMo4 ve C40 çeliğine yapılan alından su verme işleminde 42CrMo4'ün derinliğine sertleşme kabiliyetinin çok daha iyi olduğu görülmektedir. Üst sağda ise 50 ve 100 mm çaplarındaki 42CrMo4 çeliğine su verildiğinde derinliğine sertliğin oldukça düştüğü görülmektedir.

# 10083-2:2006'e göre C40 (AISI 1040) ve 42CrMo4 (AISI 4140) çelikleri için verilen Jominy Alından Su Verme Deney Sonuçları

| Steel designation |        | Symbol | Limits of range | Distance in mm from quenched end |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------|--------|--------|-----------------|----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Name              | Number |        |                 | Hardness in HRC                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                   |        |        |                 | 1                                | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 13 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| C40E              | 1.1186 | +H     | max.            | 60                               | 60 | 59 | 57 | 53 | 47 | 39 | 34 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | -  | -  | -  |
| C40R              | 1.1189 |        | min.            | 51                               | 46 | 35 | 27 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | -  | -  | -  | -  | -  | -  |

| Steel designation |        | Symbol | Limits of range | Distance in mm from quenched end |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------|--------|--------|-----------------|----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Name              | Number |        |                 | HRC Hardness                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                   |        |        |                 | 1,5                              | 3  | 5  | 7  | 9  | 11 | 13 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| 42CrMo4           | 1.7225 | +HH    | max.            | 61                               | 61 | 61 | 60 | 60 | 59 | 59 | 58 | 56 | 53 | 51 | 48 | 47 | 46 | 45 |
|                   |        |        | min.            | 56                               | 56 | 55 | 54 | 52 | 48 | 46 | 44 | 41 | 39 | 38 | 36 | 36 | 35 | 34 |
| 42CrMoS4          | 1.7227 | +HL    | max.            | 58                               | 58 | 58 | 57 | 56 | 54 | 53 | 51 | 49 | 46 | 44 | 42 | 41 | 40 | 40 |
|                   |        |        | min.            | 53                               | 53 | 52 | 51 | 49 | 43 | 40 | 37 | 34 | 32 | 31 | 30 | 30 | 29 | 29 |

**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**Laboratuvar II**

**DENEY RAPORU**

---

**Öğr. No** : **Tarih** :

**Öğr. Adı** : **Deney Grubu:**

**Öğr. Soyadı** : **İmza** :

**DeneyAdı** : **Jominy (Alından Su Verme) Deneyi**

---

**Deneyin Amacı:**

**Deneyde Kullanılan Cihazlar ve Deneyin Yapılışı:**

**Fiziksel Veriler ve Parametreler:**

**Sonuç ve Değerlendirme:**