



T.C

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METALLERİN SICAK ŞEKİLLENDİRME

PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

FURKAN AKBAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA 2011

**METALLERİN SICAK ŞEKİLLENDİRME
PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ**

FURKAN AKBAŞ



T.C

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METALLERİN SICAK ŞEKİLLENDİRME

PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

FURKAN AKBAŞ

Prof. Dr. Reşat ÖZCAN

(Danışman)

BURSA 2011

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Furkan AKBAŞ tarafından hazırlanan “METALLERİN SICAK ŞEKİLLENDİRME PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ “ adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı ’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Reşat ÖZCAN

Başkan : Prof. Dr. Reşat ÖZCAN

İMZA

..... Üniversitesi

..... Fakültesi

..... Anabilim Dalı

Üye :

İMZA

..... Üniversitesi

..... Fakültesi

..... Anabilim Dalı

Üye :

İMZA

..... Üniversitesi

..... Fakültesi

..... Anabilim Dalı

Üye :

İMZA

..... Üniversitesi

..... Fakültesi

..... Anabilim Dalı

Üye :

İMZA

..... Üniversitesi

..... Fakültesi

..... Anabilim Dalı

Yukarıdaki Sonucu Onaylarım

Prof. Dr. Kadri ARSLAN

Enstitü Müdürü .. / .. /

Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada ;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

10.10.2011

Furkan AKBAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

METALLERİN SICAK ŞEKİLLENDİRME PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

Furkan AKBAŞ

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Reşat ÖZCAN

Termo mekanik işlemler çeliklerde enerji tasarrufuna yönelik spesifik işlemlerden biridir. Termo mekanik İşlem uygulamaları ile hem üretilen ürünlerin kalitesini yükseltmek hem de üretim safhalarını kısaltmak mümkün olmaktadır. Termo mekanik işlem uygulamalarının temeli plastik şekil verme esnasında meydana gelen kafes hatalarından yararlanma esasına dayanmaktadır. Plastik şekil verme durumuna göre faz dönüşümünden önce, faz dönüşümü esnasında veya sonrasında uygulanmaktadır. Bu çalışmada termomekanik işlemlerin tarifi, sınıflandırmaları ve işlem aşamaları incelenmiştir. Termomekanik işlemlerin çeliklerdeki kullanımı neticesinde mekanik-teknolojik özelliklerde iyileşmeler görülmüş; ısı işlem safhalarının kısaltılması sonucunda belirgin olarak zaman ve enerji tasarrufu sağlandığı ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler :Sıcak şekil verme, akma dayanımı, çekme dayanımı

2011, ix+43 sayfa

ABSTRACT

MScThesis

Investigation of Parameters of Hot Forming of Metals

Furkan AKBAŞ

UludagUniversity
Graduate School of Natural andAppliedSciences
Department of MechanicalEngineering

Supervisor: Prof. Dr. Reşat ÖZCAN

Thermo mechanical treatments are one of the specific treatments that is an energy saving process in metals. By the application of thermomechanical treatments it is possible to save production time as well as increase product quality.

Thermomechanical treatments principles are based on the use of latticed effects during plastic shaping. Plastic shaping is done before, during, and after phase transformation depending on the situation. In this work the definition, classification and process steps by thermal mechanical treatment were examined.

After use of thermal mechanical treatment in steels, it was observedim provement in the mechanical-technological characteristics. Through shorting of the process steps considerable time and energy were saved.

KeyWords: Hot Forming, yield strength, tensile strength

2011, ix+43 pages

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans eğitimin boyunca danışmanlığımı yapan, bu süreç boyunca her türlü desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen başta sayın danışman hocam Prof. Dr. Reşat ÖZCAN olmak üzere, yapılan deneylerde bilgi birikimi, tecrübesi ve emeğiyle benden hiçbir yardımı esirgemeyen sayın Araş. Gör. Hande GÜLER ve Dr. Rukiye ERTAN' a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Furkan AKBAŞ

10.10.2011

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Özet.....	i
Abstract.....	ii
Teşekkür.....	iii
İçindekiler.....	iv
Simgeler ve Kısaltmalar Dizini.....	vii
Şekiller Dizini.....	viii
Çizelgeler Dizini.....	ix
1.GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	2
2.1 Sıcak Şekil Değişirme.....	3
2.2. Şahmerdanların Çalışma Prensibi.....	5
2.3 Düşme Çekiçlerde Çalışma.....	6
2.4 Sıcak Şekillendirmede Güvenlik Önlemleri.....	7
2.5 Sıcak Şekil Vermede Kullanılan Yöntemler.....	8
2.5.1 Çekme Nedir?.....	8
2.5.2 Şişirme Nedir?.....	9
2.5.3 Yayma Nedir?.....	10
2.5.4 Boğma Nedir?.....	10
2.5.5 Kesme Nedir?.....	11
2.5.6 Burma Nedir?.....	11
2.5.7 Bükme Nedir?.....	12
2.5.8 Delme Nedir?.....	13
2.5.9 Yarma Nedir?.....	14
2.6 Sıcak ve Soğuk Şekil Değiştirmenin Karşılaştırılması.....	15
2.7 Bor Çeliği.....	16
2.7.1 Bor ve Özellikleri.....	16

	Sayfa
2.7.2 Bor Çelikler.....	16
2.7.3 Docol Bor Çeliği (22MnB5).....	19
2.8 Çekme Deneyi.....	21
2.8.1 Numunelerin Çekme Esnasındaki Durumları ve Çekme Eğrisi....	21
2.9 Çekme Eğrisinden Elde Edilen Mekanik Özellikler.....	23
2.9.1 Elastite Modülü.....	23
2.9.2 Akma Mukavemeti.....	23
2.9.3 Çekme Mukavemeti.....	23
2.9.4 Kopma Mukavemeti.....	23
2.9.5 % ϵ Uzama.....	24
2.9.6 % Kesit Daralması.....	24
2.9.7 Poisson Oranı.....	24
2.9.8 Rezilyans.....	25
2.9.9 Tokluk.....	25
3. DENEYİN YAPILIŞI.....	27
3.1. Havada Soğutulan Numuneler.....	28
3.1.1 700 °C ‘ de Havada Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları....	28
3.1.2 750 °C ‘ de Havada Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları....	29
3.1.3 800 °C ‘ de Havada Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları.....	30
3.1.4 850 °C ‘ de Havada Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları...	30
3.1.5 900 °C ‘ de Havada Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları....	31

3.1.6 950 °C ‘ de Havada Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçlar.....	31
3.2 Suda Soğutulan Numuneler.....	32
3.2.1 700 °C ‘ de Suda Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları.....	32
3.2.2 750 °C ‘ de Suda Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları.....	32
3.2.3 800 °C ‘ de Suda Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları.....	33
3.2.4 850 °C ‘ de Suda Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları.....	33
3.2.5 900 °C ‘ de Suda Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları.....	34
3.2.6 950 °C ‘ de Suda Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları.....	34
3.3 Üst Yüzey Numuneleri.....	35
3.4 Yan Yüzey Numuneleri.....	36
4. SONUÇLAR.....	38
5. KAYNAKÇA.....	42
6-ÖZGEÇMİŞ.....	43

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
°C	Santigrad Derece
MPa	Megapascal
Mm	Milimetre
gr	gram
E	Elastiste modülü
τ	Kayma gerilmesi
ν	Poisson oranı

Şekiller Dizini

	Sayfa
Şekil 2.1 – Çekme cihazında numunelerin kopma anında durumu.....	21
Şekil 2.2 – Çekme Diyagramı.....	22
Şekil 2.3 – Rezilyans.....	25
Şekil 2.4 – Tokluk.....	26
Şekil 3.1- Çekme Numunesi.....	27
Şekil 3.2- Kopma Durumu.....	28
Şekil 3.3 – Şekil Verilmiş Kalıp.....	35
Resim 2. 1 – Çekme Cihazı.....	22

Çizelgeler Dizini

Sayfa

Çizelge3.1 – Fırında tutma zaman çizelgesi.....	27
Çizelge 3.2 - Üst yüzey akma mukavemeti.....	35
Çizelge 3.3 - Üst yüzey çekme mukavemeti.....	36
Çizelge 3.4 - Yan yüzey akma mukavemeti.....	36
Çizelge 3.5 – Yan Yüzey çekme mukavemeti	37
Çizelge 4.1 – Hava soğuma akma mukavemeti.....	38
Çizelge 4.2 - Suda soğuma akma mukavemeti.....	38
Çizelge 4.3 - Havada soğuma çekme mukavemeti.....	39
Çizelge 4.4 - Suda soğuma çekme mukavemeti.....	39

1.GİRİŞ

Malzemelerin şekillendirilmesi, şekil verme işleminin uygulandığı sıcaklığa göre “sıcak” ve “soğuk” olarak ikiye ayrılır. Malzeme davranışı bakımından temel farklılıklar gösteren bu iki grup arasındaki sınır, malzemenin yeniden kristalleşme sıcaklığı ile belirlenir.

Sıcak şekil verme işleminde, şekil verme sıcaklığı yeniden kristalleşme için gerekli olan en düşük sıcaklık değerinden oldukça yüksektir. Soğuk şekillendirme işleminde ise, şekil verme sıcaklığı malzemenin yeniden kristalleşme sıcaklığından oldukça düşüktür.

Yapılan bu tez çalışmasında Beyçelik tarafından temin edilen ve 22MnB5 malzemesinden üretilmiş bir kalıbın sıcak şekil verme işleminden sonra elde edilen yeni mekanik özellikleri elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında ilk olarak işlem görmemiş numuneler çekme cihazı ile çekilerek akma ve çekme dayanımları elde edilmiştir. Daha sonra belirli sıcaklıklarda ısıtılarak (700 – 950 °C) hava ve su ortamında soğumaya bırakılmıştır. Ardından soğuyan bu malzemeler çekme cihazında çekilerek havada ve suda olmak üzere 2 ayrı kategoride akma ve çekme dayanımları bulunarak ilk numuneler ile sonuçları karşılaştırılmıştır.

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMA

22MnB5 çeliğinin sıcak şekillendirilmesi ile ilgili bilimsel makaleler araştırılmıştır. Bu makalelerde dünya genelinde yapılan ilgili çalışmalar incelenmiştir. Bir çok yayının incelenmesi sonucunda çalışmaya referans olabilecek çalışmalar aşağıda listelenmiştir.

A.Turetta, S. Bruschi ve A.Ghiotti (DIMEG University of Padova, Via Venezia, 19 June 2006) yaptıkları çalışmada, otomotiv sektöründe yüksek mukavemetli çelikler sıcak şekillendirme ile nihai ürünlerin yapısal performanslarını etkileyen ağırlıkta önemli bir azalma elde etme imkanı sunduğunu fark etmişlerdir Ancak sektördeki sınırlı uygulamanın ana nedeni, yüksek sıcaklıklardaki mekanik ve mikro yapı özellikleri, sınır şartları (sürtünme ve ısı transferi), oluşan geometrik bileşenin duyarlılığı ve mekanik özellikleri hakkında temel bilgi eksikliği yatmaktadır. Su verme ile eş zamanlı olarak gerçekleştirilen tek eksenel çekme testleri, farklı sıcaklıklarda ve gerilme oranlarında akış stres veri Dilatometre cihaz yardımı ile termal testler faz dönüşümü verisi oluşturmak için kullanmışlardır.

M.Merklein, J. Lechler, M. Geiger (Chair of Manufacturing Technology, Institute of Mechanical Engineering University of Erlangen, 30 June 2007) yaptıkları çalışmada, otomotiv sektöründe daha yüksek dayanımlı çeliklerin daha fazla kullanım alanı bulabilmesi için, yenilikçi şekillendirme teknolojilerinin non-izotermal sıcak damgalama süreci gerekli olduğunu söylemişleridir. Yaptıkları çalışmada termo mekanik akış, sıcaklık bağımlılığı, ultra yüksek mukavemetli çelik 22MnB5, gerginlik soğutma oranı vb. özellikleri hakkında soruşturma sonuçları elde etmişlerdir.

M.Naderi, A.Saeed-Akbari, W.Bleck (Department of Materials Science and Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Shariati Street, Arak, Iran, 21 October 2007) yaptıkları çalışmada, izotermal olmayan deformasyonlar sırasında faz dönüşümlerine proses parametrelerinin etkileri tanımlanmış ve tartışılmıştır. İzotermal olmayan yüksek sıcaklık basınç deformasyonlar 22MnB5 bor çeliğinden yapılmıştır. Kalitatif ve kantitatif araştırmalar yüzey sertliği haritalama verilerinin yanı sıra dilatasyon eğrileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Silindirik numuneler % 50 maksimum basınç gerilme $0.05-1 \text{ s}^{-1}$ aralığında değişen farklı gerilme oranlarında deforme olduğu belirlenmiştir.

2.1 Sıcak Şekil Değişirme

Plastik şekil değişirme tekrar kristalleşme sıcaklığının üstünde bir sıcaklıkta yapılırsa, işleme "sıcak plastik şekil değişirme" adı verilir. İşlem sırasında şekil değişirme hızı, derecesi ve sıcaklığı uygun seçilmişse; malzemenin şekil değişimi sonunda sertliği değişmez, ufak taneli ve yüksek mukavemetli bir yapı elde edilir. Yukarıda sayılan şartların uygun seçilmesiyle; şekil değişimi sonunda meydana gelen yapı değişikliği, tekrar kristalleşme ile düzeltilmiş, olur. Sıcak biçimlendirme esnasında malzemeye, bünyesinin yeniden billurlaşabileceği sıcaklık ve sürenin tanınması gereklidir. O halde, soğuk biçimlendirmenin ortaya çıkardığı özellik değişimleri burada söz konusu olmayacaktır. Malzeme tavlanmak suretiyle şekil değişirme direnci azaltıldığı gibi, aynı zamanda plastik şekil alma özelliği de artış göstermekte; daha kolay biçimlendirilebilmektedir. Sıcak şekillendirme uygulanması ile dayanım özelliklerinde yükselmeler görülmektedir. Sıcak şekillendirmenin sağlamış olduğu mekanik özelliklere bir başka imal usulü ile ulaşabilmek mümkün olamamıştır. Çünkü uygun seçimler yapılması halinde küçük taneli bir yapı elde edilebilir. Aynı zamanda, toplanmalar dağıtılıp daha homojen ve gözeneksiz bir yapı oluşturulabilir. Ayrıca, tanelerin uygulanan kuvvetler yönünde uzaması ile uygun bir lif oluşumu sağlanabilir. Hatta parçanın dizayn şekli ve fonksiyonuna göre tercihli lif yönlendirmelerine de gidilebilir. Bütün bunlar kritik ve dinamik zorlamalar altında çalışan makine ve motor parçaları için sıcak şekillendirmenin tercih edilmesine neden olmaktadır. Sıcak şekil değişirmede, şekil değişimi için harcanan enerji soğuk şekil değişirmeden daha azdır. Ayrıca sıcak plastik şekil değişimi çatlama olmadan şekil değişebilme kabiliyetini yükseltir ve yüksek sıcaklıktaki hızlı difüzyon ile de döküm ingot yapıdaki kimyasal homojensizliklerin ortadan kalkmasını sağlar. Hava kabarcıkları ve gözenekler, bu boşlukların birbirine kaynaması ile ortadan kaldırılır ve dökümün uzun, kalın taneleri kırılarak aynı büyüklükte tekrar kristalleşmiş taneler meydana gelir. Sıcak şekil değişirme sonunda ortaya çıkan değişmeler, döküm yapıya nazaran süneklik ve tokluğu artıracak yöndedir. (Anonim , 2011 . Docol 22MnB5 Cold rolled boron steel for hardening in water or oil, www.ssab.com (Erişim Tarihi, Ağustos 2011)

Yukarıda sayılan avantajların yanında sıcak plastik şekil değişiminin de bazı dezavantajları vardır. Yüksek sıcaklığa kadar ısıtıldığından, metal ile fırın atmosferi arasındaki reaksiyonlar istenmeyen sonuçlar verir. Genellikle sıcak şekillendirme havada yapılır ve meydana gelen oksidasyondan dolayı, önemli oranda metal kaybı olur. Molibden gibi bazı reaktif metaller oksijenle gevrekleşir, bu sebepten soy atmosfer altında şekil verilmelidir. Çeliklerin sıcak şekillendirilmelerinde yüzeyde karbon kaybı olur. Bütün bunların yanında, gerekli ısıyı sağlamak için ilave masraf yapılır. Sıcak plastik şekil verme için en düşük sıcaklık; tekrar kristalleşme zamanında şekil değiştirme sertleşmesini önleyerek hızdaki şekillendirmedeki en düşük sıcaklıktır. En yüksek sıcaklık ise, ergime noktası veya aşırı oksitlenmenin olduğu sıcaklıktır. Genellikle en yüksek sıcaklık olarak, ergime noktasının 100 °C altındaki değer alınır. (Application of Hot Forming High Strength Steel Parts on Car Body in Side Impact (chinese journal of mechanical engineering, 2010)

Pahalı bir usül olan sıcak plastik şekil değiştirmenin avantajları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- a) Şekil değiştirme sıcaklığı yükseldikçe, metale istenen şekli vermek için gerekli enerji miktarı süratle azalır.
- b) Metalsel malzemelerin çatlamadan ve kopmadan şekil değiştirme kabiliyetleri, sıcaklıkla orantılı bir şekilde artar.
- c) Metalin içindeki heterojenlikler, yüksek sıcaklıkta yapılan dövme ile kolaylıkla giderilebilir.

Yukarıdaki son madde, dökme ve dövme parçalar arasındaki en önemli farkı izah etmektedir. Genel olarak dökme ve dövme parçaların çekme mukavemetleri arasında çok bariz bir fark yoktur. Yalnız döküm yapısı, tane sınırları ve tane içleri arasındaki heterojenlikler dolayısıyla düşük bir çentik darbe mukavemetine sahiptir. Sıcak dövme esnasında, şekil değiştirme ve tekrar kristalleşme ile meydana gelen tanelerden müteşekkil yapının çentik darbe mukavemeti çok daha fazladır.

Sıcak olarak işlenecek metal parçalar, plâstik nitelik kazanıncaya kadar ısıtılır. Plâstik durumdaki metal, sıcak şekillendirme işlemlerine karşı direnç göstermez. Sıcak işlem sırasında, metalin tane yapısı, üretilen nesnenin daha sağlam olmasını sağlayacak biçimde yeniden düzenlenir. Gelişmiş sıcak şekillendirme makineleriyle yapılan; dişi açılmamış çarklar, bağlantı çubukları ve başka sıcak şekillendirme parçaları bu yüzden, doğrudan soğuk metalden kesilerek yapılanlara oranla daha dayanıklıdır. (AY, İrfan Doç. Dr.,- **DEMİRCİOĞLU** Kerem T, Arş. Gör., İmalat Yöntemleri II **Griesbach** B. 1, **Oberpriller**1 B., SIMULATION IN TOOL AND DIE SHOP, Hot Forming, 2008)

2.2 Şahmerdanların Çalışma Prensibi

Şahmerdanla, ağırlığı birkaç gram ile birkaç ton arasında değişen çeşitli parçalara biçim verilebilir. Şahmerdanlara, ayak ya da el pedalya kumanda edilir. Çalışmayı yapan kişi, vuruş kuvvetini ve sayısını, kalıpları en az yıpratacak biçimde hesaplamak zorundadır. Şahmerdanda iyi bir dövme işleminin yapılabilmesi için, parça boyutlarının ve biçiminin uygun olmasına dikkat edilmeli, ayrıca da dövülecek parçanın doğru mekanik nitelikleri (plastiklik) kazanıncaya kadar ısıtılması (çelik ve alaşımları için bu değer 920°C'dır) sağlanmalıdır. Şahmerdanda vuruş basıncı, $4 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ ile $4 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ arasında değişebilir.

Şahmerdanda çalışma, nalbandın yöntemine benzer. Daha çok, düz, yalın biçimlere uygulanan bu yöntemden sonra, parçanın çoğunlukla son bir rötuştan geçirilmesi gerekir. Bu tür makinelerde, yalnızca düz kalıplar kullanılır. Üstüne dövülecek parçanın yerleştirildiği alt bölüme örs adı verilir. Vurma kafası ya da çekiç denilen hareketli kısım, düşey kızaklar arasında buhar, hava ya da mekanik güçler ile kaldırılıp, indirilir. Hava ya da buhar basınçlı mekanizma, düşüşün hızını denetleyecek bir hava yastığı işlevi görecektir biçimde düzenlenebilir. Vurma kafalarının ağırlığı 90 kg - 50 ton arasında değişir.

Büyük şahmerdanların güçlü temelleri vardır. Çalışma esnasında meydana gelen vurma gücünün absorbe edilmesi için temel, makinenin öteki bölümlerinden bağımsızdır. Tabanda açılan bir boşluğa yapılan temel için bazen toprak, kayalık bir zemin bulununcaya kadar kazılır. Küçük makinelerde ise, yaylar kullanılarak, vuruşun esnek olması sağlanır.

2.3 Düşme Çekiçlerde Çalışma

İster ağaç, ister hava-kaldırmalı olsun, düşme çekiçlerin çalışma prensibi birbirine benzer. Dövme kuvvetini meydana getiren ve koç olarak adlandırılan çekiç, iş parçasına yer çekiminin etkisiyle vurur. Koç ne oranda büyük bir kütleyle sahip ise, ortaya çıkan kuvvet de o oranda büyük olacaktır. Bu tür makineler ile tek ya da çift yüzlü kalıplar bağlanabilir ve bu kalıpların biçimlendirdiği iş parçaları üretilebilir. Diğer yandan bazı sıcak işlem basamakları da gerçekleştirilebilir. Bu yönüyle düşme çekiçlerin (mümkün olduğunca), tek seferde biçimlendirilmesi gereken işler için uygun olduğu söylenebilir. Çalışma esnasında bu özelliklerinin dikkate alınarak işlerin seçimi yapılır.

Ağaç düşme çekiçlerde çalışma, silindirlerin tahtaları kavraması ve yukarı doğru çekmesiyle başlar. Tahtalar ve koç bir takım tutamak aracılığıyla kursun sonunda askıya alınır. Kullanıcı bir ayak pedalına basarak tutamakları kurtarır ve çekiç bir darbe yapar. Çevrim pedala basıldığı sürece kesintisiz tekrar edilip (dakikada 70 vuruşa kadar) her bir ardışık darbe kurs uzunluğu sabit olduğu için aynı miktar enerji verir. Sadece iş değiştikçe yapılan ayarlamalarla değişir. Hava-kaldırmalı çekiçlerde ise, çekicinin her bir darbesiyle önceden tayin edilen seviyelerde olmak üzere koç hızı ve iş parçasına verilen enerji değiştirilebilir. Koç bir piston miline tespit edilmiştir ve makinenin üzerindeki silindirde bulunan piston üzerine basınçlı havanın direkt tesiriyle yükselir. Kullanıcı kumanda kolu aracılığıyla piston mili üzerindeki mekanik bir tutucuyu kontrol eder. Kola basılarak tutucu çözülür ve koçun düşmesi sağlanır. Koç, kursun alt soluna yaklaşınca ardışık çevrim için hava valfini harekete geçirir. Çekiç kısa kurs boylarında ya da tam kurs boyunda çalışmak üzere önceden ayarlanabilir. Çalışma esnasında kullanıcı, kol üzerindeki bir tertibatı kullanarak uygun kurs boyunu seçer. (AY, İrfan Doç. Dr.,- DEMİRCİOĞLU Kerem T, Arş. Gör., İmalat Yöntemleri II Griesbach B. 1, Oberpriller1 B., simulation in tool and die shop, Hot Forming, 2008)

2.4 Sıcak Şekillendirmede Güvenlik Önlemleri

Başta şunu belirtmekte yarar vardır ki; sıcak işlem basamakları iş parçasının tavlanması neticesinde gerçekleştiğinden güvenlik önlemlerinin de iş parçasının bu durumu göz önüne alınarak düşünülmesi ve önlemlerin bu doğrultuda alınması gerekir. Konumuz içerisinde sıcak şekillendirmenin el takımları ve makineler aracılığıyla yapıldığından bahsettik. Güvenlik önlemlerinin de bu iki çalışma tarzı üzerinde yoğunlaşması ve açıklanması yoluna gideceğiz. Genel olarak sıcak işlem basamakları gerçekleştirilirken dikkate alınması gereken güvenlik önlemleri şu şekilde sıralanır:

Sıcak iş parçaları kısıçlar aracılığıyla tutulur. Kısıçlar, ister makinelerde çalışma olsun, isterse el takımlarıyla olsun çalışmanın vazgeçilmez araçlarıdır. Bu açıdan iş parçasını en iyi kavrayan kısacın seçilmesi ve işlevini yani kavramayı en iyi derecede yapacak durumda olması, öncelikli olarak kontrol edilmelidir. Bu durumda kısac çalışır durumda ve iş parçasını kavrayan uçlarında herhangi bir bozulma olmamalıdır.

Darbe oluşturmada çekiç kullanılıyorsa çekicin, varyos kullanılıyorsa varyosun sapı oynak olmamalı, sapın çıkmasını engelleyen kamanın yerinde olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Darbe oluşturulmasında kullanılan takımlar ile bu darbenin iletiminde kullanılan takım başlarında zamanla çapaklar meydana gelir. Bunların, çalışmaya başlanmadan giderilmesi ve kontrollerinin yapılması şarttır.

Kesme gibi işlemler yapılırken, kesilen ya da koparılan parçanın çevrede çalışanlara doğru fırlayabileceği devamlı dikkate alınmalıdır. Bunun için tüm güvenlik önlemlerine başvurulur. Gerekirse, kopmanın olacağı yöne bir çelik paravan konulur.

Çalışma esnasında iş parçasının sürekli sıcak olacağı göz önüne alınarak, sıcak iş atölyelerinde hiçbir iş parçası çıplak elle tutulmaya çalışılmamalıdır. Özellikle 600°C'nin altında sıcaklığa sahip iş parçalarının bu sıcaklık değerlerini renkleriyle tam olarak belli etmedikleri, bu nedenle hangi parçanın sıcak, hangisinin soğuk olduğunun anlaşılmasının çok güç olduğu dikkate alınmalıdır.

Bazı zamanlar çalışmaya ara verilmesi gerekebilir. Bu süreler içinde iş parçalarının kimsenin dokunmayacağı bir şekilde korunması, uzun süreli aralarda iş parçasının soğutularak çalışma alanında uygun bir konumda saklanması gerekir. İş parçalarının

orta yerde bırakarak çalışma alanını terk etmek, bunlara başkalarının dokunabileceği göz önüne alınarak sakıncalı bir davranış olduğu düşünülmelidir.

Çalışma alanının temizliği, güvenlik ile yakından ilişkilidir. Herhangi bir nedenle yere dökülmüş, yakıt ya da benzeri yabancı maddeler hemen temizlenmelidir. Sıcak işlemlerin yapılmasında iş parçasıyla direkt temas halinde bulunan tüm takımların çalışma esnasında ısınacakları göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle kullanılan takımların özellikle metalik gereçlerden yapılmış sap kısımları sık sık su içerisinde soğutulmalıdır.

Takımların soğutulmasında kullanılan ve ocak üzerinde bulunan su kabındaki suda belli bir süre sonra ısınacaktır. Dolayısıyla soğutmak amacıyla kaba sokulan takımlar istendiği oranda soğutulamaz. Bu yüzden su kabındaki suyun istenilen işlevi gerçekleştirilmesi için arada bir kontrolü yapıp, gerekirse değiştirilmesi yerinde olur.

Sıcak şekillendirme makineler aracılığıyla yapıyorsa, her makinenin kendine has özellikleri olacağından çalışmanın makinenin özellikleri doğrultusunda yapılması önerilir. Makinede çalışma yapacak kişinin, makinenin nasıl kullanılacağını ve gerektiğinde nasıl durdurulması gerektiğini bilmesi öncelikli olarak şarttır. Sıcak iş atölyelerinde kazaların çoğunluğu yanıklar şeklinde olmaktadır. Bu nedenle yanıkların tedavisinde kullanılan tıbbi gereçlerin herkesin ulaşabileceği bir yerde bulunması ve eksikliklerinin giderilmesi gerekir.

2.5 Sıcak Şekil Vermede Kullanılan Yöntemler

2.5.1 Çekme

Sıcak şekillendirmenin işlem basamaklarından biri de çekmedir. Birçok uygulamada tek başına yapılması gerekebildiği gibi, diğer işlem basamakları öncesinde de başvuru olan işlem basamaklarından biridir. Yalın olarak çekme; dövme tavına getirilmiş iş parçasının kesitinin küçültülüp, boyunun uzatılması olarak tanımlanabilir.

Çekme işlemi sıcak iş takımları kullanılarak yapılabildiği gibi şahmerdan türündeki sıcak işlem makineleri kullanılarak da yapılabilmektedir. Öncelikli olarak sıcak işlem takımları kullanılarak çekme işlemi yapılacak ise, çekmenin başarılı sonuçlanması için işlemde kullanılacak olan çekicinin taban alanı ile etkisi önemli rol oynar. Bu nedenle

çekme işleminin gerçekleştirileceği çekiç taban alanının küçük olduğu yani dar tabanlı çekiçlerin seçilmesi ve işlemin örsün yuvarlak boynuzunda gerçekleştirilmesi önerilir. Böylece iş parçasının birim yüzeyine düşecek olan basınç miktarı yüksek olacaktır. Bazı iş parçalarında çekme işlemi yapılırken iş parçasının boyutlarından kaynaklanan nedenler ile çekme yeterli sonuç vermeyebilir. Bu gibi durumlarda çekmenin boncuk baskılar aracılığıyla gerçekleştirilmesi gerekir. Bu da yeterli değil ise çekme işlemi makinelerde yapılır.

Çekme işlemi makinelerde yapılacak ise, darbeyi meydana getiren üst çekiç ya da diğer adıyla koç, dar bir yüzeye sahip olmalıdır. Böylece darbe uygulanan iş parçasına daha fazla oranda biçim değiştirme imkânı sağlanmış olur. İster makinede ister boncuk ya da çekiç kullanılarak yapılsın, tüm çekme işlemleri için iş parçası, beyaz tav rengini alıncaya kadar tavlmalıdır.

2.5.2 Şişirme

İş parçasının uç kısımlarında ya da orta kısımlarında kesit büyümesi sağlamak amacıyla yapılan bir işlemdir. İş parçasının boyu ne oranda kısa ise şişirme işlemi de o oranda başarılı sonuçlanır. Uzun parçaların şişirilmesi oldukça zordur. Özellikle sıcak iş kalıplarında biçimlendirilecek iş parçalarının kalıp içinin her yanını eşit olarak doldurması için, bir ön işlem olarak şişirmeye başvurulabilir.

Boyları uzun iş parçalarının şişirilmesi oldukça zordur. Bu nedenle uzun parçaların şişirilmesinden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Şişirme işlemi genel olarak bölgesel yapılmaktadır. Yani bir iş parçasının sadece uç kısmı, ya da orta kısmının şişirilmesi gerekmektedir. Bu durumda tavlamanın sadece şişirilecek bölgeler ile sınırlı kalması gerekir. Tavlama şişirilmesi ön görülmeyen yerlere de yayılırsa, bu kısımların uygun bir şekilde soğutulması gerekir. Böylece sadece istenilen kısımların şişirilmesi işlemine geçilir. Örs üzerinde şişirme işlemi yapılacak ise örs üzerinde bu işlem için bulunan yığma tabanından yararlanır. İş parçası şişirilecek kısmı örs üzerine dik bir eksenle yerleştirilerek üzerine çekiç ya da varyos ile kuvvet uygulanır. Herhangi bir nedenle şişme bölgesinde aksenal kaçıklıklar meydana gelirse, bu kısımların hemen düzeltilmesi gereklidir.

2.5.3 Yayma

Çekme, tavllanmış iş parçasının kesitinin küçültülüp, boyunun uzatılması olarak tanımlanmıştır. Yayma bu açıdan çekmeye benzemektedir. Kesit yine küçülür, ancak uzama boylamasına değil, enlemesine olmaktadır. Yani yayma işlemi görmüş parçalar yanlara doğru uzamaktadır. Boylamasına meydana gelen uzama önemsenmeyecek kadar azdır. Birçok durumda boylamasına uzamadan söz etmek bile mümkün değildir.

Tavllanmış iş parçasının üzerine uygulanacak çekiç darbeleri iyi bir şekilde tespit edilir ve bu doğrultuda darbe uygulanırsa, iş parçası o yönde biçimlenir. Bir bakıma metali oluşturan kristal grupları darbenin yönünde biçim değiştireceklerdir. İşte yayma işlemi yapılırken de iş parçasının boylamasına değil de enlemesine dövülmesi söz konusudur. Bu şekilde dövülen metalik özelliklere sahip gereçler darbelerin olduğu yerlerde kesitlerini daraltarak serbest yönde ve yatayda yayılma eğilimi gösterirler.

2.5.4 Boğma

Özellikle çekme işlemi yapılacak iş parçalarında kristal yapıda kesilmelerin oluşmaması için yapılan bir ön biçim verme işlemidir. Çekme yapılacak iş parçası, çekme işleminin başlayacağı kısma boğma işlemi uygulanarak, bu kısımdan sonrası çekilir.

Sıcak şekillendirme işlemlerinden en çok karşılaştığımız boğma, genel olarak iki tarzda yapılabilir; köşeli boğma, yuvarlak boğma. Yuvarlak boğma boncuk baskı ile çekilecek kısmın derinlemesine belirlenmesi şeklinde oluşturulur. Köşeli boğma ise, ya örs üzerinde, ya da düz baskı aracılığıyla boğma yerinin belirlenmesi şeklinde yapılmaktadır. Her iki yöntemde de dövme tavına kadar ısıtılmış iş parçaları, içyapılarında önemli bir değişiklik olmadan biçimlendirilir.

Boğma işlemi sıcak iş makineleri aracılığıyla da yapılabilir. Bunun için boğma için geliştirilmiş hareketli başlıklardan yararlanmak doğru olacaktır. Bu tarzda üretilmiş başlıkların bir kenarı boncuk baskı gibi iş görür. Diğer kısmı ise düz olarak biçimlendirilmiştir. İş parçası öncelikli olarak birinci kısımda boğulacak kenarın belirlenmesi, daha sonrada düz kısım ile dövülmesiyle işlem tamamlanmış olur.

2.5.5 Kesme

Kesmenin, bütün sıcak işlem basamaklarına öncelikli olarak uygulandığı söylenebilir. Genelde diğer tanıtmakta olduğumuz işlem basamakları kesmeden sonra yapılır. Çünkü bütün iş parçaları kaba ölçülerine getirilmeden diğer işlemlerin yapılması düşünülemez. Olaya bu açıdan bakıldığında kesmenin önemi daha kolay kavranacaktır. Sıcak olarak kesme, saplı keski aracılığıyla yapılmaktadır. Bu nedenle yalın olarak kesmeyi, iş parçasının saplı keski kullanılarak istenilen ölçülerde parçalara ayrılması şeklinde tanımlayabiliriz.

Tavlanmış, metalik özelliklere sahip iş parçaları, saplı keski aracılığıyla kesilerek birbirinden ayrılır. Bu işlem için kullanılan saplı keskinin kama açıları dar, uç açıları ise, 25°-30° arasında bilinir. Takım çeliğinden yapılmış saplı keskinin uç kısmı sertleştirilmiştir.

Saplı sıcak iş keskiyle kesilecek iş parçaları, kesilecek yerin işaretlenmesi ardından, keski ağzı bu işaretli yere dik olarak konulup, üzerine varyos ile baskı yapılır. Bu işlem kesilecek iş parçasının dört bir kenarına uygulandığı taktirde sağlıklı bir kesme işlemi gerçekleşmiş olur. İş parçasının boyutlarıyla orantılı olarak kesme işlemi birden fazla sayıda tekrarlanabilir. Sonuçta iş parçasının kesilen kısmın ortasında az bir kısım kesilmeden kalacaktır. Bu kısmın koparılması iş parçasının örs kenarına getirilip, keski ağzı boşluğa gelecek şekilde hizalanıp, üzerine oldukça dikkatli bir şekilde baskı uygulanır. Kesme işleminin son darbesinin dikkatlice yapılması, kesilen kısmın kopma esnasında fırlayacağı düşünülerek önlem alınmasını gerekli kılar. Kesme sonucunda çapak oluşabilir. Bu kısım, yine keski yardımıyla tıraşlanır.

2.5.6 Burma

Çoğu kez süsleme amacıyla yapılan bir sıcak işlem basamağıdır. Burulacak iş parçası kare ya da lama kesitli çubuklar olabilir. Bu çubukların burulması düşünülen kısımları tavlandıktan sonra soğuk olan uçları bir mengeneyle bağlanır, diğer uçları ise burulacak yönde ve kendi eksenleri etrafında çevrilirse işlem yapılmış olur.

Burma işleminin istenilen düzeyde gerçekleşmesi için çeliklerin 850°C-950°C arasında tavlınmaları yeterlidir. Bu derecelerde tavlınmış iş parçasının soğuk olan kısmı bir mengeneye bağlanır ve kendi eksenini etrafında çevrilir. Bu işlem uygulanmış iş parçasının dış kenarlarında önemli ölçülere varan uzamalar meydana gelir. Orta kısımlarda ise bir uzama söz konusu değildir. Çoğu zaman burulan iş parçalarının işlem sonunda düzeltilmesi gerekir. Bunun için tavlı parça üzerine, bir ağaç takoz üzerinde, fazla baskı yapmadan düzeltilmesi önerilmektedir. Aksi takdirde iş parçası yüzeyinde kalıcı şekil değişiklikleri meydana gelebilir.

2.5.7 Bükme

Metalik gereçler soğuk olarak bükülebildiği gibi, sıcak olarak da bükülebilir. Üstelik sıcak olarak bükülmüş gereçlerin içyapılarında kalıcı bozukluklar meydana gelmez. Çünkü bükme işlemi için tavlınmış gerecin kristal yapısı direncini yitireceğinden bükme kuvvetlerine karşı çok büyük zorluk göstermez ve kristal grupları kolaylıkla yer değiştirebilir. Bu yönüyle sıcak olarak iş parçalarının bükülmesi çokça başvurulan bir işlem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir iş parçası tavlandıktan sonra istenilen açıda bükülüyorsa, yapılan bu işlem sıcak bükme işlemi olarak adlandırılır.

Bükme işleminin uygulanacağı parçanın ne türde olduğu, bükme işleminin yapılmasına etki etmektedir. Örneğin içi dolu parçalarda bükme işlemi çok sorunlu olmamakla birlikte, içi boş parçaların bükülmesi özen gerektirir. Diğer yandan tavlamanın bükülecek kısımda yoğunlaşması, bükmenin başarılı olarak neticelenmesi için şarttır. Uzun parçaların bükülmesinde kullanılan manivelâ kolu mümkün olduğunca uzun tutulmaya çalışılır. Bu uzunluk ne kadar fazla olursa, bükme işlemi için harcanacak kuvvet o oranda az olacaktır.

Kare ya da dikdörtgen kesitli iş parçalarında bükme kenarlarının dışta kalan kısmında kesit daralması görülür. Dış kenarın kavisli olması arzu edilen bükmelerde bu durum sorun yaratmaz. Ancak bükülen kısmın dış kenarı keskin köşe olması isteniyorsa, bükme işlemine başlanmadan önce bu kısmın şişirilmesi gerekir. Böylece kesit daralması olan kısmın dayanımı azalmamış olur.

Kısa ve kalın kesitli parçaların insan gücüyle bükülmesi her zaman için sorun yaratır. Bu gibi iş parçalarının basit kalıplarda bükülmesi, bunlarda yetersiz kaldığı takdirde preslerde bükülme yollarının araştırılması önerilir.

2.5.8 Delme

Tavlanmış iş parçasının istenilen yerinden delici takımın biçimine göre bir parçasının koparılması, delme işlemi olarak tanımlanmaktadır. Sıcak şekillendirmenin en güzel yönlerinden birini delme oluşturur. Sıcak olarak delme, soğuk olarak gereçlerin matkaplarda delinmesi işleminin sınırlarını aşmaktadır. Bilindiği üzere bir iş parçasını matkapla ancak silindirik bir kesitte delmeniz mümkündür. Sıcak delme de ise delme biçimi sizin delici takımınızın uç kesitine bağlıdır. Delici takımın ucu yuvarlak kesitli ise yuvarlak delik, oval ise oval delik, kare ya da dikdörtgen kesitli ise, bu biçime uygun delikler elde etmek mümkündür. Tüm bunların bir çeşit takım ve işlem basamağıyla gerçekleşiyor olması, matkapla oval bir delik delmenin zorluğu düşünüldüğünde büyük bir üstünlük olarak karşımıza çıkar.

Metallerin sıcak olarak delme işlemi saplı zımbalar ile yapılır. Bu iş için geliştirilmiş zımbaların uçları, delinecek deliğin kesitine uygun olarak biçimlendirilmiştir. Zımba ucu delinecek iş parçası üzerine konulup zımbanın baş kısmına varyos ya da çekiç ile yapılacak baskı, zımbanın temas ettiği parça kristallerinin yanlara doğru kaymalarına neden olur. Bu şekilde meydana gelen kaymalar neticesinde zımba ucu iş parçasına dalar ve parça içinde kendine yer açar. Bu işlem yapılırken tavlanmış iş parçasıyla direkt temas halinde bulunan saplı zımba ucu sık sık soğutulmalıdır. Aksi takdirde sertleştirilmiş zımba ucu özelliğini yitirebilir. Zımba ile delme, iş parçasının delinecek her iki yüzeyine de tatbik edilir. Bir süre sonra oldukça ilerlemiş haldeki zımba ucu, parçanın soğuması, dolayısıyla da büzülmesiyle iş parçasına sıkı olarak geçmeye çalışabilir. Bu durumun önlenmesi için, işlemin ilerleyen basamaklarında delik içine yanmamış bir kömür parçası konularak, delme işlemi sürdürülür. Kömür parçası tavlanmış iş parçasıyla temas edince bir anda yanacak ve gaz oluşturacaktır. Bu da zımbanın iş parçasında sıkışıp kalmasını engelleyerek kolaylıkla iş parçasından uzaklaşmasına olanak sağlar.

İş parçasının her iki delme yüzeyinde zımba ile yapılan işlemler sonucunda, delme yüzeylerinde zımba ucunun oluşturduğu kesme izleri meydana gelir. Bu izler

görüldüğünde kesmenin sonuna gelindiği anlaşılmalıdır. Deliğin olduğu kısım, örs üzerinde bulunan deliklerden birinin üzerine getirilir. Yine saplı zimba ile delikte oluşan çapağın kopması için son bir baskı uygulanır ve çapağın örs üzerindeki delikten aşağı düşmesi sağlanır.

Metallerin sıcak olarak delinmesinde değişik uç biçimli zimbalar kullanılmaktadır. İlk delme işlemi genelde yuvarlak uçlu zimbalar ile yapılır. Bu zimba ile yapılan delik kesiti istenilenden daha küçük çaplı bir delik oluşmasını sağladıysa, başka zimbalar ile deliğin büyütülmesi mümkündür.

2.5.9 Yarma

Saplı zimbalar ile yapılan delme işlemi büyük çaplı deliklerin ortaya çıkarılabilmesi için yeterli değildir. Oysa metallerin işlenmesinde büyük çaplı deliklere de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür büyük deliklerin oluşması için yarma olarak adlandırılan işlem basamağına başvurulur. Yarma işlemi uygulanan iş parçalarında delik, aradan parça çıkarılmadan yapıldığı için birçok yönüyle üstün olmaktadır.

Yarma işleminde de saplı keskilerden yararlanılır. Ancak yarma işleminde kullanılan keskinin uçları dar, genişlikleri ise yapılacak yarmaya göre değişmektedir. Ayrıca keski kenarları yuvarlatılmış olmalıdır. Keskinin bu özelliği, yarma esnasında iş parçasının yarma sınırlarında meydana gelebilecek yırtılmaların önüne geçilmesi bakımından önemlidir.

Yarma işlemine, iş parçası üzerinde yapılacak işlemin sınırlarının belirlenmesiyle başlanır. Daha sonra iş parçasının bir yüzeyi yarma sınırları içerisinde yarma keskinin dik konumlandırılmasıyla yarılmaya geçilir. Keskinin baş kısmına çekiç ya da varyos ile baskı uygulanır. Bir yüzeyde yarma işlemi belli bir biçimde tamamlandıktan sonra, karşı yüzeyde de işlemin tekrarlanması gerekir. Bu şekilde kademe kademe ilerleyen işlem bir süre sonra iki yüzeyde yarıklar oluşmasını sağlar. Diğer işlemlerde olduğu gibi yarmada da keskinin tavlanmış iş parçasıyla direkt temas ettiği göz önüne alınarak sık sık soğutulması unutulmamalıdır. Aksi takdirde önceden sertleştirilmiş olan keski ucu bu özelliğini yitirecektir. Sık olarak suda soğutmanın saplı takımların sap ile takımın birleştiği ağaç kısmı şişirmesi açısından da faydası vardır.

2.6 Sıcak ve Soğuk Şekil Değiştirmenin Karşılaştırılması

- a) Soğuk şekillendirmeyi ortam sıcaklıklarında plastiklik özelliği iyi olan metallere (Cu, Al, düşük karbonlu çelik vb.) uyguladığımız halde; sıcak şekillendirme daha ziyade şekil değiştirme direnci yüksek olan malzemelere uygulanmaktadır.
- b) Soğuk şekillendirmede küçük hacimsel deplasmanlar; sıcak şekillendirmede ise büyük hacimsel biçimlendirmeler görülmektedir.
- c) Soğuk biçimlendirme ince kesitli (tel, ince sac vb.) mamullere uygulanırken, sıcak şekillendirmenin kalın kesitli parçalara uygulandığını görmekteyiz.
- d) Soğuk biçimlendirme ile soğuk sertleşme (pekleşme) olayı ortaya çıktığı halde, sıcak biçimlendirme yeniden billurlaşma sıcaklığının üzerinde uygulandığından malzemenin mekanik özellikleri yönünden böyle bir değişimin söz konusu olmadığını görüyoruz.
- e) Aynı şekil değiştirme derecesi için soğuk biçimlendirmede daha büyük kuvvet ve iş değerlerinin uygulanması gerekmektedir.
- f) Soğuk şekillendirme sonunda tavlama söz konusu değilse gevrek bir yapı oluştuğu halde, sıcak biçimlendirme ile sıkı yapılı, gözeneksiz, sünek ve dinamik zorlamalara dayanıklı, yüksek mekanik özellikler gösteren bir yapı elde edilmektedir.
- g) Soğuk şekillendirmede tufal oluşumu ve kendini çekme söz konusu olmamakta; hassas tolerans limitleri içinde biçim ve boyut hassasiyeti sağlanabilmekte ve genellikle talaşlı bitirme işlemi gerektirmemektedir. Hâlbuki sıcak şekillendirme için bütün bunların aksini söylemek gerekmektedir.
- h) Soğuk biçimlendirmede, kalıntı (iç) gerilmelerin, parça kesitindeki üniform olmayan şekillendirmelerden; sıcak biçimlendirmede ise dengesiz soğumalar sonucu oluştuğunu görüyoruz.

2.7 Bor Çeliği

2.7.1 Bor ve Özellikleri

Çeliğin bileşiminde, ismini aldığı Bor elementinin büyük etkisi vardır. Böylece öncelikle Bor elementinin özelliklerinden bahsederek bu konuyu açalım: Bor elementi, periyodik sistemin 3.grubunun başında yer alır. Elmastan sonra en sert madde olan ametal bor gri-siyah kristalin veya amorf mikro kristalin, yeşilimsi sarı renkli bir yapıda olup başlıca özellikleri aşağıdaki gibidir.

Periyodik Sırası : 5

Atom ağırlığı : 10.811 ± 0.005 g/mol

izotopları

-B10 : % 19.57

-B11 : % 80.43

Kristal Yapısı: Hekzagonal

Yoğunluğu

-Kristalin : 2.33 g/cm³

-Amorf : 2.34 g/cm³

Erime Noktası : 2190 °C (-20 °C)

Kaynama noktası: 2500° C

Atom yarıçapı : 0.98

Sertliği : 9.3 Mohs

Bor' un oda sıcaklığında pek zayıf bir elektrik iletkenliği vardır. Fakat temperatur arttırıldığında iletkenliği de çok artar. (USLU Mustafa, DOCOL 22mnb5 çeliğinin balistik özelliklerinin incelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2007)

2.7.2 Bor Çelikleri

Tez çalışmalarında ve deneylerimizde kullanılan çelik Bor Çeliğidir. Bor çelikleri; 20-50 ppm seviyelerinde borun çeliğe alaşımlandırılmasıyla elde edilen iyi sertleşebilir çeliklerdir. Bor; östenitten ferrit fazına geçişi geciktirir. Buradan 900-500 0C aralığında yapılan soğutma oranının bor içermeyen karbon çeliklerine oranla sertleşme için daha

yavaş olabileceği sonucu çıkar. Bunun yanında borun östenitten beynite dönüşümde belirli bir etkisi de yoktur.

Bor, çeliklerde östenitin Ferrit ve Perlit'e dönüşme hızını keser; fakat karbon miktarı arttıkça hız kesme etkisi de azalır. Dolayısıyla çeliğin sertlik alma kabiliyeti dedüser. Bu bakımdan çelikte Bor elemanının ötektoit altı çeliklerde sertleştirme etkisi daha yüksektir. Çelikte, Bor elemanı östenit dönüşme hızını azaltmasına mukabil, Ferrit ve ara kademe kristallerin (beynit) büyüme hızına etkisi yoktur. Doğrudan doğruya sertleştirilen (sementasyon ısısından) çeliklerde sertlik verme etkisi esas itibariyle Martenzit yapmasından ileri gelmektedir. Borun Martenzit teşekkülü sıcaklığına tesiri de olmadığından, çeliğin sertleşme kabiliyeti çok yükselmekte ve su verme esnasında çatlama tehlikesi de artmaktadır.

Bor elemanının çeliklerde sertleşme derinliğini ve sertlik alma kabiliyetini arttırması, çeliğin içinde mevcut C miktarı ile ters orantılı olduğu ve C miktarı %0,90 olan çeliklerde Bor elemanının çeliğe hiç bir sertleşme özelliği vermediği görülmüştür. Bu bakımdan Bor alayım denemelerinin esas ağırlık merkezi, karbonu düşük olan sementasyon ve Islah çelikleri üzerine yönelmiştir. Bilhassa Islah çeliklerinde Bor katımı (çeliğin mekanik özelliğine hiç bir kötü tesir yapmadan) diğer değerli alayım elemanlarından çok tasarruf edilebileceğini göstermiştir. Bu durum tezimizde kullandığımız Bor çeliklerinde düşük-orta karbon içeriğiyle doğru tercih yapıldığını göstermektedir. Borun, çeliğin bileşimine etkilerinden sonra şimdi de çeliğin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden, kullanım yerlerinden ve oransal değişiminden bahsedelim:

Bor alaşımlı çeliklerde diğer alaşımlı çeliklere nazaran, su verme sıcaklığı yükseldikçe sertleşmenin azaldığı görülür.

Bor alaşımlı sementasyon çeliklerinde çok yüksek sıcaklıkta tavlama veya fazla C vermek suretiyle sementasyon yapma Bor elemanının sertleştirme özelliğinin kaybolmasına sebep olur. Bu gibi hallerde semente edilmiş çelik eğer ağır soğutulur ve su vermeden evvel 840 °C de tekrar tavlınırsa, çeliğin sertlik alma özelliğinin arttırılması yeniden sağlanabilir. Sementasyon ve ıslah çelikleri gibi imalat çeliklerine alayım elemanı olarak katılan Bor, çeliğin soğuk ve sıcak işleme özelliğini asla bozmaz. Bor çelikleri dövüldükten sonra uygun ısıl işleme tabi tutulacak olursa, diğer alaşımlı ve karbonlu çeliklere nazaran daha kolay, yüksek kesme hızı ile ve derin talaş alma suretiyle işlenebilir. Keza tav oksitleri, Bor çeliklerine diğer halitalı çeliklerde olduğu

gibi kuvvetli yapışmadığından Bor alaşımlı çeliklerden yapılan dövme kalıp dövme gezenklerin ömürleri de uzun olur.

Süratli kesme çeliklerine, mesela % 18 W, % 4 Cr ve % 1 V çeliğine Bor katımı sertleşmeyi ve kesme gücünü artırsa da dövmeyi güçleştirmesi bakımından pek tercih edilmez. Yüksek oranda Bor katımlı çelikler ise fevkalade gevrek olduğundan genel olarak makina imalat parçalarında kullanılmazlar. Yalnız % 4 Bor alaşımlı çelik Nükleer reaktörlerde nötron muhafazasında ayar çubukları olarak kullanılır.

Bor elemanı nötron için yüksek bir absorpsiyon kesiti ihtiva ettiğinden reaktörlerde nötronları frenleyecek ve onu absorbe edecek en iyi ve en ucuz bir malzeme olarak Bor çelikleri kullanılmaktadır. içinde % 4,75 ten fazla Bor bulunan çelikler ise dövülmeye elverişli değildir. Bazı dökme demirlerde Bor miktarı % 6 ya kadar çıkabilir. % 2-4 arasında Bor bulunan çeliklerin dövülebilmesi için çelikte muayyen bir oranda Alüminyum mevcut olması lazımdır.

Paslanmaz çeliklerin, sertliğini ve ısıya karşı dayanımını arttırmak için Bor ilave edilir. % 18 Cr ve % 8 Ni alaşımlı paslanmaz çeliklerde % 1,25 - 1,50 kadar Bor bulunabilir. Daha fazla Bor katımı paslanmaz çeliğin dövülme kabiliyetini azalttığından kullanılmaz. Kopma dayanımı bakımından en uygun Bor oranı % 1 dir. Bor miktarı % 1,5 e yükseldikçe kopma dayanımı da düşer.

Dökme demirde Bor miktarı pek ender ve özel maksatlar için % 0,005 in üstündedir.

Bor, döküm demirinde grafit ayrışmasını önlediğinden beyaz demir teşekkülüne yarar. Sert döküm imalinde ve dökümün aşınmaya karşı dayanıklılığını arttırmak için katık olarak kullanılır ve dökme demire % 0,01 kadar karıştırılır; keza fazla aşınan yerlerin kaynak edilmesinde Nikel ve Bor alaşımlı beyaz döküm demiri kaynak alması olarak kullanılır. Hadde merdanelerinin dökümünde yüzey sertliğini arttırmak ve beyaz kristaller halinde donmasını sağlamak için, döküme % 0,02–0,1kadar Bor katılır. Normal kır dökümlerde (Esmer dökme demirlerde) Bor arzu edilmeyen işleme sertliğini yaptığı ve çatlamlar meydana getirdiği için kullanılmaz. Bu gibi dökümlere ekseriya emayeli hurda kapların eritilmesinden geçen Bor elemanını eritme esnasında yakarak uzaklaştırmak lazımdır.

Temper dökümlerinde % 0,001 – 0,005 kadar Bor dökümde, mevcut grafitin küreler şeklinde teşekkülünü ve grafit taneciklerinin iyi dağılmasını sağlar. Keza temper dökümün ısı işlemini de kolaylaştırır. Bu bakımdan ve hurdalardan geçerek temper

dökümüne fena tesir yapan kromun zararlarını önlemek için genel olarak temper dökümlerine bir miktar Bor katımı faydalıdır.

Bor alaşımlı çeliklerde sertleşme derinliğinin ve sertlik alma derecesinin yüksek oluşu dolayısıyla doğrudan doğruya su verme, bilhassa kenar sınırlarda kalan bakiye östenit teşekkülünün zararı kaldırılmış olduğundan büyük ölçü ve çaptaki makine parçalarının imaline de elverişli bulunmaktadır ve 20MnCr5 tipi çeliklerin yerine kullanılabilir. Bor çeliklerinde; sertlik, dayanım, aşınmaya karşı direnç için çeliğin ince taneleri arasına orta yüksek veya yüksek karbon içeriği nüfuz ettirilir. Bu noktada ülkemizdeki Bor yatakları ve kullanımı hakkında kısa bir bilgi vermek istersek: Türkiye’de bilinen başlıca borat yatakları Batı Anadolu’da yer almakta ve bu yataklar dünya rezervinin % 60–70’ ine sahip bulunmaktadır. Türkiye rezervlerinin % 37’si Bigadiç, % 34’ ü Emet, % 28’ i Kırka ve %1’ i Kestelek bölgesinde bulunmaktadır.

Bigadiç işletmesinde başlıca bor mineralleri kolemanit ve üleksittir. Boratlar 1–8 m kalınlıkta tabakalar halinde killer arasında yer alırlar. Kapalı ve açık ocaklardan üretilen tüvenan cevherler 600000 ton / yıl tüvenan cevher yıkama kapasiteli konsantratörlerde zenginleştirilerek, 25–125 mm, 3–25 mm kolemanit konsantreleri ile 3 – 125 mm ve 0,2 – 3 mm üleksit konsantreleri elde edilir. Ancak Bor mineral ve bileşiklerinin ülkemiz içinde kullanılması çok kısıtlıdır.

Kırka (Eskişehir) ve Bandırma (Balıkesir) da yer alan tesislerde bor cevherleri rafine ürüne dönüştürülmektedir. Bugün Türkiye’ nin bor gelirleri sadece 250 milyon dolar. Bor madeni ve ürünlerini kullanan çok sayıdaki sanayi kuruluşunun hiçbiri Türkiye’de değil. Hammadde olarak büyük ölçüde Türkiye’ye bağlı bu sanayilerin Türkiye’de kurulmasının, ülke ekonomisine sağlayacağı katma değer milyarlarca dolarla ifade edilebilir.

2.7.3 Docol Bor Çeliği (22MnB5)

Docol Bor Çelikleri adından da anlaşılabilirdiği gibi sertliklerini arttırabilmek için düşük oranda bor ile alaşımlandırılmışlardır. Bu çelikler kolaylıkla sertleştirilebilirler ve genellikle sonradan tavlama işlemi yapılmadan kullanılabilirler. TS 2525-3 EN 10083-3 Su Verilmiş ve Menevişlenmiş Çelikler (İslah Çelikleri) ve Borlu Çeliklerin Teknik Teslim Şartları başlığı altında bu çeliklere ait uluslararası standarta ulaşabilirsiniz.

Docol Bor Çelikleri, ince taneli ve sertleştirmeye müsait çeliklerdir. Bu çelikler sertliği arttırmak için küçük bir oranda Bor ile alaşımlandırılmıştır. Bor çelikleri kolaylıkla sertleştirilebildiklerinden çoğunlukla son temperleme yapılmadan kullanılırlar. Deneylelerimizde kullandığımız Bor Çeliği malzeme Docol 22MnB5 tir. içeriğinde: (USLU Mustafa, DOCOL 22MnB5 ÇELİĞİNİN BALİSTİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2007)

C 0.228 %

Si 0.28 %

Mn 1.22 %

P 0.014 %

S 0.006 %

N 0.0025 %

Cr 0.2 %

Ni 0.04 %

Cu 0.01 %

Mo 0 %

Al 0.058 %

Nb 0.001 %

V 0.014 %

Ti 0.037 %

B 0.0031 %

bulunmaktadır. Bu çeliğin akma dayanımı 388 Mpa, çekme dayanımı ise 517 Mpa dır. Uzaması % 22 dir. Bu çelik uygulamalarda sertlik ve dayanımın ön plana çıktığı birçok alanda kullanılır. Kaplama malzemesi ve yüksek dayanımlı oluşu bunda etkendir. Darbe aletleri olarak, destek demiri, bıçak sektöründe ve otomotiv sanayiinde araçların güvenlik konsollarında kullanılmaktadır. Bu çelikler soğuk haddeleme ve tavlama işlemlerinden geçirildikten sonra piyasaya sürülmektedirler.

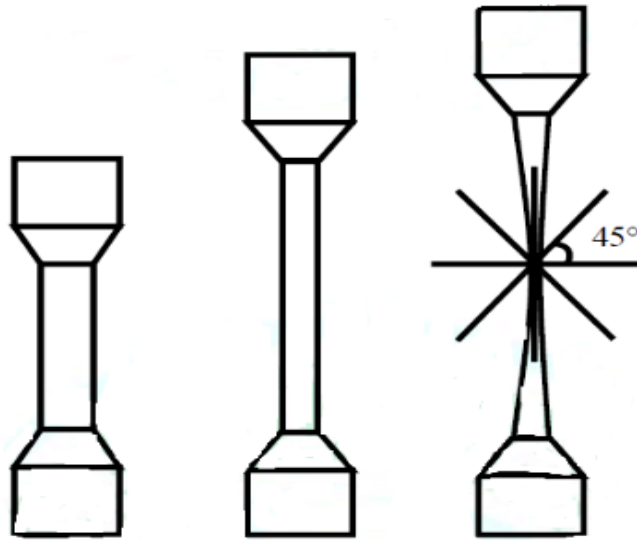
Docol bor çelikleri için tavsiye edilen kaynak metodu elle yapılan metal ark kaynağı(MMA) ve gaz metal ark kaynağı(GMAW) dır. Docol 20 MnB5, Docol30MnB5, Docol 27 MnCrB5 ve Docol 33MnCrB5 çelikleri ısıtmadan kaynak yapılabilen Docol çelikleridir. Docol Bor Çeliklerini kaynak ederken seçilen dolgu

malzemesi önemli bir konu teşkil eder. Bu dolgu malzemesinin düşük hidrojen içerikli olması önemlidir ve MMA kaynağında bazik elektrot kullanımı tavsiye edilir. Eğer mümkünse kaynak, sertleşmeden önce tamamlanmalıdır. Eğer kaynak, sertleşmeden sonra tamamlanırsa daha yüksek sertlikte dolgu metalleri kullanılarak kaynakla ana malzeme (Docol) arasındaki sertlik farkı azaltılır. Düşük gerilimli noktalar kaynaklanıyorsa düşük dayanımlı dolgu metallerinin kullanımı uygundur. Kaynağın, yükün en az olduğu yerlere yapılması ve yumuşak, acele edilmeden yapılması son derece önemlidir. Docol Bor Çelikleri iyi şekil alırlar. Tavlanma esnasında bükülebilme özellikleri vardır. Deneylerimizde kullandığımız Docol Bor Çeliği sınıfı için uygun sertleştirme sıcaklığı 890 0C – 920 0C aralığındadır. Daha yüksek karbon içerikli alaşımlar için daha düşük sertleştirme sıcaklığı değerleri geçerlidir. (Naderi M., Saeed-Akbari A., Bleck W., The effects of non-isothermal deformation)

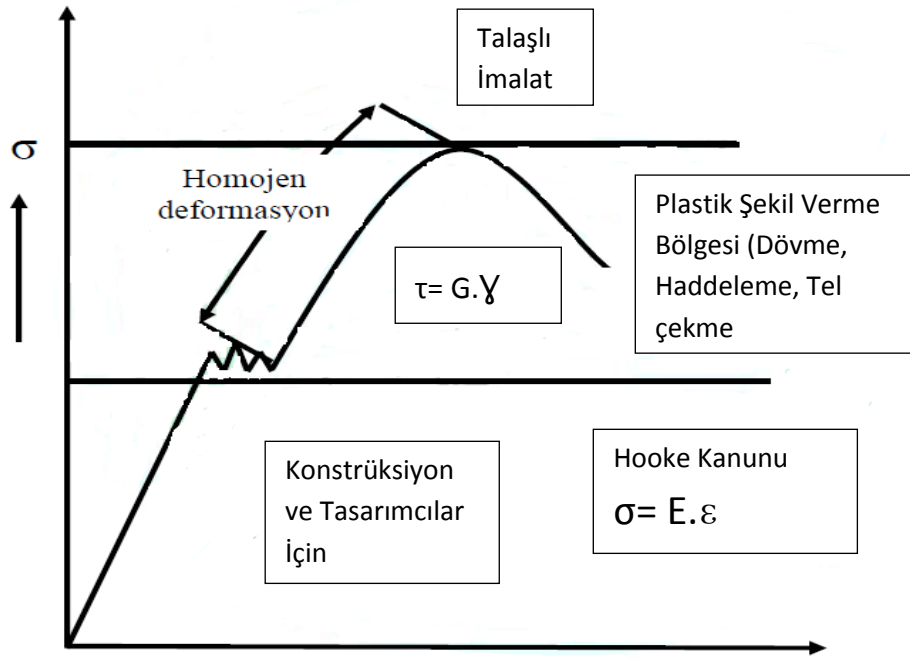
2.8 Çekme Deneyi

2.8.1 Numunelerin Çekme Esnasındaki Durumları ve Çekme Eğrisi

Çekme cihazına bağlanan numunelerin çekme esnasındaki durumları yaklaşık olarak aşağıdaki şekle benzer bir görüntü alır.



Şekil 2.1- Çekme cihazındaki numunelerin kopma esnasındaki durumları (AY, İrfan Doç. Dr.,- DEMİRCİOĞLU Kerem T, Arş. Gör..., İmalat Yöntemleri II)



Şekil 2.2 – Çekme Diyagramı (AY, İrfan Doç. Dr.,- **DEMİRCİOĞLU** Kerem T, Arş. Gör., İmalat Yöntemleri II)



Resim 2.1 –Deneylerde Kullandığımız Çekme Cihazı (Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği laboratuarı)

2.9 Çekme Eğrisinden Elde Edilen Mekanik Özellikler

2.9.1 Elastite Modülü

$$E = \sigma / \varepsilon = \tan \alpha$$

Tan α küçük ise yumuşak zayıf malzeme,

Tan α büyük ise katı güçlü malzeme

2.9.2 Akma Mukavemeti

$$\sigma_{ak} = \frac{F_{ak}}{A_0}$$

2.9.3 Çekme Mukavemeti

$$\sigma_{çek} = \frac{F_{max}}{A_0}$$

2.9.4 Kopma Mukavemeti

$$\sigma_{kop} = \frac{F_{kop}}{A_0}$$

2.9.5 % ϵ Uzama

$$\% \epsilon = \frac{\text{son uzunluk} - \text{ilk uzunluk}}{\text{ilk uzunluk}} \cdot 100$$

$$\% \epsilon = \frac{L - L_0}{L_0}$$

2.9.6 % Kesit Daralması

$$\% \psi = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \cdot 100$$

A_0 : Başlangıç Kesit Alanı

A_k : Kırılma Sonrası Kesit Alanı

2.9.7 Poisson Oranı

$$\mathfrak{G}_{ide} = 0.50 \quad \mathfrak{G} = (\text{çaptaki değişim} / \text{ilk çap}) / (\text{boydaki değişim} / \text{ilk boy})$$

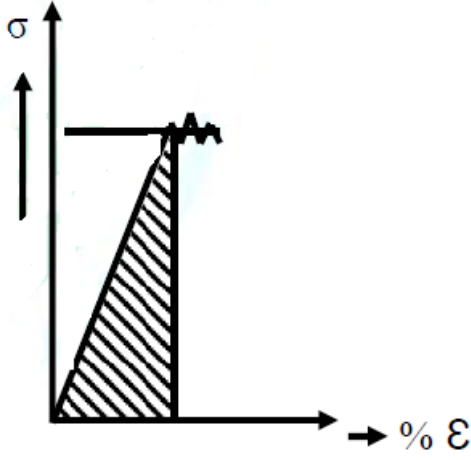
$$\mathfrak{G}_{ger} = 0.25 - 0.40$$

$$\mathfrak{G}_{çel} = 0.36 \quad \mathfrak{G}_{Zn} = 0.32$$

2.9.8 Rezilyans

Numunenin, kuvvet uygulandığın da absorbe ettiği enerjiyi kuvvet kaldırıldığında geri verme özelliği olarak tanımlanır. Rezilyans çekme eğrisinin elastik sınıra kadar olan kısmın ϵ eksenini ile arasında kalan kısmın alanı ile ifade edilir.

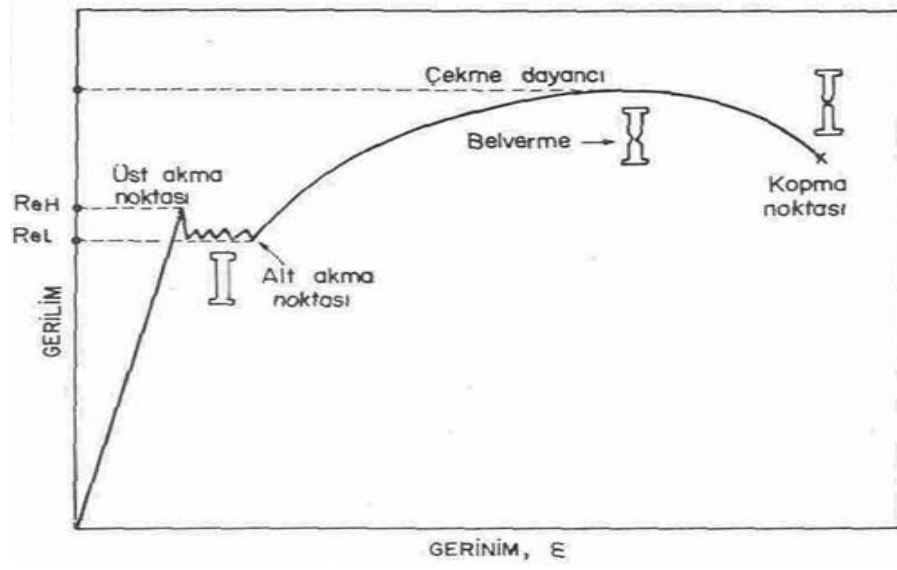
$$U_R = \frac{\sigma_{ak} \cdot \epsilon_{ak}}{2}$$



Şekil 2.3 – Rezilyans

2.9.9 Tokluk

Tokluk, malzemeyi koparmak için harcanan enerjinin bir ölçüsü olup σ - ϵ eğrisinin altında kalan alanı ifade eder.



Şekil 2.4 – Tokluk Çekme eğrisi üzerinde gösterimi (AY, İrfan Doç. Dr.,-
DEMİRCİOĞLU Kerem T, Arş. Gör., İmalat Yöntemleri II)

3. MATERYAL ve YÖNTEM

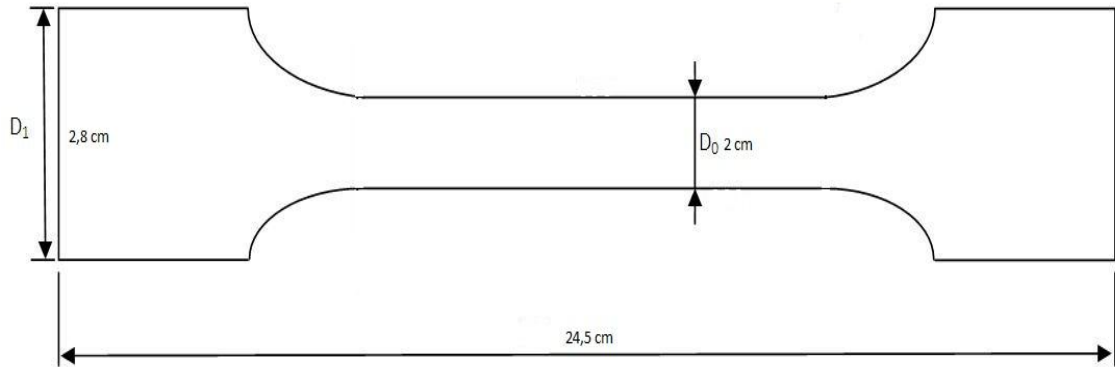
Deneyimizde kullanılan çelik 22MnB5 çeliğidir. Bu çeliğin genel özellikleri hakkında daha önce bahsedilmişti. Şimdi deneyin nasıl yapıldığı ve sonuçları hakkında bahsedilecektir.

22MnB5 çeliğimizi işlem görmemiş halde ve 700 – 750 – 800 – 850 – 900 – 950 °C ısıtılarak havada ve suda soğumaya bırakılmış 2 grup oluşturularak çekme eğrileri karşılaştırılmıştır.

Her grup numuneden ortalama 4 er adet alınmış olup belirtilen sıcaklıklarda fırında tutulmuştur. Fırında tutma süreleri aşağıda gösterilmiştir.

	HAVA	SU
950	15 dk	15 dk
900	20 dk	20 dk
850	30 dk	30 dk
800	30 dk	30 dk
750	30 dk	30 dk
700	30 dk	30 dk

Çizelge 3.1 Fırında Tutma Süreleri



Şekil 3.1 Deneyde Kullanılan Çekme Numunesi Ölçüleri

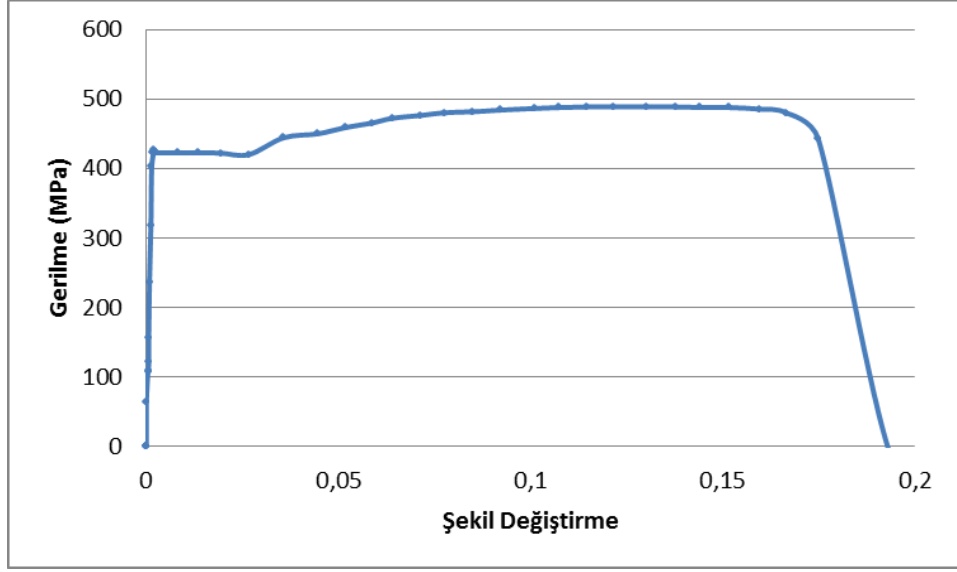


Şekil 3.2 Numunelerin Kopma Esnasındaki Durumları

3.1 Havada Soğutulan Numuneler

3.1.1 700°C‘ de Havada Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları

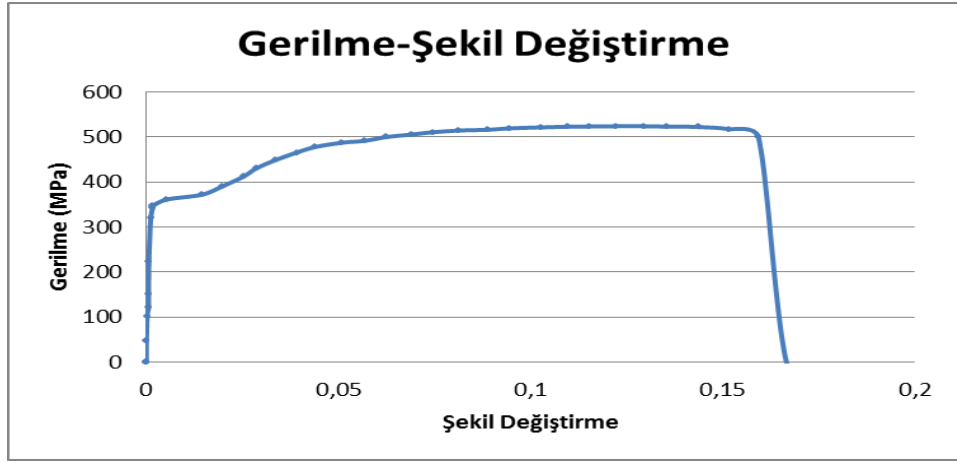
Bu başlık içerisinde toplamda 4 adet numune 700 °C ‘de ısıtılarak havada soğumaya bırakılmıştır. Elde edilen ortalama deney sonuçları aşağıdaki gibidir.



Grafik 3.1 - 700 °C ' de Havada Soğutulan numune

3.1.2 750 °C ' de Havada Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları

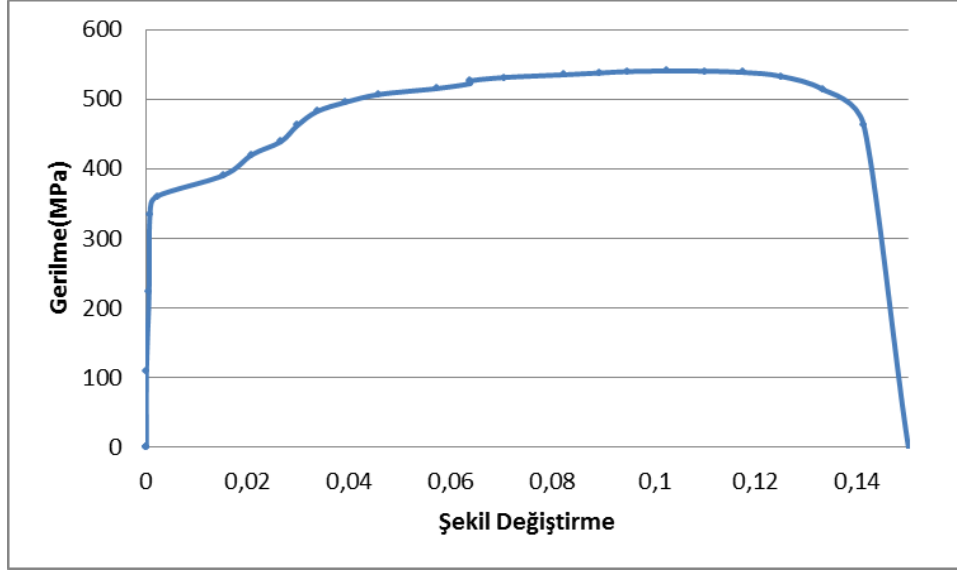
Bu başlık içerisinde toplamda 4 adet numune 750 °C 'de ısıtılarak havada soğumaya bırakılmıştır. Elde edilen ortalama deney sonuçları aşağıdaki gibidir.



Grafik 3.2 - 750 °C ' de Havada Soğutulan numune

3.1.3 800 °C ‘ de Havada Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları

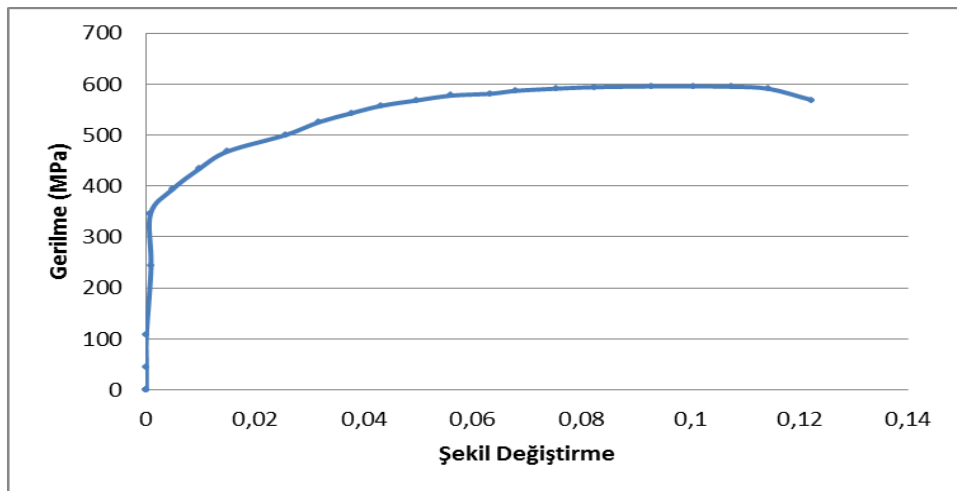
Bu başlık içerisinde toplamda 4 adet numune 800 °C ‘de ısıtılarak havada soğumaya bırakılmıştır. Elde edilen ortalama deney sonuçları aşağıdaki gibidir.



Grafik 3.3 800 °C ‘ de Havada Soğutulan numune

3.1.4 850 °C ‘ de Havada Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları

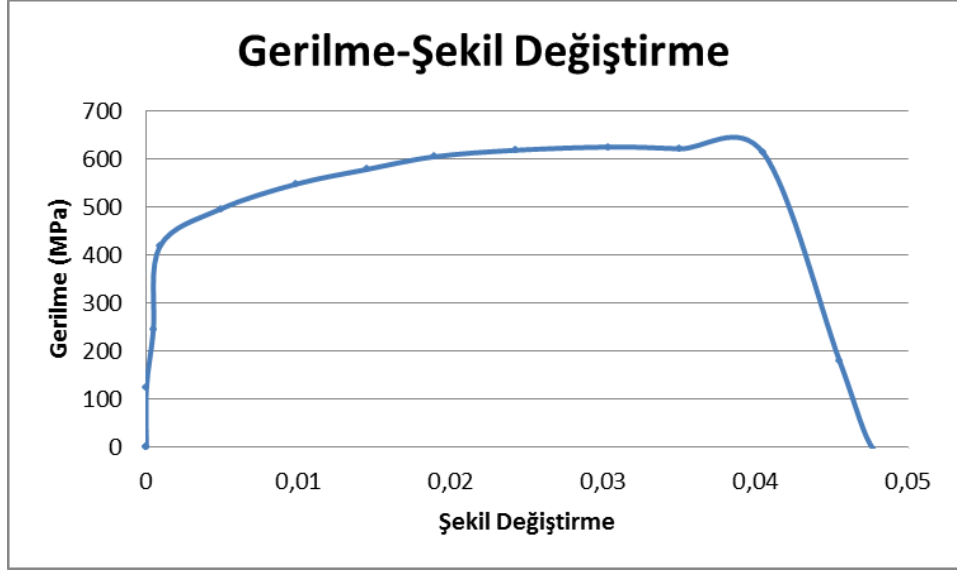
Bu başlık içerisinde toplamda 4 adet numune 850 °C ‘de ısıtılarak havada soğumaya bırakılmıştır. Elde edilen ortalama deney sonuçları aşağıdaki gibidir.



Grafik 3.4 850 °C ‘ de Havada Soğutulan numune

3.1.5 900 °C ‘ de Havada Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları

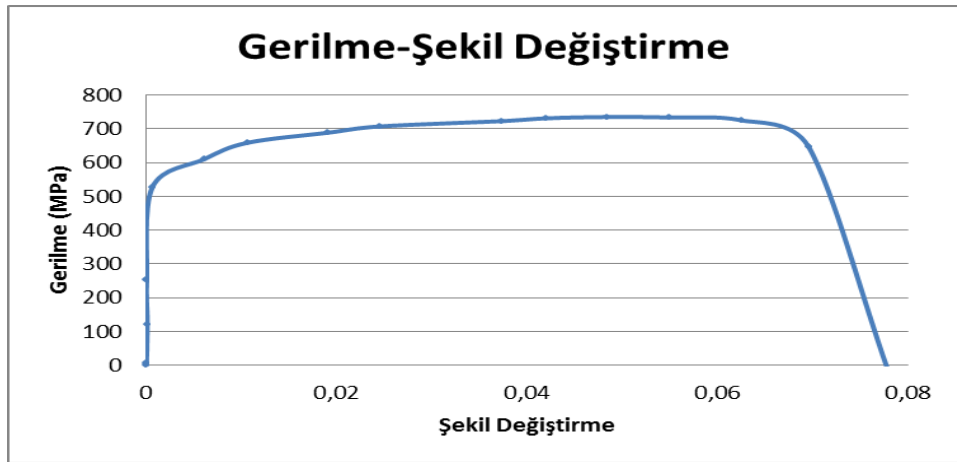
Bu başlık içerisinde toplamda 4 adet numune 900 °C ‘de ısıtılarak havada soğumaya bırakılmıştır. Elde edilen ortalama deney sonuçları aşağıdaki gibidir.



Grafik 3.5 900 °C ‘ de Havada Soğutulan numune

3.1.6 950 °C ‘ de Havada Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları

Bu başlık içerisinde toplamda 4 adet numune 950 °C ‘de ısıtılarak havada soğumaya bırakılmıştır. Elde edilen ortalama deney sonuçları aşağıdaki gibidir.

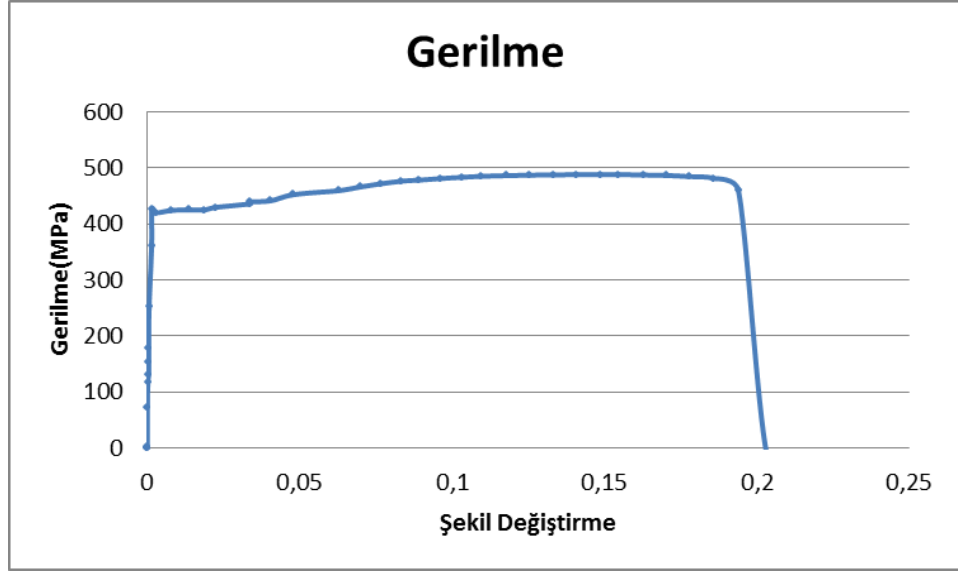


Grafik 3.6- 950 °C ‘ de Havada Soğutulan numune

3.2 Suda Soğuyan Malzemelerin Çekme Sonuçları

3.2.1 700 °C ‘ de Suda Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları

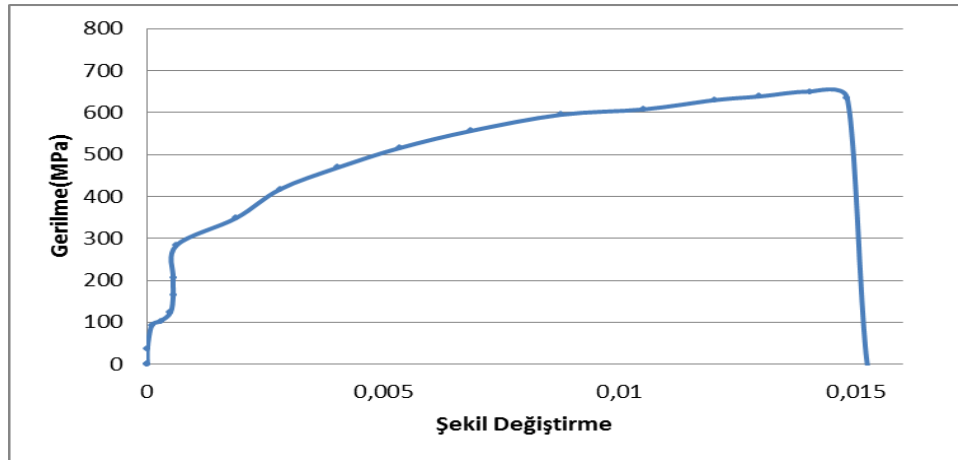
Bu başlık içerisinde toplamda 4 adet numune 700 °C ‘de ısıtılarak suda soğumaya bırakılmıştır. Elde edilen ortalama deney sonuçları aşağıdaki gibidir.



Grafik 3.7 700 °C ‘ de Suda Soğutulan numune

3.2.2 750°C ‘ de Suda Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları

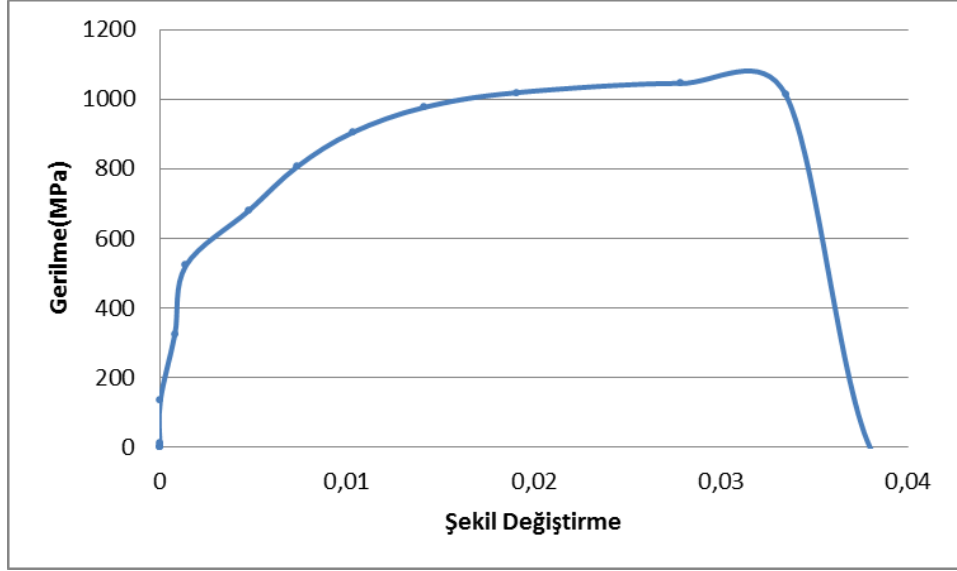
Bu başlık içerisinde toplamda 4 adet numune 750 °C ‘de ısıtılarak suda soğumaya bırakılmıştır. Elde edilen ortalama deney sonuçları aşağıdaki gibidir.



Grafik 3.8 - 750 °C ‘ de Suda Soğutulan numune

3.2.3 800°C 'de Suda Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları

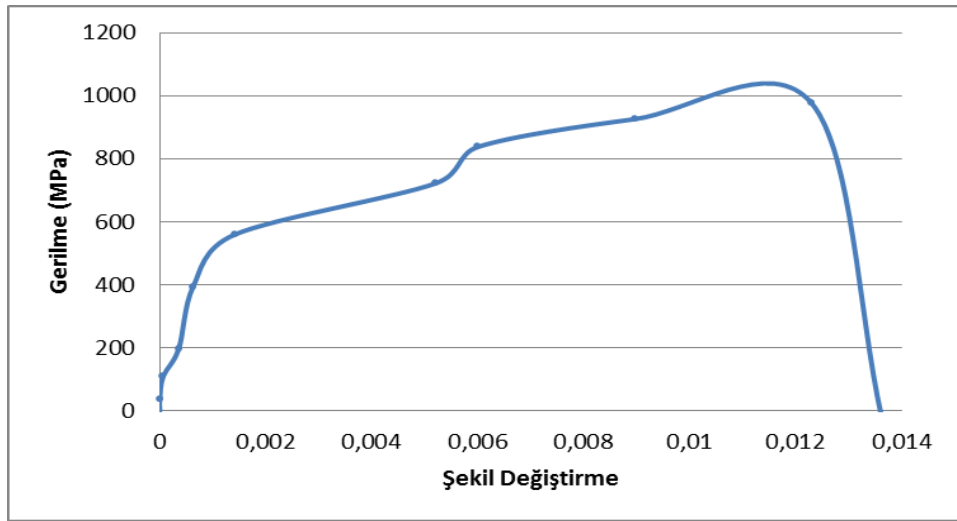
Bu başlık içerisinde toplamda 4 adet numune 800 °C 'de ısıtılarak suda soğumaya bırakılmıştır. Elde edilen ortalama deney sonuçları aşağıdaki gibidir.



Grafik 3.9 800°C 'de Suda Soğutulan numune

3.2.4 850 °C 'de Suda Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları

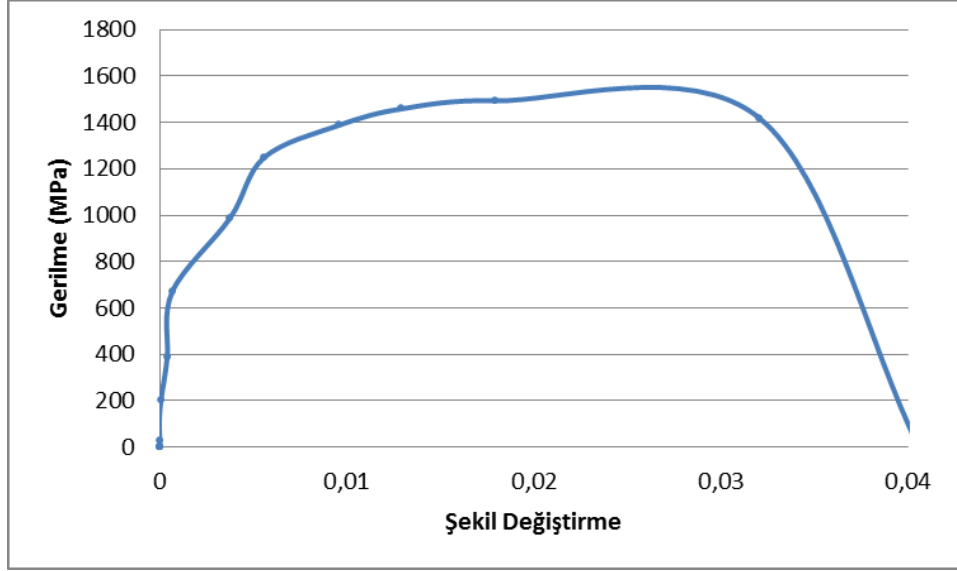
Bu başlık içerisinde toplamda 4 adet numune 850 °C 'de ısıtılarak suda soğumaya bırakılmıştır. Elde edilen ortalama deney sonuçları aşağıdaki gibidir.



Grafik 3.10- 850 °C 'de Suda Soğutulan numune

3.2.5 900 °C ‘ de Suda Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları

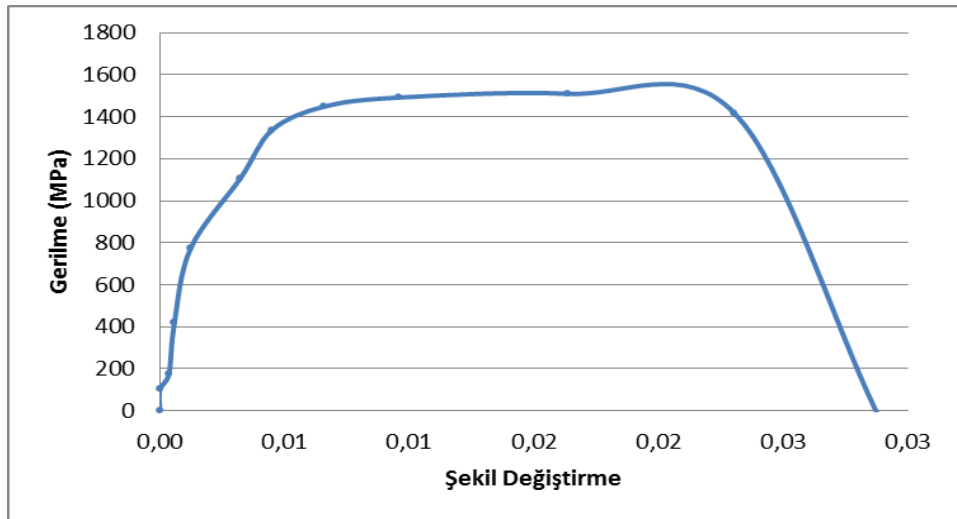
Bu başlık içerisinde toplamda 4 adet numune 900 °C ‘de ısıtılarak suda soğumaya bırakılmıştır. Elde edilen ortalama deney sonuçları aşağıdaki gibidir.



Grafik 3.11 900 °C ‘ de Suda Soğutulan numune

3.2.6 950 °C ‘ de Suda Soğutulan Malzemenin Çekme Sonuçları

Bu başlık içerisinde toplamda 4 adet numune 950 °C ‘de ısıtılarak suda soğumaya bırakılmıştır. Elde edilen ortalama deney sonuçları aşağıdaki gibidir.



Grafik 3. 12 – 950 °C ‘ de Suda Soğutulan numune

3.3 Üst Yüzey Numuneleri



Şekil 3.3 – Şekil Verilmiş Kalıp

22MnB5 malzeme, fırında yaklaşık olarak 900 °C ' ye ısıtılmış ve daha sonra kalıplarda şekillendirmek amacıyla prese transfer edilmiştir ve aynı anda soğutucu akışkan olarak su kullanımıyla soğutma kanalları vasıtasıyla soğutulmuştur.. Bu işlem sonunda elde edilen preste şekil verilmiş parçanın şekli resim 6.2 de görülmektedir. Bu parçanın üst yüzeyinden alınan 6 adet üst yüzey numunesinin (c1-6) akma mukavemetleri MPa cinsinden aşağıda ifade edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda ortalama akma mukavemeti üst yüzey için 1252MPa, ve çekme mukavemeti 1463 MPa 'dır.

(Birimler MPa)

AKMA MUKAVEMETİ

Üst Yüzey

Numuneleri

c1	1304
c2	1250
c3	1181
c4	1170
c5	1310
c6	1294
ortalaması	1251,5

Çizelge 3.2 – Üst Yüzey Akma Mukavemetleri

Aynı üst yüzey numunelerinin çekme dayanımlar ise aşağıdaki gibi bulunmuştur.

(Birimler MPa)

ÇEKME MUKAVEMETİ	
Üst Yüzey Numuneleri	
c1	1480,40201
c2	1474,88812
c3	1434,27459
c4	1424,88038
c5	1490,47141
c6	1474,88812
ortalaması	1463,30077

Çizelge 3.3 – Üst Yüzey Çekme Mukavemetleri

3.4 Yan Yüzey Numuneleri

Yukarıda şekil verilmiş parçanın yan yüzeyinden alınan 6 adet yan yüzey numunesinin (z1-6) akma ve çekme mukavemetleri aşağıda gösterilmiştir. Yan yüzeye ait numunelerde akma dayanımı 1126 Mpa ve çekme dayanımı 1414 MPa olarak belirlenmiştir.

(Birimler MPa)

AKMA MUKAVEMETİ	
Yan Yüzey Numuneleri	
z1	1128
z2	1190
z5	860
z6	1248
z7	1112
z8	1220
ortalaması	1126,333

Çizelge 3.4 - Yan Yüzey Akma Mukavemetleri

Aynı yan yüzey numunelerinin çekme dayanımlar ise aşağıdaki gibi bulunmuştur.

(Birimler MPa)

ÇEKME MUKAVEMETİ

Yan Yüzey Numuneleri

z1	1515,183
z2	1496,447
z3	1144,89
z4	1497,24
z5	1370,295
z6	1462
ortalaması	1414,343

Çizelge 3.5 – Yan Yüzey Çekme Mukavemetleri

4. SONUÇLAR

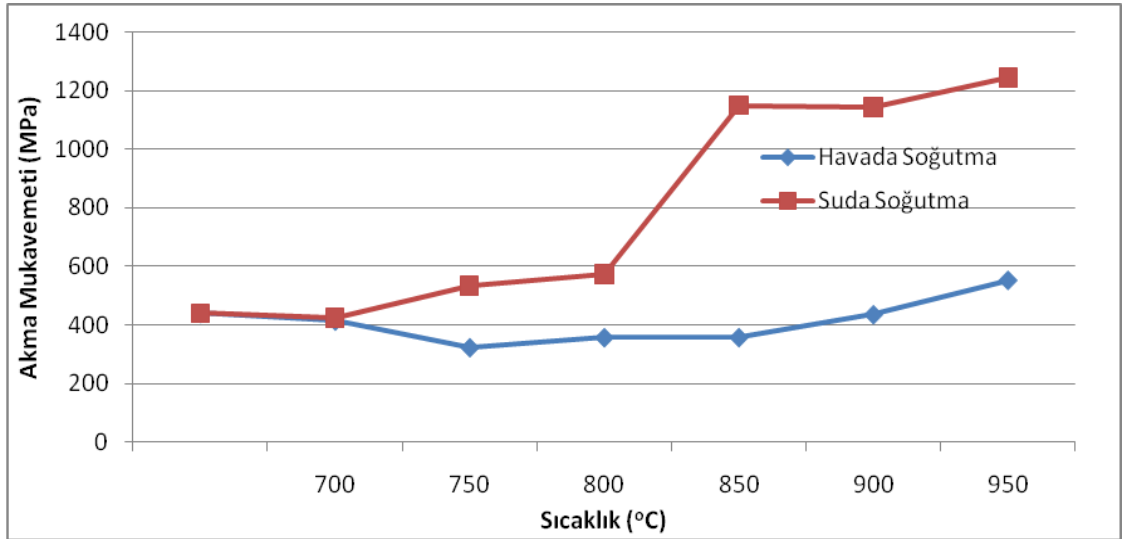
Yapılan deneyler neticesinde malzemelerin 4 adet numunenin ortalama akma mukavemetleri karşılaştırılmalı olarak şu şekilde elde edilmiştir. Birimler MPa cinsindedir.

HAVA	AKMA MUKAVEMETİ						
	25	700	750	800	850	900	950
ortalama	440,143	414	323,3333	357,3333	357,6667	435,6667	553

Çizelge 4.1 – Havada soğutulanlar akma mukavemeti

SU	AKMA MUKAVEMETİ						
	25	700	750	800	850	900	950
ortalama	440,143	425	532,6667	572,6667	1149,333	1142,333	1243

Çizelge 4.2 – Suda soğutulanlar akma mukavemeti



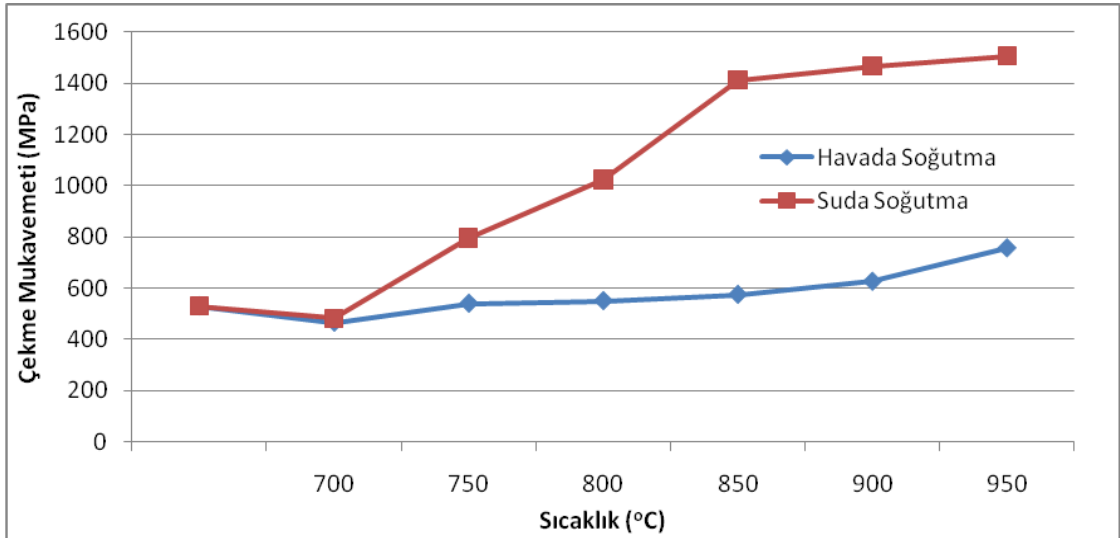
Grafik 4.1 – Sıcaklığa göre havada ve suda akma mukavemetleri

HAVA	ÇEKME MUKAVEMETİ						
	25	700	750	800	850	900	950
ortalama	529,49	465,1914	539,7312	550,0074	574,5964	625,9514	757,031942

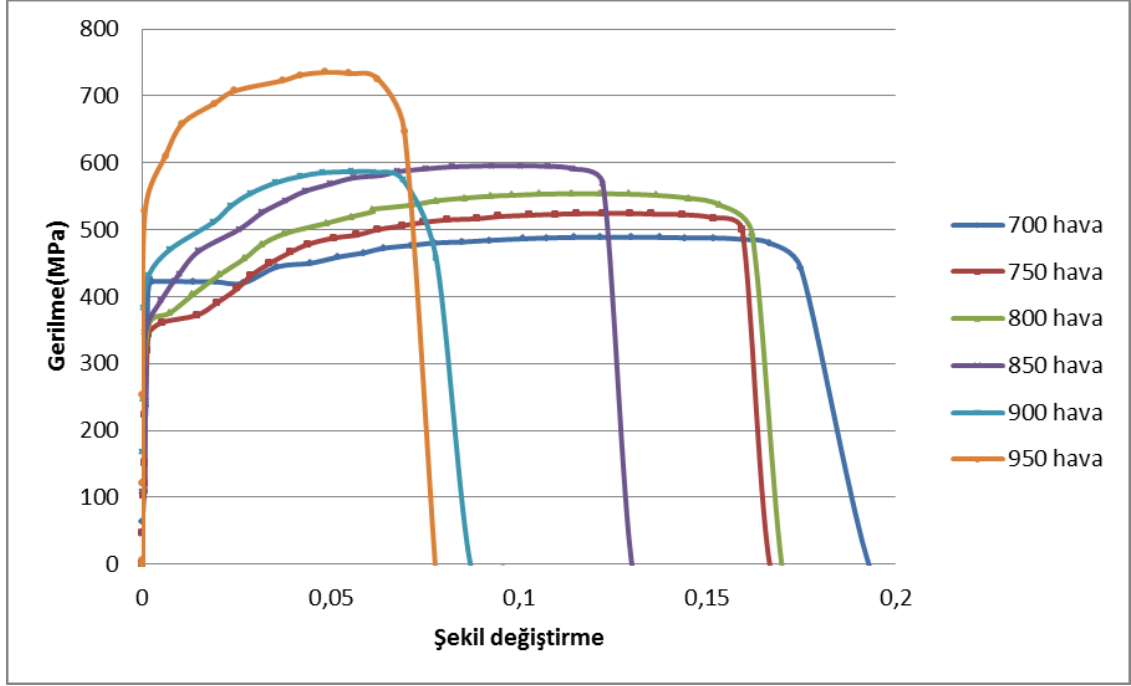
Çizelge 4.3 – Havada soğutulanlar çekme mukavemeti

SU	ÇEKME MUKAVEMETİ						
	25	700	750	800	850	900	950
ortalama	529,49	481,6653	794,6685	1024,367	1411,957	1466,672	1506,449

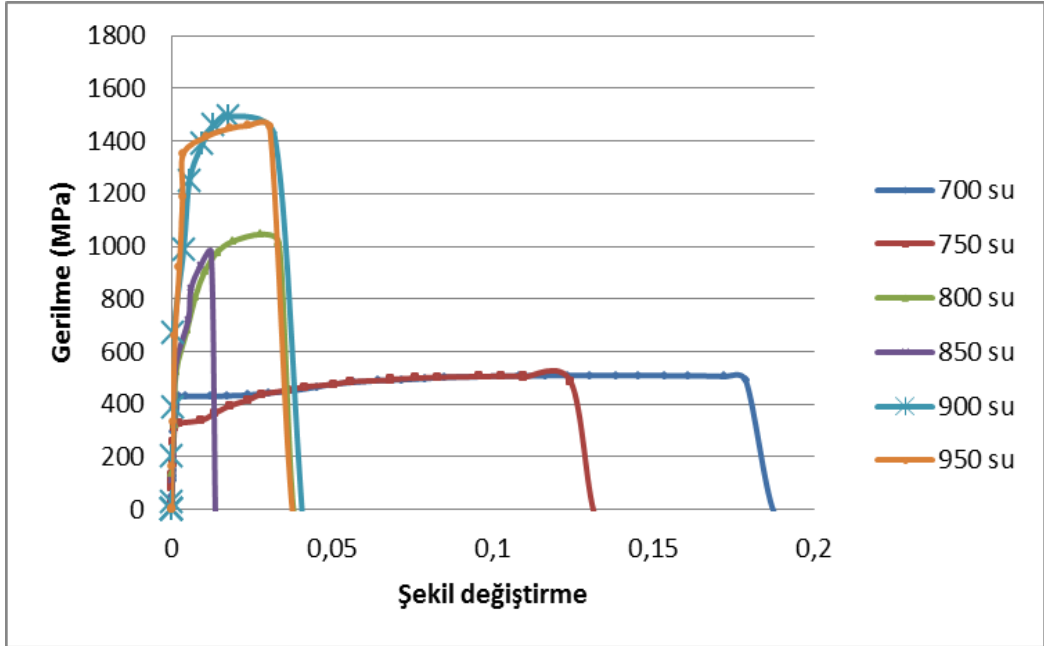
Çizelge 4.4 – Suda soğutulanlar çekme mukavemeti



Grafik 4.2 - – Sıcaklığa göre havada ve suda çekme mukavemetleri



Grafik4.3 – Havada Değişik Sıcaklıklarda Çekme Grafikleri



Grafik 4.4 Suda Değişik Sıcaklıklarda Çekme Grafikleri

Elde ettiğimiz grafikleri incelediğimizde havada soğutulan parçaların akma mukavemeti ısıtıl işlem görmemiş numuneler göre yaklaşık olarak % 25 oranında artarken suda soğutulan numunelerde akma mukavemetinin yaklaşık olarak 3 katına çıktığı görülmüştür. Çekme mukavemetlerinin kıyaslaması yapıldığında, havada soğutulan numunelerin çekme dayanımı yaklaşık olarak % 50 oranında arttığı görülmüştür. Bunun yanında suda soğuyan numunelerde çekme dayanımı yaklaşık olarak 3 katına çıktığı görülmüştür

Aynı numunelere farklı sıcaklıklarda ısıtıl işlem uyguladığımızda sıcaklık arttıkça daha mukavemetli fakat daha gevrek malzeme durumuna geçtiği görülmüştür. Kullanım alanına göre ısıtıl işlem uygulanarak istenen özelliklere uygun malzeme elde edilebilir.

Sıcaklık değıştikçe, farklı mukavemet değeriğlerinin gözlenmesi malzemenin iç yapısındaki değışimlerden ötürüdür. Bu durumda, optimum çekme mukavemeti ve süneklik değeriğleri suda soğutma için 950 oC de 1506 MPa ve % 5 uzama değeriğidir. Aynı şekilde, havada soğutma için 950 °C de 735 MPa ve %4 uzama değeriğidir.

KAYNAKÇA

Anonim, 2011.Sıcak Şekil Verme

http://www.gupilya.freesevers.com/main_dosyalar/Page1651.htm (Erişim Tarihi, Ağustos 2011)

Anonim , 2011 . Docol 22MnB5 Cold rolled boron steel for hardening in water or oil,

www.ssab.com (Erişim Tarihi, Ağustos 2011)

Application of Hot Forming High Strength Steel Parts on Car Body in Side Impact (chinese journal of mechanical engineering, (2010)

AY, İrfan Doç. Dr.,- **DEMİRCİOĞLU** Kerem T, Arş. Gör., İmalat Yöntemleri II **Griesbach B. 1, Oberpriller1 B.**, simulation in tool and die shop, Hot Forming, 2008

Naderi M., Saeed-Akbari A., Bleck W., The effects of non-isothermal deformation on martensitic transformation in 22MnB5 steel, 2007

Merklein M., Lechler J., Geiger M. (Chair of Manufacturing Technology, Institute of Mechanical Engineering University of Erlangen, 30 June 2007)

TAŞ Zakir, çeliklerde termomekanik işlem uygulamaları, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Fakültesi, Gebze, KOCAELİ, 2006

Turetta A., Bruschi S. ve A.Ghiotti Investigation of 22MnB5 formability in hot Stamping operations(DIMEG University of Padova, Via Venezia, 19 June 2006

USLU Mustafa, DOCOL 22mnb5 çeliğinin balistik özelliklerinin incelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2007

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Furkan AKBAŞ

Doğum Yeri ve Tarihi : BURSA, 2 Mart 1987

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Süleyman Çelebi Lisesi (YDA) – 2005

Üniversite (Lisans) : Dumlupınar Üniversitesi

Makine Mühendisliği – 2009

Üniversite (Lisans) : Anadolu Üniversitesi

İşletme – 2011

Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı- 2011

İletişim : 0543 263 03 70

[:furkan_akbas@hotmail.com](mailto:furkan_akbas@hotmail.com)

[: furkanakbas03@gmail.com](mailto:furkanakbas03@gmail.com)