

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI TOPRAK İŞLEME ALETLERİNİN İŞLEYİCİ ORGANLARINDA UYGULANAN
ISIL İŞLEMLER VE UYGUN ISIL İŞLEMLERİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Süleyman YALDIZ

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Fikret DEMİR

KONYA - 1990

ÖNSÖZ

Her yıl, toprak işleyici organlardaki aşınma sonucu, tonlarca çelik toprağa karışmakta; ülke genelinde, bu, her yıl milyarlarca TL'lik ekonomik kayba neden olmaktadır. Aşınma ile malzeme kayıplarının büyük çoğunluğu, pulluk uç demirlerinde meydana gelmektedir. Aşınmanın en önemli nedeni ise uygun olmayan malzeme seçimi ve ısıl işlemlerdir.

Bu araştırmada, değişik firmalarca üretilerek piyasaya arz edilen uç demirleri materyal olarak alınarak, bunlar üzerinde yapılan farklı ısıl işlemler sonunda, elde edilen sertlik değerlerinin aşınmaya etkileri incelenmiştir. Araştırma sonunda, uç demirleri yapımında kullanılacak uygun malzeme ve sertlik değerleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Denemeler tarla şartlarında gerçekleştirilerek, metod bölümünde tesbit edilen parametreler çerçevesinde aşınma durumu incelenmiştir.

Bu araştırmanın, planlanmasından sonuçlandırılıncaya kadar değerli yardımlarını esirgemeyen danışman hocam, sayın Yrd.Doç.Dr. Fikret DEMİR'e, araştırma süresince her konuda görüş ve tecrübelerinden faydalandığım S.Ü.Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölüm Başkanı sayın Prof.Dr. Şinasi YETKİN'e, her konuda bana destek olan S.Ü. Konya Meslek Yüksekokulu Müdürlüğü'ne ve sayın Yrd.Doç.Dr. Ö. Faruk TAŞER'e ayrıca istatistikî değerlendirmelerin yapılmasında yardımcı olan sayın Yrd.Doç. Dr. Kazım KARA'ya ve bu araştırmanın finansmanını karşılayan S. Ü. Araştırma Fonu Saymanlığına teşekkür ederim.

Konya, Ekim 1990

Süleyman YALDIZ

Öz

Farklı malzemelerden yapılan pulluk uç demirlerine uygulanan ısıtma işlemleri, aşınma direnci bakımından önem arz etmektedir. Bu nedenle, uç demiri yapımında kullanılan malzemeler üzerinde, farklı ısıtma işlemleri uygulanarak, aşınmaya olan etkileri araştırılmıştır.

Yapılan tarla denemeleri ve laboratuvar incelemeleri sonucunda, elde edilen veriler üzerinde istatistiksel değerlendirmeler yapılarak kısaca aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Denemeye alınan uç demirlerinde sertliğin artması, aşınma direncini arttırmıştır.
- Düşük sertlik değerlerindeki uç demirlerinde, aşınma, pullukta yer alışlarına göre (önde-ortada-arkada) önde, orta ve arkaya göre daha fazla olmuştur.

ABSTRACT

The heating processes applied to plow shares made of different materials have an importance depending upon wear resistance for this reason, on the materials used for making share, by applying some different heating processes, the effects on wear resistance were investigated. On the results of field applications and laboratory investigations. The results below were found by evaluating statistically the datas being obtained.

- The increase of hardness has increased the wear resistance of share.
- The wear resistance on share with low hardness value were greater dealing with it's place wheather being front or behind.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

1. GİRİŞ	1
2. ÇELİKLERE UYGULANAN ISIL İŞLEMLER	4
2.1. Demir Karbon Denge Diyagramı	5
2.1.1. Karbonun Çeliğe Kazandırdığı Mekanik Özellikler	9
2.2. Tavlama	10
2.2.1. Normalizasyon Tavlaması	10
2.2.2. İri Tane Tavlaması	11
2.2.3. Yumuşatma Tavlaması	11
2.2.4. Gerilim Giderme Tavlaması	12
2.2.5. Diffüzyon Tavlaması	12
2.2.6. Yeniden Kristalleşme Tavlaması	13
2.2.7. Küreleştirme Tavlaması	14
2.3. Sertleştirme	14
2.3.1. Ostenitleme	14
2.3.2. Sertleştirme Isıl İşleminde Martenzit Teşekkülü	15
2.3.3. Sertleşebilirlik	18
2.3.4. Farklı İki Ortamda Su Verme İşlemi	19
2.3.4.1. Martemperleme	19
2.3.4.2. Ostemperleme	20
2.3.5. Temperleme	20
2.3.5.1. Meneviş Verme	21
2.3.5.2. Islah Etme	22

2.4. Yüzey Sertleştirme Metodları	22
2.4.1. Yüzeyin Kimyasal Bileşimini Değiştirmeden	
Yüzey Sertleştirme	23
2.4.1.1. Alevde Yüzey Sertleştirme	23
2.4.1.2. İndüksiyonla Yüzey Sertleştirme	24
2.4.2. Yüzeyin Kimyasal Bileşimini Değiştirerek	
Yüzey Sertleştirme	25
2.4.2.1. Katı Sementasyon (Karbürizasyon)	25
2.4.2.2. Sıvı Sementasyon (Karbürizasyon)	25
2.4.2.3. Gaz Sementasyon (Karbürizasyon)	26
2.4.3. Nitrürasyon	27
2.5. Isıl İşlemlerde Isıtma ve Soğutma Ortamları	27
2.5.1. Isıl İşlem Fırınları	27
2.5.2. Isıl İşlemlerde Soğutma Ortamı ve Teknikleri	31
3. TOPRAK İŞLEYİCİ ORGANLARDA AŞINMA	33
3.1. Toprak İşleyici Organlarda Aşınma Mekanizması	33
3.2. Toprak İşleyici Organlarda Aşınma Direncini	
Etkileyen Faktörler	35
3.2.1. Toprağın Yapısıyla İlgili Faktörler	35
3.2.1.1. Aşındırıcı Tanelerin Sertliği	35
3.2.1.2. Aşındırıcı Tanelerin Boyut ve	
Şekli	36
3.2.2. İşleyici Organa Bağlı Faktörler	36
3.2.2.1. İşleyici Organın Malzemesi	36
3.2.2.2. İşleyici Organın Şekli	39

3.2.2.3. İşleyici Organın Alet Üzerindeki Yeri	41
3.3. Çeki Kuvvetinin Aşınmaya Etkisi	42
3.4. Isıl İşlemlerin Aşınma Direncine Etkileri	43
4. LİTERATÜR ÖZETİ	46
5. MATERYAL ve METOD	49
5.1. Materyal	49
5.1.1. Araştırmada Kullanılan Cihaz ve Aletler	51
5.2. Metod	52
5.2.1. Deney Mazemelerinin Kimyasal Bileşimlerinin Tesbiti	52
5.2.2. Uç Demirlerine Uygulanan Isıl İşlemler	52
5.2.3. Uç Demirlerinin Sertlik Değerlerinin Tesbiti	52
5.3. Tarla Denemeleri	54
5.3.1. Toprak Nem ve Tekstür Tayini	54
5.3.2. Deney Parselleri ve Uç Demiri Gruplarının Belirlenmesi	54
5.3.3. Aşınma Miktarının Tesbiti	55
6. SONUÇ ve TARTIŞMA	56
7. ÖZET	63
8. SUMMARY	65
LİTERATÜR LİSTESİ	66

VIII

TABLOLAR LİSTESİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Tablo Adı</u>	<u>Sayfa No:</u>
Tablo 1.	Çelik Parçaların Isıl İşlemlerinde Kullanılan Tipik Tuz banyoları	29
Tablo 2.	Farklı Isıl İşlem Görmüş CK 15 Çeliğinin Aynı Abrasiv Ortamdaki Aşınma Miktarları .	44
Tablo 3.	Denemeye Alınan Pulluk Uç Demirlerinin Tipleri ve Ortalama Ağırlıkları	49
Tablo 4.	Denemeye Alınan Uç Demirlerine Uygulanan Isıl İşlemler	53
Tablo 5.	Deney Malzemelerinin Kimyasal Bileşimi . .	56
Tablo 6.	Numunelerin Deney Sonunda Konumlarına Göre Aşınma Değerleri	57
Tablo 7.	Aynı Sertlik Değerindeki (A ₂ ,B ₂ ,C ₂) Deney Numunelerinin Konumlarına Göre Aşınma Değerleri	59
Tablo 8.	Aynı Sertlik Değerindeki (A ₃ ,B ₃ ,C ₃) Deney Numunelerinin Konumlarına Göre Aşınma Değerleri	60
Tablo 9.	Deney Numunelerinin Konumları ve Malzeme Cinslerine Göre Aşınma Değerleri	61

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil No:</u>	<u>Şekil Adı</u>	<u>Sayfa No:</u>
Şekil 1.	Demir Karbon Denge Diyagramı	6
Şekil 2.	Demir karbon Denge Diyagramında Ötektoit Bölge	7
Şekil 3.	Tavlanmış Haldeki Çelikte Karbon Oranının Mekanik Özelliklere ve Yapıya Etkisi . . .	9
Şekil 4.	Ostenitleme Sırasında Perlitteki Sementit Levhalarının Zamana Bağlı Olarak Çözünmesi	15
Şekil 5.	Yüzey Merkezli Kübik Ostenit Fazından Hacim Merkezli Tetragonal Martenzit Oluşumunun Gösterilişi	16
Şekil 6.	Çelikte Soğutma Hızına Bağlı Olarak Meydana Gelen Yapılar	17
Şekil 7.	Jominy Deney Düzeneği	18
Şekil 8.	Martemperleme	20
Şekil 9.	Ostemperleme	20
Şekil 10.	Alevde Yüzey Sertleştirme İşleminin Şematik Olarak Gösterilişi	23
Şekil 11.	İndüksiyonla Yüzey Sertleştirme	24
Şekil 12.	Mufullu Tip Bir Fırın	28
Şekil 13.	Sanayide Kullanılan Fırınların Şematik Olarak Görünüşü	30
Şekil 14.	Topraktaki İki ve Üç Cisimli Abrasiv Aşınma Mekanizması	33

<u>Şekil No:</u>	<u>Şekil Adı</u>	<u>Sayfa No:</u>
Şekil 15.	Karbon Miktarının Bir Fonksiyonu Olarak Çeliklerde Sertlik ve Aşınma Direnci Değişimi	38
Şekil 16.	Farklı Kesitlerdeki Uç Demirlerinde Keskinliğin Korunabilme Sınırı	40
Şekil 17.	Denemeye Alınan Pulluk Uç Demiri Tipleri	50
Şekil 18.	Denemeye Alınan Pulluk Uç Demiri Gruplarında Sertlikle Ortalama Aşınma Arasındaki İlişki	62

1. GİRİŞ

Kaliteli tarım ürünlerinin yetiştirilmesi optimum şartların sağlanması ile mümkündür. Uygun şartlar içinde en önemli yeri toprak almaktadır. Toprağın gereği gibi işlenmesi ürünün verim ve kalitesini doğrudan etkileyecektir. Toprak şartları optimum düzeyde değişmez olarak kabullenildiğinde, işleme kalitesini etkileyen en önemli faktör işleme alet ve makinalarının konstrüksiyonu ve şeklidir. Bir toprak işleme aletinin ekonomik kullanım ömrü süresince şeklini olduğu gibi muhafaza etmesi mümkün değildir. Ziraat alet ve makinalarının ömrü geniş oranda modeline, imalatında kullanılan malzemenin bünye ve kalitesine, bakım ve tamir durumuna, kullanma entansitesi ve şartlarına göre değişir (Kadayıfçılar ve Yavuzcan, 1969). Tarım alet ve makinaları çok değişik şartlar altında çalışmak mecburiyetinde olduklarından iyi kullanma ve bakımları kadar, imalatlarında kullanılan malzemelerin cinsi de oldukça önemlidir.

Toprak işleme alet ve makinalarında işleyici organların malzeme seçimi, imalat teknikleri ve ısıl işlemleri, birbiriyle yakından ilgilidir. Uygun olmayan malzeme seçimi, üretim teknikleri ve kullanımı, toprak işlemede pekçok problemi ortaya koyacaktır. Anız bozmada kullanılan pulluk uç demirlerinin keskin kenarlarından 2 mm aşınarak kısalması, çeki direncinin % 15-24 oranında artmasına sebep olur (Sungur, 1974). Körleşen uç demiri toprağı kesmeyip sadece öteleme hareketi yapacağından, pulluk çizi tabanı oluşumunu hızlandırmaktadır. Toprağın sıkışması bitki yetiştirilmesi yönünden önemli pekçok toprak özelliğini etkileyerek, kök ve bitki gelişmesini; dolayısıyla, verimi azaltmaktadır (Ulusoy, 1977).

Pulluk uç demirinin toprak şeridini tabana paralel kesmesi gerekir. Bu iş için toplam çeki kuvvetinin % 50'si harcanmaktadır. Bu bakımdan pulluk uç demirinin imalatına gereken önem verilmelidir (Mutaf ve Uçucu,1980).

Aksi halde, uç demiri kısa sürede şeklini kaybederek, toprak işlemeyi güçleştirecektir.

Toprak işleme aletleri çeşitli sebeplerden ötürü aşınarak şeklini kaybetmeye başladığı andan itibaren, iş için harcanan enerji artar ve aşınan parçaların yenilenmesi, zaman kaybını ve üretimde maliyeti arttırır. 1987 yılı itibariyle ülkemizde 574.250 kulaklı traktör pulluğu 24.041 döner kulaklı traktör pulluğu, 72.293 diskli traktör pulluğu, 253.960 kültivatör, 9.728 toprak frezesi parkı vardır (D.İ.E., 1988). Bu miktarlar gözönüne alındığında işleyici organların imalatında kullanılan toplam malzeme miktarı oldukça büyük değerlere ulaşmaktadır.

Toprak işleme aletlerinin tamiri, genelde aşınma ve kırılma dolaşısıyla yapılır. Bir pulluğun satın alma bedelinin ortalama % 13'ü yıllık tamir masrafı olarak düşünülerek hesap yapıldığında 1980 yılında üretilen pulluklar için üretim bedelleri üzerinden yılda toplam 58.424.340 TL'lık bir tamir ücreti gerektiği bulunur (Karamış, 1985). Türkiyede 1987 yılı itibariyle toplam 739.437 muhtelif pulluk olduğu gözönüne alınırsa, tamir ve bakım için gereken meblağın ne denli yüksek değerlere ulaşacağı ortadadır.

Üç soklu bir pullukta ortalama aşınma miktarı 150 gr/ha olarak alınıp bir yılda 15 milyon hektar tarla arazisinin iki kat sürüldüğü düşünülürse; 4.500.000 Kg çeliğin aşınma ile kaybolduğu görülür (Mutaf ve Ulusoy, 1977). Aynı arazinin yılda bir kat da kültivatör, diskaro ve tırmık kullanılarak işlendiği düşünülürse toplam aşınma miktarının daha da fazla olacağı görülecektir. "Ege Bölgesinde Yapılan Bazı Pulluk Uç Demirleri Üzerinde Bir Araştırma" adlı eserde, tarla denemelerini esas alarak ortalama aşınma; pulluk uç demirlerinde 150 gr/ha, kültivatör kazayağında 90 gr/ha, tırmık dişlerinde 135 gr/ha alınarak hektar başına ortalama yıllık aşınma miktarı hesaplanırsa 375 gr/ha olduğu görülür (Keçecioğlu ve Ulusoy, 1975).

Bir makina elemanının imalatında kullanılan malzemenin seçimi, sağlayacağı ekonomi ve kullanma başarısı araştırılırken; çoğu kez malzemenin o işe uygunluğu üzerinde durulur. Bu malzemenin istenen özellikleri ne derece yerine getirebileceği önemlidir. Bununla beraber, pratikte, malzemeden istenen özelliklerin ne kadarının gerçekleştirildiği de önemlidir. Bu, bir bakıma, malzemenin potansiyeliyle, o potansiyelden maksimum düzeyde faydalanılmadığı sürece, yüksek kalitede ve pahalı malzeme kullanmanın bir anlamı da yoktur. Bu genel kural toprak işleyici organlara uygulandığında, öncelikle imalatta kullanılacak malzemeyi tanımak, sonra da istenilen özelliklerin ne derece gerçekleştirilebildiğini incelemek gerekir.

Ülkemizde toprak işleme aletleri üretim sektörünün en büyük problemlerinden birisi, istenildiği zaman, aranan özelliklerde malzeme temin edilemeyişidir. Arzu edilen özelliklere uygun malzeme temin edilse bile, kalite kontrolü problem olmaktadır.

Uygun olmayan malzeme seçimi ve ısıl işlem uygulamaları ile, her yıl, binlerce ton çelik malzeme, toprağa karışarak kaybolmaktadır. İyi sertleştirme ısıl işlemine tabi tutulmuş bir uç demirindeki aşınmanın, iyi sertleştirilmemiş oranla, iki kat daha az olduğu düşünülürse; yukarıda hesaplanan aşınma kayıplarının asgari değerlere düşürülmesi için yapılacak çalışmalar, hiç şüphesiz, ülke ekonomisine ve milli gelire büyük katkıda bulunacaktır.

Bu araştırma ile, toprak işleme aletleri işleyici organlarında kullanılan, uygun malzemeler ve ısıl işlemlerle, bunların, aşınmaya olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ÇELİKLERE UYGULANAN ISIL İŞLEMLER

Çelikler binlerce yıldan beri insanlar tarafından kullanılmaktadır. Ancak çeliklerden gereği kadar faydalanabilme, son yıllarda bu malzeme hakkında bilgilerimizin genişlemesi oranında artmakta ve yaygınlaşmaktadır. İnsanlar çeliğe uzun yıllar üstün özellikler kazandırmak için çeşitli metodları denemişler ve bu metodlar sayesinde çeliğin daha üstün özellikler kazanabileceğini düşünmüşlerdir.

Artık günümüzde ısıtma işlemleri bir bilim dalı olup son otuz yıldan beri gerçek anlamda ne yapıldığı bilinerek uygulanmaktadır. Bu kısa açıklamanın ışığı altında çeliğe uygulanan ısıtma işlemleri şöyle tanımlamak mümkündür: Metal ve alaşımlarının özelliklerini değiştirmek için, katı halde iken uygulanan, kontrollü bir ısıtma ve soğutma işlemler dizisidir.

Kontrollü bir şekilde çeliğe uygulanan ısıtma işlemler dizisi aşağıdaki amaçları gerçekleştirmek için uygulanmaktadır (Baydur, 1979):

- Sıcak ve soğuk şekillendirme gerginliklerini gidermek,
- Talaşlı imalatını kolaylaştırmak,
- Sertlik ve aşınmaya karşı dayanım kazandırmak,
- Tokluk kazandırarak darbelere mukavemetini arttırmak,
- Elektrik ve manyetik özelliklerini geliştirmek,
- Kristal yapısını arzu edilen şekilde düzenlemek,
- Isıya dayanımını ve korozyon direncini yükseltmek,
- Kimyasal bileşimini tamamen ya da kısmen değiştirerek çeşitli özellikler kazandırmak,
- Metal ve alaşımlarının gazlarını uzaklaştırmaktır.

Çeliğin muhtelif ısıtma işlemler sonucu kazanabileceği özellikleri

gerçekleştirmek üzere uygulanan ısıtma işlemlere geçmeden önce, çeliğe bu üstün özelliği kazandıran demir-karbon alaşımının sıcaklık ve karbon oranına bağlı olarak değişen denge diyagramını incelemek gerekmektedir.

2.1. Demir Karbon Denge Diyağramı

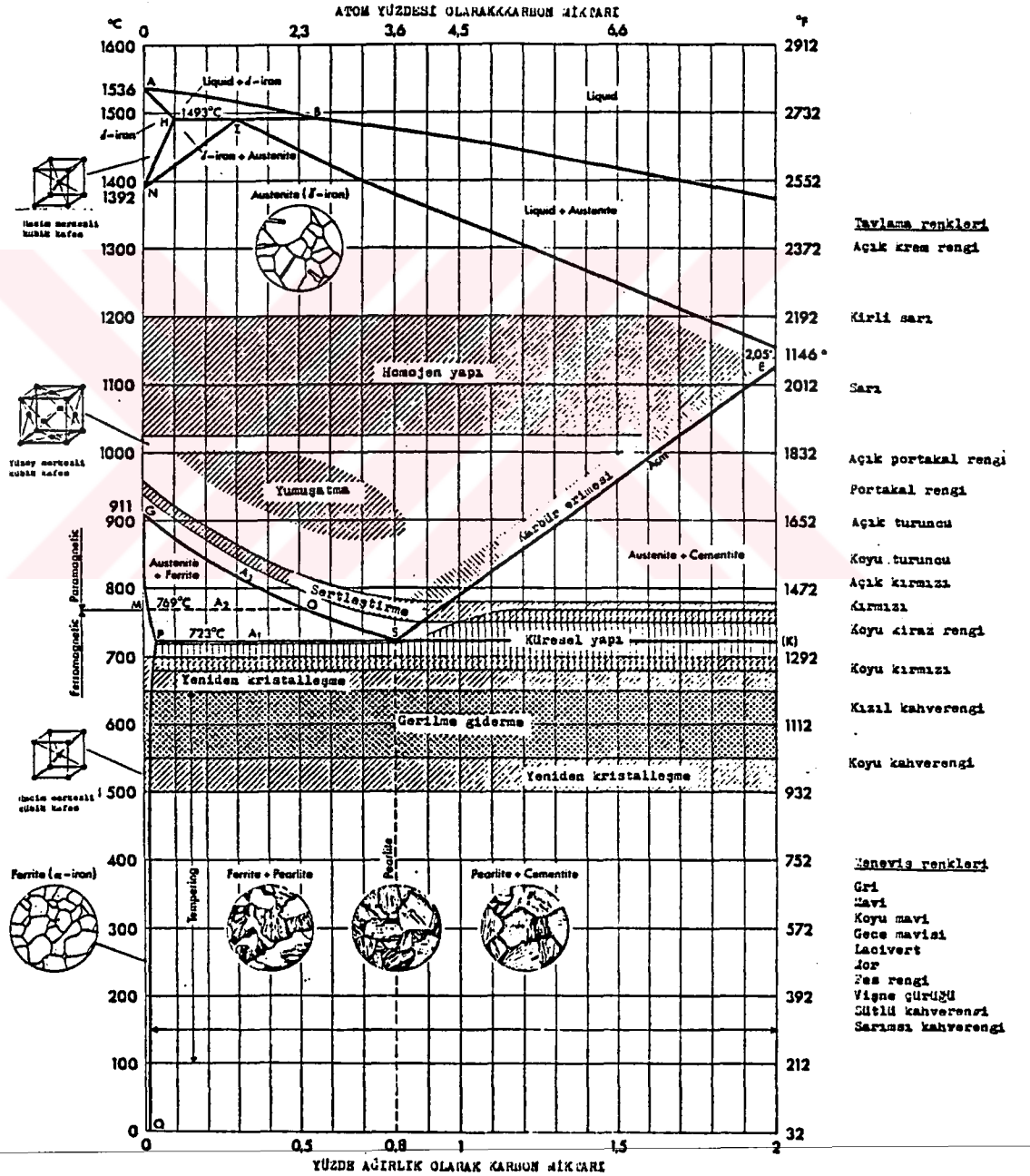
Demirin en önemli alaşım elementi karbondur. Karbon kolay elde edilebilen ucuz bir element olup düşük miktarlarda bile, demirin özelliklerini yüksek oranda etkiler. Demirin yüksek fırındaki istihali sırasında karbon demirin içerisine yaklaşık % 4 oranında girerek ham demiri meydana getirir. Bu arada, bileşimde, diğer alaşım elementleri de belirli oranlarda bulunurlar.

Sıvı demir, belirli bir miktar karbonu çözüdürebilir; katılaştırmış demir ise, (γ) bölgesinde daha az oranda karbon çözüdüreme özelliğine sahiptir (Weissbach, 1967). Belirli bir miktar saf demir alınıp ergitilir ve sıcaklığı 1900°C iken içerisine ağırlığının % 6,67'si oranında karbon katılacak olursa, karbonun tamamı sıvı demir içerisinde çözünür. Bu işlemin ardından demirin sıcaklığı oda sıcaklığına düşürülecek olursa, (Fe_3C) demir karbürü meydana getirdiği görülür. Aynı sıvı demirin içerisine daha az miktarda karbon katılmış olsaydı, yine demirin bir kısmı ile birleşen karbon demir karbürü meydana getirirdi. Karbonla bileşik yapmayan demir ise, yapıda saf demir olarak bulunmaktadır. Demir ve karbonun bir arada bulunduğu malzemenin hepsi, karbon miktarına bağlı olarak, saf demirle "sementit" in meydana getirdiği bir seri alaşımlar dizisi oluşturmaktadır. Demirle sementitin yaptığı alaşımların anlaşılabilmesi için, Şekil 1' de görülen demir karbon denge diyağramının incelenmesi gerekmektedir. Şekil 1 incelendiğinde demir ve sementitin birçok faz oluşturarak, gerek ötektoid gerekse katı eriyik veren bir dizi alaşım yaptığı görülür.

1400°C sıcaklığın üzerinde (γ) kristallerinin (δ) kristallerine dönüştüğü ve bu kristallerin karbon eritme özelliği olmadığından; bu bölgenin endüstriyel amaçlar için kullanılması mümkün değildir.

Saf demir 910°C sıcaklıkta (γ) kristallerine dönüşürken demire karbon katıldığında, durum, ötektiğe benzemekte ve dönüşüm 910°C sıcaklığı

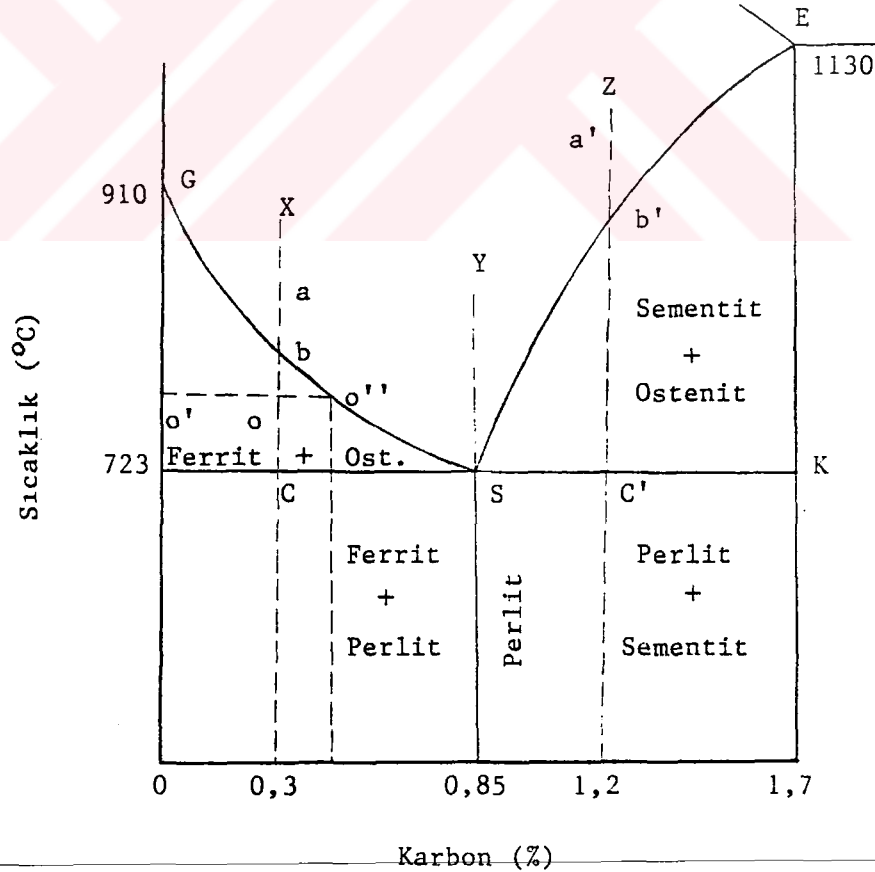
ğın altına düşmektedir. Ötektoit alaşımlarda, alaşımı meydana getiren elemanların oranına bağlı olarak, benzer özellikler görülmektedir. Demirin % 0,85 oranında karbonla yapmış olduğu alaşım ötektoit olup bu yapı perlit olarak adlandırılır.



ŞEKİL 1. Demir Karbon Denge Diyagramı (BAYDUR, 1979)

Demirdeki karbon oranı ötektoit sınır olan % 0,85'e ulaşıncaya kadar yapı perlit + ferritten oluşur. Yukarda açıklandığı gibi karbon oranı % 0,85 olduğu zaman yapı perlitten oluşur. Karbon oranı bu sınırı geçtiği zaman demir karbonun ancak % 0,85'i ile ötektoit yapabileceğinden, fazla karbon, yapıda, sementit olarak bulunur.

Şekil 1'de görüldüğü gibi sıcaklık 723°C'nin üzerine çıktığı anda, ötektoit yapı olan perlit "ostenit"e dönüşür. Yapıda karbon oranlarına bağlı olarak bulunan ferrit ve sementitin ostenite dönüşmeleri ise, şekilde görülen kendi eğrilerinin üzerine çıkıldığı zaman gerçekleşir. Bu oluşumlara daha iyi açıklık getirebilmek için, demir karbon denge diyagramında, sadece ötektoit bölgenin gösterildiği Şekil 2'nin incelenmesi gerekir.



ŞEKİL 2. Demir Karbon Denge Diyagramında Ötektoit Bölge

(BAYDUR, 1979)

İncelemeye içerisinde % 0,3 karbon bulunan (X) noktasından başlandığında, dönüşüm aşamaları, şu şekilde gerçekleşmektedir: 900°C sıcaklıktan itibaren soğutulmaya başlayan yapı (b) noktasına gelindiğinde, dönüşüm uğrayarak, ötektoit orandan arta kalan ferrit, oluşmaya başlar. Kalan ostenitin karbon oranı ise artmaya başlar. (b) noktasındaki ferrit oluşumunu, bir başka yaklaşımla, şu şekilde ifade etmek mümkündür. Ostenit 14 atomlu yüzey merkezli kristal kafeslerinden meydana gelir. Bu noktada ostenitte erimiş olan karbon miktarı çok azdır. Bu nedenle içerisinde karbon eritememiş olan (γ) kristalleri dönüşmeye daha kolay imkan bularak ferriti oluşturur. Bu dönüşüm, (GS) eğrisi boyunca sıcaklık 723°C'ye kadar karbon ihtiva etmeyen artık ostenitin ferrite dönüşmesine ve bir miktar ostenitin de karbonca zenginleşmesine sebep olur. Sıcaklık 723°C'de iken ostenitin karbon oranı % 0,85'e ulaşarak perlitli oluşturur. Bu sıcaklığın altında, oda sıcaklığına kadar yapıda, ferrit + perlit bulunur.

(Y) noktası incelendiğinde (S) noktasına kadar yapı ostenitten meydana gelmekte olup, bu noktada ve 723°C sıcaklıkta tamamen perlite dönüşmektedir.

(Z) noktası incelendiğinde, yapı (a') noktasında tamamen ostenitten ibarettir. (b') noktasına gelindiğinde, (SE çizgisi) ostenitte eriyebilecek maksimum karbonun eritilebildiği sınıra gelinmiş olur. Bu noktanın altındaki sıcaklıklarda, ostenit, daha az miktarda karbon eritebilir. Bu nedenle, sıcaklık (b')'den aşağıya doğru indiğinde, ostenitin eritemeyeceği karbon atomları ostenitten çıkacak; fakat serbest kalamayacağı için de, belirli miktardaki demir atomu ile birleşerek, sementiti oluşturacaktır. Bu noktadan itibaren, oluşum, (X) noktasında yapılan incelemeye paralel olarak devam etmektedir.

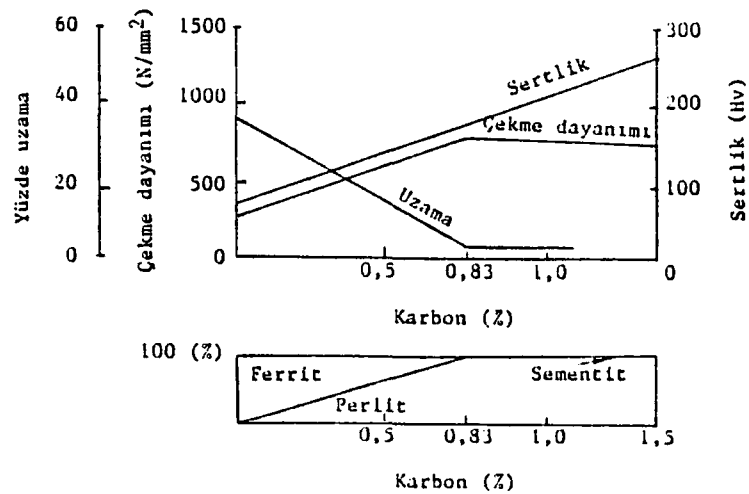
Yukarda yapılan açıklama, ostenitleme sıcaklığına kadar yükseltilmiş olan çeliğin yavaş soğuması sonucu meydana gelen değişimleri göster-

mektedir. Oda sıcaklığındaki çeliğin ostenitleme sıcaklığına kadar ısıtılması sırasında, olaylar, tersinir olarak gerçekleşir. Şayet, ostenitleme sıcaklığına erişmiş olan çelik, ani olarak soğutulacak olursa, yapıda farklı olaylar meydana gelir (Weissbach, 1967).

Çok genel bir ifade ile, içerisinde % 2'ye kadar karbon ihtiva eden demir, çelik olarak tanımlandığında; gerek demir karbon denge diyagramının incelenmesi sırasında, gerekse çeliğe uygulanan ısıl işlemler sırasında, bu bölgenin dışı dikkate alınmamıştır.

2.1.1. Karbonun Çeliğe Kazandırdığı Mekanik Özellikler

Yavaş soğutulmuş karbonlu çeliğin yapısı, sadece karbon miktarına bağlıdır. Yapıda farklı iki faz, veya bu iki fazın karışımı bulunabilir. Ferrit oldukça yumuşak ve sünektir. Buna karşılık sementit oldukça sert ve kırılmandır. Ötektoit karışım olan perlit ise, bahsedilen özelliklere orta seviyede sahiptir. Yüzde karbon miktarına bağlı olarak çekme dayanımı, sertlik ve yüzde uzama miktarının nasıl değiştiği Şekil 3'te gösterilmiştir.



ŞEKİL 3. Tavllanmış Haldeki Çelikte Karbon Oranının Mekanik Özelliklere ve Yapıya Etkisi (KIDDLE, 1983)

Şekil incelendiğinde aşağıdaki özellikler görülür:

- Çekme dayanımı, % 0,83 karbon için maksimum değere erişmekte ve daha sonra biraz düşmektedir. Bunun sebebi, çelikte % 0,83 karbon sınırının üzerindeki yapıda sementitin serbest halde bulunmasıdır.
- Sertlik, yapıdaki karbon oranı ile lineer olarak değişmektedir.
- Yüzde uzama miktarı, saf demir için % 40'tan, % 0,83 karbon ihtiva eden çelik için, lineer olarak % 4'e düşmektedir. Bunun sebebi, yine, yapıda serbest halde bulunan sementittir.

Bu özellikler, çeliğin tavllanmış şartlardaki durumları için geçerlidir. Özelliklerdeki esas modifikasyonlar, ardarda uygulanan değişik ısıl işlemlerle elde edilebilir (Kiddle, 1983).

2.2. Tavlama

Tavlama işleminin genel amacı, çeliğin sertliğini azaltmak veya çeliğin daha sonraki imal işlemlerini kolaylaştıracak bir yapıya sahip olmasını sağlamaktır. Tavlama terimi, genellikle, birçok hallerde ostenit tavlama içinde "katı eriyik işlemi" ve akabinde yavaş soğutmayı ifade eden "Tam tavlama" olayı olarak belirtilir. Tavlama terimi ile beraber kullanılan diğer kelimeler, tavlama işleminin şeklini ve amacını ifade eder (Thelning, 1984).

2.2.1. Normalizasyon Tavlaması

Çeliğin, ostenit bölgesinde tavlansak belli bir müddet sonra açık havada, ya da fırında soğutulması işlemidir. Normalizasyon tavlaması, ötektit altı çelikler için, "Şekil 1'de görülen" A₃'ün 30-50°C üzerindedir. Ötektit üstü çelikler için ise A₁'in üzerindeki sıcaklıklardır.

Normalleştirme, sade karbonlu ve az alaşımlı çeliklere uygulanır.

Bu işlem sonunda elde edilen sertlik, çeliğin bileşim ve boyutlarına bağlıdır. Normalizasyon sırasında çeliğin yüzeyi ile merkezindeki soğuma hızı arasında fazla fark olmadığından; dövme, haddeleme, kaynatma, presleme ve yüksek sıcaklıklardaki tavlama sonucunda meydana gelen doku kabalaşmaları önlenmiş olur. Yapının düzenlenmesi yanında, malzemenin özellikleri de bir çok amaçlar için iyileştirilmiş olur.

Soğuk biçimlendirme sırasında çabuk soğuyan tel, şerit, çubuk ve ince sac levhalar, normalleştirmeye imkan bulamayacakları için, piyasaya, normalizasyon işlemine müteakip arz edilir.

2.2.2. İri Tane Tavlama

İri tane tavlama, düşük karbonlu (karbon oranı % 0,2'den az) çeliklere uygulanan bir ısıl işlem olup, malzemenin talaşlı imalatını kolaylaştırmak amacıyla yapılır. Düşük karbonlu çeliklere iri tane tavlama uygulanmadığı hallerde, talaş kaldırma sırasında, yırtılmalar meydana gelmekte ve pürüzlü bir yüzey oluşmaktadır (Weissbach,1967). Bu işlem için, çelik, "Şekil 1'de görülen" GS çizgisinin 150°C üzerinde tavlanaarak birkaç saat süreyle bekletilir ve ardından yavaş olarak soğumaya terkedilir.

2.2.3. Yumuşatma Tavlama

Yumuşatma tavlama, çeliği, ulaşabileceği en yüksek yumuşaklığa erişirmek için, yani düşük mukavemet ve sertlik yanında, yüksek uzama meydana getirmek amacıyla uygulanır (Baydur, 1979). Bunun için, yapıda birbirine yapışık halde bulunan lamelli sementit ve tane sınırı sementiti gevşetilmelidir. Bir başka deyişle, otomatik işlemede malzemenin kolayca talaş kaldırılabilmesi için gerekli şartlardan birisi, mukavemetin mümkün mertebe düşük tutulmasıdır. Bunu sağlamak için de, büyük taneli kaba bir yapı elde etmek gerekir (Önel, 1982). Yumuşatma tava genellikle % 0,6'dan

daha fazla karbonlu çeliklere uygulanır. Bu işlem için, çelik, 750°C' de tavlansak 4 saat bekletilir. Ardından, her saat için 15°C soğutularak 600°C sıcaklığa düşürülür. Daha sonra, külde, ya da fırında yavaş soğuma-ya terkedilir.

2.2.4. Gerilim Giderme Tavlaması

İç gerilmeler, soğuk şekillendirme, döküm, kaynak veya ısıl işlemler sonucu düzensiz soğuma neticesinde malzeme içerisinde hapsolan gerilmelerdir. Bu iç gerilmelerin üzerine, bir de kullanma sırasındaki yüklemelerden doğan gerilmeler eklenince, parçada, şekil değişimi veya kopma meydana gelebilir. Bu nedenle iç gerilmelerin giderilmesi gerekmektedir. Gerilim giderme sıcaklığı karbonlu çelikler için A₁'in altında, 450-650°C sıcaklıklar arasında olup, her 1 mm kalınlık için 1 ile 30 dakika arasında değişen bekleme süresinde gerçekleştirilir.

Gerilim giderme tavlaması, dökme demirler için 550°C sıcaklığın altında; çökeltilme sertleştirilmesi ile sertleştirilmiş çeliklerde 530-580°C sıcaklıklar arasında olmalıdır (Önel, 1982).

2.2.5. Diffüzyon Tavlaması

Yüksek sıcaklıklarda, çelik, birçok maddeyi çözündürme kabiliyetinde olan ostenitten meydana gelir. Diffüzyon tavlamasında amaç, çelik içerisinde yüksek sıcaklıklarda çözünen fakat arıtılamayan elamanların, bölgeler arasındaki yüksek ve düşük konsantrasyonlarını dengeye getirmek; yani belirli bölgelerdeki yığılmaları yok etmek için uygulanan bir işlemdir.

Diffüzyon tavlamasında erişilen dengelemenin büyüklüğü, sıcaklığa ve konsantrasyon değişimine bağımlı olan diffüzyon hızının yanında, diffüzyon olayı süresince geçen zamanla da ilgilidir. Diffüzyon tavlamasında, malzeme, ihtiva ettiği karbon miktarına göre, 1000-1300°C sıcaklıklar ara-

sında uzun müddet tavllanır ve sonra istenilen şekilde soğutulur. Tavlama sırasında gerekli tedbirler alınmadığı takdirde, kuvvetli olarak tane büyümesi, dekarbürizasyon ve oksidasyon sonucu aşırı oksitlenmiş tabakalar meydana gelebilir. Tedbir olarak, koruyucu atmosfer kullanmak, ya da malzemeyi, çelik talaş içerisine paketlemek gerekir.

Diffüzyon tavlaması sonucu, kristal ayrışmaları ve konsantrasyon farkları, komşu kristaller arasında kısmen dengelenebilir. Buna karşılık, blok ayrışmalarının yok edilmesi oldukça zordur. Blok ayrışmalarının tam olarak yok edilmesi, çok uzun sürebilecek tavlama süresi ile gerçekleştirilebilir. Birkaç gün alabilecek tavlama süreleri, hem ekonomik yönden, hem de malzemede meydana getireceği olumsuzluklardan ötürü tavsiye edilmez.

2.2.6. Yeniden Kristalleşme Tavlaması

Malzeme soğuk deformasyona tabi tutulduğunda sürekli olarak sertleşir; deformasyon arttıkça dislokasyon (kayma) hareketleri güçleşir. Belli bir noktadan sonra malzemeyi deforme etmek mümkün olmayıp, çatlamlar görülür. Bu noktaya gelmeden, malzeme tavlанып yeniden kristalleştirilerek, deformasyona devam edilir. Soğuk deformasyon sırasında harcanan enerjinin % 90'ı ısı enerjisi olarak açığa çıkar; % 10'u ise malzeme içersinde depo edilmiş olarak kalır. Böylece, malzeme, soğuk deformasyondan sonra, daha yüksek enerjiye sahip olur. Kimyasal olarak daha aktif pozisyona geçerek, korozif bir ortamda daha kolay reaksiyona girip, bileşikler oluşturur. Malzeme içersinde depo edilmiş olarak kalan enerji, yeniden kristalleşme tavlamasının ana sebebidir. Bu enerjinin büyük bir kısmı (% 9'u) malzeme dislokasyon yoğunluğundaki artışın bir fonksiyonudur. Dislokasyonlar, etrafında yer alan atom dizilerini bir miktar öteleterek, elastik enerji depo ederler.

Yeniden kristalleşme tavlaması, soğuk deformasyon sonrası yumuşak

ve tok olarak kullanılacak malzemelerle yeniden bir miktar daha deformasyona tabi tutulacak malzemelere uygulanır.

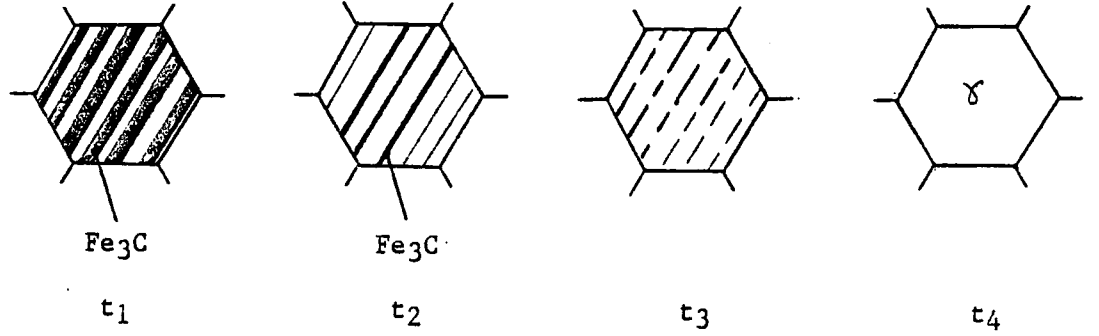
2.2.7. Küreleştirme Tavlaması

Küreleştirme tavlama, çeliklerde, ferrit içinde homojen olarak dağılmış küresel karbür dağılımı elde etmek için yapılan tavlama işlemidir. Orta ve yüksek karbonlu çeliklere uygulanır. Çelik hangi işleme tabi tutulmuş olursa olsun, A_1 'in hemen altındaki sıcaklıklarda ısıtılınca, herhangi bir grafit çökmesi görülmeksizin, sementit ve diğer karbürlerin küreleştiği görülür. Küreleşmenin olabilmesi için sözkonusu sıcaklıkta bir müddet beklemek, ya da A_1 'in hemen altında ve üstünde periyodik olarak ısıtma ve soğutma işleminin yapılması gerekir.

2.3. Sertleştirme

2.3.1. Ostenitleme

Sertleştirme işlemi, çeliğin ostenit sıcaklığına kadar ısıtılıp tüm karbürlerin ostenit katı eriyiğine alındıktan sonra uygun bir hızda soğutulmasıyla, yapıda martenzit teşekkül ettirmek suretiyle çeliğin sertliğinde artış sağlamaktır. Ostenitleme sıcaklığı, ötektoit altı çeliklerde A_3 ' ün 50°C üzerinde, ötektoit üstü çeliklerde ise A_1 'in 50°C üzerindeki sıcaklıklardır (Teplukhin, 1982). Ostenitleme sırasında, ostenitleme sıcaklığında ısıtılan çeliğin belirli bir süre bekletilerek sementitin tamamen çözünmesi sağlanır. Sementitin tamamen çözünmesi ve (γ) kristal yapıda karbonun tamamen homojen olarak dağılmasını sağlamak üzere, her 25 mm kalınlık için 1 saat ostenitleme bölgesinde bekleme süresi tanımlanmıştır. Ostenitleme sırasında perlitteki sementit levhalarının zamana bağlı olarak çözünmesi Şekil 4'te görülmektedir.



t: Ostenitleme Sıcaklığında Bekletme Süresi $t_1 < t_2 < t_3 < t_4$

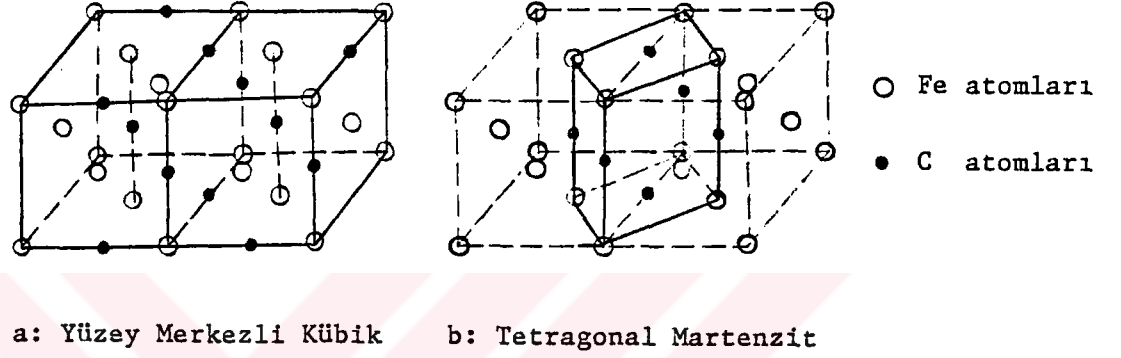
ŞEKİL 4. Ostenitleme Sırasında Perlitteki Sementit Levhalarının Zamana Bağlı Olarak Çözünmesi (ÖNEL, 1982)

2.3.2. Sertleştirme Isıl İşleminde Martenzit Teşekkülü

Ferrit, perlit ve sementitin çözünmesi sonucu serbest kalan karbon atomları, ostenit bölgesinde karbon eritme özelliğine sahip olan (γ) kristalleri tarafından absorbe edilirler. Sıcaklığın artmasıyla (γ) kristalleri hacimce büyüyeceğinden, maksimum % 1,7'ye kadar karbon eritme sınırına ulaşırlar. Varılan bu son noktadan itibaren katı eriyik hızla soğutulacak olursa, ötektoit sıcaklığa kadar olaylar, tersinir olarak tekrarlanır. Bu sıcaklığın altına inildiği andan itibaren, ostenit kristalleri içerisindeki karbon atomları serbest kalmak isteyeceklerdir. Ancak soğuma hızlı olacağından, karbon atomlarının serbest kalarak sementit yapma imkanı olmayacaktır. Böylece, düşük sıcaklıklarda (γ) kristalleri içerisinde kalmaya devam edecektir.

Düşük sıcaklıklarda (γ) kristalleri içinde kalan karbon atomları kristal boyutlarının küçülmüş olmaları nedeniyle dışarıya çıkamazlar. (γ) kristallerinin (α) kristallerine dönüşme sıcaklığı olan kritik noktada dönüşüm meydana gelerek, karbon atomları, (γ) kristalleri içerisinde zoraki hapsedilmiş olur. (α) kristalleri karbon eritme özelliğine sahip olmadığı halde, zoraki absorbe ettikleri karbon atomlarından ötürü, kristal

yapısının çarpılarak şeklinin bozulmasına sebep olur. Şekil 5: a' da görüldüğü gibi yeni kristaller tetragonal şekilde olup bu kristallerin oluştuğu yapıya martenzit adı verilir. Martenzit, sert, dayanımı yüksek darbeler karşısında kırılğan ve biçimlendirme özelliği olmayan bir yapıdır.



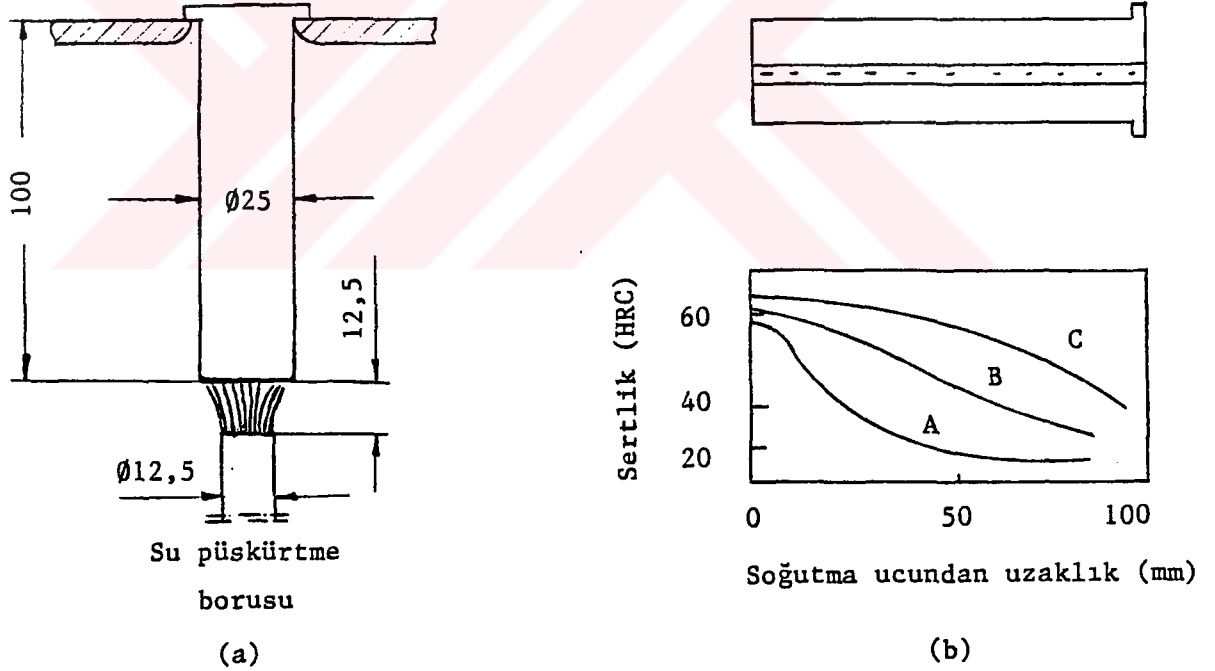
ŞEKİL 5. Yüzey Merkezli Kübik Ostenit Fazından Hacim Merkezli Tetragonal Martenzit Oluşumunun Gösterilişi (ÖNEL, 1982)

Şekil 6'daki ostenitlenmiş çelik I ile III kritik hızı arasında soğutulacak olursa, yüzeyin tamamında ve belirli bir kesitte martenzit yapının oluştuğu görülür. Martenzit oluşumu, (MS) noktasında başlayıp (MF) noktasında son bulur. (MS) ve (MF) aralığı soğuma hızına bağlı olmayıp karbon oranı ile ilgilidir.

Martenzit dönüşümünün bir başka özelliği de, dönüşümün her zaman tamamlanamayıdır. Yani, her zaman, yapıda, dönüşmemiş ostenit bulunur. Buna, artık ostenit denir. Eğer, sertleştirme ısıl işlemine tabi tutulmuş malzemeden beklenen özelliklerin hepsinin gerçekleşmesi isteniyorsa, dönüşmemiş ostenitin kalmaması gerekir. Bunu sağlamak için de, çeliğe sıfırın altındaki sıcaklıklarda ısıl işlem uygulanır. Bu işlem, malzemenin -30 ile -120°C 'de 1 ile 1,5 saat süre ile tutulması sonucu sağlanır.

2.3.3. Sertleşebilirlik

Bir çelik parçası Şekil 6'daki I ile III kritik hızı ile soğutulduğunda, martenzit, tüm kesitte teşekkül etmez. Martenzit teşekkülü görülen maksimum kesit kalınlığı, sertleşebilirliğin bir ölçüsü olmaktadır. Ayrıca, zaman-sıcaklık-dönüşüm diyagramındaki (t) kritik zamanın büyüklüğü, sertleşebilirliği etkileyen en önemli faktör olmaktadır (Zablotskii ve Klets, 1983). (t) kritik, sertleştirilen çeliğin kompozisyonuna bağlı olup, ne kadar büyük olursa sertleştirilebilecek kesit de o derece büyük olacaktır. Sertleşebilirliğin tayini, en iyi şekilde Şekil 7: a' da görülen Jominy deney düzeneği ile belirlenir.



ŞEKİL 7. Jominy Deney Düzeneği (ÖNEL, 1982)

Şekil 7: a' da görülen deney parçası ostenitlenir ve çabuk bir şekilde düzeneğe yerleştirilerek, ucundan su ile soğutulur. Soğutma suyu basıncı öyle ayarlanmalıdır ki, sertbest halde, su, boru ucundan itibaren 65 cm yükselebilmelidir. Böylece, çubuk boyunca, farklı soğuma hızları

elde edilmiş olur. Parça tamamen soğutulduktan sonra, her mm boy için sertlik ölçümü yapılarak, değerler Şekil 7: b' de görülen grafiğe aktarılır. Grafikte A, B ve C gibi üç tip çeliğe ait jominy deney sonuçları görülmektedir. Bu üç çelikten C çeliği en iyi sertleştirilebilirlik özelliğine sahiptir; çünkü soğutma sonunda, uçtan itibaren en uzak mesafeler bile, sertleşebilmiştir. En düşük sertleşebilirlik ise A çeliğinde elde edilmiştir.

Çeliğe alaşım elemanlarının ilave edilme sebeplerinin en başında geleni, sertleşebilirliğin arttırılmasıdır. Pratikte, bu, karşımıza tamamen sertleşmenin sağlanması için, karbonlu çeliklerde soğutma ortamının, su; alaşımlı çeliklerde ise, yağın kullanılması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Böylece, çarpılma ve su verme çatlaklarının oluşma ihtimalleri azalacaktır.

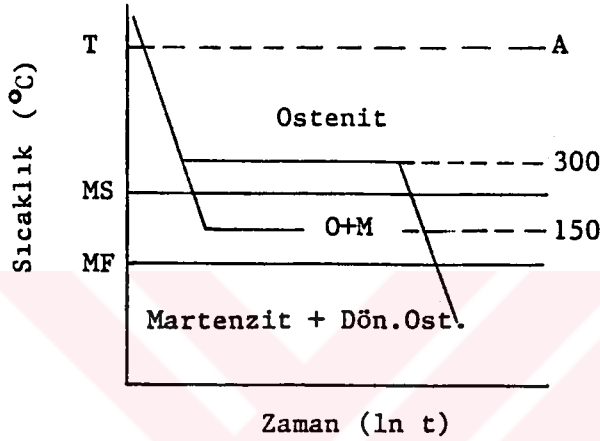
2.3.4. Farklı İki Ortamda Su Verme İşlemi

Su verme işlemi sırasında meydana gelen gerilmeleri azaltmak amacıyla, bazı hallerde, iki ortamda kademeli soğutma uygulanır. Bu işlem, genellikle, takım çelikleriyle gerek bileşimdeki yüzde karbon miktarı ve gerekse şekil açısından çatlama ve çarpılmaya meyilli alaşımlara uygulanır. Alışılmış su verme işleminde, soğutma hızı, kritik hızdan daha büyüktür. Büyük ve karmaşık şekilli parçalarda, aynı anda, bütün kesitte, dönüşüm sağlanamaz; bu ise, ciddi iç gerilmeler sonucu, muhtemelen parçanın çatlmasına sebep olur. Bu durumları önlemek için, ostentilenmiş parça önce 300-400°C'ye kadar, suda soğutulur; daha sonra, yağ, tuzlu su, hava gibi ortamlarda soğutma işlemi devam ettirilir. Böylece, ostentitten martenzite dönüşümde oluşan iç gerilmeler büyük oranda azaltılmış olur.

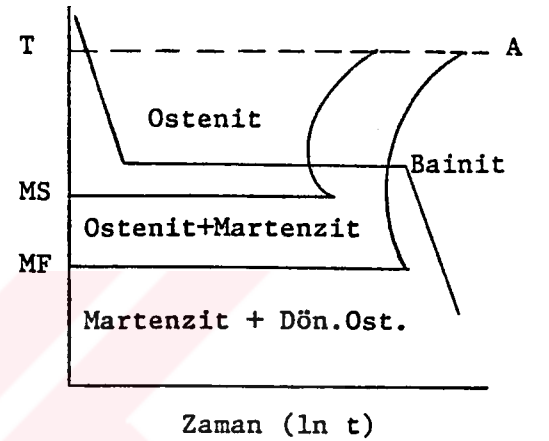
2.3.4.1. Martemperleme

Su verilecek çelik, kritik soğutma hızı ile, 150-300°C'ye kadar

suda soğutulur. Bu sıcaklıkta bir süre bekletilerek, ardından, yağ veya hava gibi daha az şiddetli bir ortam içinde soğutulur (Zhelokhovtseva ve Khavskii, 1983). Böylece, dönüşümün parçanın tüm kesitinde daha homojen olarak oluşumu sağlanır. Bu uygulama Şekil 8'de görülmektedir.



ŞEKİL 8. Martemperleme (ÖNEL, 1982)



ŞEKİL 9. Ostemperleme (ÖNEL, 1982)

2.3.4.2. Ostemperleme

Ostemperleme, su verilecek çeliğin kritik soğutma hızı ile (MS) sıcaklığının üzerindeki bir noktaya kadar soğutulup ve bu noktada belirli bir süre bekletilerek, ostenitin izotermal olarak Şekil 9'da görüldüğü gibi "bainit" e dönüşmesinden ibarettir. Böylece, önce martenzit elde edip, sonra bainite dönüştürmek yerine; doğrudan, bainit fazı elde edilmiş olur. Bainit, küçük tane boyutlu ferrit ve sementit taneciklerinden oluşan bir yapıdır. Bu yapı, temperlenmiş martenzite benzemektedir.

2.3.5. Temperleme

Su verme işleminden sonra elde edilen martenzitik yapı, çok sert ve kırılğan olup; aynı zamanda, malzeme içinde kalıcı gerilmeler mevcuttur. Bir başka deyişle, sertleştirme sonucu oluşan gerginlik, malzeme içine

hapsedilmiş bir enerjidir. Bu enerji, kullanma sürecinde dış etkenlerle birleşerek veya yaşlanma sonucu malzeme zamanla sertleşerek çatlamalara yolaçar. Temperleme olarak adlandırılan ileri ısıl işlem, bundan dolayı, sertleşmeden hemen sonra uygulanır. Malzeme A_1 sıcaklığının altında tavlanaarak, bir müddet bekletilir. Beklemeye müteakip, karbonlu çelikler havada; katıklılı çelikler ise, daha hızlı bir soğumayı gerektirdikleri için, daha aktif ortamlarda soğutulur. Eğer, sertleştirilmiş yapıda artık ostenit varsa, temperleme ile izotermal bainite dönüşebilir.

Başka bir deyişle, su verilmiş çelikte, tetragonal martenzit ve dönüşmemiş ostenitten ibaret bir yapı vardır. Dengesiz halde bulunan bu yapılar, dengeli hale geçmeye meyyal bir oluşum için karbon atomlarının diffüzyonuna müsaade edildiğinde, arzu edilen yapı elde edilir. $100-300^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklar arasında, martenzit parçalanarak yapıdaki bir miktar karbon sementit olarak ayrışır. Karbon miktarının azalması ile, tetragonal kafeste, kübik kafese doğru bir dönüş olur. Özet olarak, temperleme, martenzitin ferrit ve sementite dönüşmesidir.

Çeliğin A_1 sıcaklığının hemen altında temperlenmesi sonucu, sementit, küçük kürecikler halinde, ferrit tarafından sarılmış halde toplanacaktır. Bu işlem, küreleşme olarak da bilinir. Yüksek karbonlu çeliklerde, işlenebilme özelliğinin artmasını sağlar. Temperleme işlemi, düşük ve yüksek sıcaklıklarda olmak üzere iki şekilde uygulanır.

2.3.5.1. Meneviş Verme

$100-300^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklar arasında yapılan temperleme işlemine, meneviş verme denir. Bu sıcaklıklarda uygulanan temperleme işlemi sonucu sertlikte bir değişiklik olmayıp, iç gerilmeler giderilmektedir. Çok katıklılı hava çeliklerinde temperleme sıcaklığı 500°C olup, işlemden sonra sertlikte yükselme meydana gelir. Bunun sebebi, hava çeliklerinde dönüşümün

çok yavaş seyretmesi ve martenzit oluşumunun da, oda sıcaklığının altında gerçekleşmesidir.

2.3.5.2. Islah Etme

Islah etme, su verilerek sertleştirilmiş çeliklerde 400-675°C sıcaklıklarda tavlama suretiyle uygulanan bir işlemdir. Islah işlemi ile, yapıdaki martenzit, tamamen çözünerek "sorbit"e dönüşür. Sorbit, özlü ve darbelere dayanıklı bir yapıdadır.

2.4. Yüzey Sertleştirme Metodları

Bazı makina parçalarının tok, darbelere dayanıklı, fakat yüzeylerinde aşınmaya karşı yüksek direnç göstermesi istenir. Böyle bir kombinasyonu, tam sertleştirme ısıl işlemi görmüş çeliklerde bulmak mümkün değildir. Eğer, malzemeye maksimum yüzey sertliği vermek üzere ısıl işlem uygulanmışsa, oldukça gevrek ve kırılğan bir yapı teşekkül edecektir. Bunun yanında, maksimum tokluk meydana getirmek için ısıl işlem uygulanmışsa, o zaman da yeterli sertlik olmayacaktır. Netice olarak, yüzey sertleştirme olarak bilinen ısıl işlemler, söz konusu kombinasyonları sağlamak üzere geliştirilmiştir.

Özellikle, yüzeyleri aşınmaya maruz kalan parçalarda aşınmanın en aza indirilmesi için, yüzey sertleştirme işlemleri uygulanır. Yüzey sertleştirmeden anlaşılan, parçanın yüzeyinin belli bir derinliğe kadar istenen büyüklükte sertleştirilmesi; iç kısımlarının ise, orjinal yapısını muhafaza etmesidir.

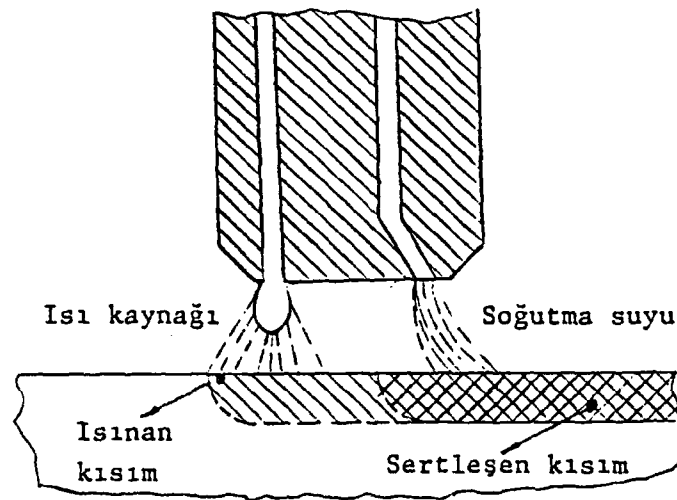
Yüzey sertleştirme işlemi, malzemenin su alabilecek yüzde karbon oranına sahip olup olmamasına göre, değişik türde uygulanmaktadır. Malzeme karbon miktarı olarak su alabilir durumda ise, alevde, ya da indüksiyonla yüzeyden ostenitlenerek sertleştirilir. Karbon miktarı olarak su

alamayacak durumda olan malzemeler ise, doğrudan sertleştirilemeyip, yüzeyi belli bir derinliğe kadar katı, sıvı ve gaz ortamlarda karbonca zenginleştirilerek ardından sertleştirilirler.

2.4.1. Yüzeyin Kimyasal Bileşimini Değiştirmeden Yüzey Sertleştirme

2.4.1.1. Alevde Yüzey Sertleştirme

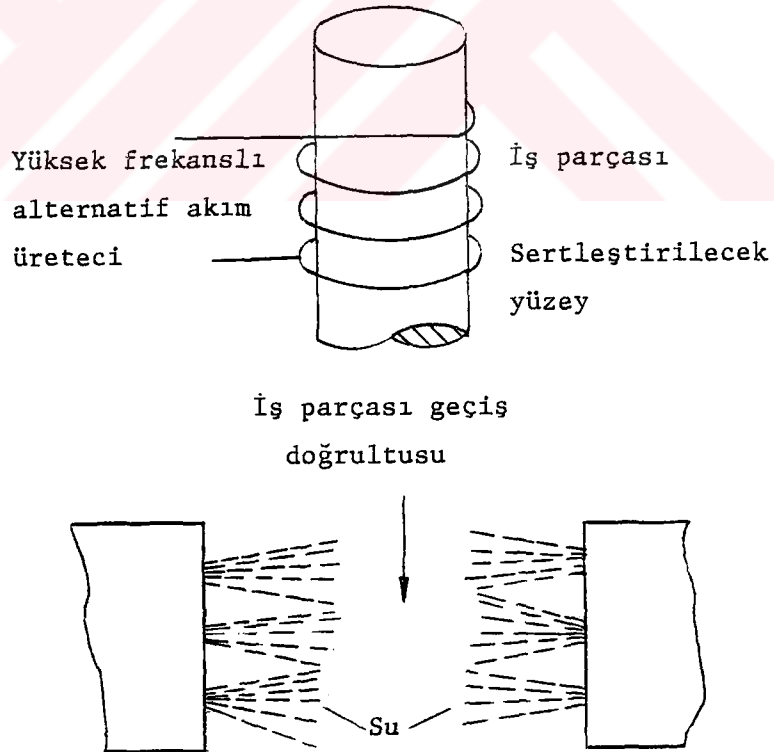
Karbon oranı % 0,3-0,6 arasında olan orta karbonlu çelikler ile krom, nikel ve molibden katıkları çeliklere uygulanan bir sertleştirme işlemidir. Prensip olarak, malzemenin yüzeyi, çok kısa bir zaman sürecinde, kuvvetli bir ısı kaynağı ile ısıtılmakta ve ardından su püskürtülerek martenzit teşekkülü sağlanmaktadır. Tavlama süresinin kısalığı sebebiyle, malzeme, yüzeyden 3-5 mm derinliğinde ısıtılabilir; iç kısımları ise, önemli bir yapı değişimine uğramamaktadır. Alevle yüzey sertleştirme işlemi Şekil 10'da görülmektedir.



ŞEKİL 10. Alevde Yüzey Sertleştirme İşleminin Şematik Olarak Gösterilişi (KIDDLE, 1983)

2.4.1.2. İndüksiyonla Yüzey Sertleştirme

Bu sistem prensip olarak alevde yüzey sertleştirmeye benzer; ancak malzemenin ısıtılması için, yüksek frekanslı alternatif akım kullanılır. Böylece, yüzeyden istenilen derinliğe kadar ostenitlenen malzeme, hemen su ile soğutulur ve sertleştirilir. Isıtma süresi 1-5 saniye arasında sınırlıdır. Yüksek sıcaklıkta çok kısa beklemeden dolayı, dekarburizasyon, tane büyümesi, çarpılma ve ciddi bir oksidasyon ortamına fırsat yoktur. Yüzey sertleştirmede en mükemmel metod olup, diğerlerine göre üstünlüğü, sertleştirme derinliğinin çok iyi bir şekilde kontrol edilebilmesidir. Şekil 11'de indüksiyonla yüzey sertleştirme işlemi görülmektedir.



ŞEKİL 11. İndüksiyonla Yüzey Sertleştirme (KIDDLE, 1983)

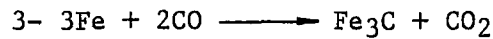
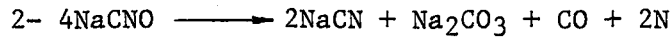
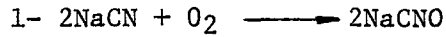
2.4.2. Yüzeyin Kimyasal Bileşimini Değiştirerek Yüzey Sertleştirme

2.4.2.1. Katı Sementasyon (Karbürizasyon)

Yüzeyi sertleştirilecek çelik karbon verici ortamlarla (meşe kömürü ve petrol koku) temas halinde olacak şekilde, özel olarak hazırlanmış çelik kasalara hava sızdırmaz şekilde paketlenir. Paket içerisine, reaksiyonu hızlandırmak üzere, 100 gr kömür için 25 gr olacak şekilde CaCO_3 ve NaCO_3 konur. Daha sonra, kasalar, $900-950^\circ\text{C}$ sıcaklıklar arasındaki ortama yerleştirilir. Karbonun çeliğe diffüzyon yoluyla yayılma derinliği; ısıl işlem sıcaklığına, bekleme süresine ve karbon verici vasatın cinsine bağlı olarak değişir. Bunun ardından, arzu edilen derinlik ve oranda karbon emdirilen parçalar, uygun soğutma ortamında soğutularak sertleştirilir.

2.4.2.2. Sıvı Sementasyon (Karbürizasyon)

Tuz banyosunda karbürizasyon için, aktif karbür yapıcı olarak sodyum siyanür veya potasyum siyanür gibi tuzlar kullanılır. Bu metotta karbürizasyon işlemi aşağıdaki reaksiyonlara göre gaz fazında oluşur.

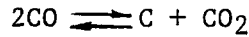


İlk reaksiyon, siyanür tuzu ile havanın ara yüzeyinde meydana gelir. Diğer iki reaksiyon ise, tuz banyosu ile çelik arasında cereyan eder. İki numaralı reaksiyona göre açığa çıkan azot, çeliğin bünyesine alınır. % 40-50 NaCN içeren alışılmış tuz banyoları 0,8 mm'lik bir karbürizasyon derinliği verebilir. Daha az derinlikte ulaşılabilecek karbürizasyon işlemleri için % 20 NaCN içeren tuz banyoları kullanılmalıdır. Büyük bir banyo, eşit miktarda sodyum siyanür ile sudan arındırılmış sodyum karbonatın eritilmesiyle elde edilir. Karbürizasyon işleminden sonra parçalar suda soğutulur.

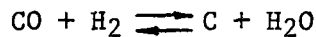
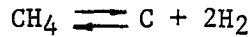
Çelik tarafından emilecek karbon ve azot miktarı, banyonun sıcaklığına, siyanür oranına ve bekleme süresine bağlıdır. Tuz banyolarında, karbürizasyon, genellikle 0,5 mm'den daha az derinlikler için kullanılır. Parçalar, tuz banyosuna daldırılmadan önce 100-400°C sıcaklıklar arasında ön ısıtmaya tabi tutulmalıdır. Bundan amaç parçaların nemini alarak tuz banyosunun kapasitesini etkin bir şekilde kullanmaktır. Ön ısıtmaya tabi tutulan parçalar, su verme sonrası, yapıda, artık ostenit bırakmayacak bir sıcaklıkta, karbürizasyon işlemine tabi tutulmalıdır. Bu sıcaklık genellikle 900°C civarındadır.

2.4.2.3. Gaz Sementasyon (Karbürizasyon)

Gaz karbürizasyonu, son on yıl içerisinde, en popüler yüzey sertleştirme metodu haline gelmiştir. Bu metotta kullanılan fırınlar, çok güvenilir ve kullanılması oldukça kolaydır. Parçalar karbonmonoksit ve hidrokarbon gazları gibi karbonca zengin bir ortamda 870-950°C sıcaklıklar arasında birkaç saat bekletilir. Bekleme sırasında aşağıdaki reaksiyonlar gerçekleşir.



Bu reaksiyona ilave olarak aynı zamanda metan ve su gazı reaksiyonu da gerçekleşir.



Fırın gazının bileşimi belirlenebildiği için işlem sürecinde emdirilen karbonun potansiyeli tesbit edilebilir. Gaz karbürizasyon diğerlerine göre sertleşme derinliği ve kalitesi kontrol edilebilir olup, özellik isteyen pahalı ekipmanlar gerektirir.

Gaz karbürizasyonunun uygulanabilmesi için, öncelikle, hava sızdırmaz bir fırın gerekmektedir. Fırın içerisinde karbürizasyonu oluşturabilmek

için, karbon potansiyeli bulunan sıvı ve gaz geçirilerek, içerisine % 0,35 -0,50 karbon potansiyeli oluşturulması hedeflenir. İşlem sonucu, parçanın yüzeyi, belli bir karbon yüzdesine ulaşır. Çeliği daha ileri bir karbürizasyon işlemine tabi tutmakla, istenen yüzey özellikleri sağlanabilir.

2.4.3. Nitrürasyon

Bu işlem, genellikle katıkları çeliklere uygulanır. Karbürizasyondan farklı olarak, çelik yüzeyine, karbon yerine azot emdirilir. Sertleştirilecek parça, azotça zengin bir ortamda belli bir süre bekletilerek, azot atomlarının parça yüzeyine yayınması sağlanır. Bu işlem için, sıcaklığı 450-550°C olan fırın içerisindeki parçaların üzerinden amonyak gazı geçirilir. Amonyak gazının fırında reaksiyona girmesi sonucu, şu tepkime meydana gelir.



Çelikte molibden, krom ve vanadyum gibi alaşım elemanları azot ile birleşerek, nitrürleri oluştururlar. Oluşan nitrür katmanları 0,4-0,6 mm arasında olup, oldukça sert ve yüksek sıcaklığa dayanıklıdır. Bu metodun en üstün özellikleri, işlem sıcaklığının düşük olması; sertleştirmeden dolayı iç gerilmelerin meydana gelmemesi ve ayrıca bir ısıl işlem gerektirmemesidir. Karbürizasyon metotlarıyla elde edilemeyecek derecedeki yüksek sertlik nitrürasyon ile sağlanabilir. İşlem süresi karbürizasyondan uzun olup 0,6 mm sertleşme derinliği için 50-90 saat civarındadır.

2.5. Isıl İşlemlerde Isıtma ve Soğutma Ortamları

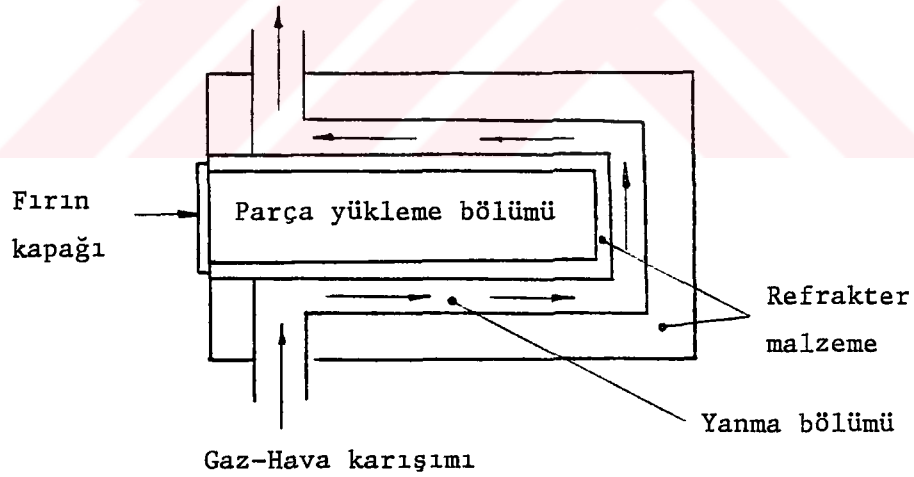
2.5.1. Isıl İşlem Fırınları

Isıl işlem fırınları, amaca uygun olarak, çeşitli biçimlerde dizayn edilmiştir. Fırınların dizaynı ve seçimleri yapılırken en başta aşağıdaki

faktörleri dikkate almak gerekir.

- Eldesi kolay ekonomik yakıt cinsi,
- Isıl işlem görecekt parçaların büyüklüğü ve ağırlığı,
- Parçaların imalat şekli,
- Uygulanacak ısıl işlem metodu,
- Isıl işlemin atmosfer kontrolü.

Fırınlarda, ısıtma, elektrikli, sıvı veya gaz yakıtlı olabilir. Çeliğin ısıtılması için, genelde, mufullu tip; mufulsuz tip ve tuz banyoları olmak üzere üç tip ısıtma ortamı kullanılmaktadır. Mufulsuz tip fırınlarda çelik, genellikle fırın gazlarıyla temas halindedir. Mufullu tip fırınlarda ise, çelik, fırın gazlarıyla temas etmeyecek şekilde tecrit edilmiştir. Şekil 12'de mufullu tip bir fırın şematik olarak görülmektedir.



ŞEKİL 12. Mufullu Tip Bir Fırın (KIDDLE, 1983)

Özel durumlarda, bu fırınların içerisindeki atmosfer, kontrol edilebilir. Bunun sebebi hava veya fırın gazlarıyla temas sonucu ortaya çıkan yüzeydeki dekarburizasyonu azaltmaktır. Kontrol edilmiş atmosferli fırınlar içindeki gaz ortamı, oksitleyici olmayıp parçalanmış amonyaktır.

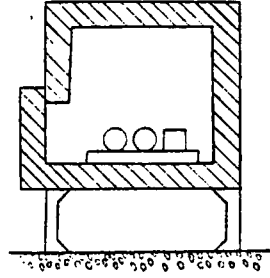
Çelik malzemeler kontrolsüz atmosferli fırınlarda ısıtıldığında, yüzeyde dekarbürizasyon ve 900°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda tufallanma ortaya çıkar. Isıl işlemlerde mufullu ve vakumlu fırınların kullanılması, maliyetin oldukça yükselmesine sebep olur. Bu durumlarda, tuz banyoları, daha ekonomik bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. Tuz banyoları, temel olarak, bir tank; bu tankta, belli bir sıcaklıkta ergiyen tuz karışımı ve bu karışımın çelik parçaları ısıttığı sıvı ortamdan teşekkül eder. Tuzların seçimi, birinci dereceden ısıl işlem sıcaklığına bağlıdır. Nitrat ve nitritler düşük sıcaklıklar; karbonat ve kloritler, yüksek sıcaklıklar için seçilirler. Tablo 1'de çelik parçaların ısıl işlemlerinde kullanılan tipik tuz banyoları görülmektedir.

TABLO 1. Çelik Parçaların Isıl İşlemlerinde Kullanılan Tipik Tuz Banyoları (ÇAVUŞOĞLU, 1979)

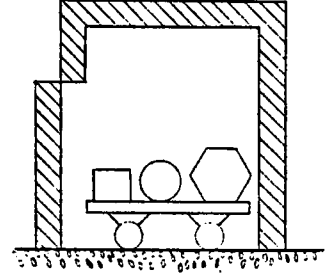
Tuz Cinsi	Ergime Sıcaklığı (°C)	Uygulama Aralığı (°C)
% 100 NaCl	808	850 - 1100
% 100 BaCl	960	1100 - 1400
% 28 NaCl % 72 CaCl	500	540 - 870
% 50 NaCO ₃ % 50 KCl	560	580 - 815
% 44 NaCl % 56 KCl	665	700 - 870
% 50 CaCl % 50 BaCl	600	650 - 900

Ergimiş tuz, atmosfer ile içindeki parçaların temasını keserek, yüzeyde meydana gelecek karbürizasyon ve tufallanmaya engel olur. Isıl işlem sırasında en önemli hususlardan birisi, fırın ve tuz banyolarının sıcaklığı

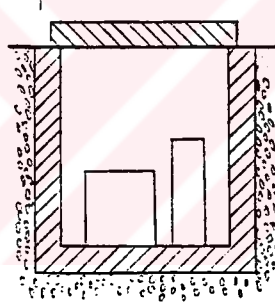
ğının sürekli olarak dengeli bir seviyede tutulabilmesi ve kaydedilmesidir. Aksi halde, ısıl işlem görmüş parçalarda, farklı konsantrasyonlar oluşur. Şekil 13'de sanayide kullanılan çeşitli fırınlar şematik olarak görülmektedir.



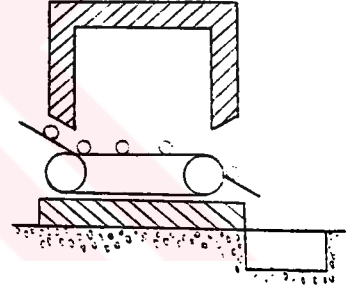
Kutu Tip Fırın



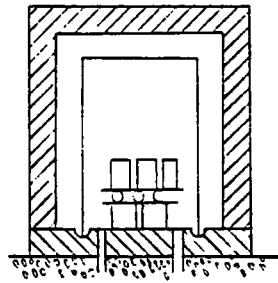
Hareketli Tablalı Fırın



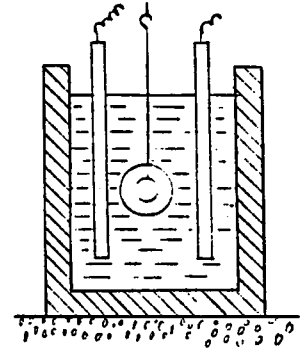
Kuyu Tip Fırın



Konveyörlü Fırın



Gaz girişi Gaz çıkışı

Kontrollü Atmosferli
FırınElektrotlu Ergimiş
Tuz Banyosu

ŞEKİL 13. Sanayide Kullanılan Fırınların Şematik Olarak Görünüşü (ÜNEL, 1982)

2.5.2. Isıl İşlemden Soğutma Ortamı ve Teknikleri

Soğutma ortamı istenen soğutma hızına göre seçilmekle beraber; asıl önemli olan, malzemeye kazandırılmak istenen özelliğın gerektirdiğı iç yapıdır. Prensip olarak, arzu edilen iç yapıyı oluşturacak soğutma ortamı seçilmektedir. Soğutma ortamı hızı, düşükten en yükseğe doğru şöyle sıralanır (Fırın-Hava-Yağ-Su-Su + NaOH)

Ayrıca, izotermal dönüşümlerin yapılabileceğı belirli bir sıcaklıkta sabit tutulabilen çeşitli tuz banyoları da vardır. Tuzlar, çeşitli konsantrasyonlarda hazırlanarak, belirli sıcaklıklarda, soğutma ortamı olarak kullanılabilir.

Bir parçanın imalat aşamasından başlamak üzere ısıtma işlemleri ile tamamlanan üretim sürecinde en önemlisi ve sonuncusu soğutma olayıdır; Çünkü büyük emek ve maliyete mal olan bir parça, yanlış bir soğutma işlemi ile tahrip edilebilir (Zhelokhovtseva ve Khavskii, 1983). Özellikle karbon çeliklerinde sertleşmenin oluşması için, kritik bir soğutma hızının elde edilmesi gerekir. Kritik soğutma hızının elde edilmesi sertleşmeyi sağlayabilir; fakat hızlı soğutma iç gerilmeler de oluşturarak parçada çatlamlara sebep olabilir. Bu durumları ortadan kaldırmak için, kademeli su verme metotları uygulanır.

Isıl işlem sırasında, kritik soğutma hızını yakalamak kadar, parçaların soğutma ortamına daldırma biçimi de oldukça önemlidir. Yanlış daldırma parçaların çarpılmasına (distorsiyonuna) sebep olur. Tavlanmış parçaların soğutma ortamına daldırılması sırasında, aşağıdaki tekniklere uyum gerekmektedir.

- Soğutma ortamının sürekli olarak sabit bir sıcaklıkta kalması için tedbir alınmalıdır. Bu durum parçadan üniform tarzda ısı alınmasını sağlar.
- Farklı kesitli parçaların kalın kesitleri önce daldırılmalıdır.

- Uzun parçalar ortama düşey olarak daldırılmalıdır.
- Disk ve plaka şeklindeki parçalar kenarlarından daldırılmalıdır.
- Bilezik şeklindeki parçaların eksenleri sıvı yüzeyine dik gelecek şekilde daldırılmalıdır.
- İnce uzun parçalar ve ince kesitli kompleks parçalar çarpılmayı önlemek için özel kafeslerle desteklenerek soğutma ortamına daldırılmalıdır.
- Soğutma ortamının sıcaklığı tüm hacimde dar limitler arasında tutulmalıdır.
- Soğutma sırasında parçaların tank çevresine ve tabanına temas etmesi önlenmelidir.

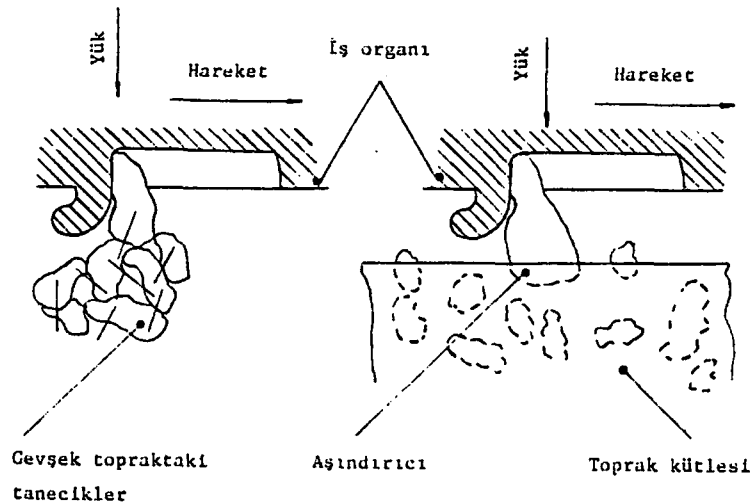
3. TOPRAK İŞLEYİCİ ORGANLARDA AŞINMA

3.1. Toprak İşleyici Organlarda Aşınma Mekanizması

Toprak işleyici organlar kullanma süresi içinde belirli bir müddet sonunda yıpranarak faydalı kullanılabilme özelliklerini kaybederler. İşleyici organlarda yıpranma; toprağın yapısına, işletme şartlarına, aletin konstrüksiyonuna ve benzeri birçok etkenlere bağlı olarak meydana gelir. Özellikle, toprakla temas halindeki parçaların aşınması, toprak içerisindeki sert cisimlerin aşındırıcı etkisiyle meydana gelir.

İşleyici organlarda meydana gelen aşınma, "abrasiv aşınma" prensibiyle oluşmaktadır. Diğer aşınma türleri olan adhesiv ve kohesiv nadiren görülmektedir (Karamış, 1985).

Abrasiv aşınma, sert ve pürüzlü bir yüzey ile daha yumuşak bir yüzeyin karşılıklı çalışması (İşleyici organ yüzeyi-Toprak yüzeyi); bazen de üç cisimli (İşleyici organ yüzeyi-Kırıntı toprak tanecikleri-Toprak kütlesi) olarak meydana gelir. Şekil 14'de toprakta iki ve üç cisimli abrasiv aşınma mekanizması görülmektedir.



ŞEKİL 14. Topraktaki İki ve Üç Cisimli Abrasiv Aşınma Mekanizması (KARAMIŞ, 1985)

Abrasiv aşınma mekanizmasının toprak içerisindeki oluşumu şu şekilde meydana gelmektedir: Topraktaki aşındırıcı tanecikler aşınma yüzeyi ile temas halinde iken, çeşitli etki yapmaktadır (Moore, 1975). Bunlar:

- Sıkıştırmanın etkisiyle kanalcıklar halinde,
- Mikroskopik formda yüzeyden metal parçaların kopması şeklindedir.

Birinci etki aşınma yüzeyi ile aşındırıcı tanecikler arasında oluşan, basıncın şiddetiyle, ikinci etki ise abrasiv taneciğin aşınma yüzeyine göre, hareket doğrultusu ve hızının şiddeti ile oluşmaktadır (Kantarcı, 1982).

Abrasiv aşınma mekanizmasında, aşınma unsurlarından hareketle basınç birlikte etmektedir. Bu yüzden, iki etkinin meydana gelişi ve oluş nedenini kesin çizgilerle ayırtetmek mümkün değildir. Bu durum aşınma mekanizmasında hareket doğrultusuna paralel ve iki bileşene ayrılabilen eğik bir kuvvettir. Dikey bileşen aşındırıcı taneyi yumuşak yüzeye bastırırken, paralel bileşen yüzeyde çizikler, derin izler ve parlatma etkisi meydana getirmektedir.

Abrasiv tane büyüklüğü ve şekli tanelerin hızı ve uygulanan yükün şiddetine göre abrasiv aşınma mekanizması aşağıdaki şekilde ortaya çıkar (Oğuz, 1976).

- Oyulma ve kazınma,

Kaya parçaları gibi kaba, sert ve sivri köşeli taneler metale yeterli basınçta sürtündükleri zaman oyuk ve kazınmış bölgeler oluşur. Bu yüzeyler düzgün olmayıp pürüzlüdür.

- Yüksek zorlama altında abrasyon,

Abrasiv maddeler yüzeyden basınç altında sürtünerek geçerken ufalanır. Yüzeyden metal kopması mikroskopik veya makroskopik ölçüde olur. Aşınmış yüzey genellikle yeknesak ve düzgündür.

- Erozyon,

Abrasiv maddenin, korunması sözkonusu parça üzerinde bir miktar hareket ettiği zaman meydana gelen aşınma türüdür.

- Darbe abrasyonu,

Bu tür aşınma genellikle büyük hız veya basınçla abrasiv parçalara temas eden malzemelerde görülür.

3.2. Toprak İşleyici Organlarda Aşınma Direncini Etkileyen Faktörler

3.2.1. Toprağın Yapısıyla İlgili Faktörler

3.2.1.1. Aşındırıcı Tanelerin Sertliği

Aşındırıcı taneciklerin sertliği, aşınma olayında önemli etkenlerden birisidir. Aşınma olayının başlayabilmesi için, aşındırıcı taneciklerin sertliğinin biraz daha fazla olması yeterlidir. Topraktaki ana aşındırıcı maddeler değişik türdeki silikatlardır. Yapılan deneysel çalışmalar sonunda (H) malzeme sertliğinin, (Ha) abrasiv sertliğine oranı yaklaşık 0,85'i geçtiği zaman malzemenin aşınma hacmi hızlı olarak azalır. Fakat $H/Ha = 1$ iken abrasivler aşınma malzemesini sürekli çizerler. Aşınma malzemesi ve aşındırıcı taneciklerin akma mukavemeti eşit olduğunda çizilme meydana gelmez (Richardson, 1969).

Yine yapılan farklı bir araştırma sonucunda karşı maddenin cinsine göre aşınmada değişiklik görülmüştür. Toprak içindeki sert taneciklerin miktar ve büyüklüğünün, aşınma üzerinde büyük bir etkisi vardır. Sert tanelerin ortalama çapı arttıkça, aşınma da hızlı bir şekilde artmaktadır (Karamış, 1985).

Sert tanelerin aralarında bağlayıcı olarak toprak bulunması halinde aşınma; sadece sert tanelerden meydana gelmiş bir aşındırma ortamına göre, daha şiddetli olmaktadır. Buna örnek olarak kumlu toprağın saf dere kumuna

göre daha fazla aşındığı gösterilebilir (Karamış, 1985).

Karşı maddenin aşınmaya etkisi tane çap dağılımı ve tanecik geometrisiyle ifade edilir. Matematiksel modellerde ifade edilmesine rağmen karşı maddenin sertliği ile malzemeye temas durumu ve periyodu aşınmada etkili olmaktadır (Kantarıcı, 1982).

3.2.1.2. Aşındırıcı Tanelerin Boyut ve Şekli

Doğal olarak, toprağın bünyesinde, muhtelif boyut ve şekillerde, çok sayıda aşındırıcı parçacıklar mevcuttur. Bu aşındırıcı parçacıkların boyutu ve şekli, aşınma yüzeyi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Laboratuvar şartlarında yapılan bir deneyde, yük sabit iken tane boyutunun artmasıyla aşınmanın arttığı tesbit edilmiştir. Aynı araştırmaya göre $H/H_a < 0,85$ iken tane boyutu ve aşınma miktarı arasında yaklaşık lineer bir ilişki mevcuttur. $H/H_a > 0,85$ olduğunda bu durum ortadan kalkmaktadır (Moore, 1975).

Toprak işleme aletlerindeki aşınma miktarı, aşındırıcı tanelerin büyüklüğüyle yakından ilgili olup, deney malzemesinin özelliği sabit kaldığı halde, aşındırıcı taneciklerin ortalama çapı arttıkça, aşınmada da bir artış meydana gelmektedir (Karamış, 1985).

3.2.2. İşleyici Organa Bağlı Faktörler

3.2.2.1. İşleyici Organın Malzemesi

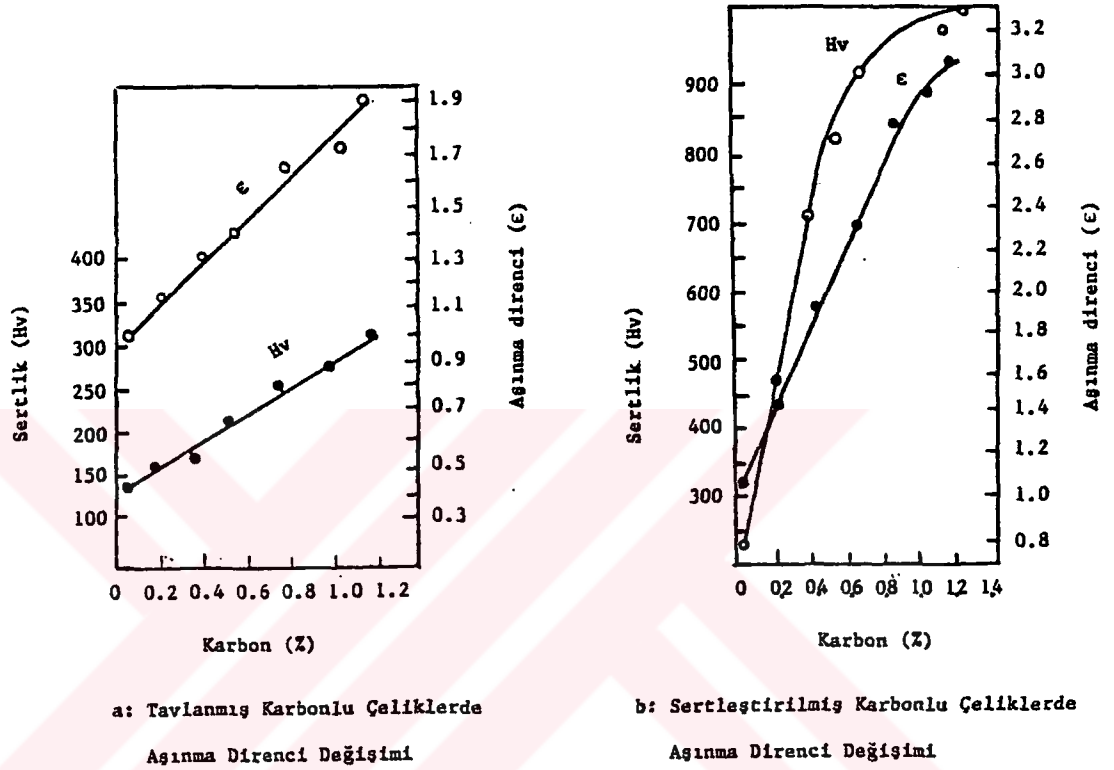
Toprak işleme aletlerinde kullanma süresi içerisinde sürekli toprakla temas halinde bulunan işleyici organların malzeme seçimi oldukça önemlidir. Bu malzemelerin seçiminde, üretim işlemlerine uygunluk; fiziki teknolojik ve mekanik özellikleri ile ekonomiklik değerleri ve korozyon dayanıklılığı gibi çok yönlü etkenler de dikkate alınmalıdır.

İşleyici organların yapımında kullanılan malzemeler; Şekil, miktar ve ölçü bakımından, kolaylıkla temin edilebilmelidir. Üretim işlemleri bakımından, malzemenin biçimlendirilebilme özelliği (Döküm, Dövme, Soğuk ve sıcak presleme, Talaşlı imalatı), ısıtma işlemlere tabi tutulacaksa ısıtma işlem metodu ve ortamı, malzeme seçimini etkileyen başlıca unsurlardır. Bu bakımdan, işleyici organlar için en uygun malzeme, sertleştirilebilen çeliklerdir; çünkü çelikler, normalize halde kolaylıkla şekillendirildikten sonra, ısıtma işlemler uygulanarak sertleştirilip, aşınma dirençleri arttırılabilir. Çeliklerin sertleştirilebilme özelliği, içerdikleri yüzde karbon miktarı ile yakından ilgilidir. Genelde % 0,30'dan daha az karbon ihtiva eden çelikler doğrudan sertleştirilemeyip başka işlemler gerektirirken, % 60'a kadar karbon ihtiva eden çelikler doğrudan sertleştirilebilirler. Bunun üzerinde karbon ihtiva eden çelikler ise ısıtma işlemle sertlik değişimi göstermezler. Çelik içerisinde bulunan karbon, aşınma direncini pozitif yönde etkiler. Bağımsız karbon yüzdesinin artmasıyla, sade karbonlu ve az katıqlı çeliklerin abrasiv aşınma dirençleri genellikle artar. Karbon miktarının artması, sade karbonlu çeliklerde perlitik yapının artmasıyla; katıqlı çeliklerde ise, ince perlitik yapının martenzitin ostenit yapıya dönüştürülmesi suretiyle aşınma direncini arttırabilir (Hurricks, 1973). Şekil 15'de yüzde karbon miktarına göre çeliklerin aşınma dirençleri görülmektedir.

Aynı sertlikte fakat daha fazla karbon ihtiva eden çelikler, daha yüksek aşınma direncine sahiptir ve karbon oranı ile aşınma direncinin yükselme oranı da belirli bir sertlik değeri için sabittir. Karbon ile diğer katık elemanları karşılaştırılacak olursa; katık elemanlarının aşınma direncine etkisinin karbona göre daha az olduğu görülür (Moore, 1975).

Yurdumuzda tarım alet ve makinası imal eden firmalardan pekçoğunun uygun malzeme seçmelerine rağmen malzemenin ısıtma işlem kapasitesinden tam

manasıyla faydalanamadıkları görülmektedir. Bunun sebebi yeterli teknik bilgiye sahip olmama yanında, üretim masraflarını düşürerek daha fazla kâr etme düşüncesidir. (Ulusoy, 1977).



ŞEKİL 15. Karbon Miktarının Bir Fonksiyonu Olarak Çeliklerde Sertlik ve Aşınma Direnci Değişimi (NOVITSKALA, 1959)

Toprak işleme aletleri işleyici organlarının üretiminde, % 0,32-0,45 karbonlu çeliklerin kullanılması uygun olmaktadır. Bunun yanında 60 Si Mn 5 çeliğinin biçimlendirme bakımından bazı zorluklar çıkardığı için yerine su veya yağda sertleştirilebilen 38 Si 6 yay çeliğinin kullanılması daha faydalı olacaktır. Öte yandan, alaşım elemanlarının çeliğin aşınma direncini arttırdığı bilinmekle beraber, çelik içinde yeterli miktarda karbon bulunmadığı zaman, alaşım elemanlarının aşınma direncini arttırmada etkileri daha fazla değildir. Ayrıca, alaşım elemanlarının artması üretim maliyetini de arttıracaktır (Mutaf ve Ulusoy, 1977).

Pulluk uç demiri malzemesi olarak Ç 1040 çeliğinin kullanılması ve bu çelikte biçimlendirme güçlüğüne bulunmamasının yanı sıra su verme yolu ile sertleştirildiğinde darbe dayanımının azaldığı görülmüştür (Karamış, 1985).

İşleyici organlardan istenen özelliklerin kolay ve kaliteli bir şekilde sağlanabilmesi, malzeme seçiminde en önemli etkidir. Buna göre; kolay şekillendirilebilen, ısıl işlem sonucu eğilme, aşınma ve darbe dayanımı iyileşen keskinliğini uzun süre koruyabilen, yüzeyde toprak tutucu özelliği fazla olmayan tamir edilebilir ve ekonomik değere sahip malzemeler tercih edilmelidir.

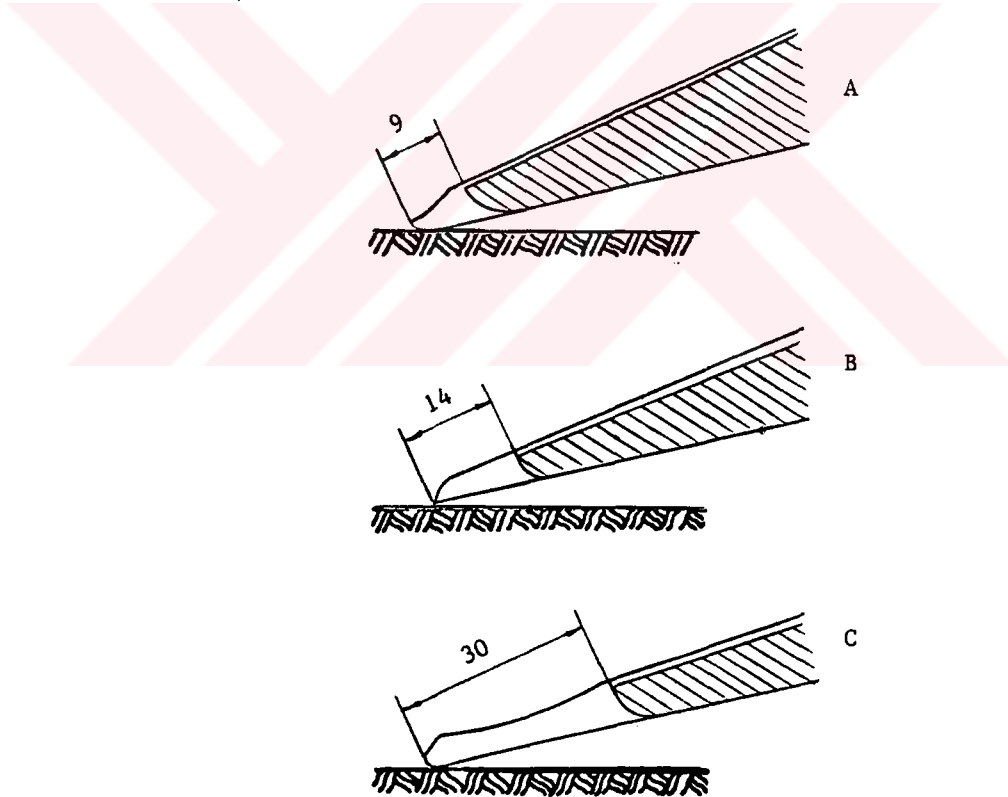
3.2.2.2. İşleyici Organın Şekli

İşleyici organların farklı şekillerde geliştirilmiş olması, birçok amacı aynı anda sağlayan bir organ arayışından kaynaklanmaktadır. İşleyici organların tarihsel gelişimi sürecinde, çabuk kütleşmeleri, fazla aşınmaları, darbeler karşısında deforme olmaları, kırılmaları ve büyük çeki kuvvetine ihtiyaç göstermeleri gibi birçok nedenler bu organların şekillerinin de işletmecilik açısından önemli olduğunu göstermiştir.

Bu konu ile ilgili yapılan birçok araştırmada, farklı biçimdeki iş organlarının çok değişik çeki direnci gösterdiği tesbit edilmiştir. İşleyici organlarda, kesit alanının artmasıyla, aşınma da artmaktadır. Dikdörtgen kesitli kesme ağızlarının en çok, üçgen ve trapez kesitli kesme ağızlarının daha az aşındığı, ince uzun kesici kenarlara sahip iş organlarında lineer aşınma; küt ve kalın kenarlı iş organlarında ise, ağırlık aşınması olmaktadır (Richardson, 1969).

Keskinliğin uzun süre korunabilmesi, sadece aşınmaya dayanımı yüksek malzeme kullanmakla sağlanamaz; çünkü aşınma direnci ne kadar fazla olursa olsun. Özellikle ince ve keskin kenarlar kısa zamanda aşınarak

bilenmeleri gerekir. Bazı araştırmacıların ortaya koyduğu gibi uç demirlerinin kesici kenar profili ile keskinliğini uzun süre koruyabilmesi arasında bazı ilişkiler vardır. Kesici kenar boyunca geriye doğru kalınlaşma ne kadar fazla olursa uç demiri o oranda hızlı krelmektedir. Bir başka ifade ile kesici kenar kesitinde alt ve üst yüzeylerin birbirine paralele yaklaşması veya kama açısının çok küçük olması krelmeyi geciktirmektedir (Keeciğlu ve Ulusoy, 1975). Şekil 16'da farklı kesitlerdeki uç demirlerinin keskinliğinin korunabilme sınırı görülmektedir.



ŞEKİL 16. Farklı Kesitlerdeki Uç Demirlerinde Keskinliğin Korunabilme Sınırı (STROPPEL, 1961)

Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi işleyici organlarda aşınmanın sadece ağırlık veya alan cinsinden ifadesi yanılğılara sebep olmaktadır.

3.2.2.3. İşleyici Organın Alet Üzerindeki Yeri

Toprak işleme aletleri, toprakta belirli amaçları gerçekleştirmek üzere geliştirilerek dizayn edilmiştir. Bu aletlerin hepsi, tarlanın ekime hazırlanılmasında kullanılmaktadır. Pulluk türleri toprağı aktif olarak işlerken, kültüvatör ve tırmık gibi aletler tohum yatağı hazırlamak amacıyla kullanılır.

Toprak işleme aletleri, toprağı giriş sırasına göre, farklı karşı madde basıncıyla karşılaşacağından, aşınma miktarı da farklı olacaktır. Bir tarlaya pulluk, kültüvatör ve tırmık ard arda sokulduğunda, farklı toprak basıncıyla karşı karşıya kalacaklardır. En büyük basınç pulluğa etki ederken, en düşük basınç tırmıkta olacaktır. Bu durum, bir pullukta önden arkaya doğru sıralanan uç demirleri bazında ele alındığında, aynı basınç dağılımının olacağı; dolayısıyla, önden arkaya doğru azalan bir aşınmanın meydana geleceğı anlaşılmaktadır.

Çeşitli malzemelerden yapılarak farklı ısıl işlemler uygulanmış tırmık dişleri ve kültüvatörlerde yapılan araştırmalar neticesinde, tırmık dişleri için, iç ve dış bataryalarda elde edilen aşınma kayıplarının önemli farklılık göstermediğı, fakat tırmık diş sırasının ise aşınma üzerinde önemli etkisinin olduğu tesbit edilmiştir. Kullanılan bütün çelik türlerinde de uygulanan ısıl işlem kademelerinde birinci sıradan son sıraya doğru gidildikçe, aşınma miktarının azaldığı ve bu azalmanın doğrusal bir karakter gösterdiği tesbit edilmiştir. Aynı sonuçlar, kültüvatör kaz ayakları için de geçerli olup, arka sırada yer alan organlar, ön sıraya göre daha az aşınmışlardır (Mutaf ve Ulusoy, 1977).

Ege Bölgesinde imal edilen çeşitli uç demirleri üzerinde yapılan bir araştırmada, pulluk uç demirlerinin monte edildiğı gövdeye göre aşınmanın farklı olduğu ve arkadan öne doğru artan bir aşınmanın görüldüğü tesbit edilmiştir (Ulusoy, 1977).

Böylece, çeşitli işleyici organın alet üzerindeki diziliş sırasına göre aşınmaya etkisinin farklı olduğu, tesbit edilmektedir. Elde edilen sonuçlar, bu duruma göre ön sıralarda yer alan işleyici organlarda aşınma dayanıklı malzeme ve uygun ısıl işlem yapılarak tolere edilebilir.

3.3. Çeki Kuvvetinin Aşınmaya Etkisi

Toprağın toprak işleme aletlerine karşı gösterdiği direnç, toprağın zerreleri arasındaki kohezyonu ve normal basıncı, toprakla işleyici organın arasındaki adezyonu ve yer çekimini yenmek; toprak zerrelerini ivmelemek için sarf edilen enerjinin karşılığı olarak meydana gelir. Çeki direnci olarak adlandırılan bu kuvvet, traktör tarafından üretilen çeki kuvvetiyle dengelenmektedir (Öz, 1977).

Pulluklarda, çeki direnci, "Toprak işleme aletlerinin hareket doğrultusunda birim yüzeyine isabet eden kuvvet" olarak tanımlanan özgül çeki direncinin fonksiyonudur. Özgül çeki direnci, toprak şartlarına bağlı olarak, işleme hızı, işleme derinliği, çizi genişliği, uç demiri ve kulak şekli gibi birçok değişkenin fonksiyonudur.

Bir traktörün çeşitli toprak şartlarındaki çeki kuvveti karakteristiğinin bilinmesiyle, traktörün rasyonel bir şekilde kullanılması, alet ve makinaların en ekonomik bir şekilde işletilmesi, imkan dahilinde girmektedir. Traktör çeki kuvvetiyle alet ve makinaların çeki direnci arasındaki farkın, mümkün olduğu kadar dar sınırlar içerisinde tutulmasına dikkat edilmelidir. Bu fark ne kadar küçük tutulabilirse, traktör, o oranda iyi yüklenmiş ve işletmede ekonomi sağlamış olur (Sungur, 1974).

Çeki kuvvetini etkileyen en önemli unsur, toprağın yapısıdır. Toprağın yapısı değişken olmak kaydı ile aynı şartlarda yapılan toprak işlemede, ağır toprakla gevşek toprak arasında meydana gelen çeki kuvveti farklı olacaktır. Kesilen toprağın kesit alanında birim yüzeye isabet eden

özgül çeki direnci ağır topraklarda büyük, hafif topraklarda daha düşük değerdedir (Mutaf ve Uçucu, 1980).

Çeki kuvvetini arttıran toprak direnci, aşınmayı da arttıracaktır; çünkü özgül çeki direncinin artmasıyla, işleyici organın yüzeyine gelecek basınç da fazla olacak, böylece, çeki hızına bağlı olarak, aşınma da artacaktır (Mutaf ve Ulusoy, 1977).

Netice olarak, özgül çeki direncinin bir fonksiyonu olan çeki kuvveti arttığında; ağır topraklarda aşınma fazla, hafif topraklarda ise daha az meydana gelecektir.

3.4. Isıl İşlemlerin Aşınma Direncine Etkileri

Malzemelerin aşınma mukavemetini arttıran en önemli özellik sertliktir. Ancak aşınma direncinin arttırılabilmesi, sadece sertlikle sağlanamaz. Sertlik, malzemelerin aşınmaya dayanımını arttırırken, bazı özelliklerini de kötüleştirir. Çalışma şartları iyi bir aşınma direnci yanında darbe dayanımı, kırılma dayanımı ve uzun süre şekil değiştirmeme gibi bazı özellikleri aynı anda gerekli kılabilir. Özellikle toprak işleyici aletler aşınma direncinin yanında darbe dayanımı ve şekil değiştirmeme gibi özellikler de göstermelidir.

Çeliklerde sertliğin artmasıyla, aşınma direnci de artmaktadır. Yüksek sertliğe sahip malzemelerin, aşınma dirençleri de yüksek olup, sertlikle, hasara karşı yüzey direncide artar (Howes, 1976). Abrasiv aşınma direnci, hemen hemen tamamen sertliğe bağlı olup, sertliğin artmasıyla düzeldiği görülür (Angus, 1979).

Bu görüşlere paralel olarak, ısıl işlemlerle, malzemelerin çoğu özellikleri, istenilen yönde geliştirilebilir. Malzemelerin aşınma direncinin arttırılması, ısıl işlemlerle sağlanan sertlik ve diğer malzeme karakteristikleriyle sağlanmaktaysa da, aşınma olayının yüzeyden başlaması

nedeniyle yüzey sertleştirme ve yüzey kaplama gibi bazı işlemler, aşınma direncinin arttırılması amacıyla, bugün, çoğu sistemlerde uygulanan bir metottür.

Aşınma direncinin arttırılması amacıyla uygulanacak işlemlerin seçimi, sistemin hangi şartlarda çalışacağı göz önüne alınarak tesbit edilmelidir. Toprak işleme aletleri işleyici organlarının gerektirdiği yüzeyi sert ve aşınmaya dayanıklı, çekirdeği sünek ve darbelere dayanıklı bir yapı; üretimlerinde kullanılan malzemelerin kimyasal kompozisyonuna bağlı olarak tam sertleştirme; kısmi sertleştirme ve yüzey sertleştirme işlemlerinden herhangi birisinin uygulanmasıyla sağlanabilir. Tablo 2'de farklı ısıl işlemlere tabi tutulmuş olan CK 15 çeliğinin aynı abrasiv ortamdaki aşınma değerleri görülmektedir.

TABLO 2. Farklı Isıl İşlem Görmüş CK 15 Çeliğinin Aynı Abrasiv Ortamdaki Aşınma Miktarları (STAHLİ ve BEATLER, 1976)

Malzeme	Isıl İşlem	Sertlik (Kg/mm ²)	Hacimsel Aşınma (mg)
CK 15 N	Normal Tavlı	180	165
CK 15 EH	Semente Edilmiş	820	63
CK 15 EH	Sert Krom Kaplama (50µ)	1050	23
CK 15 G	Mat Nikel Kaplama (50µ)	560	106
CK 15	Kimyasal Kaplama (Ni - P, 50 µ)	850	148
CK 15	Banyoda Nitrüleme (2h, 570°C , Tenifer)	640	73
CK 15	Termo Diffüzyon ile Sert Yüzey (900°C)	1600	30

Buraya kadar yapılan açıklamalardan da anlaşılacağı gibi malzemele-
rin aşınma dirençlerini arttırmada en önemli faktörlerden birisi, ısıl iş-
lemlerdir. İşleyici organlar üzerinde tarla ve labaratuvar şartlarında ya-
pılan araştırmalar sonucu, sertliğin artmasıyla aşınmanın azaldığı görül-
müştür.



4. LİTERATÜR ÖZETİ

Yurdumuzdaki tarım alet ve makinası imal eden kuruluşlardan pekçoğu, uygun malzeme seçmelerine rağmen, malzemenin ısıl işlem kapasitesinden tamamen faydalanamamaktadırlar. Bunun sebebi, yeterli bilgiye sahip olmama yanında, imalat masrafını düşürerek fazla kâr etme gayesidir. İşleyici organ yapımında kullanılan malzemenin kolay temin edilebilir ve kolay şekillendirilebilir cinsten olması gereklidir. Bu tür malzemelerin sertleşebilirlik özelliği yanında, özellikle sertleşmeden sonra tokluk özelliğinin de iyi olması gerekir. Genellikle, sertleştirilen çeliklerin tokluk özellikleri kötüleşir. İşte amaca en uygun malzemenin temini, burada önem taşımaktadır. Bütün bu özellikleri kendinde toplayan ideal bir malzeme bulmak mümkün olmamakla beraber, hiç olmazsa optimum şartları sağlayan malzeme temini ve bu malzemedен işleyici organın imalatı şarttır (Ulusoy, 1977).

Aşınmaya maruz kalan malzemelerin aşınma dirençlerini arttırmak üzere hacimsel sertlik yanında yüzeysel sertlik arttırma işlemleri, sık uygulanan ve hatta bazan ön plana çıkan bir durumdur. Malzemelerin yüzey sertliklerinin arttırılması ısıl muamelelerle yapılabildiği gibi, yüzeye daha sert bir tabakanın kaplanması suretiyle de yapılabilir. Yüzey sertliğinin arttırılması, malzemenin çekirdeğinin sünek kalmasını sağladığından, darbeli zorlamalara maruz kalan yerlerde avantaj sağlar (Jahanmır ve Abrahamson, 1976).

Endüstrideki bir çok işlem zorlukları ve üretim kayıpları aşınmayla artmaktadır. Üretim kaybının nedeni bazan tahmin edilemeyecek derecedeki küçük aşınmalardan meydana gelebilir. Çeliklerin performanslarına etkili olan faktörlerden başlıcaları, kristaller arası bağlar ve aşınma dirençleri ile sertliktir. Metalurjik yapıdaki aşınma; boyut, şekil, kimyasal bileşim, alaşım miktarı, kristal yapı ve farklı ısıl işlemlere bağ-

lıdır (Hurricks, 1973).

Malzemelerin aşınma dirençleri ile kafes sistemleri arasında çok yakın bir ilişki vardır. Aynı sertliğe sahip saf metallere göre ısıtılmış işlem görmüş çelikler, aşınmaya daha az direnç göstermektedir (Ashok, 1975).

Farklı malzemelerin aşınma miktarları da farklı olmaktadır. Sertleştirme, malzemenin aşınmaya direncini iyileştirmede tek başına etkili değildir. Sertlik, aynı malzeme türlerinde aşınma direncini iyileştirmektedir (Kantarıcı, 1975).

Farklı kimyasal kompozisyondaki malzemelere, değişik ısıtılmış işlemler uygulandığında, elde edilen sertlik değerleri arttıkça aşınma azalan bir karakter göstermektedir. Aynı zamanda sertliği çok fazla olmadığı halde (400 Hv) manganlı ostenitik sert çelik çok iyi bir aşınma direnci göstermektedir. Uygulanan farklı ısıtılmış işlemlerde en yüksek aşınma direnci, İndüksiyonla yüzeyi sertleştirilmiş çeliklerde tesbit edilmiştir (Karamış, 1985).

Pulluk uç demirlerinde değişik çelik türleri kullanılabilir. Ancak % 0,35-0,45 karbon içeren çeliklerde, ısıtılmış işlemi sonucu, en iyi neticeler elde edilebilir. Uç demirlerinin sadece teknik yönden karşılaştırılması, kullanma ekonomisi açısından yeterli değildir. Uzun bir kullanma ömrü, uç demirinin ağırlığına ve az aşınmasına bağlı olmakla beraber, bu özellikler çok yüksek bir alış fiyatına sağlanabiliyorsa; değerini kaybetmektedir. Çok aşındığı halde ucuz olan bir uç demiri; az aşındığı halde pahalı olan bir uç demiri ile aynı tercih sırasında bulunabilir. O halde, uç demirlerinde, teknik özelliklerin ekonomik özelliklerle optimum kombinasyonu gereklidir (Keçecioglu ve Ulusoy, 1975).

Toprak işleme aletlerinin işleyici organlarında kullanılan uygun çelik cinsleri karbon yüzdesine göre C 35 ile C 60 arasında kalan sade

karbonlu çeliklerdir. Suda ve yağda sertleştirilebilmesi kolay olan 38 Si 6 yay çeliği de uç demiri yapımında kullanılabilir bir malzemedir (Mutaf ve Ulusoy, 1977).

Pulluk uç demirlerinin imalatında kullanılabilir ideal bir malzeme tavsiye etmek mümkün değildir. Ancak, çalışma şartlarına en uygun malzemenin bazı işlemlerden sonra elde edilebileceği unutulmamalıdır. Bu işlemlerin temelini ısıl işlemler oluşturmaktadır. Bir malzemenin ısıl işlem kapasitesinden en iyi şekilde faydalanmak, malzemeye istenilen doğrultuda özellik kazandırmakla mümkündür (Karamış, 1985).

Çeşitli malzemelerden yapılmış ve değişik ısıl işlemler uygulanmış tırmık dişleri ve kültüvatörlerde, tırmık dişleri için iç ve dış bataryalarda önemli bir aşınma farkı görülmemiştir. Fakat diş sırasında ise aşınma önemli farklılık göstermiştir. Bütün çelik cinslerinde ve ısıl işlem kademelerinde, birinci sıradan dördüncü sıraya gidildikçe, aşınma azalmış ve bu azalış yaklaşık doğrusal bir karakter göstermiştir. Benzer sonuçlar kültüvatör için de geçerli olup ön sıradaki aşınma arka sıraya göre daha fazla olmuştur (Mutaf ve Ulusoy, 1977).

Çeşitli firmalara ait pulluk uç demirleriyle yapılan tarla denemelerinde, belirlenen aşınma miktarları, uç demirlerinin pullukta yer alışlarına göre (önde-ortada-arkada) önden arkaya doğru azalan bir karakter göstermiştir (Keçecioğlu ve Ulusoy, 1975).

5. MATERYAL ve METOD

5.1. Materyal

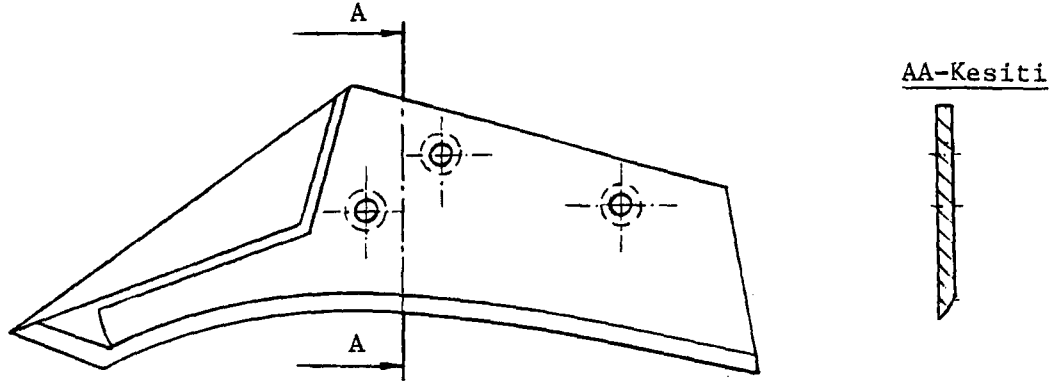
Araştırma, pulluk uç demirlerini konu aldığından, Türkiye'de üretilen ve yaygın olarak kullanılan A ve B tipi uç demirleriyle, Konya'da üretilen C tipi uç demiri deney materyali olarak seçilmiştir. Deney materyali olarak seçilen pulluk uç demirleri 10 inç ölçüsünde olup, bunlara ait resimler, Şekil 17'de verilmiştir.

Seçilen uç demirleri, şekil, ölçü ve tolerans bakımından incelendiğinde, A ve C tipinde olanlar TS 1137'de tanımlanan "Destek burunlu uç demiri" ne, B tipinde olanı ise "Düz uç demiri" tipine benzemektedir.

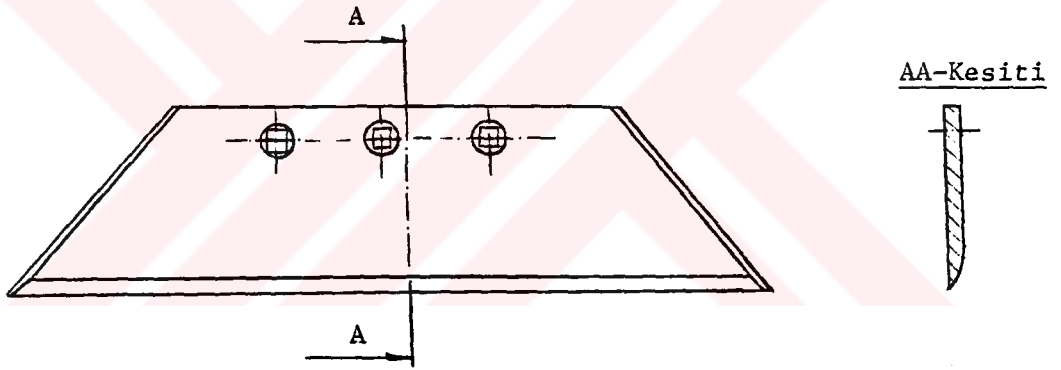
Araştırmada, her tip uç demirinden, 3'er adedi imalatçı firmalar tarafından piyasaya arz edilenler arasından, 6'sar adedi ise farklı sertlik değerleri oluşturulmak üzere, ısıl işlem görmemiş olanlar arasından, tesadüfi olarak seçilmişlerdir. Böylece her tipten 9'ar adet olmak üzere toplam 27 adet uç demiri seçilmiş olup, bunların ortalama ağırlıkları Tablo 3'te verilmiştir.

TABLO 3. Denemeye Alınan Pulluk Uç Demirlerinin Tipleri ve Ortalama Ağırlıkları

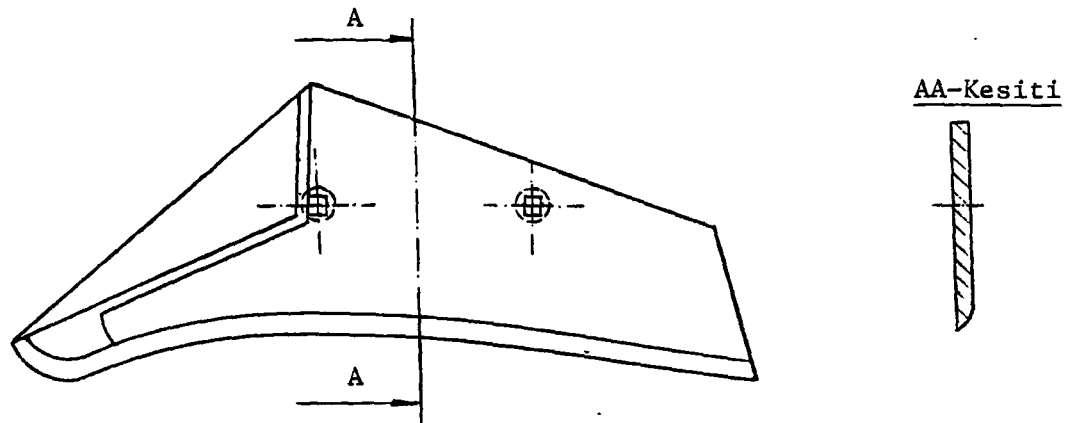
Numunenin Deney Kodu	Örnek Sayısı	TS 1137'ye Göre Tipi	Ortalama Ağırlığı (Kg)
A	9	Destek Burunlu Uç Demiri	4,717
B	9	Düz Uç Demiri	3,474
C	9	Destek Burunlu Uç Demiri	5,226



A-Tipi



B-Tipi



C-Tipi

ŞEKİL 17. Denemeye Alınan Pulluk Uç Demiri Tipleri

5.1.1.1. Araştırmada Kullanılan Cihaz ve Aletler

Denemeye alınan, uç demirlerinin, kimyasal bileşimlerinin tesbitinde, kimyasal bileşim test cihazından; sertleştirme işlemlerinde, ısıl işlem fırınlarından; sertlik değerlerinin belirlenmesinde, sertlik ölçme cihazından; ağırlık ve aşınma kayıplarının belirlenmesinde ise tartı aletinden faydalanılmıştır. Pulluk uç demirlerinin, tarla denemelerine hazırlanmasında kullanılan cihaz ve aletlerin teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Kimyasal bileşim test cihazının özellikleri:

Markası ve tipi	: Spektrolab M5
Kapasitesi	: 35 element
Hassasiyeti	: % 0,0001

Ön ısıtma fırınının özellikleri:

Tipi	: Kutu tip
Yakıt cinsi	: Elektrikli
Maksimum tavlama sıcaklığı	: 600°C
Hassasiyeti	: $\pm 2^\circ\text{C}$

Isıl işlem fırınının özellikleri:

Tipi	: Elektrotlu ergimiş tuz banyosu
Yakıt cinsi	: Elektrikli
Maksimum tavlama sıcaklığı	: 900°C
Hassasiyeti	: $\pm 5^\circ\text{C}$

Sertlik ölçme cihazının özellikleri:

Markası ve tipi	: ESE-Portatip
Ölçüm cinsi	: Rockwell C

Ölçme aralığı : 20-60 HRC

Hassasiyeti : \pm 1 HRC

Tartı aletinin özellikleri:

Markası ve tipi : DIGI-Fima

Kapasitesi : 15 Kg

Hassasiyeti : 2/1000 gr

Ayrıca tarla denemeleri için parselasyon yapımında; jalon, mira, takometre ve şerit metre, çalışma hızı tesbitinde, kronometre, iş derinliği tesbitinde ise sürgülü tip ölçü cetveli kullanılmıştır.

5.2. Metod

5.2.1. Deney Malzemelerinin Kimyasal Bileşimlerinin Tesbiti

Deney malzemelerinin kimyasal bileşimi ark metodu ile belirlenmiştir.

5.2.2. Uç Demirlerine Uygulanan Isıl İşlemler

Deneylerde kullanılan uç demirlerinden A ve C tipi, orta karbonlu çelik olup, bunlara, tam sertleştirme işlemine müteakip, düşük sıcaklıklarda meneviş verilmiştir. B tipi uç demiri ise düşük karbonlu çelik olduğundan yüzey sertleştirme metodu (sıvı sementasyon) uygulanmıştır. Uç demirlerine uygulanan ısıl işlemler ve elde edilen sertlik değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

5.2.3. Uç Demirlerinin Sertlik Değerlerinin Tesbiti

Uç demirlerinin sertlik değerleri TS 140'a göre ölçülerek belirlenmiştir.

TABLO 4. Denemeye Alınan Uç Demirlerine Uygulanan Isıl İşlemler

Numunenin Deney Kodu	Ön Isıtma Sıcaklığı (°C)	Isıtma Süresi (dk)	Isıl İşlem Durumu	Sertleştirme Sıcaklığı (°C)	Bekleme Süresi (dk)	Soğutma Ortamı	Meneviş Sıcaklığı (°C)	Bekleme Süresi (dk)	Soğutma Ortamı	Sertliği (HRC)
A	A1	-	Isıl İşlem Uygulanmamış	-	-	-	-	-	-	24
	A2	400	Sertleştirme	840 - 860	10	Yağda	400	45	Hava	43
	A3	400	Sertleştirme	840 - 860	10	Yağda	350	45	Hava	52
B	B1	400	Sıvı Sementasyon	950	120	Yağda	350	60	Hava	36
	B2	400	Sıvı Sementasyon	950	120	Yağda	300	45	Hava	43
	B3	400	Sıvı Sementasyon	950	120	Yağda	-	-	-	52
C	C1	-	Isıl İşlem Uygulanmamış	-	-	-	-	-	-	12
	C2	400	Sertleştirme	820 - 840	10	Suda	350	45	Hava	43
	C3	400	Sertleştirme	820 - 840	10	Suda	270	45	Hava	52

5.3. Tarla Denemeleri

5.3.1. Toprak Nem ve Tekstür Tayini

Toprakta nem tayini, sıcaklığı 105°C'ye çıkabilen bir fırın ve tartı aleti kullanmak suretiyle gravimetrik metodla tesbit edilmiştir. Nem tayini maksadıyla alınan toprak numuneleri tartıldıktan sonra, 105°C sıcaklıkta 24 saat fırında kurutularak tekrar tartılmıştır. Numunelerin ortalama nem miktarı % 17,8 olarak tesbit edilmiştir.

Toprakta tekstür tayini, bouyoucus'un hidrometre metodu ile yapılmıştır. Tekstür sınıfları tekstür üçgeninden elde edilmiş olup, toprak, % 60,6 kum, % 18,4 kil, % 21 silt'ten oluşmaktadır. Toprak, bünyesi SL kumlu tın'dır.

5.3.2. Deney Parselleri ve Uç Demiri Gruplarının Belirlenmesi

Tarla denemeleri, Konyanın Güvenç Köyü yöresinde gerçekleştirilmiştir. Deney alanı toplam 180 dekar olup, bu alan önce üç ana parsel ayrılmıştır. Daha sonra her parselde denemeye alınacak olan uç demiri tiplerinden üçlü gruplar, tesadüfi olarak belirlenerek denenmişlerdir.

Deneme sırasında üç farklı uç demiri tipi aynı anda denemeye alındığından, ana parşeller de, doğal olarak üç soklu bir pulluğun iş genişliğince çok sayıda alt parsellere ayrılmış olmaktadır.

Böylece, her uç demiri grubu, 20 dekar alanda denenmiş olmaktadır. Denemeye alınan uç demirleri üç ayrı tipte olduğundan, tarla denemeleri sırasında, bu tiplere uygun pulluk gövdeleri seçilerek, uç demirleri, bu pulluklara monte edilmiştir.

Denemelerin mümkün olduğunca eşit şartlarda gerçekleştirilmesi bakımından, işleme hızı ve iş derinliği sabit tutulmaya çalışılmıştır. Bu nedenle çalışma hızı ortalama 5 Km/h iş derinliği ise 18 cm olarak uygu-

lanmıştır.

Çalışma hızının ayarı için deneme öncesi 100 metre mesafe iki jalonla tesbit edilerek geçiş süresi kronometre aracılığı ile istenen hız kademesinde; iş derinliği ise, traktörün hidrolik düzeninden faydalanılarak belirlenen derinliğe göre ayarlanmıştır. Deneme sırasında, çalışma hızı ve iş derinliği, zaman zaman ölçülerek kontrol edilmiştir.

5.3.3. Aşınma Miktarının Tesbiti

Denemede kullanılan uç demirleri, deneme öncesi ± 2 gram hassasiyetli elektronik tartı aletiyle tartılarak ağırlıkları belirlenmiştir. Denemeler sonunda tartı işlemleri tekrar yapılarak, aşınma miktarları tesbit edilmiştir.

Uç demirlerinin, ısıl işlem kademelerine göre, aşınma değerlerinin karşılaştırılması için varyans analizleri yapılarak sonuçlara F testi uygulanmıştır. Ayrıca, farklı malzeme ve sertlik değerlerindeki uç demirlere, üç soklu pulluktaki takılış konumlarına göre de yapılan varyans analizleri sonucunda, yine, F testi uygulanmıştır.

Öte yandan, her üç malzeme cinsi için ayrı ayrı olmak üzere, uç demirlerinin denemeden önce ve sonraki ağırlıkları arasındaki farklılığın öneminin istatistikî olarak araştırılması için, Eş Yapma metodu ile t testi uygulanmıştır.

6. SONUÇ ve TARTIŞMA

Denemeye alınan uç demirlerinde yapılan kimyasal analiz testi sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Toblo 5 incelendiğinde A ve C tipi uç demiri malzemeleri, TS 1137'de verilen uç demirleri malzemesi grubunda yer almaktadır. B tipi uç demiri malzemesi ise, bu grubun dışında kalmakla beraber, içerdiği mangan yüzdesi bakımından aşınmaya dayanıklı aletlerin yapımında kullanılacak malzeme türündendir (Erdemir Mamul Kataloğu, 1985).

Denemeye alınan uç demiri gruplarında Tablo 6'da verilen ve A₁, B₁ ve C₁ deney koduyla tanımlanan uç demiri grupları imalatçı firmalar tarafından piyasaya arz edilen uç demirleri olup, sırayla 24, 36, 12 HRC sertlik değerindedir. Deneme sonuçlarına göre üç soklu bir pullukta hektar başına aşınma miktarı A₁'de 24 gr/ha, B₁'de 18 gr/ha, C₁'de ise 21 gr/ha olarak tesbit edilmiştir.

A₂, B₂ ve C₂ uç demiri grupları, 43 HRC sertlik değerinde olup, hektar başına aşınma miktarı, A₂'de 12 gr/ha, B₂'de 12 gr/ha, C₂'de ise 13 gr/ha olarak belirlenmiştir.

TABLO 5. Deney Malzemelerinin Kimyasal Bileşimi

Malzemenin		Kimyasal Bileşimi (%)						
Deney Kodu	Standart Kodu	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu
A	Ç 1060	.614	.260	.766	.080	.0215	-	-
B	ERDEMİR 3990	.21	.30	1.45	.025	.030	.10	.20
C	ERDEMİR 3260	.44	.23	.73	.022	.032	-	.20

TABLO 6. Numunelerin Deney Sonunda Konumlarına Göre Aşınma Değerleri

Numunenin Deney Kodu	Deney Konumu	İlk Ağırlığı (gr)	Son Ağırlığı (gr)	Aşınma Değeri (gr)	Deney Alanı (da)	Sertliği (HRC)	
A	A1	Ön	4690	4672	18	20	24
		Orta	4718	4702	16		
		Arka	4668	4654	14		
	A2	Ön	4676	4666	10	20	43
		Orta	4728	4722	6		
		Arka	4758	4750	8		
	A3	Ön	4584	4576	8	20	52
		Orta	4810	4802	8		
		Arka	4826	4818	8		
B	B1	Ön	3392	3378	14	20	36
		Orta	3396	3384	12		
		Arka	3552	3542	10		
	B2	Ön	3590	3580	10	20	43
		Orta	3570	3564	6		
		Arka	3278	3270	8		
	B3	Ön	3484	3476	8	20	52
		Orta	3554	3548	6		
		Arka	3458	3452	6		
C	C1	Ön	5270	5254	16	20	12
		Orta	5224	5210	14		
		Arka	5248	5236	12		
	C2	Ön	5182	5172	10	20	43
		Orta	5302	5394	8		
		Arka	5208	5200	8		
	C3	Ön	5182	5176	6	20	52
		Orta	5222	5216	6		
		Arka	5200	5194	6		

A₃, B₃, C₃ uç demiri grupları, 52 HRC sertlik değerinde olup, hektar başına aşınma miktarı A₃'te 12 gr/ha, B₃'te 10 gr/ha, C₃'te de 9 gr/ha olduğu görülmektedir. Buna göre:

A₁, B₁ ve C₁ deney kodlu uç demiri gruplarının sertlik değerleri eşit olmadıkları için, bunlar arasında, istatistiki bir değerlendirme yapılmamıştır.

A₂, B₂ ve C₂ deney kodlu uç demiri gruplarına ait istatistiki değerlendirme Tablo 7'de tesbit edilen verilerden,

A₃, B₃ ve C₃ deney kodlu uç demiri gruplarına ait istatistiki değerlendirme Tablo 8'de tesbit edilen verilerden,

Denemeye alınan farklı malzeme ve sertlik değerlerindeki uç demiri gruplarını üç soklu pullukta takılış konumlarına göre istatistiki değerlendirilmesi ise Tablo 9'daki verilerden faydalanarak yapılmış olup, değerlendirme sonuçları ilgili tabloların altında verilmiştir.

TABLO 7. Aynı Sertlik Değerindeki (A₂, B₂, C₂) Deney Numunelerinin Konumlarına Göre Aşınma Değerleri

Numunenin Deney Konumu	Numunelerin Deney Kodlarına Göre Aşınma Değerleri (gr)		
	A ₂	B ₂	C ₂
n	10	10	10
Orta	6	6	8
Arka	8	8	8

P < 0,01

P > 0,05

n a

Orta b

Arka b

Üç soklu pullukta denenen 43 HRC sertlik değerindeki uç demirleri, imal edildikleri malzeme yönünden, aşınma, dikkate alındığında istatistik olarak farklılık göstermemiştir (P > 0,05).

Bu uç demirlerinin önde, ortada ve arkada olmak üzere pullukta yer alışları, aşınmada istatistik olarak önemli bulunmuştur (P < 0,01). Buna göre önde aşınma, orta ve arkaya göre daha fazla olmuştur.

TABLO 8. Aynı Sertlik Değerindeki (A₃, B₃, C₃) Deney Numunelerinin Konumlarına Göre Aşınma Değerleri

Numunenin Deney Konumu	Numunelerin Deney Kodlarına Göre Aşınma Değerleri (gr)		
	A ₃	B ₃	C ₃
Ön	8	8	6
Orta	8	6	6
Arka	8	6	6

P > 0,05

P < 0,05

A₃ a

B₃ ab

C₃ b

Üç soklu pullukta denenen 52 HRC sertlik değerindeki, uç demirleri, imal edildikleri malzeme yönünden, aşınma, dikkate alındığında, istatistik olarak önemli farklılık göstermiştir (P < 0,05).

A₃ deney kodlu uç demiri grubu C₃'e göre daha fazla aşınmış, B₃'e göre ise ortaya çıkan aşınmanın istatistik olarak önemli olmadığı görülmüştür. Aynı zamanda söz konusu uç demirlerinin pullukta takılış konumlarına göre, aşınmaya farklı etki yapmadığı anlaşılmıştır (P > 0,05).

TABLO 9. Deneý Numunelerinin Konumları ve Malzeme Cinslerine Göre Aşınma Deęerleri

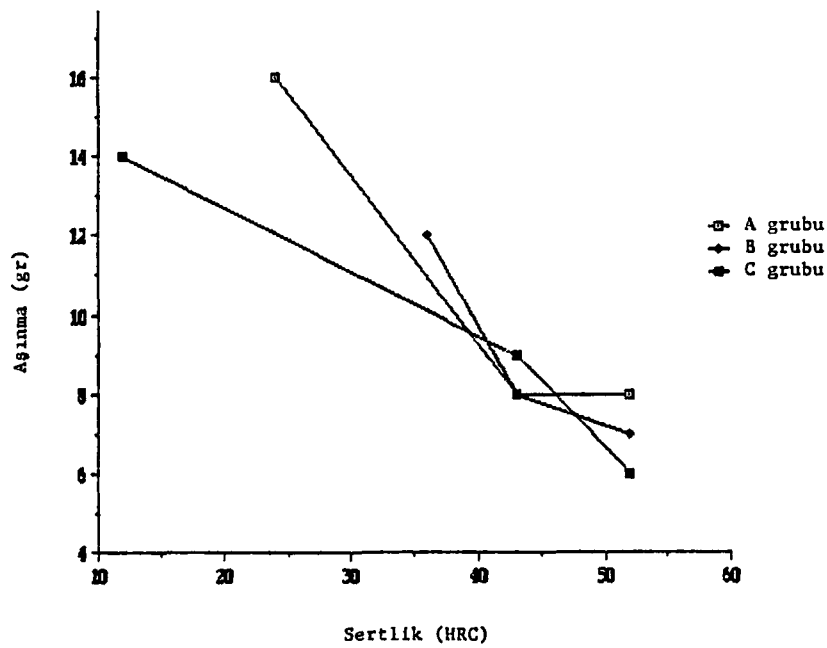
Numunenin Deneý Kodu		Numunelerin Deneý Konumlarına Göre Aşınma Deęerleri (gr)		
		Ön	Orta	Arka
A	A ₁	18	16	14
	A ₂	10	6	8
	A ₃	8	8	8
B	B ₁	14	12	10
	B ₂	10	6	8
	B ₃	8	6	6
C	C ₁	16	14	12
	C ₂	10	8	8
	C ₃	6	6	6

$P > 0,05$

Denemeye alınan farklı malzemelerden yapılmış, farklı sertlik değerlerindeki, A₁, B₁ ve C₁ uç demiri grupları ile 43 HRC sertlik değerindeki A₂, B₂, C₂ uç demiri grupları ve 52 HRC sertlik değerindeki A₃, B₃, C₃ uç demiri grupları arasında pullukta; önde, ortada ve arkada yer alışlarına göre, aşınma bakımından istatistiki olarak farklılık bulunmamıştır ($P > 0,05$).

Tablo 6'da verilen A, B ve C deney kodlu malzemelerden yapılmış tüm uç demiri gruplarında, ilk ve son ağırlıklar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Bunun yanında her malzeme için farklı sertlik değerlerindeki uç demirlerinde, sertlik arttıkça aşınmada giderek azalmaktadır. Sertlik ile aşınma arasındaki ilişki Şekil 18'de gösterilmiştir.

Sonuç olarak, farklı malzemelerden yapılmış ve farklı sertlik değerlerindeki uç demiri gruplarında aşınma pullukta yer alışlarına göre önden arkaya doğru azalan bir karakter göstermektedir. 43 HRC sertlik değerinde olan uç demiri gruplarında malzeme yönünden aşınmada farklılık görülmezken, yine uç demirlerinin pullukta yer alışlarına göre önde aşınma, orta ve arkaya göre daha fazla olmuştur. 52 HRC sertlik değerinde olan uç demiri gruplarında ise, uç demirleri pullukta yer alışlarına göre aşınmada farklılık göstermezken, malzeme bakımından farklılık ortaya koymuştur.



ŞEKİL 18. Denemeye Alınan Pulluk Uç Demiri Gruplarında Sertlikle Ortalama Aşınma Arasındaki İlişki

7. ÖZET

Farklı malzemelerden yapılan pulluk uç demirlerine uygulanan ısıt işlemler, aşınma direnci bakımından önem arz etmektedir. Bu nedenle, uç demiri yapımında kullanılan malzemeler üzerine farklı ısıt işlemler uygulanarak, aşınmaya olan etkileri araştırılmıştır.

Bu araştırmada, üç farklı malzemedan yapılmış pulluk uç demirleri, deney materyali olarak seçilmiştir.

Seçilen deney malzemelerinin kimyasal bileşimleri tesbit edilerek, her malzemenin özelliğine uygun ısıt işlemler tatbik edilmiştir. Ayrıca uygulanan ısıt işlemlerin ardından sertlik değerleri ölçülerek belirlenmiştir.

Yapılan tarla denemeleri sonunda elde edilen veriler üzerinde istatistiki değerlendirmeler yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Denemeye alınan uç demirlerinde sertliğin artması aşınmayı azaltmaktadır.
- Düşük sertlik değerlerindeki uç demirlerinde aşınma, pullukta yer alışlarına göre (önde-ortada-arkada) önden arkaya doğru azalan bir karakter göstermektedir.
- Denemeye alınan uç demirlerinde malzeme farklılığının aşınmaya etkisi belirli sertlik değerinden sonra (43 HRC) önemli bulunmuştur.
- 52 HRC sertlik değerindeki uç demirlerinde aşınma, pullukta yer alışlarına göre (önde-ortada-arkada) farklılık göstermemiştir.
- İmalatçı firmaların piyasaya arz ettikleri uç demirleri, malzeme yönünden uygun olmakla beraber, sertlik değerleri bakımından yetersiz bulunmuş; bundan ötürü aşınma fazla olmuştur.

- Pulluk uç demirlerinde aşınma dikkate alındığında, uç demirlerinin TS 1137'de belirtilen sertlik değerleri arasında imal edilmesinin uygunluğu ortaya çıkmaktadır.



8. SUMMARY

Heating processes applied to plow share made of different materials have an importance concerning with wear resistance. For this reason, by applying different heating processes to materials used for making plow share investigated effects on wear resistance.

In this investigation plow shares made of three different materials were chosen as the operating materials.

By being determined chemical compositions of materials being chosen, appropriate heating processes for the feature of per material were applied. Besides, by measuring the hardness values were determined after the heating processes were applied.

Statistical evaluations were done on the data obtained after the

LİTERATÜR LİSTESİ

1. ANGUS, H. T., 1979, The Significance of Hardness: Wear., 54, 33-78.
2. ANONYMOUS, 1964, T.S.E., Metalik Malzemelerin Sertlik Muayenesi: TS 140, Ankara.
3. ANONYMOUS, 1985, T.S.E., Uç Demirleri: TS 1137, Ankara.
4. ANONYMOUS, 1985, Erdemir Mamul Kataloğu: Ereğli.
5. ANONYMOUS, 1988, D.İ.E., Yıllığı, Ankara.
6. ASHOK, K. V., 1975, The Influence of Solid State Cohesion of Metals and Non Metals on the Magnitude of Their Abrasive Wear Resistance: Wear., 35, 205-209.
7. BAYDUR, G., 1979, Malzeme: M.E.B., Devlet Kitapları, Ankara.
8. GRÖNEGRESS, H. W., 1980, Alevde Sertleştirme: Çev. K. Deveci, 149, Öğretmen Kitapları, İstanbul.
9. HOWES, V. R., 1976, A Measurement of Surface Resistance to Damage: Wear., 39, 123-131.
10. HURRICKS, P. L., 1973, Some Metallurgical Factor Controlling the Adhesive and Abrasive Wear Resistance of Steels a Review: Wear., 26, 285-304.
11. JAHANMIR, S. ve ABRAHAMSON, E. P., 1976, Sliding Wear Resistance of Metallic Coated Surfaces: Wear., 40, 75-84.
12. KADAYIFÇILAR, S. ve YAVUZCAN, G., 1969, Ziraat Makinaları İşletmeciliği: A.Ü.Z.F. Yayınları, Ankara.
13. KANTARCI, M. S., 1982, Toprak İşleme Aletlerinde Aşınma: İ.T.Ü. Makina Fakültesi, İstanbul.
14. KARAMIŞ, M. K., 1985, Toprak İşleme Aletlerinde İş Organının Aşınmasının Etüdü: Doktora Tezi, E.Ü. Kayseri.
15. KEÇECİOĞLU, G. ve ULUSOY, E., 1975, Ege Bölgesinde Yapılan Bazı Pulluk Uç Demirleri Üzerinde Bir Araştırma: E.Ü.Z.F.

Yayınları, İzmir.

16. KIDDLE, F. P., 1983, Materials Technology for TEC. Level 2: Stanley Thornes Ltd., Cheltenham.
17. MOORE, M. A., 1975, Abrasive Wear by Soil: Tribology International Vol., 8, No: 3, 105-110.
18. MUTAF, E. ve ULUSOY, E., 1977, Toprak İşleme Aletlerinin İş Organlarında Kullanılan Bazı Çeliklerin Farklı Isıl İşlemlere Göre Laboratuvar ve Tarla Şartlarında Aşınma Dirençleri: T.B.T.A.K., T.O.A.G. Serisi, No: 61, Ankara.
19. MUTAF, E. ve UÇUCU, R., 1980, Tarımsal Mekanizasyon: E.Ü.Z.F. Ders Notları, No: 4-11, Bölüm 6, İzmir.
20. NOVITSKALA, A. A. S., 1959, Friction and Wear in Machinery: The American Society of Mechanical Engineering, Vol., 13, 3-16.
21. OĞUZ, B., 1976, Dolgu Kaynağı El Kitabı: Oerlikon, 25-67, İstanbul.
22. ÖNEL, K., 1982, Metallerde Isıl İşlemlere Giriş: E.Ü.M.F. Yayınları, No: 86, İzmir.
23. ÖZ, İ. H., 1977, Ziraat Makinaları: Cilt 1, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı: 1141, İstanbul.
24. RICHARDSON, R. C. D., 1969, The Wear of Metal Shares in Agricultural Soils: Ph. D. Thesis, London.
25. STAHLI, S. ve BEATLER, H., 1976, Evaluating Wearing Performance Under Abrasive and Adhesive Sliding by Means of Model Test: Sulzer Technical Review Vol., 58, 33-40.
26. STROPPEL, Th., 1961, Über die Güte, den Verschleiss und die Schneidform Fabrikneuer Pflugschare: Grundlagen der Landtechnik., H. 13, S. 35-43.
27. SUNGUR, N., 1974, Tarım Makinaları İşletme Tekniği: E.Ü.Z.F. Yayın No: 215. Bölüm 3-11, İzmir.

28. TEPLUKHIN, G. N., 1982, Metal Science and Heat Treatment: Vol., 24, No: 1-12.
29. ULUSOY, E., 1977, Bazı Toprak İşleme Alet ve Makinalarında İş Organlarının Aşınması Üzerinde Araştırmalar: E.Ü.Z.F. Doçentlik Tezi, İzmir.
30. WEISSBACH, W., 1967, Malzeme Bilgisi ve Muayenesi: Çev. S. Anık, İstanbul.
31. ZABLOTSKII, V. K. ve KLETS, Y. N., 1983, Metal Science and Heat Treatment: Vol., 25, No: 1-12.
32. ZHELOKHOVTSEVA, R. K. ve KHAVSKII, N. N., 1983, Metal Science and Heat Treatment: Vol., 25, No: 5-20.

ÖZGEÇMİŞ

1954 yılında, Mersinde doğdum. İlkokulu Tarsus'un Köselerli Köyünde, Ortaokulu ve Endüstri Meslek Lisesini Tarsusta bitirdim.

1974 yılında, Ankara Yüksek Teknik Öğretmen Okulu Makina Bölümüne kaydoldum. 1978 yılında, aynı okuldan mezun oldum. Mart 1979'dan Şubat 1986'ya kadar değişik yerlerdeki Teknik ve Endüstri Meslek Liselerinde, Meslek Dersleri Öğretmeni olarak, görev yaptım.

Şubat 1986'da S.Ü. Konya Meslek Yüksekokulu Makina Bölümüne Öğretim Görevlisi olarak atandım. Halen aynı okulda görev yapmaktayım.

Süleyman YALDIZ

T. G.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi