

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**36CrB4 ve 42CrMo4 ÇELİKLERDE ISIL İŞLEMİN MEKANİK
ÖZELLİKLERE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Önder DOKUZLAR

**Danışman
Prof. Dr. Adnan ÇALIK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2018**



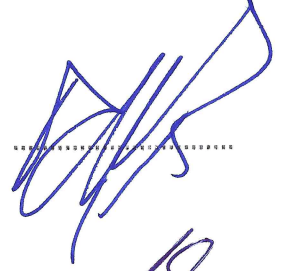
© 2018 [Önder DOKUZLAR]

TEZ ONAYI

Önder DOKUZLAR tarafından hazırlanan "**36CrB4 ve 42CrMo4 Çeliklerde Isıl İşlemin Mekanik Özelliklere Etkisinin Araştırılması**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMINDA** başarı ile savunulmuştur.

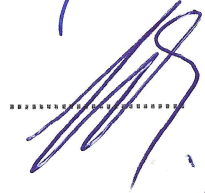
Danışman

Prof. Dr. Adnan ÇALIK
Süleyman Demirel Üniversitesi



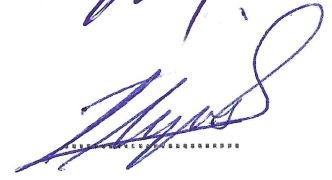
Jüri Üyesi

Prof. Dr. Nazım UÇAR
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. İlyas SOMUNKIRAN
Fırat Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yasin TUNCER



TAAHHÜTNAME

Bu tez çalışmasının akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Önder DOKUZLAR



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. ÇELİKLER.....	7
3.1. Çeliğin Tanımı	7
3.2. Çeliklerin Sınıflandırılması.....	7
3.2.1. Kütle çelikleri	8
3.2.2. Sade karbonlu çelikler (Alaşım-sız çelikler).....	8
3.2.3. Kalite çelikleri	9
3.2.4. Asal çelikler.....	9
3.2.5. Alaşım-lı çelikler.....	9
3.2.6. Otomat çelikleri.....	9
3.3. Alaşım Elementlerinin Çelik Yapısına Etkisi.....	9
3.4. Çeliklerin Isıl İşlemleri.....	11
3.4.1. Isıl işlem nedir?	11
3.4.2. Çeliklere neden ısı-l işlem uygulanır?	13
3.4.3. Çeliklerin ısı-l işleminde dikat edilmesi gereken hususlar	14
3.4.4. Çeliklere uygulanan ısı-l işlem yöntemleri.....	14
3.4.4.1. Tavlama.....	14
3.4.4.2. Yumuşatma tavlama-sı	15
3.4.4.3. Gerilim giderme tavlama-ması	15
3.4.4.4. Yeniden kristalleştirme tavlama-ması.....	15
3.4.4.5. Normalleştirme tavlama-sı	16
3.4.4.6. Sertleştirme	16
3.4.4.7. Islah etme	16
3.4.4.8. Su verme	16
3.4.4.9. Menevişleme	17
3.4.4.10. Sementasyon	17
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	19
4.1. 42CrMo4 ve 36CrB4 Çeliğinin Mekanik Değerlerinin İncelenmesi	19
4.2. Kesme Prosesi.....	21
4.3. Markalama.....	22
4.4. Kimyasal Analiz.....	23
4.5. Numunelere Isıl İşlem Uygulaması.....	25
4.6. Karakterizasyon Çalışmaları	28
4.6.1. Metalografik inceleme	28
4.6.2. Bakalite alma	28
4.6.3. Zımparalama ve parlatma	29
4.6.4. Dağlama	30
4.6.5. Mikro sertlik ölçümü	30

4.6.6. Mikroyapı incelemesi	32
4.6.7. Çekme testi numunesi hazırlama	35
4.6.8. Çekme testi	36
4.6.9. Frezeleme ve çentik açma	38
4.6.10. Çentik darbe testi	39
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	43
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ.....	66



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

36CrB4 ve 42CrMo4 ÇELİKLERDE ISIL İŞLEMİN MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Önder DOKUZLAR

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Adnan ÇALIK

36CrB4 ve DIN 42CrMo4 (AISI 4140) çelikleri düşük alaşımlı çelikler olup otomobil krank mili, aks mili ve kovanı, yivli mil ve benzeri aksamalarda kullanılmaktadır. Düşük alaşımlı çelikler genellikle soğuk dövme işlemi için tercih edilmektedirler. Mukavemet değerleri yanında tokluğunda yüksek olması istenir. Özellikle DIN 42CrMo4 otomotiv endüstrisinde yaygın kullanım alanına sahiptir. Bu çalışmada bu iki malzeme farklı sıcaklıklarda menevişleme (temperleme) işlemine tabi tutularak, optimum ısı işlem sıcaklığı belirlendi. Menevişlenmiş malzemelerden hazırlanan numuneler çekilerek mekanik özellikleri bulundu. Ayrıca her bir numunenin sertlik değerleri HV değeri cinsinden ölçülerek iki malzeme detaylı olarak karşılaştırıldı. Sonuç olarak menevişleme sıcaklığının değiştirilmesi ile 36CrB4 malzemesinin 42CrMo4 malzemesinin mekanik özelliklerine sahip olabileceği tespit edildi. 42CrMo4 malzemesinin yerine 36CrB4 malzemesinin kullanılması halinde maliyet açısından tasarruf sağlanacağı ve malzeme kullanımındaki farklılıkların ortadan kalkacağı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: 36CrB4 Çeliği, 42CrMo4 Çeliği , Temperleme, Sertleştirme

2018, 66 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATIONS OF THE EFFECT HEAT TREATMENT ON MATERIAL PROPERTIES OF 36CrB4 and 42CrMo4 STEELS

Önder DOKUZLAR

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Manufacturing Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Adnan ÇALIK

The 36CrB4 and DIN 42CrMo4 (AISI 4140) steels are low alloy steels and are used in automobile crankshafts, axle shafts and sleeves, grooved shafts and similar components. Low alloy steels are generally preferred for cold forging. It is wanted that strength values with high toughness. In particular, DIN 42CrMo4 has a widespread usage in the automotive industry. In this study, these two materials were subjected to tempering at different temperatures to determine the optimum tempering temperature. The tensile tests were applied to tempered samples in order to determine mechanical properties. Also, the hardness values of each sample were measured in terms of HV values and the two materials were compared in detail. As a result, it was determined that the 36CrB4 material could have the mechanical properties of 42CrMo4 material by changing the tempering temperature. Its confirm that usage of 36CrB4 instead of 42CRM04 material will be possible to provide savings in costs, and the differences in the usage of the materials will be eliminated.

Key Words: 36CrB4 Steel, 42CrMo4 Steel, Tempering, Hardening

2018, 66 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile maddi ve manevi yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Adnan ÇALIK'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin imalat aşamasındaki desteklerinde dolayı Berdan Cıvata şirketine, Berdan Cıvata Isıl İşlem Bölümü ve Labaratuvar çalışanlarına teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Önder DOKUZLAR
ISPARTA, 2018



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Isıl işlemde genel olarak işlem prosesi	11
Şekil 3.2. Fe-C denge diyagramı	12
Şekil 4.1. Kesilmiş numunelerin.....	22
Şekil 4.2. Deneyde kullanılan markalama presi.....	23
Şekil 4.3. Deneyde kullanılan SOLARIS marka spektrometre cihazı	24
Şekil 4.4. Isıl işlem hattı.....	25
Şekil 4.5. Deneyde kullanılan ECOPRESS marka bakalit cihazı.....	28
Şekil 4.6. Bakalite alınmış numuneler	29
Şekil 4.7. Deneyde kullanılan METKON marka zımparalama ve parlatma cihazı.....	29
Şekil 4.8. Dağlanmış numune	30
Şekil 4.9. Deneyde kullanılan MITUTOYO marka mikro sertlik ölçüm cihazı	31
Şekil 4.10. 42CrMo4 çeliğine ait 10.9 kalite sertlik (HV) izleri.....	31
Şekil 4.11. 36CrB4 çeliğine ait 10.9 kalite sertlik (HV) izleri.....	31
Şekil 4.12. Deneyde kullanılan ZEISS marka optik mikroskop	32
Şekil 4.13. Isıl işlem uygulanmamış 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin mikroyapısı	33
Şekil 4.14. 500 °C'de 90 dak. ön ısıtma işlemi uygulanmış 42CrMo4..... ve 36CrB4 çeliğinin mikroyapısı	33
Şekil 4.15. 860 °C'de 120 dak. tavlama işlemi uygulanmış 42CrMo4..... ve 36CrB4 çeliğinin mikroyapısı	34
Şekil 4.16. Meneviş işlemi uygulanmış 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin mikroyapısı	35
Şekil 4.17. TS EN ISO 10002-1'e göre hazırlanan numunenin boyutları	36
Şekil 4.18. Çekme çubuğu numunesi	36
Şekil 4.19. Deneyde kullanılan BAZ marka makine çekme cihazı..... (60 Tonluk.....)	37
Şekil 4.20. Deneyde kullanılan NICON marka stereo mikroskop.....	37
Şekil 4.21. 36CrB4 ve 42CrMo4 çeliğinin çekme testi numunesi kopan..... yüzeylerin karşılaştırılması.....	38
Şekil 4.22. Deneyde kullanılan çentik açma makinası.....	39
Şekil 4.23. Çentik darbe test numunesi	39
Şekil 4.24. Bir darbe deneyinin şematik olarak gösterimi.....	40
Şekil 4.25. Deneyde kullanılan ALŞA marka çentik darbe test cihazı.....	41
Şekil 4.26. 36CrB4 ve 42CrMo4 çeliğinin çentik darbe testi numunesi..... kırık yüzeylerin karşılaştırılması.....	42
Şekil 5.1. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin meneviş sıcaklığına bağlı olarak çekme kuvvetlerinin karşılaştırılması	49
Şekil 5.2. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin meneviş sıcaklığına bağlı olarak kopma mukavemetlerinin karşılaştırılması	49
Şekil 5.3. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin meneviş sıcaklığına bağlı olarak akma mukavemetlerinin karşılaştırılması	50
Şekil 5.4. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin meneviş sıcaklığına bağlı olarak kopma uzamalarının karşılaştırılması	50

Şekil 5.5. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin meneviş sıcaklığına bağlı olarak kesit daralmalarının karşılaştırılması	51
Şekil 5.6. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin meneviş sıcaklığına bağlı olarak mikro sertlik değerlerinin karşılaştırılması	51
Şekil 5.7. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin meneviş sıcaklığına bağlı olarak Çentik darbe değerlerinin karşılaştırılması	52
Şekil 5.8. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin aynı meneviş sıcaklığına bağlı.... olarak kopma mukavemetlerinin karşılaştırılması	52
Şekil 5.9. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin aynı meneviş sıcaklığına bağlı.... olarak akma mukavemetlerinin karşılaştırılması	53
Şekil 5.10. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin aynı meneviş sıcaklığına bağlı... olarak mikro sertlik değerlerinin karşılaştırılması	53
Şekil 5.11. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin akma, kopma ve mikro sertlik..... Değerlerinin karşılaştırma grafiği.....	54
Şekil 5.12. 550 °C'de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin ısı işlem diyagramı.....	55
Şekil 5.13. 555 °C'de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin ısı işlem diyagramı.....	55
Şekil 5.14. 560 °C'de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin ısı işlem diyagramı.....	55
Şekil 5.15. 565 °C'de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin ısı işlem diyagramı.....	56
Şekil 5.16. 570 °C'de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin ısı işlem diyagramı.....	56
Şekil 5.17. 485 °C'de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin ısı işlem diyagramı.....	56
Şekil 5.18. 490 °C'de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin ısı işlem diyagramı.....	57
Şekil 5.19. 500 °C'de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin ısı işlem diyagramı.....	57
Şekil 5.20. 510 °C'de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin ısı işlem diyagramı.....	57
Şekil 5.21. 520 °C'de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin ısı işlem diyagramı.....	58
Şekil 5.22. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin karşılaştırılmalı ısı işlem diyagramı.....	58
Şekil 5.23. 42CrMo4 ile 36CrB4 çeliğinin fiyat kıyaslaması	60
Şekil 5.24. 41Cr4 ve 42CrMo4 çeliklerinin temperleme sıcaklığına bağlı..... olarak alt akma sınırı değerlerinin karşılaştırılması	61
Şekil 5.25. 41Cr4 ve 42CrMo4 çeliklerinin temperleme sıcaklığına bağlı..... olarak üst akma sınırı değerlerinin karşılaştırılması	61
Şekil 5.26. 41Cr4 ve 42CrMo4 çeliklerinin temperleme sıcaklığına bağlı..... olarak kopma uzaması değerlerinin karşılaştırılması	62
Şekil 5.27. 41Cr4 ve 42CrMo4 çeliklerinin temperleme sıcaklığına bağlı..... olarak sertlik değerlerinin karşılaştırılması	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Sade karbonlu çeliklerin bileşimindeki alaşım elementlerinin üst sınırları.....	8
Çizelge 3.2. Çeliklerin alaşımlı sayılabilmesi için içerebilecekleri element miktarlarının alt sınır değerleri.....	10
Çizelge 4.1. 42CrMo4 çeliğinin mekanik değerleri.....	19
Çizelge 4.2. 36CrB4 çeliğinin mekanik değerleri.....	20
Çizelge 4.3. Deney proses aşamaları	21
Çizelge 4.4. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin standartları	21
Çizelge 4.5. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin kimyasal bileşimleri	23
Çizelge 4.6. Numunelerin kimyasal bileşimleri (%).....	24
Çizelge 4.7. 42CrMo4 çeliğinin 10.9 kaliteye göre ısıtım işlem yöntemi ve parametreleri.....	26
Çizelge 4.8. 36CrB4 çeliğinin 10.9 kaliteye göre ısıtım işlem yöntemi ve parametreleri.....	27
Çizelge 5.1. 10.9 Kalite çeliğin mekanik değerleri	43
Çizelge 5.2. 550 °C'de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin mekanik değerleri	44
Çizelge 5.3. 555 °C'de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin mekanik değerleri	44
Çizelge 5.4. 560 °C'de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin mekanik değerleri	45
Çizelge 5.5. 565 °C'de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin mekanik değerleri	45
Çizelge 5.6. 555 °C'de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin mekanik değerleri	46
Çizelge 5.7. 485 °C'de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin mekanik değerleri...	46
Çizelge 5.8. 490 °C'de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin mekanik değerleri...	47
Çizelge 5.9. 500 °C'de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin mekanik değerleri...	47
Çizelge 5.10. 510 °C'de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin mekanik değerleri	48
Çizelge 5.11. 520 °C'de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin mekanik değerleri	48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	% Uzama
AISI	American Iron and Steel Institute
B	Bor
C	Karbon
Cr	Krom
Cu	Bakır
DIN	Deutsches Institut Für Normung
EDS	Energy Dispersive Spectrometry
EDX	Energy Dispersive X-Ray Analysis
EN	European Standards
Fe	Demir
H	Vickers sertlik değeri
J	Joule
KV	Çentik değeri
Mn	Mangan
Mo	Molibden
MPa	Megapascal
Re	Kopma Mukavemeti
Rm	Akma Mukavemeti
P	Fosfor
S	Kükürt
SAE	Society of Automotive Engineers
SEM	Scanning Electron Microscopy
Si	Silisyum
XRD	X-ray Powder Diffraction
Z	% Kesit daralması
α	Östenit
γ	Ferrit
δ	Ferrir

1. GİRİŞ

36CrB4 ve DIN 42CrMo4 (AISI 4140) çelikleri düşük alaşımlı çelikler olup bağlantı elemanları, otomobil krank mili, aks mili ve kovani, yivli mil ve benzeri aksamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Düşük alaşımlı çelikler genellikle soğuk dövme işlemi için tercih edilmektedir. Mukavemet değerleri yanında tokluğun da yüksek olması istenir. Özellikle DIN 42CrMo4 otomotiv endüstrisinde yaygın kullanım alanına sahiptir.

42CrMo4 çeliğinin mekanik özellikleri 36CrB4 çeliğinden daha üstündür. Bu özelliklerinden dolayı yüksek mukavemet gerektiren yerlerde tercih edilmektedir. Ayrıca bu malzemenin yorulma dayanımı da yüksektir (Chuang vd., 1998). Krom, çeliklere korozyon ve oksidasyon direncini, sertleşebilirliği ve yüksek sıcaklık mukavemetini artırmak için katılır.

Krom, karbür oluşturunca element olduğundan takım çeliklerinde karbon ile birlikte aşınma direncini artırırken, yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılan çeliklerde, sürtünme direncini artırır (Çelik ve Gavgalı, 1998). Molibden, mukavemet, sertlik, aşınma direnci ve tokluğu artırırken, temper gevrekliğini azaltır. Az miktarda molibden ilavesi ile kalın parçalarda üniform sertlik ve mukavemet artışı sağlanır (Epik vd., 2002).

Molibden alaşımlı çelikler, kalsit ve kuars gibi malzemelerin aşındırıcı etkilerine dayanması istenen öğütücü toprak ve dalma dişleri gibi kazı endüstrisi aletlerinde geniş bir kullanıma sahiptirler (Epik vd., 2002). Düşük sıcaklık koşullarında avantaj sağlayan molibden, krom ve krom-nikelli çeliklere ilave edildiğinde çukurcuk korozyonuna karşı direnci artırır (Ceyhan ve Çiftçi, 2002). Temperleme sırasında oluşan, temper gevrekliğini önlemek için çeliğe %0.15-0.5 molibden ilavesi etkili bir yoldur. Bu iki malzeme ekonomik açıdan karşılaştırıldığında fiyatlar malzeme çaplarına göre değişmekle beraber, 42CrMo4 malzemesi daha pahalıdır (Demirezen vd., 2006).

Maliyet açısından DIN 42CrMo4 daha pahalı olmasına rağmen mekanik özellikler açısından tercih sebebidir. Bu çalışmayla ısıtma işlemi 36CrB4 ve DIN 42CrMo4 malzemeleri farklı sıcaklıklarda menevişlenerek menevişleme sonucunda elde edilen mekanik özellikler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak menevişleme sıcaklığının ve süresinin değiştirilmesi ile 36CrB4 malzemesinin 42CrMo4 malzemesinin mekanik özelliklerine sahip olabileceği tespit edilmiştir. 42CrMo4 malzemesinin yerine 36CrB4 malzemesinin kullanılması halinde maliyet açısından tasarruf sağlanacağı ve malzeme kullanımındaki farklılıkların ortadan kalkacağı tespit edilmiştir.

Bu çalışma daha çok bağlantı elemanlarına uygun olarak yapılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Serhan Açay (2017), Bu çalışmada, 1.7225 (42CrMo4) türü ıslah çeliğine derin delik delme işlemi uygulanmıştır. Delme işlemi sensörlü takım tutucu yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Delme işlemi yapan takımın delme işlemi esnasında maruz kaldığı kuvvetler ölçülerek kesme hızı, ilerleme değeri ve kesme kenar hazırlama işlemlerinin kesme kuvvetine olan etkisi incelenmiştir. Deney sonucunda takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü de incelenmiştir. En uzun takım ömrü sağlayan delme parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Deney tasarımı MiniTab Taguchli L12 dikey dizinine göre yapılmış ve ANOVA ile değişkenlerin kesme kuvveti üzerindeki etkisini belirlemek suretiyle optimum kesme parametreleri belirlenmiştir. Deney sonucunda ilerleme değerinin kesme kuvveti üzerinde en etkili parametre olduğu gözlenmiştir.

Mehmet Tuncay Kaya (2016), SAE 4140 çeliğinin bileşik gerilme etkisi altında yorulma davranışını incelemiştir. Dört farklı talaşlı üretim yöntemi ile numuneler üretilerek, üretim yönteminin yorulma deneyi üzerine etkilerini araştırmıştır. En iyi numune üretim yönteminin CNC tornada iki ayna arasında numunenin işlenmesi olduğu anlaşılmıştır. Makine kalibrasyonu için, teorik hesaplamalar yapılmış ve üretilen deney numuneleri ile bileşik gerilmeli yorulma test cihazında kalibrasyon testleri yapılmıştır. Test ve hesaplama sonuçları uyuşana kadar test ve ayarlamalar devam etmiştir. Kalibrasyonu tamamlanan dönel eğmeli yorulma makinesinde bileşik gerilmesi etkisi altında(eğme+çekme, eğme +basma) malzemenin yorulma davranışı incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda elde edilen verilerle malzemeye ait Wöhler yorulma diyagramları, Goodman Master ve Gerber Master diyagramları oluşturulmuştur. Elde edilen veriler incelendiğinde çekme gerilmesinin yorulma dayanımını düşürdüğü, basma gerilmesinin ise yorulma dayanımını arttırdığı gözlemlenmiştir.

Ethem Kesti (2009), Bu çalışmada Ç-4140 çeliğin su verme ortamı ve farklı temperleme sıcaklıkları sonucunda malzemedeki değişimler deneysel olarak incelenmiştir. Bunun için, çekme, darbe ve metalografik deney numuneleri

hazırlandı. Hazırlanan bu deney numuneleri 4 grupta toplandı. Bunlar hiçbir ısıtıl işlem görmeyecek olan deney numuneleri, sadece normalizasyon ısıtıl işlemine tabi tutulacak deney numuneleri, sadece sertleştirme işlemine tabi tutulacak numuneler ve sertleştirme sonrasında temperleme işlemlerine tabi tutulacak olan deney numuneleridir.

Yapılan ısıtıl işlemler sonucunda bu numuneler TS 138 EN 10002-1/2004'e göre çekme, TS EN 10045-1/1999'e göre de darbe deneyine tabi tutulmuş ve mikro yapıları irdelenmiştir. Bunun sonucunda su verme ortamına göre ve farklı temperleme sıcaklıklarına göre Ç-4140 çeliğinin mekanik ve mikroyapı özellikleri tespit edilmiştir. Aynı su verme ortamları için farklı temperleme sıcaklıkları sonuçları arasındaki farkları ile farklı su verme ortamlarının aynı temperleme işlemleri sonundaki farkları incelenmiştir.

Karagöz İ. (2007), "Sementasyon çeliklerinde difüzyon ve sertlik derinliğini arttıracak ısıtıl işlem koşullarının belirlenmesi adlı" bir yüksek lisans tez çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada çelik kavramı üzerinde durulmuş, sementasyon çeliklerinin sınıflandırılması yapılmış, semente çeliklerine uygulanan ısıtıl işlemler, sertlik derinliğine etki eden faktörler, difüzyon ve difüzyon olayına etki eden faktörler ile alaşım elementlerinin sertlik ve difüzyona olan etkileri incelenmiştir.

Ulutan M. (2007), çalışmasında yüksek mukavemetli düşük alaşımlı AISI 4140 çeliğine, üç farklı yüzey işlemi uygulayarak, mikroyapıda oluşacak değişimlerin malzemenin sertliğine ve aşınma davranışları üzerine etkilerini araştırmıştır. Mikroyapı incelemelerinde optik mikroskop, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve noktasal analiz teknikleri (EDS, EDX) ile birlikte X-ışını difraksiyonu (XRD) tekniklerinden yararlanılmıştır. AISI 4140 deney numunelerine sertleştirme sonrası; 350, 450, 550 ve 650 oC'de dört farklı sıcaklıktada temperleme işlemi yapılmış olup mikroyapıları incelenmiştir.

Demirezen M., Bayrak M., Öztürk F. (2006), araştırmalarında otomotiv rot endüstrisinde yaygın olarak kullanılan DIN 41Cr4 ve DIN 42CrMo4 eliklerini incelemişlerdir. Maliyet açısından DIN 42CrMo4 daha pahalı olmasına rağmen mekanik özellikler açısından tercih sebebidir. Bu çalışmada ısıl işlemle DIN 41Cr4 ve DIN 42CrMo4 malzemeleri farklı sıcaklıklarda temperlenmiş olup, Temperleme sonucunda elde edilen mekanik özellikler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak temperleme sıcaklığının değiştirilmesi ile 41Cr4 malzemesinin 42CrMo4 malzemesinin mekanik özelliklerine sahip olabileceği tespit edilip. 42CrMo4 malzemesinin yerine 41Cr4 malzemesinin kullanılması halinde maliyet açısından tasarruf sağlanacağı ve malzeme kullanımındaki farklılıkların ortadan kalkacağı tespit edilmiştir.

Sinan Köksal N., Uzkut M. Ve Sadık nl B. (2004), “Farklı Karbon İçerikli eliklerin Mekanik zelliklerinin Isıl İşlemle Değişimi” adlı bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmalarında, farklı karbon oranlarındaki çeliklere, su verme işleminin ardından 100, 200, 400 ve 600°C sıcaklıklarda temperleme işlemi uygulanmış ve malzemelerin mekanik özelliklerinin değişimi araştırılmıştır.

Çökelek M. (2001), “İslah eliklerinde, Isıl İşlem Parametrelerinin Yorulma Limitine Etkisi” adlı çalışmasında, su verme işlemleri neticesinde çekme ve akma değerlerine göre yorulma numuneleri dönen eğmeli yorulma deneyine tabi tutulmuşlardır. Malzemelerin yorulma ömrü açısından en uygun ısıl işlem parametreleri belirlenerek malzeme israfını önlemek amaçlanmıştır

Uzkut M. ve zdemir İ. (2001), “Farklı eliklere Uygulanan Değişen Isıtma Hızlarının Mekanik zelliklere Etkisinin İncelenmesi” zerine bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada 1020 (düşük karbonlu), 1040 (orta karbonlu) ve 4140 (düşük alaşımlı) elikleri ostenit bölgesine kadar ısıtarak havada soğutmuşlardır. Uygulanan yavaş, orta ve hızlı ısıtma hızlarının bu çeliklerin mekanik özelliklerine olan etkileri incelenmiştir.

Turhan E. (2001), “İslah eliklerinde, Isıl İşlem Parametrelerinin Aşınma Davranışına Etkisi” adlı çalışmasında, 42CrMo4 İslah eliğinin abrasiv aşınma

davranışını incelemiştir. Aşınmaya çalışan uygulamalarda 42CrMo4 ıslah çeliğinin aşınma dayanımına ısıtıl işlem parametrelerinin etkisi bu tezde incelenmiştir. 850°C ve 900°C de 10 dakika süreyle su verilen 42CrMo4 çeliği 250°C, 500°C ve 650°C de 60 dakika süreyle temperlenmişlerdir.

Tayanç M. ve Zeytin G. (2000), “Yüksek Hız Çeliklerinin İç Yapı Ve Isıl İşlem Özellikleri” isimli çalışmalarında hız çeliklerinin çeşitlerini, kullanım alanlarını, kesici takım malzemesi olarak istenen özellikleri, bu özellikleri sağlamak için gerekli bileşim ve uygulanan ısıtıl işlemleri incelemişlerdir.



3. ÇELİKLER

3.1. Çeliğin Tanımı

Çelik, bir Fe ve C alaşımıdır. Yapısında C 'dan başka farklı oranlarda alaşım elementleri ve empürite elementler bulunur. Çeliğe farklı özellikler kazandıran içerdiği elementlerin kimyasal bileşimi ve çeliğin içyapısıdır. Çeliğe değişik oranlarda alaşım elementleri katılabileceği gibi, çeşitli işlemler (ıslah, normalizasyon vb.) ile içyapı da kontrol edilerek kullanım amacına göre değişik özelliklerde çelik elde edilir (Hascometal, 2017).

Çelik ile demir arasında çok az bir fark vardır. Saf demir bir bakır kadar yumuşaktır. Onun içine yüzde 2'ye kadar karbon katılması ile inanılmaz bir mukavemet, sertlik ve mekanik özellikler elde edilir ki, adı artık çeliktir. Demirin bol olması, kolay ve ucuz elde edilmesi nedeniyle çeliğin de kullanımı çok yaygındır.

3.2. Çeliklerin Sınıflandırılması

Çelikleri çeşitli bakımlardan sınıflandırmak mümkündür. Ancak genellikle çelikler alaşımsız (sade karbonlu) ve alaşımlı olmak üzere iki ayrı gruba ayrılabilir. Alaşımsız çelikler demir, karbon ve mangandan oluşmuşlardır. Bunların yanı sıra az miktarda silisyum, fosfor ve kükürt gibi elementler bulunsa da bunlar çeliğin esasını meydana getirmezler. Alaşımlı çelikler karbon ve manganın dışında, çeliğin özelliklerini değiştirecek miktarda, nikel, krom, vanadyum, molibden ve wolfram gibi elementleri bünyelerinde bulundurlar (Akçil, 2006).

TS 1111 (DIN 17 007)'e göre çelikler altı gruba ayrılmıştır. Bunlar:

3.2.1. Kütle çelikleri

Genel maksatlar için kullanılan, çekme mukavemeti ile tanımlanan, bileşimi esas alınmayan ve genellikle içindeki fosfor (P) ve kükürt (S) miktarları % 0.05'den daha fazla olan çeliklerdir (Tekin, 1984).

3.2.2. Sade karbonlu çelikler (Alaşımsız çelikler)

Bileşiminde karbondan başka genellikle aşağıda belirtilen üst sınırları aşmayan elementler (bunlar çelik imalinde teknolojik ve ekonomik zorunluluklar sebebiyle katılması gereken veya giderilmesi mümkün olmayan elementlerdir) bulunan ve içinde özel maksatlarla başka elementler bulunmayan çeliklerdir (Tekin, 1984).

Alaşımsız çelikler yapılarındaki karbon oranlarına göre 3 kısma ayrılırlar.

- Düşük karbonlu çelikler : %0.05 – 0.30 karbon içerir.
- Orta karbonlu çelikler : %0.30 – 0.80 karbon içerir.
- Yüksek karbonlu çelikler : %0.80 – 1.70 karbon içerir.

Çizelge 3.1. Sade karbonlu çeliklerin bileşimindeki alaşım elementlerinin üst sınırları

Elementler	Oran (%)
Silisyum	0.50
Mangan	0.85
Alüminyum	0.10
Bakır	0.25
Fosfor	0.09
Kükürt	0.06

3.2.3. Kalite çelikleri

Kimyasal bileşimi ile beraber mekanik özellikleri esas alınan ve içinde genellikle fosfor ve kükürt miktarlarının her biri % 0.050'den az olan (otomat çelikleri hariç), sıcak şekillendirildikten sonra gerektiğinde ısıtıl işlem uygulanabilen çeliklerdir (Tekin, 1984).

3.2.4. Asal çelikler

Bileşiminde fosfor ve kükürt miktarları genellikle % 0.035 ve daha az olan ve istenen mekanik özellikleri ısıtıl işleminden sonra kazanan çeliklerdir. Kalite çelikleri, alaşımsız (sade karbonlu) ve az alaşımlı; asal çelikler ise, alaşımsız, az alaşımlı ve yüksek alaşımlı olabilirler (Tekin, 1984).

3.2.5. Alaşımlı çelikler

Bileşiminde sade karbonlu çeliklerde belirtilen oranları aşan veya özel maksatla bünyesinde diğer alaşım elementlerinden bir veya birden fazla bulunan çeliklerdir. Bileşimindeki alaşım elementlerinin toplamı %5'i geçmeyen çelikler az alaşımlı, %5'i aşan çelikler yüksek alaşımlı çeliklerdir (Tekin, 1984).

3.2.6. Otomat çelikleri

Talaş kaldırma işlemini kolaylaştırmak için, bileşimine fosfor, kurşun ve genellikle % 0.1 den daha çok kükürt katılan çeliklerdir. Hızlı talaş alma işlemlerinde talaşları kırar, işlenebilirliği kolaylaştırır, seri imalata uygun çeliklerdir (Tekin, 1984).

3.3. Alaşım Elementlerinin Çelik Yapısına Etkisi

Metal malzemelerde, belirli özellikleri elde etmek amacıyla önceden saptanmış miktarlarda bulunması zorunlu olan bileşenlere alaşım elementi, istenmediği halde üretimden kaynaklanan elementlere ise empürite ya da katışkı denir.

Çizelge 3.2 de çeliklerin alaşımlı sayılabilmesi için içermesi gereken minimum element yüzde ağırlıkları verilmiştir.

Çizelge 3.2. Çeliklerin alaşımlı sayılabilmesi için içerebilecekleri element miktarlarının alt sınır değerleri (EURO NORM 20-74)

Element	Alt Sınır (% Ağırlık)	Element	Alt Sınır (% Ağırlık)	Element	Alt Sınır (% Ağırlık)
Alüminyum	0.10	Mangan	1.60	Vanadyum	0.10
Bakır	0.40	Molibden	0.08	Volfram	0.10
Bor	0.0008	Nikel	0.30	Zirkonyum	0.05
Bizmut	0.10	Niyobyum	0.05	Diğerleri (Karbon, fosfor, kükürt, azot ve oksijen dışında)	0.05
Kobalt	0.10	Selenyum	0.10		
Krom	0.30	Silisyum	0.10		
Kurşun	0.40	Tellür	0.10		
Lantanitler	0.05	Titanyum	0.05		

Alaşım içeren çeliğin alaşım elementlerinin minimum ve maksimum sınır değerleri arasındaki fark çok az olup, alaşım elementi sayısı arttığında alınacak dökümlerde uygun olmayanların sayısı da artar. Alaşımla çelik ingot ve kütüklerinin gerek yüzey kısmında gerekse içinde meydana gelmesi olası çatlamların meydana gelmemesi için, özel kuyu ocaklarında yavaş yavaş soğutulur. Ayrıca haddeleme ve dövme proseslerinden önce son olarak hatalar giderilir. Bu nedenlerden dolayı alaşımlı çelik yapımı, karbonlu çeliklere göre daha zordur (Çelik, 2016).

Alaşım elementlerinin etkisiyle, başka hiçbir malzemenin özellikleri çeliklerdeki kadar geniş çapta değiştirilemez. Öte yandan çok sık örnekte karşılaşıldığı gibi bunların etkileri toplanabilir olmadığından, çok sayıda alaşım elementinin birlikte bulunması halinde, beklenen özellik değişimleri ancak genel çerçevede ele alınabilir ve bu konuda kesin bir yaklaşım yapılamaz (Çelik, 2016).

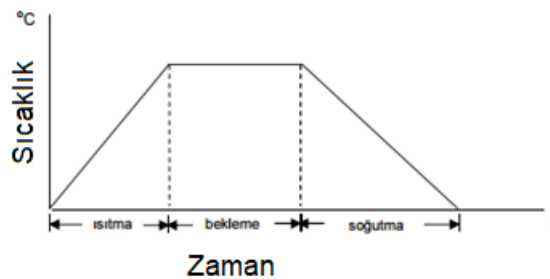
3.4. Çeliklerin Isıl İşlemleri

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte çeliklerin yaygın kullanımı ve buna bağlı olarak mekanik ve metalografik özelliklerinin iyileştirilmesinde, çeliğe uygulanan ısıl işlemler giderek önem kazanmaktadır (Metals Handbook, 1993).

Teknolojik yöntemlerle kazanılan bu özellikler, çeliğin ya da alaşımın, ısıl yöntemiyle istenilen düzeye getirilir. Bu işlem çeliğin yapımı kadar önemlidir. Isıl işlem yöntemi, çelikte olumlu en üstün koşulları sağlama tekniğidir. Genelde malzemenin en önemli özelliği olan mekanik özellikler gerek imalat sırasında işlem kolaylığı sağlamak için gerekse imalat sonrası kullanım yerinin gerektirdiği değerleri sağlamak için çeşitli işlemlerle değiştirilebilir (Uzkut ve Özdemir, 2001).

3.4.1. Isıl işlem nedir?

Katı hâldeki metal ve alaşımlarına kimyasal bileşimlerine göre belirli özellikler kazandırmak için uygulanan bir veya daha çok sayıda ısıtma (tavlama) ve soğutma işlemleridir. Isıl işlem, üç ana safhadan oluşur. Bunlar ısıtma, ısıtılan sıcaklıkta bekletme ve soğutma safhalarıdır (Şekil 1). Bütün ısıl işlem yöntemlerinde bu üç ana safha geçerlidir. Fakat uygulanan ısıl işlem türüne göre, ısıl işlem sıcaklığı, bekletme süresi, ısıtma ve tutma hızı gibi parametreler değiştirilir. Isıtma, bekletme ve soğutma safhalarına ısıl çevrim denir (Metals Handbook, 1993).

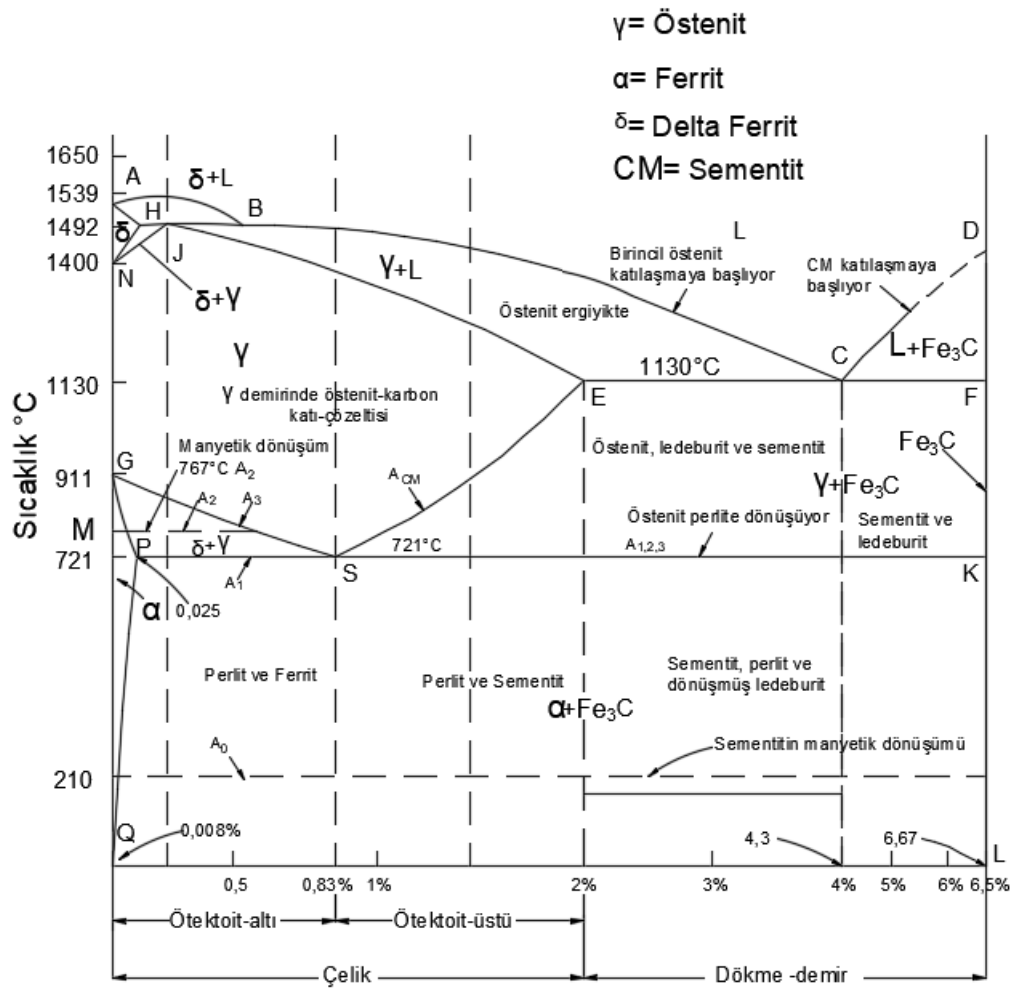


Şekil 3.1 Isıl işlemde genel olarak işlem prosesi (Metal Handbook, 1993)

Bekletme süresi yaklaşık olarak 1saat/inch'dir.

Çeliklere uygulanan bütün temel ısı işlemler östenit fazının dönüşümü ile ilgilidir. Dönüşüm ürünlerinin türü, bileşimi ve metalografik yapısı çeliğin fiziksel ve mekanik özelliklerini büyük ölçüde etkiler. Başka bir deyişle; bir çeliğin fiziksel ve mekanik özellikleri içerdiği dönüşüm ürünlerinin cinsine, miktarına ve metalografik yapısına bağlıdır (Topbaş, 1998).

Çeliklerin ısı işlemlerini anlayabilmek için Demir-Karbon denge diyagramının bilinmesi gerekir (Şekil 2).



Şekil 3.2. Fe-C denge diyagramı (Topbaş, 1998)

Demir-Karbon denge diyagramının % 2 C bileşimine kadar olan kısmı çelik kısmıdır. Belirli bir karbon bileşimine sahip bir çelikte elde edilmesi istenen

yapı, dolayısıyla çeliğin kazanacağı özellik, farklı ısı işlemler için çeliği Demir-Karbon diyagramının çelik kısmındaki farklı sıcaklık bölgelerine çıkarmak, belirli bir süre bekletmek ve uygun soğutma ortamında soğutmak suretiyle elde edilir.

3.4.2. Çeliklere neden ısı işlem uygulanır?

Çeliğin ısı işlemleri başlıca şu amaçlar için uygulanır:

- Demir karbon denge durumunu değiştirme
- Yapısındaki düzensizlik nedeni ile oluşan iç gerginlikleri giderme
- Talaş kaldırma işçiliğini kolaylaştırma
- Soğuk ve sıcak biçimlendirmeden dolayı oluşan yapı bozukluklarını ve gerginlikleri giderme
- Sertliğini ve dayanımını artırma
- Sert olan malzemeyi yumuşatma
- Kimyasal maddelere ve diğer dış etkenlere karşı dayanımı artırma
- Ani darbe ve titreşimlere karşı dayanımı artırma
- Elektrik iletimi ve manyetik özellikleri değiştirme
- Kimyasal bileşimini değiştirme
- İstenmeyen gazları uzaklaştırma
- Isıya ve korozyona karşı dayanımı artırma
- Kristal kafes yapısını değiştirme

Yukarıda sıralanan her amaç için farklı ısı işlemler uygulanmaktadır. Uygun ortam, sıcaklık ayarları, zaman ayarlaması, soğutma şekli ve süresi gibi faktörler her amaç için farklı uygulanır.

3.4.3. Çeliklerin ısıtılmasında dikkat edilmesi gereken hususlar

- Düzensiz yapıya ve iç gerginliğe sahip çeliklere sertleştirme işlemi uygulanırsa malzeme çarpılır ve çatlamalar meydana gelir. Ayrıca iyi bir sertleştirme işlemi için malzemenin ince taneli bir yapıya sahip olması gerekmektedir. Çünkü iri taneli malzemelerin sertleştirme işleminden sonra kırılabilirlik özellikleri çok fazla artmaktadır. Bu nedenle sertleştirme işleminden önce çeliğin yapı dokusu incelenmeli, düzensizlikler ve tane irilikleri giderilmelidir (NSC Çelik, 2017).
- Çeliğin homojen bir şekilde ısıtılması gerekmektedir. Aksi hâlde malzemenin her yeri aynı değerde sertleşmeyecektir. Homojen bir ısıtma için zaman ayarlı fırın kullanmak yararlı olmaktadır (NSC Çelik, 2017).
- Sertleştirme işlemine başlamadan önce malzemenin üzerinde bulunabilecek yağ, kir, oksit gibi yabancı maddeler temizlenmelidir. Çünkü sertleştirme sırasında bu maddelerin bulunduğu kısımlar, malzemenin diğer kısımlarına nazaran daha yumuşak kalarak düzensiz bir sertleştirmeye yol açmaktadır (NSC Çelik, 2017).
- Çelik parça üzerindeki delik, kanal, vida dişleri ve keskin köşelerin ısıdan dolayı çarpılmamaları için ateş toprağından yapılmış çamur veya kömür tozu ile kapatılmaları uygun olacaktır (NSC Çelik, 2017).

3.4.4. Çeliklere uygulanan ısıtılma yöntemleri

3.4.4.1. Tavlama

Malzemelerin, talaşlı işlem kabiliyetini artırmak, plastik şekillendirme kabiliyetini artırmak, içyapı özelliklerini düzeltmek gibi amaçlarla yapılan ve malzemenin istenen bir sıcaklığa kadar ısıtılıp, yavaş soğutulması şeklinde gerçekleştirilen işlemlerdir (Ataçelik, 2017).

3.4.4.2. Yumuşatma tavlaması

Isıl işlem görmemiş malzemeler, içerdikleri karbon oranlarına bağlı olarak, oda sıcaklığında farklı sertlikler gösterirler. Bazı malzemeler sertlikleri itibariyle kolay işlenemez durumda olabilirler. Özellikle plastik şekil değiştirme işlemleri için malzemelerin minimum sertlikte olması istenir. Bu sebeple, malzemelerin yumuşatılması amacıyla malzemelere yumuşatma tavlaması yapılır (Ataçelik, 2017).

Yumuşatma tavlaması yapılarak, ince uzun yapıdaki karbür plakalar, daha kısa ve küresel bir yapıya dönüştürülür. Bu durumda çelik ilk haline oranla daha yumuşak ve kolay şekillendirilebilir bir yapıya sahip olur. Bu yöntem küreleştirme tavlaması olarak da bilinir (Ataçelik, 2017).

3.4.4.3. Gerilim giderme tavlamaması

Kaynaklama, plastik şekil verme veya aşırı ısıtma – ani soğutma gibi durumlar sonucu malzeme içinde, çeşitli yönlerde iç gerilmeler meydana gelir. Bu gerilmelerin giderilmesi amacıyla en yüksek kullanım sıcaklığının üstünde ve faz dönüşüm sıcaklığının altında bir sıcaklıkta parçalar en fazla iki saat bekletilerek iç gerilmelerinin giderilmesi sağlanır (Ataçelik, 2017).

3.4.4.4. Yeniden kristalleştirme tavlamaması

Plastik şekil verme yöntemleriyle şekillendirilen parçaların tane yapılarında, özellikle cidar bölgelerinde, kalıcı yapı bozulmaları meydana gelir. Bu durum sertlik ve mukavemetin artması, süneklik ve elektrik iletkenliğinin azalmasına sebep olur. Faz dönüşüm sıcaklığının altında bir sıcaklıkta, bir saate kadar bekletme ve yavaş soğutma ile tane yapısı düzgün ve düzenli bir forma dönüşerek, deformasyon öncesi özelliklerin geri kazanılması sağlanır. Bu işlem rekristalizasyon olarak da bilinir (Ataçelik, 2017).

3.4.4.5. Normalleştirme tavlama

Tavlama işlemlerinin tamamı malzemeye iyi özellikler kazandırmakla beraber, tane irileşmesine de sebep olur. Yapılacak işleme göre iri taneli yapıların istenmediği durumlar için malzemeler sertleştirme sıcaklığına kadar ısıtılarak, sakın havada soğumaya bırakılırlar. Normalleştirme tavlama diğerlerinden ayıran özellik parçaların yavaş soğutulması yerine, sakın havada hızlı soğutulmasıdır. Bu durumda tane yapısı daha ince yapılı olur. Bu işlem normalizasyon olarak da bilinir (Ataçelik, 2017).

3.4.4.6. Sertleştirme

Üretimi yapılan parçaların çalışma şartlarına göre değerlendirilmesiyle, parçanın tamamı veya bir kısmının, çekirdeğe kadar veya sadece cidar yüzeyi boyunca sertlik kazanması istenebilir. Bu gibi durumlar sözkonusu olduğu zaman istenen özelliğe göre farklı ısı işlemleri uygulanması gerekir (Hakçelik, 2017).

3.4.4.7. Islah etme

İstenen sertlik ve mekanik özelliklerin elde edilmesi amacıyla yapılan su verme ve menevişleme işlemidir. Özellikle parçanın tüm kesitinin sert olması istendiği durumlar için kullanılır (Hakçelik, 2017).

3.4.4.8. Su verme

Su verme işlemi en basit şekilde, malzemenin sertleştirme sıcaklığına kadar ısıtılması ve ani olarak soğutulmasıyla sertleştirilmesi şeklinde tariflenebilir. Konuyla ilgili olarak, sertleştirme sıcaklığının seçimi, ısıtma hızı, soğutma ortamı seçimi ve soğutma hızı gibi faktörlerin birbiri ile olan ilgileri ve doğru değerlerin belirlenmesi uzmanlık gerektiren konulardır (Hakçelik, 2017).

Sertleştirme sıcaklık aralıkları, maksimum sertliğin, en küçük tane yapısı ile elde edilmesini sağlayacak şekilde bir dizi deney ile belirlenen değerlerdir. Bu değerlerin altında veya üzerinde yapılacak ısıtma, sertlik değerinin düşük, nihai içyapının ise istenen şekilde olmaması ile sonuçlanacaktır. Ayrıca sertleştirme sıcaklığında tutma süresi de önemli olup, malzemenin alaşımlı, az alaşımlı olması ve tane boyutlarının uygunluğu ile bağlantılıdır.

Su verme ortamının seçimi, malzemenin alaşım miktarıyla alakalıdır. Düşük alaşımlı çelikler için daha çok su ve tuz banyoları tercih edilirken, yüksek alaşımlı çelikler için çarpılma riski göz önünde bulundurularak yağ gibi yumuşak ortamlar tercih edilir. Yoğunlukla kullanılan soğutma ortamları su, yağ, tuz banyosu ve hava şeklinde belirtilebilir.

3.4.4.9. Menevişleme

Su verme işlemi sonrası oluşan nihai yapı, çok sert ve kırılgan olup, ani soğutma esnasında oluşan iç gerilmelere sahiptir. Dolayısıyla menevişleme malzemenin tokluğunun iyileştirilmesi için malzemenin tekrar ısıtılıp, aynı sıcaklıkta bir süre tutularak soğutulmasıdır.

Menevişleme işlemi istenen tokluk oranı, sertlik ve nihai yapıya göre farklı sıcaklıklarda yapılabilir. Su verilen parçanın tamamen soğumasını bekledikten sonra yapılan menevişleme çatlamaya sebep olabilir. Bu sebeple parça 60 – 80 °C sıcaklığa düşmesiyle birlikte menevişlemenin hemen yapılması gerekir (Hakçelik, 2017).

3.4.4.10. Sementasyon

Kolay işlenebilir özelliğe sahip düşük karbonlu çelikler, işlendikten sonra kullanım amaçları doğrultusunda, yüzeylerine karbon emdirilerek, sertleştirme işlemine tabi tutulurlar. Bu işlem parça yüzeyinin aşınma dayanımını artırır ve çekirdek bölgenin yumuşak kalması ile tüm parçanın tok özellikler göstermesini ve darbe dayanımının yüksek olmasını sağlar (Hasçelik, 2017).

Sementasyon işlemi, katı, sıvı veya gaz fazlı ortamlarda gerçekleştirilebilir. Kontrolü en kolay ve ekonomik yöntem gaz ortamında yapılan sementasyondur. Karbon verici olarak CO veya metan gazı gibi hidrokarbonlar kullanılır. Sıvı ortam sementasyonunda yaygın olarak sodyumsiyanür ve potasyumsiyanür gibi karbon vericilerin tuzları kullanılır. Sıvı ortam sementasyonu daha çok küçük parçaların sertleştirilmesi için uygundur. Katı ortam sementasyonunda daha çok odun kömürü kullanılır. Kontrolü zor ve tecrübe gerektiren fazla tercih edilmeyen bir yöntemdir (Hasçelik, 2017).

Sementasyon işleminde, yüzey karbon oranı % 0.7 - % 0.8 oranlarına artırılmaya çalışılır. Bunun üzerinde emdirilen karbon, karbür çökmesine yol açarak kırılgan bir yüzey oluşturur. Sementasyon için asıl kriter etkin sementasyon derinliğidir (Hasçelik, 2017).

Karbon emdirme işlemini müteakip, su verme işlemi uygulanarak cidarın sertleştirilmesi gerçekleştirilir. Su verme işlemi, karbon emdirme sıcaklığından su verilerek (doğrudan su verme), oda sıcaklığına kadar soğutulup ıslah edilerek (tek su verme) veya karbon emdirme sıcaklığından su verildikten sonra düşük sıcaklıkta ıslah edilerek gerçekleştirilir. Su verme işlemlerinden sonra mutlaka menevişleme yapılmalıdır. Sementasyon işlemi ardından sağlanacak en yüksek aşınma dayanımı, en yüksek sertlikte değil, yaklaşık 300°C 'de yapılan menevişlemeden sonra elde edilir (Hasçelik, 2017).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, malzeme olarak 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliği kullanılmıştır. Deney için 5 adet 38,85 mm çapında 200 mm uzunluğunda 42CrMo4 çeliği ve 5 adet 38,85 mm çapında 220 mm uzunluğunda 36CrB4 çeliği kullanılmıştır. Deney proses aşamaları Çizelge 4.3'deki uygulamalardan geçmiştir. Çizelge 4.4'de malzemelerin uluslararası kod ve isimleri gösterilmiştir.

4.1. 42CrMo4 ve 36CrB4 Çeliğinin Mekanik Değerlerinin İncelenmesi

42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin ısıtma işlem sonrası standartlara göre mekanik değerleri Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de verilmiştir. Çizelge 4.1'de verilen d ifadesi malzemenin çapıdır ve 42CrMo4 malzemesinin verilen çap değerleri aralığındaki akma, kopma, % uzama, % kesit daralması ve çentik değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.1. 42CrMo4 çeliğinin mekanik değerleri (EN 10083-3)

42CrMo4	Akma (Re) MPa (min.)	Kopma (Rm) MPa (min.)	%Uzama (A) % (min.)	% Kesit Daralması (Z) % (min.)	Çentik Değeri (KV) J(min.)
d≤16 mm	900	1100-1300	10	40	-
16<d≤40 mm	750	1000-1200	11	45	35
40<d≤100 mm	650	900-1100	12	50	35
100<d≤160 mm	550	800-950	13	50	35
160<d≤250 mm	500	750-900	14	55	35

Çizelge 4.2. 36CrB4 çeliğinin mekanik değerleri (EN 10263-4)

36CrB4	Akma (Re) MPa (min.)	Kopma (Rm) MPa (max.)	Uzama (A) % (min.)	Kesit Daralması (Z) % (min.)	Çentik Değeri (KV) J(min.)
	-	550 - 690		56 - 63	-

Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilen malzemelerin mekanik değerleri literatürde standart ölçülmüş test değerleridir ama 36CrB4 malzemesi ile ilgili literatürde akma, % uzama ve çentik değerleri bulunmamaktadır. Bu çalışmamızda bu malzeme ile ilgili eksik olan değerler araştırılıp malzemelerin mekanik değerleri kıyaslaması yapılmıştır. Çalışmanın ilerleyen kısımlarında 36CrB4 malzemesinin mekanik özellikleri Berdan Civata Test Laboratuvarlarında araştırılıp literatüre kazandırılmıştır.

Çizelge 4.3. Deney proses aşamaları

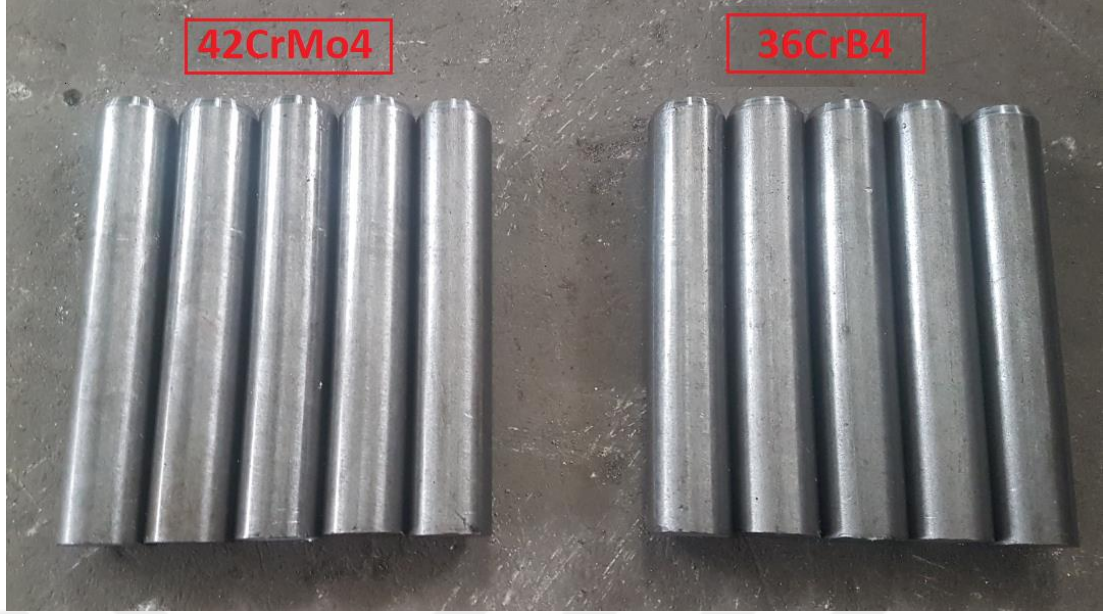
Prosesler
Kesme
Markalama
Kimyasal analiz
Isıl işlem
Bakalitle alma
Zımparalama ve parlatma
Dağlama
Mikro sertlik ölçme
Mikroyapı inceleme
Çekme testi numunesi hazırlama
Çekme testi
Frezeleme ve çentik açma
Çentik darbe testi

Çizelge 4.4. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin standartları

Malzemenin Standartları		
DIN	AISI / SAE	EN
1.7225	4140	42CrMo4
1.7077	-	36CrB4

4.2. Kesme Prosesi

Numuneler şeritli testerede Ø38.85 mm çaplarda ve 200 mm boylarda kesilmiştir.



Şekil 4.1. Kesilmiş numuneler

4.3. Markalama

Numunelerin izlenebilirliğini sağlamak için uçlarına markalama presinde 1 den 10 a kadar numara vurularak markalama işlemi yapılmıştır.



Şekil 4.2. Deneyde kullanılan Marka markalama presi

4.4. Kimyasal Analiz

Numunelerin kimyasal analizleri SOLARIS markalı spektrometre cihazında yapılmıştır. Kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin standartlara uygun kimyasal bileşimleri Çizelge 4.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin kimyasal bileşimleri

	42CrMo4 (EN 10083-3)	36CrB4 (EN 10263-4)
%C	0.38 – 0.45	0.34 – 0.38
%Si	0.40 (max.)	0.30 (max.)
%Mn	0.60 – 0.90	0.70 – 1.00
%P	0.025 (max.)	0.025 (max.)
%S	0.035 (max.)	0.025 (max.)
%Cr	0.90 – 1.20	0.90 – 1.20
%Mo	0.15 – 0.30	-
%Cu	-	0.25 (max.)
%B	-	0.0008 – 0.005

Çizelge 4.6. Numunelerin kimyasal bileşimleri (%)

Numune No	Malzeme Cinsi	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu	B
1	42CrMo4	0.44	0.22	0.86	0.009	0.017	1.07	0.25		
2	42CrMo4	0.44	0.22	0.86	0.009	0.017	1.07	0.25		
3	42CrMo4	0.39	0.24	0.75	0.007	0.014	0.94	0.26		
4	42CrMo4	0.39	0.24	0.75	0.007	0.014	0.94	0.26		
5	42CrMo4	0.41	0.24	0.86	0.009	0.006	1.05	0.21		
6	36CrB4	0.34	0.24	0.84	0.010	0.002	1.05	0.08	0.25	0.0025
7	36CrB4	0.34	0.24	0.84	0.010	0.002	1.05	0.08	0.25	0.0025
8	36CrB4	0.35	0.24	0.82	0.010	0.005	1.13	0.03	0.22	0.0026
9	36CrB4	0,36	0.18	0.83	0.008	0.003	1.04	0.07	0.18	0.0025
10	36CrB4	0.35	0.24	0.82	0.010	0.014	1.09	0.03	0.22	0.0026



Şekil 4.3. Deneyde kullanılan SOLARIS marka spektrometre cihazı

4.5. Numunelere Isıl İşlem Uygulaması

Numunelere ısıtım işlem uygulamaları Berdan Civata ısıtım tesisinde uygulanmıştır. Berdan Civata ısıtım hattı genel görünümü ve bölümleri Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Isıl işlem hattı

Şekil 4.4'de gösterilen Berdan Civata ısıtım tesisinde 42CrMo4 çeliğine Çizelge 4.7'de verilen, 36CrB4 çeliğine ise Çizelge 4.8'de verilen ısıtım yöntem ve parametreleri sırası ile uygulanmıştır.

Çizelge 4.7. 42CrMo4 çeliğinin 10.9 kaliteye göre ısıt işlem yöntem ve parametreleri

42CrMo4 Çeliği Isıl İşlem Yöntem ve Parametreleri				
MALZEME	KALİTE	ÇAP (Ø)xBOY (mm)	İSTENEN SERTLİK	
42CrMo4	10.9	Ø38.85 x 200	320 - 380 HV	
			SICAKLIK (°C)	BEKLEME SÜRESİ (DK)
1	KASAYA DİZME Parçalar ısıt işlem kasalarına 250 - 300 kg'ı geçmeyecek şekilde dizildi. Parçaların dizilişi homojen ısıtma ve soğutma yapabilecek şekilde ayarlandı. Kat aralarına kafes tel konularak parçalar ayrıldı.			
2	YIKAMA BANYOSU Parça yüzeyinde oluşan yağları su banyosunda temizlendi. Malzemeler yıkama banyosunda 12 dakika tutuldu			12
3	ÖN ISITMA Ön ısıtma fırınına 500 °C ye ayarlandı ve kasalar fırına koyuldu. Parçaların ön ısıtma süresi 90 dakika ayarlandı		500	90
4	TAVLAMA Tavlama fırını 900 °C ye kadar ısıtıldı. Parçalar taşıma arabası ile 900 °C deki tavlama fırınına sürüldü. Fırın içi sıcaklığı malzeme girdiğinde 800 °C ye kadar düştü. Yaklaşık 120 dakikada fırın sıcaklığı 860 °C ye ulaştı ve sonra fırında 40 dakika bekletildi.		860 ± 10	120
5	C DEĞERİ 0.40 olmalıdır			
6	YAĞ BANYOSUNDA SERTLEŞTİRME Tavlanan parçaları yağ banyosuna daldırıldı. Yağ banyosunda 15 dakika tutuldu.		60 ± 30	15
7	YIKAMA BANYOSU Parça yüzeyinde oluşan yağları su banyosunda temizlendi. Yıkama banyosunda 12 dakika tutuldu			12
8	MENEVİŞLEME Yıkama banyosundan çıkan parçalar meneviş fırınına koyuldu.		570 ± 20	120
9	KONTROL Sertlik kontrolü için sepetin başı, ortası ve sonunda 3 adet numune alıp kontrol edildi.			

Çizelge 4.8. 36CrB4 çeliğinin 10.9 kaliteye göre ısıt işlemler yöntem ve parametreleri

36CrB4 Çeliği Isıl İşlem Yöntem ve Parametreleri				
MALZEME	KALİTE	ÇAP (Ø)xBOY (mm)	İSTENEN SERTLİK	
36CrB4	10.9	Ø38.85 x 220	320 - 380 HV	
			SICAKLIK (°C)	BEKLEME SÜRESİ (DK)
1	KASAYA DİZME Parçalar ısıt işlemler kasalarına 250 - 300 kg'ı geçmeyecek şekilde dizildi. Parçaların dizilişi homojen ısıtma ve soğutma yapabilecek şekilde ayarlandı. Kat aralarına kafes tel konularak parçalar ayrıldı.			
2	YIKAMA BANYOSU Parça yüzeyinde oluşan yağları su banyosunda temizlendi. Malzemeler yıkama banyosunda 12 dakika tutuldu			12
3	ÖN ISITMA Ön ısıtma fırınına 500 °C ye ayarlandı ve kasalar fırına koyuldu. Parçaların ön ısıtma süresi 90 dakika ayarlandı		500	90
4	TAVLAMA Tavlama fırını 900 °C ye kadar ısıtıldı. Parçalar taşıma arabası ile 900 °C deki tavlama fırınına sürüldü. Fırın içi sıcaklığı malzeme girdiğinde 800 °C ye kadar düştü. Yaklaşık 120 dakikada fırın sıcaklığı 860 °C ye ulaştı ve sonra fırında 40 dakika bekletildi.		860 ± 10	120
5	C DEĞERİ 0.40 olmalıdır			
6	YAĞ BANYOSUNDA SERTLEŞTİRME Tavlanan parçaları yağ banyosuna daldırıldı. Yağ banyosunda 15 dakika tutuldu.		60 ± 30	15
7	YIKAMA BANYOSU Parça yüzeyinde oluşan yağları su banyosunda temizlendi. Yıkama banyosunda 12 dakika tutuldu			12
8	MENEVİŞLEME Yıkama banyosundan çıkan parçalar meneviş fırınına koyuldu.		500 ± 20	120
9	KONTROL Sertlik kontrolü için sepetin başı, ortası ve sonunda 3 adet numune alıp kontrol edildi.			

4.6. Karakterizasyon Çalışmaları

4.6.1. Metalografik inceleme

Numunelerin mikroyapılarının detaylı bir şekilde incelenebilmesi için metalografik analizler yapılmıştır.

Yapılan metalografik analizler 4 aşamada gerçekleştirilmiştir.

- Bakalite alma
- Zımparalama ve parlatma
- Dağlama
- Mikro sertlik ölçme
- Mikroyapı incelemesi

4.6.2 Bakalite alma

Bakalite alma cihazı, düzensiz şekillerde olan küçük parçaları numune almak için kullanılır. Cihaz otomatik basınç uygular. Bakalite alınmış numunenin oluşması ardından süreç durur ve otomatik bir şekilde de basıncı ayarlar. Şekil 4.5'de görülen ECOPRESS marka bakalit cihazı kullanılmıştır. 200 °C de 240 bar da 15 dak. bakalitme işlemi gerçekleştirildi.



Şekil 4.5. Deneyde kullanılan ECOPRESS marka bakalit cihazı



Şekil 4.6. Bakalite alınmış numuneler

4.6.3. Zımparalama ve parlatma

Numuneler Şekil 4.7’de görülen METKON marka zımparalama ve parlatma cihazında ortalama 250 dev/dak hızla sırasıyla 180, 800, 1000, 2500 numaralı zımparalar kullanılarak zımparalanmıştır. Zımparalama işlemi yaklaşık 10 - 15 dak. sürmüştür.



Şekil 4.7. Deneyde kullanılan METKON marka zımparalama ve parlatma cihazı

4.6.4. Dağlama

Malzemelerde gerçek içyapı özelliklerini ortaya çıkarmak için metalografide çoğu kez parlatılmış numune yüzeyine uygun bir reaktif tatbik edilir. Bu işleme **Kimyasal Dağlama** veya kısaca **Dağlama** denilmektedir. Dağlama ile parlatma sonucunda görülemeyen mikroyapı elemanları açığa çıkmaktadır

Numuneler alümina süspansiyon sıvısı ile çuhada parlatılıp numuneye dağlama işlemi uygulanmıştır.



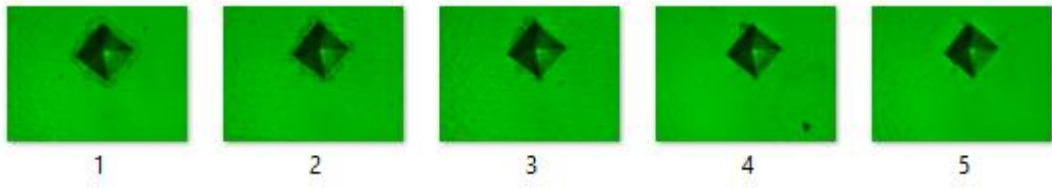
Şekil 4.8. Dağlanmış numune

4.6.5. Mikro sertlik ölçümü

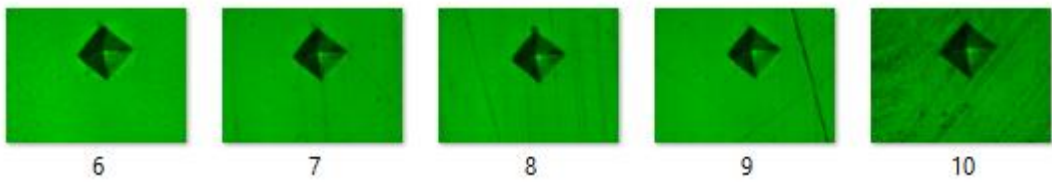
Numunelerin sertlikleri Şekil 4.9’da görülen MITUTOYO marka cihazla mikrovickers sertlik ucu kullanılarak 300 gram yük altında 10 saniye tutularak 3 noktadan ölçüm gerçekleştirilmiştir. 500X büyütme ile sertlik izleri görüntüsü alınmıştır. Sertlik ölçüm izleri de Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Elde edilen ölçümler sonuçlar ve tartışma bölümünde verilmiştir.



Şekil 4.9. Deneyde kullanılan MITUTOYO marka mikro sertlik ölçüm cihazı



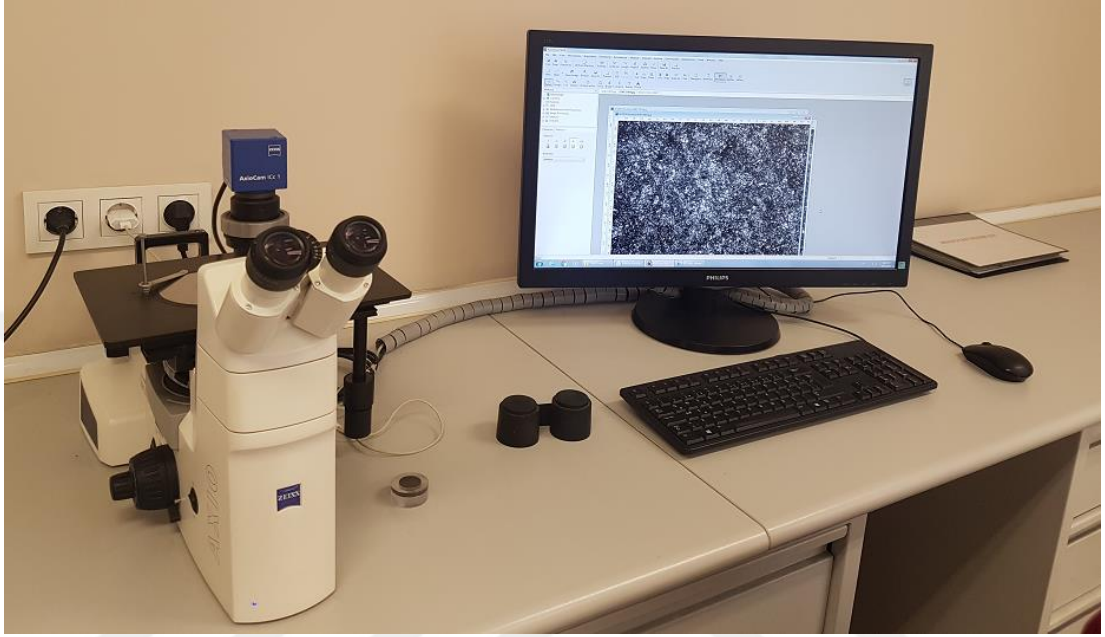
Şekil 4.10. 42CrMo4 çeliğine ait 10.9 kalite sertlik (HV) izleri



Şekil 4.11. 36CrB4 çeliğine ait 10.9 kalite sertlik (HV) izleri

4.6.6. Mikroyapı incelemesi

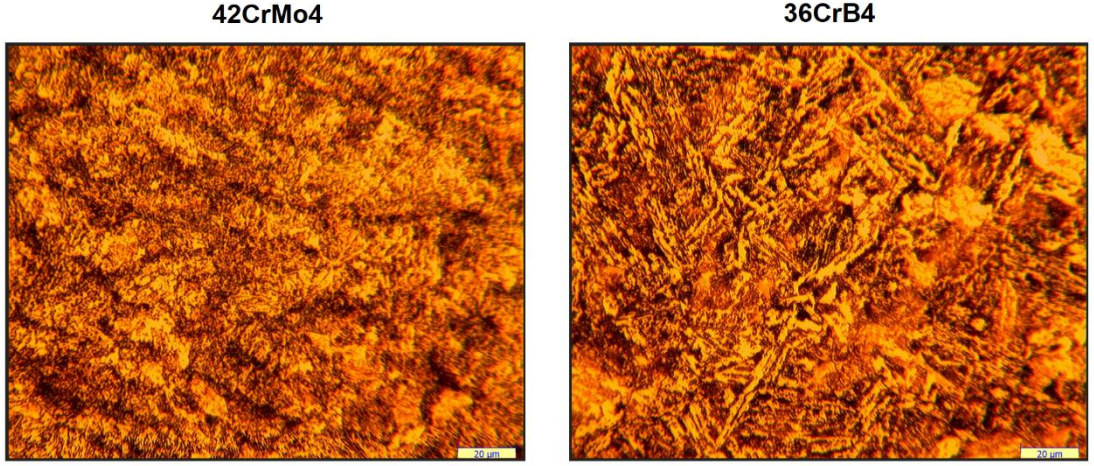
Numunelerin mikroyapıları Şekil 4.12’de görülen ZEISS marka optik mikroskop ile incelenerek 400X büyütme mercek ile görüntüleri alınmıştır. Şekil 4.13, 4.14, 4.15, 4.16’da mikroyapıyı görüntüleri gösterilmiştir.



4.12. Deneyde kullanılan ZEISS marka optik mikroskop

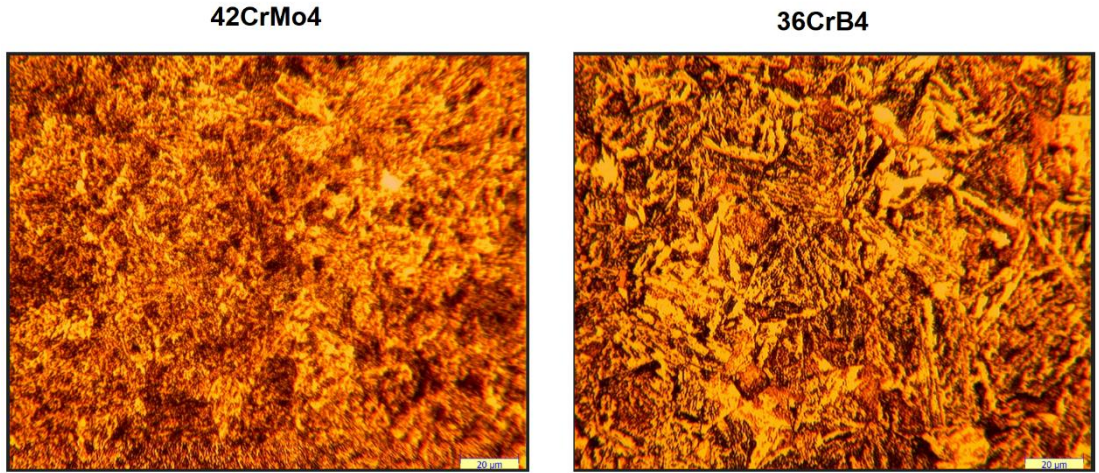
42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin ısıtılma işlemi görmenden önceki mikroyapıları Şekil 4.1.3’de gösterilmiştir.

42CrMo4 çeliğinde %65 – 70 perlit, %30 – 35 ferrit olduğu ve ASTM E112 standardına göre tane boyutlarının 4-5 olduğu görülmektedir. 36CrB4 çeliğinde ise %55 – 60 perlit, %40 – 45 ferrit olduğu tane boyutlarının 3-4 olduğu görülmektedir.



Şekil 4.13. Isıl işlem uygulanmamış 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin mikroyapısı

42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin 500 °C'de 90 dak. ön ısıtma işlemi uygulanmış mikroyapıları Şekil 4.1.4'de gösterilmiştir. 42CrMo4 çeliğinde %65 – 70 perlit, %30 – 35 ferrit olduğu ve ASTM E112 standardına göre tane boyutlarının 5-6 olduğu görülmektedir. 36CrB4 çeliğinde ise %55 – 60 perlit, %40 – 45 ferrit olduğu tane boyutlarının 4-5 olduğu görülmektedir.

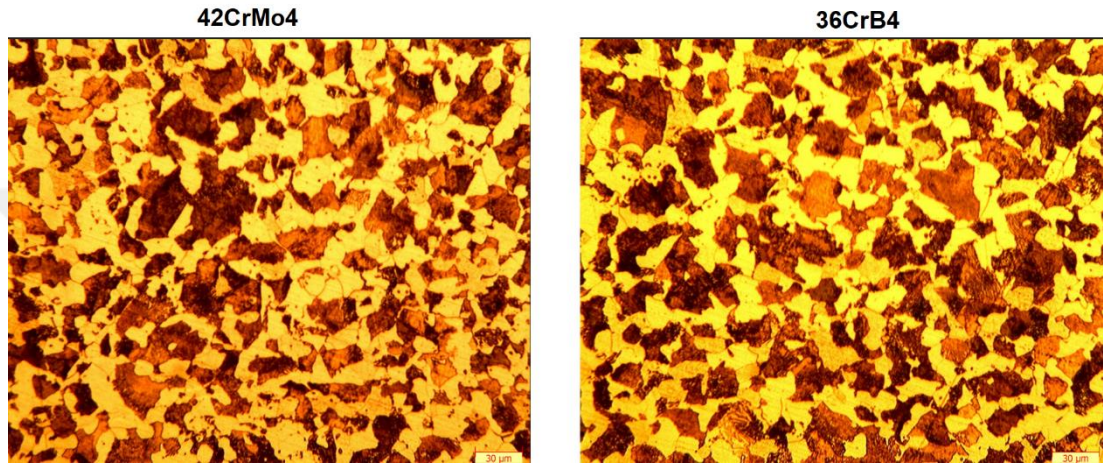


Şekil 4.14. 500 °C'de 90 dak. ön ısıtma işlemi uygulanmış 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin mikroyapısı

42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin 860 °C'de 120 dak. tavlama işlemi uygulanmış mikroyapıları Şekil 4.1.5'de gösterilmiştir.

Tavlama işlemi sonrasında fırında yaklaşık olarak 40 dakika soğutulmuştur. Daha sonra hava ortamında soğutma işlemi devam etmiştir.

42CrMo4 çeliğinde %60 – 65 perlit, %35 – 40 ferrit olduğu ve ASTM E112 standardına göre tane boyutlarının 6-7 olduğu görülmektedir. 36CrB4 çeliğinde ise %55 – 60 perlit, %40 – 45 ferrit olduğu tane boyutlarının 7-8 olduğu görülmektedir.

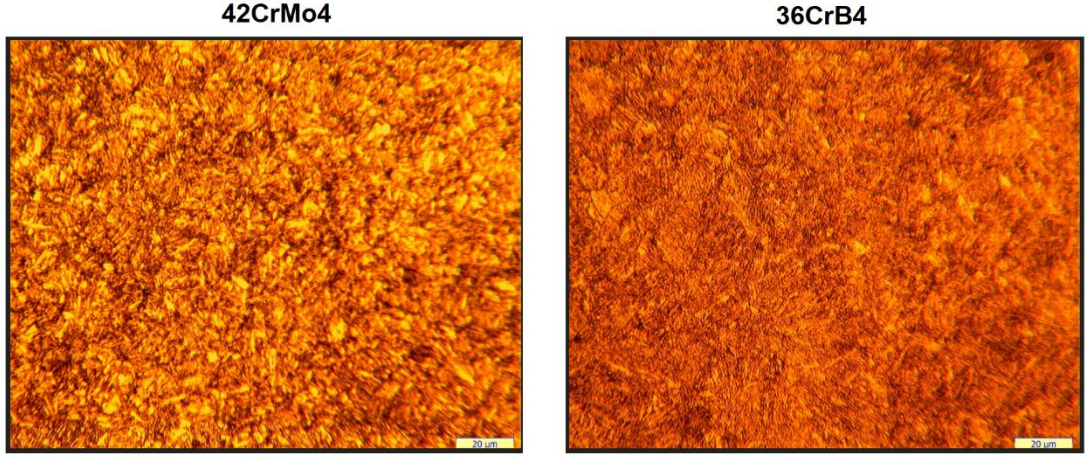


Şekil 4.15. 860 °C’de 120 dak. tavlama işlemi uygulanmış 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin mikroyapısı

42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin meneviş işlemi uygulanmış mikroyapıları Şekil 4.1.6’da gösterilmiştir.

42CrMo4 malzemeyi sularken %90 – 95 martenzit, %2 ferrit ve geri kalan kısımda beynit elde edildiğini görüyoruz. Bunun sonucunda yağdan çıkış sertliği 510 – 600 HV civarında ölçülmüştür. Uygun meneviş yapılarak 10.9 kalite için gerekli sertlik (320 – 380 HV) değeri bulunmuştur.

36CrB4 malzemeyi sularken %80 – 85 martenzit, %5 ferrit ve geri kalan kısımda beynit oluşmuştur. Buna bağlı olarak yağdan çıkış sertliği 480 - 510 HV civarında sertlik ölçülmüştür. Yine uygun menevişleme sonucunda 10.9 kalite için gerekli sertlik (320 – 380 HV) değeri bulunmuştur.

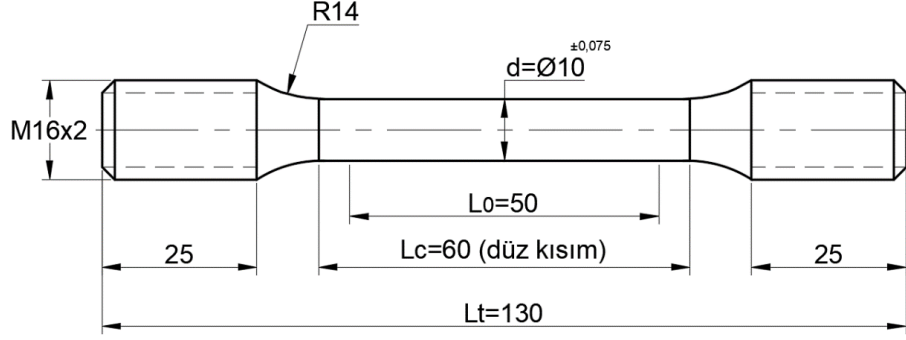


Şekil 4.16. Meneviş işlemi uygulanmış 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin mikroyapısı

Mikroyapı incelemesi sonuçlarına göre görülen farklılıkların nedenlerini açıklayacak olursak, 42CrMo4 çeliğinde Mo elementinin olması, C oranının 36CrB4 çeliğindeki orandan fazla olması, 36CrB4 çeliğinde B elementinin olması ve soğutma etkilerinden dolayı martenzit yapıda farklı oranlar oluştuğu görülmektedir.

4.6.7. Çekme testi numunesi hazırlama

Isıl işlemde çıkan numuneler universal torna tezgahında işlenerek TS EN ISO 10002-1 standardına göre çekme testi numunesi haline getirilerek her iki ucuna ovalama tezgahında M16 diş açılarak çekme testine hazır hale getirilmiştir. Numune boyutları Şekil 4.17’de gösterilmektedir.



Şekil 4.17. TS EN ISO 10002-1'e göre hazırlanan numunenin boyutları



Şekil 4.18. Çekme çubuğu numunesi

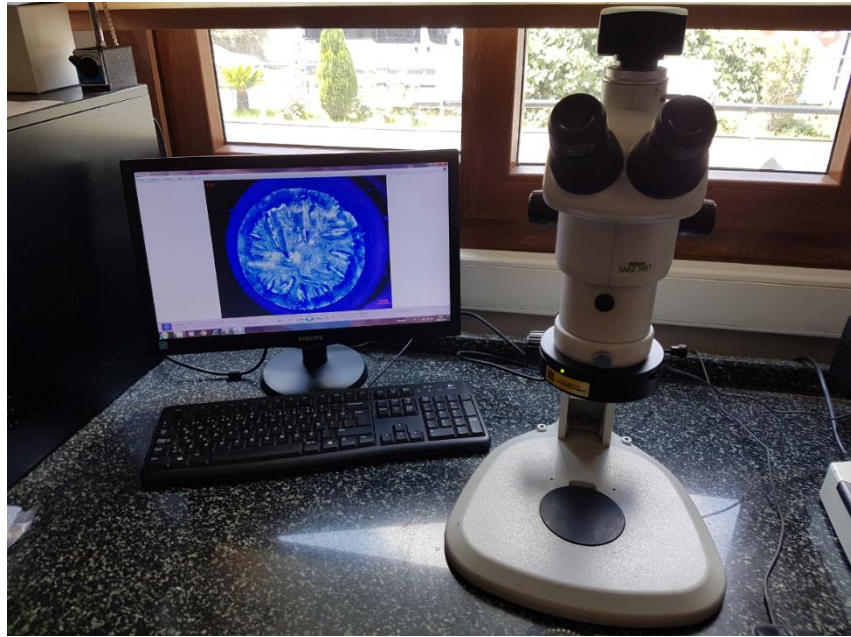
4.6.8. Çekme testi

Numunelerin akma, çekme ve yüzde uzama değerlerini ölçmede Şekil 4.19'da görülen 60 tonluk BAZ MAKİNA markalı universal çekme testi cihazı kullanılmıştır. Birim deformasyon ölçülmesinde kumpas kullanılmıştır. Numuneler kopana kadar çekilmiş ve kopma gerilmesi tespit edilmiştir. Elde edilen ölçümler Sonuçlar ve Tartışma bölümünde verilmiştir.

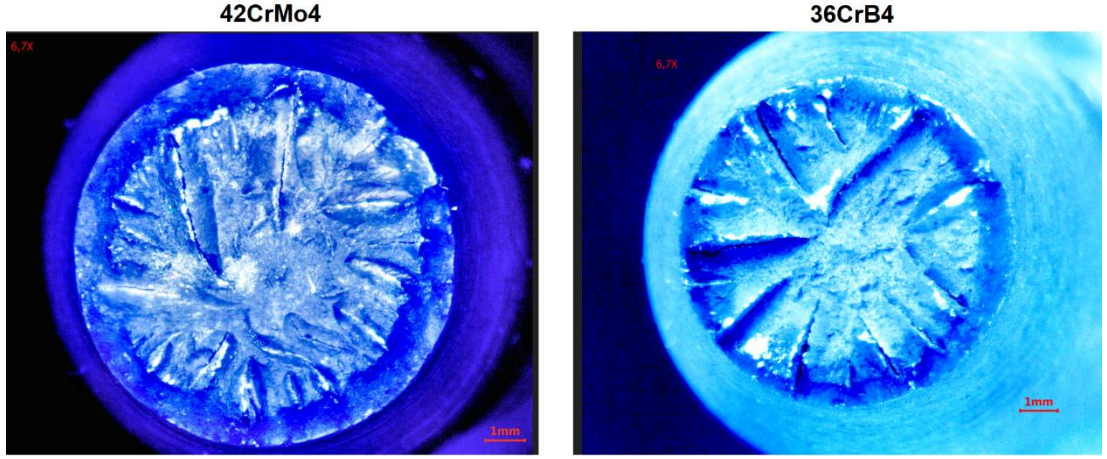


Şekil 4.19. Deneyde kullanılan BAZ marka makine çekme cihazı (60 Tonluk)

Çekme testi sonucu kopan yüzeylerin görüntüleri Şekil 4.20'deki Nikon marka stereo mikroskop ile 6,7X büyütme mercekle incelenmiştir. Kopan yüzeylerin görüntüleri Şekil 4.21'de gösterilmiştir. Kopan yüzeyleri incelediğimizde 36CrB4 çeliğinin 42CrMo4 çeliğine göre daha fazla sünek olduğu ve kesit daralmasının daha fazla olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.20. Deneyde kullanılan NICON marka stereo mikroskop



Şekil 4.21. 36CrB4 ve 42CrMo4 çeliğinin çekme testi numunesi kopan yüzeylerin karşılaştırılması

4.6.9. Frezeleme ve çentik açma

Isıl işlemden çıkan Ø38.85x200 mm ebatındaki malzemeler freze tezgahında işlenerek ISO 148-1 standardına göre çentik darbe testi numunesi haline getirildi. Çentikler Şekil. 4.22'deki çentik açma makinasında açılarak Şekil.4.23'deki gibi teste hazır hale getirildi.



Şekil 4.22. Deneyde kullanılan çentik açma makinası



Şekil 4.23. Çentik darbe test numunesi

4.6.10. Çentik darbe testi

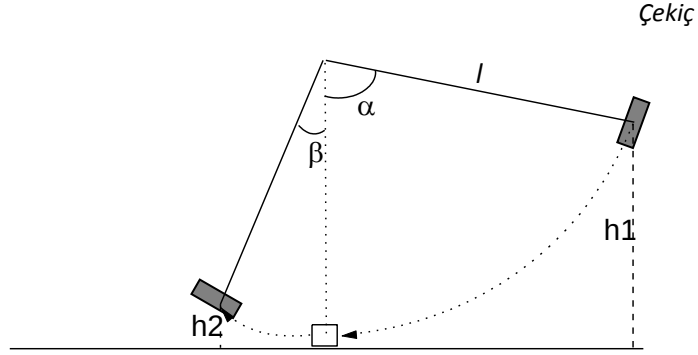
Malzemenin dinamik yüklere karşı kırılma enerjisini belirlemek için yapılan bir deneydir. Bu deneyin temel prensibi Şekil 4.24’de şematik olarak gösterildiği gibi, bir l uzunluğundaki sarkacın ucundaki belli bir G ağırlığına sahip çekiç belli bir h_1 yüksekliğinden numuneyi kırması için serbest bırakılıyor. Serbest bırakılmadan önce çekicinin potansiyel enerjisi $G.h_1$ iken numune kırıldıktan sonra belli bir h_2 yüksekliğine çıkan çekicinin potansiyel enerjisi $G.h_2$ olur. Bu durumda Kırılma Enerjisi;

$$K. E = G. h_1 - G h_2$$

olarak ifade edilir. Buna göre;

$$K. E = G(h_1 - h_2) = G. l. (\cos\beta - \cos\alpha)$$

olarak ifade edilir. Burada l sarkaç boyudur. Buradan, β salınım açısı ve h_2 yüksekli ne kadar az gerçekleşirse kırılan o malzemenin ne kadar çok darbe direnci ya da yüksek tokluk gösterdiğini anlarız.



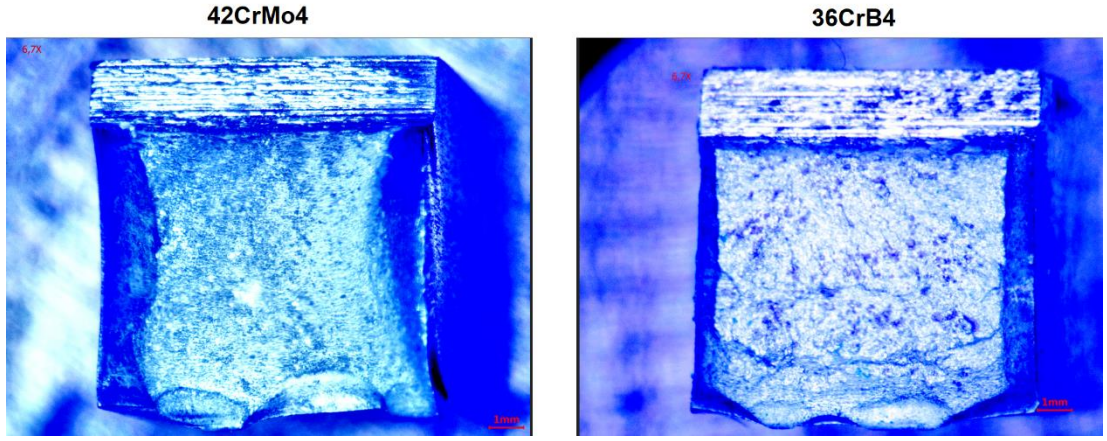
Şekil 4.24. Bir darbe deneyinin şematik olarak gösterimi

Çentik darbe testi uygulaması Şekil.4.25'deki ALŞA marka çentik darbe testi cihazında gerçekleştirildi. Numunelere -20 °C de minumum 27 Joule çentik darbe testi uygulanmıştır. Elde edilen ölçümler Sonuçlar ve Tartışma bölümünde verilmiştir.



Şekil 4.25. Deneyde kullanılan ALŞA marka çentik darbe test cihazı

Çentik darbe testi sonucu kırılan yüzeylerin görüntüleri Şekil 4.20'deki Nikon marka stereo mikroskop ile 6,7X büyütme mercekle incelenmiştir. Kırılan yüzeylerin görüntüleri Şekil 4.26'de gösterilmiştir. Kırılan yüzeyleri incelediğimizde her iki çeliğin gevrek bir yapıya sahip olduğu, 36CrB4 çeliğinin 42CrMo4 çeliğine göre daha az oranda gevreklik gösterdiği gözlenmiştir.



Şekil 4.26. 36CrB4 ve 42CrMo4 çeliğinin çentik darbe testi numunesi kırık yüzeylerin karşılaştırılması

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılmış olan bu çalışmada, 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin 10.9 kalite için (ISO 898-1) gerekli mekanik değerlerin sağlanması için ısıtılma işlem uygulamaları gerçekleştirilmiştir. 10.9 kalite için olması gereken değerler Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. 10.9 Kalitenin mekanik değerleri (ISO 898-1)

10.9 Kalite için Mekanik Değerler (ISO 898-1)	
Kopma Mukavemeti	1040 MPa (min.)
Akma Mukavemeti	940 MPa (min.)
Kopma Uzaması	%9 (min.)
Kesit Daralması	%44 (min.)
Mikro Sertlik	320 - 380 HV
Çentik Değeri	-20 °C - 27 Joule (min.)

Farklı mencevış sıcaklıkları için 42CrMo4 ve 36CrB4 malzemelerinden elde edilen ısıtılma işlem parametreleri ve denye sonuçları Çizelge 5.2 – 5.11’de özetlenmiştir.

Çizelge 5.2. 550 °C’de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin mekanik değerleri

Numune Ölçüleri (Numune No:1 – 42CrMo4)	
Çap (do)	10 mm
Başlangıç Kesit Alanı (Ao)	78.50 mm ²
Başlangıç Ölçü Boyu (Lo)	50 mm
Son Ölçü Boyu (Lo)	56.71 mm
Isıl İşlem Parametreleri	
Ön Isıtma	500 °C / 90 dak.
Tavlama	870 °C / 120 dak.
Meneviş	550 °C / 120 dak.
Deney Sonuçları	
Çekme Kuvveti	178.1 kN
Kopma Mukavemeti	1157 MPa
Akma Mukavemeti	1066 MPa
Kopma Uzaması	%13.42
Kesit Daralması	%54.22
Mikro Sertlik	367-376-378 HV
Çentik Değeri	-20 °C / 38-40-42 J

Çizelge 5.3. 555 °C’de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin mekanik değerleri

Numune Ölçüleri (Numune No:2 – 42CrMo4)	
Çap (do)	10 mm
Başlangıç Kesit Alanı (Ao)	78.50 mm ²
Başlangıç Ölçü Boyu (Lo)	50 mm
Son Ölçü Boyu (Lo)	57.01 mm
Isıl İşlem Parametreleri	
Ön Isıtma	500 °C / 90 dak.
Tavlama	870 °C / 120 dak.
Meneviş	555 °C / 120 dak.
Deney Sonuçları	
Çekme Kuvveti	177.6 kN
Kopma Mukavemeti	1147 MPa
Akma Mukavemeti	1063 MPa
Kopma Uzaması	%14.02
Kesit Daralması	%53.09
Mikro Sertlik	358-363-371 HV
Çentik Değeri	-20 °C / 40-42-44 J

Çizelge 5.4. 560 °C’de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin mekanik değerleri

Numune Ölçüleri (Numune No:3 – 42CrMo4)	
Çap (do)	10 mm
Başlangıç Kesit Alanı (Ao)	78.50 mm ²
Başlangıç Ölçü Boyu (Lo)	50 mm
Son Ölçü Boyu (Lo)	57.08 mm
Isıl İşlem Parametreleri	
Ön Isıtma	500 °C / 90 dak.
Tavlama	870 °C / 120 dak.
Meneviş	560 °C / 120 dak.
Deney Sonuçları	
Çekme Kuvveti	172.5 kN
Kopma Mukavemeti	1116 MPa
Akma Mukavemeti	1044 MPa
Kopma Uzaması	%14.17
Kesit Daralması	%52.14
Mikro Sertlik	355-365-367 HV
Çentik Değeri	-20 °C / 43-45-47 J

Çizelge 5.5. 565 °C’de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin mekanik değerleri

Numune Ölçüleri (Numune No:4 – 42CrMo4)	
Çap (do)	10 mm
Başlangıç Kesit Alanı (Ao)	78.50 mm ²
Başlangıç Ölçü Boyu (Lo)	50 mm
Son Ölçü Boyu (Lo)	57.53 mm
Isıl İşlem Parametreleri	
Ön Isıtma	500 °C / 90 dak.
Tavlama	870 °C / 120 dak.
Meneviş	565 °C / 120 dak.
Deney Sonuçları	
Çekme Kuvveti	170.1 kN
Kopma Mukavemeti	1115 MPa
Akma Mukavemeti	1006 MPa
Kopma Uzaması	%15.06
Kesit Daralması	%50.40
Mikro Sertlik	355-357-359 HV
Çentik Değeri	-20 °C / 49-50-51 J

Çizelge 5.6. 570 °C’de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin mekanik değerleri

Numune Ölçüleri (Numune No:5 – 42CrMo4)	
Çap (do)	10 mm
Başlangıç Kesit Alanı (Ao)	78.50 mm ²
Başlangıç Ölçü Boyu (Lo)	50 mm
Son Ölçü Boyu (Lo)	58.03 mm
Isıl İşlem Parametreleri	
Ön Isıtma	500 °C / 90 dak.
Tavlama	870 °C / 120 dak.
Meneviş	570 °C / 120 dak.
Deney Sonuçları	
Çekme Kuvveti	169.2 kN
Kopma Mukavemeti	1113 MPa
Akma Mukavemeti	1003 MPa
Kopma Uzaması	%16.07
Kesit Daralması	%49.20
Mikro Sertlik	349-354-361 HV
Çentik Değeri	-20 °C / 52-54-56 J

Çizelge 5.7. 485 °C’de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin mekanik değerleri

Numune Ölçüleri (Numune No:6 – 36CrB4)	
Çap (do)	10 mm
Başlangıç Kesit Alanı (Ao)	78.50 mm ²
Başlangıç Ölçü Boyu (Lo)	50 mm
Son Ölçü Boyu (Lo)	56.35 mm
Isıl İşlem Parametreleri	
Ön Isıtma	500 °C / 90 dak.
Tavlama	870 °C / 120 dak.
Meneviş	485 °C / 120 dak.
Deney Sonuçları	
Çekme Kuvveti	185.7 kN
Kopma Mukavemeti	1206 MPa
Akma Mukavemeti	1126 MPa
Kopma Uzaması	%12.71
Kesit Daralması	%57.27
Mikro Sertlik	370-375-378 HV

Çizelge 5.8. 490 °C'de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin mekanik değerleri

Numune Ölçüleri (Numune No:7 – 36CrB4)	
Çap (do)	10 mm
Başlangıç Kesit Alanı (Ao)	78.50 mm ²
Başlangıç Ölçü Boyu (Lo)	50 mm
Son Ölçü Boyu (Lo)	56.94 mm
Isıl İşlem Parametreleri	
Ön Isıtma	500 °C / 90 dak.
Tavlama	870 °C / 120 dak.
Meneviş	490 °C / 120 dak.
Deney Sonuçları	
Çekme Kuvveti	183.8 kN
Kopma Mukavemeti	1189 MPa
Akma Mukavemeti	1096 MPa
Kopma Uzaması	%13.88
Kesit Daralması	%55.36
Mikro Sertlik	370-372-377 HV
Çentik Değeri	-20 °C / 30-31-33 J

Çizelge 5.9. 500 °C'de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin mekanik değerleri

Numune Ölçüleri (Numune No:8 – 36CrB4)	
Çap (do)	10 mm
Başlangıç Kesit Alanı (Ao)	78.50 mm ²
Başlangıç Ölçü Boyu (Lo)	50 mm
Son Ölçü Boyu (Lo)	57.24 mm
Isıl İşlem Parametreleri	
Ön Isıtma	500 °C / 90 dak.
Tavlama	870 °C / 120 dak.
Meneviş	500 °C / 120 dak.
Deney Sonuçları	
Çekme Kuvveti	180.1 kN
Kopma Mukavemeti	1173 MPa
Akma Mukavemeti	1073 MPa
Kopma Uzaması	%14.48
Kesit Daralması	%54.89
Mikro Sertlik	365-368-369 HV
Çentik Değeri	-20 °C / 31-33-35 J

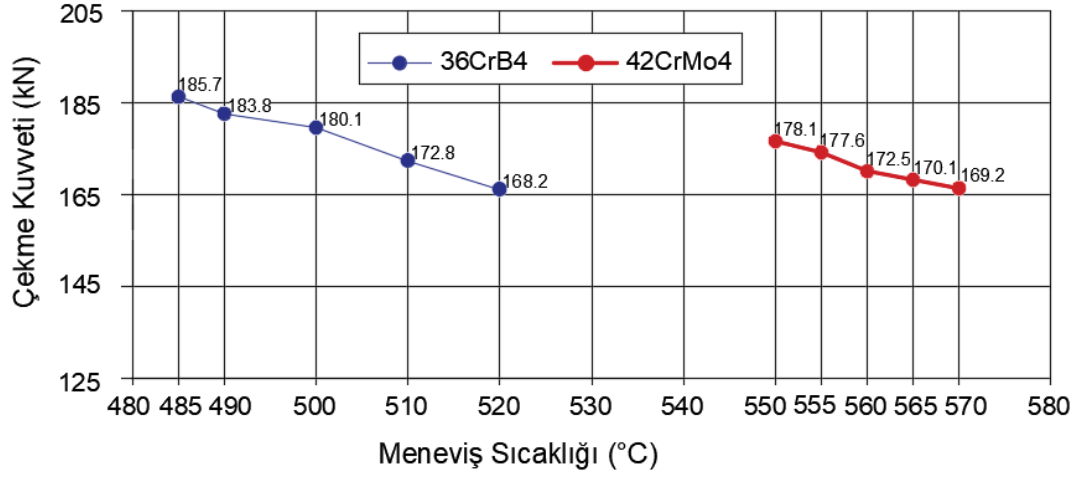
Çizelge 5.10. 510 °C’de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin mekanik değerleri

Numune Ölçüleri (Numune No:9 – 36CrB4)	
Çap (do)	10 mm
Başlangıç Kesit Alanı (Ao)	78.50 mm ²
Başlangıç Ölçü Boyu (Lo)	50 mm
Son Ölçü Boyu (Lo)	57.57 mm
Isıl İşlem Parametreleri	
Ön Isıtma	500 °C / 90 dak.
Tavlama	870 °C / 120 dak.
Meneviş	510 °C / 120 dak.
Deney Sonuçları	
Çekme Kuvveti	172.8 kN
Kopma Mukavemeti	1121 MPa
Akma Mukavemeti	1024 MPa
Kopma Uzaması	%15.15
Kesit Daralması	%53.93
Mikro Sertlik	350-355-357 HV
Çentik Değeri	-20 °C / 32-34-36 J

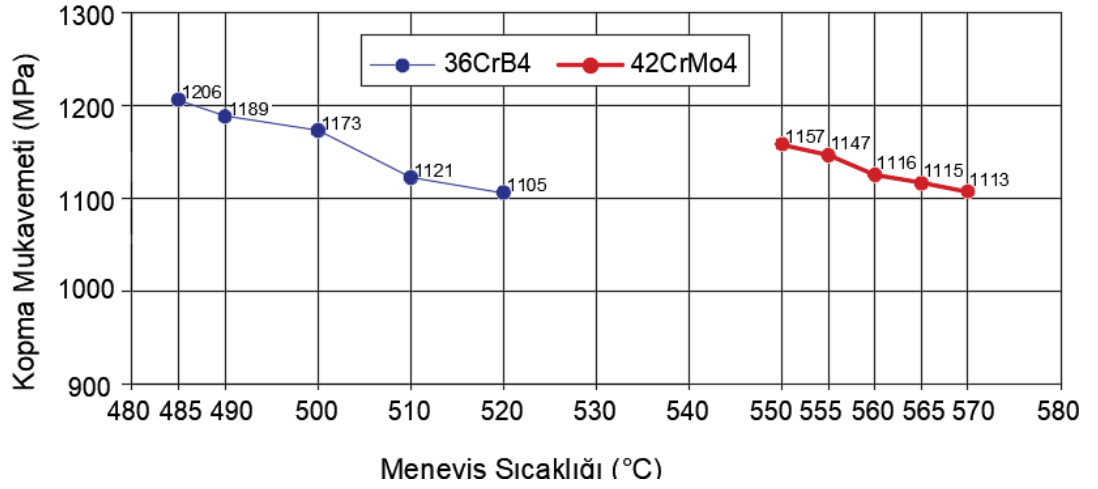
Çizelge 5.11. 520 °C’de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin mekanik değerleri

Numune Ölçüleri (Numune No:10 – 36CrB4)	
Çap (do)	10 mm
Başlangıç Kesit Alanı (Ao)	78.50 mm ²
Başlangıç Ölçü Boyu (Lo)	50 mm
Son Ölçü Boyu (Lo)	58.29 mm
Isıl İşlem Parametreleri	
Ön Isıtma	500 °C / 90 dak.
Tavlama	870 °C / 120 dak.
Meneviş	520 °C / 120 dak.
Deney Sonuçları	
Çekme Kuvveti	168.2 kN
Kopma Mukavemeti	1105 MPa
Akma Mukavemeti	1005 MPa
Kopma Uzaması	%16.59
Kesit Daralması	%52.98
Mikro Sertlik	345-348-352 HV
Çentik Değeri	-20 °C / 32-35-38 J

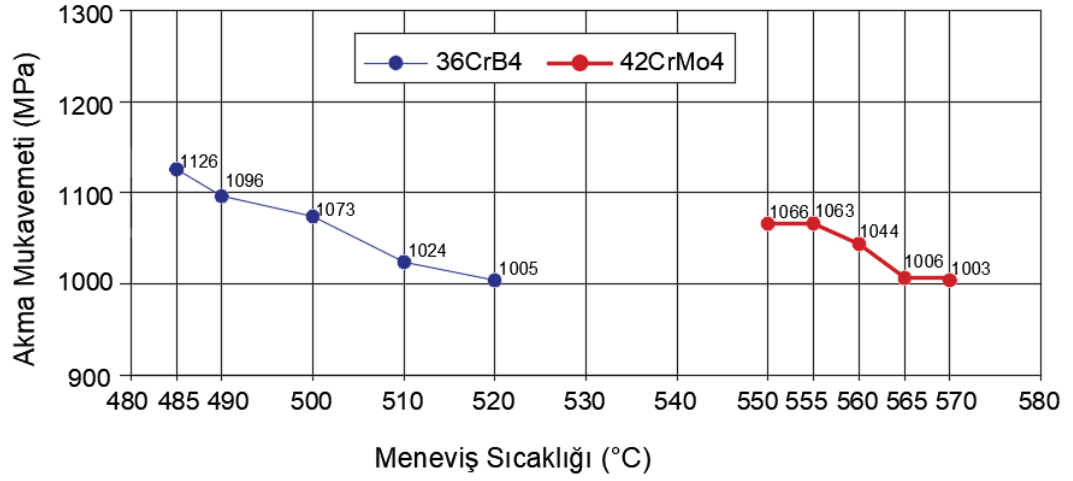
Farklı meneviş sıcaklıkları için 42CrMo4 ve 36CrB4 malzemelerinden elde edilen sonuçların grafikleri Şekil 5.1 – 5.10’da gösterilmiştir.



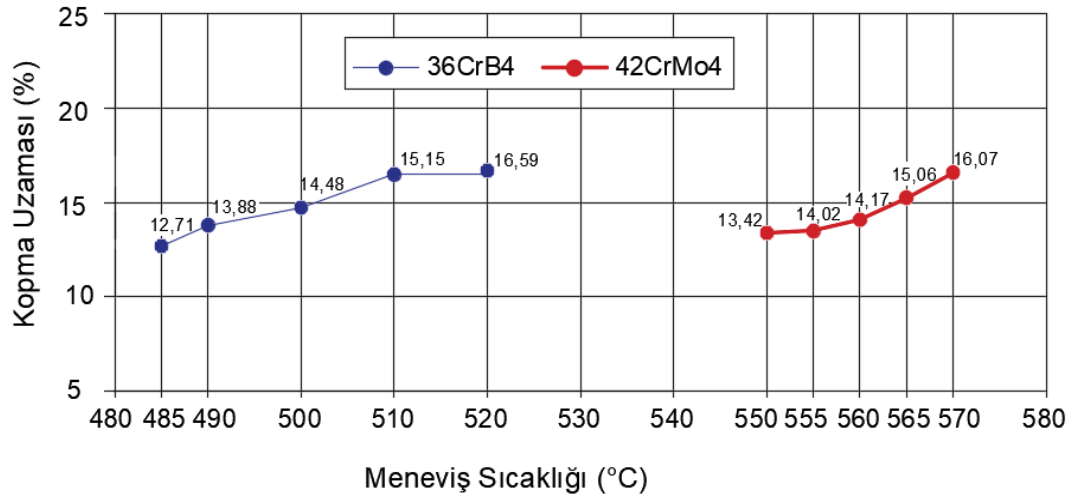
Şekil 5.1. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin meneviş sıcaklığına bağlı olarak çekme kuvvetlerinin karşılaştırılması



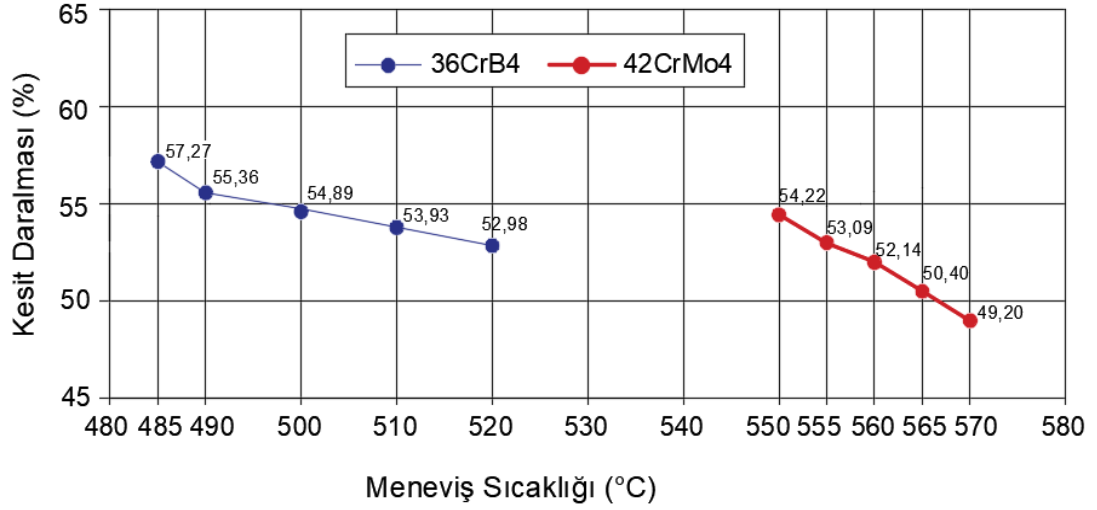
Şekil 5.2. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin meneviş sıcaklığına bağlı olarak kopma mukavemetlerinin karşılaştırılması



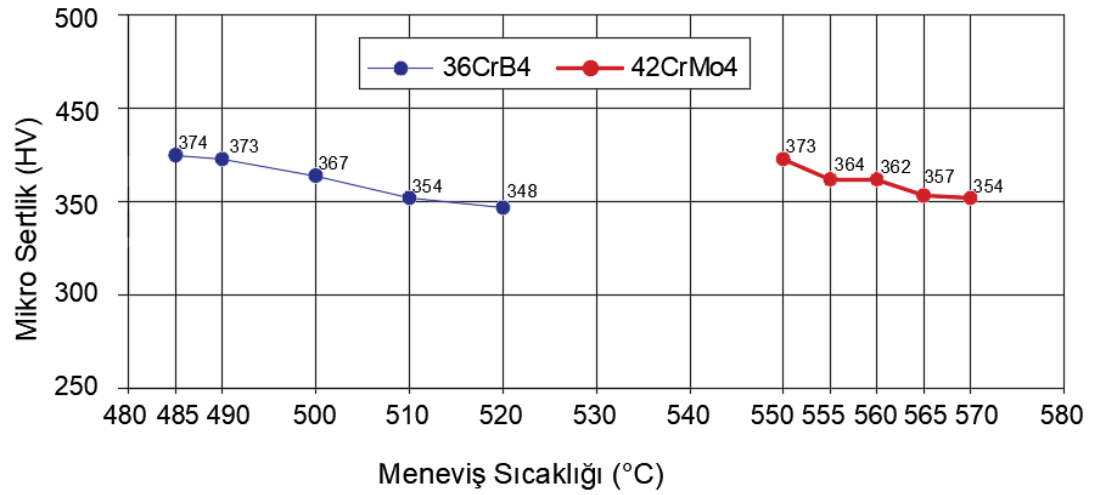
Şekil 5.3. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin meneviş sıcaklığına bağlı olarak akma mukavemetlerinin karşılaştırılması



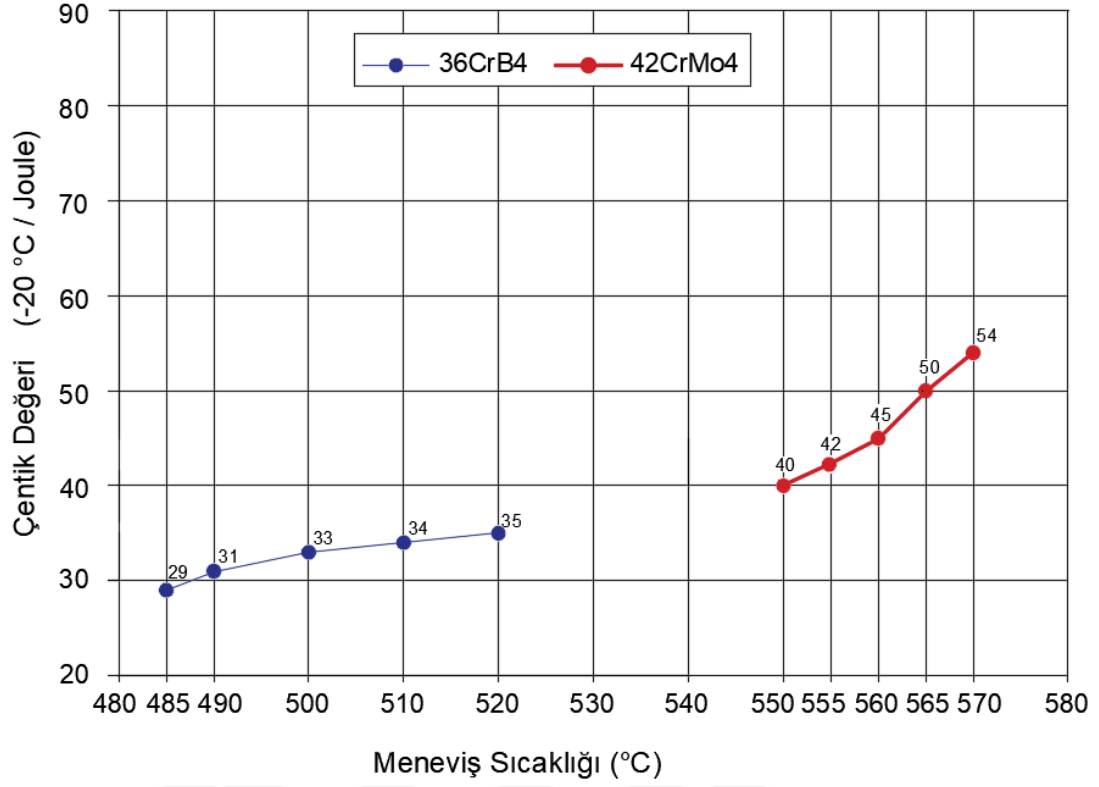
Şekil 5.4. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin meneviş sıcaklığına bağlı olarak kopma uzamalarının karşılaştırılması



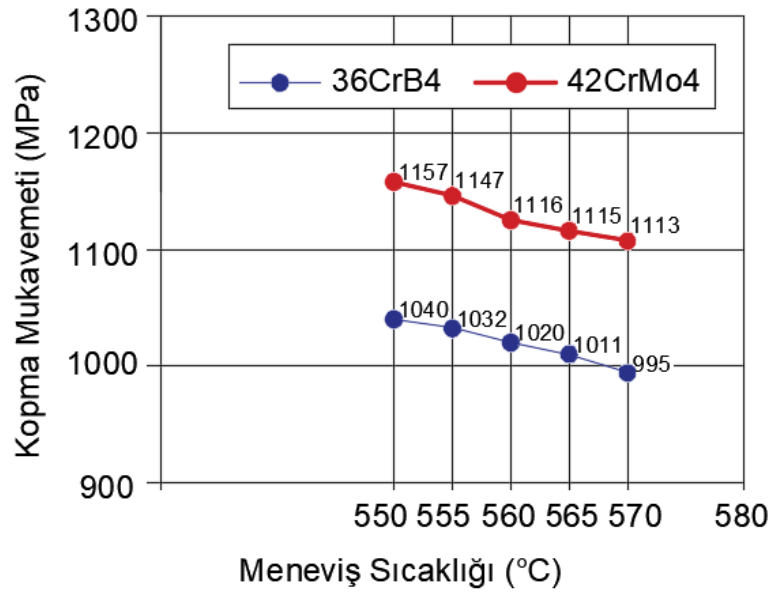
Şekil 5.5. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin meneviş sıcaklığına bağlı olarak kesit daralmalarının karşılaştırılması



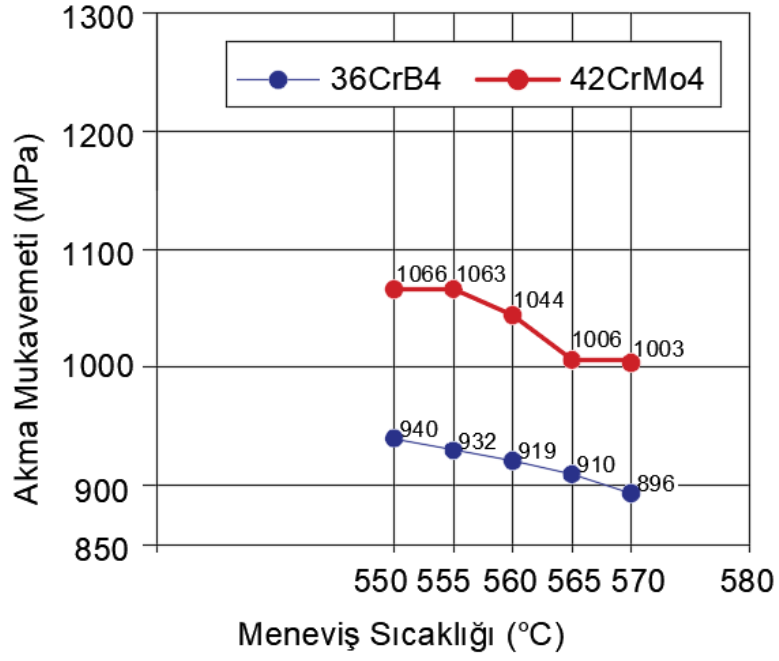
Şekil 5.6. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin meneviş sıcaklığına bağlı olarak mikro sertlik değerlerinin karşılaştırılması



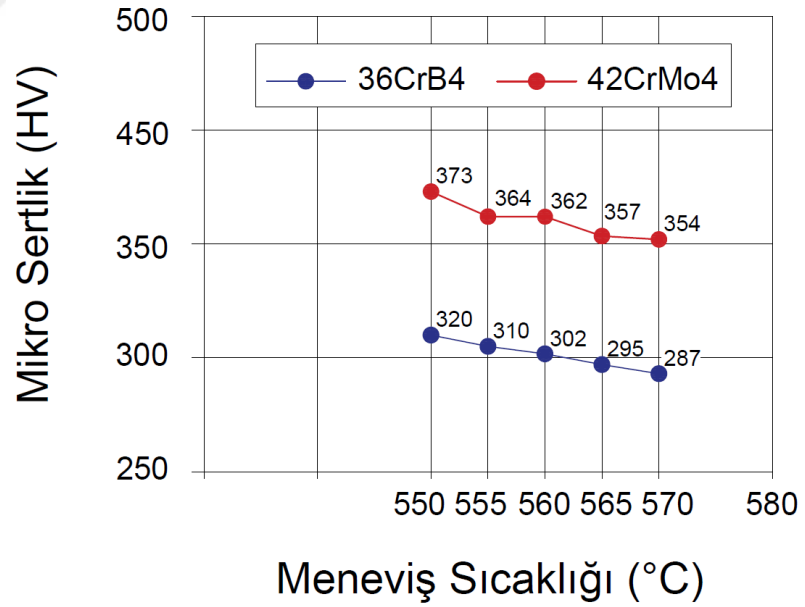
Şekil 5.7. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin meneviş sıcaklığına bağlı olarak çentik darbe değerlerinin karşılaştırılması



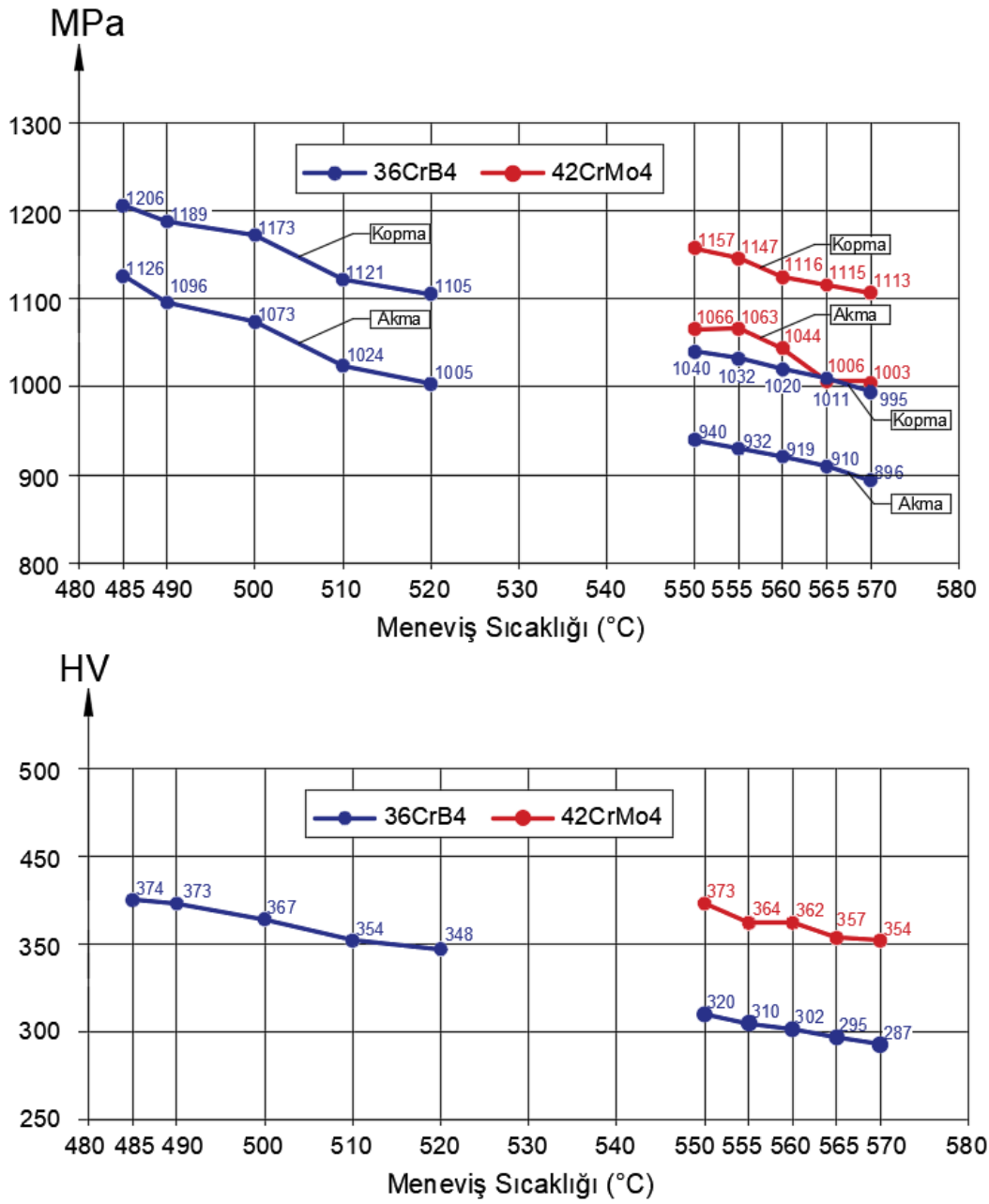
Şekil 5.8. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin aynı meneviş sıcaklığına bağlı olarak kopma mukavemetlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.9. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin aynı meneviş sıcaklığına bağlı olarak akma mukavemetlerinin karşılaştırılması

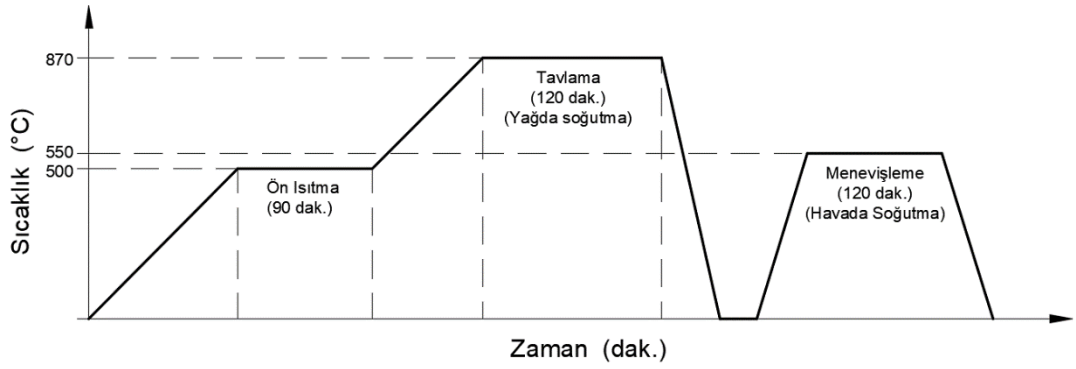


Şekil 5.10. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin aynı meneviş sıcaklığına bağlı olarak mikro sertlik değerlerinin karşılaştırılması

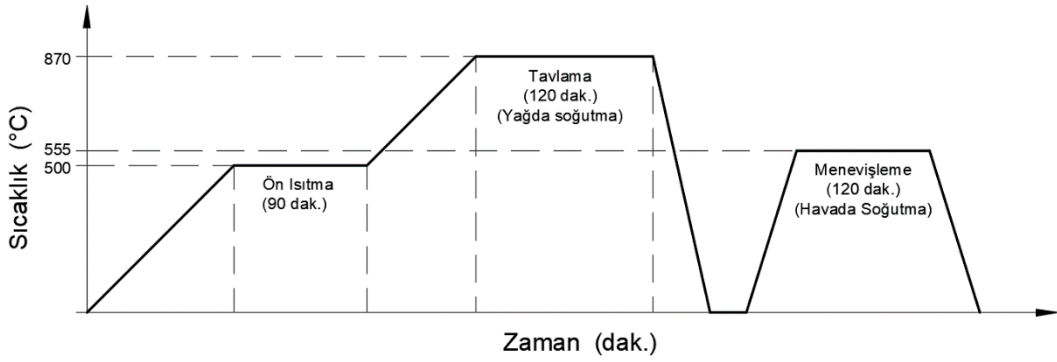


Şekil 5.11. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliklerinin akma, kopma ve mikro sertlik değerlerinin karşılaştırılma grafiği

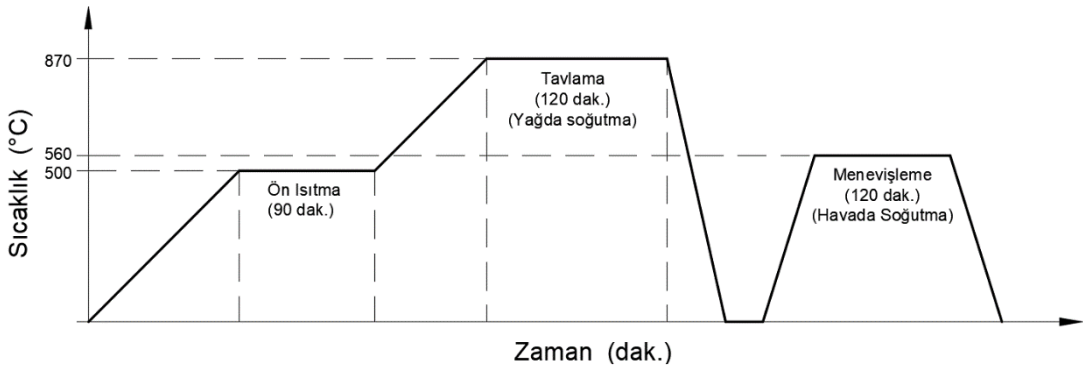
Yapılan deneylerin ısıl işlem diyagramları Şekil 5.12 – 5.22’de gösterilmiştir.



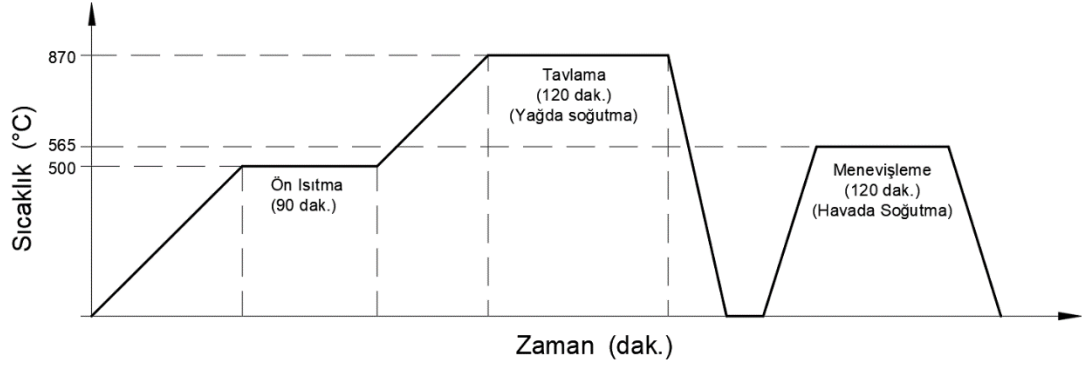
Şekil 5.12. 550 °C’de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin ısıl işlem diyagramı



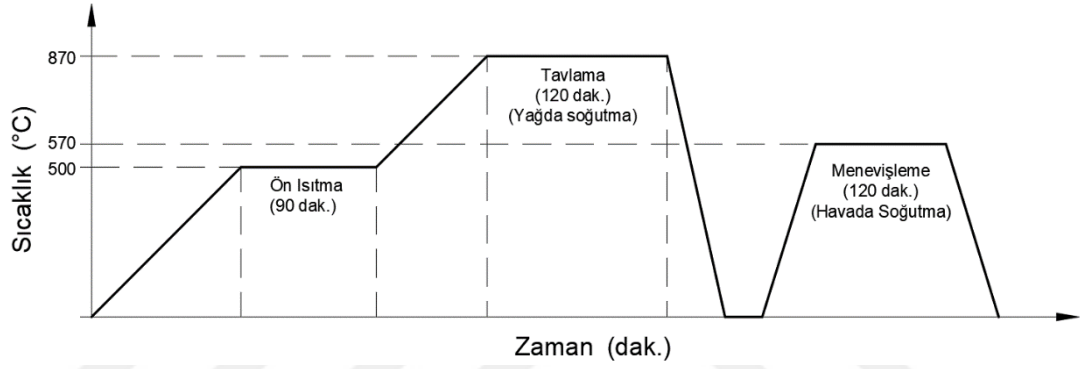
Şekil 5.13. 555 °C’de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin ısıl işlem diyagramı



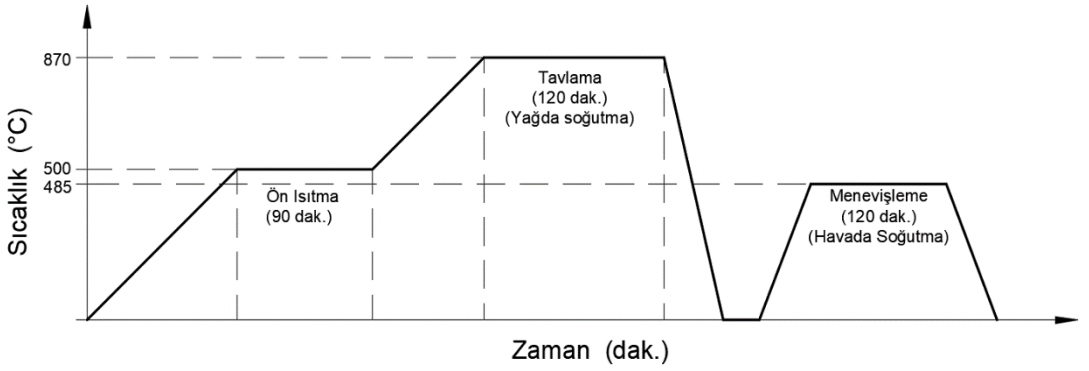
Şekil 5.14. 560 °C’de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin ısıl işlem diyagramı



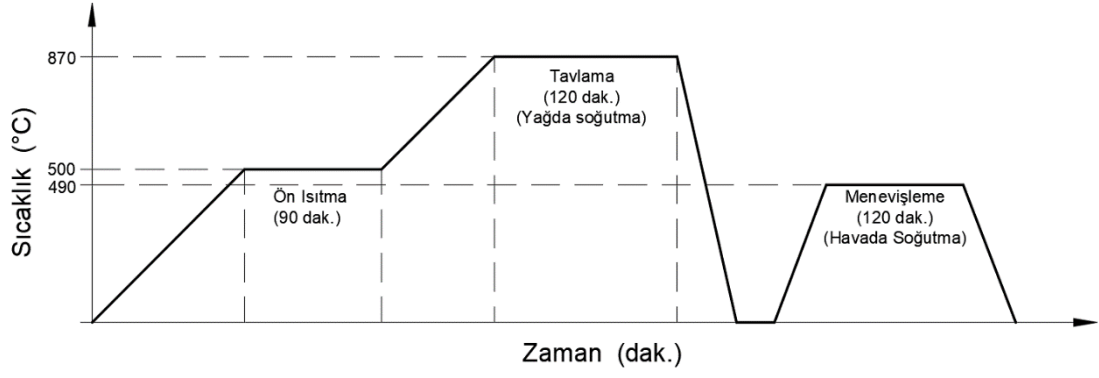
Şekil 5.15. 565 °C'de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin ısıtım işlem diyagramı



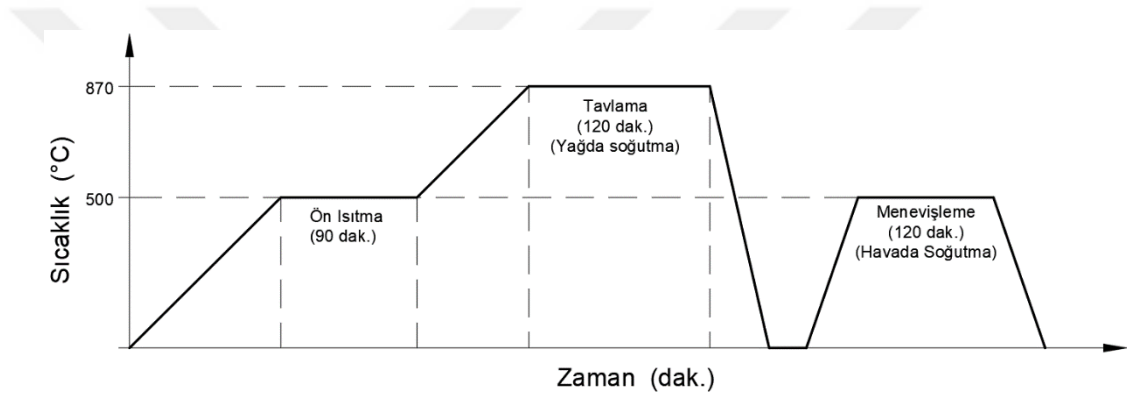
Şekil 5.16. 570 °C'de menevişlenen 42CrMo4 çeliğinin ısıtım işlem diyagramı



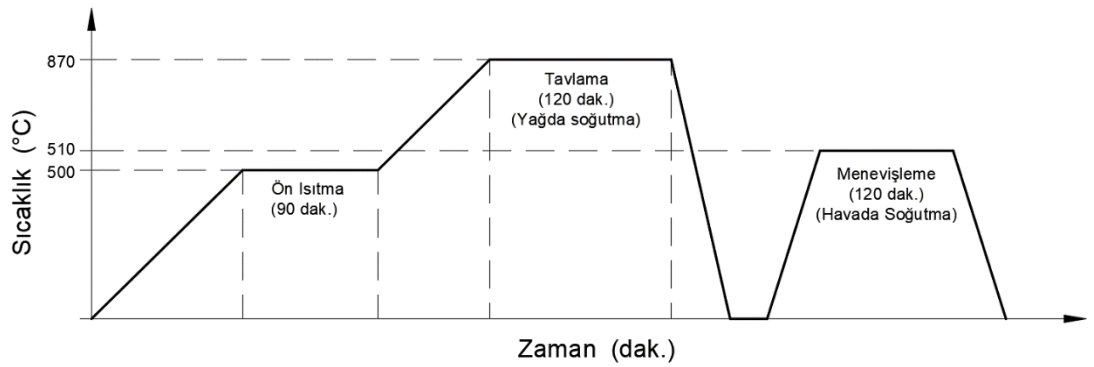
Şekil 5.17. 485 °C'de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin ısıtım işlem diyagramı



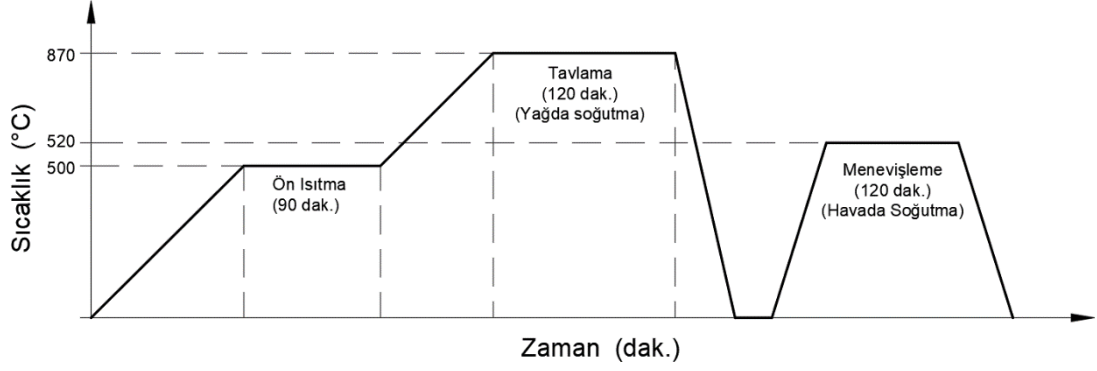
Şekil 5.18. 490 °C'de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin ısıtım işlem diyagramı



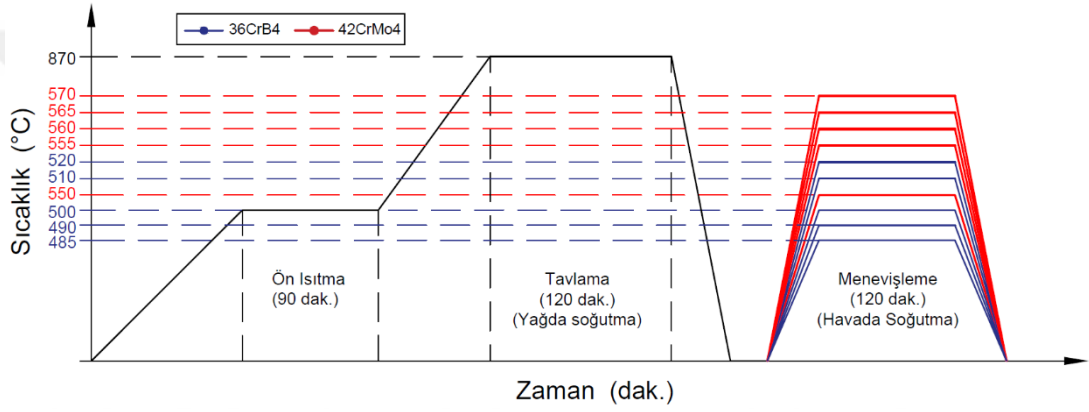
Şekil 5.19. 500 °C'de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin ısıtım işlem diyagramı



Şekil 5.20. 510 °C'de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin ısıtım işlem diyagramı



Şekil 5.21. 520 °C’de menevişlenen 36CrB4 çeliğinin ısıt işlem diyagramı



Şekil 5.22. 42CrMo4 ve 36CrB4 çeliğinin karşılaştırılmalı ısıt işlem diyagramı

Sonuçları değerlendirecek olursak 42CrMo4 çeliğinin 5 numune için çekme testi sonrasındaki ortalama akma mukavemeti 1036.4 MPa, ortalama kopma mukavemeti 1129.6 MPa, % kopma uzaması 14.54 ve % kesit daralması 51.81 dir. 36CrB4 çeliğinin 5 numune için çekme testi sonrasındaki ortalama akma mukavemeti 1068.6 MPa, ortalama kopma mukavemeti 1158.8 MPa, % kopma uzaması 14.56 ve % kesit daralması 54.88 dir. 42CrMo4 ve 36CrB4 numunelerinin mekanik test değerlerinin ortalamaları karşılaştırıldığında malzemelerin akma mukavemeti, kopma mukavemeti, % uzama ve % kesit daralma değerlerinin çok yakın değerler olduğu görülmüştür.

Yapılan deneysel çalışmada kullanılan bütün numunelere Vickers sertlik ölçümü yapılmıştır. 42CrMo4 çeliğinin 5 numune için ortalama 362 HV sertlik değerleri

çıkılmaktadır. 36CrB4 çeliğinin 5 numune için ortalama 363.2 HV sertlik değeri çıkmaktadır. Her iki malzemenin sertlik ölçüm değerleri kıyaslandığında çok yakın sertlik değerleri elde edilmiştir.

42CrMo4 çeliğinin 5 numune için çentik darbe testi ortalaması TS EN ISO 898-1 standartlarında 46.20 J 'dür. 36CrB4 çeliğinin 5 numune için çentik darbe testi ortalaması TS EN ISO 898-1 standartlarında 32.4 J 'dür.

Aynı meneviş sıcaklığına bağlı olarak yapılan kopma, akma ve sertlik deneylerinde elde edilen sonuçlar ise Şekil 5.8, 5.9, 5.10'da gösterilmiştir. Buradaki sonuçlardan da görüleceği gibi ancak meneviş sıcaklığının değiştirilmesi ile istenen sonuçlar elde edilebilmiştir. Aynı meneviş sıcaklığında alınan sonuçlar 10.9 kalite için gerekli olan değerlerin altında kalmıştır.

Bu çalışmada, ısıtma işlem sıcaklıklarına bağlı olarak iki malzemenin karşılaştırması yapılmıştır. Farklı sıcaklıklarda menevişleme yapılarak 10.9 kalite için gerekli mekanik özelliklerin elde edilebileceği görülmüştür. 42CrMo4 malzemesinin kullanımı yerinde 36CrB4 malzeme kullanılırsa maliyet açısından tasarruf sağlanacağı ve malzeme kullanımdaki farklılık ortadan kalkacağı tespit edilmiştir.

42CrMo4 ile 36CrB4 çeliği arasındaki fiyat farkını kıyaslandığında 1 tonda yaklaşık 120 Euro fark bulunmaktadır Şekil 5.23.



01.11.2017

Rev. : 11

FİYAT LİSTESİ					Fiyatlar Euro/ton'dur
FİYAT GRUPLARI			Ø 19 - 220 K70 ve ÜZERİ PLATİNA 50-130 x 135-400	K50 - K65	LAMA 6-60 x 50-120

Ölçüler mm'dir.

Karbon Çelikleri					
1	A	C(10-70), SAE (1008-1090)	1020	1070	1005
	B	ST52-3, 30MnS, 46Mn7, S355J2G3 (Mn % 1'in üzeri)	1046	1096	1031
Yay Çelikleri					
2		60SiMnS, SAE 9260, 50MnSi4	1102	1152	1093
	3	62SiCrS, SAE 9262, 61SiCr7	1196	1256	1186
Otomat Çelikleri					
4	A	(10-60)S20, SAE 1117, EN8M	1079	1134	
	B	(9-11)SMn(Pb)(28-37)	1159	1219	
Isıl Çelikleri					
5		SAE 5135, (34-41)Cr4, 55Cr3, ZF63, CM80F, 35CrMnS, 30M5R	1103	1158	1090
	6	(18-50)CrMo(S)4, 50CrV4, SAE 4140, SAE 4150, BS709M40, (16-30)CD4, EN16C (% 5 PB farkı eklenir.)	1210	1270	1226
7	A	34CrNiMo6, SAE 4340	1729	1814	
	B	30CrNiMo8	1874	1969	
	C	31CrMoV9	1476	1546	
Borlu Çelikler					
8		(20-33)MnB(4-5), SAE 15B(16-41)H	1090	1145	

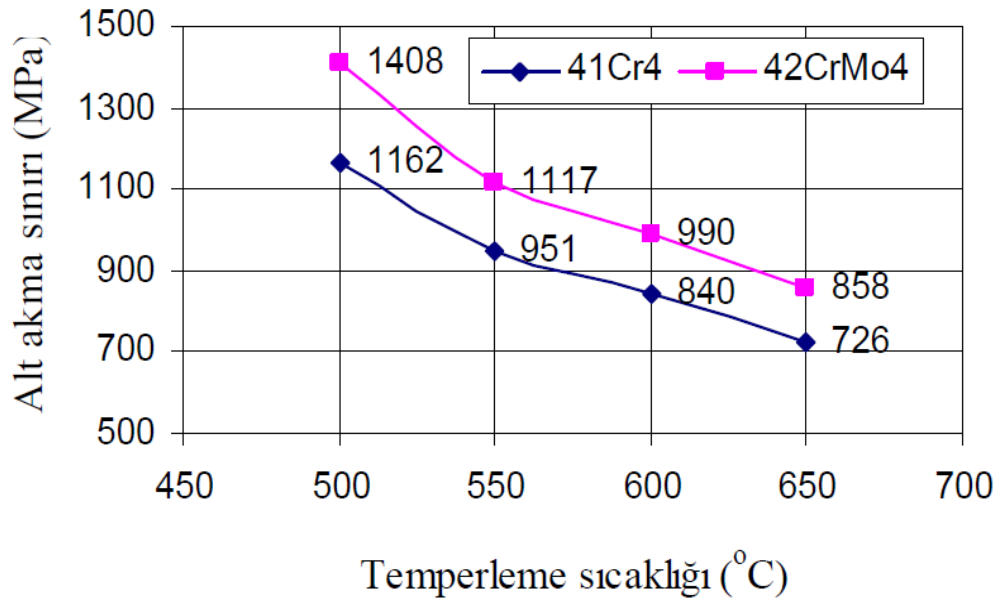
Şekil 5.23. 42CrMo4 ile 36CrB4 çeliğinin fiyat kıyaslaması

Bu çalışmanın amacı 10.9 kalite üretimler için sadece 42CrMo4 çeliğine bağlı kalmadan başka tür malzeme kullanımını ortaya çıkarmaktır. Böylece ürün için gerekli olan hammadde fiyatını ucuza elde etmek bakımından alternatif malzeme olarak 36CrB4 malzeme kullanılabilir olduğu görülmüştür.

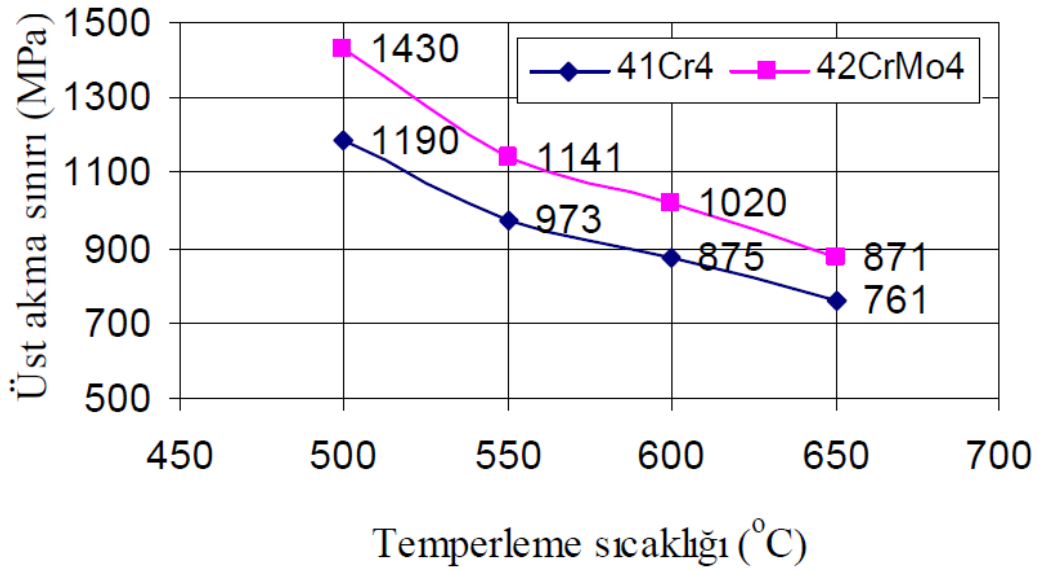
Literatürde 36CrB4 ile ilgili çalışmalara rastlanamamıştır. Benzer bir çalışma olarak Mehmet DEMİREZEN in 2006 yılında yaptığı tezde DIN 41Cr4 ve DIN 42CrMo4 çeliklerde ısıtılma işleminin mekanik özelliklere etkisi araştırılmıştır. Farklı sıcaklıklarda temperleme yapılarak aynı mekanik özelliklerin elde edilebileceği ön görülmüştür. 42CrMo4 malzemesinin kullanımı yerine 41Cr4 malzeme kullanılırsa maliyet açısından tasarruf sağlanacağı ve malzeme kullanımındaki farklılığın ortadan kalkacağı tespit edilmiştir.

Her iki çelik grubundan hazırlanan numuneler ilk olarak sürekli ısıtılma işlemi fırınında 850 °C'de ısıtıldıktan ve 40 dk. süreyle tavlandıktan sonra 90 °C'de yağ ortamında soğutulmuştur. Aynı malzemeden üç adet numune her bir sıcaklık için 60dk. süreyle sırasıyla 450, 500, 550, 600, ve 650 °C sıcaklıklarında temperlenmiştir. Temperlenen malzemelerden mekanik özellikleri karşılaştırmak üzere çekme ve sertlik deneyleri uygulanmıştır.

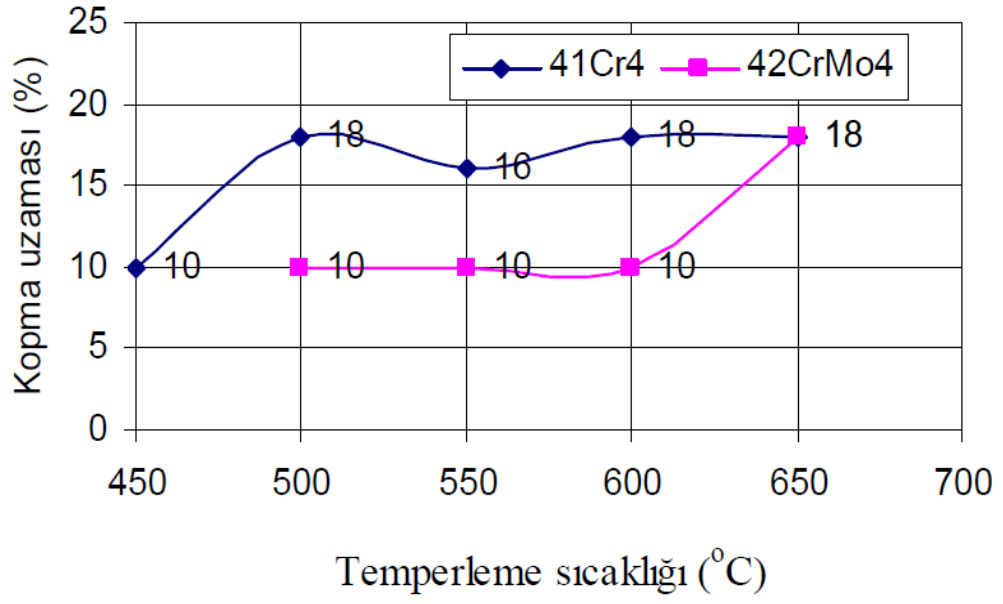
Elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi aşağıda gösterilmiştir.



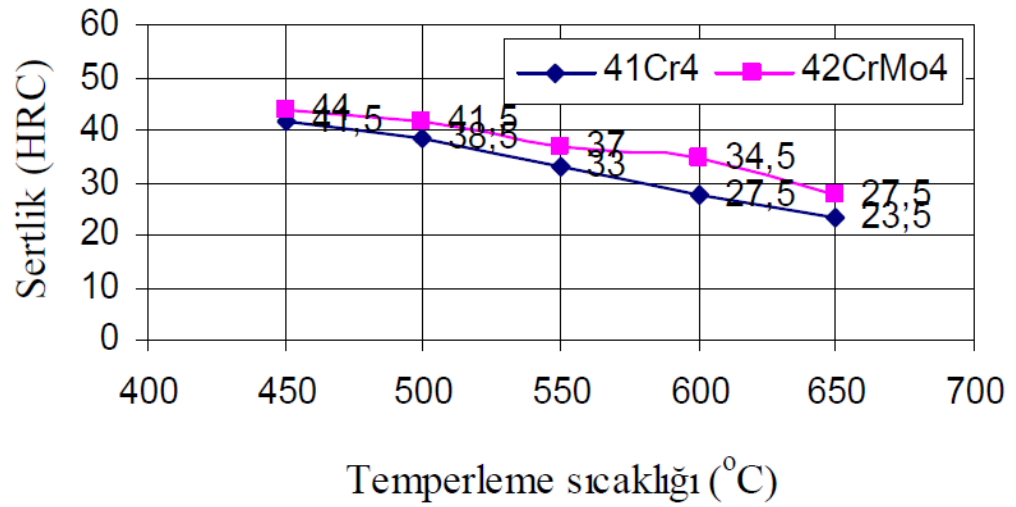
Şekil 5.24. 41Cr4 ve 42CrMo4 çeliklerinin temperleme sıcaklığına bağlı olarak alt akma sınırı değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.25. 41Cr4 ve 42CrMo4 çeliklerinin temperleme sıcaklığına bağlı olarak üst akma sınırı değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.26. 41Cr4 ve 42CrMo4 çeliklerinin temperleme sıcaklığına bağlı olarak kopma uzaması değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.27. 41Cr4 ve 42CrMo4 çeliklerinin temperleme sıcaklığına bağlı olarak sertlik değerlerinin karşılaştırılması

Bu deneysel çalışmada akmanın iki değeri olduğu görülmüştür. Bundan dolayı ilk olarak Şekil 5.24’de iki malzemenin farklı temperleme sıcaklıklarına bağlı olarak alt akma sınırlarının karşılaştırılması yapılmış. Şekil 5.24’den anlaşılaçağı üzere 650 °C’de 42CrMo4 malzemesinin sahip olduğı akma alt değerin 41Cr4

malzemesi için yaklaşık olarak 600 °C'de temperleyerek elde edilmiş. Aynı şekilde diğer noktalarda 50 °C düşük sıcaklıkta temperleme yaparak yaklaşık mekanik değerlere ulaşılmış. Akmanın üst sınırı içinde alt akma sınırında yapılan karşılaştırma Şekil 5.25'de verilmektedir. Değerlerin alt akmaya göre daha uyumlu oldukları görülmüştür. 41Cr4 malzemesini farklı sıcaklıklarda menevişleyerek 42CrMo4 malzemesinin mekanik değerlerine çok yakın değerlerin elde edildiği görülmektedir. Şekil 5.26'da her iki çeliğin farklı sıcaklıklardaki kopma uzaması değerleri karşılaştırılmıştır. 41Cr4 çeliği 500-650 °C sıcaklık aralığında yaklaşık %18 oranında kopma uzaması göstermiştir. Bu değer 450 °C %10 değerine düşmüştür. 42CrMo4 çeliği ise 650 °C haricindeki sıcaklıklarda %10 kopma uzaması göstermiştir. Genel olarak 41Cr4 çeliğinin 42CrMo4 çeliğine göre kopma uzaması değeri daha yüksek olarak ölçülmüştür. Ayrıca her iki malzeme farklı sıcaklıklarda menevişlendikten sonraki sertlik değerleri de ölçülmüştür. Şekil 5.27'de değerler karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Sertlik ölçümlerinde de akmada olduğu gibi değerlerinin birbirine yakın olduğu durumlar ortaya çıkmaktadır. Örnek olarak 41Cr4 malzemesi 450 °C'de temperlendiği zaman 500 °C'de temperlenen 42CrMo4 malzemesiyle aynı sertlik değerine sahip olmaktadır. Bu şekilde malzeme çeşitliliğini artırmak yerine ısıl işlemle aynı mekanik özelliklere sahip malzeme kullanımı ile daha hızlı lojistik temin sağlanması mümkün olabilecektir.

Bir sonraki çalışmalarda malzemelerin kimyasal özellikleri değiştirilerek, farklı çap ve boylarda numuneler hazırlanarak ve ısıl işlem parametrelerinde değişiklikler yapılarak farklı deneyler yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Akcil, M., Erel, S., Erel, G.K., Celik, V., 2006. The behaviour of a typical single-crystal Si solar cell under high intensity of electric field - SOLAR ENERGY MATERIALS AND SOLAR CELLS. Vol.90 - pp.582-587 - ISSN : 0927-0248 - DOI : 10.1016/j.solmat.2005.04.038.
- Ataçelik, 2017. Erişim Tarihi: 17.08.2017.
<http://www.atacelik.com/tavlama.html>
- Chuang J.H., Tsayt, L.W., Chen, C., "Crack growth behaviour of heat-treated 4140 steel in air and gaseous hydrogen", International Journal of Fatigue, Journal cilt 20, No.7, 1998, s.531-536.
- Ceyhun, V., Çiftçi, N., "Çeşitli Kesici Takımların, Takım Ömürlerinin Deneysel Yöntemle Saptanması, Ege Üniversitesi Müh. Fak. Mak. Müh. Böl., 2002, s.3-9.
- Çelik, K.D., 2016. Erişim Tarihi: 12.03.2017.
<http://www.kayademircelik.com/2016/04/28/teknik-bilgiler/>
- Çelik, A., Gavgalı, M., "Yüzeyi Plazma ile Nitrürlenmiş AISI 4140 Çeliğinin Korozyon Davranışı", UMTİK ODTÜ, Ankara, Türkiye, 1998
- Demirezen, M., Bayrak, M., Öztürk, F., 2006. DIN 41Cr4 ve DIN 42CrMo4 Çeliklerde Isıl İşlemin Mekanik Özelliklere Etkisinin Araştırılması. TEKNOLOJİ, Cilt 9, Sayı 2, 145-152.
- Epik, Ö., Epik, H., Sever, K., ve Karadeniz, S., "İyon İmplantasyonu İle Metal Yüzeyi Islahı", Mühendis ve Makine Dergisi, sayı 350, 2002, s.3-5.
- Hascometal, 2017. Erişim Tarihi: 25.07.2017.
<http://www.hascometal.com/teknik-bilgiler.aspx?ID=68>
- Hasçelik, 2017. Erişim Tarihi: 12.08.2017. <http://demo.hascelik.com/tr/celik-hakkinda/celiklerin-isil-islemi/70>
- Hakçelik, 2017. Erişim Tarihi: 12.08.2017.
<http://www.hakcelik.com.tr/icerik/celktesislem>
- Kayalı, E.S., Ensari, C., Dikeç, F., 1996. Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri. İ.T.Ü., 181, İstanbul.
- Metals Handbook (1993): "Heat Treatments of Steels", 10th edition , ASM.
- NSC Çelik, 2017. Erişim Tarihi: 23.02.2017.
<http://www.nsccelik.com/celiklereuygulanaisilislemler.html>

Savaşkan , T., 2012. Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, 378, Trabzon.

Thomas, R., Ganesa-Pillai, M., Aswath, P.B., Lawrence, K.L., and Haji-Sheikh, A.,
“Analytical/Finite-Element Modeling and Experimental Verification of
Spray-Cooling Process in Steel”, Metallurgical and Materials Transactions
A, Journal cilt 29A, 1998, s.1-8

Tekin, E., 1984. Çelik ve Çelik Standartları. Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt:25,
Sayı:292, 3-11.

Topbaş, A. M., 1998. Çelik ve Isıl İşlem El Kitabı. Ekim Ofset Yayınları, 553,
İstanbul.

Uzku, M., Özdemir, İ., 2001. Farklı Çeliklere Uygulanan Değişen Isıtma
Hızlarının Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi. DEÜ Mühendislik
Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt:3, Sayı:3, 65-73.

ÖZGEÇMİŞ

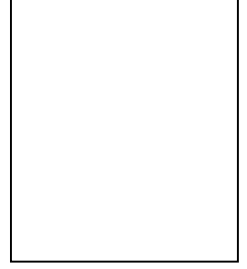
Adı Soyadı : Önder DOKUZLAR

Doğum Yeri ve Yılı : Tarsus, 1979

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : onder79@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Tarsus Lisesi, 1995

Lisans : SDÜ, Teknik Eğitim Fakültesi, Tesisat Öğretmenliği
: ŞIRNAK ÜNİVERSİTESİ, Müh. Fak., Enerji Sis. Müh.

Mesleki Deneyim

Imtech İnfra Data 2004-2005

Berdan Cıvata A.Ş. 2005-..... (halen)