

**PULLUK UÇ DEMİRLERİNİN AŞINMAYA DAYANIMLARININ  
BELİRLENMESİ VE İYİLEŞTİRME İMKANLARI ÜZERİNDE  
ARAŞTIRMALAR**

34599

**DOKTORA TEZİ  
( MAKİNA EĞİTİMİ )**

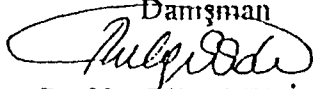
**Cemil ÇETİNKAYA**

**Haziran 1994**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Bu tezin Doktora Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım

Danışman  
  
Prof. Dr. Bilge ERDİLLER

**Sınav Jürisi**

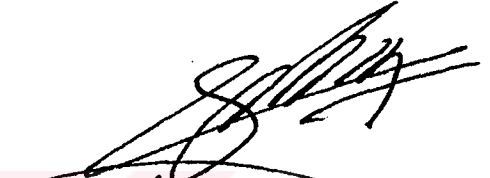




Başkan : Prof. Dr. Bahri GÖKÇEBAY

Üye : Prof. Dr. Bilge ERDİLLER

Üye : Doç. Dr. Muammer NALBANT

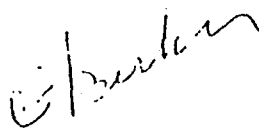
Üye : Doç. Dr. Sedat ÖZBİLEN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet TÜRKER

35

Bu Tez Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Esaslarına  
Uygundur.



## ÖZET

PULLUK UÇ DEMİRLERİNİN AŞINMAYA DAYANIMLARININ  
BELİRLENMESİ VE İYİLEŞTİRME İMKANLARI ÜZERİNDE  
ARAŞTIRMALAR

ÇETİNKAYA, Cemil

Doktora Tezi

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

1994

Bu çalışmada; pulluk uç demiri imalinde kullanılan malzemelere uygulanan ısı işlemlerin aşınma direncine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla TSE tarafından önerilen ve uç demiri yapımında kullanılan sade karbonlu çeliklere farklı ısı işlemler uygulanmıştır. Deneysel malzemeler optik mikroskop, tarama elektron mikroskobu ile incelenmiş ve ayrıca Rockwell sertlik ölçümleri ve yüzey aşınma direnç ölçümleri yapılmıştır.

Pulluk uç demirleri, tarla, kum ve kumda kaynaklı olmak üzere üç aşamada denenmiştir. Denemeler sonunda aşınma uç demirinin sertliğine bağlı olarak farklılık göstermiştir. En yumuşak (28 HRC) ve en sert (51 HRC) malzemeler en fazla aşınırken orta sertlikteki malzemeler (39 HRC) en az aşınma göstermiştir.

Pulluktaki konumlarına göre önden arkaya doğru aşınma azalırken dördüncü konumdaki uç demirinin birinciden az diğer ikisinden daha fazla aşındığı tesbit edilmiştir.

### III

## ABSTRACT

The Determination and Possibility of Improvement of Wear Resistance of Plow Iron

Cemil ÇETİNKAYA

P.h.D Thesis

Gazi University

Institute of Science and Technology

1994

In this study the effect of heat treatment on the wear resistance of plow iron materials was investigated. For this reason, different heat treatments were applied to the plain carbon steel which were suggested by TSE (Turkish Standards Institution) These experimental materials were examined under optical and scanning electron microscopes together with to Rockwell Hardness and surface wear resistance measurements.

The plow irons were tested without welding in arable field and sand pool and with welding only in sand pool. The results showed that wear resistance of plow iron was dependent on the hardness. While the softest (28 HRC) and the hardest (51 HRC) samples showed poor wear resistance, the sample with medium hardness (39 HRC) exhibited the best wear resistance.

While the wear resistance of plow irons was decreasing by moving from the front to the back it was noticed that plow iron in the forth position showed less wear resistance value than the first one and more than the other two.

## ÖNSÖZ

Toprak işleyici organlardaki aşınmadan dolayı her yıl binlerce ton çelik aşınarak toprağa karışarak birikmekte, dolayısıyla ülkemiz, milyarlarla ifade edilen ekonomik kayba uğramaktadır. Türkiye'de gerek tarım makinaları yapım sektörünün, gerekse bu makinaları kullanan tarım sektörünün özlenen seviyede olduğu söylenemez. Bu sebeple uç demiri imalatçısına temel bilgilerin yanında, uygulama konusunda da destek verilmesiyle, kişinin bilgi ve becerisinin artırılması, dolaylı olarak ülke ekonomisini olumlu yönde etkileyecektir.

Malzemedeki aşınma, daha çok pulluk uç demirlerinde meydana geldiği için, uygun malzeme seçimi yanında ısıtma işlemleri konusu da en az malzeme kadar önemli olmaktadır.

Aşınma, esas itibarıyla malzeme kalitesinin ve imal yönteminin bir fonksiyonu olmaktadır. Dolayısıyla, ileri teknoloji ile üretilen toprak işleme organları, daha uzun süre ekonomik olarak kullanılabilir. Toprak işleme organlarının üretiminde ve ısıtma işlemlerinde gösterilecek özen, bu emeğin kolayca geri ödenebileceği izlenimini vermektedir.

Günümüzde toprak işleyici organlardaki aşınma güncelliğini korumaktadır.

Ülkemizde uç demiri imalinde kullanılan yöntemler ve üretim kaliteleri, bu sorunun bir müddet daha gündemde kalacağını göstermektedir.

Bu araştırmada, değişik firmaların ürettiği bir kısım uç demirleri ile Fakültemizde imal edilen değişik sertliklerdeki uç demirlerinin aşınmaya dayanımları araştırılmış, uç demirleri yapımında kullanılacak malzeme seçimi ve sertlik değerleri belirlenmeye çalışılmıştır.



**TEŐEKKÖR**

Araştırma konusunun tespitinden itibaren değerli yardımlarını esirgemeyen danışman hocam, Sayın Prof. Dr. Bilge Erdiller'e ve araştırma süresince her türlü imkanı sağlayan TİGEM, TZDK, Polatlı Tarım İşletmesi Müdürlüğü Köyişleri Bakanlığı, Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi yönetici ve görevlileri ile yardımlarını esirgemeyen Fakültemiz akademik personeline saygı ve şükranlarını sunarım.

Ankara, Haziran 1994

Cemil ÇETİNKAYA

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No:</u>
ÖZET	II
ABSTRACT	III
ÖNSÖZ	IV
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER	VII
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	VIII
TABLoların LİSTESİ	IX
1.GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR ÖZETLERİ.....	4
3.MATERYAL VE METOD.....	33
3.1.Materyal.....	33
3.1.1.Uç Demirleri.....	33
3.1.2.Kum Havuzu.....	44
3.2.Metotlar.....	47
3.2.1.Aşınmanın Ölçülmesi.....	47
3.2.2.Aşınmanın Görüntülenmesi.....	48
3.2.3.Toprak Tekstürü ve Nem Tayini.....	49
3.2.4.Değerlendirme Metotları.....	49
4.DENEYSEL SONUÇLAR.....	50
4.1.Tarla Aşınma Deneme Sonuçları.....	50
4.1.1.A,B,C,D Deney Kodlu Uç Demirlerinin Aşınma Denemeleri.....	50
4.1.2.E,F,G,H,K,L Deney Kodlu Uç Demirlerinin Aşınma Denemeleri.....	58
4.1.3.A,B,C,D,E,F,G,H,K,L Uç Demirlerinin Gövdeleri Arasındaki Aşınma İlişkileri .....	68
4.2.Isıl İşlem Uygulanmayan (B,D)Uç Demirleri ile Isıl İşlem Uygulanan (E,G,K,L)Uç Demirlerinin Kum Havuzu Deneme Sonuçları.....	74
4.2.1.Kesici Ağızlarına Kaynak Çekilen ve Isıl İşlem Uygulanmayan (B,D) Uç Demirleri ile Isıl İşlem Uygulanan (E,G,K,L)Uç Demirlerinin Kum Havuzu Aşınma Sonuçları.....	80
4.3.Tarla ve Kum Havuzunda Denenen Uç Demirleri Aşınmaları Arasındaki İlişkiler.....	84
5.TARTIŞMA.....	88
6.SONUÇ.....	94
7.ÖNERİLER.....	95
8.KAYNAKLAR.....	97
9.ÖZGEÇMİŞ.....	102

## VIII

### ŞEKİLLERİN LİSTESİ

<u>Şekil No:</u>	<u>Şekil Adı</u>	<u>Sayfa No:</u>
Şekil 2.1	Toprak bünye sınıflarının saptanmasında kullanılan bünye üçgeni.....	5
Şekil 2.2.	Farklı Kesitlerdeki uç demirlerinde keskinliğin korunabilme sınırı .....	31
Şekil 3.1.	Fakültede yapılan prototip destek burunlu uç demiri..	33
Şekil 3.2.	Polatlı tarım işletmesi haritası.....	43
Şekil 3.3.	Kum havuzu kroki resmi.....	45
Şekil 3.4.	Kum havuzundaki pulluk sistemi.....	46
Şekil 4.1.	Tarla şartlarında A,B,C,D uç demirlerinin 1.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi.....	51
Şekil 4.2.	Tarla şartlarında A,B,C,D uç demirlerinin 2.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi.....	52
Şekil 4.3.	Tarla şartlarında A,B,C,D uç demirlerinin 3.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi.....	53
Şekil 4.4.	Tarla şartlarında A,B,C,D uç demirlerinin 4.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi.....	54
Şekil 4.5.	Tarla şartlarında A,B,C,D uç demirlerinin 1-2-3 ve 4.gövdeleri arasındaki sertlik-aşınma ilişkisi.....	55
Şekil 4.6	Tarla şartlarında A,B,C,D uç demirlerinin 1-2-3 ve	

4.gövde ortalamaları arasındaki sertlik-aşınma ilişkisi.....	56
Şekil 4.7. Tarla şartlarında A,B,C,D uç demirlerinin gövde konumu-aşınma arasındaki ilişkisi.....	57
Şekil 4.8. Tarla şartlarında E,F,G,H,K,L uç demirlerinin 1.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi.....	60
Şekil 4.9. Tarla şartlarında E,F,G,H,K,L uç demirlerinin 2.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi.....	61
Şekil 4.10. Tarla şartlarında E,F,G,H,K,L uç demirlerinin 3.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi.....	62
Şekil 4.11. Tarla şartlarında E,F,G,H,K,L uç demirlerinin 4.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi.....	63
Şekil 4.12. Tarla şartlarında E,F,G,H,K,L uç demirlerinin 1-2-3 ve 4.gövdeleri arasındaki sertlik-aşınma ilişkisi.	64
Şekil 4.13. Tarla şartlarında E,F,G,H,K,L uç demirlerinin 1-2-3 ve 4.gövde ortalamaları arasındaki sertlik-aşınma ilişkisi.....	65
Şekil 4.14. Tarla şartlarında E,F,G,H,K,L uç demirlerinin gövde konumu-aşınma arasındaki ilişkisi.....	66
Şekil 4.15. E uç demirinin (39 HRC) optik mikroskopta çekilen mikro fotoğrafı (Nital x 375).....	67
Şekil 4.16. Kumda denenen E uç demirinin (39 HRC)	

tarama elektron mikroskobunda çekilen yüzey aşınım mikro fotoğrafı.....	67
Şekil 4.17. Tarla şartlarında A,B,C,D,E,F,G,H,K,L uç demirlerinin 1.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi.....	68
Şekil 4.18. Tarla şartlarında A,B,C,D,E,F,G,H,K,L uç demirlerinin 2.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi.....	69
Şekil 4.19. Tarla şartlarında A,B,C,D,E,F,G,H,K,L uç demirlerinin 3.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi.....	70
Şekil 4.20. Tarla şartlarında A,B,C,D,E,F,G,H,K,L uç demirlerinin 4.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi.....	71
Şekil 4.21. Tarla şartlarında A,B,C,D,E,F,G,H,K,L uç demirlerinin 1-2-3 ve 4.gövdeleri arasındaki sertlik-aşınma ilişkisi.....	72
Şekil 4.22. Tarla şartlarında A,B,C,D,E,F,G,H,K,L uç demirlerinin 1-2-3 ve 4.gövde ortalamaları arasındaki sertlik-aşınma ilişkisi.....	73
Şekil 4.23. B uç demirinin (28 HRC) optik mikroskopta çekilen mikro fotoğrafı (Nital x375).....	76
Şekil 4.24. Kumda denenmiş B uç demirinin (28 HRC) tarama elektron mikroskobunda çekilen yüzey aşınım mikro fotoğrafı.....	76
Şekil 4.25. L uç demirinin (44 HRC) optik mikroskopta çekilen mikro fotoğrafı (Pikral x 375).....	77

Şekil 4.26. Kumda denen L uç demirinin (44 HRC) tarama elektron mikroskobunda çekilen yüzey aşınım mikro fotoğrafı.....	77
Şekil 4.27. K uç demirinin (51 HRC) optik mikroskopta çekilen mikro fotoğrafı pikral x 375.....	78
Şekil 4.28. Kumda denen K uç demirinin (51 HRC) tarama elektron mikroskobunda çekilen yüzey aşınım mikro fotoğrafı.....	78
Şekil 4.29. Kum havuzu şartlarında B,D,E,G,K,L uç demirlerinde sertlik-aşınma ilişkisi.....	79
Şekil 4.30. (61 HRC) sertliğindeki Abrasodur-43 dolgu elektrodu ile kaynatılan uç demirinin optik mikroskopta çekilen mikro fotoğrafı Nital x 375.....	81
Şekil 4.31. Kum havuzunda denen (61 HRC) sertliğindeki Abrasodur-43 dolgu elektrodu ile kaynatılan uç demirinin tarama elektron mikroskobunda çekilen yüzey aşınım mikro fotoğrafı.....	81
Şekil 4.32 Kaynak işlemine tabi tutulan ve kum havuzu şartlarında denen B,D,E,G,K,L uç demirlerinin sertlik-aşınma ilişkisi.....	82
Şekil 4.33. Kum havuzu şartlarında denen uç demirlerinde meydana gelen aşınmanın tarla şartlarında denen uç demirlerinde meydana gelen aşınmaya oranı....	86

## TABLOLARIN LİSTESİ

<u>Tablo No:</u> <u>Tablo Adı</u> _____	<u>Sayfa No:</u>
Tablo 3.1. Denemeye alınan pulluk uç demirlerinin tipleri ve ortalama ağırlıkları.....	34
Tablo 3.2. Denemeye alınan uç demirlerinin kimyasal bileşimi..	34
Tablo 3.3. Denemeye alınan uç demirlerine islah amacıyla uygulanan ısı işlemler.....	38
Tablo 4.1. A.B.C.D uç demirlerine ilişkin aşınma sonuçları.....	50
Tablo 4.2. E,F,G,H,K,L uç demirlerine ilişkin aşınma sonuçları.....	59
Tablo 4.3. B-D uç demirlerinin kum havuzu deneme sonuçları..	74
Tablo 4.4. E,G,K,L uç demirlerinin kum havuzu deneme sonuçları.....	75
Tablo 4.5. Kesici ağızlarına kaynak çekilen B-D uç demirlerinin kum havuzu deneme sonuçları.....	83
Tablo 4.6. Kesici ağızlarına kaynak çekilen E,G,K,L uç demirlerinin kum havuzu deneme sonuçları.....	83
Tablo 4.7 Uç demiri aşınması değerlerinin bir faktörlü tesadüf blokları deneme desenine göre yapılan varyans analizi.....	87

Tablo 4.8 Farklı sertliklere sahip pulluk uç demirleriyle toprak  
işlemede uç demiri konumları ve sertliklere göre  
aşınma ortalama değerleri.....

87



## GİRİŞ

İnsanlık tarihi kadar eski olan toprak işleme aletleri, toprağı keserek kabartan basit bir alet olmaktan çıkıp, işlenen toprak şeridini alt üst edecek şekilde yapılmaya başlandığında, toprak işleyici organlarının toprağı batmasının yanında tutunma ve kesme yeteneklerini geliştirme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. En kullanışlı toprak işleme aletlerinin elde edilebilmesi için yapılan çalışmalar sonunda önceleri sadece toprağı yırtan ve bir kama özelliğinde olan işleyici organ, zamanla toprağı devirebilen bir kulağı dönüşmüştür. Daha sonra bununla da yetinilmeyip devrilecek toprak şeridinin alttan kesilmesi için ayrı bir organ olan bugün de kullanılan pulluk uç demiri geliştirilmiştir (22).

Tarım ürünlerinin daha kaliteli üretimi optimum şartlara bağlıdır. Bu şartlar içerisinde en önemli yeri toprak almaktadır. Tarla şartları optimum seviyede değişmez kabul edilirse, işleme kalitesini etkileyen faktörlerin başında aletin konstrüksiyonu gelir. Herhangi bir toprak işleme aletinin ekonomik kullanım ömrü süresince şeklini ilk halinde olduğu gibi koruması mümkün değildir. Tarımda kullanılan alet ve ekipmanların ömrü geniş oranda imalatında kullanılan malzemenin kalitesine, bakım ve onarım etkinliği ile kullanım şartlarına göre değişmektedir (46).

Toprak işlemede ana problemleri ortaya koymak oldukça zordur. Bilhassa bu problemlerin toplu olarak genel şartlar altında çözülmesi imkansızdır. Toprakların farklılığı ve çevre şartlarına bağlılığından dolayı görünüşte birbirine yakın ortamlarda dahi genellikle farklı sonuçlar ortaya çıkar. Çok değişken yönüyle tarla toprağı, Hook kanununa bağlı olan makina inşaat malzemelerinden tamamen farklıdır. Zemin meka-

niği tatbikatında basınç zorlamalarına maruz bırakılan toprak, belirli fiziksel kurallara göre Şekil deđiŐtirmektedir; fakat tarla toprağının iŐlenmesinde bu fiziksel kuralları tesbit etmek oldukça zordur (47).

Toprak işleyici organlarda malzeme seçimi, imalat teknikleri ve ısıl işlemleri birbirleriyle yakından ilgilidir. Seçimi uygun olmayan malzeme, üretim teknikleri ve kullanımı toprak işlemede problemler ortaya çıkaracaktır. Anız bozumunda kullanılan pulluk uç demirlerinin keskin kenarlarından 2 mm aşınarak kısılması, çeki direncinin % 15-24 oranında artmasına sebep olur (4,48). Keskinliğini kaybeden uç demiri toprağı kesmeyip sadece öteleme hareketi yapacağı için pulluk çizi tabanı oluşumunu hızlandırır. Toprağın sıkışması bitki yetiŐtirilmesi yönünden önemli toprak özelliklerini etkileyerek verimi azaltır (12).

Pulluk uç demirinin toprak Şeridini tabana paralel kesmesi gerekir. Bu kesim iÇi için toplam çeki kuvvetinin % 50'si harcanmaktadır. Konunun önemi dikkate alınarak uç demirinin imalatına gerekli hassasiyet gösterilmelidir (2).

Keçecioğlu ve Ulusoy, tarla Şartlarında yaptıkları bir araştırmada, pulluk uç demirleri için 150 g/ha, tırmık diŐleri için 135 g/ha ve kültüvatör kaz ayağı için 90 g/ha'lık aşınmalar belirlemişlerdir (22).

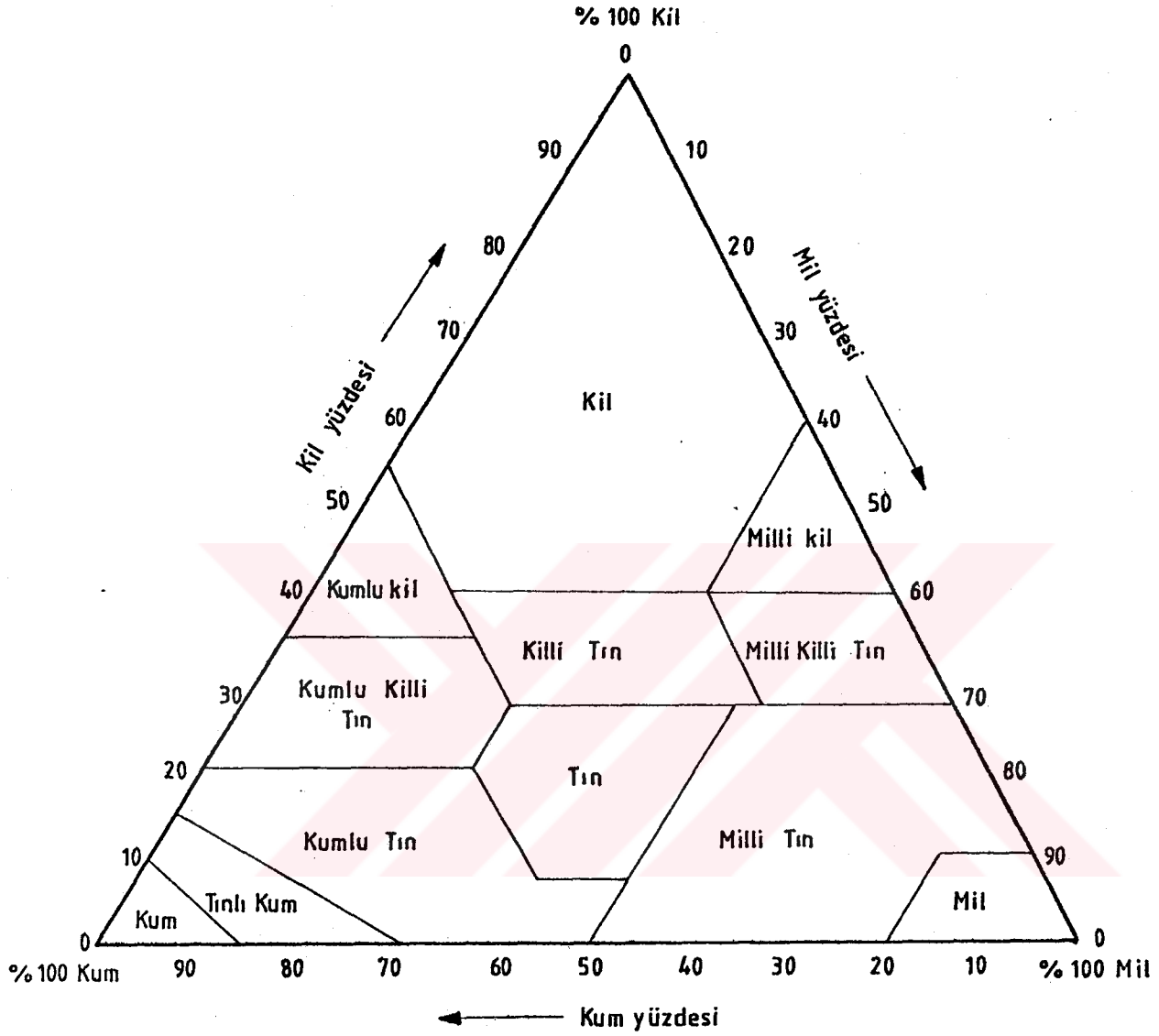
1992 yılı itibariyle Türkiye'de, 855369 pulluk, 581727 tırmık, 17567 freze, 293206 kültüvatör'ün bulunduğu dikkate alındığında, aşınmanın ne oranda önemli olduğu ortaya çıkmaktadır (49).

Yapılan bu deneysel çalışmada, sadece pulluk uçdemirlerinin aşınma miktarları üzerinde durulmuş ve uç demiri sertliği-aşınma ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır.



## 2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Toprak tarımın temelidir (1). Tarım, toprağı işlemekle başlar (2). Toprak, Akalan tarafından "Arzın dışını ince bir tabaka halinde kaplayan, kayaların ve organik maddelerin türlü ayrışma ürünlerinin karışımından meydana gelen, içerisinde ve üzerinde geniş bir canlılar alemi barındıran, bitkilere durak yeri ve besin kaynağı olan, belli oranlarda su ve hava kapsayan üç boyutlu bir varlıktır" şeklinde tanımlanmıştır (3). Toprak, karmaşık bir mekanik sistemdir. Toprak taneleri, bireysel mineral parçacıklardan ibaret primer taneler ve bu tanelerin çeşitli bağlayıcı araçlarla bağlanması ile oluşan kümeler, yani sekonder taneler halinde bulunurlar (3). Toprağı oluşturan 2 mm den daha büyük taneler çakıl veya taş olarak adlandırılırlar. Bunlar tarımsal yönden etken değildir ve tane analizi büyüklüğüne dahil edilmezler (3). Toprağı oluşturan kum, mil, kil yüzdesi, toprak bünyesi (tekstür) olarak adlandırılır. Uluslararası Toprak Cemiyetince kabul edilen ve toprak bünye sınıflarının belirlenmesinde kullanılan bünye üçgeni Şekil 2.1 de gösterilmiştir. Aynı şekilde, söz gelimi % 40 kum, % 40 mil ve % 20 kil kapsayan bir toprağın bünye sınıfı yapılan çizimlerle "Tın" olarak belirlenmiştir (3).



Şekil 2.1 Toprak bünye sınıflarının saptanmasında kullanılan bünye üçgeni (3).

Toprak, içindeki taneciklerin büyüklüğüne göre de sınıflandırılmaktadır. % 60'ı 10  $\mu$ 'dan küçük tanecikler ihtiva eden toprak killi, bu büyüklükteki tanecik oranı, % 10 olan toprak kumlu, % 10-60 olan toprak tınlı toprak olarak tanımlanmaktadır (4). Toprakda bir miktar su ile birlikte çok sayıda mikroorganizmalar da bulunmaktadır.

Toprak, bitkisel üretim için, işlenmek zorundadır. Toprağın havalandırılması, kapilaritenin kırılarak toprak suyunun muhafazası, organik ve inorganik madde ve katıkların karıştırılması, yabancı otların temizlenmesi, kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar için uygun ortam hazırlanması ve tohum yatağının oluşturulması, toprak işlemenin amaçları içinde yer almaktadır.

Arka arkaya yapılan toprak işleme, toprağın doğal olarak oturmasını ve sağlam strüktürlü bir toprak bünyesinin oluşumunu engellemektedir. Oluşturulan yeni konstrüksiyonlarla, toprakta çekilen aletlerin yerini, dönen ya da titreşim yapan aletler önemli ölçüde almıştır. Toprak işleme, tohum yatağı hazırlama, eleme hatta gübreleme gibi işler, minimum toprak işleme yöntemleriyle bir geçişte gerçekleştirilebilmektedir. Ancak, pulluğun yarattığı etkiyi, başka bir aletin yaratamaması, minimum toprak işleme yöntemleri arasında daha çok toprağın pullukla işlenmesinden sonra kullanılan yöntemlerin yaygın olarak uygulamada yer almasına neden olmuştur. Direk ekim olanağı olan koşullarda bile pulluktan tam olarak vazgeçilememektedir (5).

Çeşitli toprak, iklim ve bitki şartları için çok çeşitli toprak işleme aletleri geliştirilmiştir. Bu aletler genelde aşağıdaki gibi toplanabilmektedir (6).

### Toprağı Süren Aletler

1- Kulaklı pulluklar

2- Diskli pulluklar

3- Dipkazanlar,

Tohum yatağı hazırlayan aletler,

1- Kltvatrler

2- Trmiklar

3- Diskarolar

4- Kaz ayakları

5- Merdaneler

6- Tarla sürgüleri

7- Toprak frezeleri

Tohum ekiminden sonra toprak işleyen aletler,

1- Traktör apaları.

Bu aletlerin tümü farklı amaçlarla kullanılan ancak toprak ile sürtünerek çalışan organlara sahiptir. Toprak işlemede, alet-toprak sürtünmesi önemli ve karmaşık bir konudur.

Nem faktörünün etkisi, deneme sırasında açık olarak ortaya çıkmamakla birlikte, malzeme yumuşadıkça, tane iriliği arttığa ve yüklenme fazlalaştığa % 10 nem oranında aşınmanın arttığı fark edilmektedir. Nem, aşınmayı olumlu ve olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Belirli bir orana kadar suyun korozyonu hızlandırıcı etkisiyle aşınma artışına yardımcı olduğu, daha sonra ise yağlama tesirinin ön plana geçerek

aşınmayı azalttığı ileri sürülmektedir (7).

Bugüne kadar yapılan çok sayıda araştırma ile, toprağın işleme aletlerine karşı göstermiş olduğu direnç, toprak tanecikleri arasındaki kohezyonu ve normal basıncı, işleyici organla toprak arasındaki adezyonu ve yer çekimini yenmek, toprak taneciklerini hareket ettirebilmek için kullanılan enerjinin karşılığına çeki direnci kuvveti denir ve traktör tarafından üretilen çeki kuvvetiyle dengelenir (8).

Toprak işleme aletlerinin kullanılması sırasında aletin iş organıyla toprak arasında bir sürtünme söz konusudur. Bu sürtünme toprağın direncine sıkı sıkıya bağlıdır. Gevşek topraklarda, toprak direnci az, yani tanecikler arası kohezif kuvvetler zayıf demektir. Ağır topraklardaki kohezif kuvvetler toprak direncini artırmaktadır (7).

Toprak; aralarındaki boşluğu, değişik oranlardaki su ve havanın doldurduğu, katı tanelerden meydana gelen karışık bir malzemedir. Coulomb, toprağın mekanik özelliklerini tanımlamak istemiş ve bunun için toprağı, katı, kırılğan ve sürtünmeli bir ortam gibi kabul etmiştir. Toprağın dayanabileceği maksimum kesme gerilmesini veren Coulomb katsayıları, boşluk hacmi, nem miktarı gibi toprağın değişen şartlarının etkisi altındadır (9).

Toprak işleme aletleriyle toprağın sürtünme katsayısı taneciklerin iç sürtünmesi, aletin şekli ve toprağa uyguladığı basınçla etkilenir. Çünkü toprak,

sıkıştırabilir (gevşek) veya sıkıştırılmaz (ağır) durumda olabilir. Gevşek topraklarda çalışan organlar, ağır topraklara göre daha az dirençle karşılaşılır, daha kolay çekilirler ve daha az aşınırlar (10).

Toprak işleme aletlerinde, aşınma önemli bir olaydır. İleri derecede aşınma, önce konstrüksiyonu ve ardı sıra fonksiyonu bozabilmektedir. Pulluklar için zorunlu olan bazı ayarların doğru yapılması, bu güç çalışma ortamının oluşturduğu sakıncaların yok edilmesi için gereklidir. Belirli bir toprak işleme periyodunda bir pulluk üzerinde bazı ayarlar günlük olarak yapılmalıdır. Pulluk ayarlarının yanlış yapılması halinde, düzensiz ve kötü çalışmanın sonucunda, uç demirlerinin aşınıp yıpranmasına neden olur (11). Aşınma, çeki kuvvetinin de artmasına yol açabilmektedir. Ulusoy, pulluk uç demirlerinin aşınması ile gerekli çeki kuvvetinin % 30 kadar arttığını, Eichler'e atfen bildirmektedir. Bu artış yeni uç demirinin kullanıma alındığından itibaren ilk 5-10 dekar içinde fark edilmektedir. Toprak neminin de aşınma üzerinde etkin olduğu deneysel olarak kanıtlanmıştır. Buna göre kumlu-tınlı bir toprakla kullanılan uç demirinin ömürü % 6-7 nem için 4 acre, % 12-13 nem için 6 acre ve % 16-18 nem için 16 acre olarak bulunmuştur (12)

Değişik yönleriyle kısaca tanımlanmaya çalışılan aşınma esas itibariyle dört tipe indirgenerek incelenmektedir. Bunlar, adhesif aşınma, abrasif aşınma, yorulma aşınması, korozif aşınma olarak sıralanabilmektedir. DIN 50320 de "Teknik anlamda aşınma, cisimlerin yüzeylerinde, mekanik etkenlerle (mekanik bir sebep veya mekanik bir enerji verilmesi sonucu) mikro taneciklerin kopup ayrılması nedeniyle, istenmeyen bir şekil değişikliğinin meydana gelmesi" şeklinde ifade edilmiştir. Yapılan bu tanım için ek bazı açıklamalara gerek duyularak, mekanik etkenlerin, (korozyon, kimyasal ve

elektrokimyasal) aşınmadan farklı olduğu, mikrotanecik kopmasının, aşınma dışında meydana gelecek fiziki sebeplerle (plastik şekil değiştirmeler, kırılmalar, v.b.) malzeme yüzeyinden parçacıkların veya tabakaların ayrılmasından farklı olduğu ve istenmeyen sözcüğü ile de talaş kaldırarak işleme, eğeleme, altıştırma v.b. işlemlerin isteyerek yapıldığı ve kapsam dışında olduğu vurgulanmaktadır. Karamuş, dört ayrı tanımı atfen verdikten sonra her bir tanımın mutlaka ancak ek açıklamalarla anlam kazandığını belirtmektedir (4).

Adhesif aşınma, moleküller kuvvetlerin etkisi altındaki temas yüzeylerinde oluşan bölgesel kaynak bağlarının kırılması suretiyle meydana gelir (13-14). Bu aşınmada bir malzemeden diğerine malzeme taşınması söz konusu olmaktadır.

Abrasif aşınma; uygulanan yük ve hareketin etkisiyle, sürtünen iki cisimden daha sert olanın, pürüzleri veya taneleri vasıtasıyla diğerini çizerek üzerinden mikrotalaş kaldırması olayıdır. Abrasif aşınma iki veya üç cisimli olabilmektedir. Üç cisimli aşınmada iki yüzey arasında toz ve kum taneciklerinin girerek bunların öğütülmesi söz konusudur (12).

Metallerin abrasif aşınma dirençleri belirtmek için objektif bir birim olmamakla birlikte, zahiri temas yüzeyi gerilimi altında olan H sertliğindeki bir metalin R aşınma direnci ile bir referans metalin aşınma direnci arasında

$$\frac{R}{R_{ef}} = a \frac{H}{G} \quad \text{bağıntısının olduğu ileri sürülmektedir (12).}$$

Abrasif aşınmada pürüz ve tanelerin geometrisi ve büyüklükleri önemli olmaktadır (12,4). Ulusoy, büyük ve küçük tanecikler için açılan aşınma izlerinin hacimlerini

hesaplamıştır. Üç cisimli aşınma aradaki cisimlerin yuvarlanması sonucu, iki cisimli aşınmaya oranla daha azdır (12). Karamış (4) basit abrasif aşınma hacmi için

$$V = k \frac{L \cdot F_n}{G_a} \quad \text{eşitliğini önermiştir.}$$

Eşitlikte  $k$  : Aşınma katsayısı

$L$ : Sürtünme yolu

$F_n$ : Normal yük

$G_a$ : Akma gerilmesi dir

Abrasifin sertliği, aşınmanın şekil ve miktarını belirleyen önemli bir faktördür. Fakat işletme sırasında toprak tanelerinin iş organın aşınmasına etkilerini ölçmek zordur. Topraktaki ana aşındırıcı malzemeler; quartz, flint veya çakmak taşı gibi değişik silikatlardır (15).

Richardson (15)'un yaptığı laboratuvar deney neticelerine göre (H) malzeme sertliğinin, (Ha) abrasif sertliğine oranı yaklaşık 0,85 i geçtiği zaman malzemenin aşınma hacmi hızlı olarak azalır. Fakat  $H/H_a=1$  iken abrasifler aşınma malzemesini sürekli çizerler. Aşınan malzemenin ve abrasifin akma mukavemetleri eşit olursa çizilme olmaz.

Toprak işleme aletlerindeki iş organının malzemesi, imalattan önce konstrüktörler tarafından tayin edilmelidir. Bu malzeme çalışma şartlarına bağlı olarak bazı özellikleri taşımak zorundadır. Bu özelliklerin başında, kullanıcı bakımından malzemenin aşınmaya karşı direnci, imalatçı açısından ise kolaylıkla şekil verilebilme imkanı gelir. Bu bakımdan iş organları için en uygun malzeme sertleşebilen çeliklerdir.

Çünkü normalize halde kolaylıkla şekillendirildikten sonra ısıl işlem yardımı ile sertleştirilip aşınmaya karşı direnci arttırılabilir (16). Çeliklerin sertleşebilme kabiliyeti, içerdikleri karbon miktarıyla yakından ilgilidir (17). Bir çeliğin ısıl işlem yardımı ile sertleştirilebilmesi için asgari bir değerin üzerinde karbon içermesi ( % 0,30 ) gereklidir. % 0,60'dan fazla karbon içeren çeliklerde, ısıl işlem sonucu bir sertlik artması görülemez (4).

Ulusoy (12)'un yaptığı araştırmalara göre, yurdumuzdaki tarım alet ve makinesi imal eden kuruluşlardan pek çoğu uygun malzeme seçmelerine rağmen, malzemenin ısıl işlem kapasitesinden tamamen yararlanamamaktadırlar. Bunun sebebi yeterli bilgiye sahip olmama yanında, imalat masrafını düşürerek fazla kar etme gayesidir.

İş organı yapımında kullanılan malzemenin kolay temin edilebilir ve kolay şekillendirilebilir cinsten olması gereklidir. Bu tür malzemelerin sertleşebilirlik özelliği yanında, özellikle sertleşmeden sonra tokluk özelliğinin iyi olması gerekir. Genellikle sertleştirilen çeliklerin tokluk özellikleri kötüleşir (18-19). İşte amaca en uygun malzemenin temini burada önem taşımaktadır. Daha doğrusu bütün bu özellikleri kendinde toplayan ideal bir malzeme bulmak mümkün olmamakla beraber hiç olmazsa optimum çözümü gerçekleştiren malzeme temini ve bu malzemedен iş organı imali şarttır. Toprak işleme aletleri iş organının imalinde, orta karbonlu (% 0,32- 0,45 C) çeliklerin kullanılmasının uygun olacağı bildirilmektedir (20). Öte yandan alaşım elemanlarının çeliğin aşınma direncini arttırdığı bilinmekle beraber, çelik içinde yeterli miktarda karbon bulunmadığı zaman alaşım elemanlarının aşınma direncini arttırmada etkileri şiddetli değildir. Ayrıca iş organı malzemesinde alaşım elemanı miktarı arttıkça maliyet yükselmektedir. Netice olarak işleme aletleri iş organlarının malzemesi, imalat

esnasında kolaylıkla şekil alabilen, sonra sertleştirilerek aşınma direnci arttırılabilen ve darbeler neticesi kolaylıkla kırılmayan türde bir malzeme olmalıdır (4).

Toprakta çalışan aletlerin şekli uzun tecrübe ve deneylerin neticesinde tesbit edilmiştir. Richardson (15)'un tesbitlerine göre, kesit alanı (projeksiyon alanı) büyümesiyle aşınma da artmaktadır. Dikdörtgen kesitli kesme ağızlarının daha az aşındığı, ince uzun kesme kenarları olan iş organlarında lineer aşınma, küt ve kalın kenarlı iş organlarında ağırlık aşınması söz konusu olmaktadır.

Toprağın kendisine dalan cisme karşı gösterdiği direnç (4) toprak direnci olarak nitelenmektedir (21). Toprak işleme sırasında iş organı toprak içine belirli derinlikte dalmakta ve toprağı işlemektedir. Toprağın işlenmesi sırasında, toprak taneleri arasındaki kohezyonun ve iş organı ile toprak arasındaki adezyonun yenilmesi gerekir (10).

Yapılan istatistik analizler sonucunda, aşınma miktarının, çalışma derinliği artışıyla exponansiyel olarak arttığı tesbit edilmiştir. Hız ve çalışma derinliğinin birlikte artmaları, aşınmayı belli bir oranda hızlandırmaktadır. Yani bu birlikte artış, aşınmayı artırmada, tek tek artışa nazaran daha etkili olmaktadır. Ancak çalışma derinliğinin tek başına artması durumunda, hıza göre, aşınma daha fazla etkilenmektedir. Aşındırıcı tanelerinin boyutundaki artış aşınmayı hızlandırmakta, fakat belli bir değerden sonra aşınma, yavaşlıyarak artmaktadır (4).

Toprak cinsi, çeki kuvvetini en fazla etkileyen faktördür. Ağır veya gevşek

topraklarda çeki kuvveti de farklıdır. İşlenen yerin kesit alanının birim değeri başına kg cinsinden ifade edilen özgül direnç, toprağın ağır olması halinde büyük, hafif topraklarda ise daha düşük değerlerdedir (1). Hafif topraklarda özgül çeki direnci, 20-30 kg/dm<sup>2</sup>, ağır topraklarda ise 45-85 kg/dm<sup>2</sup> arasındadır (1).

Çeki kuvvetlerini arttıran toprak direnci, aşınmayı da arttıracaktır. Çünkü özgül direncin yani kuvvetin artmasıyla iş organı yüzeyine gelecek basınç fazla olacak dolayısıyla hıza da bağlı olarak aşınma artacaktır. Bunun tersini söylemekte mümkündür. Aşınmanın artmasıyla çeki direncide artar (20).

Pulluk uç demirinin kullanım ömrü, genellikle aşınmaya karşı gösterdiği dirençle doğru orantılıdır. Uç demirleri belirli bir değere kadar aşındıktan sonra çalışma fonksiyonlarını eskisi gibi yerine getiremez olduklarından, dövülerek belli bir birim kadar yayılma sağlanarak tekrar kullanılmaya başlanır. Bu işleme uç demirinin kullanım ömrü boyunca devam edilir. Ancak belirli bir kayıptan sonra yapılacak tamirle kullanılabilir hale getirilemediği için hurdaya ayrılır. Genellikle malzeme sertliği arttıkça, aşınma dayanımı da artmaktadır. Ancak bu özellik kesin bir kurala bağlı olmayıp diğer faktörlere göre değişmektedir (22).

Uç demirinin keskinliğinin uzun süre korunabilmesi, sadece aşınmaya karşı dayanımı yüksek malzeme seçimi yapılarak sağlanamaz. Malzemenin aşınma direnci ne kadar fazla olursa olsun, ince ve keskin kenarlar daha kısa bir zaman aralığında aşınmaktadır. Sertlik ile ortalama aşınma arasında bir ilişki söz konusudur. Aşınma ister ağırlık cinsinden isterse alan cinsinden belirlensin genel davranış

değişmemektedir. Araştırmada, incelenen en sert uç demirinin beklenenden fazla aşındığı belirlenmiştir (22).

Aşınmaya maruz kalan malzemelerin hacimsel sertliklerinin artırılması yanında, yüzeysel sertlik artırma işlemleri, çok karşılaşılan bir uygulamadır. Bazı malzemenin yüzey sertlikleri, ısıl işlemlerle veya yüzeye daha sert bir tabakanın kaplanması ile artırılabilir. Bu uygulamalarla, malzemenin yüzey sertliği artırılırken, iç kısmı sünek kaldığından darbeli zorlamalara karşı önemli bir üstünlük elde edilir (9).

Sertliğin mutlak etkisi, yumuşak malzemede ve aşırı yüklenmede daha belirgin hale gelmektedir. Aşınma, mutlak değer olarak değil de yüzde ile ifade edilirse, sertlik farkının etkisi, düşük yüklenmelerde daha açık bir biçimde görülecektir. Kuramsal olarak, sertlik artışı ile aşınmada azalma beklenmemekle beraber, 38 Si 6 çeliğinde sertlik artışı ile aşınma azalmaktadır (23).

Yorulma (pitting) aşınması, tekrarlanan zorlamalar altında ve zamanla meydana gelmektedir. Bu aşınma tipine daha çok dişli çarklarda, rulmanlarda ve kam mekanizması gibi yuvarlanma yapan elemanlarda rastlanır (13).

Titreşimli küçük kayma hızlarında sürtünme yüzeyleri arasında bir dizi olaydan sonra oksit filmi oluşur. Bu oluşum sürtünme ile hızlanır. Malzeme yüzeyinde oluşan bir tabaka, ana malzemenin aşınmaya karşı olan direncini önemli ölçüde değiştirir. Birçok hallerde çok zararlı olabilen adhesif aşınmaya, reaksiyon tabakası oluşturmak suretiyle engel olunmaya çalışılır. Ancak oluşturulan bu tabaka sürtünme ile parçalanır

ve abrasif etki ortaya çıkarak aşınmayı hızlandırır. Parçalanarak serbest hale geçen oksit parçacıklarının koptuğu yerlerde tekrar oksitlenme görülür ve olay süreklilik kazanır (13).

Aşınmanın belirlenmesi ve objektif kabul edilecek yöntemlerle ölçülmesi hep bir sorun olagelmıştır. Aşınmaların belirlenmesinde, bireysel ölçümlerden çok aynı ortamdan elde edilmiş başka aşınmalara ilişkin gözlem ve ölçüm sonuçlarının karşılaştırılmaları daha anlamlı bulunmaktadır. Bu nedenle aynı amaca yönelik deneylerden elde edilecek sonuçlar olabildiğince aynı birimlerle ifade edilmelidir.

Abrasif aşınma mekanizmasını tanımlayan Ulusoy, abrasif aşınmanın temel eşitliğini, aşındırıcı partiküllerin geometrisine dayanarak vermiştir. Buna göre, aşınarak kaybolan bir prizmatik hacmi;  $p$  yük,  $E_y$  malzemenin (uç demirinin) akma sınırı,  $L$  partikülün sürtünme yolu,  $\theta$  partikül sivriliğini tanımlayan ( $180^\circ - \text{tepe açısı}/2$ ) açı olmak üzere olmaktadır. Araştırmacı, aynı çalışmasında, yük taşıyan partikül sayısının artmasıyla meydana getirilecek izlerin toplam hacminin azaldığını, malzemenin elasto-plastik özelliğine dayanarak, açıklamaktadır. Sonuç olarak küçük partiküller tarafından aşındırılan yüzey, iri partiküller tarafından aşındırılmış yüzeyden daha sert izlenimini verebilmektedir (12).

$$V = \frac{\text{tg } \theta}{H} \cdot \frac{P \cdot L}{E_y}$$

Aşınmaya ilişkin verilerin daha tartışmasız ve sağlıklı olabilmesi için hacimde eksilmenin belirlenmesi yanında, ağırlık azalmasının belirlenmesi yöntemi, bir çok halde en kesin sonucu veren yöntem olarak bildirilmektedir (24). Esasen ağırlık kaybının belirlenmesi durumunda, eğer kayıp hacma geçilmek istenirse, kayıp

ağırlığın, malzeme yoğunluğuna oranlanması yeterli olabilecektir (25).

Aşınmanın incelenmesinde daha az hata ile çalışabilmek için, mutlak değerler yerine nisbi aşınma değerleri de alınabilmektedir.

Aşınma olayını bizzat toprak işleyici organları üzerinde araştıran çok sayıda araştırmacı bulunmaktadır. Ulusoy (12), araştırmasının literatür taraması bölümünde ve sadece toprak işleyici organların aşınmasına ilişkin bildirişler bölümünde 45 araştırma bildirmektedir. Karamuş (4), ise araştırmasında toprak işleme aletlerindeki aşınma mekanizmasını abrasif aşınma ile açıklamış ve bunun oyulma ve kazınma, yüksek zorlanma altında abrasyon, erozyon ve darbe abrasyonu şeklinde görüldüğünü atfen bildirmiştir. Ransomes tarafından gerçekleştirilen ilk dökme demir uç demirinden sonra 19.yüzyılın ortalarında, aşınmayı azaltmak amacıyla Oliver sertleştirmeyi, Lane ise sementasyonu uygulamıştır. Ransomes-Oliver-Lane atfen (12) daha sonra Gallwitz (26) ve Kühne (27) kum havuzunda aşınma üzerinde çalışmışlardır. Kloth (28) yaptığı çalışma ile uç demirinde standartlaşmayı başlatmış ve toprak kanalında model parçalar üzerinde aşınmayı incelemiştir. Ulusoy'un (12) bildirişlerine göre; Schirmer (1931), Stroppel (1944), Dörffel (1933) ve Sybel (1933) uç demiri malzemeleri ve sertleştirme konularında araştırmalar yapmışlar ve uygun sertleştirme yöntemleri aramışlardır. Özellikle Stroppel 1965 yılında yaptığı çok sayıdaki araştırmada tarım alet ve makinalarında dayanım-aşınma ilişkisi üzerinde durmuş, kesici bazı organların aşınmalarını incelemiş, aşınmış uç demirleri için onarım yöntemleri ve ısıl işlem yöntemleri belirlemiş ve sertleştirilmiş toprak işleme organları için malzeme nitelikleri tanımlamıştır. Ferguson ve Nelms (1965) değişik uç demirlerinin karakteristiklerini tarla deneyleri ile belirlemeye çalışırken, aynı zaman da Stolk (1970) tarla deneyleri ile laboratuvar de-

neyleri arasındaki ilişkileri araştırmıştır. Pen (29), kum doldurulmuş dairesel bir kanalda, farklı ısı işlem uyguladığı çeşitli çeliklerden yapılmış üçgen örnekleri hareket ettirerek aşınmalarını izlemiştir. Tekrar Ulusoyun (12) bildirişlerine dönecek olursak, Mohsenin (1956), % 2,8-3,7 C oranlı demir döküm pulluk uç demiri kültüvatör uç demiri ve özel örneklerdeki aşınmaları incelemiş ve konunun ekonomik önemine değinmiştir. Iwanschtschenko (1954), kesici kenar boyunca alaşım elemanlarıyla zenginleştirilmiş çelik döküm uç demirleri üzerinde çalışmıştır. Eicher ve Rudolph (1966), uç demirlerindeki aşınmanın, kullanma ömrünü belirleyen en önemli faktör olduğunu belirterek önemine değinmişlerdir. Becker (1950) uç demiri imalatının gelişimini incelemiş ve sert tabakalarla kaplanmış uç demirleri üzerinde durmuştur, Krom kaplama, emaye kaplama metal püskürtme, elektrik ark kaynağı veya gaz kaynağı ile zırh geçirme gibi yöntemleri bir yönden ileri teknoloji gerektirirken , uç demirlerinin darbe dayanımlarını azaltmaktadır. Bu yöntemler önemli bir üstünlük sağlayamamıştır. Romanow ( 1954), pulluk uç demirlerinde yüzey sertleştirilmenin önemini belirtmektedir. Schaars (1934), pullukla yapılan toprak işlemede uç demiri giderlerine değinmekte ve uç demirlerine elektrik ark kaynağı ile zırh kaplama imkanları üzerinde durmaktadır. Wellinger ve Uetz (1959), Stegmann (1972) ve Metalewski (1958), pulluk uç demirlerinin yüzey kaplama yoluyla aşınma dayanımlarının değişimlerini araştırmışlardır.

Çoğay (30), Toprak İşleme Makinalarında Yüzey Sertleştirme Sorunları ve Uygulanabilir Metot Araştırması konulu çalışmasında TS1137'ye uygun 9 adet uç demirinden 3 adedini % 12 C, % 3 B, % 42 Cr, % 6 Si, % 3 Wa, % 4 Mo, % 30 Fe kimyasal kompozisyona sahip mikronize tozları sanayi maçası reçineri ile karıştırmış ve 1-1,5 mm kalınlıkta sıvamış, kuruduktan sonra elektrod (+) kutup olacak şekilde 90-100 A arası akım şiddetiyle ark oluşturarak 0,5-1 mm arasında kalınlıkta ve 20-30 mm genişlikte yüzey kaplama işlemine tabi tutmuştur. Kaplamadan sonra ortalama sertlik

46-50 RC dolayında ölçülmüştür. Aynı malzemedan yapılan ancak sertliği 20 RC olan üç uç demiri ısıtılmadan şahit olarak kullanılmıştır. Araştırmada B pulluğu olarak tanımlanan ve ortalama sertliği 46-48 RC olan sementasyon çeliğinden yapılmış uç demirlerinden de 3 adet kullanılmıştır. Isıtılmayan uç demirlerinde 147,6 da lık sürüm sonunda ise 760 g, 600 g, 510 g'lık eksilmeler belirlenmiştir. Ortalama aşınma olarak,  $(760+600+510)/3/147,6$  da yazılırsa 4,22 g/da bulunmaktadır. Az aşınması beklenen yüzey kaplaması yapılmış uç demirlerinde sürülen toplam alan 148 da ve aşınmalar toplamı sırasıyla 790 g, 729 g ve 449 g olarak belirlenmiştir. Buna göre ortalama aşınma  $(790+729+449)/3/148= 4,43$  g/da bulunmaktadır. Üçüncü gurup (B firması) uç demirleri 60 da sonra hizmet dışı kalmıştır. Dolayısıyla değerlendirme dışı kalmıştır. Bu pulluk uç demirleri 60 da lık alanda 1022 g aşınmıştır. Mevcut değerlerle ortalama olarak  $1022/60=17$  g/da aşınma belirlenmiştir. Çoğay (30) bu araştırmasında keskin kenarın gerilemesini çizimlerle göstermiştir. Ne varki aşınmalar arasında önemli bir fark görülmemiştir. Ayrıca istatistik bir değerlendirmede bulunmamaktadır. Keçecioğlu ve Ulusoy (22), araştırmalarında bazı uç demirlerini incelemişler, tarla deneylerindeki aşınma sonuçlarına dayanarak, uç demirlerinin ekonomik kullanılma sürelerini belirlemeye çalışmışlardır.

Pulluk uç demirlerinin daha az aşınarak daha uzun süre ve körelmeden kullanılmasına yönelik araştırmalar çelikten farklı malzemeleri de kapsayacak şekilde genişletilmektedir. Bu amaçla kullanılan plastikler içinde politetrafloretillen (PTFE) veya ticari adıyla teflon önemli bir yer tutmaktadır. Ancak aşınmadan çok sürtünme katsayısının azaltılmasında başarı kazanılan araştırmalar, maliyetin arttığını göstermektedir. Sünder ve Runkı'ye atfen (12), teflonun sürtünme katsayısını çeliğe oranla laboratuvar koşullarında % 27, tarla denemelerinde ise % 50 daha küçük bulmuşlardır. Araştırmacılar en az 5 mm kalınlığında olmak koşulu ile alçak basınç poli

etileni (PE-LD) ve poli tetrafloretilen (PTFE) ile kaplama yapılabileceğini öne sürmektedirler. Becker (31), pulluk uç demirlerinin emaye kaplama, özel kimyasal maddelerle boyama, pulluk kulaklarının camdan yapılma olanakları üzerinde durmuş ve silikatlı bir tabaka ile kaplanmış uç demirlerinin, çelik uç demirlerine göre çok daha az aşınma gösterdiklerini ve darbe nedeniyle de herhangi bir kırılma göstermediklerini bildirmiş, ancak bu yöntemin yaygınlaşmadığına dikkat çekmiştir.

Pulluk uç demirlerinin bizzat kendileri üzerinde yapılan deneysel araştırmaların yanısıra, küçültülmüş modeller, daha ekonomik olmaları sebebiyle yaygın olarak kullanılmıştır. Deneme sonuçlarının gerçek büyüklüklere dönüştürülmesine ilişkin araştırma sayısı çok azdır. Bu nedenle küçültülmüş model ile yapılacak aşınma deneylerinin, gerçek boyutlar üzerine taşınmasında önemli sorunlar çıkabilecektir. Model deneyleriyle aşınma konusunda veri toplamak için çalışan Gallwitz (26), Kühne (27), Kloth (28), Pen (29) kendilerine özgü yöntemler geliştirmişlerdir.

Ulusoy (32), yaptığı doktora çalışmasında, yük, hız, malzeme sertliği, tane iriliği, nem gibi aşınma parametrelerini incelemek üzere döner kaplı bir deney makinası geliştirmiş ve deneylerinde kullanmıştır. Mutaf ve Ulusoy (20) bir Tübitak Projesi kapsamında yürüttükleri çalışmalarında, sabit duran bir kum kabı içinde ve aynı zamanda kendi eksenleri etrafında dönen örnek aşındırma yöntemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen yöntem sayesinde örneğin geometrisi deney sonuna kadar korunabilmektedir.

Benzer bir araştırma Karamuş (4) tarafından doktora tezi olarak çalışılmış ve Toprak İşleme Aletlerinde İş Organlarının Aşınmasının Etüdü, konusunu deneysel ola-

rak incelemiştir. Çalışmada örnekler sabit duran kum kabı içinde ve çeşitli derinlikler de dairesel harekete zorlanmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre; hız, aşınma miktarını etkileyen en önemli faktörlerdendir. Hızın artmasıyla birim zamanda alınan yol, yani sürtünme miktarı artmaktadır. Bu artış da aşınma miktarını artırmaktadır. Çalışma derinliği, aşınma miktarını önemli oranda etkilemektedir. Çalışma derinliğinin artması, numune üzerinde birim yüzeye gelen basıncın artmasına neden olmaktadır. Öte yandan üst yüzeyi serbest olmak kaydıyla, belli derinliğin üzerinde kalan aşındırıcı tanecikler, derindekilere nazaran daha gevşektirler (4).

Model çalışmalarının tümü incelendiğinde toprak işleyici organın geometrisinden çok, aşındırıcı ortam-aşınan madde (uç demiri veya bir başka organ) ilişkileri üzerinde durulduğu görülmektedir. Dolayısıyla model çalışmalarının büyük ölçüde malzeme dayanımının belirlenmesi yönünde yaklaşımlar sağladığı öne sürülebilmektedir. Hiç kuşkusuz aşındırıcı ortamların etkinlik dereceleri, etki tarzları da araştırma konuları oluşturmuştur (12).

Aşındırma kabı adıyla anılan bir deney düzeninde, düşey bir mile bağlanan silindirik örnek, içi gevşek mineral tane dolu kap içinde dönerken, kum kabı da ters yönde yavaş yavaş hareket etmektedir. Bu deney düzeni Gürleyik (24) tarafından kullanılmıştır. Aynı konuda Ulusoy'un bildirişlerinde ise (12) Stauffer (1952), içinde su-kum karışımı bir bulamaç bulunan ortam içinde hareket ettirdiği silindirik örneklerin aşınmalarını incelemiştir. Norman (1966), abrasif aşınmanın tipleri arasından, yüksek gerilmeli öğütme tipi aşınmalara model olarak yaş kum aşındırma yöntemini önermektedir. Düşük gerilmeli çizme tipi aşınmalara model olarak ise kuru kum aşındırma testlerini önermektedir. Bu deney düzeninde, dönen kauçuk tekerlek ile be-

lirli bir kuvvetle bu tekerleğe bastırılan fren pabucu tipindeki örnek arasına tanımlanmış kuru aşındırıcı maddeler gönderilmektedir. N.I.A.E (National Institute of Agricultural Engineering) aşındırma cihazı olarak, üzerine devamlı olarak yeni aşındırıcı madde gönderilen ve pikaplardaki plak iğne ilişkisine benzer bir çalışma gösteren sistem kabul edilmiştir. Bu arada Wellinger (1959,1965,1967) ve Uetz, zımpara kağıdı yöntemi olarak tanımlanan yöntemle belirli bir yük altındaki örneğin aşındırıcı kağıt üzerinde ileri-geri veya dönerek hareket etmesini sağlayan sistemler oluşturmuşlardır. Bugüne değin yapılan aşınma belirleme çalışmalarının bir standart çatısı altında toplanmaları mümkün olamamıştır.

Aşınmaya yönelik olarak yürütülen çok sayıdaki araştırma sonuçları araştırmacıları sürekli olarak yeni malzeme arayışlarına itmştir. Gerçekten özellikle ilgi alanımızda olan abrasif aşınmanın temel nedeni plastik deformasyondur ve bu konuda malzeme yapısının özel bir önemi bulunmaktadır. Nitekim Szatzsheider (1965), küçük kristal bozukluklarının bile demirin aşınmasını etkilediğini bildirmektedir. Richardson (1967), araştırmasında püskürtme ile yüzey sertleştirme arasındaki ilişkiyi, tarım toprağında çalışan organlardaki sertleştirme etkisi ile karşılaştırmıştır. Gerçekten toprakta işleyen organların sertliği mevcut sertliklerinin üstüne çıkmaktadır. % 0,74 C içeren bir çelikte Bauschinger olayı sonucu sertlik sırasıyle 221 kgf/mm den 358, 473, 648 kgf/mm ye yükselmiştir. Bu çelik sulanarak sertliği 650 kgf/mm yapıldıktan sonra aynı işlemlerle 866, 858, 1004 kgf/mm ye ulaşılmıştır. Ancak artan bu sertlik kırılabilirliği da beraberinde getirdiğinden aşınma azalması yerine aşınma artışı belirlenmiştir.

Diğer araştırmacılara göre pulluk uç demirlerinde aşınmanın belirlenmesine ve

azaltılmasına ilişkin çalışmalar, malzeme seçiminin önemini ortaya koymaktadır. Bu seçimin özellikle çalışma ortamına göre yapılması ve aşınma mekanizmasının doğru belirlenmesi gerekmektedir. Ancak, herşeye rağmen aşınmanın mutlaka azalması beklemez. Aşınma olayına katılan ve sonucu etkileyen çok sayıda etken bulunmaktadır. Bunların aralarındaki etkileşimi ve aşınma sonucuna katkılarını önceden belirlemek çok zaman imkansızdır. Bu nedenle her bir aşınma olayının özel olarak ele alınması ve çözüme kavuşturulması gerekmektedir. Karamış (4), abrasif aşınmayı esas alarak aşınma olayına katılan faktörleri aşağıdaki şekilde sınıflandırmıştır. Bunlar;

#### A. Tribolojik sistemin elemanlarına bağlı faktörler

a. Esas sürtünme elemanına bağlı olanlar: Malzeme cinsi, kimyasal yapısı, gördüğü ısıl işlem.

b. Karşı elemana bağlı olanlar Aşındırıcı tane büyüklüğü

c. Ortama bağlı olanlar: Nem, sıcaklık, ortamın pH değeri

#### B. İşletmeye bağlı faktörler

a. Yük (kuvvet)

b. Hareket kayma yolu, kayma zamanı

c. kayma cinsi olarak sıralanmıştır.

Malzemenin çalışacağı şartlara göre bazı teknolojik ve mekanik özellikleri önem kazanır. Bir malzemede belli işletme şartlarında iyi aşınma direnci gösterirken, başka şartlarda aşınma direncinde azalma olabilir. Bu yüzden, bazı araştırmacılar, işletme şartlarını dikkate alarak değişik malzemelerin kullanabilirliğini tesbite çalışmışlardır Stahlı, Beutler'e atfen (4).

Genel olarak çeliklerde aşınma direnci sert karbitlerle ve çeliklerin bir çok tiplerinde de uygun ısı işlem ile sağlanır. Aşınmaya dayanıklı çelik üretmek için bazı alaşım elemanlarının ilavesi gerekir. Bu alaşım elemanları çelikte sert karbitler meydana getirerek aşınma direncini artırır. Çeliklerdeki karbon miktarı, çeliğin mekanik özelliklerini büyük oranda etkiler. Martenzitik çeliklerde hacımsal sertlik ve aşınma direnci, ağırlık olarak yüzde karbonunun karekökünün lineer bir fonksiyonudur (34).

Karbon, aşınma direncini pozitif şekilde etkiler. Bağımsız karbon yüzdesinin artmasıyla karbonlu ve düşük alaşımlı çeliklerin abrasif aşınma dirençleri genellikle artar (33).

Malzemenin mikro yapısı konusunda pek çok araştırma yapılmasına rağmen Moore (34), malzemelerin mikro yapılarının, aşınma dirençlerine ne derecede etkilediği kesin olarak açıklığa kavuşmamıştır. Ancak mikro yapının aşınma direncini etkilediği muhakkaktır. Mikro yapıdaki tane boyutu ve fazların durumu, bir malzemenin mekanik özellikleri üzerinde önemli derecede etkiye sahiptir.

Tanecikli perlitik yapıya göre, lamel perlitik yapının aşınma direnci biraz daha fazladır. Çeliklerdeki sementit miktarının artmasıyla tavllanmış durumda aşınma direnci de artar. Tane boyutunun artması ile belli karbon oranında abrasif aşınma azalır (35). Bazı araştırmacılar, aşınma direncindeki iyileşmeyi yapıdaki trostit'e yorumlarken, bazıları daha çok martenzit'e bağlamaktadırlar. Aşınma direnci üzerine artık östenitin etkisini değişik şekilde dile getiren görüşlerde de vardır. Martenzitik yapılarda artık östenitin, abrasif aşınma direncini azalttığı Soroko'ya atfen (4) de ifade edilmektedir.

en fazla aşınma direncinin martenzitik yapılı çeliklerde, en az direncin ise ferritik yapılı çeliklerde olduğunu ortaya koymuştur. Fakat martenzitik ve küresel yapılı çeliklerin aşınma dirençlerinin aynı sertliğe sahip perlitik yapılı çeliklerden daha az olduğu Moore tarafından bildirilmektedir (34). Malzemelerin mikro yapılarının aşınma direncine etkileri, aşınmanın kendisi kadar karışık bir konudur. Ancak ısıl işlemlerin gayesi, mikro yapıyı değiştirerek malzemelere belli özellikler kazandırmak olduğuna göre, sertlik arttırıcı bütün ısıl işlemler, belli bir orana kadar aşınma direncini arttıracığından, sertlik lehine değişen mikro yapı, aşınma direncini de arttıracaktır (4).

Malzemenin hacim ve yüzey sertliği ile aşınma, belli bir orana kadar azalır, fakat bir noktadan sonra sertliğin etkisi, aşınmaya karşı yeterli direnci sağlayamaz. Ticari saf malzemelerde aşınma direnci, hacımsal sertliğin lineer bir fonksiyonudur (34).

Bazı metallerde ise sertlikle aşınma direnci arasında direkt bir ilişki yoktur. Özellikle ferritik malzemelerde sertliğin, aşınma direncinin direkt bir ölçüsü olmadığı, fakat benzer yapıda ve farklı bileşimdeki malzemeler için sertlikle aşınma direnci arasında lineer bir ilişkinin varlığı ifade edilmektedir (34).

Öte yandan sert metal veya sert alaşımların tozları ile yapılan yüzey kaplama işlemleri, aşınma direncini büyük oranda arttırır Cashon (36). Sonuç olarak sertliğin artması, aşınma direncini de arttırır. Fakat bu artış sürekli değildir. Belli bir sertlik artımı sonunda, aşınma direnci, etkilenmeyebilir (4).

Abrasif aşınma direncini etkileyen faktörlerden biri de malzemenin elastiklik

modülüdür. Çeliklerde, elastiklik modülü sabit kaldığı halde sertliğin artması, aşınma direncini de artırır. Khruschov ve Babichev'e göre bütün çelikler sertleştirildiklerinde elastiklik modülleri değişmediği halde bağıl aşınma dirençleri artar (37).

Malzemelerin akma ve kopma noktaları, plastik şekil değiştirme kabiliyetlerinin belirlenmesinde en önemli ölçülerdir. Plastik şekil değiştirme özelliğinin aşınmaya etkisi bilindiğine göre malzemenin akma ve kopma özellikleri de aşınmayı etkileyen birer faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (34).

Şekil değiştirme sertleşmesi kabiliyeti en iyi olan malzemelerin aşınma dirençleri fazla olur. Çünkü bu malzemelerin yüzeyleri, aşınmadan sonra iyi sertleşir. Bir malzemenin aşınma direncini belirlemede zorlanmış sertleşme kapasitesi önemlidir.

Bowden ve Tabor'a atfen sarkar (38), abrasif aşınma direncini

$$\mathcal{E} = 2 \cdot \frac{\nabla_a}{F} \quad \text{formülü ile ifade etmişler ve sert malzemelerin abrazyona}$$

daha dirençli olduğunu vurgulamışlardır. Netice olarak akma gerilmesi ve dolayısıyla kırılma noktası yüksek olan malzemelerin aşınmaya karşı daha dirençli olduğu ifade edilebilir (4).

Richardson (15), toprakla yaptığı deneysel aşınma araştırmalarında, kesici ağızların aşınarak parabolik bir şekil aldığını ve dolayısıyla parabolik ağızlarında daha az aşındığını, Kantarcı (39) geometrik kesiti ideal daireye yakın olan numunelerin daha az aşındığını ve aşınma sonunda ideal daireye yaklaşma olduğunu tesbit etmişlerdir.

Çeliklere belli özellikler kazandırmak gayesiyle ısıtım işlem uygulanır. Bu özelliklerden biri de sertliktir. Sertleştirme (su verme), çelikte iç yapının değişmesi suretiyle meydana gelir. Yavaş soğutma işlemine tabi tutulmuş sade karbonlu çeliğin yapısı karbon yüzdesine göre değişir. Yapıda iki farklı faz veya iki fazın karışımı bulunabilir. Ferrit fazı yumuşak ve sünek bir yapı sergilerken sementit ise sert ve kırılgandır. Ötektoit karışım olan perlit yapı ise ne fazla yumuşak nede fazla serttir (40). Artan sertlikle aşınma direncinin de arttığı bilinmektedir (41) Sertliğin artmasıyla tokluk gibi bazı özelliklerde kötüleşme izlenir. Bu özelliğin kısmen geri kazanılması ve iç gerilemelerin sebep olduğu kötü neticelerden korunmak için sertleştirilen çelik, özellikle içerdiği karbon yüzdesine göre belli bir sıcaklıkta tavlama tabii tutulur.

Deneylerde kullanılan çeşitli malzemelerde, temperleme sıcaklığı-aşınma direnci ilişkisi gözlenerek, aşınma direncinin temperleme sıcaklığındaki artışa bağlı olarak düştüğü tesbit edilmiştir. 150 °C' den daha yüksek sıcaklıklarda yapılan temperlemelerde, aşınma direnci, sertliğe bağımlılığını yavaş yavaş kaybetmekte ve malzeme iç yapısının bir fonksiyonu durumuna gelmektedir (4).

Aşınma direncini artırmak için, soğuk deformasyonla sertleştirme, çeşitli sert metallere yüzey kaplama, difüzyon yoluyla yüzey sertleştirme v.b.gibi uygulanan işlemler yanında sadece sertliğe bağlı olmayan aşınma direncinin artırılması, ısıtım işlemlerle daha ucuz ve basit bir işlem haline dönüştürülebilir. Çünkü aşınma direnci sadece sertlik artışıyla sağlanacak bir büyüklük değildir. Aşınma davranışı (sırf malzeme özelliği olarak değerlendirilse bile) daha ziyade polikristal olan malzeme sürtünme bölgesinin mevcut fazlarına, kristallerin büyüklük ve şekil dağılımına, kristal yönelmelerine, kafes deformasyon derecelerine ve sürtünen malzemeye ait diğer ka-

rakteristiklerin bütününe bağlıdır. Bu karakteristik özellikler ise ısı işlemlerle büyük ölçüde değiştirilebilir (40).

Aynı aşındırıcı maddenin çeşitli tane büyüklüğü ile yapılan araştırmalar neticesinde, artan tane büyüklüğü ile aşınma miktarının arttığı, yuvarlak taneler ile aşınma miktarının oldukça az ve keskin kenarlı tanelere göre aşınan yüzeyin oldukça düzgün olduğu ve pürüzlerde ezilmelerin görülmediği Gürleyik (24) tarafından bildirilmektedir. Öte yandan bu konuda yapılan araştırmalar, aşındırıcı tane boyutuyla aşınma miktarının arttığını ortaya koymuşlardır.

Akkurt (42), 0-2,5 m/s aralığında kayma hızının artmasıyla hacımsal aşınmanın yavaş olarak arttığını, çalışmalarında tesbit etmiştir. Çalışma ve deney süresi, aşınma miktarını büyük oranda etkiler. Çalışma süresi arttıkça, normal olarak aşınma miktarı da artar. Yüzeyde meydana gelecek oksidasyon tabakası zamanla oluşur. Kalınlığı zamanla artar ve aşınmayı etkiler. Öte yandan gerçek elemanlarla yapılan deneylerde abrasif aşınmanın, çalışma süresiyle arttığı tesbit edilmiştir.

Buna karşılık Yıldız (43), emaye kaplama, metal püskürtme, elektrik ark veya gaz kaynağı ile zıh geçirme gibi metotların, bir takım teknolojik problemlerle birlikte darbe dayanımını azalttığını öne sürmektedir. Bu doğrultuda elde edilen sert tabakalar önemli bir üstünlük yarar sağlamamakta ve aşınmanın iş organının değişik kısımlarında farklı özellikler göstermesi nedeniyle, minimum uygulama güçleşmekte, ancak tamamen sertleştirilmiş malzemelerdeki aşınmanın daha az olduğunu ileri sürmektedir.

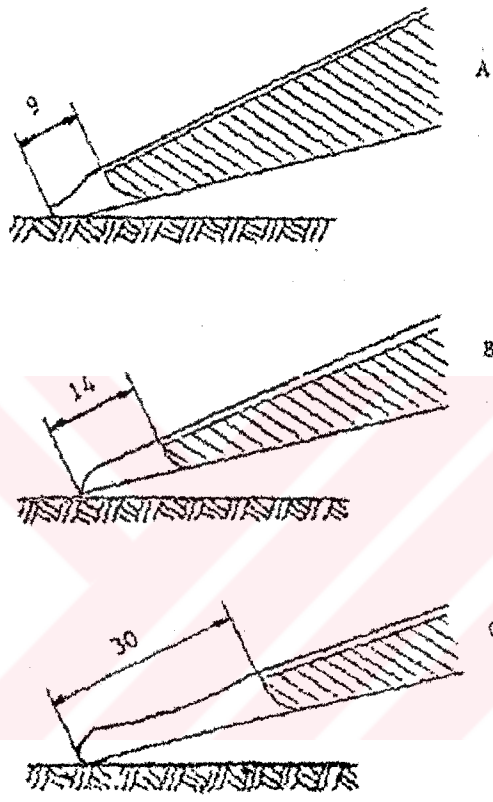
Keçecioğlu ve Ulusoy'a (22) göre, pulluk uç demiri yapımında, değişik elik türlerinden yararlanılmaktadır. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada, en basit ışlah işlemiyle en iyi sonucu % 0,35-0,45 karbonlu çeliğin verdiğini ifade etmektedirler. Uygun olmayan bir elik optimal yapım metotlarıyla, kendisinden daha uygun olmasına rağmen yanlış yapım metotları uygulandığı için kalite yönünden ne geçebilmektedir. Uç demirlerini sadece teknik yönden karşılaştırmak, kullanma ekonomisi yönünden yeterli değildir. En uzun kullanma ömrü uç demirinin ağırlığına ve az aşınmasına bağlı olmakla beraber, bu özellikler çok yüksek bir alış fiyatına karşılıık sağlanabiliyorsa, değerini kaybetmektedir. Çok aşındığı halde ucuz olan bir uç demiri, az aşındığı halde pahalı olan bir uç demiri ile aynı tercih sırasına sahip bulunabilir. O halde pulluk uç demirlerinin yapımında dikkat edilecek husus, belirli için hem ucuz hemde kaliteli yapılmasıdır. Sonuç olarak uç demirlerinde teknik özelliklerin, ekonomik özelliklerle optimum kombinasyonu gereklidir.

Uç demiri üretiminde kullanılan malzeme konusunda Mutaf ve Ulusoy, daha esnek davranarak, % 0,35-% 0,60 oranında karbon ihtiva eden katıksız çeliği önermişlerdir. Araştırmacılara göre 36 Si 6 yay çeliği de uç demiri üretimine uygundur (20).

Endüstriyel alandaki işlem zorlukları ve üretim kayıpları aşınmayı artırmakta bu da üretim kaybına sebep olmaktadır. Çeliklerin mekanik ve ısıl işlem özelliklerine bağlı olarak gösterdikleri performansları etkileyen faktörlerin başında kristaller arası bağlar ve aşınma dirençleri gelir. Mikroyapıda meydana gelen aşınma; kimyasal bileşim, şekil, boyut, alaşım, kristal yapı ve ısıl işlemlere bağlı olarak ortaya çıkar (35).

Özellikleri farklı olan malzemelerin aşınma değerleri farklı olmakla birlikte; sertleştirme, malzemenin aşınmaya karşı direncini artırmada, tek başına yeterli değildir. Sertlik, özellikleri aynı olan malzemelerde, aşınma direncini iyileştirici yönde rol oynar (39).

Sonuç olarak işleyici organlardaki aşınmanın, sadece ağırlık veya alan cinsinden değerlendirilmesinin yanılmalara sebep olabileceği öne sürülebilir (44). Şekil 2.2 de üç ayrı uç demirinin kesici kenar kesiti görülmektedir. Normal uç demirleri aynı sertlikteki tek katlı malzemedan yapılırken, kendi kendini bileyen uç demirleri iki ayrı sertlikteki çift katlı malzemedan yapılmaktadır. Alt kattaki malzemenin sertliği üst kata oranla daha fazladır.



Şekil 2.2 Farklı kesitlerdeki uç demirlerde keskinliğin korunabilme sınırı(44)

Şekildeki (A) uç demiri 9 mm, (B) uç demiri 14 mm, (C) uç demirde 30 mm'lik bir aşımada sonra bilenmesi gerekecektir.

Uç demirlerinin yapımında kullanılan malzemeler TS 1137 de, TS 2288'e atfen gösterilen 38 Si 6, 38 Si7, 46 Si 7, 51 Si 7, 55 Si 7, veya 65 Si 7, çeliklerinden seçilmelidir. Boyut toleransları, sertlik vs. özellikleri TS 1137'ye göre olmalıdır (45).

Uç demirleri haddelenme, kalıpta basılmak ve döğölmek sureti ile şekillendirilmiş olmalıdır. Yapımı tamamlanmış uç demirlerinin yüzeyleri düzgün ve pürüzsüz olmalı, tufal, çapak, çukur ve katmer gibi kusurlar olmamalıdır. Destek burunlu uç demirlerinin destek parçası ile birleştirildikten sonra burun ve kesici kenar aynı düzlemde bulunmalıdır. Destek burunlu uç demirlerinde gövde ile destek kısmı ayrı ayrı şekillendirildikten sonra kaynakla birleştirilmelidir. Burun kısmı ise kaynakla doldurulduktan sonra taşlanarak bileme ağzı açılmalıdır (45).



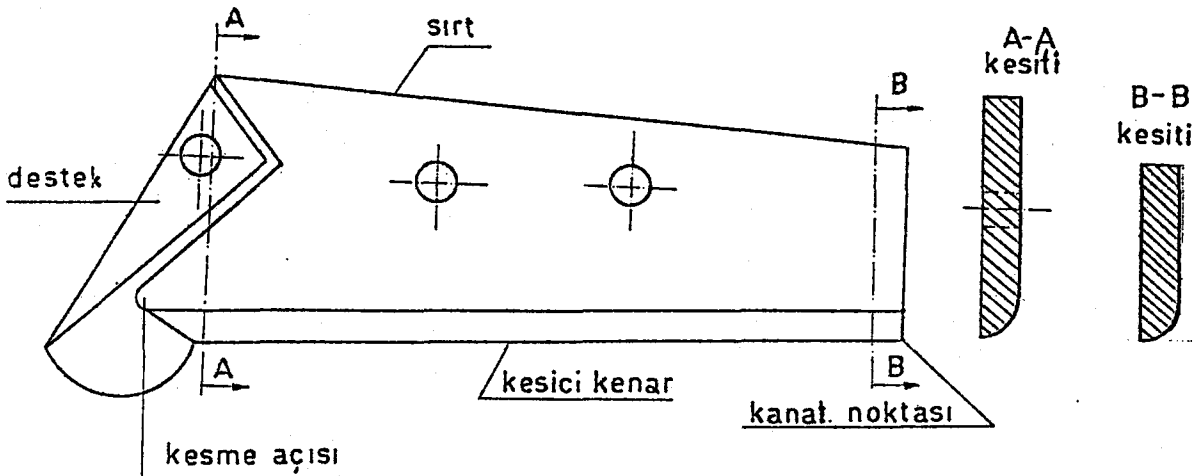
### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Uç Demirleri

Çalışmada ilk olarak konu edilen uç demirlerinin çeşitli resmi ve özel işyerlerinden temini için, Türkiye'de pulluk uç demiri üretimi yapan kuruluşlara yazı ile başvuruda bulunulmuş ve üretimlerinden en az dörder adet istenmiştir. Bunlardan sadece bir özel firma ile TZDK toplam olarak 40 adet uç demiri denenmek ve ıslah edilmek üzere Fakültemize teslim etmişlerdir. Ayrıca tarla denemeleri için TİGEM yeterli sayıda traktörü de deneme desenine uygun olarak kullanıma tahsis etmiştir.

İkinci olarak pulluk uç demiri yapımında kullanılmak üzere Kırıkkale Makina ve Kimya Endüstrisi Kurumu Fabrikasından 7 mm kalınlığında C-1060 hadde malzemesi temin edilmiştir. Denemede kullanılan bütün uç demirlerinin fiziksel ölçüleri TS 1137 ye uygundur. Şekil 3.1 de gösterilen uç demirinin iş genişliği 30 cm kesici kenar uzunluğu ise 51 cm dir. Kimyasal analizler MTA ve KOSKEB'de mobil spektrometre ile yapılmış ve çıktılar test raporu olarak alınmıştır. Deneme materyali uç demirlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 3.1 ve 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Fakültede yapılan prototip destek burunlu uç demiri

Tablo 3.1. Denemeye alınan pulluk uç demirlerinin tipleri ve ortalama ağırlıkları

Numunenin Deney Kodu	Örnek Sayısı	TS 1137'ye Göre Tipi	Ortalama Ağırlığı (Kg)
C,D,G	12	Destek Burunlu Uç Demiri	4,007
H	4	Düz Uç Demiri	4,162
A,B,E,F	16	Destek Burunlu U.Dem.	4,957
K,L	8	Destek Burunlu U.Dem.	3,513

Tablo 3.2. Denemeye alınan uç demirlerinin kimyasal bileşimi

Deney Kodu	Malzeme	Kimyasal Bileşimi (% ağırlık)					
		C	Si	Mn	P	S	Cu
C,D,G	TZDK UÇ.D.	0,42	0,28	0,70	0,025	0,030	0,03
H	TZDK UÇ.D.	0,41	0,27	0,70	0,025	0,030	0,03
A,B,E,F	ERDEMİR 3260	0,46	0,22	0,75	0,022	0,032	0,20
KL	Ç-1060	0,56	0,25	0,80	0,027	0,035	-

## Uç demirlerinin gruplandırılması

**A grubu uç demirleri :** Bunlar özel bir kuruluştan temin edilmiş olup malzemesinin Erdemir 3260 olduğu ve ısıl işlem ile sertleştirildiği ifade edilmiştir. Yapılan sertlik ölçmeleri sonunda bu uç demirlerinin sertlik ortalaması 33 HRC olarak belirlenmiştir. Uç demirlerinin tüm deney süresince aynı gövdede çalıştırılması için A deney koduna 1 ile 4 arasında gövde numarası da eklenmiştir.

**B grubu uç demirleri:** Bunlar ortalama sertlikleri dışında A grubu uç demirleri ile aynıdır. Bu grubun ortalama sertlikleri 28 HRC dir. Her uç demirine gövde numarası da eklenmiştir.

**C grubu uç demirleri:** Bu uç demirleri, Avusturya Vogel and Noot Patentiyle TZDK tarafından üretimi yapıldığı bildirilen uç demirleridir. Malzemeleri sade karbonlu çelik olup ısıl işlem ile sertleştirildikleri ifade edilmiştir. Yapılan sertlik ölçmeleri sonunda bu uç demiri ortalama sertliği 31 HRC olarak belirlenmiştir. Uç demirleri aynı şekilde gövdeler itibariyle numaralanmıştır.

**D grubu uç demirleri:** Bu guruba giren uç demirleri, ortalama sertlikler dışında diğer bütün özellikler yönünden C grubu uç demirleri ile aynıdır. Ortalama sertlikler 30 HRC olup, uç demirleri gövdeleri itibariyle numaralanmıştır.

**E grubu uç demirleri:** Bu uç demirleri, A ve B deney kodlu uç demirlerinin

temin edildiği kuruluştan yarı mamul olarak alınmıştır. Uç demiri malzemesinin Erdemir 3260 çeliğinden olduğu ve herhangi bir ısıtma işlemi yapılmadığı ifade edilmiştir.

Bu uç demirlerine Tablo 3.3. deki ısıtma işlemleri uygulandıktan sonra 4 uç demirinin ortalama sertliği 39 HRC olarak belirlenmiştir. Uç demirleri gövdeleri itibarıyla numaralanmıştır.

**F grubu uç demirleri:** Bu gruba giren uç demirlerinin malzemesi E grubu ile aynıdır. Ancak Tablo 3.3. de görüldüğü gibi farklı ısıtma işlemleri uygulanarak uç demirin ortalama sertliği 34 HRC olarak belirlenmiştir.

**G grubu uç demirleri:** Bu kod altındaki uç demirleri, C ve D deney kodlu uç demirlerinin temin edildiği TZDK kurumundan alınmıştır. Aynı malzemeden yapıldığı ve ısıtma işlemi gördüğü ifade edilmiştir. Uç demirlerine Tablo 3.3. deki ısıtma işlemleri ek olarak uygulanmıştır. Sonuçta 4 uç demirinin ortalama sertliği 35 HRC olarak belirlenmiştir.

**H grubu uç demirleri:** Bu uç demirlerinin malzemesi G grubu ile aynıdır. Diğer gruplardan farklı yönü ise düz uç burunlu olmasıdır. Bu uç demirlerine tarafımızdan Tablo 3.3. de gösterilen ısıtma işlemleri uygulanmış ve 4 uç demirinin ortalama sertliğinin 37 HRC olduğu belirlenmiştir.

**K grubu uç demirleri:** Bu uç demirlerinin malzemesi 7 mm kalınlığında Ç-

Ç-1060 hadde mamulu olup, Kırıkkale Makina ve Kimya Endüstrisi Kurumu Fabrikasından temin edilmiştir. Fakültemizde TS 1137 ye göre fiziksel ölçüleri sağlandıktan sonra tav ocaklarında tavlanıp burun ve kesici kenarlar 100 tonluk şahmerdanda dövülerek şekillendirilmiştir. Isıl işlem ve deney sırasında deformasyonu minimuma indirmek için TZDK dan temin edilen ve gövdenin kesici kısmına daha yakın bölgede hafif bir eğimi bulunan uç demirlerinden kalıp yapılmak suretiyle özel olarak ayrıca 4 adet uç demiri üretimi yapılmıştır. Yapımı gerçekleştirilen bu uç demirlerinin sadece destek kısmında kaynak kullanılmıştır. Uç demirlerine Tablo 3.3 deki ısıl işlemler uygulanmış ve sonunda 4 uç demirinin ortalama sertliği 51 HRC olarak belirlenmiştir. Isıl işlemi ıstaş firmasına yaptırılmıştır.

**L grubu uç demirleri:** Bu uç demirlerinin malzemesi ve üretim yöntemi K grubu ile aynı olup, sadece sertliği düşürülmüştür. (44HRC) K grubundan farklı olarak yapılan uzun süreli menevişverme işlemi Tablo 3.3 de gösterilmiştir.

F,G,H,K ve L gurubu uç demirlerinin de belirtildiği üzere aynı konumda çalıştırılması için grup harfi yanına gövde numarası da eklenmiştir.

Tablo 3.3. Denemeye alınan uç demirlerine ıslah amacıyla uy-

gularanan ısıt işlemler

Numunenin Den. Kodu	Normalizasyon Sıcaklığı(°C)	soğutma ortamı	Isıl İşlem Durumu	Sertleştirme Sıcak.(°C)	Bekleme Sür.(dk)	Soğutma Ortamı	Meneviş Sic.(°C)	Bekleme Sür.(dk)	Soğutma Ortamı	Sertliği (HRC)
E1	840	Fırında Soğutul	Sertleştirme	825	20	Yağ	200	45	Yağ	39
E2	840	"	"	825	20	"	200	45	"	39
E3	840	"	"	825	20	"	200	45	"	39
E4	840	"	"	825	20	"	200	45	"	39
F1	840	"	"	825	20	"	200	60	Hava	34
F2	840	"	"	825	20	"	200	60	"	34
F3	840	"	"	825	20	"	200	60	"	34
F4	840	"	"	825	20	"	200	60	"	34
G1	850	"	"	840	20	Su	200	60	"	34
G2	850	"	"	840	20	"	200	60	"	34
G3	850	"	"	840	20	"	200	60	"	34
G4	850	"	"	840	20	"	200	60	"	34
H1	850	"	"	840	20	"	200	45	"	37
H2	850	"	"	840	20	"	200	45	"	37
H3	850	"	"	840	20	"	200	45	"	37
H4	850	"	"	840	20	"	200	45	"	37

Tablo 3.3. ün devamı

Numunenin Den.Kodul	Normalizasyon Sıcaklığı(C)	Soğutma ortamı	Isıl İşlem Durumu	Sertleştirme Sıcak.(C)	Bekleme Sür.(dk)	Soğutma Ortamı	Meneviş Sic.(C)	Bekleme Sür.(dk)	Soğutma Ortamı	Sertliği (HRC)
K1	830	Fırında Soğutul	Sertleştirme	860	60	Yağ	300	75	Yağ	51
K2	830	"	"	860	60	"	300	75	"	51
K3	830	"	"	860	60	"	300	75	"	51
K4	830	"	"	860	60	"	300	75	"	51
L1	830	"	"	860	60	"	300	120	"	44
L2	830	"	"	860	60	"	300	120	"	44
L3	830	"	"	860	60	"	300	120	"	44
L4	830	"	"	860	60	"	300	120	"	44

**Kaynaklı uç demirleri:** Tarla ve kumdaki çalışmalar tamamlandıktan sonra aşınmaya karşı özel olarak geliştirilmiş oerlikon firmasının ürettiği Abrasodur-43 elektrodu ile daha önce tarla ve kumda denenilen B,D,E,G,K ve L deney kodlu uç demirlerinden toplam 16 adedinin, kesici ağız kısımlarının ön ve arka yüzeylerine birer dikiş çekilmiştir. Kaynak işlemi yapılmadan önce kaynakta meydana gelebilecek çatlama önlemek amacıyla üretici firmanın tavsiyesi doğrultusunda elektrodlar tav fırınında 300 °C de iki saat süreyle kurutulmuştur[50].

**Deney Numunesi:** Isıl işleme tabi tutulmak üzere, TZDK'dan sağlanan uç demirlerinin içerisinde 4 adet düz, 12 adet destek burunlu, özel firmadan sağlanan destek burunlu uç demirlerinden ise 16 adet olmak üzere toplam 32 adet uç demiri rastgele seçilmiştir. Denemeye alınan her iki grup uç demirleri orta karbonlu çelik sınıfına girdikleri için bunlara normalizasyon, tam sertleştirme ve meneviş verme işlemi yapılmıştır. Bu işleme klavuzluk etmesi bakımından elde edilen aynı malzemeden ıslah edilmemiş küçük parçalar (10x10x85) tornada işlendikten sonra değişik ısıl işlemlere tabi tutulup elde edilen sonuçlar doğrultusunda uç demirlerine uygun kabul edilen ısıl işlemler uygulanmıştır. Bunlara ilişkin veriler değerlendirilerek uç demirlerine ıslah amacıyla uygulanan ısıl işlemler Tablo 3.3 de toplu halde gösterilmiştir.

**Tav Fırınları:** Isıl işlemlerde, elektrikle ısınan Wild Barfield marka ve 1100 °C ölçme aralığı bulunan  $\pm 5$  °C hassasiyetli tav fırını ve ıstaş yapımı 980 °C ya kadar ısınabilen  $\pm 5$  °C hassasiyetli mazot ısıtmalı nitrat nitrit bazlı tuz banyoları kullanılmıştır. Meneviş verme de ise 700 °C ye kadar ısınabilen Wild Barfield, marka fırın ile 600 °C 'ye kadar  $\pm 5$ 'e hata ile ısıtılabilen ıstaş fırınlardan yararlanılmıştır.

TS 1137' (45) de, uç demirlerinin kesici kenardan itibaren 50-70 mm genişliğindeki alanın 48-54 HRC olması istenildiği için Fakülte de imal edilen uç demirlerinin sertlik değerlerinin bu limitler arasında kalması özellikle istenilmiştir. Sonuçta 51 HRC sertlik değeri elde edilmiştir. Denemede kullanılan uç demirlerinin tümü sertleştirilmiştir.

Uç demirlerinin sertlik değerleri, kalibrasyonu yapılan Rockwell-C cihazı kullanılarak, TS 1137, TS 140'a atfen bildirdiği gibi her bir malzeme için en az 5 ayrı yerden sertlik değeri alınarak, malzemenin ortalama sertliği belirlenmiştir. Sertlik değerleri TS-1137'ye uygun olarak uç demirlerinin kesici ucundan itibaren 70 mm ye kadar bir mesafeden alınmıştır.

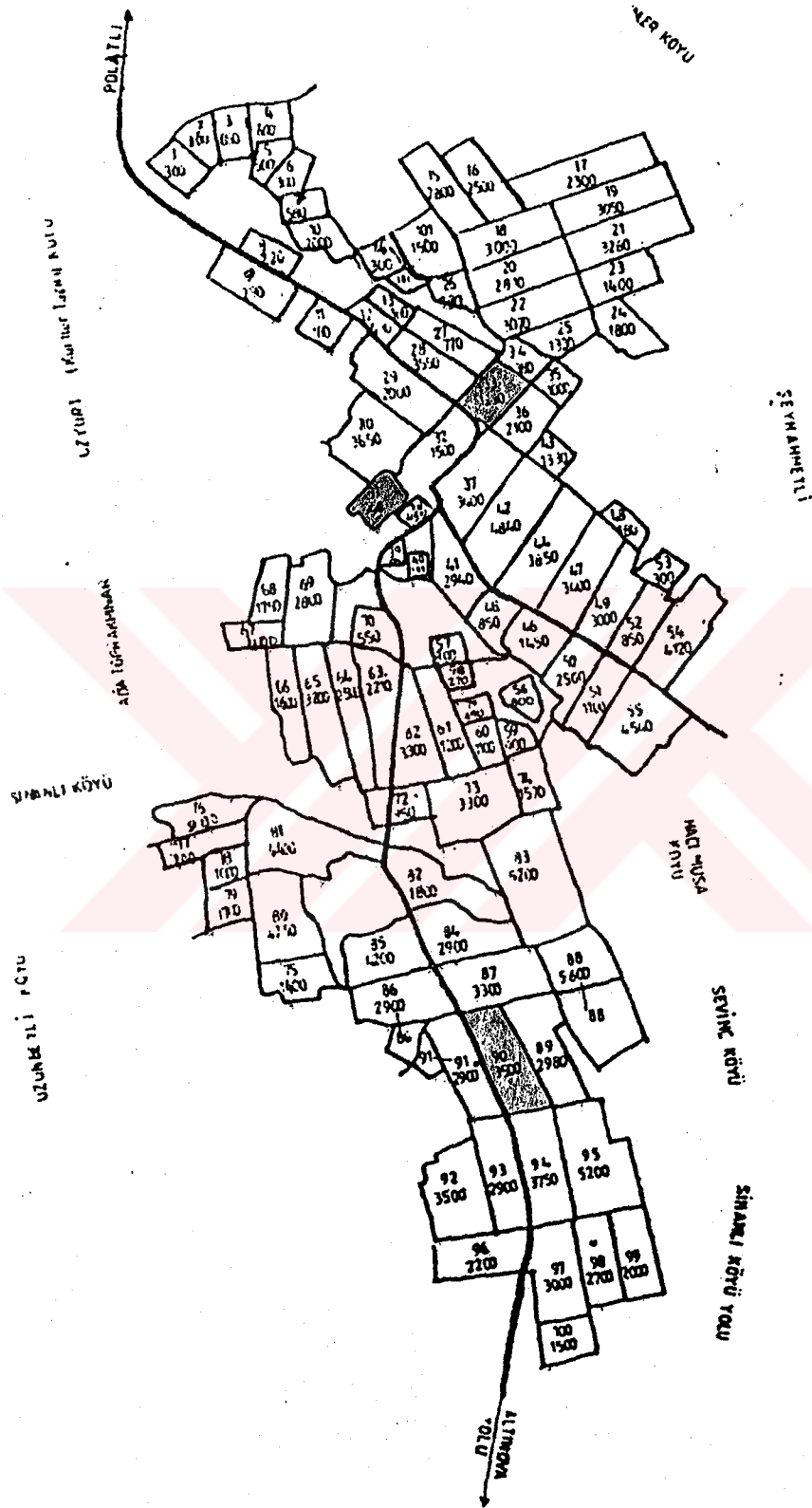
**Deney Parselleri:** Tarla deneylerine Polatlı Tarım İşletmeleri Çiftliğine bağlı ve Şekil 3.2 de gösterilen haritada belirtilen 33 numaralı tarlada, 1992 İlbahar sürümlerinde başlanmıştır. İlk deneyde kullanılan toplam deney alanı 800 dekar olup, bu alan 100 dekarlık 8 parsel bölünerek numaralandırılmıştır. Çiftlik Müdürlüğünden temin edilen 4 gövdeli pulluklu 8 traktörün herbiri 100'er dekar alan sürmüştür.

Birinci deneme işlemi tamamlandıktan sonra aynı haritada belirtilen 31 nolu parselde aynı uç demirlerinden 5 grubu ile 2.kez 100'er dekarlık toplam 500 dekar tarla daha sürülmüştür. 1 ve 2 inci deneylerdeki toprak, % 25 kum, % 28 silt, % 47 kilden meydana gelmekte bünye kil, topraktaki nem ortalaması ise % 27.92 olarak belirlenmiştir. 1993 yılı ilkbaharında, 3.kez 90 nolu parselde 250 ve 300 dekarlık toplam 550 dekar tarla daha sürülmüş ve 3.deneyde de yukardaki işlemler tekrarlanmıştır. Bu de-

nemelere ilişkin toprak % 30.6 kum, % 28 silt, % 41.4 kil, bünye killi tın ve nem ortalaması % 21.3 olarak belirlenmiştir.



# POLATLI TARIM İŞLETMESİ



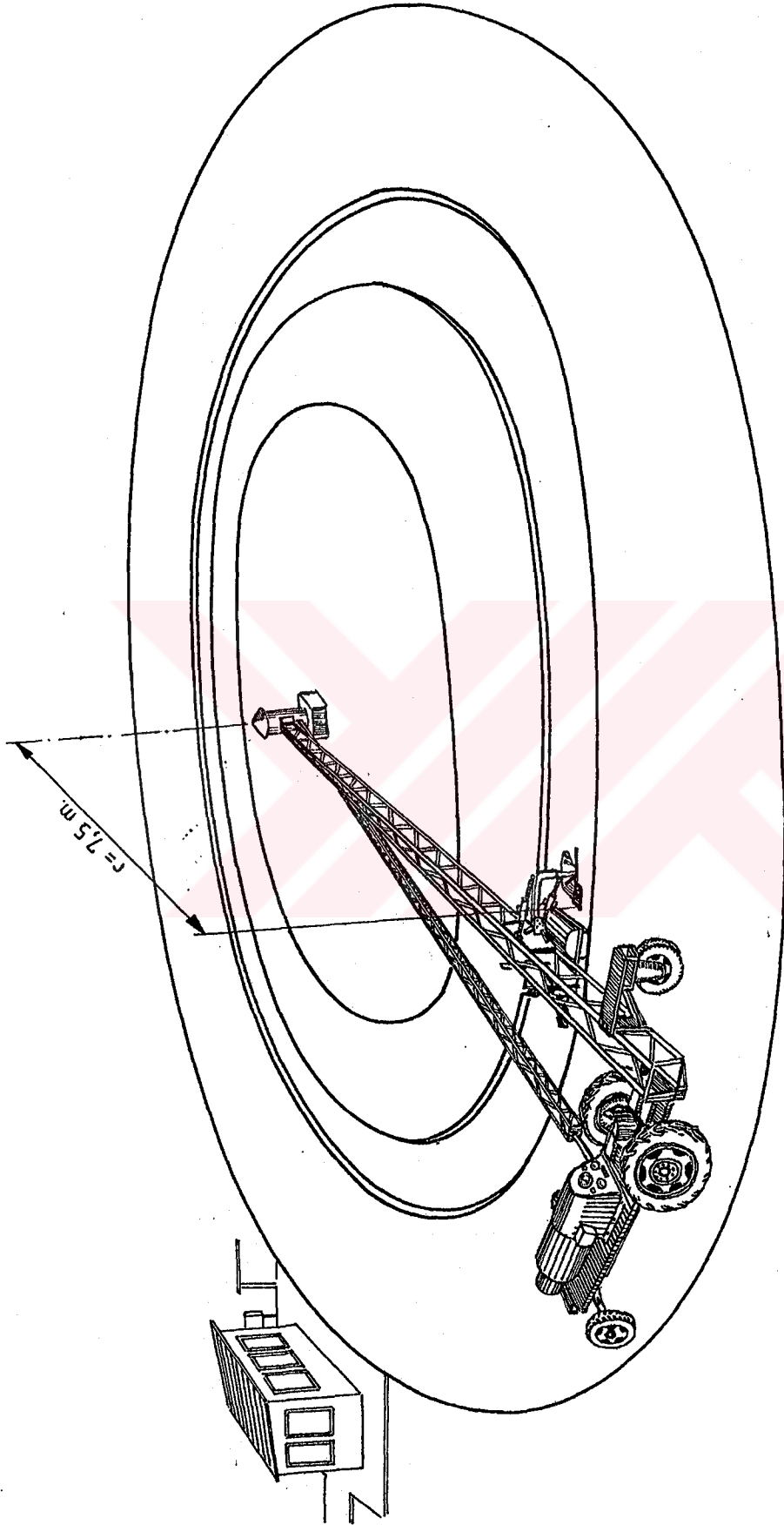
Şekil 3.2. Polatlı tarım işletmesi haritası

### 3.1.2 Kum Havuzu

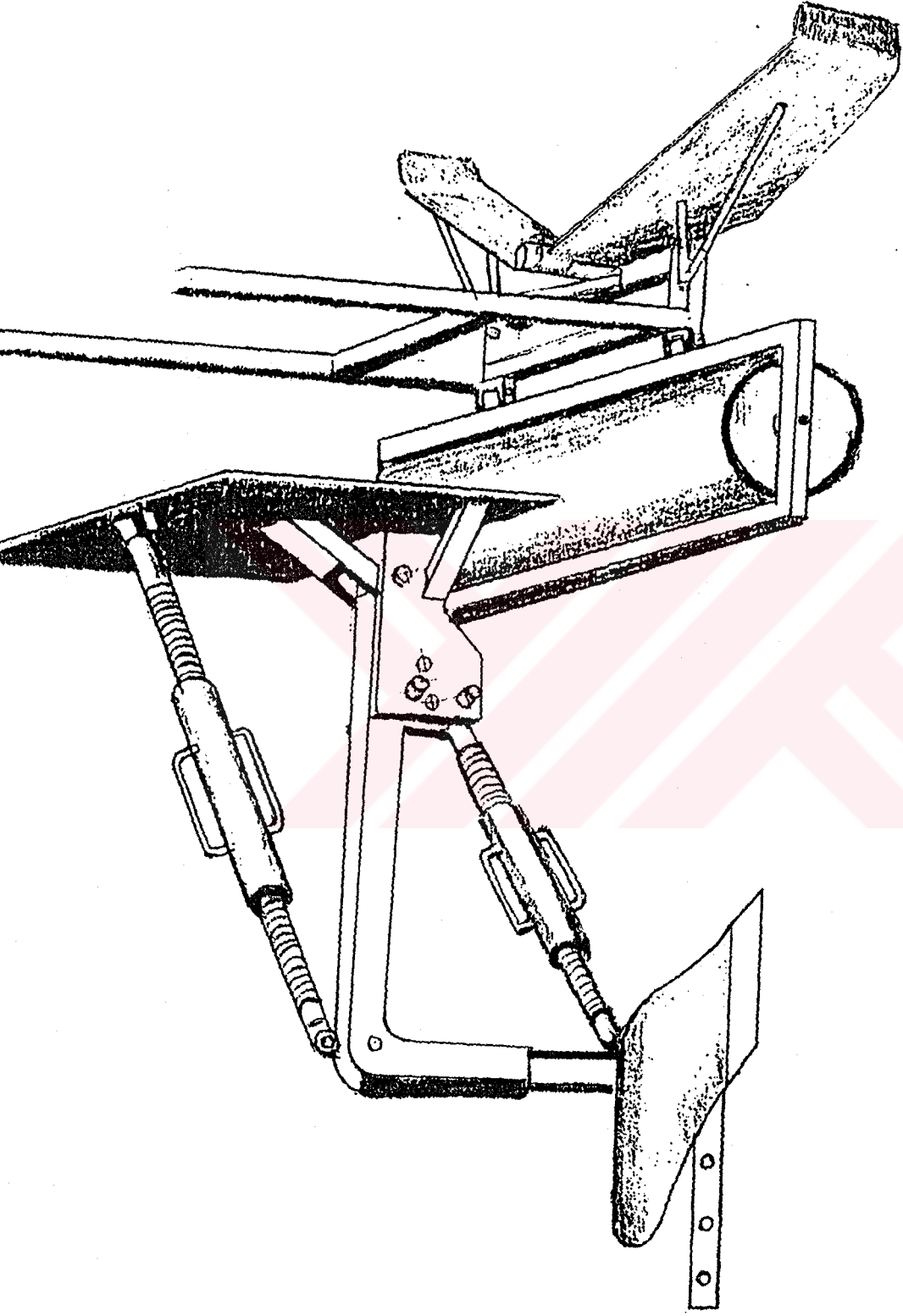
Tarla denemelerinin yanısıra, nitelikleri belirlenmiş uç demirleri tarla denemelerinde kullanılmakta olan bir pulluk gövdesi ile birlikte, ayarlanabilir kollarla, kum havuzunda aşınma denemesine alınmıştır. Köyişleri Bakanlığı, Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezinde bulunan havuz, ortalama daire çapı 15 m olan 80 cm. derinliğinde, 120 cm genişliğinde dikdörtgen kesitli dairesel bir kanaldır.

Kanal içindeki ekipman Şekil 3.3' de gösterildiği gibi bir ucu kanal merkezine tesbit edilmiş çeki konsoluna bağlı, hızı mekanik ve elektriksel olarak ayarlanabilen, 4 tekerlekli bir elektrikli traktör tarafından hareket ettirilmektedir. Aynı düzen tarım arabalarının yol deneylerinde de kullanılmaktadır. Traktörün havuz etrafındaki dönüşü, bir elektrikli numaratör ile saydırılmıştır. Traktörün ilerleme hızı tarla deneylerine uydurulmak amacıyla mevcut kontrol olanaklarıyla ancak 5.8 km/h e ayarlanabilmiştir.

Deneme sırasında pulluk tarafından bir tarafa aktarılan kumun tekrar eski yerine getirilerek üst seviyesinin düzeltilmesi için Şekil 3.4 de gösterilen düzenek yapılmıştır. Burada özellikle uç demirinin traktör askı sistemindeki gibi bağlanmasına özen gösterilmiştir. Denemede kullanılan kum havuzu, % 72 kum, % 20 silt, % 8 kil, bünye killi kum, nem ortalaması ise % 8.1 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.3. Kum havuzu kroki resmi



Şekil 3.4. Kum havuzundaki pulluk sistemi

## 3.2 Metotlar

### 3.2.1. Aşınmanın Ölçülmesi

Uç demirlerinin aşınma miktarları ağırlık cinsinden bulunmuştur. Bunun için herbir uç demiri numaralanmış ve günlük sürümden sonra sökülüp fırça ile yıkanıp 1 g.hassasiyetinde elektronik terazi ile tartılıp, tekrar söküldüğü gövdeye takılarak bir sonraki günkü çalışmaya hazırlanmıştır. Her deneme günü sonunda kaybolan ağırlıklara karşı gelen sürüm alanları, jalon ve şeritmetre ile ölçülerek belirlenmiştir. Pulluk 4 gövdeli olduğundan aşınma, 4 gövde için ölçülen işlenmiş alanın 1/4'üne karşılık gelecek şekilde bir tek uç demiri için g/da cinsinden hesaplanmıştır. Ölçme işlemleri, deneme parsellerinin tümü bitene kadar günlük olarak devam edilmiş ve gövde yerinin aşınım üzerindeki etkinliğini belirleyebilmek için, konu olan uç demirleri daima ilk yerlerinde çalışmıştır. Aşınma ölçmeleri 1992 ve 1993 İlkbahar sürümlerinde toplam 1850 dekarlık alan üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Kum havuzunda yürütülen aşınma ölçmelerinde de aynı yöntem uygulanmıştır. Burada, tarla denemelerinde kullanılan uç demirlerinde 20 adedi rastgele seçilerek ilk altı adedi (B ,D ,E ,G ,K ,L kodlu uç demirleri) ile 4-27 dekar arasında değişen alanlar aşınma temayüllerinin sağlıklı bir şekilde belirlenebilmesi için sürülmüştür. Aşınmalar her yüz turda bir tartılarak kayıt edilmiştir. Kum havuzundaki deney sisteminde bir uç demiri ile 25 dekarlık bir alan sürebilmek için sistemin 1768.4 tur dönmesi gerektiği hesaplanmıştır. Bu süre içerisinde kumda ve deneme düzeninde oluşacak farklar göz önüne alınarak ilk altı uç demirinden elde edilen veriler doğrultusunda deneme alanları 3 dekara karşılık olmak üzere 215 devir dündürülerek aşınmalar beher dekar için gram cinsinden belirlenmiştir.

Her uç demiri, denemenin ilk iki turunda kum havuzunun tabanında meydana gelen sert tabakayı kırmak için 30 cm derinlikte işlenip daha sonra normal 20 cm derinlikte çalışmaya devam edilmiştir. Kaynaklı uç demirlerinin denenmesi için sertlik değerleri farklı olan 16 adet uç demiri kullanılmıştır. Kaynaksız olarak yapılan deneme çalışmalarındaki şartlar aynen uygulanmaya çalışılmış ve her bir uç demiri ile 215 tur, diğer bir ifadeyle 3 dekarlık bir alan sürülmüştür. Çalışmada kumun nemi kontrol edilerek olanaklar ölçüsünde sabit tutulmaya çalışılmıştır.

### 3.2.2. Aşınmanın Görüntülenmesi

Denemede kullanılan uç demiri malzemelerini incelemek ve aşınma izlerini görüntülemek amacıyla, uç demirlerinin kesici kenarlarından yaklaşık 15 x 15 mm.lik test numuneleri; "CHARMILLES D 20" marka elektroerozyon tezgahında kesilerek hazırlanmıştır. Kesilen numuneler önce taşlanıp daha sonra 240-1200#SiC zımpara ile zımparalandıktan sonra 1µm luk elmas pasta ile yüzey parlatması yapılmıştır.

Dağlayıcı olarak pikral (10 gr pikrik asit + 100 ml metanol) ve Nital (5 ml HNO<sub>3</sub> + 100 ml metanol) kullanılmıştır. Ç-1060 malzeme nital ile diğer malzemeler ise pikral ile yaklaşık 10 saniye dağlanmıştır. Optik inceleme ve mikro-fotoğraflar için PME OLYMPUS mikroskop kullanılmıştır. Uç demirlerinin mikro yapıları PME OLYMPUS optik inceleme mikroskobu ile çalışarak aşınan kenarlardaki durum ise TOBCON ABT 60 Tarama Elektron Mikroskobu ile görüntülenmiştir.

### 3.2.3. Toprak Tekstürü ve Nem Tayini

Denemelere ilişkin parselasyon işlemi tamamlandıktan sonra tekstür tayini için; her iki tarlanın değişik yerlerinden ayrı ayrı olmak üzere 30-60-90 cm derinliklerden 2 kg'lık topraklar alınıp tartıldıktan sonra numune kutularının ağzı hava almayacak şekilde bantlanmıştır. Nem tayini için ise her parselden ve her deney günü ayrı ayrı olmak üzere 20 cm derinlikten alınan topraklar daraları daha önceden alınan numune kaplarına konularak ağızları hava almayacak şekilde bantla kapatılmıştır. Her iki numune alma işleminde de her tarlanın ve parsellerin değişik yerlerinden standartlara uygun olarak alınan topraklar ayrı kaplarda karıştırıldıktan sonra numune kutularına konulmuştur.

Numune alma işleminde, aslına uygun olarak yapılan deney küreği ve burgu kullanılmıştır. Alınan numunelerin tekstür ve nem tayini ise Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Lodumlu Merkez Araştırma Enstitüsü Laboratuvarlarında Bovyous hidrometre ve gravimetrik metot ile yapılmıştır. Kumun tekstür ve nem tayini de aynı kurumda aynı metodla yaptırılmıştır.

### 3.2.4. Değerlendirme Metotları

Denemelerden elde edilen aşınma miktarları ile uç demiri sertlikleri arasındaki ilişkiler "Tech. Graph. Pad" adlı istatistik paket programla incelenmiştir. Bunlar içinde yüksek korelasyon katsayısını veren ve anlamlı olan ilişkiler alınmıştır. Ayrıca deneme sonuçları Varyans ve Duncan analizine de tabi tutulmuştur.

## 4. DENEYSEL SONUÇLAR

### 4.1. Tarla Aşınma Deneme Sonuçları

#### 4.1.1 A,B,C,D Deney Kodlu Uç Demirlerinin Aşınma Denemeleri

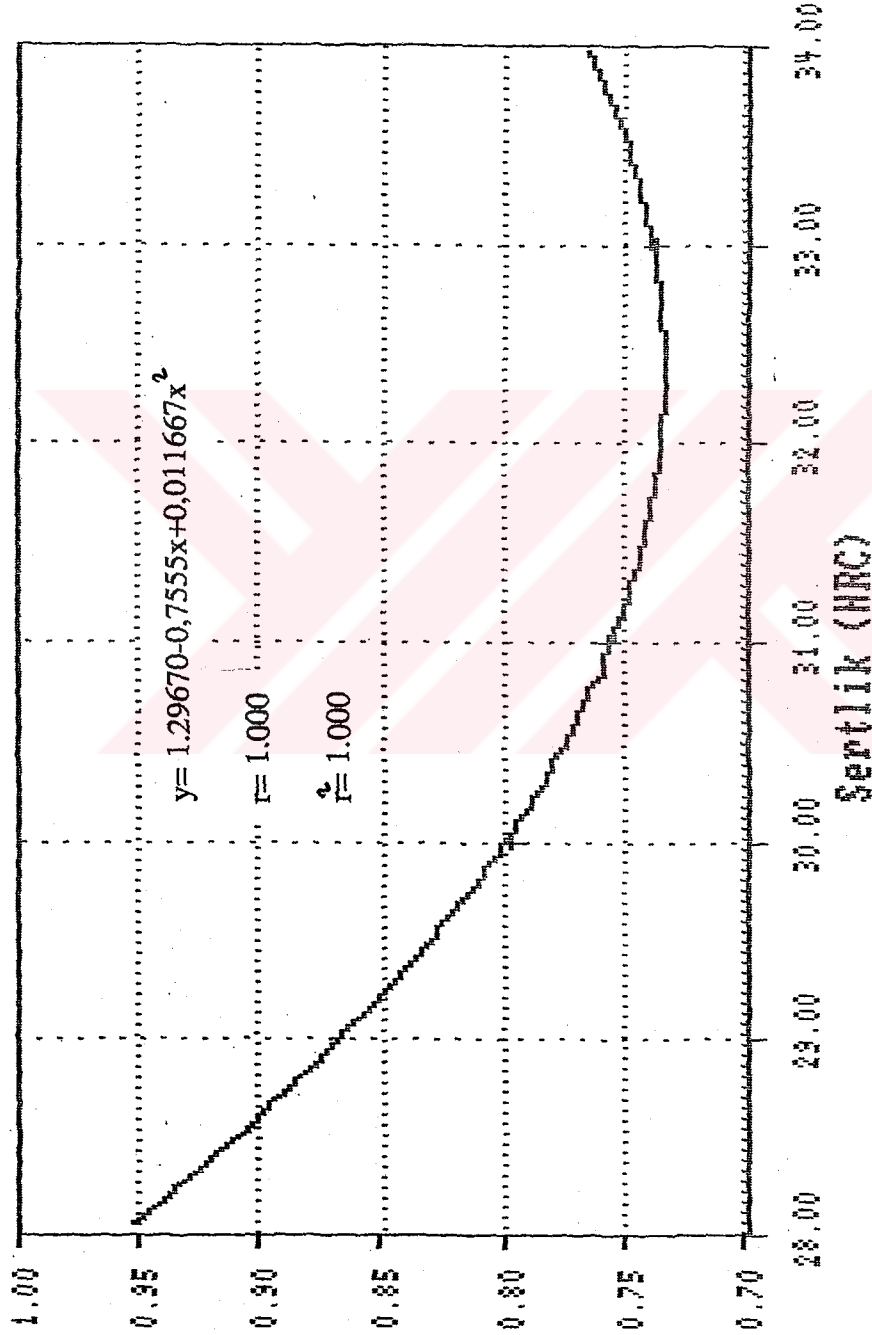
Özel firmadan mamul olarak temin edilen Erdemir 3260 malzemesinden yapılan 8 adet uç demiri ile TZDK dan mamul olarak temin edilen uç demirlerinden 8 adet olmak üzere toplam 16 uç demirine herhangi bir işlem yapılmadan denemede kullanılmış ve aşınmaya ilişkin veriler topluca Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. A,B,C,D Uç demirlerine ilişkin aşınma sonuçları

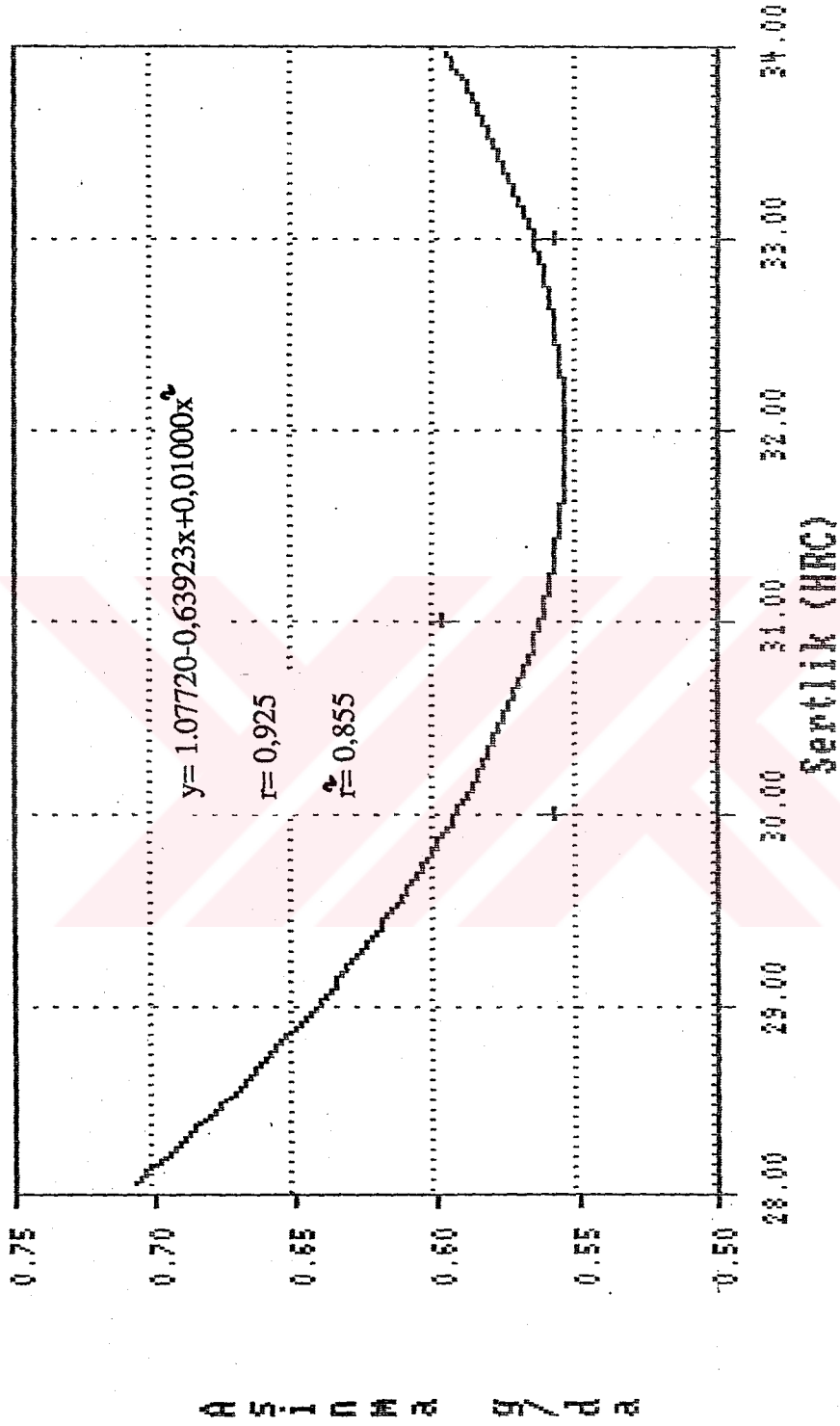
Deney Kodu	İ.A..	S.A.	T.A. g..	D.A.da	B.D.D A.g.:	HRC
A1	5012	4975	37	200	0.74	33
A2	4925	4897	28		0.56	
A3	4956	4930	26		0.52	
A4	5064	5031	33		0.66	
B1	4977	4953	24	100	0.96	28
B2	4971	4953	18		0.72	
B3	4971	4954	17		0.68	
B4	4991	4970	21		0.84	
C1	4064	4034	40	200	0.80	31
C2	3901	3873	28		0.56	
C3	4055	4029	26		0.52	
C4	3895	3862	33		0.66	
D1	4044	4025	19	100	0.76	30
D2	4021	4006	15		0.60	
D3	4029	4015	14		0.56	
D4	4069	4051	18		0.72	

- D.K. : Deney kodu  
 İ.A. : İlk ağırlık (g)  
 S.A. : Son ağırlık (g)  
 T.A. : Toplam aşınma (g)  
 D.A. : Deney alanı (dekar)  
 B.D.D.A. : Bir dekara düşen aşınma g/uç demiri

Tablo 4.1.den de anlaşılacağı üzere bu deneyde kullanılan A,B,C,D kodlu uç demirlerinin sertlikleri 33,28,31 ve 30 HRC dir. Yapılan ölçüm sonuçlarından bu deney grubunda en az aşınmanın en sert (33 HRC) uç demiri olan A grubunda olduğu, buna karşın en fazla aşınmaya en yumuşak grubun (28 HRC) maruz kaldığı görülmektedir. Sertlik-aşınma ilişkileri Şekil 4.1 ile 4.7 de gösterilmiştir.

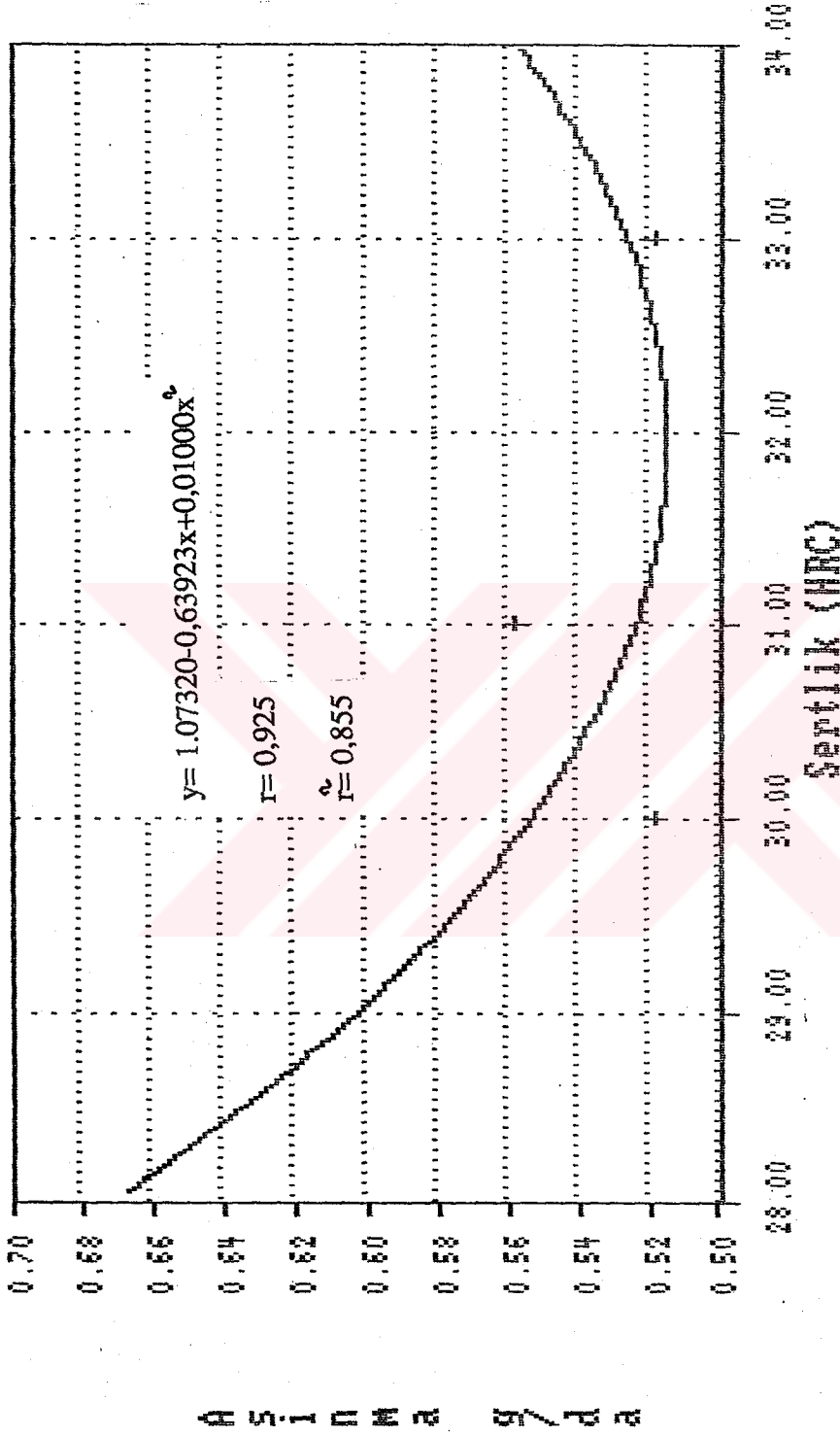


Şekil 4.1. Tarla şartlarında A,B,C,D uç demirlerinin 1. gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi



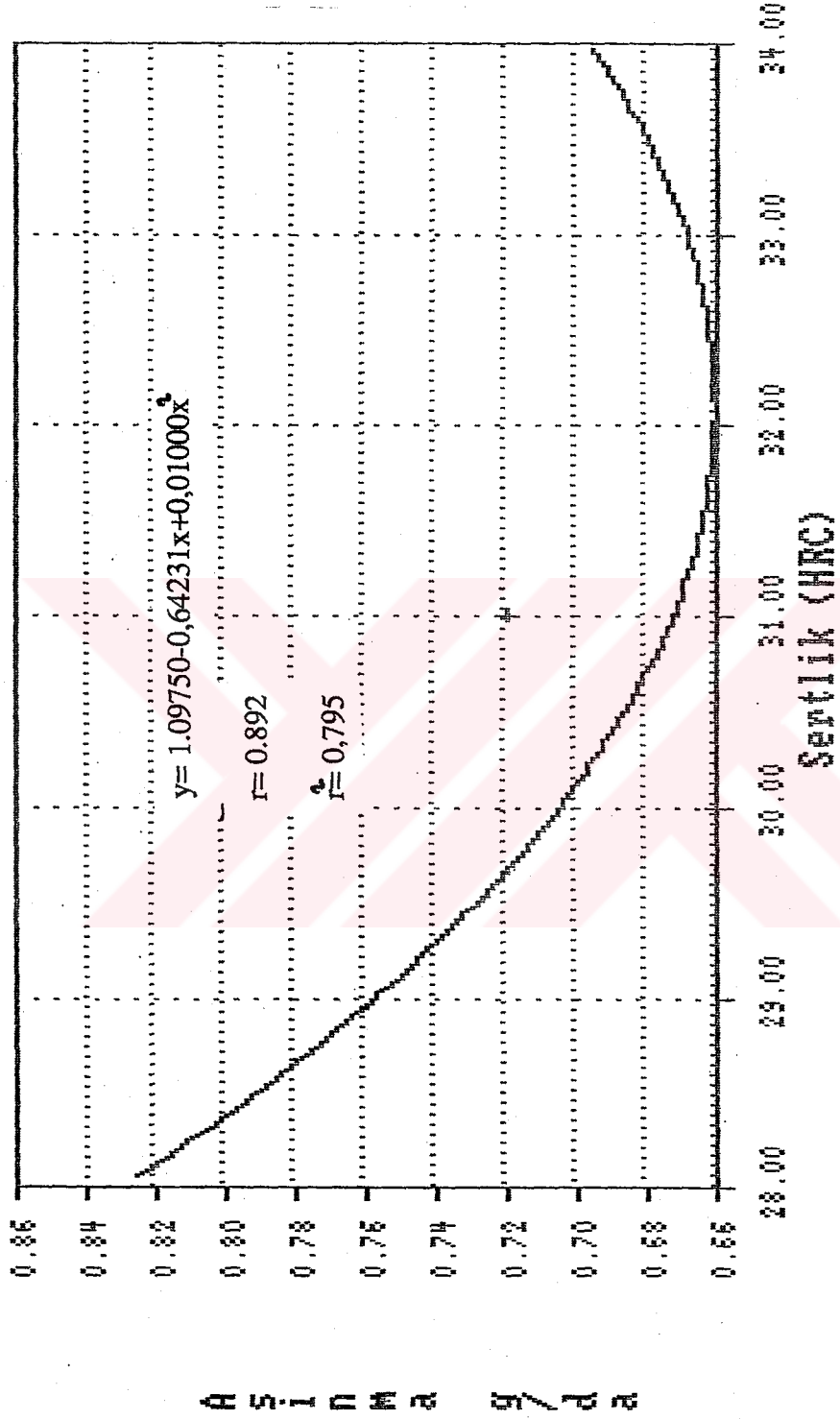
Şekil 4.2. Tarla şartlarında A,B,C,D uç demirlerinin

2.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi

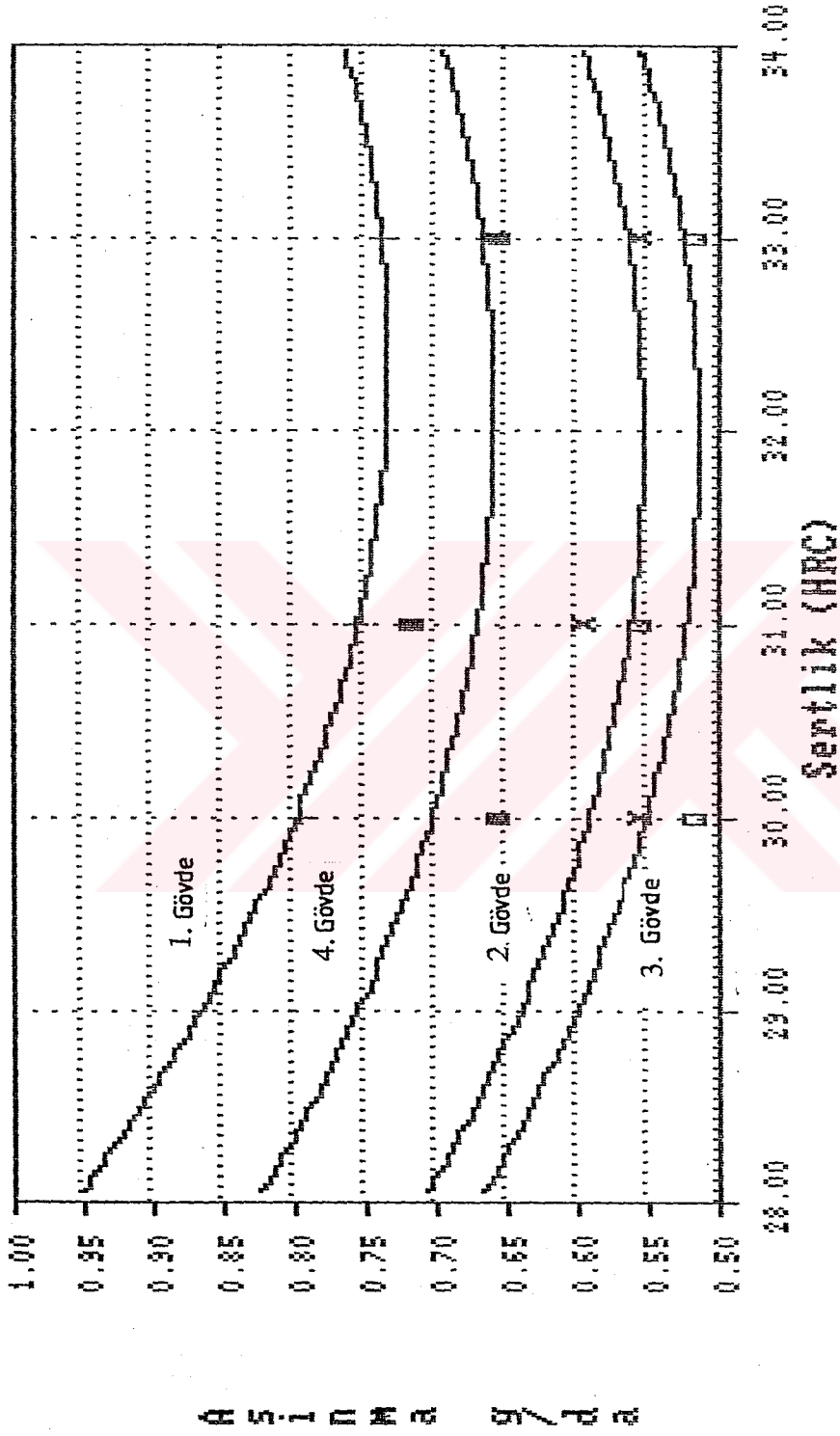


Şekil 4.3. Tarla şartlarında A,B,C,D uç demirlerinin

3.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi

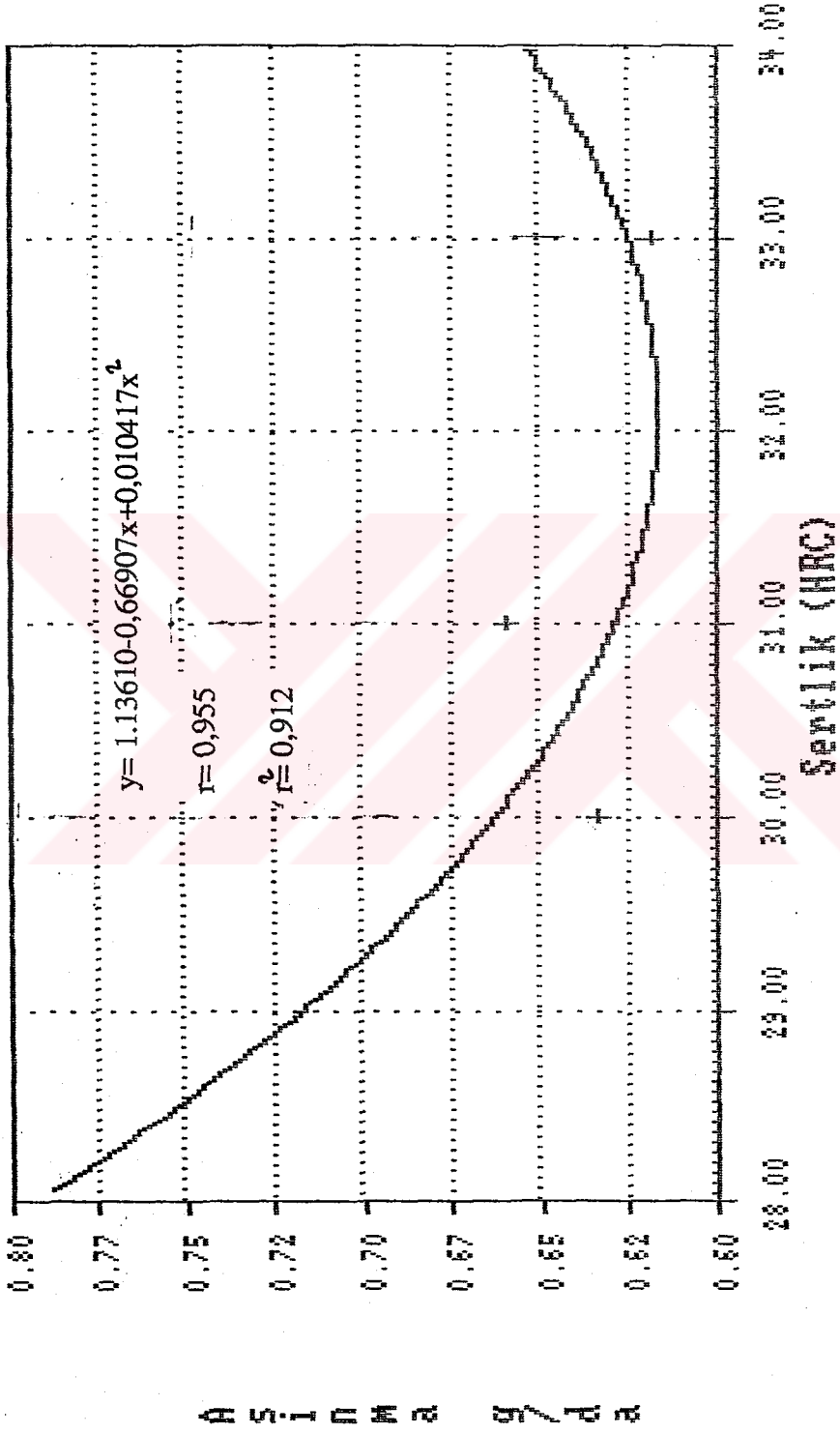


Şekil 4.4. Tarla şartlarında A,B,C,D uç demirlerinin  
4.gövdelere sertlik-aşınma ilişkisi



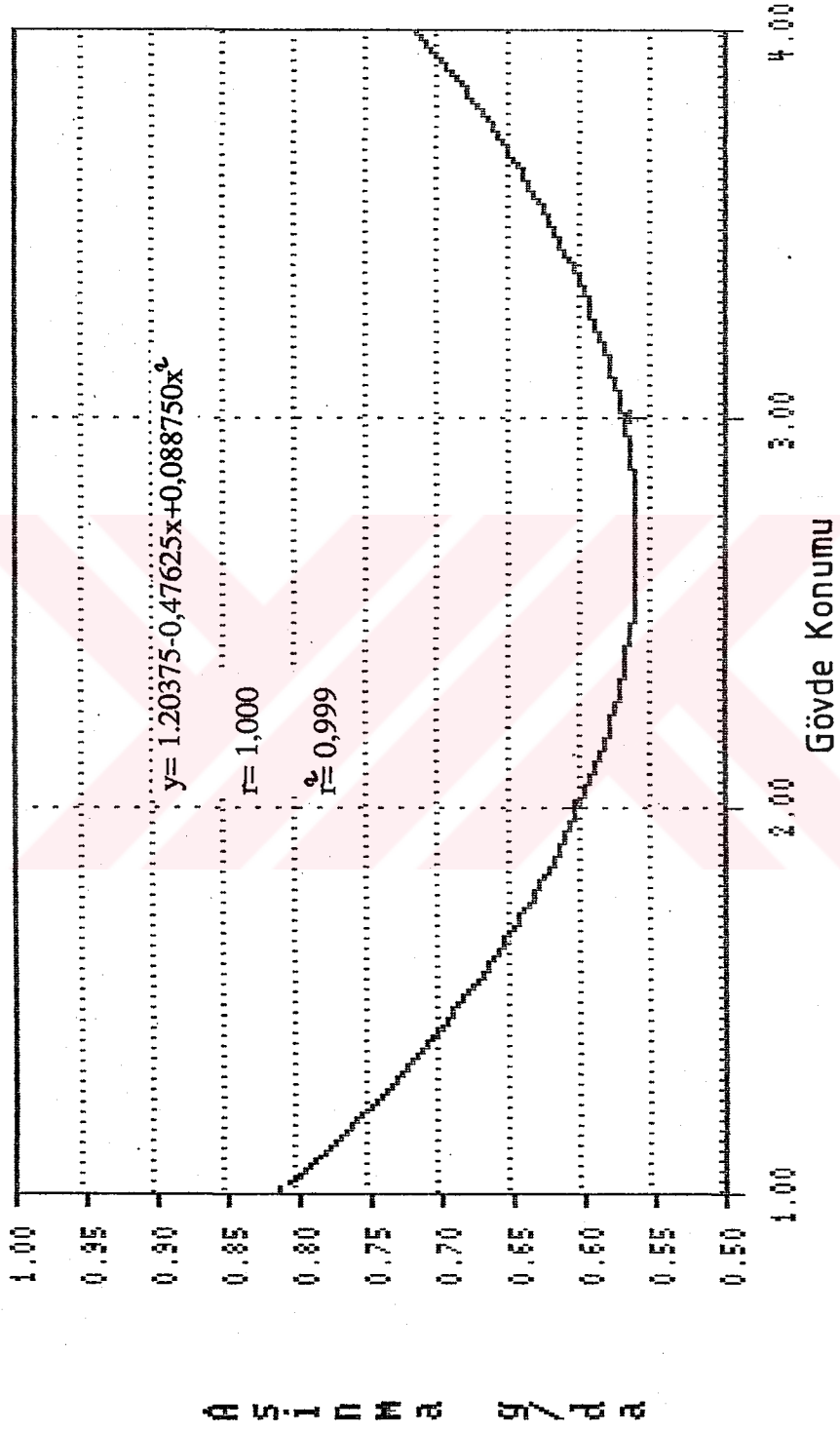
Şekil 4.5. Tarla şartlarında A,B,C,D uç demirlerinin 1-2-3 ve

4.gövdelei arasındaki sertlik-aşınma ilişkisi



Şekil 4.6 Tarla şartlarında A,B,C,D uç demirlerinin 1-2-3 ve

4.gövde ortalamaları arasındaki sertlik-aşınma ilişkisi



Şekil 4.7. Tarla şartlarında A,B,C,D uç demirlerinin gövde ko-  
numu-aşınma arasındaki ilişkisi

#### 4.1.2. E,F,G,H,K,L Deney Kodlu Uç Demirlerinin Aşınma Denemeleri

Erdemir 3260 TZDK ve Ç-1060 çeliklerinden imal edilen mamul ve yarı mamul 24 uç demirine normalizasyon, gerilim giderme, sertleştirme ve meneviş verme işlemleri uygulandıktan sonra tarla şartlarında denenerek bunlarla ilgili deney sonuçları Tablo 4.2. de verilmiştir. Her iki tarla denemesinde de sertliğe bağlı olarak uç demirlerinde meydana gelen aşınmaların gövdeler arasındaki ilişkileri Şekil 4.8-4.14'de gösterilmiştir.

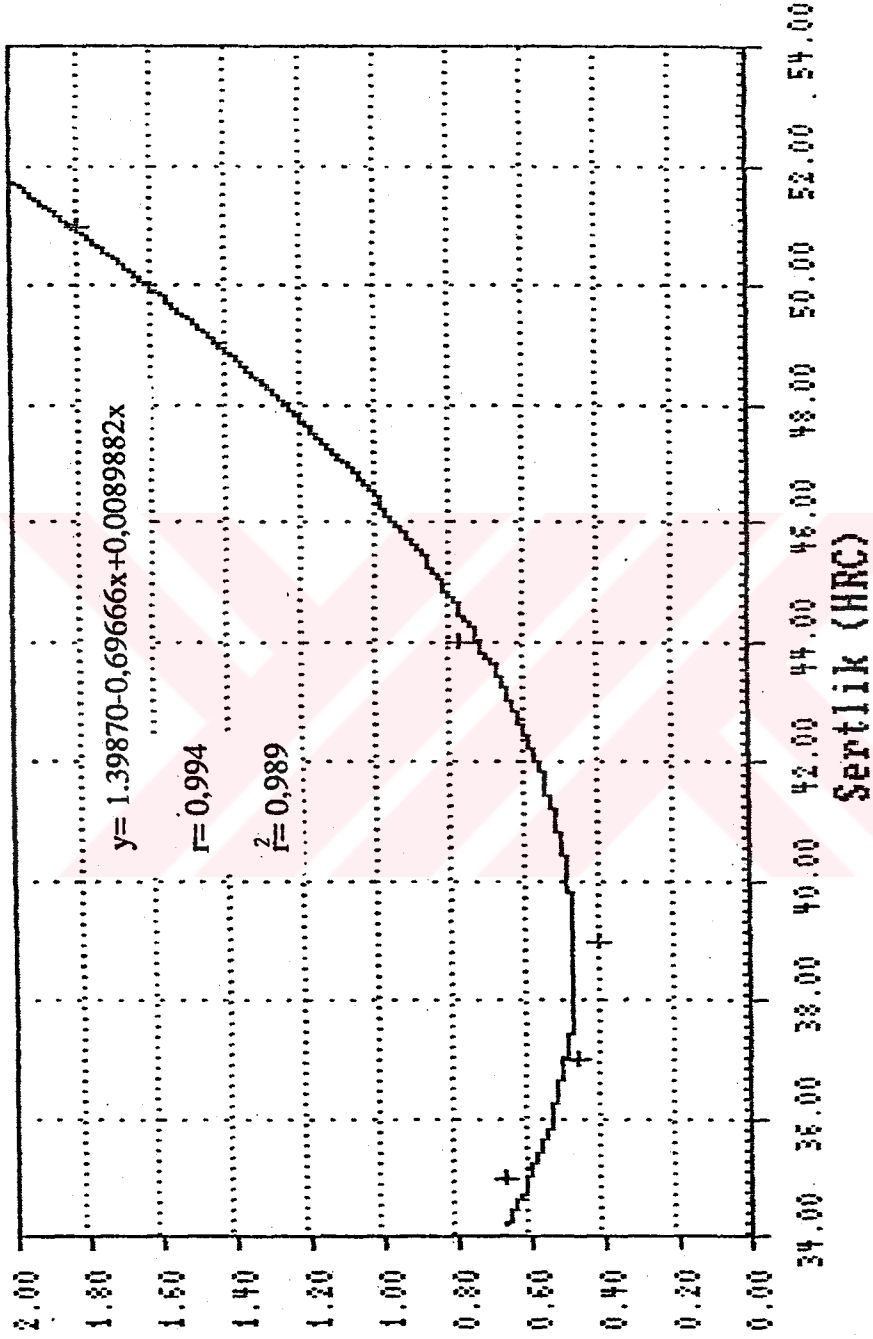
Tablo 4.2 de de görüldüğü gibi ısıtma işlemi sonrası E,F,G,H,K ve L uç demirlerinin sertliği sırasıyla 39, 34, 35, 37, 51 ve 44 HRC dir. Bir dekara düşen aşınma, en yumuşak ve en sert malzemelerde en fazla olurken orta sertlikteki uç demirlerinde özellikle 39 HRC de en az aşınma meydana gelmiştir. Şekil 4.15 ve 4.16 da en az aşınma gösteren (39 HRC) Erdemir 3260 uç demirinin optik mikroyapısı ve tarama elektron mikroskobu ile yüzeyde meydana gelen aşınma görüntülenmiştir. Aşınmanın orta sertlik seviyesinde azalması, önce sertlik ölçme hatası olarak değerlendirildiğinden, 51 HRC sertliğindeki uç demiri ile yapılan deneysel çalışma durdurularak uç demirleri çiflikten Ankara'ya getirilmiş ve tüm sertlik ölçmeleri yenilenerek ilk değerlerin doğruluğu onaylanmıştır. Ancak devam eden kuşku nedeniyle bir kezde 51 HRC sertliğindeki 4 adet uç demirlerinin sertlikleri işlem yaptırılan kuruluştaki 44 HRC ye indirilerek tekrar deneme ortamına dönülmüş ve 51 HRC de belirlenen aşınmanın, 44 HRC'de % 50 yaklaşan oranda azaldığı belirlenmiştir.

Tarlada denemeye tabi tutulan her iki uç demiri grubunda da uç demirlerinin pulluktaki konumları ve sertlikleri aynı olmak şartı ile önden arkaya doğru aşınma azalmış ancak 4 nolu uç demiri birinci uç demirinden az diğer ikisinden daha fazla aşınmıştır. Bunun nedeni 4. gövdenin traktörün izinde basılmış toprakta hareket ediyor olmasına bağlanmıştır.

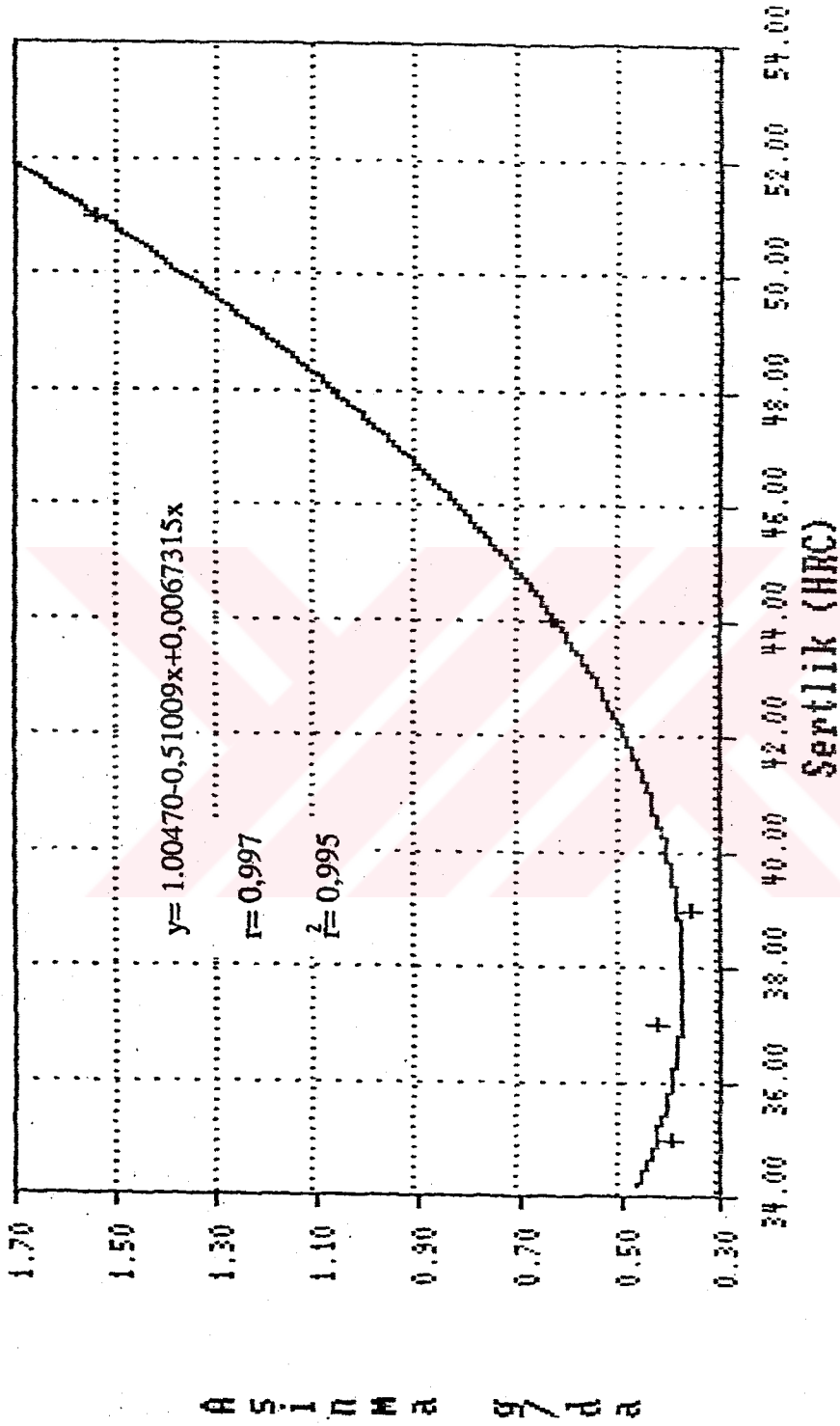
Tablo 4.2. E,F,G,H,K,L uç demirlerine ilişkin aşınma sonuçları

D.K.	İ.A.g	S.A.g	T.A.g	D.A.da	B.D.D.A.g	HRC
E1	4882	4861	21	200	0.42	39
E2	5052	5034	18		0.36	
E3	4912	4895	17		0.34	
E4	5048	5027	21		0.42	
F1	4858	4892	34	200	0.68	34
F2	4885	4860	25		0.50	
F3	4925	4901	24		0.48	
F4	4855	4823	32		0.64	
G1	4012	3978	34	200	0.68	35
G2	3923	3903	20		0.40	
G3	4038	4014	24		0.48	
G4	4038	4006	32		0.64	
H1	4050	4038	12	100	0.48	37
H2	4212	4201	11		0.44	
H3	4132	4121	11		0.44	
H4	4257	4246	11		0.44	
K1	3411	3274	137	300	1.82	51
K2	3664	3548	116		1.54	
K3	3561	3449	112		1.49	
K4	3485	3362	123		1.64	
L1	3581	3526	55	250	0.88	44
L2	3452	3412	40		0.64	
L3	3498	3462	36		0.57	
L4	3456	3406	50		0.80	

- D.K. : Deney kodu  
İ.A. : İlk ağırlık (g)  
S.A. : Son ağırlık (g)  
T.A. : Toplam aşınma (g)  
D.A. : Deney alanı (dekar)  
B.D.D.A. : Bir dekara düşen aşınma g/uç demiri

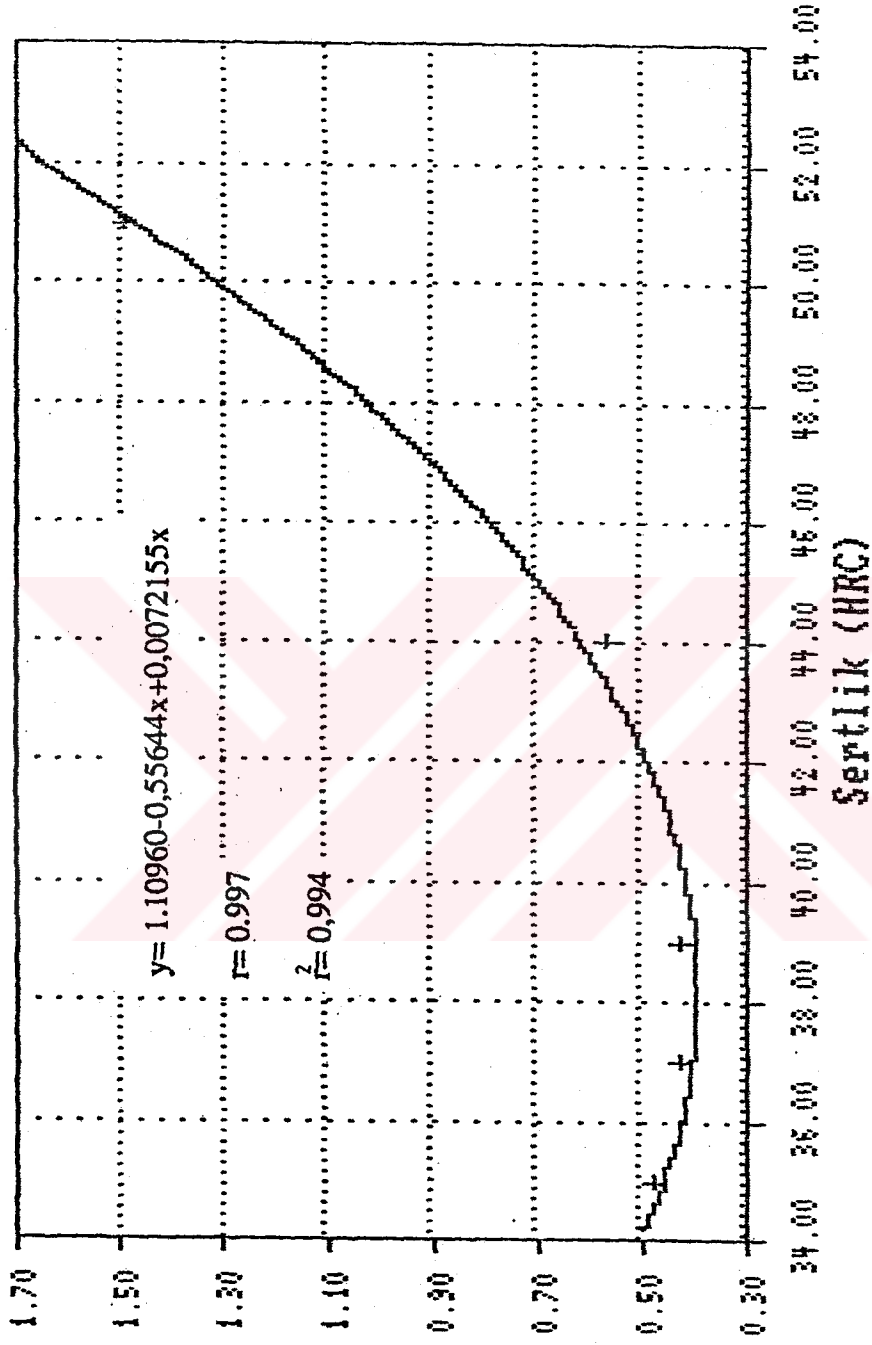


Şekil 4.8. Tarla şartlarında E,F,G,H,K,L uç demirlerinin 1.gövdelere sertlik-aşınma ilişkisi



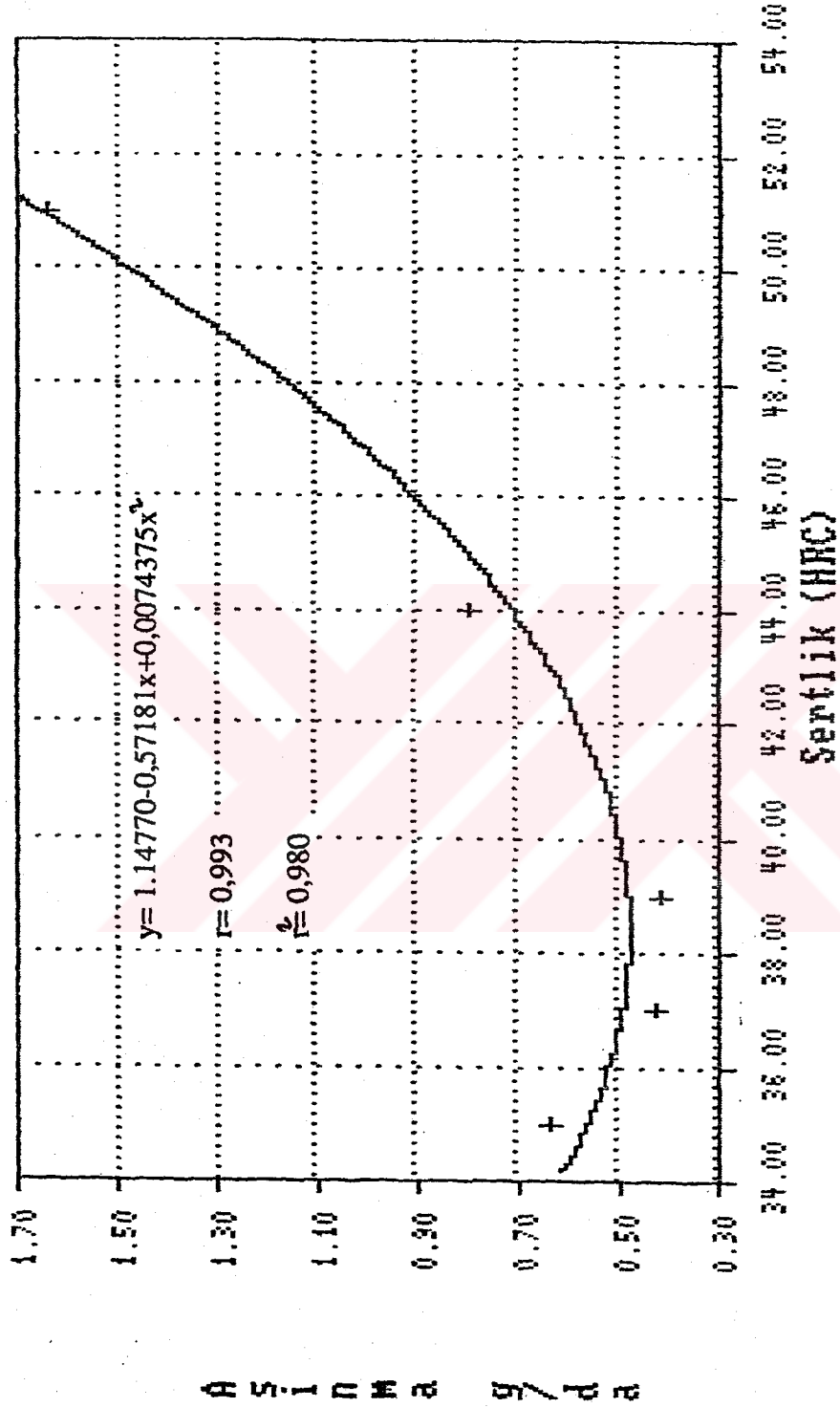
Şekil 4.9. Tarla şartlarında E,F,G,H,K,L uç demirlerinin  
2.gövdelelerinde sertlik-aşınma ilişkisi

A S I N M a g / d a



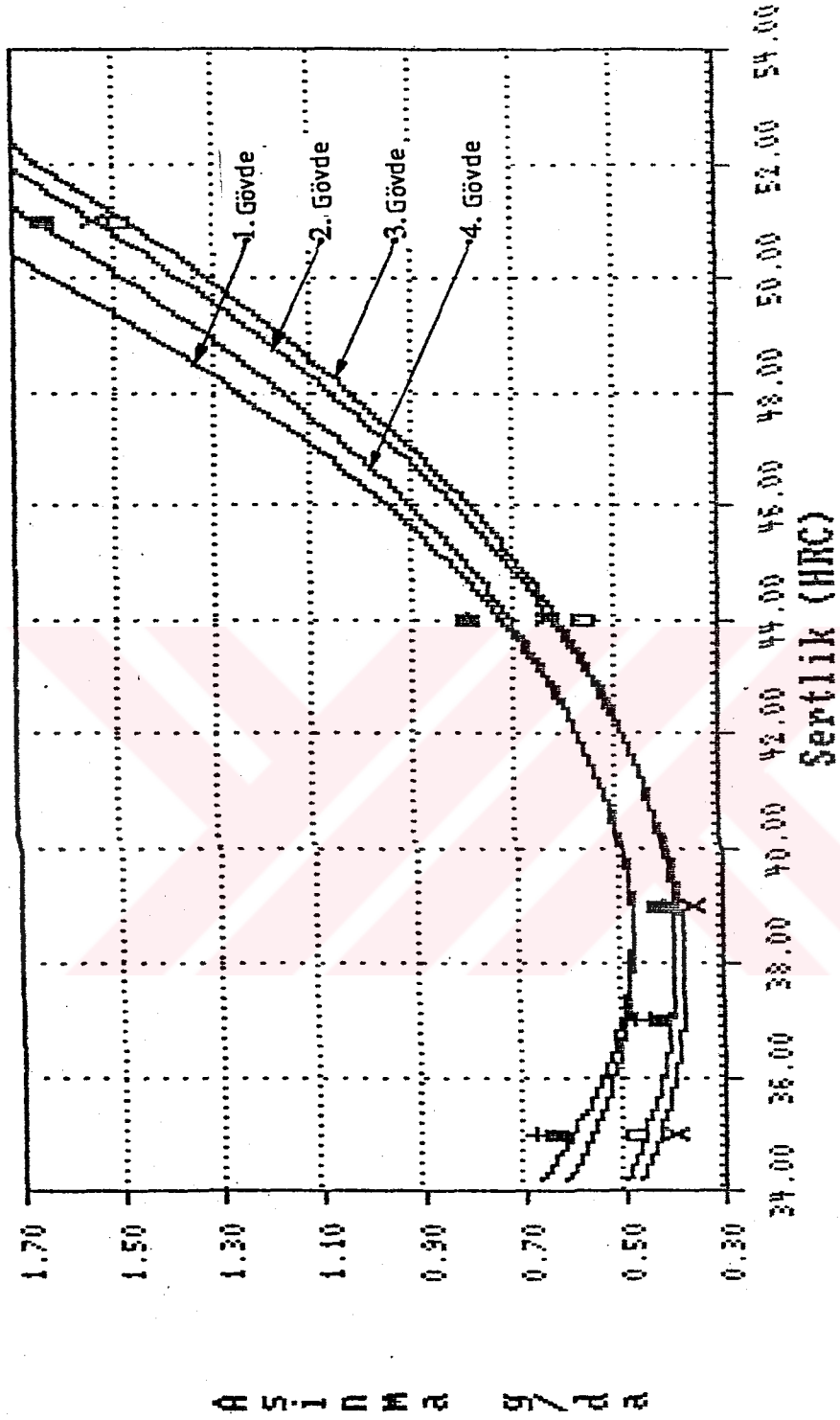
Şekil 4.10. Tarla şartlarında E,F,G,H,K,L uç demirlerinin

3.gövdelelerinde sertlik-aşınma ilişkisi



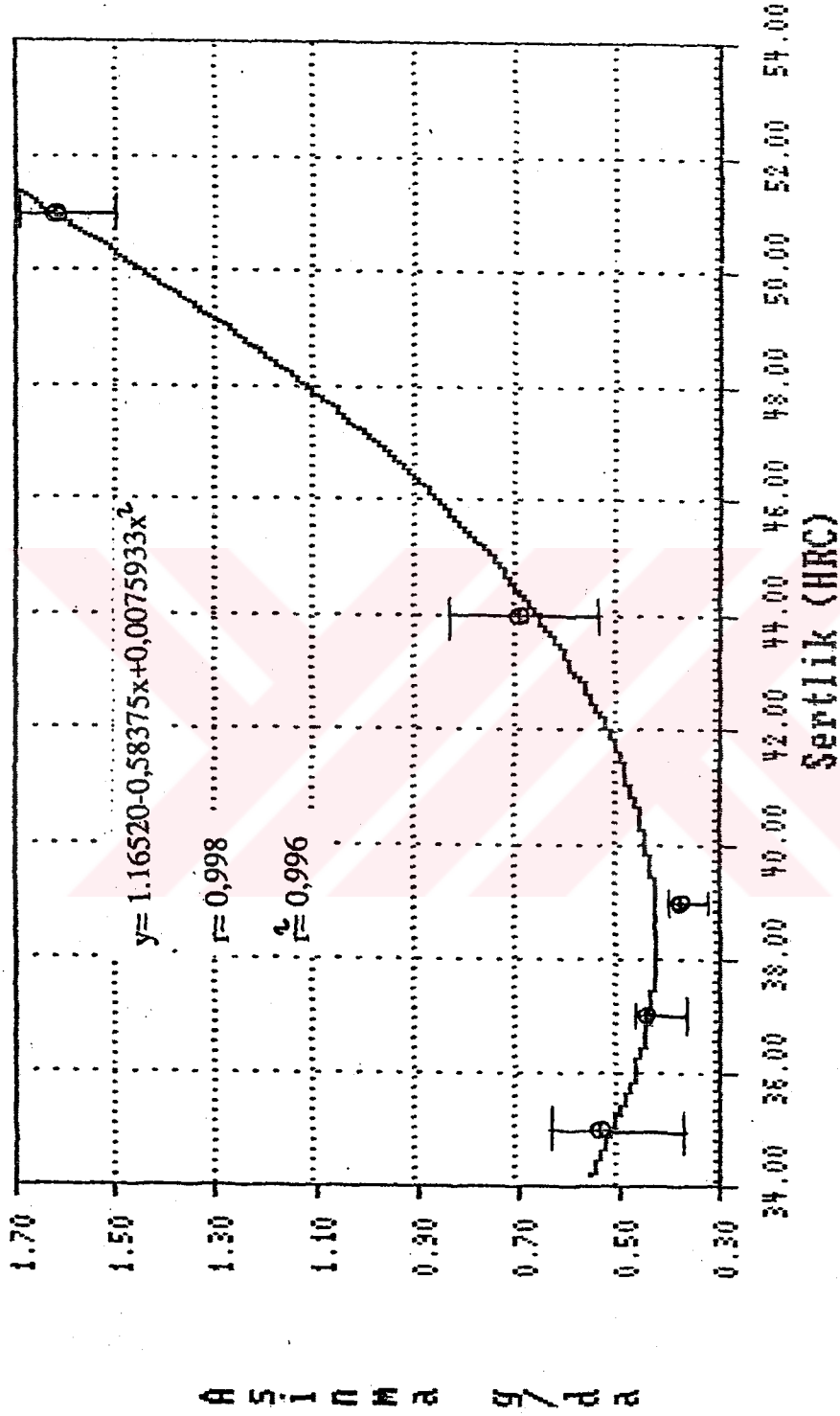
Şekil 4.11. Tarla şartlarında E,F,G,H,K,L uç demirlerinin

4.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi

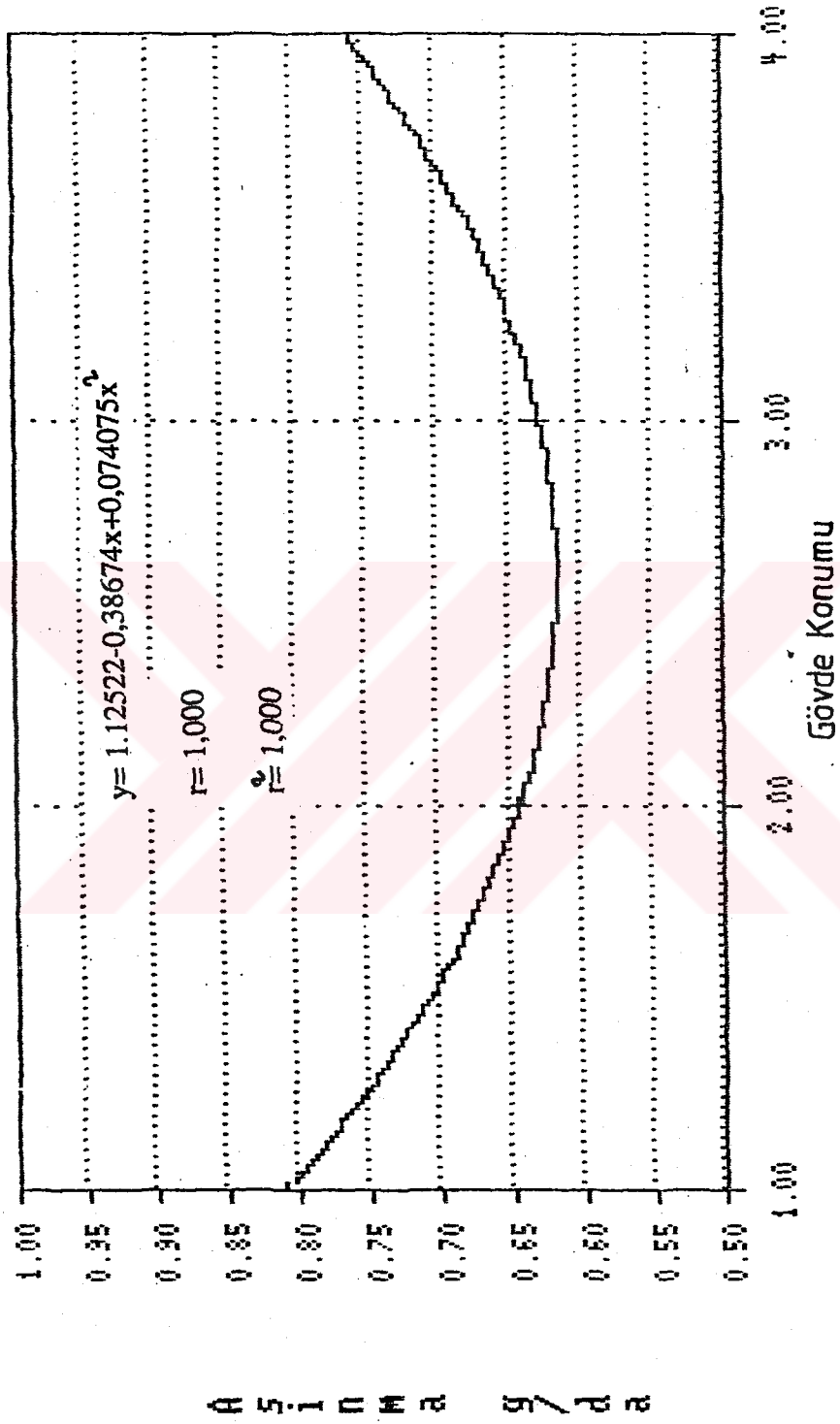


Şekil 4.12. Tarla şartlarında E,F,G,H,K,L uç demirlerinin 1-2-

3 ve 4.gövdeleeri arasındaki sertlik-aşınma ilişkisi



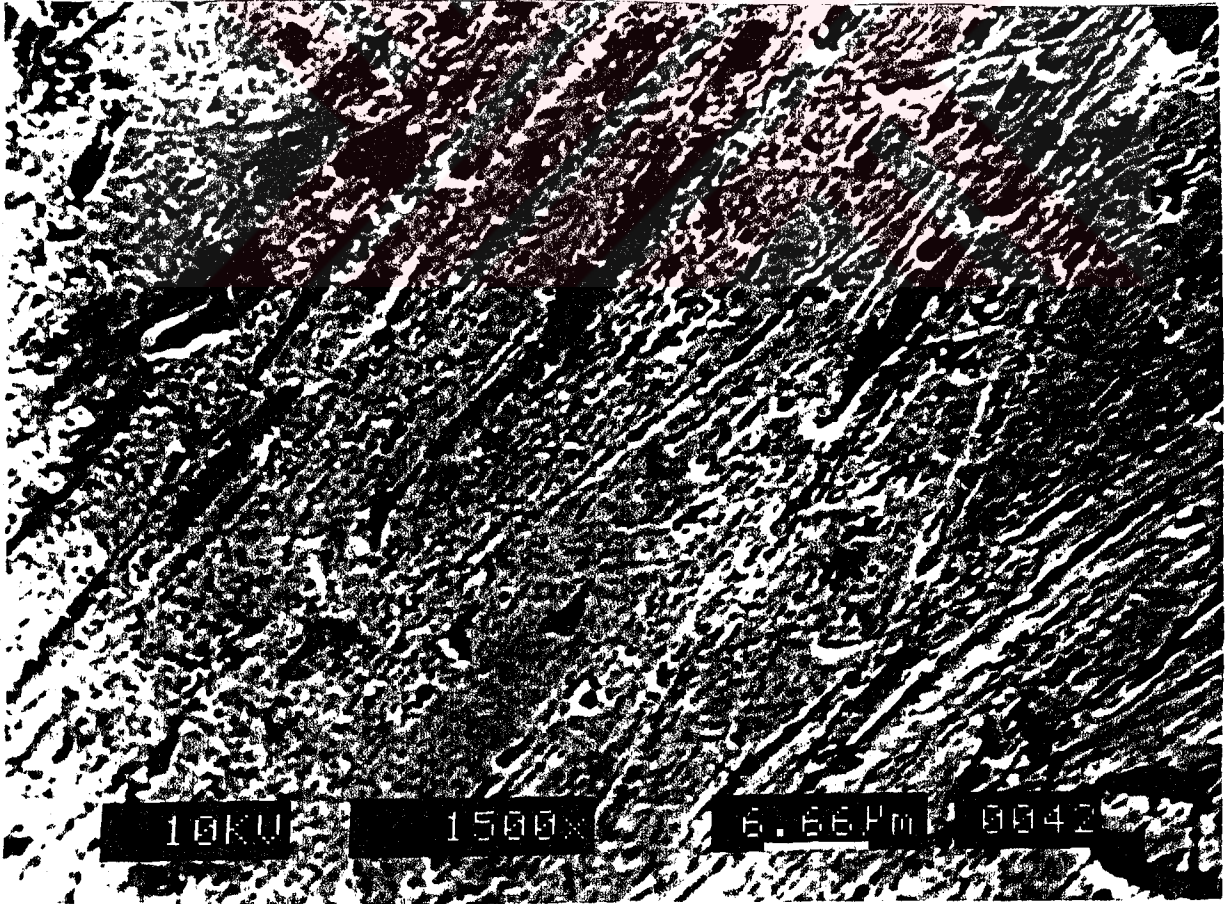
Şekil 4.13. Tarla şartlarında E,F,G,H,K,L uç demirlerinin 1-2-3 ve 4. gövde ortalamaları arasındaki sertlik-aşınma ilişkisi



Şekil 4.14. Tarla şartlarında E,F,G,H,K,L uç demirlerinin gövde konumu-aşınma arasındaki ilişkisi



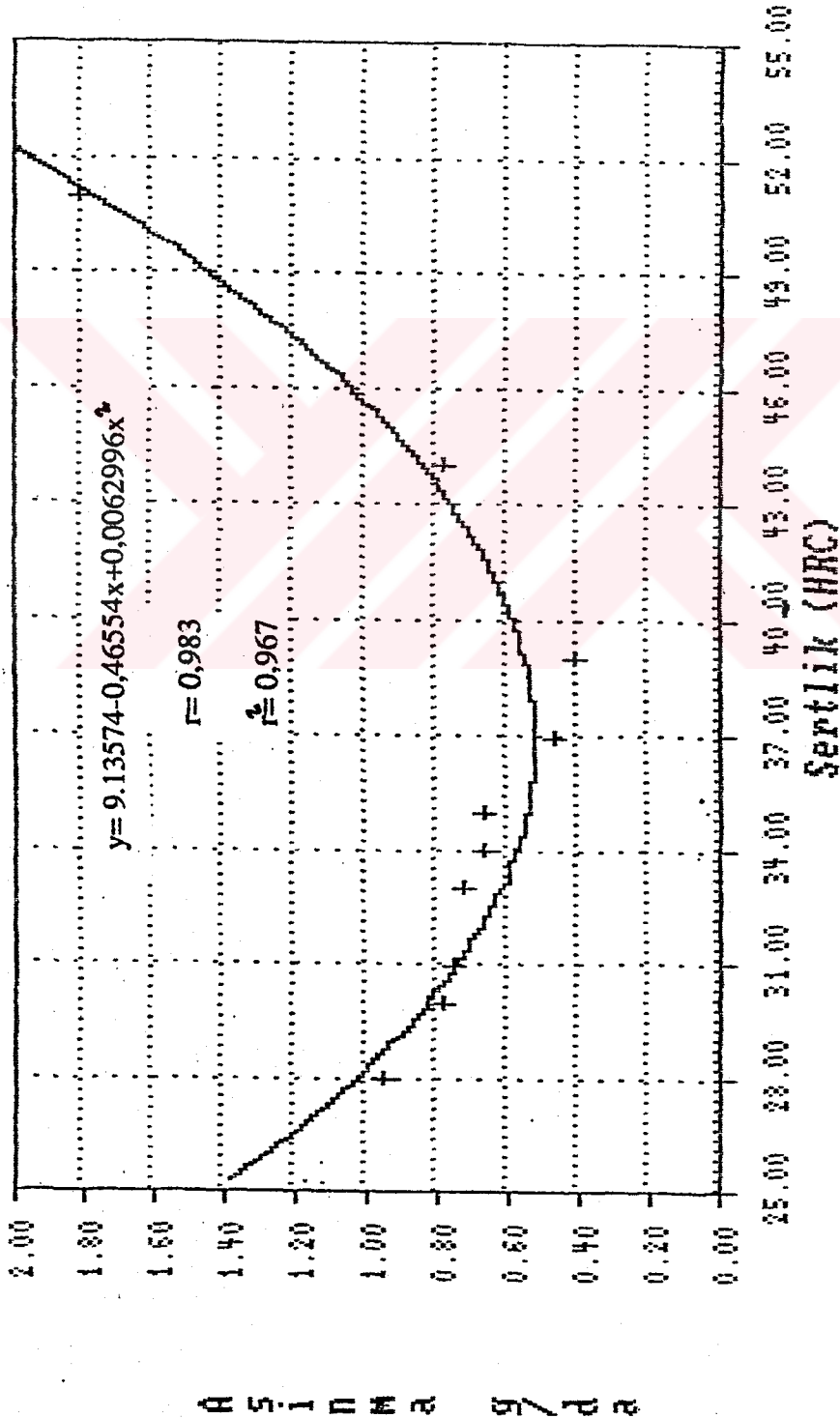
Şekil 4.15. E uç demirinin (39 HRC) optik mikroskopta çekilen mikro fotoğrafı (Nital x 375)



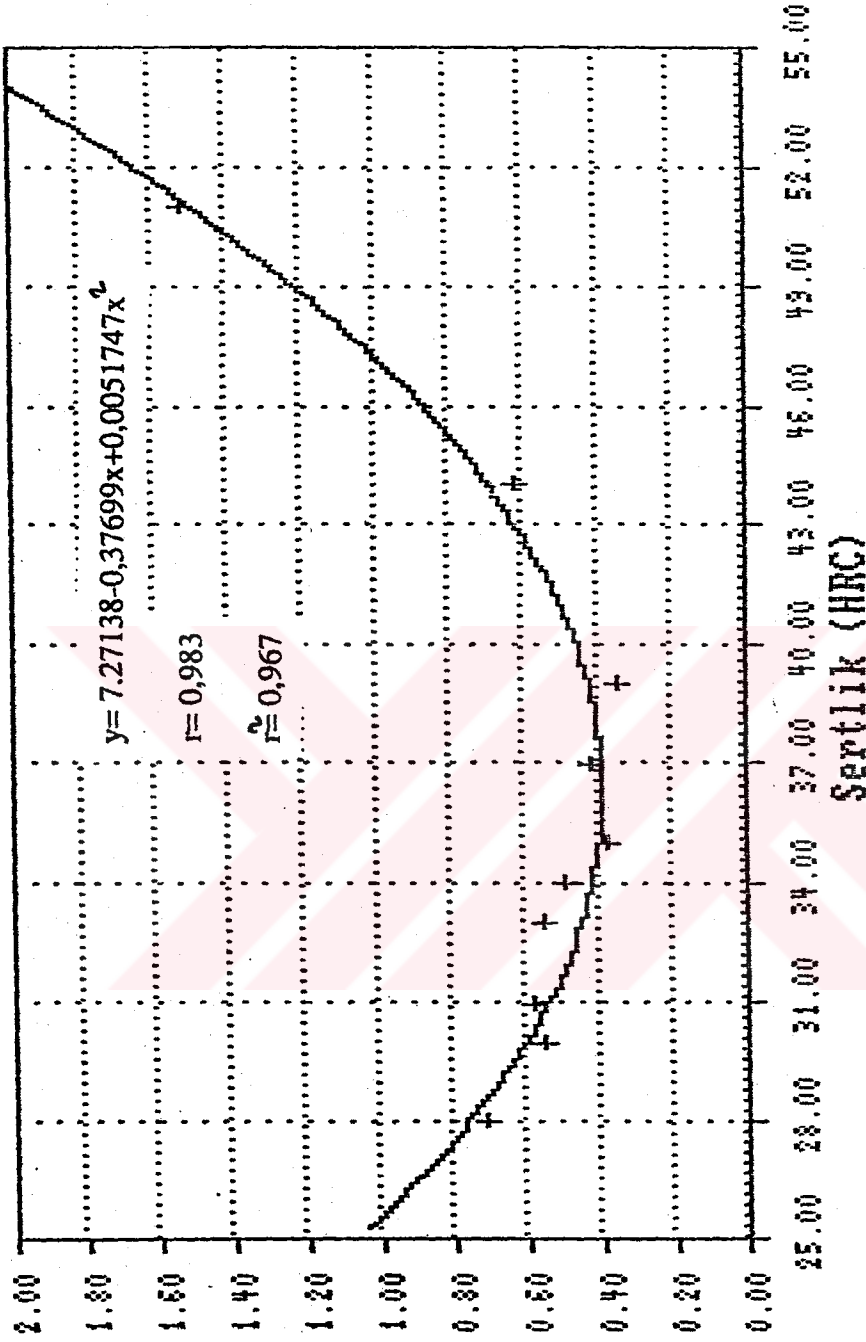
Şekil 4.16. Kumda denenen E uç demirinin (39 HRC) tarama elektron mikroskobunda çekilen yüzey aşınım mikro fotoğrafı

### 4.1.3. A,B,C,D,E,F,G,H,K,L Uç Demirlerinin Gövdeleri Arasındaki Aşınma İlişkileri

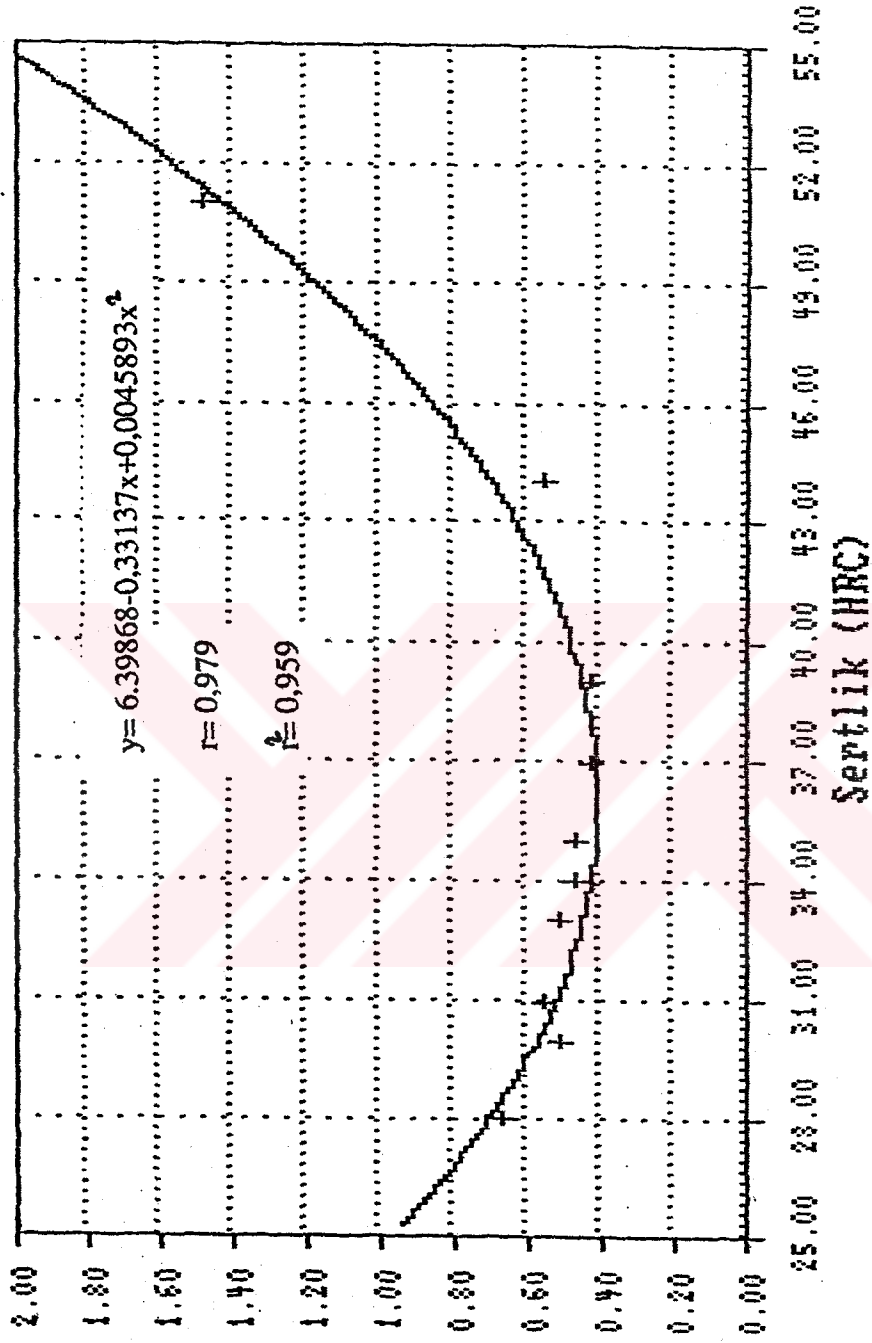
Tarla da ısılsız işlemsiz kullanılan uç demirleri ile ısılsız işlem gören (iki grup birlikte) uç demirlerinin gövdeleri arasındaki ilişkileri gösteren diyagramlar şekil 4.17-4.22'de verilmiştir.



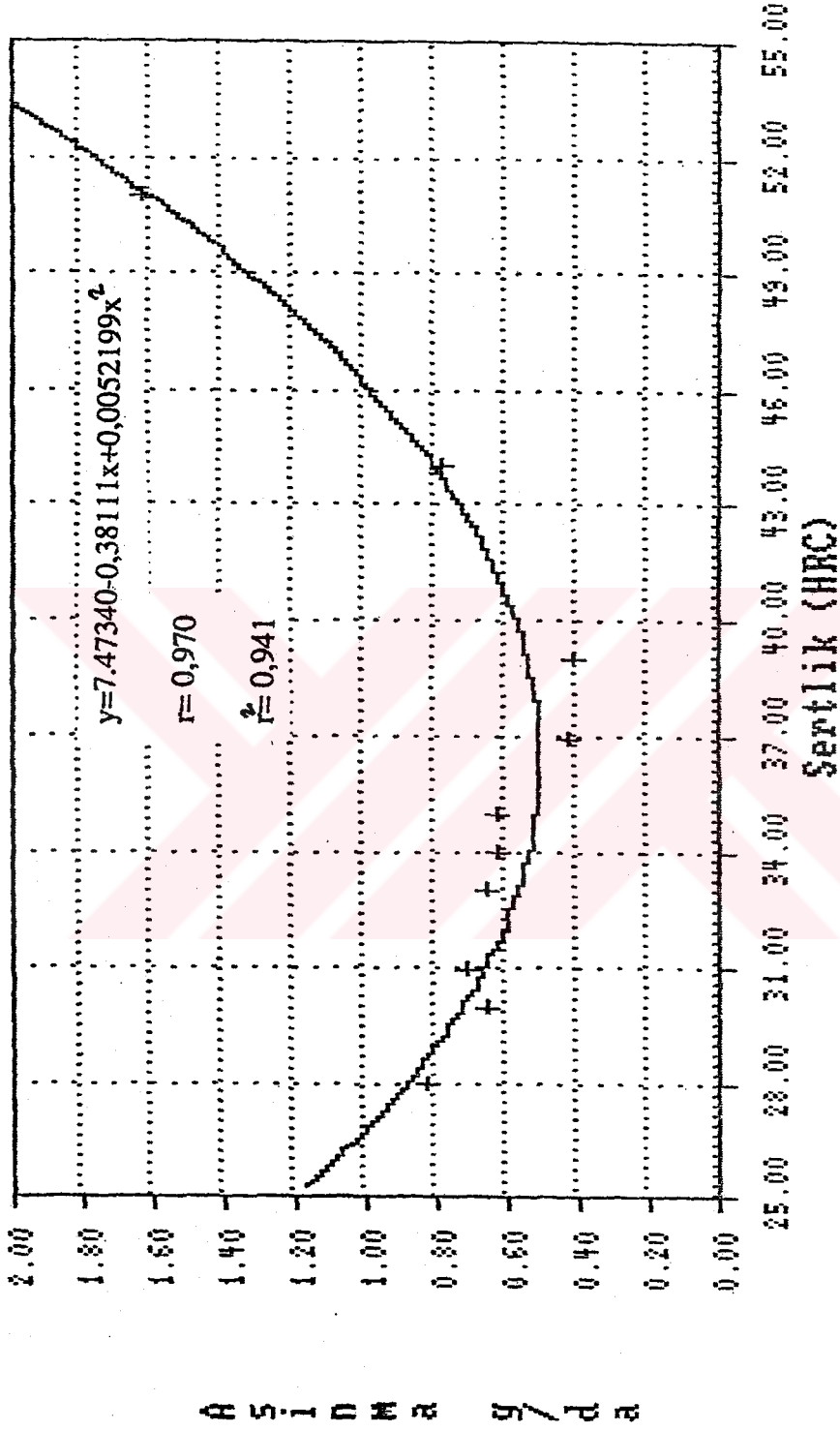
Şekil 4.17. Tarla şartlarında A,B,C,D,E,F,G,H,K,L uç demirlerinin 1.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi



Şekil 4.18. Tarla şartlarında A,B,C,D,E,F,G,H,K,L uç demir-lerin 2.gövdelerinde sertlik-aşınma ilişkisi

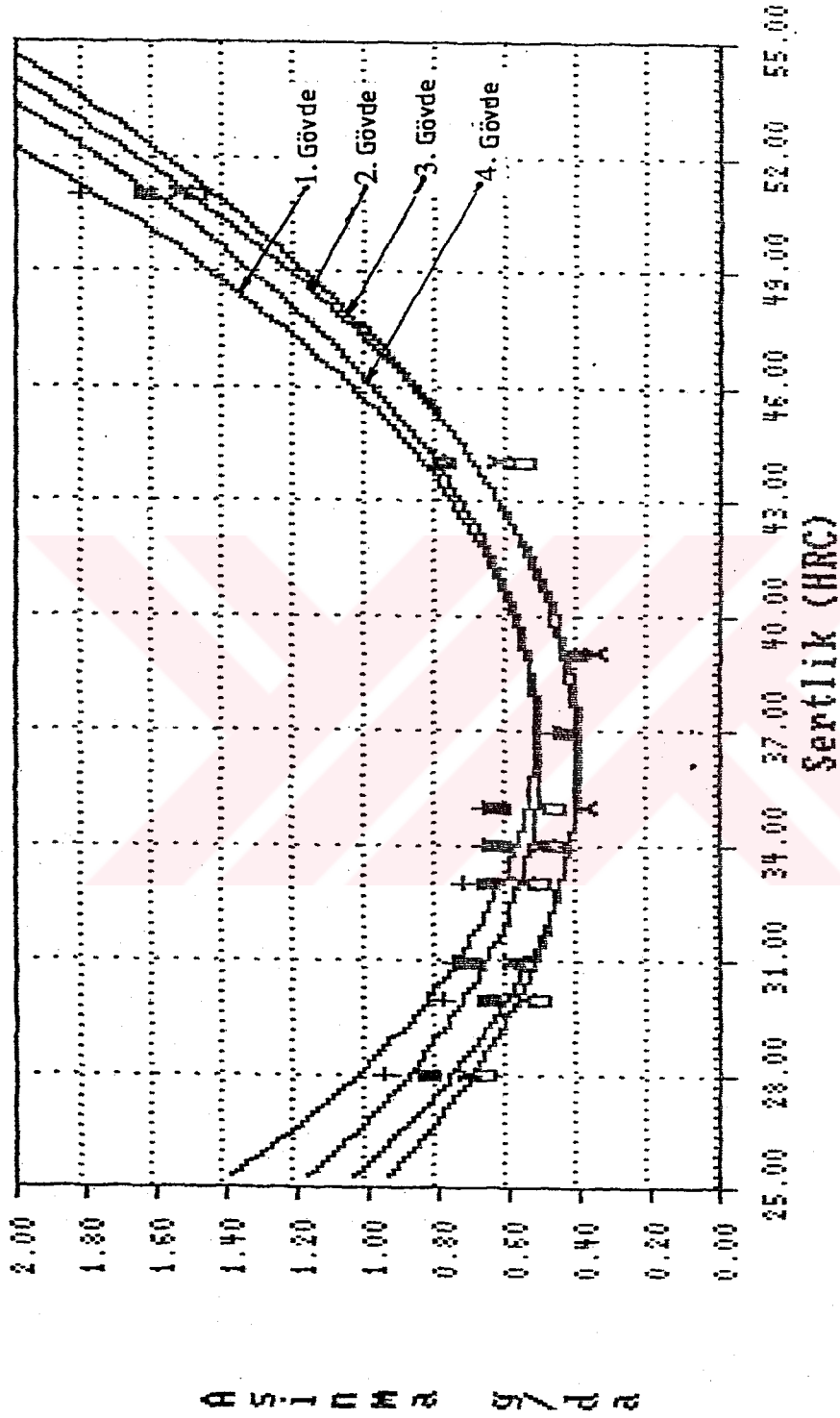


Şekil 4.19. Tarla şartlarında A,B,C,D,E,F,G,H,K,L uç demir-  
lerin 3-gövdelelerinde sertlik-aşınma ilişkisi

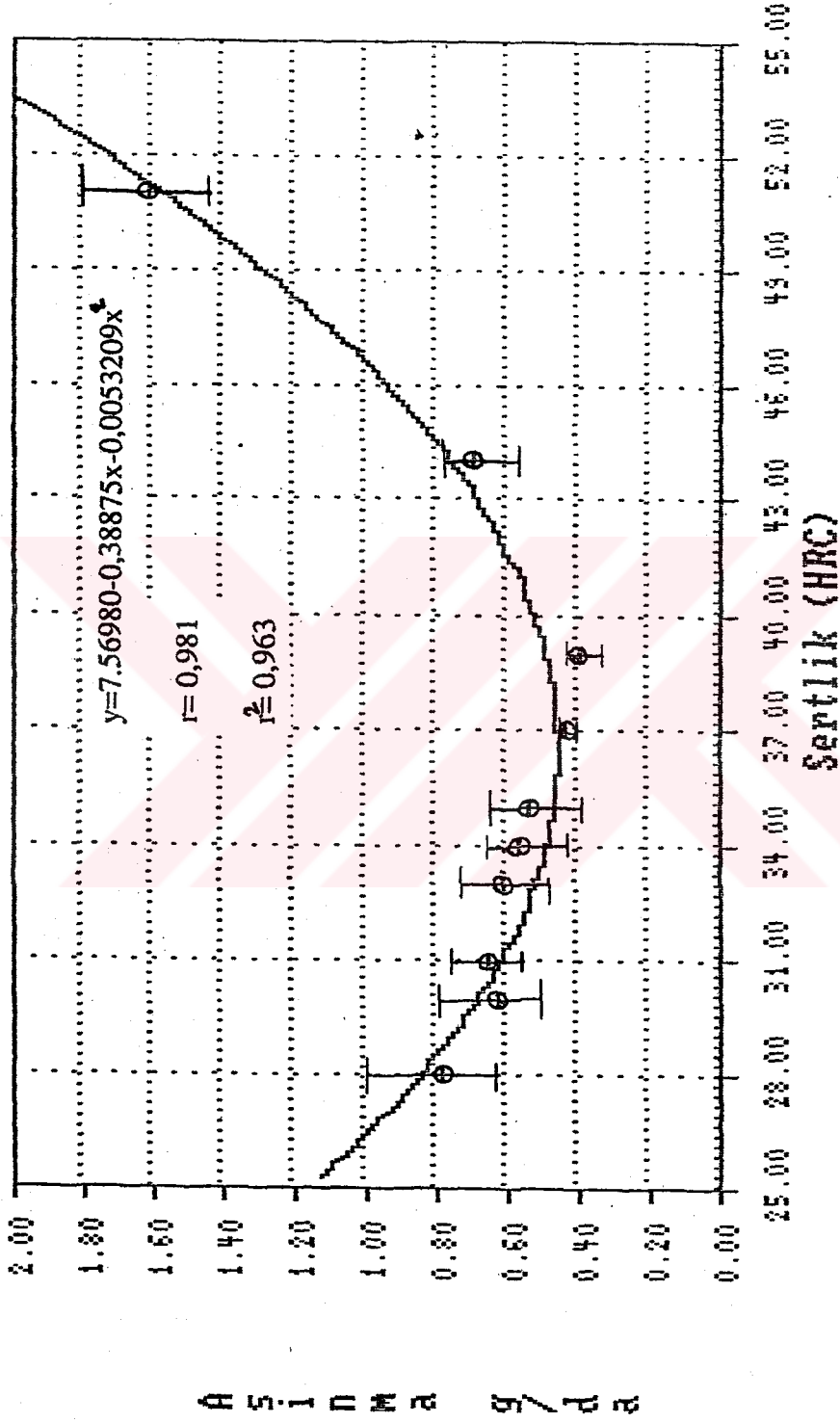


Şekil 4.20. Tarla şartlarında A,B,C,D,E,F,G,H,K,L uç demir-

lerinin 4.gövdelelerinde sertlik-aşınma ilişkisi



Şekil 4.21. Tarla şartlarında A,B,C,D,E,F,G,H,K,L uç demir-  
lerinin 1-2-3 ve 4-gövdeleri arasındaki sertlik-  
aşınma ilişkisi



Şekil 4.22. Tarla şartlarında A,B,C,D,E,F,G,H,K,L uç demir-  
lerin 1-2-3 ve 4.gövde ortalamaları arasındaki  
sertlik-aşınma ilişkisi

## 4.2. Isıl İşlem Ugulanmayan (B,D) Uç Demirleri İle Isıl İşlem Uygulanan (E,G,K,L) Uç Demirlerinin Kum Havuzu Deneme Sonuçları

Tarla denemelerinde kullanılan ve sertlikleri farklı olan 20 adet uç demiri kum havuzunda da denenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 4.3 ve 4.4'da verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde kum havuzunda elde edilen değerler ile tarla şartlarında elde edilen değerler arasında çok yakın bir benzerlik ortaya çıkmıştır. Sertliği en fazla olan K (51 HRC) uç demiri ile en yumuşak (28 HRC) malzeme en fazla aşınma göstermiş olup, yine orta sertlikteki E (39 HRC) uç demiri en az aşınmaya maruz kalmıştır. Adı geçen malzemelerin optik mikroskop ile çekilen mikroyapı fotoğrafları ve tarama elektron mikroskobu ile çekilen yüzey aşınma mikrofotoğrafları Şekil 4.23-4.28 de gösterilmiştir. Şekil 4.29 kum havuzunda yapılan denemelerin sertlik-aşınma ilişkisini göstermektedir.

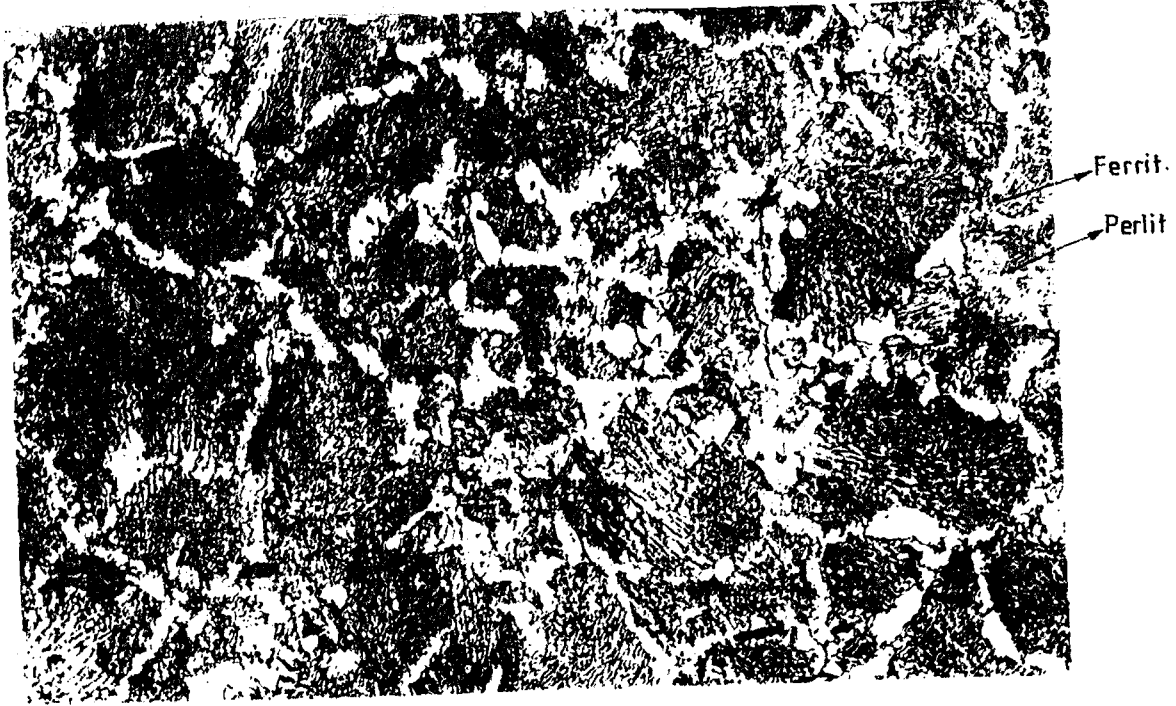
Tablo 4.3. B-D uç demirlerinin kum havuzu deneme sonuçları

D.K	İ.A.g.	S.A.g.	T.A.g.	D.A.da	B.D.D.A.g.	HRC
B1	4953	4875	78	3	26.00	28
B2	4953	4861	92	4	23.00	
B3	4954	4874	80	3	26.66	
D1	4025	3953	72	3	24.00	30
D2	4006	3936	70	3	23.33	
D3	4015	3784	231	10.50	22.00	

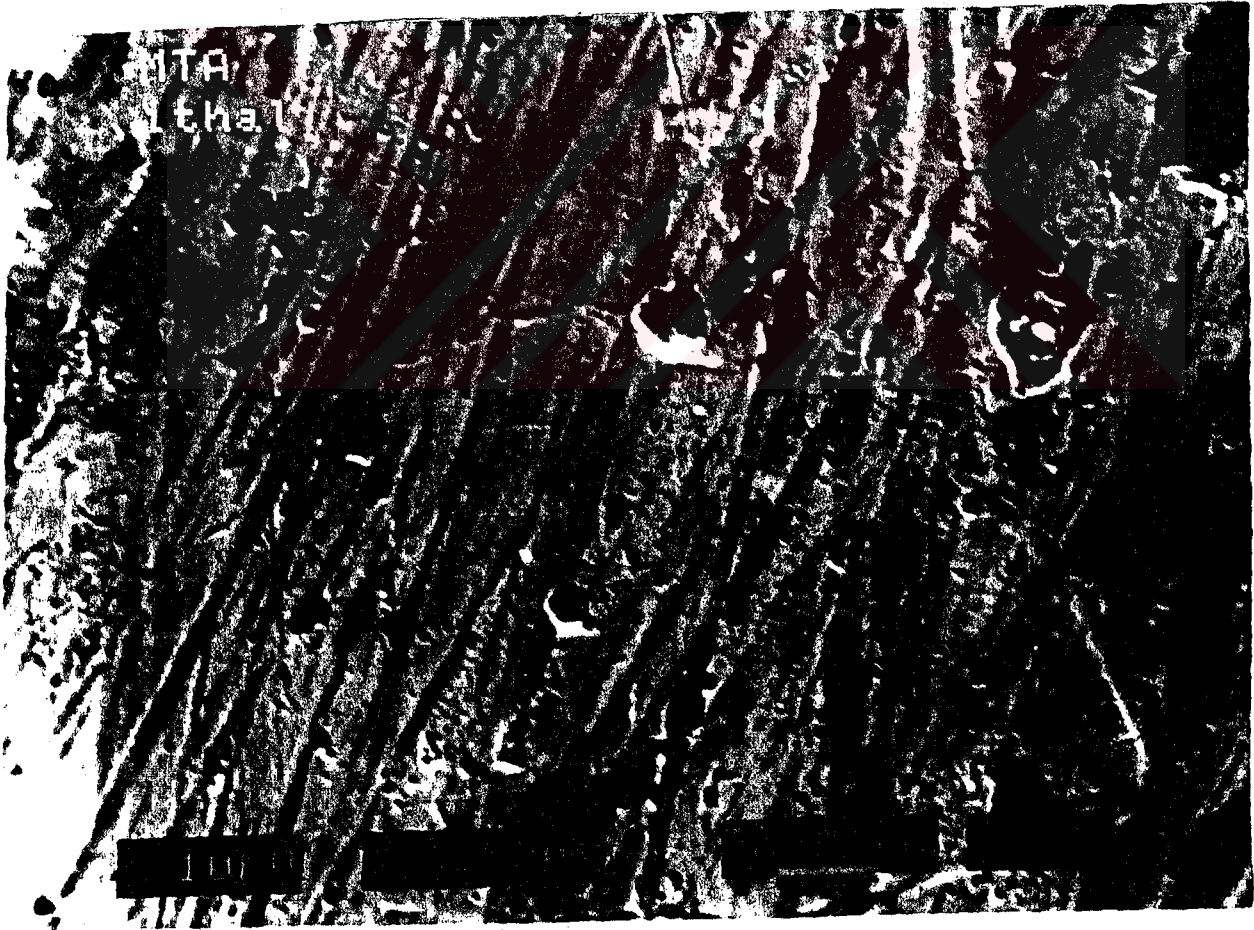
Tablo 4.4. E,G,K,L uç demirlerinin kum havuzu deneme sonuçları

D.K.	İ.A.g.	S.A.g.	T.A.g.	D.A.da	B.D.D.A.g.	HRC
E1	4861	4849	12	3	4.00	39
E2	5034	4963	71	23	3.00	
E4	5027	5014	13	3	4.30	
G2	3903	3861	42	3	14.00	34
G3	4014	3831	183	12	15.00	
G4	4006	3962	44	3	14.66	
K1	3274	3218	56	3	18.66	51
K2	3548	3497	51	3	17.00	
K3	3449	3399	50	3	16.60	
K4	3362	3122	240	15	16.00	
L1	3526	3487	39	3	13.00	44
L2	3412	3370	42	3	14.00	
L3	3462	3417	45	3	15.00	
L4	3406	3014	392	27	14.51	

D.K. : Deney kodu  
İ.A. : İlk ağırlık (g)  
S.A. : Son ağırlık (g)  
T.A. : Toplam aşınma (g)  
D.A. : Deney alanı (dekar)  
B.D.D.A. : Bir dekara düşen aşınma g/uç demiri



Şekil 4.23. B uç demirinin (28 HRC) optik mikroskopta çekilen mikro fotoğrafı (Nital x 375)

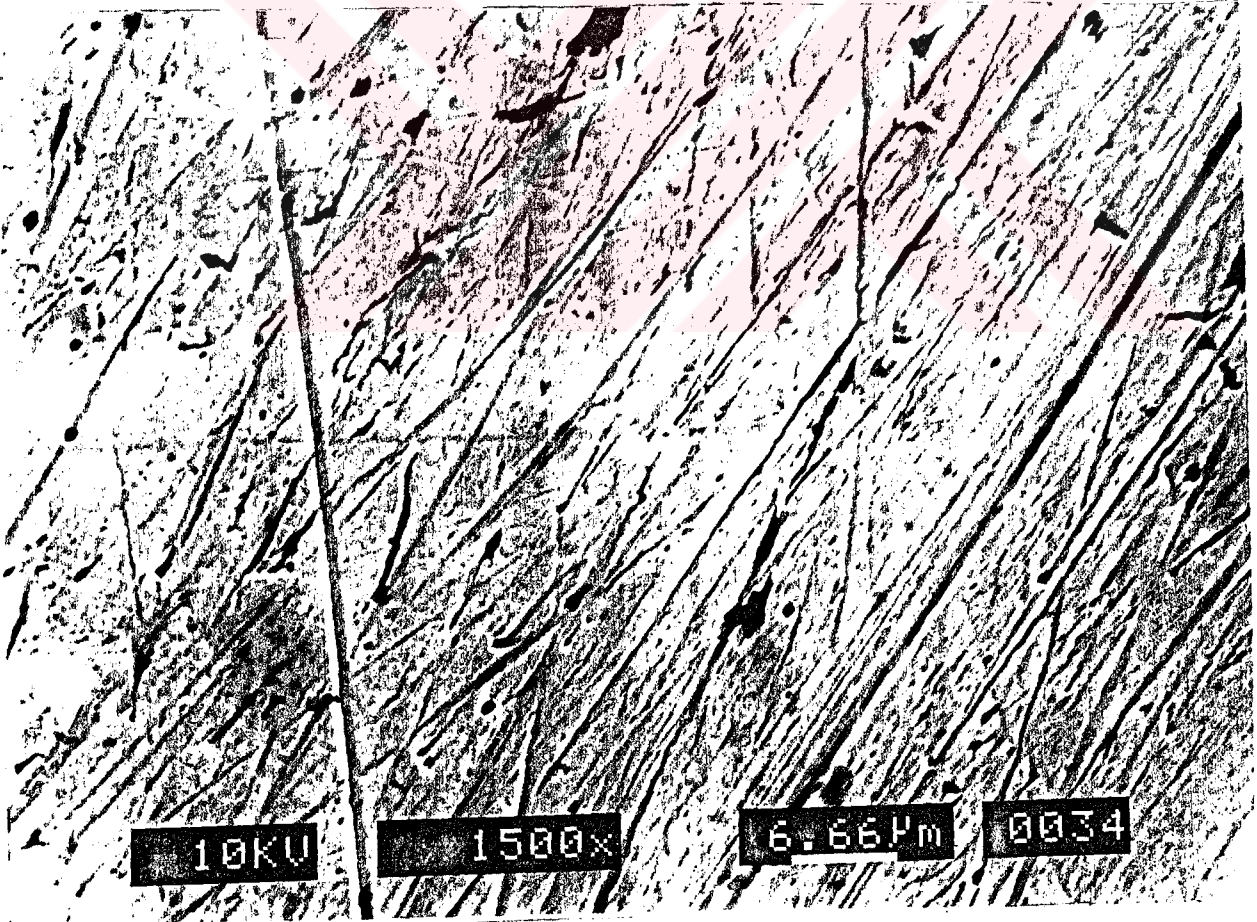


Şekil 4.24. Kumda denenen B uç demirinin (28 HRC) tarama elektron mikroskobunda çekilen yüzey aşınım mikro fotoğrafı.

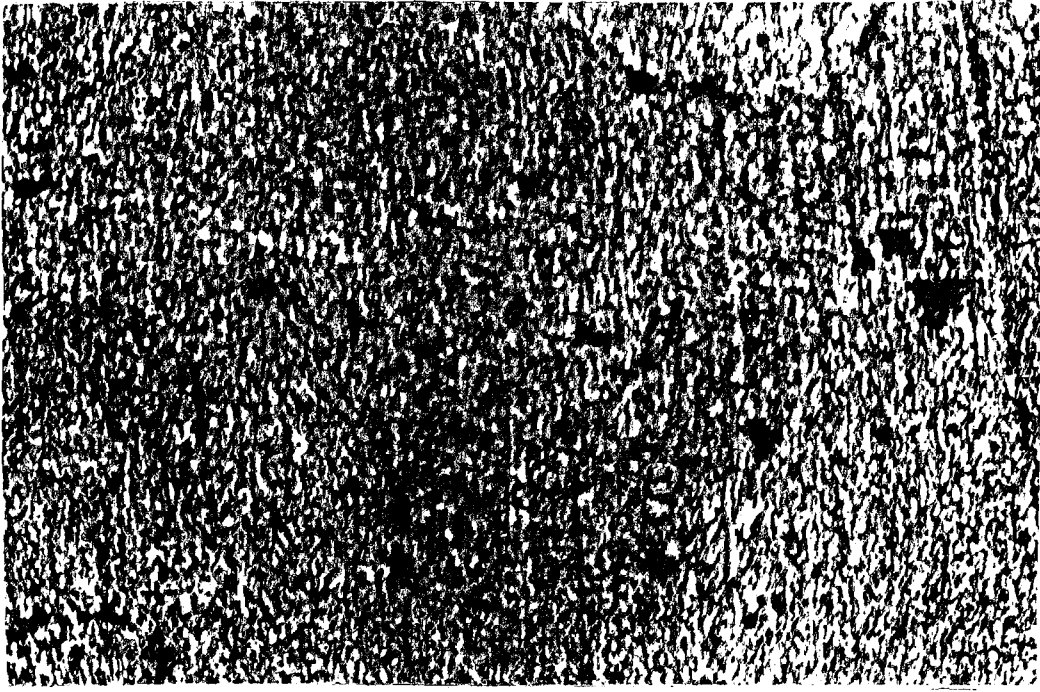


Temperlenmiş  
Martenzit

Şekil 4.25. L uç demirinin (44 HRC) optik mikroskopta çekilen  
mikro fotoğrafı (pikral x 375)



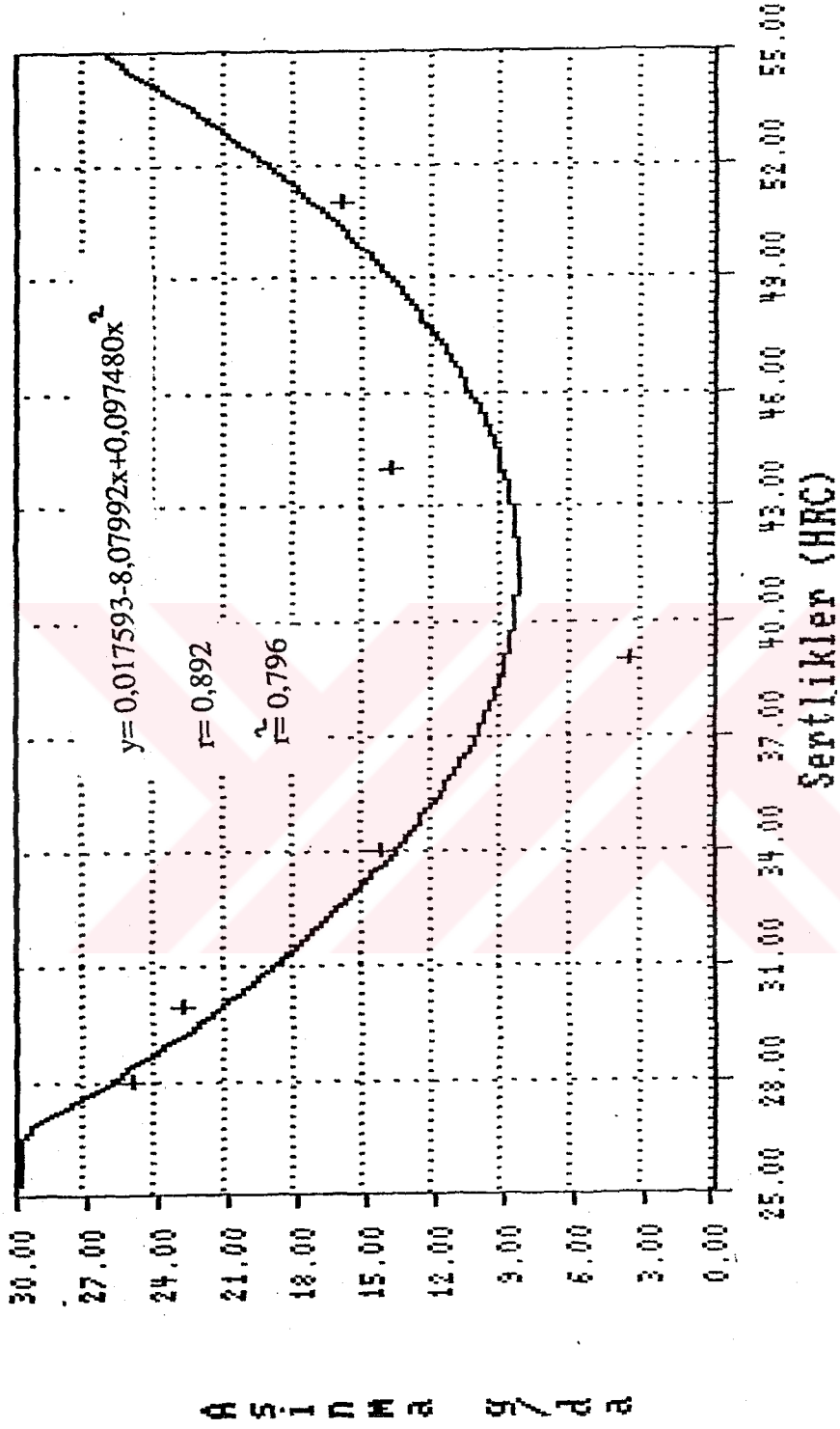
Şekil 4.26. Kumda denen L uç demirinin (44 HRC) tarama  
elektron mikroskobunda çekilen yüzey aşınım  
mikro fotoğrafı



Şekil 4.27. K uç demirinin (51 HRC) optik mikroskopta çekilen mikro fotoğrafı (pikral x 375)



Şekil 4.28. Kumda denen K uç demirinin (51 HRC) tarama elektron mikroskobunda çekilen yüzey aşınım mikro fotoğrafı



Şekil 4.29. Kum havuzu şartlarında B,D,E,G,K,L uç demirle-  
rinde sertlik-aşınma ilişkisi

#### 4.2.1. Kesici Ağızlarına Kaynak Çekilen ve Isıl İşlem Uygulanmayan (B.D) Uç Demirleri ile Isıl İşlem Uygulanan (E,G,K,L) Uç Demirlerinin Kum Havuzu Aşınma Sonuçları

Kum havuzunda yapılan deneylerdeki şartlar sağlandıktan sonra kaynaklı uç demirinin herbiri ile 215 tur (3 dekar) döndürülmüştür. Bu deneyde kullanılan uç demirleri bir önceki denemede kaynaksız olarak denedikleri için iki grup arasında karşılaştırma yapıldığında kaynaklı uç demirlerinin daha az aşındıkları görülmüştür. Örneğin 44 HRC sertliğindeki uç demiri kaynaksız olarak bir dekarda 14 gram aşınırken kaynaklı halde 4 gram aşınmıştır. Önceki denemelere paralel olarak en az aşınma, sertlik değeri 39 HRC olan malzeme grubunda olmuştur. Kaynaklı uç demirleri tarla şartlarında denenmedikleri için tarlada nasıl bir aşınmaya uğrayacakları hakkında kesin sonuca varılamamakla birlikte; tarlada kaynaksız deney sonuçları kumdaki kaynaksız deney sonuçları ile karşılaştırıldığında aşınmada yaklaşık 1/3 oranında düşme görülmüştür. 61 HRC sertliğindeki Abrasodur-43 dolgu elektrodu ile kaynatılan uç demirinin optik mikroskopta çekilen mikrofotografı şekil 4.30'da ve aynı malzemenin tarama elektron mikroskopunda çekilen yüzey aşınım mikrofotografı şekil 4.31'de; Şekil 4.32 de' ise ısıl işlem gören ve görmeyen kaynaklı uç demirlerinde meydana gelen aşınma ve sertlik arasındaki ilişki görülmektedir. Deneme sonuçları ise Tablo 4.5 ve 4.6 de verilmiştir.

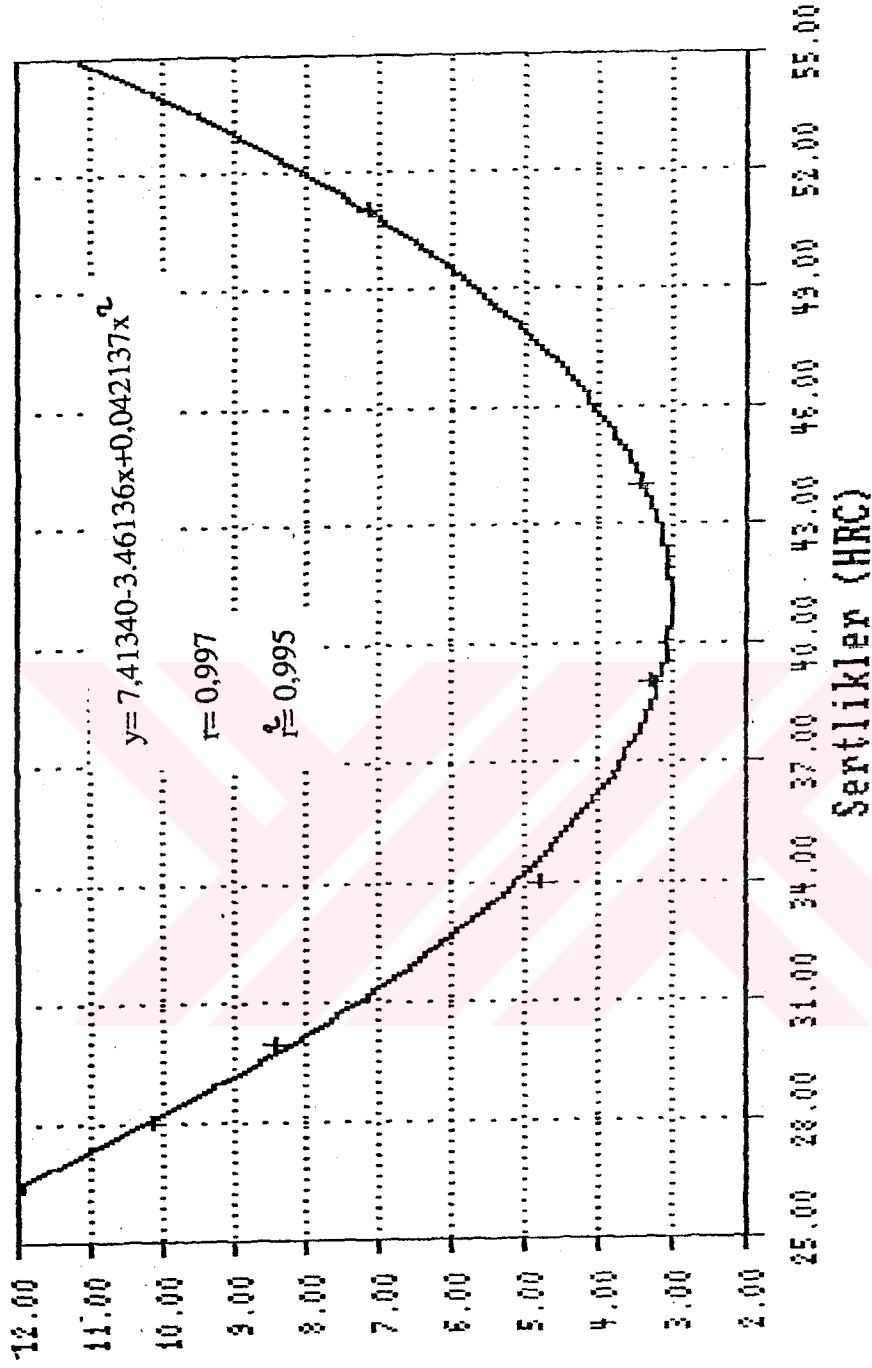


Şekil 4.30. (61 HRC) sertliğindeki Abrasodur-43 dolgu elektrodu ile kaynatılan uç demirinin optik mikroskopta çekilen mikro fotoğrafı (Nital x 375)



Şekil 4.31. Kum havuzunda denenen (61 HRC) sertliğindeki Abrasodur-43 dolgu elektrodu ile kaynatılan uç demirinin tarama elektron mikroskobunda çekilen yüzey aşınım mikro fotoğrafı

A S İ N M a 9 / d a



Şekil 4.32 Kaynak işleminde tabi tutulan ve kum havuzu şartlarında denenmiş B,D,E,G,K,L uç demirlerinin sertlik-aşınma ilişkisi

Tablo 4.5. Kesici ağızlarına kaynak çekilen B-D uç demirlerinin  
kum havuzu deneme sonuçları

D.K	İ.A.g.	S.A.g.	T.A.F.g.	D.A.da	B.D.D.A.g.	HRC
B1	4913	4883	30	3	10.00	28
B2	4901	4870	31	3	10.33	
D1	4075	4049	26	3	8.66	30
D3	3802	3777	25	3	8.33	

Tablo 4.6. Kesici ağızlarına kaynak çekilen E,G,K,L uç demir-  
lerinin kum havuzu deneme sonuçları

D.K.	İ.A.g.	S.A.g.	T.A.F.g.	D.A.da	B.D.D.A.g.	HRC
E1	4.925	4915	10	3	3.33	39
E2	5142	5133	9	3	3.00	
E4	5067	5056	11	3	3.66	
G2	3925	3911	14	3	4.66	34
G3	3901	3886	15	3	5.00	
K1	3280	3260	20	3	6.66	
K2	3579	3557	22	3	7.33	51
K3	3511	3490	21	3	7.00	
K4	3420	3397	23	3	7.66	
L2	3471	3459	12	3	4.00	44
L3	3527	3515	12	3	4.00	
L4	3480	3469	11	3	3.66	

### 4.3. Tarla ve Kum Havuzunda Denenen Uç Demirleri Aşınmaları Arasındaki İlişkiler

Sertlikleri daha önceden bilinen uç demirleri, kum ve tarla şartlarında denenmiş, kumdaki bir dekara düşen aşınma, tarladaki bir dekara düşen aşınmaya göre daha fazla olduğu için ikisi arasındaki ilişki araştırılmıştır. Aynı sertlikteki kum aşınma ortalamaları tarla aşınma ortalamalarına bölünerek elde edilen bulgular Şekil 4.33 de gösterilmiştir.

Kum ve tarlada yapılan deneylerden elde edilen bir dekara düşen aşınmalar karşılaştırılacak olursa uç demirinin yapısıyla ilgili olarak tarlada çok aşınan malzeme kumda da çok aşınmıştır. Tarlada az aşınan malzeme kumda da az aşınmıştır. Örneğin sertliği 39 HRC olan bir malzeme tarlada sürüm konumuna göre birinci gövdede ve bir dekarda 0.42 g. aşınırken aynı uç demiri kumda 4 g. aşınmış, 51 HRC sertlik değerindeki bir malzemede ise aynı konumda dekar başına 1,80 g aşınırken kumda 18,6 g. aşınmıştır. Kum/Tarla aşınma oranı yönünden 33-45 HRC sertlik arasında bir doğrusallık görülürken, sertliği düşük olan malzemeler ile çok sert malzemelerde bu oranın yaklaşık olarak değişmediği belirlenmiştir.

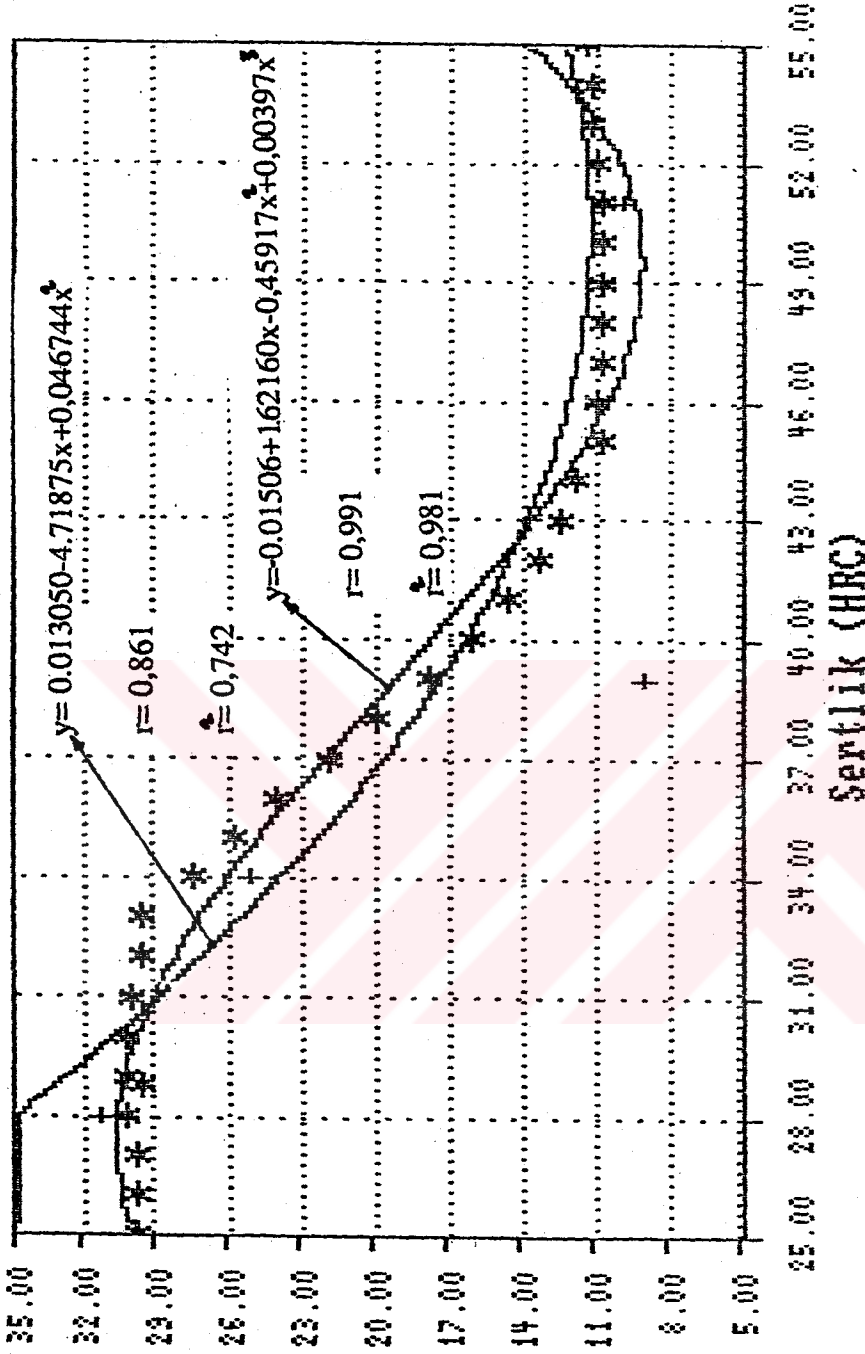
Şekil 4.33 de gösterilen kum/tarla aşınma oranı sertlik ilişkisinin belirlenmesinde iki farklı yaklaşım kullanılmıştır. Karesel modelde, deneysel olarak ölçülmüş kum aşınma değerleri, aynı sertlikteki tarla aşınma değerlerine bölünerek bulunan oranlar (Y) bağımlı değişken olarak kabul edilmiş ve sertliğe (x) karşı olan ilişki  $Y = 0,013 - 4,719x + 0,0467x^2$  denklemiyle ifade edilmiştir. Nokta sayısının azlığı ve verilerin

olduğu gibi kullanılmasından dolayı  $r^2 = 0,742$  ve  $r = 0,861$  olarak hesaplanmıştır.

Aşınma oranı ile sertlik arasındaki ilişki, birkez de, kum için bulunan aşınma denkleminin, tarla için kullanılan aşınma denklemine 25-55 HRC arasında herbir sertlik derecesi için bölünerek bulunan veriler için araştırılmıştır. Kuşkusuz bu yaklaşımdaki nokta sayısı daha fazla ve noktaların teorik eğriler üzerinde dağılmadan buldukları kabul edildiğinden 0,981'e varan  $r^2$  ve 0,991'e varan  $r$  ile  $y = 0,015 + 1,621x + 0,459x^2 + 0,004x^3$  kübik eğrisi çizilmiştir. Eğrilerin herikisi de yaklaşık olarak 30-45 HRC arasında doğrusal kabul edilebilecek bir azalma göstermiştir. Bu azalma, kum aşınmasının yüksek sertliklere doğru tarladan daha hızlı azaldığını veya rölatif olarak yüksek sertliklerde tarla aşınmasının çok yükseldiğini göstermektedir. Şekil 4,33 den 40 HRC dolayında kum havuzu aşınmasının tarladan yaklaşık 15 kez daha hızlı olduğu, ancak 44 HRC den sonra bu oranın yaklaşık olarak 11 dolayında sabit kaldığı söylenebilmektedir

Sertlikleri farklı uç demirleriyle 4 gövdeli pulluklar halinde yapılan tarlada sürüm sonucunda meydana gelen aşınma değerleri, bir faktörlü tesadüf blokları dene-me deseniyle varyans analizine tabi tutulmuş, sertlik ve gövde konumları (tekerrür) nın aşınmaya etkisinin çok önemli seviyede ( $P > 0.01$ ) olduğu görülmüştür (Tablo 4.7). Yapılan Duncan analizinde ise gövde konumları ve sertliklerin birbirinden bağımsız oldukları görülmüştür (Tablo 4.8)

Å S İ N M a O y a n İ K u m / t a r İ a



Şekil 4.33. Kum havuzu şartlarında denenen uç demirlerinde meydana gelen aşınmanın tarla şartlarında denenen uç demirlerinde meydana gelen aşınmaya oranı

Tablo: 4.7 Uç demiri aşınması değerlerinin bir faktörlü tesadüf blokları deneme düzenine göre yapılan varyans analizi

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Tekerrür	3	0.019	0.006	43.711 **
Faktör A	9	0.263	0.029	201.468 **
Hata	27	0.004	0.000	
Toplam	39	0.285		

CV= % 6.82

Tablo: 4.8 Farklı sertliklere sahip pulluk uç demirleriyle toprak işlemede uç demiri konumları ve sertliklere göre aşınma ortalama değerleri

Gövde Konumu	Sertlik, HRC	Uç demiri aşınması 4 gövdeli pulluk aşınması ort.değerleri, g/da	4 gövdeli pulluk aşınması toplam değerleri, g/da
1		0.820 a	2.050
2		0.632 c	1.575
3		0.608 c	1.519
4		0.748 b	1.865
LSD=0.056			
*	28	0.800 b	0.800
*	31	0.636 db	0.635
*	30	0.660 d	0.660
*	33	0.620 db	0.620
*	34	0.576 ef	0.575
*	35	0.548 f	0.550
*	37	0.448 g	0.450
*	39	0.348 h	0.385
*	44	0.724 c	0.724
*	51	1.608 a	1.610

LSD=0.064  $\alpha$  =0.005

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 ihtimalle Duncan'ın çoklu karşılaştırma testine göre fark yoktur.

## 5.TARTIŞMA

Bu çalışmada, ısıl işlem sonucu elde edilen değişik sertlik değerlerindeki uç demirleri ile keskin kenarları kaynakla güçlendirilmiş uç demirleri tarla ve kum havuzunda denenmişlerdir. Araştırmada sertliğin ve çalışma ortamının uç demiri aşınmasına etkisi üzerinde durulmuştur. Tarla ve kum denemelerinden alınan sonuçlar değerlendirildiğinde, yumuşak uç demirleri ile aşırı sert uç demirleri en fazla aşınırken, aynı malzemelerden elde edilen orta sertlikteki uç demirleri yukarıda bahsedilen uç demirlerine göre daha az aşınma göstermişlerdir.

Bu olay Keçecioglu ve Ulusoy (22) tarafından da belirlenmiş ve "en sert malzemenin yapılan uç demirinin beklenenden fazla aşındığı" şeklinde dile getirilmiştir. İç anadolu'da Yıldız (43) tarafından yapılan tarla tenemelerinde kullanılan uç demiri malzemelerinden elde edilen aşınma değerleri ile bu çalışmada kullanılan ve aynı uç demiri (Ç-1060) malzemesinden elde edilen aşınma değerleri arasında büyük yakınlık görülmüştür.

Aşınmaya etki eden diğer bir faktörde sürme hızıdır. Hızın artması sürtünme miktarını artırmakta bu da aşınmayı fazlaştırmaktadır (4). Hızın yanında aşınmaya etki eden başka bir faktörde çalışma derinliğidir. Çalışma derinliğinin artması numune üzerinde birim yüzeye gelen basıncın artmasına neden olur. Öte andan üst yüzeyi serbest olmak kaydıyla belirli derinliğin üzerinde kalan aşındırıcı tanecikler, derinelere nazaran daha gevşektirler. Hız ve çalışma derinliğinin birlikte artması, aşınmayıda belli oranda hızlandırmaktadır. İkisinin birlikte meydana getirdiği artış tek tek artışa göre

daha etkili olmaktadır. Çalışma derinliğinin tek başına artması durumunda, hıza göre aşınma daha fazla etkilenmektedir. Toprak içerisindeki aşındırıcı taneciklerin boyutundaki artış da aşınmayı hızlandırmakta ancak belli bir değerden sonra aşınma yavaşlayarak artmaktadır (20,15,4)

Yaptığımız denemelerde hız ve sürme derinliği sabit tutulmaya çalışıldığı için bu parametrelerin pulluk uçları arasındaki aşınma miktarını değiştirmedeği kabul edilmiştir.

Aşınma, malzemenin yüzey pürüzlülüğü ile de yakından ilgilidir. Aşınmanın genel tarifinde bahsedilen, yüzeyden mekanik etkilerle kopan mikro parçacıkların büyük bir kısmını kırılma pürüzler oluşturur. Sürtünme sırasında oluşan teğetsel gerilmeler ve diğer etkenler pürüz tepelerinin kırılmasına dolayısıyla aşınma olayı hızlanmaktadır. Teğetsel gerilme malzemenin akma gerilmesi altında kaldığı sürece pürüzlerde kırılma zorlaşır. Aksine gerilme akma sınırını geçecek olursa plastik şekil değiştirmeye zorlanan pürüzlerde kırılmalar görülür (4,22,51).

Çalışmamızda sertlik-aşınma ilişkisi araştırıldığı için mümkün olduğu ölçüde bütün uç demirlerinin yüzey pürüzlülüğü aynı oranda tutulmaya çalışılmıştır.

Tarla denemelerinde kullanılan (A,B,C,D,E,F,G,H,) uç demirlerinin sertlikleri sırasıyla (33,28,31,30,39,34,35,37) Aşınma sonuçlarına ilişkin Tablo 4.1 ve Tablo 4,2 nin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi malzemenin sertliği arttıkça aşınma azalmıştır. Yumuşak malzemelerin mikroyapıları incelendiğinde ferit ve perlit fazları

görülmüştür. Bu konuya örnek olarak tavllanmış Erdemir 3260 çeliğinin mikroyapısında, ferrit ve perlit fazları mevcut olup kaba dokuya sahiptir. Taneler iri yapıya sahip olduğundan çekme mukavemeti dolayısıyla sertliği düşüktür (51).Malzemenin akma mukavemetinin düşüklüğü sebebiyle plastik deformasyona temayülü yüksektir ve ayrıca sertliğin de düşük olması, plastik deformasyon direncinin düşüklüğünü göstermektedir. Şekil 4.24 de görüldüğü gibi sertliği düşük Erdemir 3260 malzemesinden yapılan uç demirinin tarama elektron mikroskobunda çekilen yüzey aşınma mikrofotografında, derin plastik deformasyon ve aşınma izleri görülmektedir. Şekil 4.22 ve Tablo 4.3 de görüldüğü gibi sertliği 28 HRC olan malzemenin aşınma miktarı ortalama 0.8 g/da'dır. Bu malzemenin kaba mikroyapısı Tablo 3.1 de gösterilen normal su verme ve menevişleme ısıl işlemlerinden sonra şekil 4.15 de görüldüğü gibi temperlenmiş martenzite dönüşmüştür. Malzemenin sertliği de bu nedenle 39 HRC'ye yükseltilmiştir. Bu malzemenin sertliğinin artması, plastik deformasyon direncinin yükseldiğini göstermektedir. Bunun sonucunda da temperlenmiş martenzit mikroyapılı malzemenin plastik şekil değiştirmesi, sertliği 28 HRC olan aynı malzemeye göre zorlaşmakta ve dolayısıyla aşınması azalmaktadır.

Denemede kullanılan en sert malzeme ise Ç-1060 malzemesinden yapılan uç demirleridir. Bu gurupdaki uç demirleride yumuşak malzemelerden az, ancak orta sertlikteki malzemelerden daha fazla aşınmaya uğramıştır. Malzemenin, mikro yapısıyla ilgili olarak sertlik artışı ile birlikte belli bir noktaya kadar yükselen plastik deformasyon mukavemetinin belli bir noktadan sonra zor olması bu malzemelerin gevrek kırılmaya olan temayüllerinin yüksekliğinden kaynaklanmaktadır. Sonuçta bu temayül, malzemede fazla aşınmaya sebebiyet vermekle açıklanabilmektedir (51).

Kum havuzunda da yukarıda bahsedilen uç demirleri kullandığı için, aşınmalar tarla aşınmaları gibi değerlendirilmiştir. Kesici kenarlarına Abrasodur-43 (61 HRC) elektrodu ile kaynak çekilen uç demirlerinin kumdaki aşınma oranı aynı şartlarda çalışan kaynaksız uç demirlerine göre daha azdır. Elektrod daha sert olmasına rağmen 51 HRC sertliğindeki malzemedan daha az aşınmıştır. Bunun sebebi ise elektrod içerisindeki alaşım elementlerinin aşınmaya karşı mukavemetlerinin oldukça yüksek oluşu ile açıklanabilmektedir.

Şekil 4.16 daki plastik deformasyon ve aşınma izleri şekil 4.24 dekiler'e göre daha azdır. Şekil 4.16 ve 4.24 ün karşılaştırılması yapıldığında, sertliği fazla olan malzemelerde plastik deformasyon ve aşınmanın az olduğu görülür. Bu görüşü şekil 4.22 de gösterilen sertlik aşınma eğrisi de doğrulamaktadır. TZDK 'ndan temin edilen uç demirlerinde de Erdemir 3260 çeliğinde görülen aynı mikroyapı ve mekanik özellikler görülmüştür.

Mutaf, Ulusoy (33) ve Keçecioğlu, Ulusoy (22)'un ve TS (45) nin önerileri doğrultusunda Ç-1060 malzemesinden yapılan uç demirlerinde, Tablo 3.1 de gösterilen ısı işlem sonrası mikroyapıda şekil 4.25 ve 4.27 de gösterilen temperlenmiş martenzit mikroyapı oluşturulmuştur. 75 dakika'lık menevişleme süresinde 51 HRC sertlik elde edilirken, 120 dakikalık menevişleme süresi sonunda 44 HRC sertlik elde edilmiştir. Sertliği yüksek olan malzemedan (51 HRC) yapılan uç demirinin tarama elektron mikroskopunda çekilen mikrofotografı çok derin plastik deformasyon ve aşınma izleri göstermektedir ( Şekil 4.28). Sert malzeme plastik deformasyona fazla maruz kalmadan kırıldığı için fazla miktarda aşınmaktadır. Şekil 4.22'de görüldüğü gibi, 51 HRC sertlik de 1.6 g/da'lık yüksek aşınma değeri belirlenmiştir.

Aynı Ç-1060 malzemesinden yapılan uç demirlerinin uygulanan menevişleme süresi 120 dakika ya çıkarılıp, sertlik 44 HRC ye düşürülürse (Tablo 3.1) söz konusu aşınma miktarı 0,7 g/da dolayına inmektedir. Bu aşını azalması, plastik deformasyonun artması ve malzeme kırılabilirliğinin azalması ile açıklanabilmektedir (51,24,38). Şekil 4.28 de gösterilen tarama elektron mikroskobu fotoğrafları, belli bir sertlik değeri geçildikten sonra, artan sertliğin artık artan aşınma direnci anlamına gelmediğini son derece çarpıcı bir biçimde göstermektedir. Gerçekten 120 dakika meneviş işlemi uygulanan malzemede oluşan doku ve sertlik, 75 dakika aynı işleme tabi tutulan malzemeye göre belirgin bir şekilde az aşınma göstermiştir. Olay malzeme biliminin özellikle sertlik plastik deformasyon ilişkileri teorilerine dayanılarak yukarıda kısaca açıklanmıştır.

Bu olay her şeyi aynı ancak sadece  $120-75=45$  dakika fazla meneviş verilen bir uç demirinin diğerine göre yaklaşık 2 defa daha yüksek dayanımlı olabileceğini deneysel olarak göstermektedir. Diğer bir ifade ile dayanım bir bakıma ısıtma işlem etkinliğinin bir fonksiyonu olmaktadır.

Yukarıda bahsedilen sebeplerden dolayı gerek çok yumuşak malzemeler gerekse çok sert malzemelerde, aşınma miktarı beklenenin üzerinde olmuştur. Orta sertlikteki malzemelerde ise martenzit yapının elde edilmesinden sonra menevişleme sonunda sertlik özelliğinin orta seviyeye getirilerek tokluk özelliğinin artırılması sonucu, aşınmanın enaza indiği belirlenmiştir (Şekil 4.22)

Toprak işlemede kullanılan tarım aletlerinin konumu da aşınma açısından önemlidir. Değişik yerlerdeki iş organlarının değişik miktarlarda aşındığı çeşitli

araştırmacılar tarafından tesbit edilmiştir (4). Ulusoy pulluk uç demirlerinin monte edildiği gövdeye göre aşınmanın farklı olduğunu ve nden arkaya gidildikęe azalan bir aşınma miktarıyla karşılaşıldığını ifade etmektedir. n tarafta daha fazla aşınma tesbit edildiğine göre, burada kullanılan iş organının aşınma direnci arka sıradakilere nazaran fazla olmalıdır. Bu da ısıl işlem veya daha uygun malzeme seğimiyle czmlenecek bir problem olmaktadır (12). Ulusoy'un bildirdiği bu olay, yapılan bu araştırma sırasında bütün tarla denemelerinde hiç bir yanılığa sebebiyet vermeyecek netlikte tekrarlı olarak belirlenmiştir. Deneme sonuğlarını yansıtan Tablo 4.1 de ve Tablo 4.2 de n gövdenin cok aşındığı, aşınmanın arka gövdelere doğru azaldığı, ancak 4.gövdedeki aşınmanın 1. ile 2.gövde arasında yer aldığı görülmektedir. Bu belirleme Ulusoy (12)'un bulgularını doğrular niteliktedir.

Tarla denemeleri killi ve killi tınlı topraklarda yapılmıştır. Toprağın kimyasal yapısı uç demiri malzemesini doğrudan etkileyebileceği için farklı nitelikteki topraklar için bulunan sonuğların genellenmesi doğru olmayabilir. Hangi tür uç demirlerinin hangi tür topraklara uygun olacağı konusuna kesinlik kazandırabilmek için, aşınma denemelerinin ceşitli topraklarda tekrarlanması yararlı olabilecektir. Ayrıca denemelerin bizzat tarla şartlarında yapılmasında yarar vardır. Uç demirlerinin aşınmaya karşı mukavim özelliklerinin yanında darbeye karşı dayanımlarında iyi olması gerekmektedir. Cnk tarla içerisindeki büyük taşlara carpan uç demirlerinin kırılmaması gerekir. Havuz vb.şartlarda yapılan denemeler ile tarla denemeleri arasında fark olacağı için deneyin türü ne olursa olsun denemelerin tabii şartlarda yapılmasında yarar görülmektedir.

## 6.SONUÇ

28 (HRC) sertliğindeki malzeme ile 51 (HRC) sertliğindeki malzeme en fazla aşınırken orta sertlikteki 37, 39 ve 44 HRC sertliğindeki malzemeler diğerlerine nazaran daha az aşınma göstermişlerdir. Özellikle Erdemir 3260 malzemesinden imal edilen 39 HRC sertliğindeki malzeme her aşamada en az aşınmaya uğrayan malzeme olmuştur. Abrasodur 43 elektrodu ile keskin kenarlarına dikiş çekilen uç demirlerinin tamamında, kaynaksız uç demirlerine oranla, daha az aşınma belirlenmiştir, ancak 39 HRC sertliğindeki uç demirine çekilen dikişin, aşınma üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Dört gövdeli pullukla yapılan tarla denemelerinde aşınma ön gövdeden arkaya doğru azalırken dördüncü gövde uç demirinin traktör izinde hareket etmesi nedeniyle birinciden az, diğer ikisinden daha fazla aşındığı belirlenmiştir. Kum havuzunda yürütülen denemeler sonunda aynı aşınma değerlerine tarla koşullarından 5 ila 30 kez daha hızlı ulaşılabileceği, dolayısıyla kısa süreler içinde bir çok tekerrürün yapılabileceği ortaya çıkmıştır.

## 7.ÖNERİLER

Araştırmada elde edilen bulgular doğrultusunda TS 1137 tarafından önerilen kesici kenardan itibaren 50-70 mm genişliğindeki alanın 48-54 HRC sertliğinde olması durumunda uç demirlerinin hızlı aşınma bölgesinde oldukları, sert uç demirlerinin daha kolay kırıldıkları göz önüne alınarak, sade karbonlu çelikten üretilecek uç demirlerinin mümkünse  $39 \pm 1$  (HRC) mertebesinde sertleştirilerek kullanılmasının, bu sertliğin elde edilmesinde meneviş verme işleminin doğru uygulanmasının üretici kuruluşlara önerilmesi uygun bulunmuştur.

Pulluk konumunun, uç demiri aşınması üzerindeki etkisi dikkate alınarak, tüm uç demirlerinin homojen aşınması için zaman zaman 1.gövde uç demirinin 3.gövde ile ve 2.gövde uç demirinin 4.gövde ile değiştirilmesi bir seçenek olarak önerilebilmektedir.

Araştırma içinde tanımlanan tarla ve kum havuzu şartları için, sertliğe bağlı olarak bulunan ilişkilerin, benzer şartlarda diğer toprak işleyici organların sadece kum havuzunda denenebilecekleri doğrultusunda bilimsel veriler elde edilebilmiştir. Buna göre kum havuzunda tarla şartları tam olarak canlandırılmamakla birlikte eşit miktardaki aşınmadan 5-30 kez daha kısa sürelerde ulaşmak mümkün olabilmektedir. Bu yaklaşım gerek tarla denemelerinin zorluğu ve maliyetinin yüksekliği ve gerekse harcanan zaman yönünden önemli avantajlar sağlayabilecektir. Dolayısıyla hızlandırılmış tarla denemeleri için kullanılabilir nitelikte bulunmaktadır.

Araştırmada uç demiri aşıntısına toprak pH'sının ve kimyasal yapısının etkisi gözardı edilmiştir. Daha kapsamlı çalışmalarda bu konununda incelenmesinde yarar görülmektedir.



## KAYNAKLAR

- 1- SAYGILI, İ.M., 1979, Türkiye'de Tarımsal Mekanizasyon, İ.T.Ü.Makina Fakültesi Araştırma ve İnceleme Yayınları, Yayın No:6, İSTANBUL
- 2- MUTAF,E. ve UÇUCU,R., 1980 Tarımsal Mekanizasyon, E.Ü.Z.F. Ders Notları, No: 4-11, İZMİR
- 3- AKALAN.İ., 1983. Toprak Bilgisi, A.Ü.Z.F.Yayınları, Ankara Üniversitesi Basımevi.
- 4- KARAMIŞ, M.B., 1985, Toprak İşleme Aletlerinde İş Organının Aşınmasının Etüdü, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, KAYSERİ
- 5- GÖKÇEBAY, B., 1983, Minimum Toprak İşleme Tekniği, A.Ü.Z.F.ANKARA
- 6- ANONYMOUS, 1973,D.P.T. Müsteşarlığı, Tarım alet ve makinaları genel araştırması, Cilt, I-II,İSTANBUL
- 7- ULUSOY,E., 1975, Toprak İşleyici Aletlerde Aşınma Sorunu, İZMİR
- 8- ÖZ, İ.H.,1977, Ziraat Makinaları; Cilt 1, İ.T.Ü.İSTANBUL
- 9- JAHANMIR,S. ve ABRAHAMSON, E.P., 1976, Sliding Wear Resistance of Metalic Coated Surfaces, Wear., 40,75-84
- 10- ÖZEMİR,Y., 1971, Minimum Toprak İşleme, Ziraat Tekniğinin Esasları, Zi.M.M.A.M, İ.T.Ü.Sayı: 3, İSTANBUL
- 11- EROL,M.A.GÜRKAN,R., GÖKNUR,İ,1992, İşleme Aletlerinin Ayar ve Bakımları A.Ü.Z.F.Yayınları 1269,ANKARA

- 12- ULUSOY,E., 1981, Bazı Toprak İşleme Alet ve Makinalarında İş Organlarının Aşınması Üzerinde Araştırmalar, E.Ü.Z.F Docentlik Tezi, İZMİR
- 13- AKKURT, M., 1990, Makina Elemanları, Cilt 1, Birsen Yayınevi, İSTANBUL
- 14- ONARAN, Kasif 1993, Malzeme Bilimi, Bilim Teknik Yayınevi, İSTANBUL
- 15- RICHARDSON R,C,D., 1969, The Wear of Metal Shares in Acricultural Soils, Ph.D.Thesis,LONDON
- 16- HİGGİNS RA., 1987, Properties of Engineering Matelials, Sah 64
- 17- LAWRENCE H.Van Vlack, 1964, Elements of Material Science Second Edition, sah 320.
- 18- RAGHAVAN .V., 1974, Material Science, Sah. 135.
- 19- LAWRENCE H.Van Vlack. 1982, Materials for Engineering, p.152
- 20- MUTAF,E. ve ULUSOY,E., 1977, Toprak İşleme Aletlerinin İş Organlarında Kullanılan Bazı Çeliklerin Farklı Isıl İşlemlere göre Laboratuvar ve Tarla Şartlarında Aşınma Dirençleri
- 21- MOORE, M.A., 1975, Abrasive Wear by Soil, Tribology İnternational, Vol., 8, No:3, 105-110
- 22- KEÇECİOĞLU, G.ve ULUSOY,E., 1975, Ege Bölgesinde Yapılan Bazı Pulluk uç Demirleri Üzerinde Bir Araştırma, E.Ü.Z.F Yayınları, İZMİR
- 23- MUTAF,E., 1957, Modern Pulluklar Ankara Üniversitesi Yayınları
- 24- GÜRLEYİK, M.Y., 1975, Metallerin ve Metal Olmayan Sert Malzemele-

- rin Taneli Maddeler Tarafından Sürtünerek Aşındırılması, Mühendis ve Makina, Cilt, 19, Sayı 217, ANKARA
- 25- GEDİKBAŞ, M., 1970, Sürtünme ve Aşınma, İ.T.Ü.Dergisi, Cilt 28, Sayı 3, İSTANBUL
- 26- GALLWITZ, K., 1930, Werkstoffe Und Abnutzung Ven Pflugscharen  
Diss.TH Berlin, Dessau
- 27- KÜHNE, G., 1931, Vergleichende Untersuchungen an Schar-  
Werkstoffen. Die Technikin der landw.H.7.
- 28- KLOTH, W., 1930, Die Haltbarkeit der Bodenbearbeitungswerkzeuge.  
Die Technik in der landw H.12
- 29- PEN,C.L., 1964, The Durability of Carbon Steels Wearing in sand.The  
Chinese Society of Agricultural Engineers, Taipei
- 30- ÇOĞAY,A., 1992, Toprak İşleme Makinalarında Yüzey Sertleştirme Sorunları ve Uygulanabilir Metod Araştırması. Uludağ Üniv.Y.Lisans Tezi.  
BURSA
- 31- BECKER, E., 1963, Organische und mineralische stoffe zur Herstellung  
und Beschichtung von pflugscharen und pflugstreichblechen. Landtechnische  
Forschung H.2
- 32- ULUSOY,E., 1971, Unter Suchungen Uber das Verschleissverhalten ven  
pflugscharstahl bei vershietenen Einflussfaetoren In einem pnif stund,  
(Dissertation). Foto-Durck Lenz, Giessen
- 33- HONEYCOMBE R.W.K. 1982, steels, Microstrceture and properties,Edward Arnold Publicotion.

- 34- MOORE, M.A., 1974, The Relationship Between The Abrasive Wear Resistance, Hardness and Microstructure of Ferritic Materials, Wear 28,59-68
- 35- HURRICKS, P.L., 1973, Some Metallurgical Factor Controlling the Adhesive and Abrasive Wear Resistance of Steels a Review, Wear 26,285,304
- 36- CASHON, E.P., 1975, Wear Resistant Coating Applied by the Detonation Gun, Tribology Int.Usl.8.No:3,111-115
- 37- KHRUSCHOV, M.M., 1974, Principle of Abrasive Wear, 28,69,88
- 38- SARKAR, A.D., 1976, Wear of Metals, Pergamon inf.Librang, Pergamon press Oxford, Chapter 25
- 39- KANTARCI, M.S., 1982, Toprak İşleme Aletlerinde Aşınma,İ.T.Ü.Makina Fakültesi Doktora Tezi, İSTANBUL
- 40- DEMİRCİ, A.H., 1982, Ötektoidaltı Alaşimsız Çeliklerin, Yeni İmal Edilen Bir Sürtünme-Aşınma Deney Standında, Isıl İşlemlere bağlı olarak Aşınma Davranışlarının İncelenmesi ve Optimizasyonu, E.Ü.M.F.Doçentlik Tezi, İZMİR
- 41- ASHBY'M.F.,JONES D.R.H.,1992, Engineerng Materials 2, 1992, p 115
- 42- AKKURT, M., 1977, Makina Konstrüksiyonda Güvenirliğin Esasları, M.M.O Yayın No:106, İSTANBUL
- 43- YALDIZ,S., 1990, Farklı Malzemelerden Yapılan Pulluk Uç Demirlerine Uygulanan Isıl İşlemlerin Aşınmaya Etkilerinin Belirlenmesi, KONYA
- 44-STROPPEL' The., 1961, Uber die Gute,den Verschleiss Und die Schnei

ten form Fabrikneuer Pflugschare, Grundlagen der Landtechnik., H.13, S.35-

43

45- ANANYMOUS, T.S.E., 1985, Uç Demirleri, TS 1137, ANKARA

46- KADAYIFÇILAR, S. ve YAVUZCAN,G., 1969, Ziraat Makinaları  
İşletmeciliği A.Ü.Z.F.Yayınları

47- KEÇECİOĞLU, R.G., 1964., Toprak İşleme Alet ve Metodları,  
E.Ü.Z.F.,Doktora Tezi, İZMİR

48- SUNGUR,N., 1974, Tarım Makinaları İşletme Tekniği,  
E.Ü.Z.F.Yayınları No: 215 Bölüm 3-11,İZMİR

49- ANONYMOUS, 1992, Tarım İstatistikleri Özeti, Devlet İstatistik Ens-  
titüsü Matbaası 1994, ANKARA

50- ANONYMOUS, OERLİKON Abrasador-43,1992, İSTANBUL

51- PASCOE K.J., 1978,An Introduction to the Properties of Engineering  
Materials, 3 rd ed, Van Nostrand Reinhold Company, London, p.205.

## ÖZGEÇMİŞ

Cemil ÇETİNKAYA, 1959 yılında Aksaray'da doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini aynı ilde tamamladıktan sonra 1985 yılında Teknik Eğitim Fakültesi Metalurji Bölümünden mezun oldu. 1986 yılında aynı Fakültenin Metalurji Eğitimi Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 1987-1992 yılları arasında Teknik Eğitim Fakültesi, Sekreter Yardımcılığı ve Fakülte Sekreterliği yanında; Öğretim Görevlisi kadrosuna atanarak, Malzeme Bilimi Eğitimi Anabilim Dalı Başkanlığını birlikte yürüttü. Aynı tarihler arasında G.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı Metalurji Eğitimi Bölümünde Yüksek Lisansını tamamladı. Halen aynı Anabilim Dalında Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır.