

**T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEL EROZYON TEZGAHINDA 2379 ÇELİĞİNİN
İŞLENMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN
ŞEKİL VE BOYUT TOLERANSLARINA ETKİSİ**

**Osman İMAMOĞLU
(Teknik Öğretmen)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
MAKİNA EĞİTİMİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Hamdi SÖZÖZ**

İSTANBUL 2007

**T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEL EROZYON TEZGAHINDA 2379 ÇELİĞİNİN
İŞLENMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN
ŞEKİL VE BOYUT TOLERANSLARINA ETKİSİ**

**Osman İMAMOĞLU
(Teknik Öğretmen)
(141101720030256)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
MAKİNA EĞİTİMİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Hamdi SÖZÖZ**

İSTANBUL 2007

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABUL VE ONAY BELGESİ

TEL EROZYON TEZGAHINDA 2379 ÇELİĞİNİN
İŞLENMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN ŞEKİL VE
BOYUT TOLERANSLARINA ETKİSİ

Osman İMAMOĞLU'nun Tel Erozyon Tezgahında 2379 Çeliğinin İşlenmesinde Kesme Parametrelerinin Şekil ve Boyut Toleranslarına Etkisi isimli Lisansüstü tez çalışması, M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 02,07,2007 tarih ve 2007/15-57 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Makine Eğitimi Anabilim Dalı Makine Eğitimi Programında YÜKSEK LİSANS Tezi olarak Kabul edilmiştir.

Danışman : (Yrd.Doç.Dr, Hamdi SÖZÖZ)(Marmara Üniversitesi)

Üye : (Prof.Dr, Mustafa KURT)(Marmara Üniversitesi)

Üye : (Yrd.Doç.Dr, Hüseyin KURT)(Marmara Üniversitesi)

Tezin Savunulduğu Tarih: 16 Temmuz 2007

ONAY

M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararı ile tarihinde Osman İMAMOĞLU'nun Makine Eğitimi Anabilim Dalı Makine Eğitimi Programında Y.Lisans (MSc.) derecesi alması onanmıştır.

Marmara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof.Dr. Sevil ÜNAL

ÖNSÖZ

Hazırlamış olduğum bu yüksek lisans tezinde ilmi katkılarından dolayı danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Hamdi SÖZÖZ Bey'e, deney malzemelerimin temini ve deney tezgahının tahsisinden dolayı Özdemirler Anten Sanayiine, ayrıca deney parçalarının ölçümünü yapan Defne Mühendisliğe, maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen aileme teşekkürlerimi arz eder, saygılar sunarım.

Haziran , 2007

Osman İMAMOĞLU

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA NO</u>
ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
YENİLİK BEYANI	vii
SEMBOL LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
TABLO LİSTESİ.....	xii
BÖLÜM I. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
I.1. GİRİŞ.....	1
I.2. AMAÇ.....	2
BÖLÜM II. GENEL BİLGİLER.....	3
II.1. ELEKTRO EROZYON YÖNTEMİ.....	3
II.1.1. Talaş Kaldırma Mekanizması.....	3
II.1.2. Başlıca Elektro Erozyon Çeşitleri.....	9
II.1.2.1. Elektro Erozyon (Electrical Discharge Machining) EDM.....	9
II.1.2.2. Tel Erozyon (Wire Electrical Discharge Machining)	
WEDM.....	10
II.1.2.3. Freze Erozyon (Electrical Discharge Milling).....	10

II.1.2.4. Taşlama Erozyon (Electrical Discharge Grinding) EDG.....	10
II.1.2.5. Ultrasonik Destekli Erozyon (Ultrasonic Aided EDM)	
UEDM.....	11
II.1.2.6. Mikro Elektro Erozyon (Electro Discharge Machining)	
MEDM.....	11
II.1.2.7. Mikro Tel Erozyonu.....	11
II.1.2.8. Oyma Erozyon (Mole EDM).....	12
II.1.3. Talaş Kaldırma Teorileri.....	12
II.1.3.1. Elektro - Mekanik Teori.....	12
II.1.3.2. Termo - Mekanik Teori.....	12
II.1.3.3. Termo - Elektrik Teori.....	13
II.2. TEL EROZYON YÖNTEMİ.....	13
II.2.1. WEDM'nin Tarihçesi.....	18
II.2.2. Tel Erozyon Tezgahtarının İşleme Parametreleri.....	20
II.2.2.1. Güç (POWER, P).....	21
II.2.2.2. Bekleme Süresi (TIME OFF, to).....	22
II.2.2.3. Açık Devre Voltajı (VOLTAGE, V).....	22
II.2.2.4. Servo (SERVO, GAP).....	22
II.2.2.5. Dielektrik (DIELEC, d).....	23
II.2.2.6. Tel Gerilimi (WIRE TENS, Th).....	24
II.2.2.7. Tel Besleme Hızı (WIRE FEED, Vh).....	24
II.2.2.8. Finiş (FINISH, ACA).....	24
II.2.2.9. Çevirim (INVERS. INV).....	25
II.2.2.10. Köşe Doğrulama (CORNER CORR, CRR).....	25
II.2.2.11. İlerleme Hızı (FEEDRATE).....	25
II.2.3. Tel Erozyon Uygulamalarında Kesme Performansını Etkileyen	
Faktörler.....	25
II.2.3.1. Kesme Doğruluğu.....	26
II.2.3.2. Tel Eğilmeleri.....	26
II.2.3.3. Tel Kırılmaları.....	27
II.2.3.4. Kesme Hızı.....	28
II.2.4. Yüzey Yürüzlülüğü.....	28
II.2.5. Tel Erozyon Yönteminin Uygulama Alanları.....	30
II.2.5.1. Kalıp ve Kalıp Parçaları.....	30

II.2.5.2. Prototip İşlemi.....	30
II.2.5.3. Torna Takımları.....	30
II.2.5.4. Özel Şekil Malzemeleri.....	31
II.2.5.5. Broşlar.....	31
II.2.5.6. Şablonlar.....	31
II.2.6. WEDM' nin Avantaj ve Dezavantajları.....	32
BÖLÜM III. TEZ ÇALIŞMALARI.....	33
III.1. TEL EROZYON TEZGAHI.....	33
III.2. DENEYDE KULLANILAN MALZEME.....	34
III.3. DENEYDE KULLANILAN MALZEMENİN ISIL İŞLEMİ.....	34
III.3.1. Gerilim Giderme Tavlama.....	34
III.3.2. Sertleştirme.....	35
III.3.3. Temperleme (Tavlama).....	38
III.3.4. Temperleme / Meneviş İşlemlerinde Özel Konular.....	39
III.4. KESME PARAMETRELERİNİN TAYİNİ.....	40
III.5. KESİLECEK PARÇA ŞEKLİNİN TAYİNİ.....	40
III.6. OPTİK TARAMA SİSTEMLERİ.....	42
III.7. KESİLECEK PARÇALARIN OPTİK TARAMA SİSTEMİ İLE TARANMASI.....	46
BÖLÜM IV. SONUÇLAR.....	58
BÖLÜM V. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRMELER.....	66
KAYNAKLAR.....	68
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

TEL EROZYON TEZGAHINDA 2379 ÇELİĞİNİN İŞLENMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN ŞEKİL VE BOYUT TOLERANSLARINA ETKİSİ

Son yıllarda, bilim ve teknolojinin hızlı gelişimi, hem malzeme hemde bu malzemelerin ürün hale getirilmesinde kullanılan yöntemlerden beklentileri arttırmaktadır. Bu çalışmalar doğrultusunda geliştirilen imalat yöntemlerinden biri de (Wire Electro Discharge Machining) tel erozyonla imalat yöntemidir. Tel erozyon, üzerinde yüksek yoğunlukta akım geçirilen bir tel yardımıyla kesme işlemidir. Klasik olmayan imal usulleri arasına yer alan bu yöntemle sert, karmaşık profilli iletken parçaların mikron hassasiyetinde işlenebilmesi mümkündür.

Tel erozyon ile kesimin en önemli parametrelerinden olan şekil ve boyut toleransları ciddiyle incelenmelidir. Bu yüksek lisans çalışmasında kesme parametrelerinin, kesilen parça üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

Tolerans yüzeyleri optik tarama sistemi yardımıyla ölçülmüştür. Deneysel olarak, 0,25mm çapında pirinç tel kullanılmıştır. Deneysel malzemesi olarak da 2379 (D2) soğuk iş takım çeliği kullanılmıştır. Kesme işlemlerinde güç, time off süresi ve gerilim değişken olarak alınırken, dielektrik basıncı, tel ilerleme hızı, tel gerginliği ve tel çapı sabit olarak alınmıştır. Yapılan deney çalışmaları sonucunda kesilen parça, farklı kesme parametrelerine bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak kesilen parçaların, beklenen özelliklere göre uygun parametrelerin seçilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Haziran , 2007

Osman İMAMOĞLU

ABSTRACT

THE EFFECTS OF CUTTING PARAMETERS ON THE FORM AND DIMENSIONAL TOLERANCES DURING THE PROCESSING OF 2379 STEEL IN THE WIRE ELECTRICAL DISCHARGE MACHINE

In the last decade with the progress, and developments in science, and technology the expectations both from material properties, and technics used in manufacturing end products from materials have increased. One of the manufacturing processes is the Wire Electrical Discharge Machining (WEDM) developed in the direction of this purpose. Wire Electrical Discharge Machining is a non-traditional cutting method of removing material by a series of rapidly recurring electric arcing discharges between an electrode (wire) and the work piece, in the presence of an energetic electric field.

The important parameters in Wire Electrical Discharge Machining are workpiece form and dimensional tolerances. These must be investigated in depth. The main subject of this study is to investigate experimentally different cutting parameters, and their effects on workpiece.

The surface tolerances are measured using optical scanning system. A brass wire with a diameter of 0.25 mm, and 2379 (D2) steel have been used as workpiece material in the experiments. In cutting trials force, time-off time and voltage were taken as variables, while dielectric fluid circulation pressure, wire feed rate, wire tension and wire diameter were kept constant. Cutting trials using different parameters, showed changes in form and dimensional tolerances. Suitable parameters must be selected to remain within acceptable range of form and dimensional tolerance.

June , 2007

Osman İMAMOĞLU

YENİLİK BEYANI

TEL EROZYON TEZGAHINDA 2379 ÇELİĞİNİN İŞLENMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN ŞEKİL VE BOYUT TOLERANSLARINA ETKİSİ

Bu tez çalışmasında kalıp elemanları imalatında makinenin değişik kesme parametrelerine bağlı olarak oluşabilecek toleranslar incelenmiştir. Çalışma parametrelerinin belirli değerler arasında tutulması için değişik kesme şartlarında deneyler yapıldı. Kesilen parçalar optik tarama yöntemiyle taranarak nokta bulutu elde edildi. Elde edilen bu nokta bulutları birleştirilerek yüzeyler elde edildi. Yüzeyler elde edildikten sonra diklik, şekil ve düzlemsellik toleransları incelenmiştir.

Yapılan deneylerin analizi sonucunda teknolojiye çeşitli katkıları olmuştur. Özellikle iş parçaların tasarımında belirlenen toleranslarında imal edilmesi için parametre seçimlerinin etkisi irdelenmiştir.

Haziran 2007

Yrd.Doç.Dr. Hamdi SÖZÖZ

Osman İMAMOĞLU

SEMBOL LİSTESİ

- A** : Tel ile iş parçası arasındaki ortalama akım değeri.
V : Tel ile iş parçası arasındaki ortalama voltaj değeri.
F : Birim zamanda (mm/dakika) aşındırılan malzemenin uzunluğu.

KISALTMALAR

CAM	: Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli İmalat)
WEDM	: Wire Electrical Discharge Machining (Tel Erozyon)
CNC	: Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Nümerik Kontrol)
NC	: Numerical Control (Nümerik Kontrol)
P	: Güç
to	: Bekleme Süresi
V	: Açık Devre Voltajı
GAP	: Servo
d	: Dielektrik
Th	: Tel Gerilimi
Vh	: Tel Besleme Hızı
ACA	: Finiş
INV	: Çevirim
CRR	: Köşe Doğrulama

ŞEKİL LİSTESİ

SAYFA NO

Şekil II.1 Talaş Kaldırma Sürecinde 1. Aşama.....	4
Şekil II. 2 Talaş Kaldırma Sürecinde 2. Aşama.....	4
Şekil II. 3 Talaş Kaldırma Sürecinde 3. Aşama.....	5
Şekil II. 4 Talaş Kaldırma Sürecinde 4. Aşama.....	6
Şekil II.5 Talaş Kaldırma Sürecinde 5 Aşama.....	6
Şekil II. 6 Talaş Kaldırma Sürecinde 6. Aşama.....	7
Şekil II. 7 Talaş Kaldırma Sürecinde 7. Aşama.....	8
Şekil II. 8 Talaş Kaldırma Sürecinde 8. Aşama.....	8
Şekil II. 9 Talaş Kaldırma Sürecinde 9. Aşama.....	9
Şekil II. 10 WEDM'nin Şematik Görünüşü.....	14
Şekil II.11. Başlangıç Deliğinin Pozisyonu.....	17
Şekil II.12. WEDM'de İşlem Mekanığı.....	19
Şekil II.13. ONA AE300 Tel Erozyon Tezghasına Ait Kesme Parametreler.....	20
Şekil II.14. ONA AE300 Tel Erozyon Tezghası.....	21
Şekil III.1. Ferrit Kristal Yapısı Kübik Hacim Merkez.....	36
Şekil III.2. Öztenit Kristal Yapısı Kübik Yüzey Merkez.....	36
Şekil III.3. Martensit Kristal Yapısı Kübik Hacim Merkez.....	37
Şekil III.4. Isıl İşlem Diyagramı.....	39
Şekil III.5. Deneylerde Kesilecek Parça Formu.....	41
Şekil III.6. Steinbichler T-SCAN Lazer Kesitli Tarama Sistemi.....	43
Şekil III.7. Steinbichler COMET IV Tek Kameralı Optik Tarama Sistemi.....	44
Şekil III.8. Asimetrik Yerleştirilmiş Çift Kameralı Sistem (Breuckmann STEREOSCAN).....	45
Şekil III.9. Tek Ve Çift Kameralı Sistem.....	45
Şekil III.10. Asimetrik Yerleştirilmiş Çift Kameralı Sistem.....	46

Şekil III.11. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Optik Tarama Sisteminde Taranması.....	47
Şekil III.12. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Düzlemsellik Toleransı.....	48
Şekil III.13. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Diklik Toleransı:.....	48
Şekil III.14. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Şekil Toleransı.....	49
Şekil III.15. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Düzlemsellik Toleransı.....	49
Şekil III.16. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Diklik Toleransı.....	50
Şekil III.17. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Şekil Toleransı.....	50
Şekil III.18. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Düzlemsellik Toleransı.....	51
Şekil III.19. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Diklik Toleransı.....	51
Şekil III.20. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Şekil Toleransı.....	52
Şekil III.21. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Düzlemsellik Toleransı.....	52
Şekil III.22. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Diklik Toleransı.....	53
Şekil III.23. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Şekil Toleransı.....	53
Şekil III.24. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Dairesellik Toleransı.....	54
Şekil III.25. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Dairesellik Toleransı.....	55
Şekil III.26. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Dairesellik Toleransı.....	56
Şekil III.24. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Dairesellik Toleransı.....	57
Şekil IV.1. Voltajın Toleranslara Etkisi Güç 11, Time Off 4.....	59
Şekil IV.2. Voltajın Toleranslara Etkisi Güç 11, Time Off 6.....	60
Şekil IV.3. Voltajın Toleranslara Etkisi Güç 9, Time Off 4.....	60
Şekil IV.4. Voltajın Toleranslara Etkisi Güç 9, Time Off 6.....	61
Şekil IV.5. Gücün Toleranslara Etkisi Time Off 4, Voltaj 160.....	61
Şekil IV.6. Gücün Toleranslara Etkisi Time Off 4, Voltaj 130.....	62
Şekil IV.7. Gücün Toleranslara Etkisi Time Off 4, Voltaj 160.....	62
Şekil IV.8. Gücün Toleranslara Etkisi Time Off 6, Voltaj 130.....	63
Şekil IV.9. Time Off'un Toleranslara Etkisi Güç 11, Voltaj 160.....	63
Şekil IV.10. Time Off'un Toleranslara Etkisi Güç 11, Voltaj 130.....	64
Şekil IV.11. Time Off'un Toleranslara Etkisi Güç 9, Voltaj 160.....	64
Şekil IV.12. Time Off'un Toleranslara Etkisi Güç 9, Voltaj 130.....	65

TABLO LİSTESİ

SAYFA NO

Tablo III.1. Deneylerde Kullanılan 2379 Soğuk İş Takım Çeliğinin Kimyasal Analizi.....	34
Tablo III.2. Deneylerde Kullanılan Kesme Parametreleri ve Değerleri.....	40
Tablo IV.1. Kesilen İş Parçalarının Deney Sonuçları.....	58

BÖLÜM I

GİRİŞ VE AMAÇ

I.1. GİRİŞ

Kesme, bükme ve form kalıplarında çok kullanılan 2379 soğuk iş takım çeliğinin karakteristik yapısı tel erozyonda işlemeye elverişlidir. Çelik ön hazırlıklarından sonra sertleştirilmiştir. Sertleştirilmeden sonra bir takım gerginlikler meydana gelir. Bu gerginlikleri malzeme üzerinden almak için menevişlemeye tabi tutulur. Meneviş sayısı üç olması durumunda tel erozyonla kesme esnasında oluşması muhtemel gerginlikler de ortadan kaldırılmış olunur.

İşıl işlem sonrası (sertleştirme, menevişleme, vb.) imal edilecek kalıp malzemesinin kesimi için ya CAM (Computer Aided Manufacturing) programı vasıtasıyla yada elle yazılan kesim programı ile kesme işlemi gerçekleştirilir. Bu işlem esnasında makine kesme parametreleri, çevre koşulları, makine elemanları gibi etkenlerin doğru seçilmiş olması kesilen parçanın şekil ve boyut toleranslarının oluşmasında direkt etkilidir. Bundan dolayı, özellikle kontrolü mümkün olan kesme parametreleri doğru seçilmelidir.

I.1. AMAÇ

Makine parçalarının birbiri üzerinde çalışması için belli toleranslar dahilinde üretilmeleri gerekmektedir. Toleranslar tasarım aşamasında seçilmeli ve elemanların çalışma şartlarına göre hassasiyetleri mikron seviyesinin altında da seçilebilir.

Verimliliği ve ömrü direkt olarak etkileyen toleranslar, tel erozyon tezgahında kesme işlemi esnasında seçilen kesme parametreleri ile yakından ilişkilidir. Bu sebeple bu tez çalışmasında değişik kesme parametreleri kullanılarak kesme yapıp bunun sonucunda şekil ve konum toleranslarına etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

BÖLÜM II

GENEL BİLGİLER

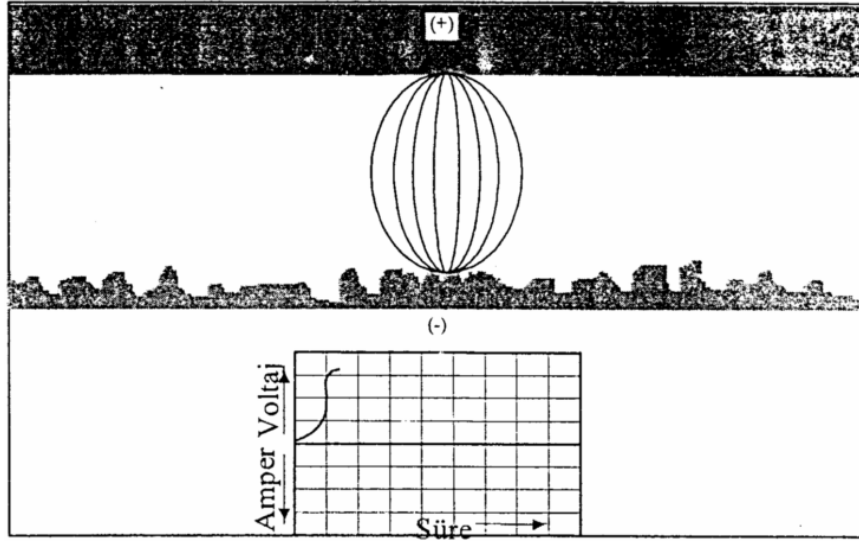
II.1. ELEKTRO EROZYON YÖNTEMİ

II.1.1. Talaş Kaldırma Mekanizması

Elektro Erozyon yönteminin talaş kaldırma sürecinde bir çevrimde meydana gelen olaylar aşağıda dokuz aşamada açıklanmıştır. Bu ardışık On - Off düzeni bir EDM çevirimini temsil etmekte ve saniyede 250.000 defa tekrarlanmak suretiyle malzemeden talaş kaldırmaktadır. Şekildeki grafikler tanımlanan noktalarda izafi olarak akım ve voltaj değerlerini göstermektedir.

1.Aşama

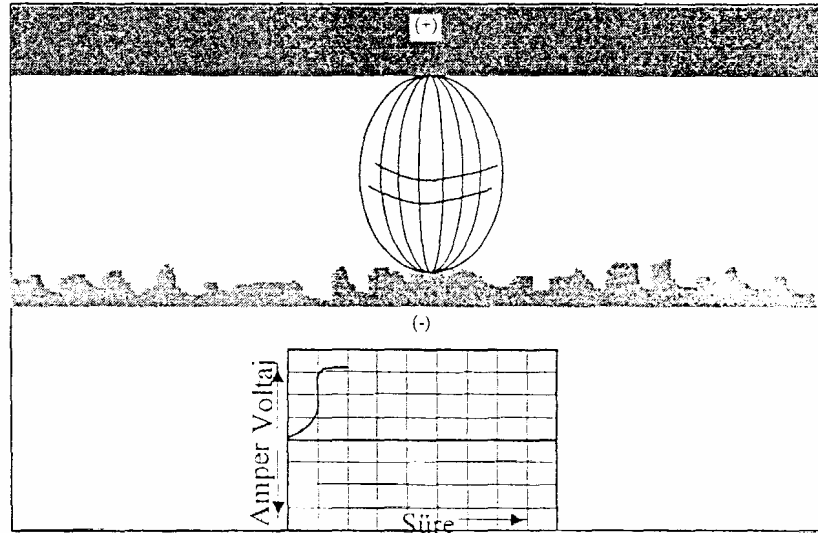
Elektrot ile iş parçası belirli bir mesafe ile birbirlerine yaklaştığında, dielektrik sıvı her ikisinin arasında yalıtkan görevi yaparak herhangi bir ark oluşumuna müsaade etmez. Ancak yeterli büyüklükte bir elektriksel potansiyel veya bir önceki çevrimden kalan metalik parçacıklar, sıvının yalıtkanlık özelliğini bozabilir. Şekilde görüldüğü gibi elektrot ve iş parçası arasındaki en yakın noktada elektriksel alan maksimum düzeydedir. Voltaj artmakta ancak akımın sıfır olduğu görülmektedir.



Şekil II.1 Talaş Kaldırma Sürecinde 1. Aşama

2. Aşama

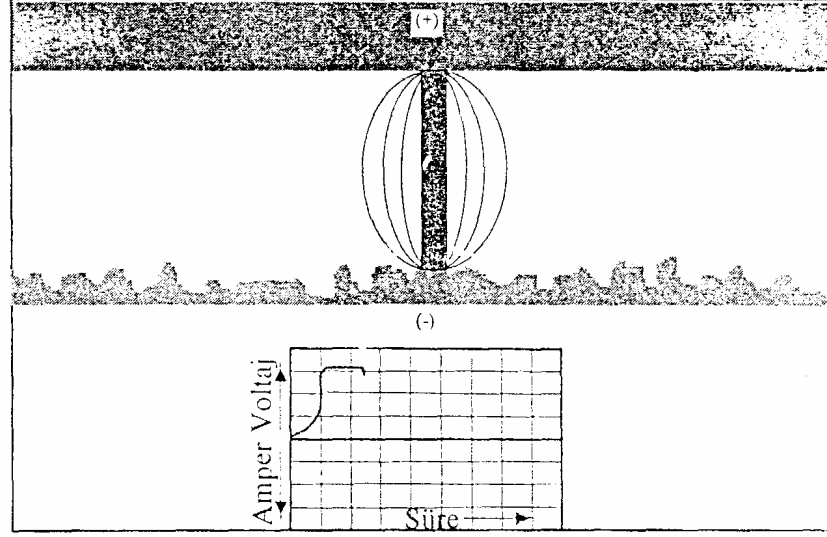
Şarj edilen atomların sayısı artarken, dielektrik sıvının izolasyon özelliği elektrik alanının en güçlü olduğu yerde dar bir kanal boyunca azalmaya başlar. Voltaj en yüksek düzeye ulaşır fakat akım hala sıfırdır.



Şekil II. 2 Talaş Kaldırma Sürecinde 2. Aşama

3. Aşama

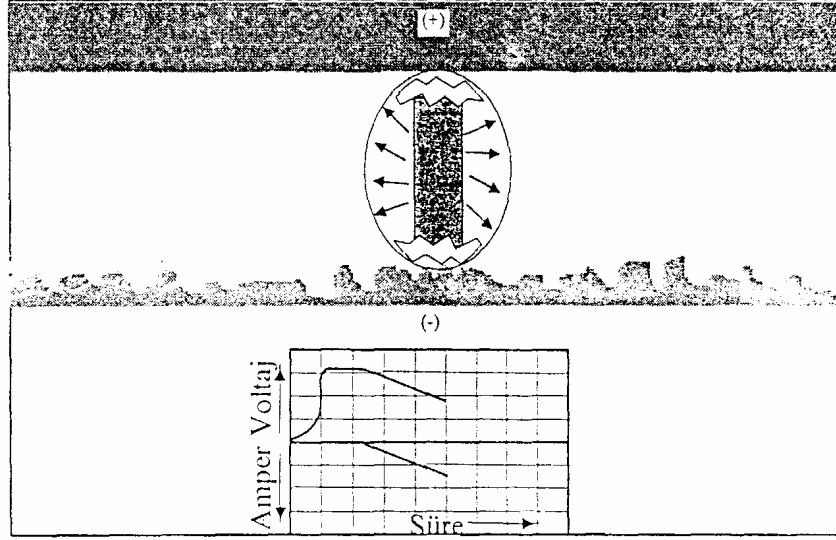
Akım sıvının yalıtkanlık özelliğini yok eder, kıvılcım çakar ve voltaj azalmaya başlar.



Şekil II. 3 Talaş Kaldırma Sürecinde 3. Aşama

4. Aşama

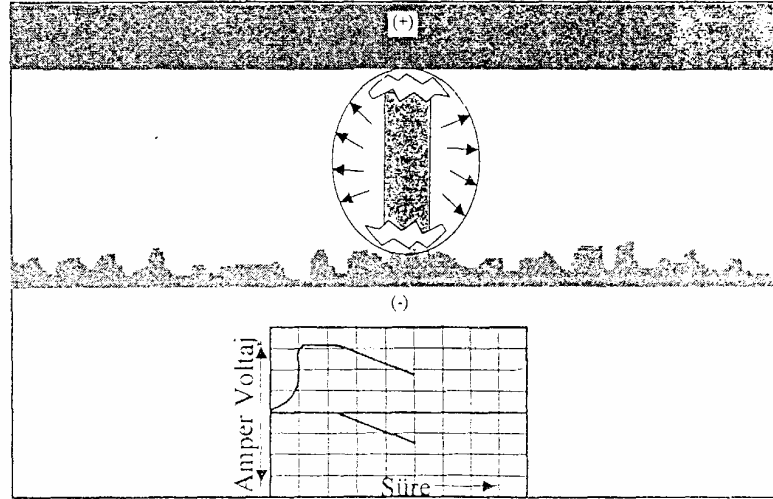
Akım artarken, hızlı bir ısı artışı meydana gelir ve voltaj düşmeye devam eder. Oluşan yüksek sıcaklık sıvının, iş parçasının ve elektrotun bir kısmını buharlaştırır. Elektrot ile iş parçası arasında bir boşalım kanalı oluşmaya başlar.



Şekil II. 4 Talaş Kaldırma Sürecinde 4. Aşama

5.Aşama

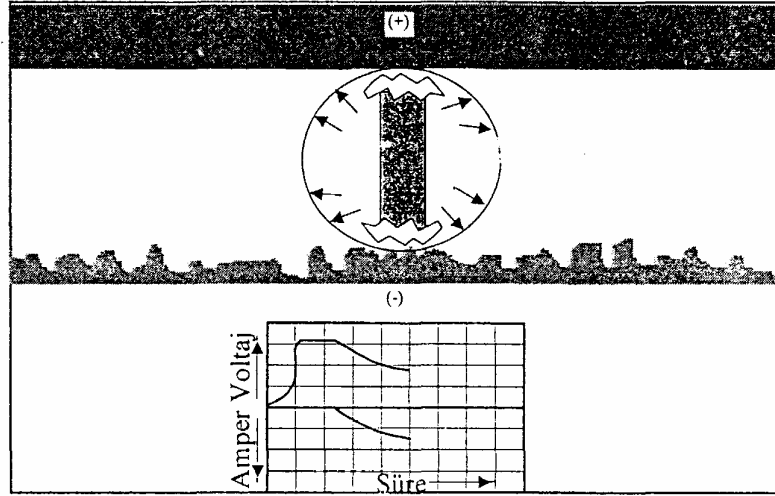
Akım boşalmasıyla oluşan sıcaklığın tesiri ile bir buhar balonu dışa doğru genişlemeye çalışır. Fakat dielektrik sıvısının baskısıyla ve boşalım kanalına doğru iyonların baskısıyla sınırlanır. Bu iyonlar, oluşan oldukça yoğun manyetik alan içerisine çekilirler. Akım yükselmeye devam eder voltaj ise düşer.



Şekil II.5 Talaş Kaldırma Sürecinde 5 Aşama

6. Aşama

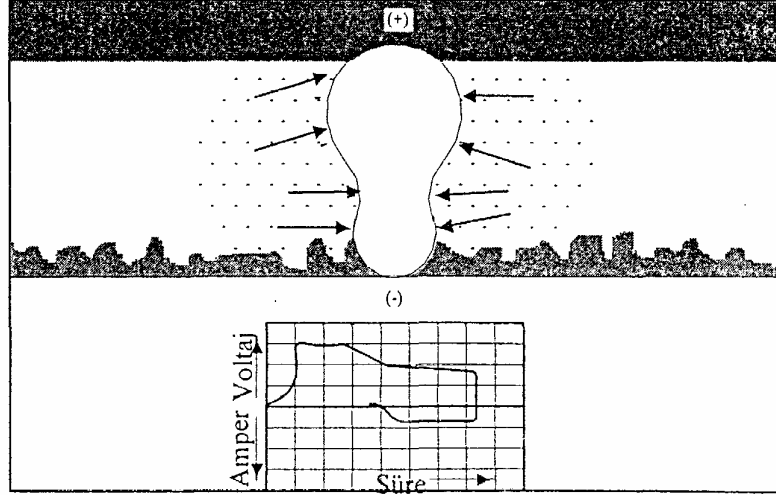
“Puls On” süresinin sonuna doğru akım ve voltaj dengelenir. Balonun içerisinde sıcaklık ve basınç maksimum düzeye ulaşır ve bir miktar metal kaldırılır. Metal, boşalım kanalı altında ergimiş haldedir ancak buhar balonunun tesiri ile yerinde tutulmaktadır. Boşalım kanalı bu aşamada yoğun bir akım ile buharlaşmış dielektrik sıvısı ve metalden oluşan yüksek sıcaklığa sahip plazmadan ibarettir.



Şekil II. 6 Talaş Kaldırma Sürecinde 6. Aşama

7. Aşama

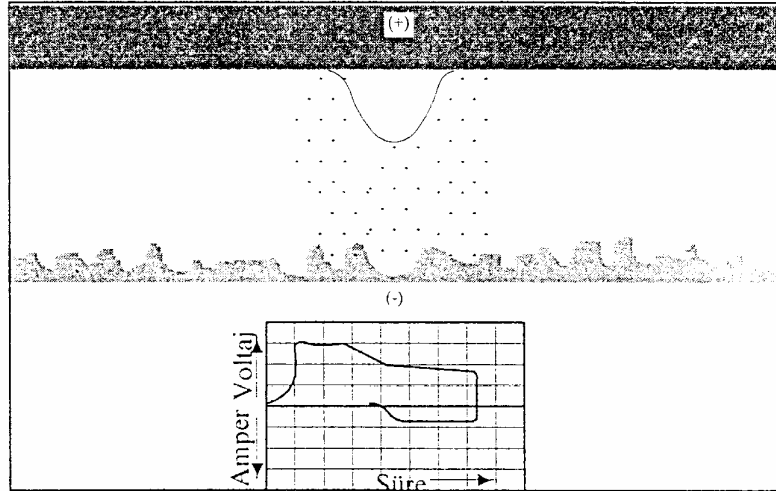
Off süresinin başlangıcında akım ve voltaj sıfıra düşer, buhar balonu söner ve iş parçasından ergimiş olan metal atılır.



Şekil II. 7 Talaş Kaldırma Sürecinde 7. Aşama

8. Aşama

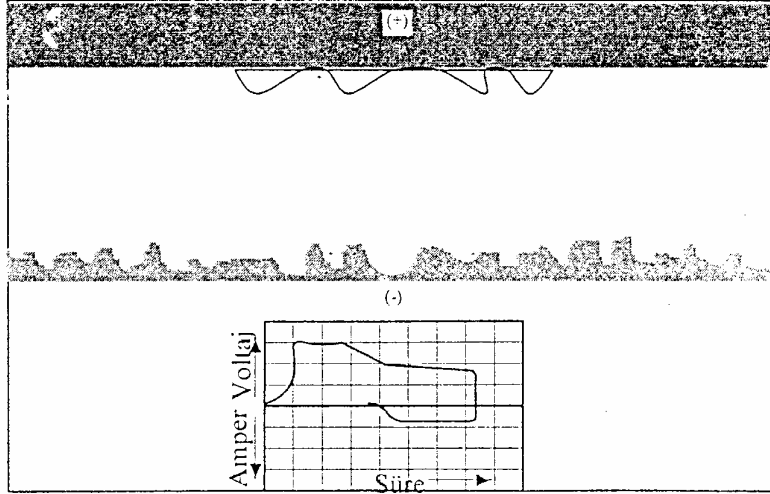
Dielektrik sıvı kıvılcım bölgesine hücum ederek iş parçasından ayrılan parçacığı, elektrotu ve iş parçasını soğutur.



Şekil II. 8 Talaş Kaldırma Sürecinde 8. Aşama

9. Aşama

İş parçasından ayrılan metal, dielektrik sıvı içerisinde küçük küreler şeklinde katılaşır. Bir miktar buhar yüzeye yükselir. Çevrimin sonunda, yeterli bir Off süresi ile kalıntıların ara bölgeden uzaklaştırılması sağlanır. Böylece iş parçasında ve elektrotta hasar açabilecek arklar önlenmiş olur.



Şekil II. 9 Talaş Kaldırma Sürecinde 9. Aşama

II.1.2. Başlıca Elektro Erozyon Çeşitleri

Yüksek tamlıkta metal işleme yeteneğine sahip olan ve çeşitli sanayi uygulamalarında mevcut olan bazı farklı Erozyon çeşitlerini aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

II.1.2.1. Elektro Erozyon (Electrical Discharge Machining) EDM

EDM, termal enerji kullanarak elektriksel boşalımlarla parçayı işleyen bir yöntemdir. Bu yöntemde yüksek tamlıklarda iş parçası elde edilebilir. EDM yöntemiyle bir insan saçının çapından daha küçük delikler bile işlenebilmektedir. Bu yöntemde iş parçası elektrik iletkenliğine sahip olmalıdır ve bir dielektrik sıvı ortamına daldırılmalıdır. Dalma Erozyon yönteminde takım elektrotu, iş parçasının yüzeyine bastırılarak işlem yapılmaktadır.

Tasarım ve uygulama alanları olarak her bir Erozyon yöntemi birbirinden farklı olsalar da, talaş kaldırma mantığı olarak hepsinde elektro boşalımlarla işleme şekli standarttır. EDM sistemleri, ‘Diye-Sinking’ yani Dalma Erozyon ve ‘Wire EDM’ (Tel Erozyonu) olmak üzere iki temel alana ayrılır Dalma Erozyon yöntemi, aynı zamanda “Sinkin” (Dalma) ve “Vertical” EDM (Dik İşlem Erozyon) olarak da adlandırılmaktadır.

II.1.2.2. Tel Erozyon (Wire Electrical Discharge Machining) WEDM

Bu yöntem, iş parçası boyunca lineer olarak hareket eden bir tel elektrotu yardımıyla, elektriksel boşalımlarla kesme işlemidir. Tel erozyonu yönteminde arzu edilir düzeyde iş parçasının imalatı için tel elektrotu ile iş parçası arasındaki kesme şartları önceden hazırlanmış bir CNC programıyla kontrol edilmektedir.

WEDM, yaygın olarak kalıp ve kalıp parçalarının yanı sıra modellenmiş cepleri imalatı ve birçok değişik sanayi uygulamalarında kullanılmaktadır.

II.1.2.3. Freze Erozyon (Electrical Discharge Milling)

Bu yeni yöntem, bir freze çakısı gibi kendi eksenini etrafında dönen bir silindirik elektrot yardımıyla elektro boşalımlarla şekil verme işlemidir. Dişi kalıp imalatında, istenen derinlik verilmek suretiyle kalıp çerçevesi ve iç kısım kolaylıkla işlenebilir. Talaş kaldırma şekli EDM yani Dalma Erozyona benzerdir. Freze Erozyonda standart silindirik elektrotlar kullanılarak, karmaşık elektrot tiplerinin imalatları ve maliyetleri azaltılmıştır.

II.1.2.4. Taşlama Erozyon (Electrical Discharge Grinding) EDG

Dönel Erozyon olarak da bilinen bu Erozyon yönteminde, abrasiv taşlama taşı elektrik iletkenliği olan bir tekerlek, takım elektrotu olarak kullanılmaktadır. Taşlama yöntemine benzer şekilde elektro boşalımlarla iş parçası şekillenir. Bu yöntem, karpitler ve çeşitli elmas formları gibi kesici takımların bilenmesinde tercih

edilmektedir. Bu yolla elmas taşların imalatındaki fiyat oranı da azaltılmaktadır. EDG yöntemi U.S. ve Avrupa ülkelerinde daha çok yaygınlaşmıştır.

II.1.2.5. Ultrasonik Destekli Erozyon (Ultrasonic Aided EDM) UEDM

Bu yöntem, ultrasonik frekanslarla titreten bir takım elektrotu kullanılarak elektriksel boşalımınla talaş kaldırma yöntemidir. Ultrasonik titreşim, küçük yada mikro düzeydeki deliklerin delinmesinde mükemmel bir işleme kararlılığı ve sürekliliği sağlar.

II.1.2.6. Mikro Elektro Erozyon (Electro Discharge Machining) MEDM

Mikro EDM, Dalma Erozyonunun küçük bir şekli olarak ele alınabilir. Bu yöntemde takım elektrotu 10.000 rpm kadar döndürülerek V kanalları kolaylıkla işlenebilir. 5 mikrondan daha küçük elektrot çapları mevcuttur. Farklı şekillerin ve mikro deliklerin işlenmesinde kullanılır. Elektrotlar Tel Erozyonu olarak bilinen yöntemin aksine zıt kutuplu olarak yapılmışlardır. En yaygın olan Mikro Erozyon elektrotları 20 µm ile 250 µm arasında değişmektedir. Mikro Erozyonun en önemli üretim alanlarından bir tanesi de X-Y-Z eksenlerinde hareket eden bir CNC programıyla 1 µm toleranslı parçaları imal etmektir. Mikro EDM $\pm 1 - 2 \mu\text{m}$ toleransında 10 µm ile 200 µm arasındaki delikleri delebilmektedir. Bu işlemin çok küçük ve hassas olması nedeniyle, MEDM uygulamaları mikroskopla incelenebilir.

II.1.2.7. Mikro Tel Erozyonu

Bu yöntemde çapı 10µm kadar olan bir tungsten tel elektrotu kullanılır. Bu sistemle ölçüleri 0.1 - 1 mm arasında değişen ince plakalar işlenmektedir. Bu makineler oldukça düşük enerji seviyelerinde kontrol edilebilen bir görüntüleme (monitör) sistemi, enerji jeneratörü ve hareket eden bir tel elektrotundan ibarettir.

II.1.2.8. Oyma Erozyon (Mole EDM)

Bu yöntem iş parçasının içine doğru ilerleyen bir delik yada bir eğri olarak tanımlanmış bir yolda işlem yapabilme yeteneğine sahip bir sistemdir. Sistem, sanki yere bir tünel kazarcasına, parçayı işleyebildiğinden oldukça orjinaldir. Oyma Erozyon tezgahında kullanılan elektrotun şekli eğilebilen bir çubuk gibidir ve şekil hafıza alaşımli malzeme kullanılmıştır. Bu yöntemde makine edilecek tünelin şekli ultrasonik bir dalgayla taranır. Bu sistem Japonya'da bulunan Tokyo Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mitsubishi elektrik laboratuvarlarında geliştirilmiştir.[1]

II.1.3. Talaş Kaldırma Teorileri

Elektriksel deşarj işleminde talaş kaldırma iki elektrot arasında oluşan elektriksel arkların erozyon etkisi üzerine kurulmuştur. Erozyon arkının karmaşık olayını açıklamak için birkaç teori geliştirilmiştir. Bu teoriler;

- a) Elektro - mekanik teori
- b) Termo – mekanik teori
- c) Termo – elektrik teoridir.

II.1.3.1. Elektro - Mekanik Teori

Bu teori, talaş parçacıklarının abrasyonu yoğunlaştırılmış elektrik alanının sonucunda oluşur. Teori, malzeme düzleminde kohezyon kuvvetleri artarken, elektrik, iş parçasının talaş parçacıklarını parçalanmasını öngörür. Deneysel kanıt bu teori için yeterli destekten yoksundur.

II.1.3.2. Termo - Mekanik Teori

Bu teori, EDM (Electrical Discharge Machine) işlemlerinde talaş kaldırma kıvılcım jetlerinden kaynaklanan talaş eritilmesi üzerinedir. Kıvılcım jetleri olarak adlandırılan bunlar, deşarjın farklı elektriksel sonucu oluşur. Ancak, bu teori deneysel verilerle uyuşmamakta ve kıvılcım erozyonun etkisinin mantıklı açıklamasını verememektedir.

II.1.3.3. Termo - Elektrik Teori

Deneysel kanıtlarla desteklenmiş bu teori, EDM işlemlerinde talaş kaldırma, yüksek yoğunluklu deşarj akım tarafından üretilen yüksek ısının üretimi sonucunda oluşur. Bu teori iyi desteklenmesine karşın ifadedeki zorluklar yüzünden tam ve kesin sayılmaz [2].

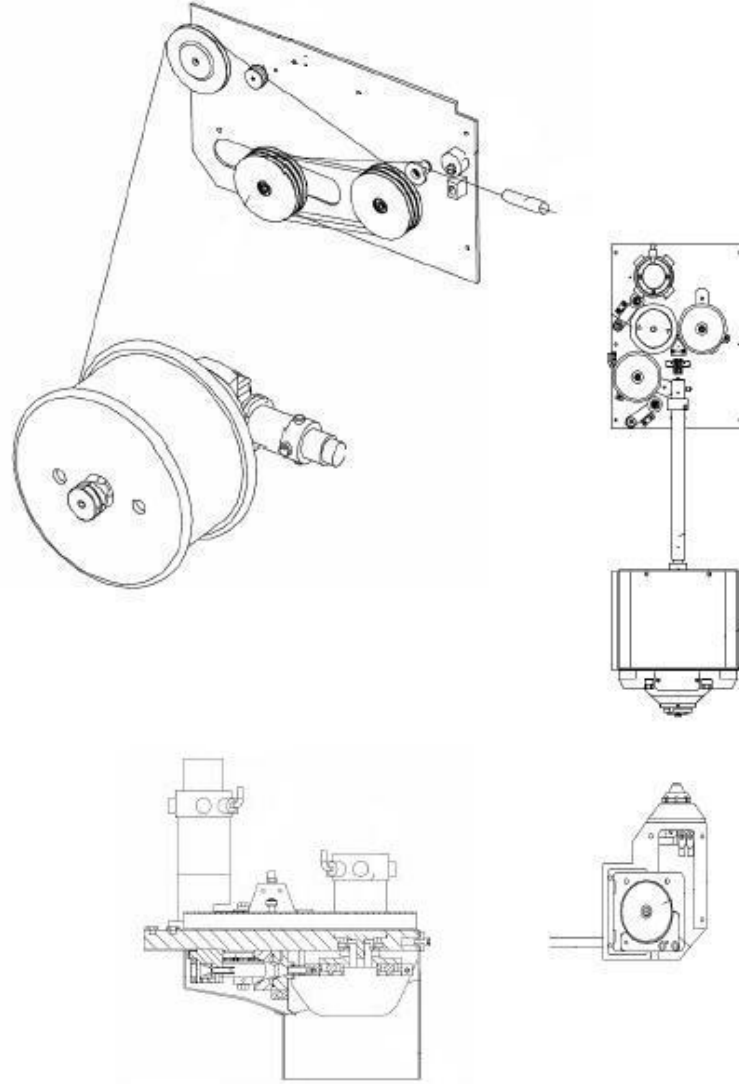
II.2. TEL EROZYON YÖNTEMİ

Tel erozyon, geleneksel elektrik erozyonla işlemenin (EDM) özel bir şeklidir. Tel erozyonda kesme işlemine başlamak için hem telin hem de iş parçasının, elektriği yalıtkan bir sıvı içerisinde yerleştirilmesi gereklidir. İş parçası ve tel arasında bir elektriksel boşalım sağlamak için büyük bir voltaj aralık boyunca uygulanmalıdır. Uygulanan bu voltaj şu kriterlere bağlıdır;

- a) İş parçası ve tel arasındaki mesafe
- b) Dielektrik sıvısının yalıtma (yalıtım) kapasitesi
- c) Aralık (boşluk) kirliliği

Elektrot ve iş parçasından meydana gelen iki metale gerilim uygulanması zıt kutupları oluşturur. Güçlü zıt kutupların etkisi ile pozitif ve negatif yüklü iyonlar çok kısa sürede yüksek hızla hareket etmeye başlarlar. Bunun sonucu olarak metaller arasındaki en yakın mesafe noktasında, elektrik akımının geçeceği bir ara kanal oluşur. Bir boşalım, en yüksek elektriksel seviye pozisyonunda yer alır. Bazı uygulamalarda kıvılcım sayısı 300.000 kadar ulaşır. İzleyen aşamada gerçekleşen deşarj olayı, akım geçiş noktalarında 8000 – 12.000 °C arasında yüksek bir ısının ortaya çıkmasına yol açar. Yüksek ısı, her iki metal yüzeyinde belirgin bir miktar bölgeyi sürekli olarak eritir. Ancak unutulmamalıdır ki elektrik direnci yüksek olan materyal daha fazla ısı etkisine maruz kalarak aynı oranda fazla aşınmaya uğrayacaktır. Eriyerek kopan parçacıklar, akımın kesilmesi ile hızla soğumaktadır. Bu aşamada soğutma etkisini destekleyen dielektrik sıvı, aynı zamanda metal

partiküllerin kesim ortamından uzaklaştırılması görevini de üstlenmektedir. Dielektrik sıvıya karışan partiküllerden çökelmeyen bölümü ise artık madde olarak filtre aracılığı ile arıtılır. Sürekli olarak tekrarlanan bu olaylar zinciri, malzeme kesimi işlemini yerine getirmektedir(Şekil II.10.).



Şekil II. 10 WEDM'nin Şematik Görünüşü

CNC tel erozyon ile yapılan kesim sırasında tel ve iş parçasının aşınma oranları eşit ve simetrik değildir. Bu durum termal iletkenlik, materyallerin ergime sıcaklıkları, elektriksel deşarj yoğunluğu, tel besleme oranı ve özellikle kutuplaşma gibi etkenlere bağlı olarak karmaşık bir ilişkiler zinciri olarak tanımlanabilir.

Tel erozyon ile gerçekleşen iyi bir kesim işlemi, temel olarak aşağıdaki özelliklere ihtiyaç duyar,

a) Elektrot (iş parçasına oranla) yüksek iletkenliğe sahip olmalıdır.

b) İş parçası elektrik iletkenlik özelliği taşınmalıdır. Ayrıca malzemenin cinsi, iletkenlik derecesi ve kesme yüksekliği kesim işlemini etkileyen faktörlerdendir.

e) Dielektrik sıvı (saf su) yeterli yalıtıkanlık derecesine sahip olmalı ve 18°C'de (ideal) korunmalıdır.

d) Ortam sıcaklığı 20°C ve nem oranı %50 olmalıdır.

Ayrıca bunlara ek olarak akım jeneratörünün gücü, kararlılığı ve iyonlaşma etkisine adaptasyonu kesme işleminin verimi ile doğrudan ilişkilidir. WEDM uygulamalarında, günümüzde programlama dillerinin çeşitli versiyonları kullanılmaktadır. Bu şekilde daha az kalifiye elemana ihtiyaç duyularak ve minimum hata toleranslarında şekil geometrileri elde edilmektedir. Kullanılan bu dilde, operatöre yardımcı olmak amacıyla, iş parçası tanımlanırken diyaloglu veri girişi yöntemi uygulanmaktadır. Matematiksel hesaplamalar çok kısa sürede gerçekleştiğinden manuel hesaplamalarda geçen fazla zaman ortadan kaldırılmaktadır.

X ve Y eksenlerinde hareket edebilen ve dielektrik sıvı ile doldurulmuş iş tankı için öncelikle bir çalışma alanı belirlenmektedir. Daha sonra belirlenen bu alan dahilinde bir dosya adı altında programlanacak iş parçası, tanımlı geometrilere bölünür. Her bir geometri için bir numara verilerek profil belirlenir ve telin izleyeceği kesme yolu çizilir. Daha sonra işlem şartlarına uygun olarak tel çapı, malzeme cinsi, dielektrik sıvısının türü ve diğer kesme parametreleri belirlenir. En

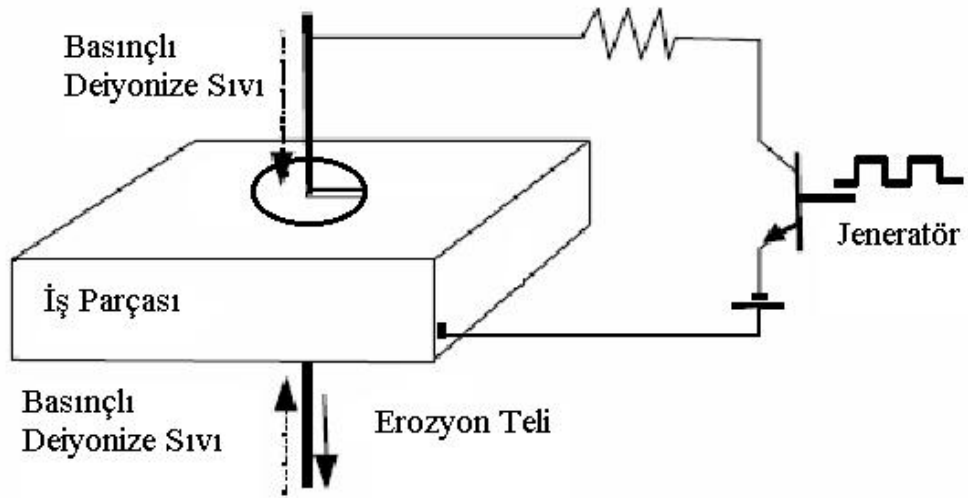
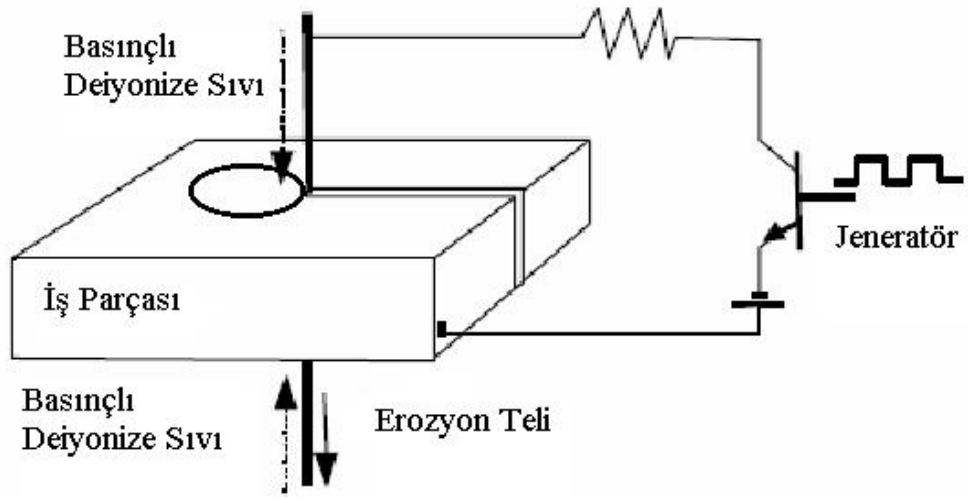
önemlisi, işlemden önce hataları görmek mümkündür. Aynı programda, matris ve zımbanın imalatı gerçekleştirilebilir. Tel ofset değerleri, matris ve zımba arasındaki kalıp boşluğu için kullanılır. Son zamanlarda bilgisayar destekli modellenmiş parçalar için CNC paket programları da kullanılmaktadır.

Genellikle kullanılan tel çapları 0.03 ile 0.3 mm arasındadır. İş tablasının yatay hareketi CNC vasıtasıyla kontrol edilir. Parçayı işlemek için hazırlanan program iki aşamadan meydana gelmektedir. Programın birinci aşamasında, iş parçasının geometrik şekli belirli oranlarla sınırlanmış bir koordinat düzlemi içerisinde, şekildeki her bir elemana nokta, daire, çizgi numaraları verilerek çizilmekte, ikinci aşamada ise kesme yolu yardımıyla esas şekil belirlenmektedir. Kesme işlemi başlatıldığında tel, kesme yolunu izleyerek kesme işlemini tamamlamaktadır.

Tel erozyon ile gerçekleştirilen kesme işleminde, yüksek ısı ile eritilerek aşındırılan yüzeylerde, mikron mertebesinde gözenekler oluşmaktadır. Hatta detaylı olarak incelendiğinde gözenekler arasında çatlakların oluştuğu görülebilir. Bunun nedeni, hep aynı yönde gerçekleşen iyonlaşma sonucunda ortaya çıkan elektroliz ve elektro-kimyasal korozyon etkileridir. Meydana gelen yüzey deformasyonu, erken aşındırma ve/veya kırılmalara yol açarak iş parçası ömrünü kısaltmaktadır. İmalatçı açısından ise gizli maliyet artışı olarak yorumlanabilir.

WEDM'nin ara kısımları; tel, iş tablası, kontrol ünitesi, güç kaynağı ve dielektrik kaynağıdır. Sayısal kontrol (NC) sistemli bir elektrik devresi, tel çapı düzeltme (wire diameter correction), ardışık kesme işlemleri vs. gibi fonksiyonları yapabilir. Tel ilerleme hızı, tabla hareketi, dielektrik sirkülasyonu ve güç gibi fonksiyonların tümü klavye vasıtasıyla kontrol edilebilir. Servo sistem NC takım tezgahlarının sürücü sistemidir ve genellikle bir elektrik sürücü motoru ile çalışır. CNC pek çok makinenin çok yönlülüğü için büyük oranda etki eder hiç kuşkusuz yeni WEDM' lerde de standarttır [3].

Genellikle kesme işlemine başlamak için başlangıç delikleri gereklidir. Eğer şeklin iç tarafı işlenecek ise başlangıç deliği iş parçasının dışına açılır. Bunun aksine şeklin dış yüzeyi işlenecek ise başlangıç deliği iş parçasının içine açılır (Şekil II.11).



Şekil II.11. Başlangıç Delığinin Pozisyonu

II.2.1. WEDM'nin Tarihçesi

İngiliz Fizikçi Priestly elektrik anahtarlarında meydana gelen kontak aşınmasıyla ilgili çalmasında kontak aşınmasının elektrik akımı ile doğrudan ilişkisi olduğunu gözlemlemiştir. Yaptığı deneyler sonucunda bu olayın akım şiddeti ve metal özelliğine bağlı olarak gerçekleşen bir aşınma olduğunu tespit etmiştir, bu çalışma erozyon teknolojisinin temellerini atmıştır. İleri tarihlerde ise kaşif ve Sovyet bilim adamı olan Boris Lazarenko elektriksel aşınma olayını kontrol altına alarak yapıcı olarak kullanabilme düşüncesini geliştirmiştir. Bu alandaki çalışmalar sonucunda 1943 yılında, elektriksel deşarj yolu ile metal işleyen makine Electrical Discharge Machine - EDM kavramı doğmuştur.

Boris Lazarenko, metal işleminde elektriksel kıvılcım metodunu geliştiren ilk kişiler olmalarına rağmen elektro boşalımlarla makineciliğin temel teknolojisi dört İsviçreli tarafından atılmıştır. İsviçreli arkadaşlar kendi keşiflerinin endüstriyel potansiyelini fark ettiklerinden, bu teknoloji için bir garaj içerisinde birkaç yıl çalışma yaptılar. 1954 yılında İsviçreli bilim adamları çalışma yaptıkları çok amatör ve küçük olan garaj atölyelerini aşip Agie Corp. Şirketini kurdular. 1969 yılında WEDM, kurulan bu şirket tarafından dünyaya tanıtıldı.[4]

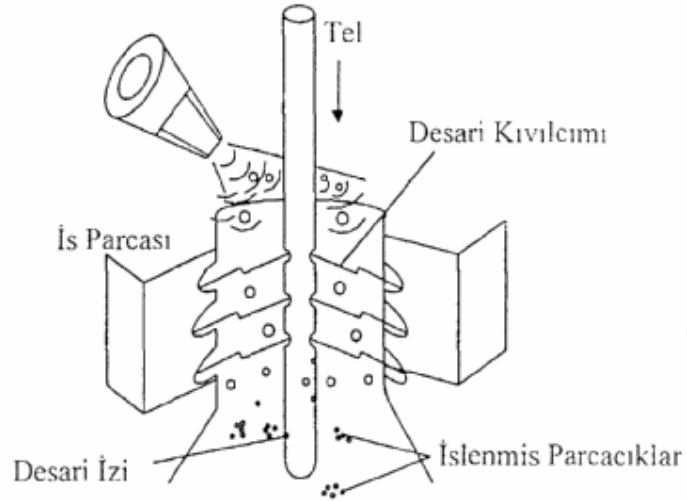
İkinci dünya savaşından sonraki ilk yıllarda, iş parçasında olduğu gibi elektrot malzemesinde de aşınma gerçekleşmekteydi. Elle besleme mekanizması yüzünden, kıvılcımdan ziyade sürekli ark oluşumu meydana gelmekteydi. 1970'li yılların başlarında microprocessor'ların bulunmasıyla, WEDM teknolojisi büyük oranda gelişme sağladı. 1975 yılında kurulan şirket, WEDM için ilk ev microprocessor'ları geliştirildi. Tüm bu yenilikler, WEDM'ye oldukça esnek bir teknolojik avantaj kazandırmanın yanı sıra, takım uygulamalarında gerçekleşen operasyonların zamanında olması ve büyük bir zaman tasarrufu sağlamasıyla piyasada esnek bir yapı kazanmış oldu.

1980'li yıllardan önceki zamanlarda, yöntem yavaş olduğu için ve kesilen iş parçasının yüzeyinde değişiklikler ve bozukluklar olduğundan dolayı yöntem, havacılık sanayin de pekte popüler değildi. Ama 1980'lerden sonra yöntemin geliştirilmesiyle havacılık sanayinin kullanılan başlıca yöntemi haline geldi.

1970'lerde Elektro-parlatma yönteminin gelişmesi ve 1980'li yılların sonlarında ise CNC'lerin kullanılmaya başlanmasıyla, WEDM'nin önemi önemli ölçüde artmış oldu. CNC makinelerinin yardımıyla karmaşık şekillerdeki üretim oranı arttı ve çok kompleks üç boyutlu karmaşık profiller işlenebilir hale gelmiş oldu. CNC'lerin kullanılmasıyla, çok eksenli WEDM makineleri yaygın hale gelerek tüm marketlerde müşteri için sunulmaya başlandı.

1980'lerin ortalarında, tel elektrotu teknolojisinin artması yüzünden WEDM makinelerinin kesme hızlarında da artış başladı ve verimlilik oranı büyük ölçüde artmış oldu.

Sonraki yıllarda WEDM sistemine bir akım kesme devresi ve servo-kontrolör eklenmesiyle iş parçası ile takım arasındaki mesafe bütün işleme boyunca sabit bir hale getirilmiş ve ark oluşumu önemli ölçüde engellenmiştir. Bu sistemlerin eklenmesi EDM yönteminde bir dönüm noktası olmuştur.



Şekil II.12. WEDM'de İşlem Mekanığı

II.2.2. Tel Erozyon Tezgahının İşleme Parametreleri

ONA AE300 tel erozyon tezgahına ait kesme ile ilgili parametreler aşağıda ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır.

Execut	Tech	Profile	Taper	Pausas
Precision				
THICKNESS			100	
CRITERION			5- ROUGH 1/3	
POWER			9	
TIME OFF			9.0	
VOLTAGE			120	
SERVO			35	
DIELEC.			31	
WIRE TENS.			12	
WIRE FEED			8	
FINISH			OFF	
INVERS			OFF	
CORNER CORR.			0	
FEEDRATE			240.0	
COMPENSATION			0.000	
PROG. CONDUCTIV.			14	
ACTUAL CONDUCTIV.			11.6	
ACTUAL FEEDRATE			0.00	
<input type="checkbox"/> % PROTECTION	Reset		0	

F5 Execut F6 Tech F7 Profiles F8 Taper 15:14

Şekil II.13. ONA AE300 Tel Erozyon Tezgahına Ait Kesme Parametreler



Şekil II.14. ONA AE300 Tel Erozyon Tezgahı

II.2.2.1. Güç (POWER, P)

Üretcinin gücü 0 ile 15 arasında değişmektedir. 0 ile 7 aralığındaki değerler kırpmalarda ve tamamlamalarda, 8 ile 15 arasındaki değerler de yontmalarda / düzeltmelerde kullanılır.

Her güç seviyesine karşılık olarak tel ile iş parçası arasındaki akımda belirli bir oran vardır. Yüksek güç seviyelerinde kıvılcımlar daha sıcak, büyük ve uzun sürelidir, böylece akım arttıkça malzeme daha etkili çıkarılmakta ve daha çabuk kesilmektedir. Fakat çok yüksek güç telin kırılmasına veya kopmasına yol açabilmektedir. Güç, bitmiş ürünün yüzey ve boşluk durumlarıyla yakından ilgilidir ve yüksek seviyelerde daha fazla pürüze ve boşluk seviyesine yol açacaktır.

II.2.2.2. Bekleme Süresi (TIME OFF, to)

Bir deşarjın sonraki bir deşarjın gerçekleşmesi arasındaki süre 3 ile 127 mikro saniye arasında değişmektedir.

Bu iki tur devir arasındaki süre, herhangi bir deşarjın olmaması ve iş parçasının alınması söz konusu olmadığından dolayı duraklama anıdır. Bu süre deşarj sırasında toplanabilecek parçaların temizlenmesi, kanalın soğuması ve böylece sonraki deşarj için temiz bir dielektrik kanal elde edilebilmek içindir. Eğer bu süre çok kısa olursa, deşarj boşluğu yeterli şekilde temizlenememekte ve sonraki deşarjlar sırasında birikmiş parçalardan dolayı çok küçük kısa devreler oluşmaktadır. Bu nedenlerden dolayı ve yetersiz soğutma devirlerinden dolayı telde kopmalar olabilmektedir.

Bekleme süresinin kısa olması kıvılcımlar arasındaki sürenin kısılmasına yol açmakta ve telin hızı artmaktadır. Aynı zamanda tel ve iş parçası arasındaki akım şiddeti arasında da bir artma olmaktadır. Bu durumda telin kopma olasılığını arttırmaktadır.

II.2.2.3. Açık Devre Voltajı (VOLTAGE, V)

Boşluğun iyonlaştırılması sırasında oluşan potansiyel farkı göstermektedir. 100 ile 250 Volt arasında değişebilir. Voltajın artması aynı zamanda deşarj gücünü arttırmakta böylece işlemin tamamlanma ve pürüzlülük seviyeleri artmaktadır. Ayrıca telin kopma olasılığı da yüksektir.

II.2.2.4. Servo (SERVO, GAP)

Erozyon sırasında tel ile iş parçası arasındaki teorik voltaj farkını göstermektedir. Servo değeri bu ikisi arasındaki aralığı / uzaklığı belirlemektedir. 1 ile 256 volt arasında ayarlanabilir. Yüksek servo seviyelerinde deşarj boşluğu büyük, iyonlaşma süresi uzun ve kaldırma hızı düşüktür.

Daha düşük servo seviyeleri için tel ile iş parçası arasındaki uzaklık azdır ve kesme hızı artmaktadır. Düzeltme işlemlerinde, düşük servo seviyeleri işlemin daha hızlı tamamlanmasını sağlamakta fakat temizleme için daha kısa bir aralık ve kısa devre olayları söz konusu olduğu için aynı oranda tel kopmalarının sayısını arttırmaktadır.

II.2.2.5. Dielektrik (DIELEC, d)

Tel ile iş parçası arasında dolaşan dielektriğin seviyesini göstermektedir. Boşlukları dielektrik ile doldurmanın yanında, boşluğu soğutma ve erozyon alanından atıkların uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. 0 ile 31 arasında ayarlanabilmektedir.

Düzeltme sırasında kesme hızı önemli ise temizleme faktörü önem kazanmaktadır, 31 endeksi önerilmektedir. Eğer hortum başları uygun şekilde ayarlanırsa ve hortum başı ile iş parçası arasında yatay su kaçağı engellenebilirse, 10-12 kg/cm²'lik bir basınç kolayca elde edilebilir.

Böylece boşluk ve pürüzlülük seviyesinde herhangi bir etki yapmadan telin hızı artacaktır. Yüksek basınç sırasında uca doğru incelen kesimde iki tane yan etki söz konusudur:

* Uca doğru incelen kesimde hortum başları ayarlanmamaktadır bu nedenle sıvı direk olarak deşarj boşluğuna gitmemektedir. Ayrıca bu bölgenin temizlenmesi daha zordur.

* Daha büyük açılar için özel (büyük) hortum başları seçilmelidir. Su jeti/çıkışı böylece daha küçük bir çapla dağılacaktır.

Çok yüksek dielektrik seviyesi telin hareket etmesine ve iş parçasını çizmesine sebep olabilir. Erozyon kanalında kırpma/uçlarından kesme sırasında, dielektrik basıncı, fişkırtma işleminin yukarıdan aşağıya doğru gerçekleşmesi sebebi ile 100 mm iş parçası için 5'e, daha büyük boyutlar için 15'e ayarlanmalıdır. Eğer

kırpma/uçlarından kesme işlemi sabit olmayan bir kanalda gerçekleşiyorsa, bu seviye 0 ile 1 arasında olmalıdır.

II.2.2.6. Tel Gerilimi (WIRE TENS, Th)

Telin kesimi sırasındaki 5 ile 31 değerleri arasında gerilim uygulanmaktadır. Yukarı ve aşağı uçlar arasındaki akım teli sıyırmakta ve 16'ya programlanmış gerilim ile teldeki mekanik gerilim 900-1000 g arasında olmalıdır. Gerilimin artması telin kıvılcımlara karşı dayanıklılığını azaltmakta ve telin kopma ihtimalini arttırmaktadır.

Telin geriliminin iş parçasının tamamlanma hızında, boşluğunda ve yüzeyinde herhangi bir etkisi yoktur. Uçlarından kesme/düzeltilme sırasında teldeki elektrik gerilimi küçüktür ve bu da mekanik gerilimin artmasına neden olarak iş parçasının düşeyliğini sağlamaktadır.

II.2.2.7. Tel Besleme Hızı (WIRE FEED, Vh)

Tel besleme hızı 4 ile 15 değerleri arasında ayarlanabilmektedir. Erozyon sırasında tel kaplama, iş parçası boyunca oluşan kıvılcımlar sonucunda oluşmaktadır. İş parçasının uzunluğunun artması telin aynı kısmında kıvılcımların oluşması olasılığını arttıracaktır. Bu durumda kaplamadaki artış aynı zamanda telin kopması olasılığında da olmaktadır. Eğer iş parçası kalın ise kaplamanın düzenli olabilmesi için telin hızı arttırılmalıdır.

Telin hızı boşluğu, erozyon hızını ve işlenmiş ürünün yüzeyini etkilememektedir. Fakat hızın azalması iş parçasında koniklik sorununa yol açmakta ve telin kopma olasılığı artmaktadır.

II.2.2.8. Finiş (FINISH, ACA)

Bu parametre erozyon gücünü etkilemekte ve böylece pürüzlülük seviyesi küçülmektedir. ON/OFF butonu yardımıyla sadece yontma kesimlerde kullanılır.

II.2.2.9. Çevirim (INVERS. INV)

Bu parametre açık devre voltajına çevirim için bir sinyal göndermektedir. Atımı antielektroliz şeklinde olan bir akım yaratmamaktadır.

Çok yüksek yüzey kalitesi istendiğinde ve kullanılan malzemenin elektrolize uygun titanyum ve sert metaller gibi olması durumunda kullanılması önerilmektedir.

II.2.2.10. Köşe Doğrulama (CORNER CORR, CRR)

Köşelerde ve düzeltmelerde geometriye uygunluğu sağlar. 0 ile 3 arasındaki değerler alır. 0 seçildiğinde köşeler üzerinde herhangi bir kontrol uygulanmamaktadır.

Üç adet koruma seviyesi mevcuttur. 1. ve 2. seviyeler düzeltme için kullanılır. 2. seviye 1. seviyeden daha fazla talep edilmektedir, 3. seviye işlemin tamamlanması sırasında kullanılır.

II.2.2.11. İlerleme Hızı (FEEDRATE)

Bu parametre kontrol panelinde “feedrate” olarak bulunmaktadır. Birimi mm/dakika’dır ve 240 değerine kadar seçilebilir.

Yontma kesimler sırasında erozyon hızını sınırlandırmaktadır. Yontma kesimler sırasında aşındırılacak malzeme miktarı az olduğu için hızın sınırlandırılması gerekmektedir. Ayrıca çok ince tabakalarda uygulanırken de aşındırmayı sabit tutabilmek için hız belli bir seviyede olmalıdır. [5]

II.2.3. Tel Erozyon Uygulamalarında Kesme Performansını Etkileyen Faktörler

Tel ile elektro boşalımlarla kesme işleminde, kesme performansına etki eden en önemli faktörler olarak kesme doğruluğu, kesme hızı ve iş parçasının geometrisinin programlanması gösterilmektedir. Bu üç faktörün, tüm kesim sırasında

optimum performansta olması hem işleme zamanını azaltmakta hem de tel kopması olayını minimize edip kesmeyi kolaylaştıran şartları hazırlamaktadır. Ayrıca son yıllarda, endüstrideki gelişmeler doğrultusunda malzemelerin yüzey pürüzlülükleri WEDM için diğer önemli bir kriter olmuştur.

II.2.3.1. Kesme Doğruluğu

WEDM uygulamalarında, kesme doğruluğu hakkında birçok araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmalardan biri olan Bradley'in çalışmaları doğrultusunda, EDM işleminden önce iş parçasındaki artık gerilmeleri gidermek için tavlama ve normalize etmek, ısıl ve basınç hatalarını minimuma düşürerek ve kesme performansını yükselterek oldukça önemli pozitif sonuçlar doğurmuştur. Bradley'in önerileri doğrultusunda, daha yüksek kesme hızı boyunca yüksek kesme doğruluğu korunmalıdır. WEDM uygulamalarında normal problemlere ek olarak mutlaka dikkat edilmesi gereken potansiyel alanları aşağıdaki şekilde listeleyebiliriz:

- a) Kesme işlemi boyunca, tel çapı ile iş parçası arasındaki kesme genişliğinin sabit tutulması
- b) Telin uygun gerginliği
- c) Tel kılavuzlarının aksel dengesi
- d) Tel titreşimini minimize etmek

Bununla birlikte, diğer birçok araştırmalarda tel eğilmesi kırılması kesme doğruluğunu etkileyen faktörler olduğu belirlenmiştir.

II.2.3.2. Tel Eğilmeleri

Tel eğilmeleri kesme doğruluğunu etkileyen önemli bir etkidir. Tel, kendi üzerinde rol oynayan ve kıvılcım oluşumunu gerçekleştiren elektro dinamik kuvvetler, elektro statik kuvvetler ve boşluktaki hidrolik kuvvetlerin etkisi altında iki ekseninde çekilmeye maruz kalır ve çekilme neticesinde kendisine uygulanan gerginlik

oranını kaybeder. Bundan dolayı değişik profildeki parçaların, örneğin bir eğrinin etrafı kesilirken, telin geride kalması iş parçası üzerinde geometrik bir hata oluşturur. Bu hata 100 mikron kadar olabilmektedir, Telin geride kalması, keskin köşe kesiminde bu köşelerin yuvarlatılmasına yol açar. Böylece geometrik iş parçasının istenen şekilde çıkmasını engeller.

Bu hataların çözümünün bulunması için çeşitli yollar denenmiştir. Bunlar daha geniş tel germe kuvvetine uygun olarak tel germe direncini arttırmak veya uygulanan darbe gücünü düşürmek için çeşitli darbe parametrelerinin bir kombinasyonu ile köşe kesiminde kesme hızını düşürmektir. Ama kesme hızının düşürülmesi ekonomik bir yaklaşımı değildir.

Son yıllarda, tel titreşim ve analizleri konuları geliştirilmektedir. Geliştirilen tel titreşimi ve analiz sistemlerinin ana fonksiyonları şunlardır

a) EDM ile kesme esnasındaki ve telin boşta gezdirilmesi durumunda tel pozisyonunun ve yer değiştirmenin ölçülmesi.

b) Tel titreşiminin ölçülmesi esnasında, elde edilen verilere dayanan bir titreşim analizini gerçekleştirilmesi.

II.2.3.3. Tel Kırılmaları

WEDM'de yüksek kıvılcım frekansı, işleme hızını arttırmaktadır. Ancak güç yoğunluğuna bağlı olarak telin kırılma riski de artmaktadır. Uygulamalarda, tel kopması olayı kesme performansını, işleme doğrulu ve yüzey kalitesini büyük oranda düşürmektedir. Birçok kesme şartlarında, bu durumun önüne geçmek amacıyla kıvılcım ara süresi (Time Off) uzun tutulmaktadır. Fakat bu durum, tel kopmasını tamamen engelleyememekte ve işleme süresini de arttırmaktadır.

İşleme esnasında, seçilen iş parçasının yüksekliğine göre tel boyunun uzaması, güç yoğunluğunu arttırdığı için, teldeki ısıl genleşme oranı da artmaktadır. Dolayısıyla tel kopma olasılığı da fazlalaşmaktadır. Farklı araştırmalarda, telin fiziksel özellikleri ve uygulanan tansiyon miktarı tel kopmasını etkileyen etkenler

olarak göze çarpmaktadır. Burada uygulanan gerginlik miktarı telin gerilme direncinin yaklaşık % 50 – 60'ına eşit olmalıdır.

Telin geometrik şekli, tel kopmalarındaki bir diğer faktördür. Pratikteki uygulamalarda genellikle silindirik teller kullanılmaktadır.

II.2.3.4. Kesme Hızı

WEDM de seçilen parametrelere uygun olarak gerçekleştirilen kesme işlemi, diğer yöntemlere göre daha yavaştır. Kesme hızı da maliyet açısından önemli bir kriterdir. WEDM'de kesme hızı kıvılcım boşalımın kontrolü ile ölçülebilir. Boşalım alanındaki enerji miktarını arttırmak, kesme hızını arttıran bir yol olarak görülsede, tel kopması kaçınılmaz olmaktadır. Bu da hem işlenen parçanın yüzey kalitesini hem de işleme zamanını etkilemektedir.

WEDM'de kesme hızı, birim zamanda kesilen iş parçası kalınlığı olarak düşünülmektedir. Aynı zamanda kesme voltajı, amper, darbe genişliği, güç ve kapasite gibi faktörler de kesme hızını etkilemektedir. Uygulanan bu parametrelerle beraber, iş parçasının malzemesi ve kalınlığı, tel elektrotunun çapı ve fiziksel özellikleri, dielektrik sıvısının özgül direnci gibi etkenler de kesmeyi etkilemektedir.

II.2.4. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzeyler genellikle düzensiz ve karışık işlemlerle imal edilirler. Çoğu işlemlerde sıradan kontroller ve minimum kalite kontrolü ile genel yüzey doku gereksinimleri tanı olarak karşılanamamaktadır. Çalışma şartlarına uygun olarak, bazı özel durumlar için yüksek mukavemet gerektiren, ağır basınçlara dayanabilen parçaların imalatı, genellikle özel ve detaylı yüzey kalitesine ihtiyaç duvar. Bu yüzden bu parçalar için, yüzey pürüzlüğünü ölçülmesi ve kalite kontrolü gerekmektedir. Sürtünmeye karşı kullanılan yağlar ve yağlayıcılar korozif ortamda çalışan makine elemanları, dönen makaralar, kaplanmış yüzeyler, bujiler, teleskop lensleri vs. gibi birçok parçaların imatları titizlik gerektirir.

Yüzey dokusu, 3 boyutlu yüzey topografisi şeklindeki nominal yüzeyden sapmalar olarak tanımlanabilir. İş parçasının profilindeki bu sapmalar, mekanik, optik ve elektronik devrelerin bir kombinasyonu ile ölçülebilir. Hiçbir zaman tam anlamıyla düzgün bir yüzey elde edilemez ve daima bir miktar pürüzlü doku kalır. Bu durum bitirme işleminde kalitesine göre biraz daha artabilir. Bazı yüzeyler hem pürüzlü hem de dalgalı olabilir. Yüzey dokusu dört elemandan oluşur. Bunlar; pürüzlülük, dalgalanmalar, yataylık ve çatlaklıklardır.

a) Pürüzlülük

Pürüzlülük, üretim prosesinin tabiatında var olan düzensizliklerden oluşur. Bunlar takım izleri ve diğer ölçü dışı düzensizliklerdir.

b) Dalgalanma

Yüzey dalga durumu, bütün düzensizlikleri içerir, Pürüzlülük uzunluğundan büyüktür. Dalgalanma, makineden veya parçanın dönmesinden. titreşimden, ısı işlemden, kesici takımın kırılmasından kaynaklanabilir. Pürüzlülük, dalgalı yüzeylerin üst üste gelmesiyle meydana gelir.

c) Yataylık

Yataylık, belirli bir yüzey bölümüne doğru kaymadır. Genellikle kullanılan üretim metodundan kaynaklanır.

d) Çatlaklıklar

Çatlaklıklar, istenmeyen ve kasıtsız düzensizliklerdir. Çatlaklık, bir bölgede veya yüzeydeki aralıkların değişimi ile gerçekleşir. Çatlaklar hava boşluğu, yükseltir ve kazıntılar içerir. Belirlenen bu özellikler olmadıkça çatlakların etkisi yüzey pürüzlülüğünü aşırı derecede etkilemez. Yüzey pürüzlülüğünü bulmak için değişik yöntemler mevcuttur.

II.2.5. Tel Erozyon Yönteminin Uygulama Alanları

WEDM' nin bazı uygulama alanları aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

II.2.5.1. Kalıp ve Kalıp Parçaları

Değişik WEDM makineleri kullanılarak kalıp ve kalıp parçalarının üretilmesi mümkündür. Kalıp işi, yüksek elektrot yüzey kalitesi ister. Bu ise genellikle WEDM yöntemi kullanılarak elde edilebilir. Dişi kalıp ve zımba yapımında çok kolaylık sağlar. Kalıplar üretilirken genellikle kopya torna uygulamaları kullanılır. Karmaşık parçalar için doğruluk ve ölçü tamlığı gerektiğinde, özellikle silindirik kompleks parçalarda dönen kopya torna tezgahları kullanılır. Bu kalıpların imalatı gerçekten çok yetenekli insan gücü gerektirir. Elektrik erozyonu teli, kalıpları doğru, çabuk ve yetenekli insan gücü gerektirmeden işleyebilir. Klasik tezgahlarla imalatı mümkün olmayan karmaşık profillerin kalıpları kolaylıkla kesilebilir. Bu yöntemde, kesme anında kalıplar iki parçaymış gibi düşünülebilir. Zımba ve kalıp aynı anda kesilebilir ve zaman kaybına neden olmadan işlem süreci hızlanır. Tel, hesaplanan çerçevenin dışına yada başka bir noktaya ofsetlenebilir. Çerçevenin bir tarafındaki işleme zımbayı, diğer kenarındaki işleme ise kalıbı verir. Zımba ve kalıp için tek program yeterlidir.

II.2.5.2. Prototip İşlemi

WEDM işlemi kullanılarak karmaşık şekilli parçalar çabuk ve kolayca işlenebilir. Tabaka halindeki metal katmanları üst üste konularak tek bir pasoda yüzlerce yada düzinelerce üretilir. Prototip işlemede WEDM'nin başka bir avantajı da yapılacak küçük değişikliklerle parçaların üretimleri için kullanılacak prototipi NC yardımıyla üretmektir. Bu yardım üretimi önemli derecede artırır.

II.2.5.3. Torna Takımları

Bazı torna takımları karmaşıktır, ayrıca yüksek oranda doğruluk gerektirir. Çelik bir gövde üzerinde lehimlenmiş karbürden oluşan torna takımları, genellikle pahalı elmas diskler kullanarak taşlanır. Çelik gövde genellikle frezelenerek

hazırlanır. Daha sonra karbür bu çelik gövdeye lehimlenir ve form taşlama kullanılarak üretim işlemi tamamlanır. Bu özel torna takımları özel yapılmış WEDM makineleri ile işlenebilir. Bu işlem iş parçası sabitken elektrotun aynı açıda sabit bir şekilde el ile uygulanmasıyla yapılabilir. WEDM içerisindeki özel programlar yardımıyla elips kesiminde bile kolaylık sağlar. Bu tür torna takımlarının imalatında WEDM kullanılarak önemli tasarruflar sağlanır.

II.2.5.4. Özel Şekil Malzemeleri

Karbür, elmas veya diğer standart olmayan malzemeler WEDM işlemi kullanılarak kesilebilir. Çoğu kez birçok alanda tercih edilen oluşturulan yeni malzemeler, geleneksel takım tezgahları kullanılarak ekonomik olarak kesilmeler özellikle sentetik elmaslar ve elmas bileşimlerini kesmek için çok sert ve pahalı olan kesicilere ihtiyaç duyulur. Bu maliyeti düşürmek için WEDM işlemi kullanılarak doğru, daha ucuz ve kısa zamanda kesme işlemi yapılabilir.

II.2.5.5. Broşlar

Broşlama (tığ çekme) aslında kama yuvası açmak için geliştirilmiştir. Bununla birlikte düz, iç ve dış silindir veya düz olmayan yüzeylerin seri imalatında kullanılır. Broşların silahlar gibi birçok uygulama alanları da vardır. Broşlar kullanılarak üretilecek yüzey çeşitlerinde hemen hemen hiç sınırlama yoktur. Geleneksel yöntemlerle işlenen broşlar, pahalıya mal olur ve yüksek oranda kabiliyet gerektirir. Broşların üretiminde kullanılan malzemeler genelde sert ve işlenmesi zordur. Bu zorluklar WEDM işlemi ile kolaylaştırılabilir. Broşlama takımlarının imalatı WEDM için mükemmel bir uygulama alanıdır.

II.2.5.6. Şablonlar

Şablonların tasarımındaki değişikliklere göre basit bir CNC programı yaparak tel erozyonunda bu parçaların işlenmesi oldukça kolaydır.

II.2.6. WEDM' nin Avantaj ve Dezavantajları

WEDM' nin önemli bir avantajı, tüm geleneksel olmayan işleme yöntemlerindeki gibi iş parçası ve tel elektrot arasında fiziksel bir temasın olmamasıdır. Bu makinelerle diğer tezgahlarda işlenemeyen temel kriterler aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

a) Geleneksel metotlar vasıtasıyla kolay işlenemeyen sert metal ve alaşımlarının işlenebilmesi. Böylece sertleştirilmiş çelikler, tungsten alaşımları ve farklı endüstri dallarında kullanılan döküm alaşımlarının işlenmesinde kullanılır.

b) CNC kontrolü vasıtasıyla, otomatik olarak kompleks bir parçayı imal etmede kullanılır.

c) Kesme anında bir kuvvete ihtiyaç duyulmaksızın iş parçası eritilerek işlendiğinden, bağlama zorluğuna sahip herhangi bir iletken parçayı işlemek oldukça kolaydır.

Çeşitli avantajları olan WEDM işlemi birçok probleme de sahiptir. WEDM çok sayıda parametre tarafından kontrol edilir. WEDM ünitelerinin karakteristiğinden dolayı tek bir faktör bile sonuca etki edebilmektedir. Enerji hem kıvılcım yoğunluğu hem de zaman tarafından belirlenir. Bu parametreler böylece hem işleme hızı hem de yüzey pürüzlülüğünü etkiler. Bunlar herhangi bir metal kesme işleminin çok önemli kabulüdür. Deşarj enerjisi, deşarj akımı, aralık voltajı, time off süresi ve elektrot karakteristikleri tezgah parametrelerinin bir fonksiyonudur. Bu parametrelerin ve diğer kontrol faktörlerinin yanlış ayarlanması, arzu edilmeyen yüzey hasarlarına ve düşük işleme hızlarına sebep olmaktadır.

BÖLÜM III

TEZ ÇALIŞMALARI

III.1. TEL EROZYON TEZGAHI

Deneilerde ONA AE300 tel erozyon tezgahı kullanılmıştır. Tel erozyon tezgahının genel bakımları yapıp, deneileri etkilemesi muhtemel makine elemanları (kontaktör, kesme bıçakları, filtre temizliği vb.) değiştirilmiştir. ONA AE300 tel erozyon tezgahının teknik özellikleri aşağıda gibidir.

- * CNC kontrollü
- * 1 / 1000 hassasiyetli
- * Eksen hareketleri: X=400mm, Y=300mm (max)
- * Kesebileceği kalınlık: Z=250mm (max)
- * Koniklik açısı: 25° (max)
- * Tel besleme hızı: 15m/dak
- * Tel Çapı: 0,25mm
- * Otomatik filtre temizleme (filtre ömür boyu)
- * Otomatik tel takma
- * Otomatik tel dikliğini ayarlama
- * Dielektrik sıvı sirkülasyon basıncı: 31kg/cm² (max) [6].

III.2. DENEYDE KULLANILAN MALZEME

Daha çok kalıpcılık sektöründe kesme, bükme, form verme, ütüleme, derin çekme, soğuk ekstüzyon vb. gibi yaygın olarak kullanılan 2379 (D2) soğuk iş takım çeliği deney malzemesi olarak seçilmiştir. Standartlarda

X 155 CrVMo 12 1

ISO/ DIN: 1.2379

AISI: D2

BS: BD2

şeklinde belirtilen soğuk iş takım çeliği yüksek aşınma mukavemetinin yanı sıra aynı sertlik değerinde iyi bir tokluğa sahiptir. Ayrıca malzeme nitrasyona uygundur. Bu malzemenin kimyasal bileşimleri Tablo III.1’de verilmiştir [7].

Tablo III.1. Deneylerde Kullanılan 2379 Soğuk İş Takım Çeliğinin Kimyasal Analizi

Kimyasal Bileşim	C	Si	Mn	Cr	V	Mo
%	1,55	0,30	0,35	12,00	0,90	0,75

III.3. DENEYDE KULLANILAN MALZEMENİN ISIL İŞLEMİ

Tarihte ne zaman bulunduğu tam olarak bilinemese de, ısıtılma işleminin miladının antik çağlara dayandığı düşünülmektedir. Çeliğin kızıl hale gelene kadar ısıtılıp daha sonra suya veya hayvansal yağa daldırılarak sertleştirilmesi, demircilerin kılıçları dövüldükten sonra suya batırarak sert ve keskin hale gelmelerini sağlamaları gibi bir çok ısıtılma işlemi örneği vardır. Isıtılma işlemi prosesleri günümüzde ise ileri teknoloji ürünü makine ve ekipmanlar ile yapılmakta ve kontrol edilmektedir.

III.3.1. Gerilim Giderme Tavlama

Ham çelik, üretim aşamasında döküm metoduyla katılaştırılıp, haddeleme veya dövme işlemlerinden geçirilmektedir. Daha sonra herhangi bir malzemenin tasarımı için, uygun ölçülerde kesilerek talaşlı şekil verme işlemine tabi tutulan

çeliğin yapısında soğuma ve işlemeden kaynaklanan gerilmeler oluşacaktır. Isıl işlemde boyutsal değişime neden olabilecek söz konusu gerilmeleri gidermek maksadıyla gerilim giderme tavlama yapılmalıdır. Bu işlem 550-650 °C sıcaklık değerlerinde, malzemeyi 2-3 saat bekletmek ve sonrasında yavaş soğutma suretiyle yapılır.

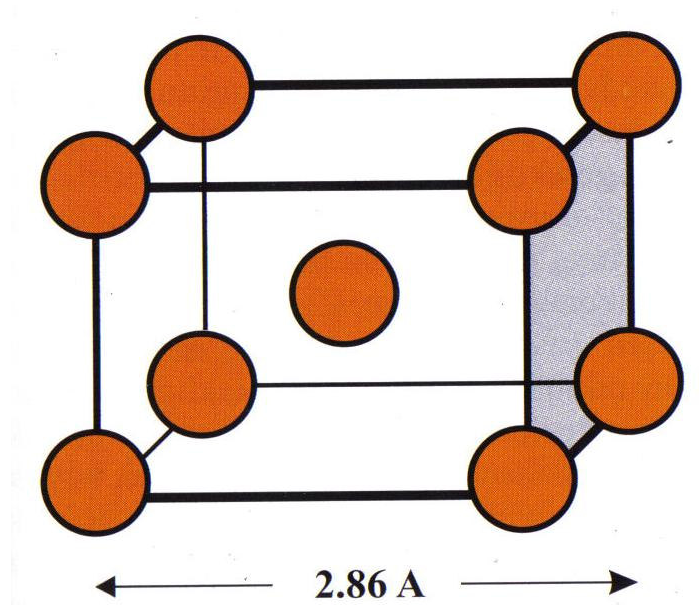
III.3.2. Sertleştirme

Su verme işlemi olarak da adlandırılan bu işlemin amacı malzemelerin sertlik, aşınma dayanımı gibi mekanik özelliklerini arttırmaya yöneliktir. Sertleştirme işlemi sonrası alabileceği maksimum sertlik değerine çıkarılan malzeme, daha sonra yapılan meneviş işlemleriyle uygun çalışma sertliğine getirilir.

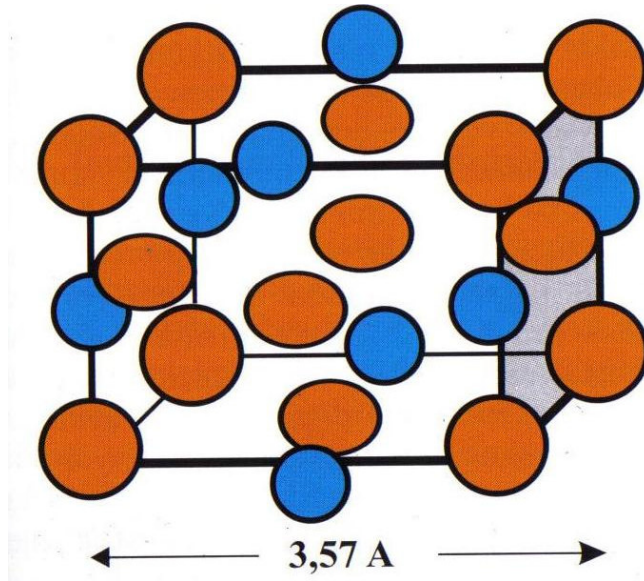
Çeliklerde sertleştirme işlemi malzemenin yapısının %100 östenit fazında olacağı bir sıcaklığa ısıtılarak belirli bir süre beklenmesi ve ani soğutularak oda sıcaklığına getirilmesi esasına dayanır. Östenit sıcaklığı denilen bu sıcaklık değeri çeliğin yapısındaki alaşım elementleri oranlarına göre farklılıklar göstermektedir. Soğutma ortamı, malzemenin cinsine göre hava (azot, argon), yağ ve su olabilmektedir.

Sertleştirme işlemi yapılacak malzemenin östenit sıcaklığına kadar ısıtılması esnasında ısıtma basıncı ve hızı dikkat edilmesi gereken bir husustur. Malzemenin iç yapısındaki ısı iletimi yavaş olacağından çekirdek adı verilen bölge, yüzey kadar hızlı ısınmadığı için iki bölge arasında sıcaklık farklılıkları oluşacaktır. Bu sıcaklık farkının aşırı açılması, faz değişim sıcaklığına gelindiğinde malzemenin dış yüzeyi ile iç yüzeyi arasında faz farklılıkları olmasına neden olacaktır. Oda sıcaklığındaki bir çeliğin kafes yapısı kübik hacim merkezlidir (Şekil III.1.). Östenit fazına gelindiğinde ise malzemenin kafes yapısı değişecek ve kübik yüzey merkezli hale gelecektir (Şekil III.2.). Malzemenin yüzeyi ve çekirdek bölgesi arasında oluşacak sıcaklık farkı, faz değişim sıcaklığına gelindiğinde yüzeye yakın bölgelerin kübik yüzey merkezli, çekirdeğe yakın bölgelerin kübik hacim merkezli kafes yapısında olmalarına neden olacak ve bu suretle malzemenin iç yapısında gerilmelerin oluşmasına yol açacaktır (Şekil III.3.). Böyle bir sorunu engellemek için malzeme

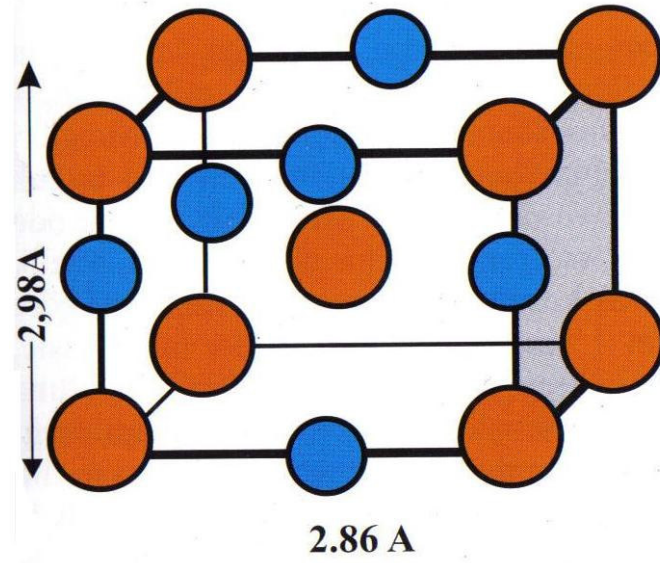
mümkünse en az 4 adımda östenit sıcaklığına getirilmeli ve her ön ısıtma kademesinde 30-60 dakika beklenmelidir.



Şekil III.1. Ferrit Kristal Yapısı Kübik Hacim Merkez



Şekil III.2. Östenit Kristal Yapısı Kübik Yüzey Merkez



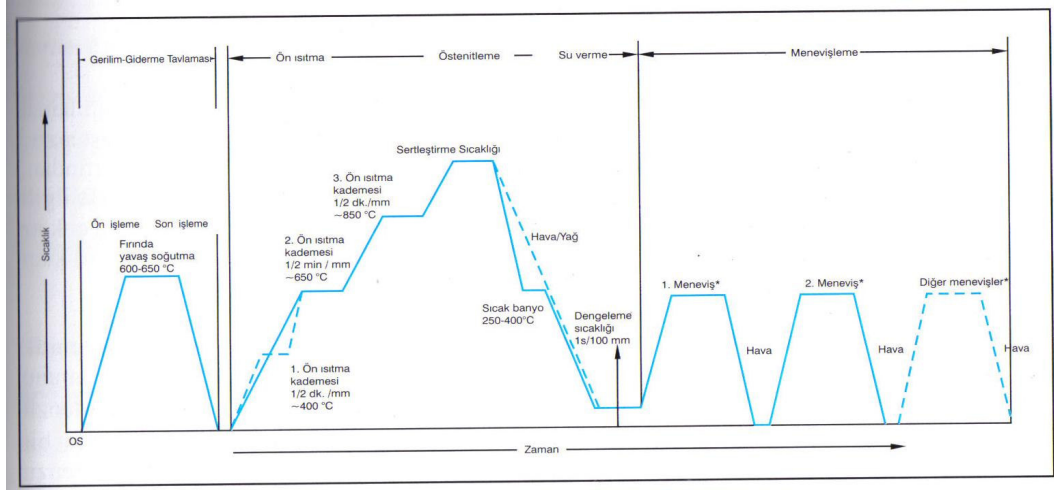
Şekil III.3. Martensit Kristal Yapısı Kübik Hacim Merkez

Çeliğin östenit sıcaklığına çıkarılmasındaki amaç, yapıdaki alaşım elementlerinin karbonla oluşturduğu karbür bağlantılarının taneler içinde ve tane sınırlarında homojen bir şekilde çözülmesini sağlamaktır. Östenit sıcaklığına gelindikten sonra karbürlerin yayılabilmesi için belirli bir süre beklenmelidir. Bekleme süresi çeliğin cinsine göre değişebilmekte olup genel anlamda östenit sıcaklığı ile ters orantılıdır. Bu konuda bir diğer önemli konuda çelik üreticilerinin ve uluslar arası standartların malzemenin cinsine göre belirlediği östenin sıcaklığı ve bekleme süresi değer aralıklarının dışına çıkılmaması gerektiğidir. Malzeme için belirlenen östenit sıcaklığının veya bekleme süresinin aşılması durumunda malzemenin mekanik değerlerinde önemli bir oranda azalma olacaktır. Bu duruma maruz kalan bir malzemenin tane sınırlarında kısmi ergimeler olacak ve bu bölgelerin mukavemetinin düşmesi sonucu taneler arası birleşme meydana gelecektir. Birleşme sonucu irileşen taneler, yapının darbe dayanımının azalmasına neden olacaktır. Östenitte yüksek sıcaklıklara çıkılması veya östenit sıcaklığında uzun süre beklenmesi sonrasında soğutulup, oda sıcaklığına getirilen malzemenin belirli bir sertlik değerini alması olasıdır. Ancak malzemenin mikro yapısı incelendiğinde tane boyutunun büyük olduğu gözlemlenecektir. Tane boyutunun gerekenden büyük olması malzemenin tokluk değerinde önemli bir oranda azalmaya sebep olacağından çalışma esnasında malzeme, maruz kaldığı darbeye cevap veremeyip kırılacaktır. Bu sebeple östenit sıcaklığına ve bu sıcaklıkta bekleme süresine dikkat edilmelidir.

Bekleme süresi sonunda malzeme hızlı bir şekilde soğutulup oda sıcaklığına getirilir. Sıcaklığın düşmesi sonucu, yüksek enerjili bölgeler olan tane sınırlarına yayılmaya eğilimli karbürler, hızlı soğutma sebebiyle yeterli zamanı bulamayacak ve kafes çeperlerinde hapsolarak, “martenzit” adı verilen çok sert bir fazın oluşmasını sağlayacaktır. Çelikte martenzitik yapının oluşması için gerekli olan soğutma hızına “kritik soğutma hızı” adı verilmektedir. Kritik soğutma hızının belirleyici faktörü alaşım elementleridir. Düşük alaşımli çelikler yağ ya da su ortamında sertleşebilirken, yüksek alaşımli çelikler havada soğutma ile sertleşebilirler. Malzeme cinsine göre soğutma ortamlarının farklılık göstermesinin altındaki neden kritik soğutma hızıdır. Soğutma esnasındaki bir diğer durum da ısı iletkenliktir. Malzemede yüzey ve çekirdek aynı anda ısınmadığı gibi aynı anda soğumayacak, soğuma hızı dıştan içe doğru düşecektir. Dolayısıyla malzemede dıştan içe doğru bir sertlik azalması görülecektir. Yüksek alaşımli ve yüksek mukavemetli çeliklerde ısı iletkenliğinin yüksek olması sayesinde, bahsedilen bu sertlik farkı azalmakta ve bu şekilde büyük kesitli malzemeler tam olarak setreleştirilebilmektedir. Sertleştirme işleminde, malzemenin kazandığı sertlik derinliğine “sertleşebilme kabiliyeti” adı verilmektedir.

III.3.3. Temperleme (Tavlama)

Sertleştirme işleminin sonrasında elde edilen martenzitik yapının, aşırı sert ve kırılgan yapısından dolayı, malzeme kullanılmaya elverişli değildir. Bu kırılgan yapıya bir miktar sertlik kaybıyla darbe dayanımı kazandırmak ve sertleştirme işlemi sonrası yapıda oluşan iç gerilmeleri gidermek amacıyla temperleme işlemi uygulanır. Temperleme işlemi, malzemenin uygun sıcaklık değerine ısıtılması, belirli bir süre bekletilmesi ve daha sonra yavaş soğutularak oda sıcaklığına getirilmesi esasına dayanır. Temper sıcaklığı malzemenin cinsine ve istenilen sertlik değerine göre seçilir. Bekleme süresi en az 2 saat olmak koşuluyla parçanın et kalınlığına göre değişebilmekte ve ortalama her 20mm kalınlık için 1 saat olmaktadır. Başka bir deyişle malzemenin çekirdek sıcaklığı ile temper sıcaklığındaki yüzey arasındaki fark 50 °C ‘nin altına inmesinden itibaren en az 2 saat beklenmelidir. Temperleme işlemi malzemenin kullanılacağı yere göre en az 2 ya da fazla sayıda olabilmektedir. Temperleme işlemleri sonrasında sertlik kaybına uğrayan malzeme, buna karşılık darbe dayanımı kazanacak ve kullanıma hazır hale gelecektir.



Şekil III.4. Isıl İşlem Diyagramı

III.3.4. Temperleme / Meneviş İşlemlerinde Özel Konular

Isıl işlemleri yapılacak malzemenin nerede kullanılacağına öncelikle belirlenmesi gerekir. Herhangi bir soğuk iş takım çeliği için iki meneviş yeterli olurken, ısıl işlem sonrası erozyon işlemi uygulanacak bir malzeme için aynı durum söz konusu değildir. Erozyon işleminde malzemenin kesim noktasında 1.10^4 °C gibi çok yüksek sıcaklık değerlerine çıkılmasından dolayı, iç yapıdaki kalıntı gerilmeler, malzemede çatlak yada kırılma oluşmasına neden olabilmektedir. Böyle bir duruma meydan vermemek için malzemenin yapısındaki kalıntı gerilmeler tümüyle giderilmeli yada en azından minimum düzeye indirilmelidir. Kısacası erozyon ile kesilecek bir malzemeye sertleştirme işlemi sonrası en az üç meneviş uygulanmalıdır. Burada yapılan 3. meneviş işlemi, gerilim gidermeye yönelik olduğu için malzemenin ikinci menevişten sonraki sertlik değerini değiştirmeyecek bir sıcaklıkta yapılmalıdır [7].

III.4. KESME PARAMETRELERİNİN TAYİNİ

Yapılan deneylerde, güç, time off süresi ve gerilim değişken olarak alınırken, dielektrik basıncı, tel ilerleme hızı, tel gerginliği ve tel çapı sabit olarak alınmıştır. Dielektrik sıvısı olarak saf su kullanılmıştır. Kesme işlemlerinin tamamında çekme mukavemeti 900 N/mm^2 olan 0,25 mm çapında CuZn37 Uncoated Brass olarak adlandırılan pirinç tel kullanılmıştır. Sertleştirme görmüş ve 3 menevişten geçirilen 100mm yüksekliğindeki 2379 soğuk iş takım çeliği için kesme parametreleri Tablo III.2’de verilmiştir.

Tablo III.2. Deneylerde Kullanılan Kesme Parametreleri ve Değerleri

Deney Parametreleri	Değerleri
Güç	9, 11
Time Off	4, 6
Voltaj	130, 160
Servo	30
Dielektrik sıvı püskürtme basıncı	31
Tel gerginliği	16
Tel ilerleme hızı	8
Finiş	OFF
Çevirim	OFF
Köşe Doğrulama	1

Kesme işlemlerinden sonra kesilen parçalar özel temizleme sıvısıyla temizlenip ayrı ayrı olarak ambalajlanmıştır.

III.5. KESİLECEK PARÇA ŞEKLİNİN TAYİNİ

Deneylerde, kesme kalıplarında sıklıkla kullanılan doğrusal ve dairesel formların birlikte kullanıldığı parça formu seçilmiştir. Optik tarama sonunda verilerin sağlıklı olabilmesi için parça yüksekliği 100mm olarak seçildi. Kesilecek parçanın şekli Şekil III.5’de verilmiştir.

COMP RIGHT
COMP 0
INTL X0 Y0
INTL Y-5.
INTL X-20.5
INTC+ X-20.5 Y-15. CX0 CY-5.
INTL X20.5
INTC+ X20.5 Y-5. CX0 CY5.
INTL X0
STOP
INTL Y0
INTL
COMP OFF
END

Parçalar kesildikten sonra optik tarama sistemi ile tarandı parçaların nokta bulutu elde edildi. Bu nokta bulutlarından yararlanılarak yüzeyler bulundu.

III.6. OPTİK TARAMA SİSTEMLERİ

3D sayısallaştırma / tarama sistemleri iki ana gruba ayrılır: dokunmalı ve dokunmasız sistemler. Dokunmalı ya da diğer adıyla prob'lu sistemler, mekanik kollu sistemler ve CMM'dir. Birkaç eksenli mekanik kolun ucuna takılmış bir ölçüm probu sayesinde, koordinatları istenen noktaya dokundurulan prob ile noktanın koordinatları hassas biçimde ölçülür. Bu sistemlerle yüzey bilgisi değil istenen belirli sayıda noktanın koordinatları elde edilebilmektedir.

Dokunmasız optik sistemlerle serbest formlu yüzey bilgisi elde edilmesi hem ürün geliştirme, tersine mühendislik ve kalite kontrol işlemleri üzerine uzmanlaşmış mühendislik ofisleri, hem de büyük endüstri kuruluşlarının tasarım ve ürün geliştirme, kalite kontrol, kalıphane vs. gibi departmanları için önem arz etmektedir. Bu sistemlerle tüm yüzey formu çok yüksek hassasiyetle elde edilmekte ve CAD modelin oluşturulması, hızlı prototipleme ve CNC'de işleme işlemlerine hazır hale gelmektedir.

Dokunmasız sistemlerin çok çeşitli tipleri ve her birinin farklı kullanım alanları olmakla birlikte, lazer çizgili sistemler ve yapılı ışık desenli (ızgara projeksiyonu, fringe) sistemler ya da topogrametrik sistemler, kullanımını diğerlerine göre daha yaygın olanlarıdır.

Dokunmasız optik tarama sistemlerinden lazer çizgili sistemler, cismin üzerine bir lazer kesiti düşürülmesi ve bu kesitin cismin üzerinde hareket ettirilmesi prensibi ile çalışırlar. Ölçüm metodu lazer kesitinin cisim üzerinde deformasyona uğraması ve bu deformasyon bilgisinin dijital kamera vasıtası ile alınması şeklindedir. Portatif elle taşınan modeller olduğu gibi mekanik kol ucuna bağlananları da vardır. Ayrıca robot koluna bağlanarak ölçüm otomatik hale de getirilebilir. Bu sistemlere bir örnek Steinbichler T-SCAN olarak verilebilir (Şekil III.6). Portatif bir sistem olmasından ötürü sayısallaştırılacak ürünler kendi ortamlarında taranabilmektedir. Böylelikle zaman alan tarama öncesi hazırlıklar saf dışı bırakılmış olur. Deneyimsiz kişilerin bile kullanabileceği bu sistemle boya fırçası ile boya yapar gibi hareket ettirilerek ile tarama yapılmakta ve tarama esnasında monitörden gerçek zamanlı olarak izlenebilmektedir. 90 mm'lik tarama genişliği ile büyük cisimlerin taranmasına imkan tanımaktadır.



Şekil III.6. Steinbichler T-SCAN Lazer Kesitli Tarama Sistemi

Dokunmasız optik tarama sistemlerinden yapılı ışık desenli 3D optik tarama sistemlerinin değişik dizayn tipleri mevcuttur. Tek kameralı, çift kameralı, asimetrik çift kameralı sistemler gibi. Tüm bu sistemlerde güçlü bir halojen ışık kaynağı ile cismin üzerine farklı dokusal özellikleri olan fringe'ler düşürülür. Cismin yüzeyi üzerinde bu kodlanmış yapılı ışıklar, cismin şeklinin karakteristik özelliklerine göre deformasyona uğrar. Projeksiyon sistemi ile özel bir açı yapacak şekilde yönlendirilmiş yüksek çözünürlükteki bir kamera sistemi ile bu deformasyon bilgileri alınır nokta bulutu oluşturulur. Bu sistemler sayesinde çok sayıda noktanın (~1,000.000) koordinatı çok kısa zamanda ölçülür. Böylelikle cismin yüzey formu bilgisini içeren nokta bulutu oluşturulmuş olur. Bundan sonra bir tersine mühendislik uygulaması olan nokta bulutundan CAD modelleme işlemi mümkün olmaktadır.

Tek kameralı sistemlerde bir projeksiyon cihazı ve 1 dijital kamera aralarında belli bir açı yapacak şekilde konumlandırılmıştır. Bu açığa üçgenleme açısı denir. Bu açı sayesinde noktaların koordinatları trigonometrik hesaplarla elde edilir. Breuckmann ve Steinbichler sistemleri tek kameralı yüksek teknolojiye sahip sistemler olup uygulama alanına göre farklı görüş alanlarına sahip lensler sunarak değişik ebattaki cisimlerin sayısallaştırılmasını mümkün kılmaktadır (Şekil III.7.).

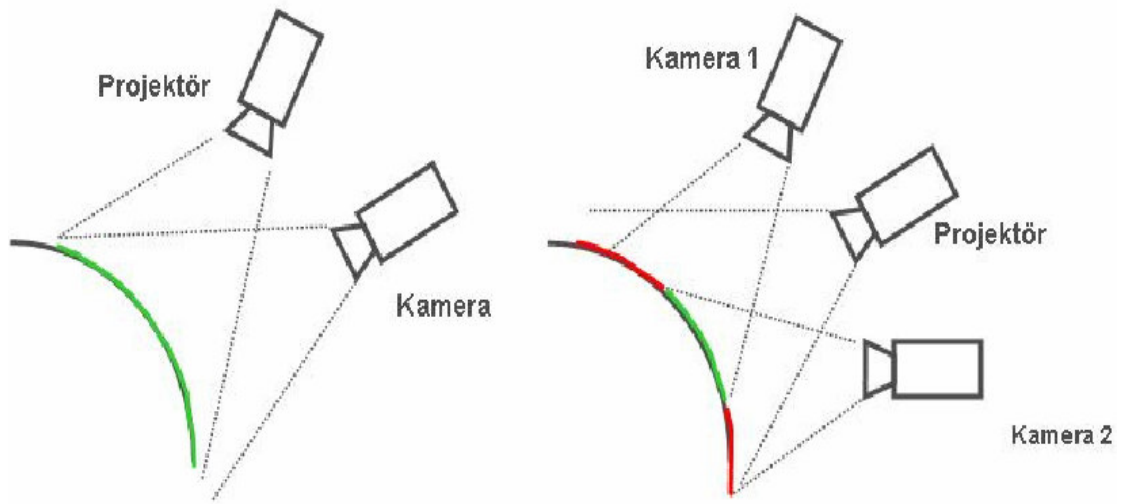


Şekil III.7. Steinbichler COMET IV Tek Kameralı Optik Tarama Sistemi

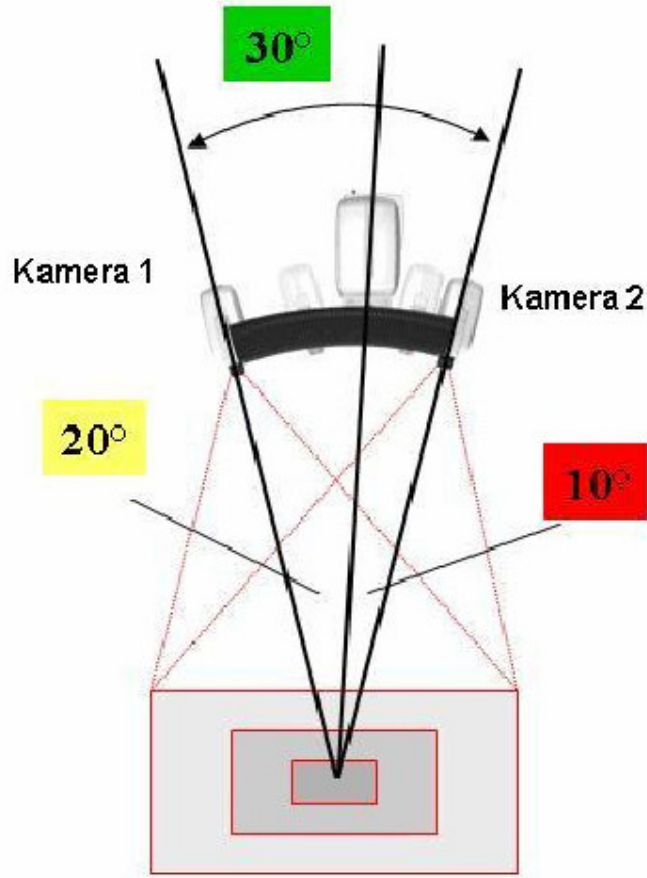
Çift kameralı sistemlerde ortada bulunan projeksiyon cihazı ile eşit veya farklı açı yapacak şekilde konumlandırılmış 2 kamera bulunmaktadır. İki kameranın da ortak olarak gördüğü bölge esas ölçüm bölgesidir. Breuckmann firmasının geliştirdiği asimetrik çift kameralı sistem ise ortada bulunan projeksiyon cihazı ile farklı iki açı yapacak şekilde konumlandırılmış 2 kamera bulunur (Şekil III.8.). Bu asimetrik tasarım ile 3 tane üçgenleme açısı elde edilmiş olup detayların daha hassas ölçülmesi ve görüş kapasitesinin artırılması garanti edilmiş olur [8].



Şekil III.8. Asimetrik Yerleştirilmiş Çift Kameralı Sistem (Breuckmann STEREOSCAN)



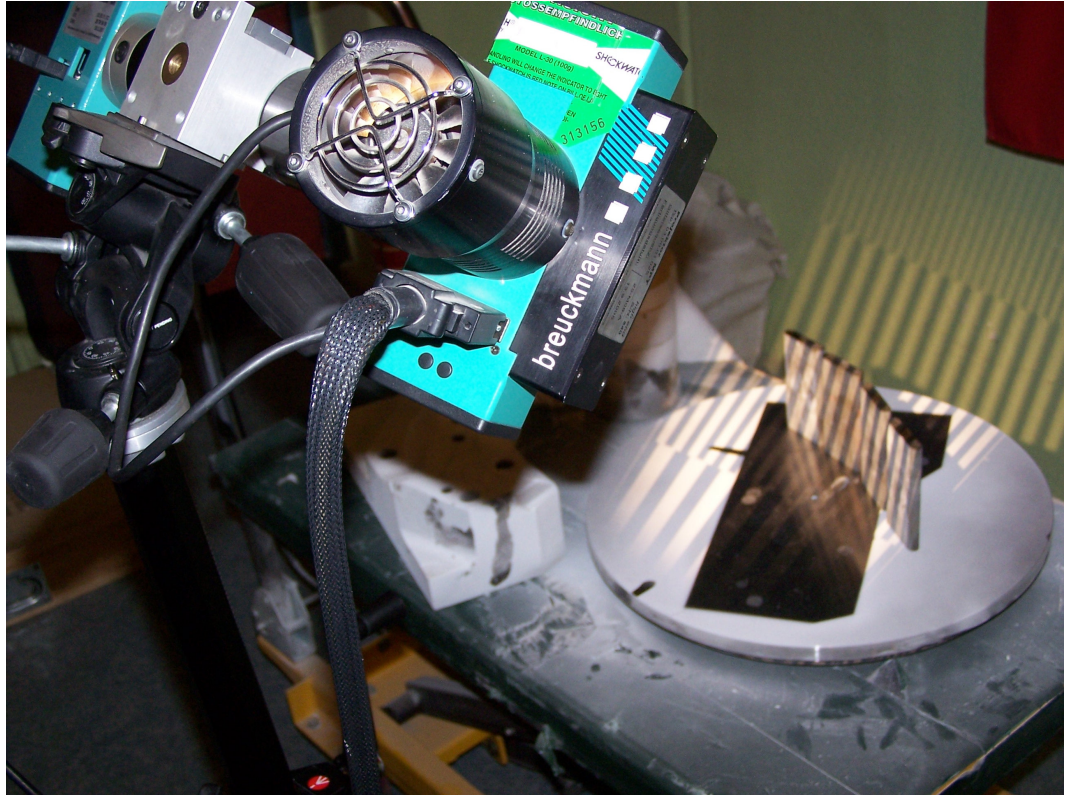
Şekil III.9. Tek Ve Çift Kameralı Sistem



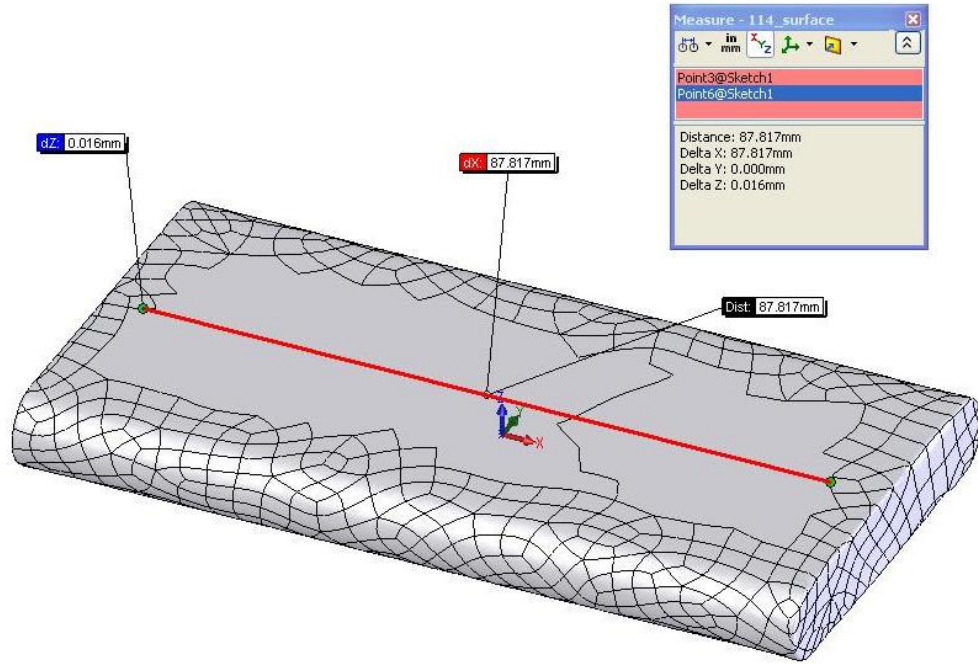
Şekil III.10. Asimetrik Yerleştirilmiş Çift Kameralı Sistem

III.7. KESİLECEK PARÇALARIN OPTİK TARAMA SİSTEMİ İLE TARANMASI

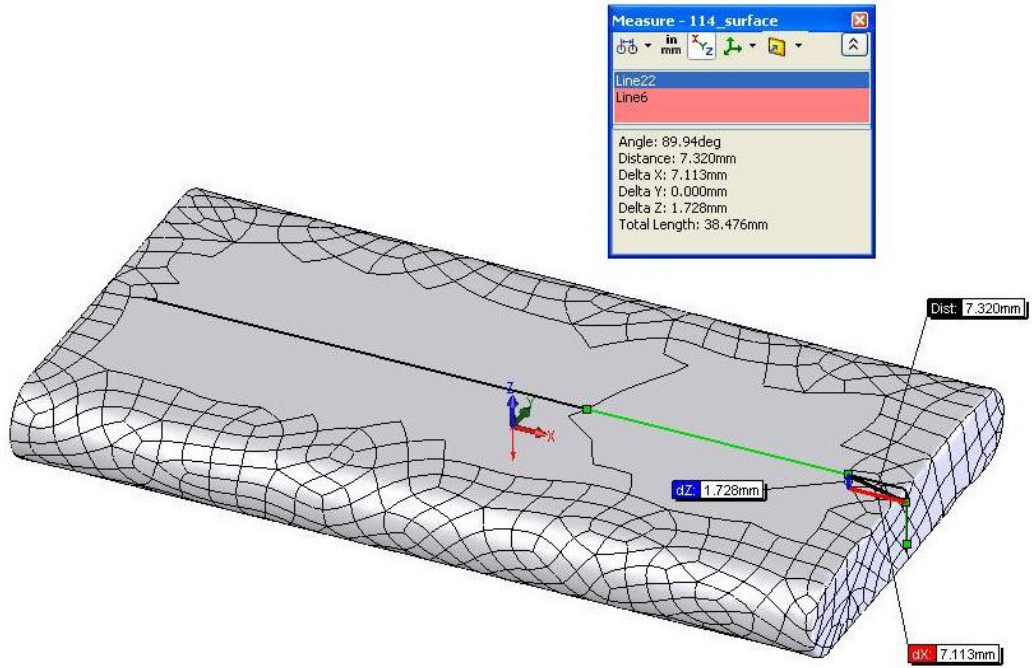
Tel erozyonda kesilen parçalar Breuckmann optoTOP-HE optik tarama sisteminde tarandı (Şekil III.11.). Daha sonra nokta bulutu verileri elde edildi ve bu noktalardan yararlanılarak yüzeyler elde edildi. Bulunan bu yüzeyler CAD programı yardımıyla analizi yapıldı ve değişik kesme parametrelerine bağlı olarak yüzey ve konum toleransları irdelendi.



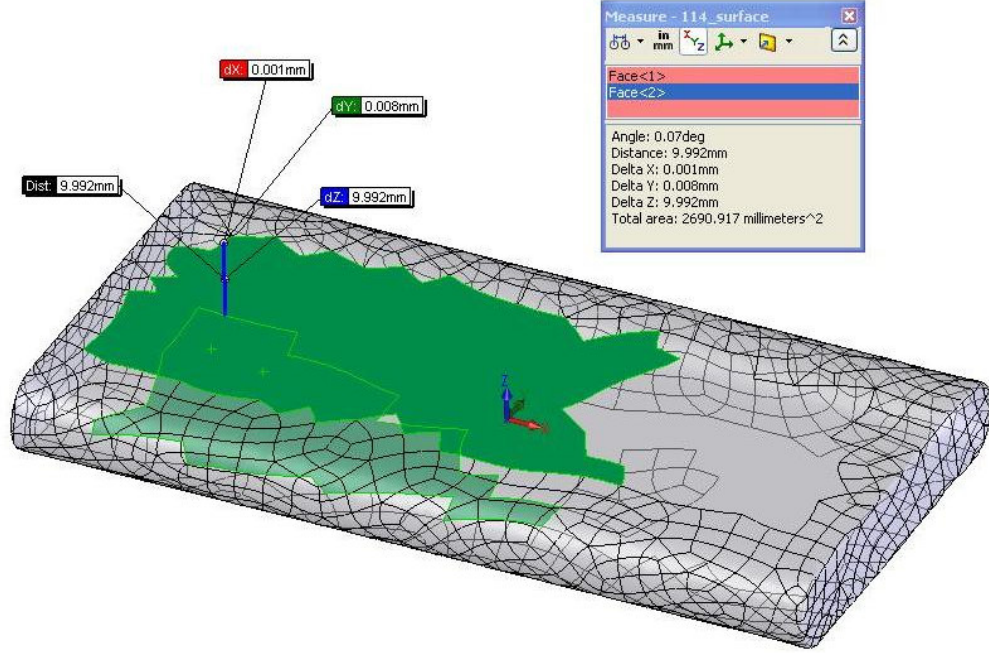
Şekil III.11. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Optik Tarama Sisteminde Taranması



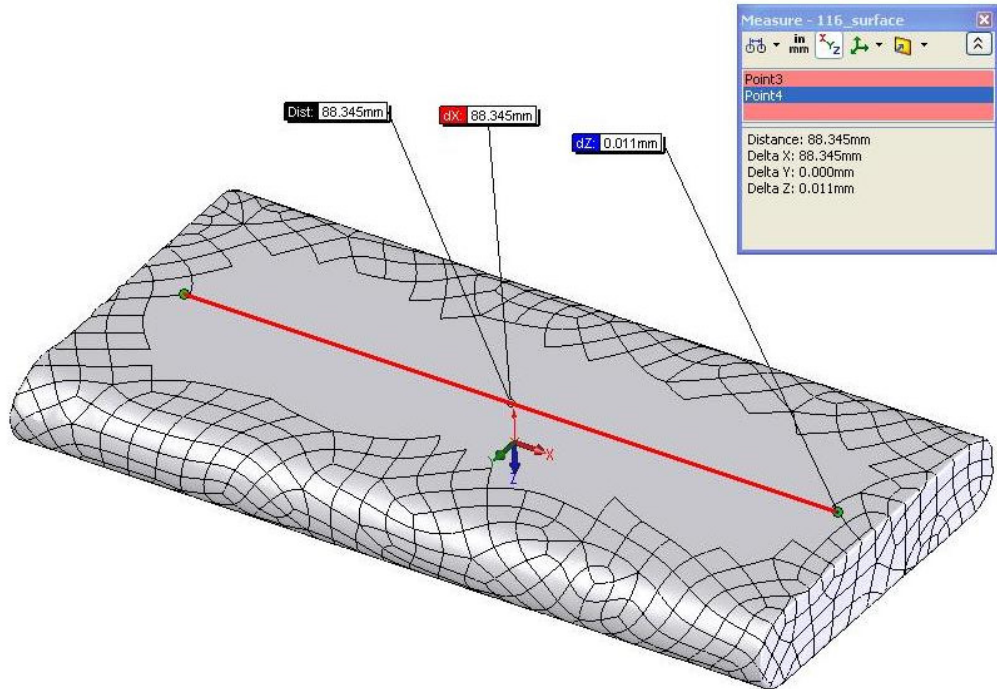
Şekil III.12. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Düzlemsellik Toleransı: 0,015mm



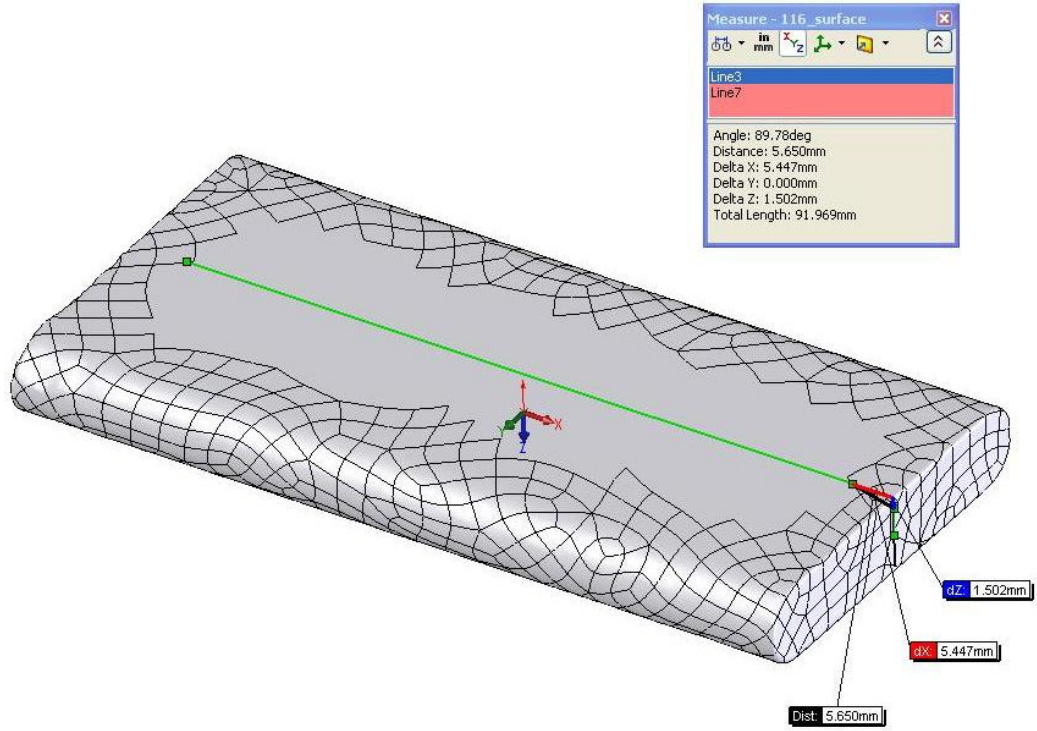
Şekil III.13. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Diklik Toleransı: 0,06°



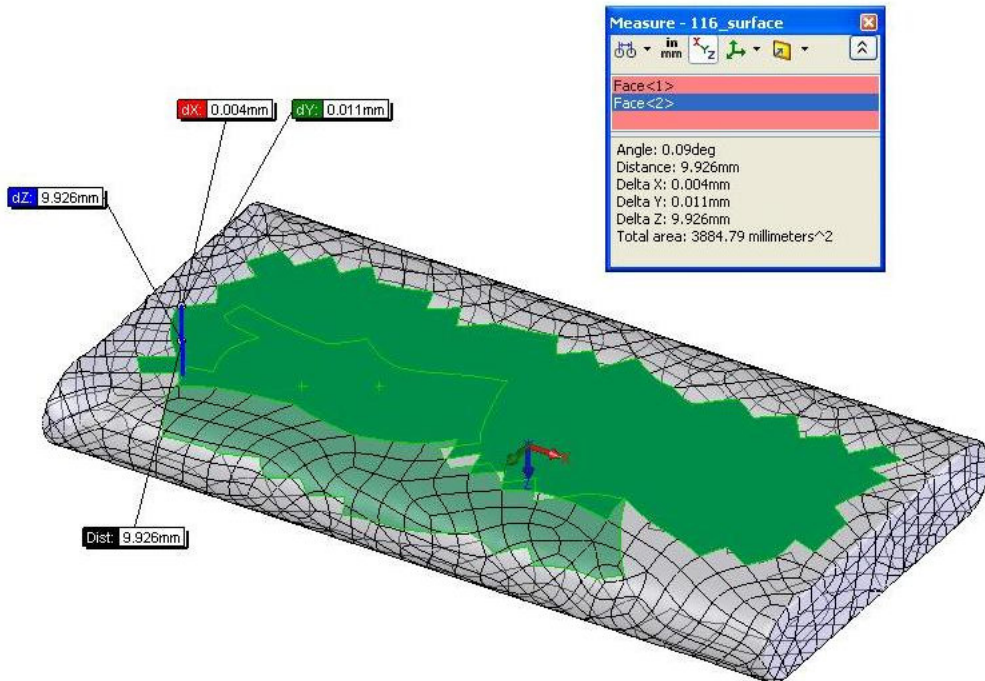
Şekil III.14. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların YüzeY Analizi Şekil Toleransı: 0,008mm



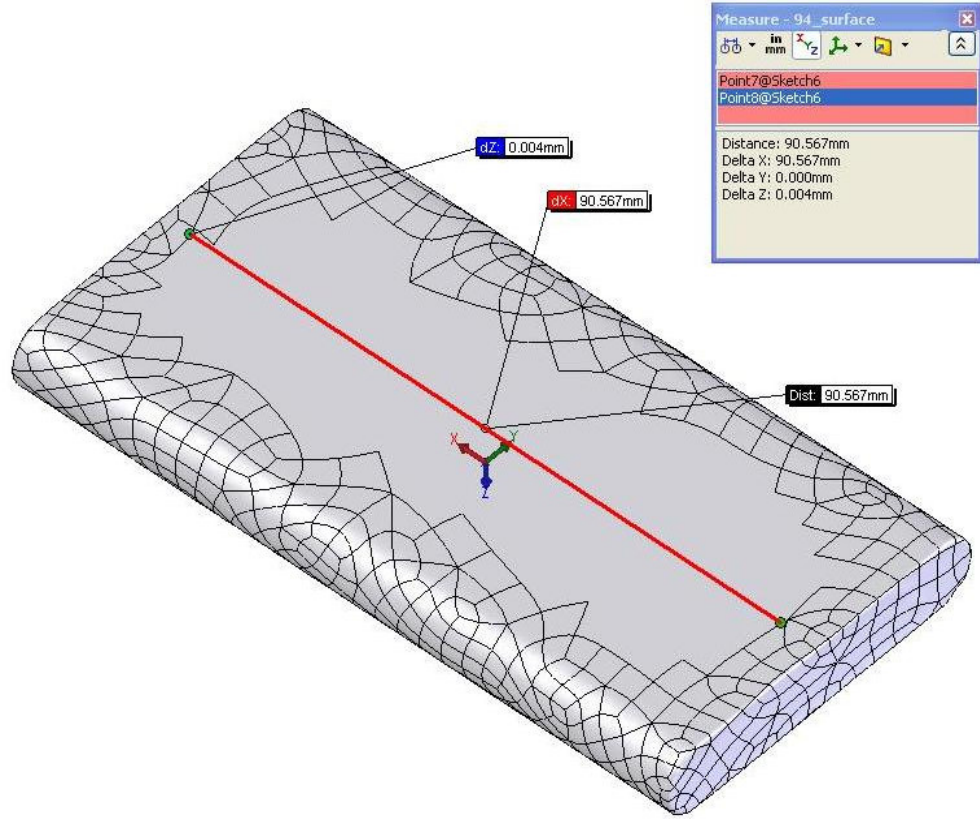
Şekil III.15. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların YüzeY Analizi Düzlemsellik Toleransı: 0,011mm



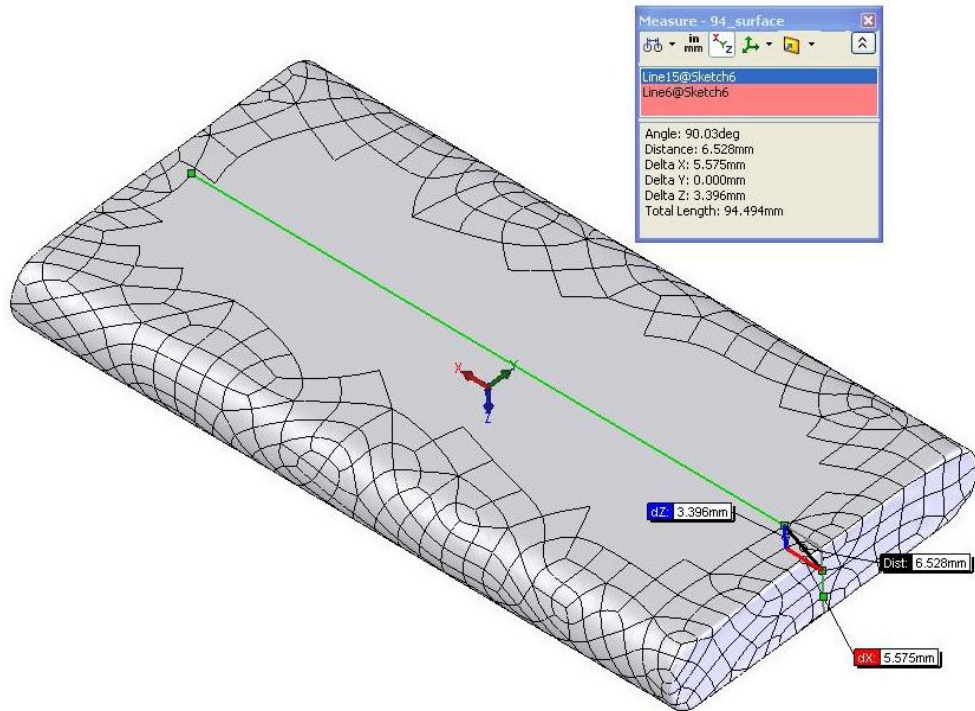
Şekil III.16. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Diklik Toleransı: 0,22°



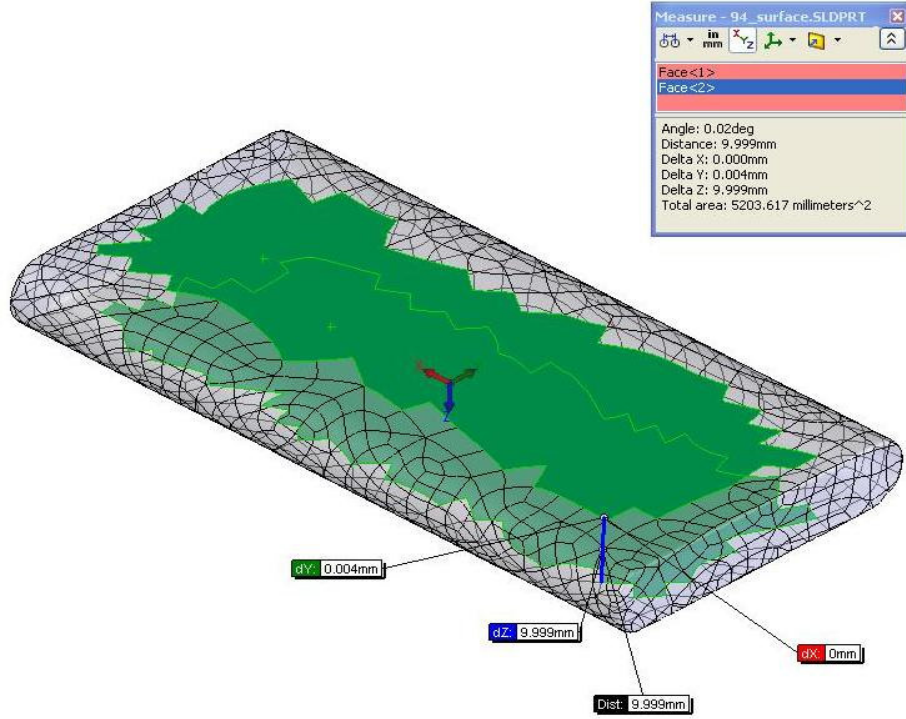
Şekil III.17. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Şekil Toleransı: 0,074mm



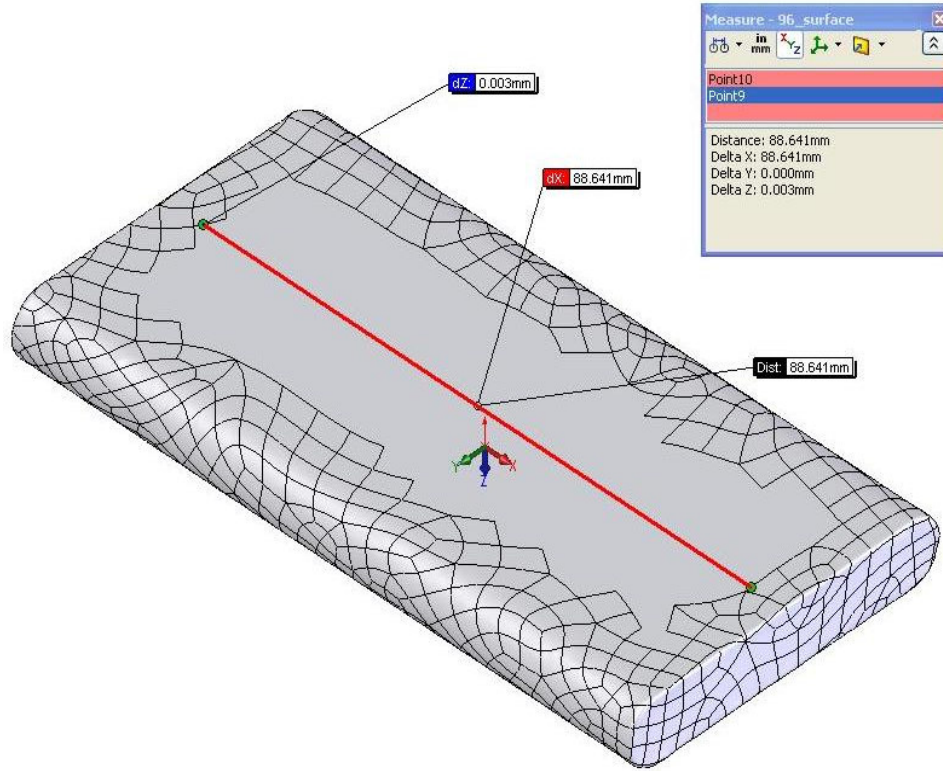
Şekil III.18. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Düzlemsellik Toleransı: 0,004mm



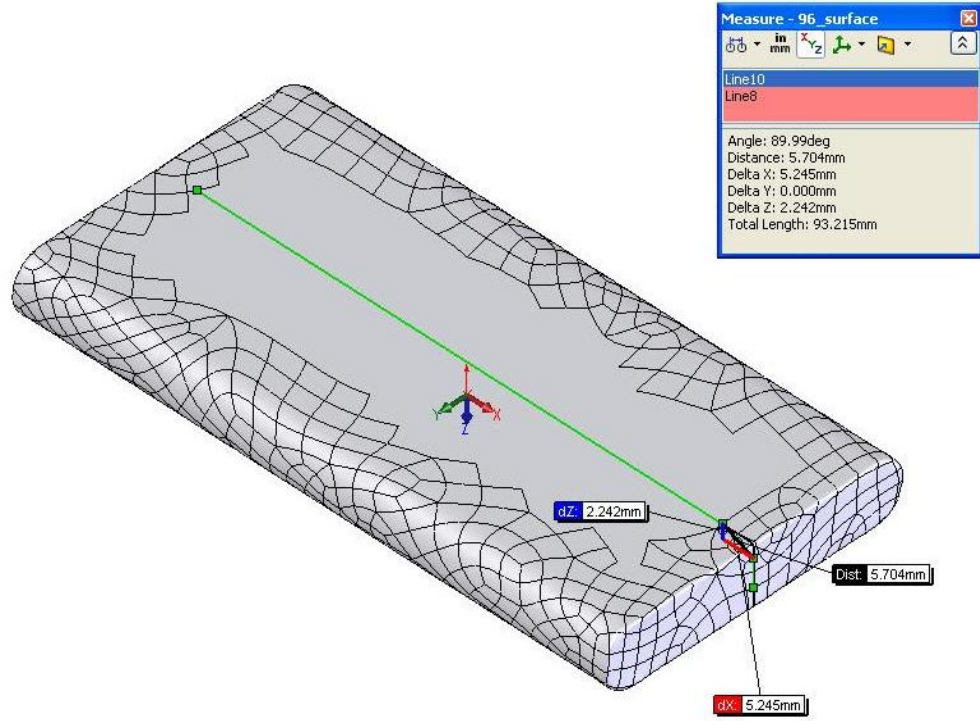
Şekil III.19. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Diklik Toleransı: 0,03°



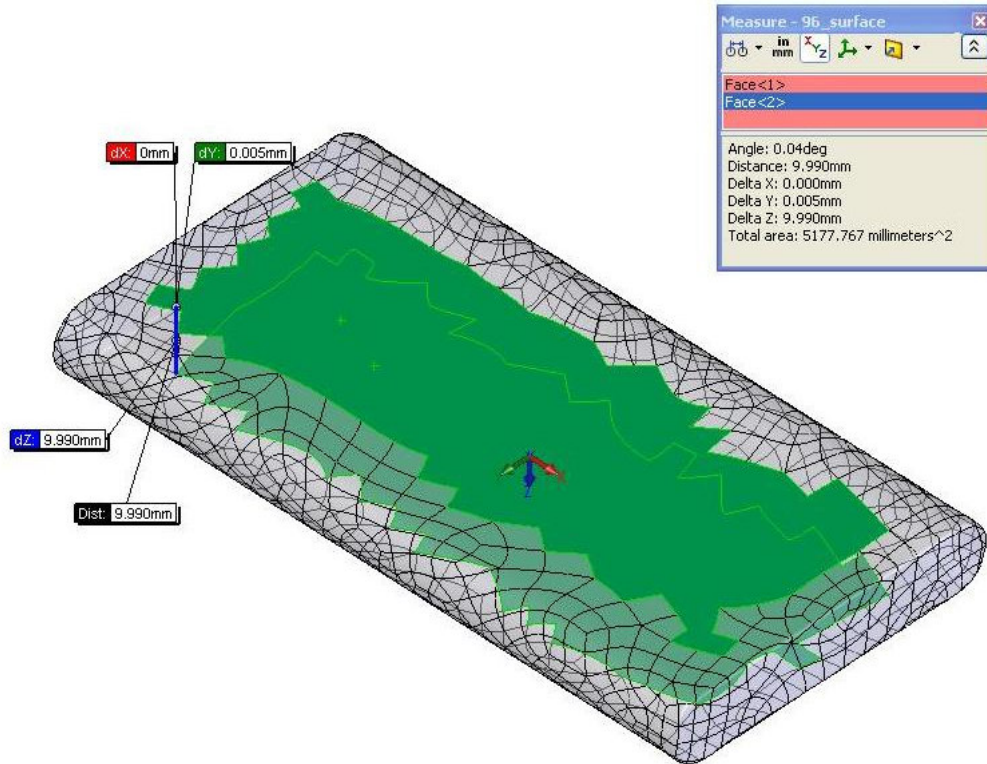
Şekil III.20. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Şekil Toleransı: 0,02mm



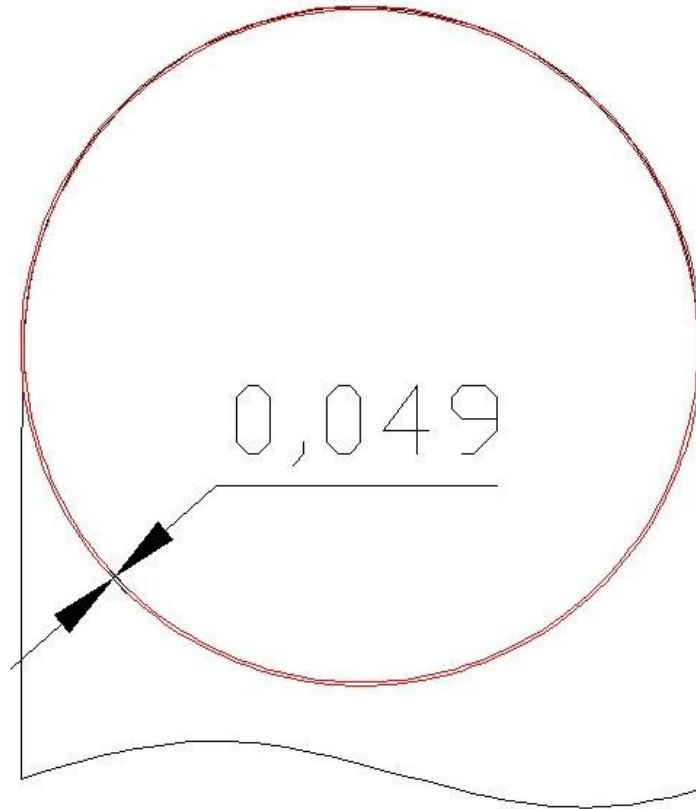
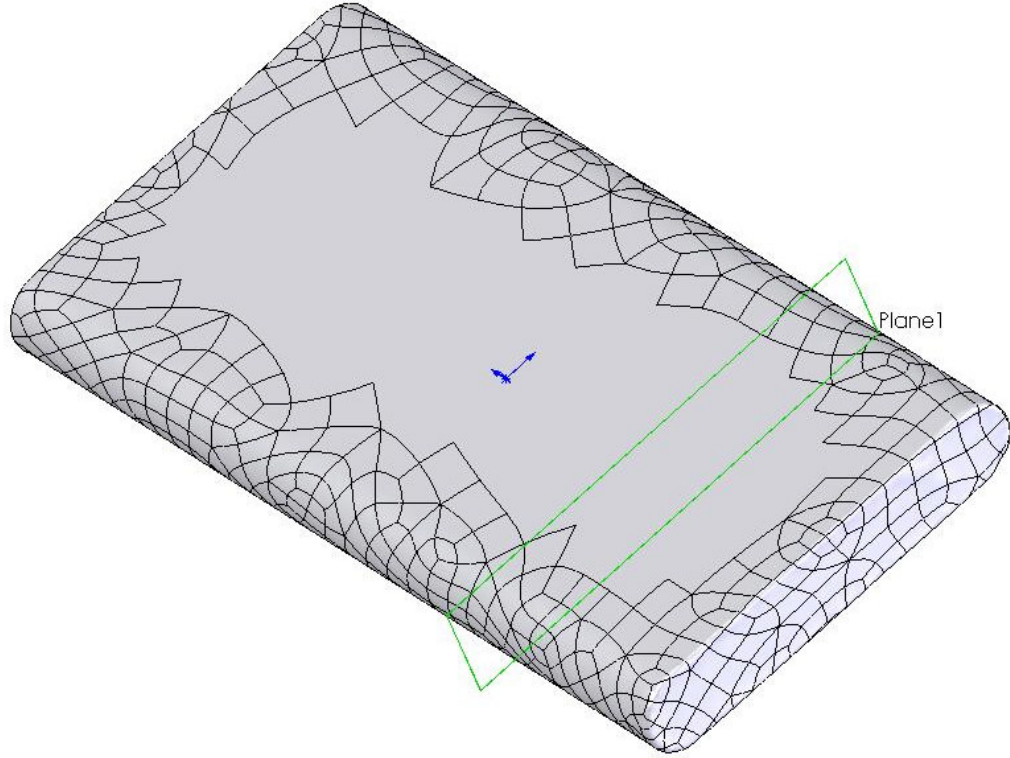
Şekil III.21. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Düzlemsellik Toleransı: 0,003mm



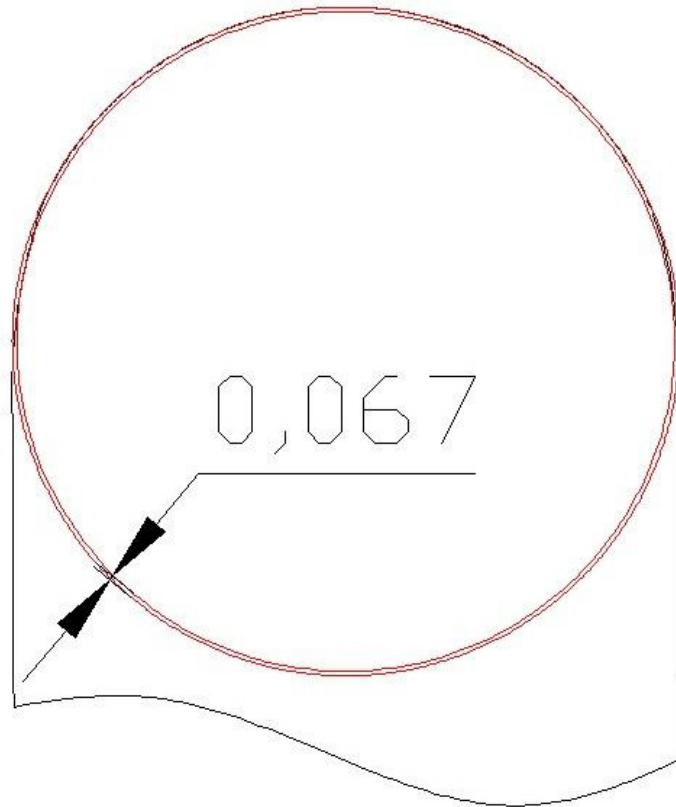
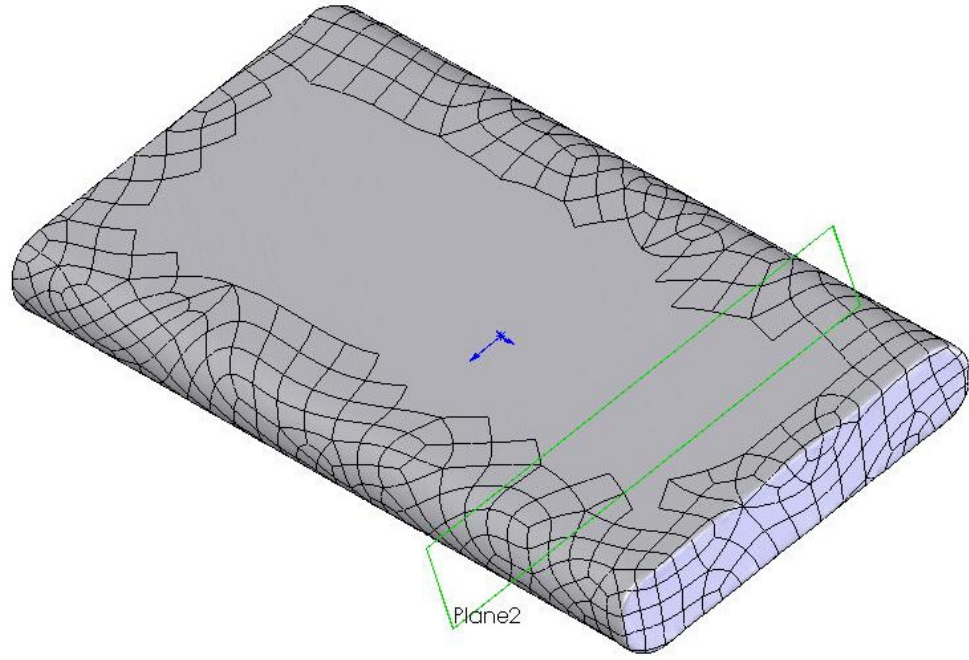
Şekil III.22. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Diklik Toleransı: 0,01°



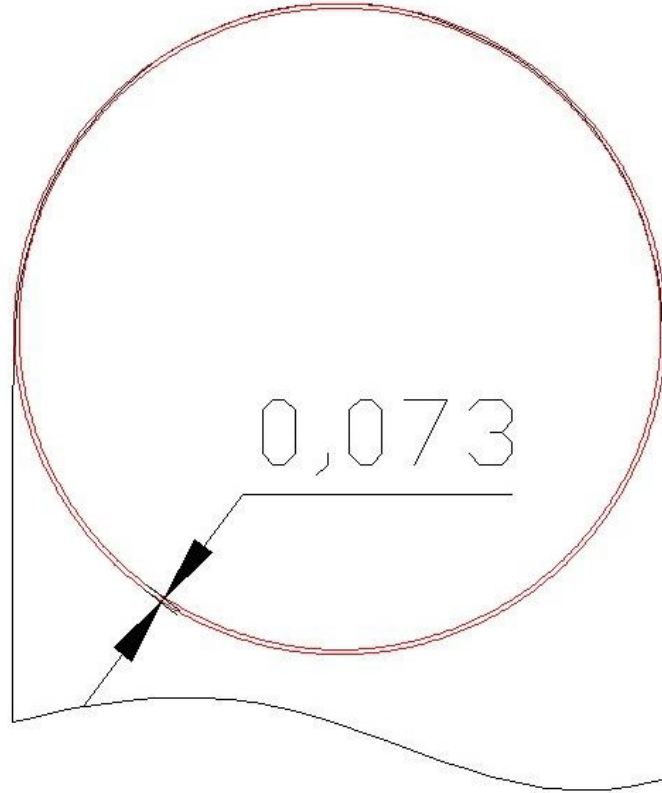
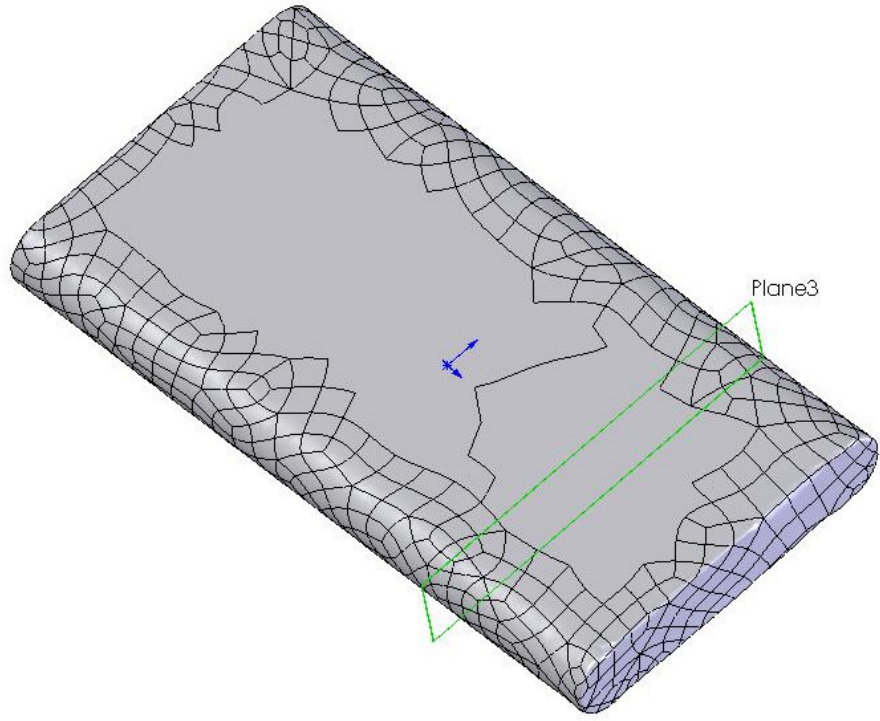
Şekil III.23. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Şekil Toleransı: 0,01mm



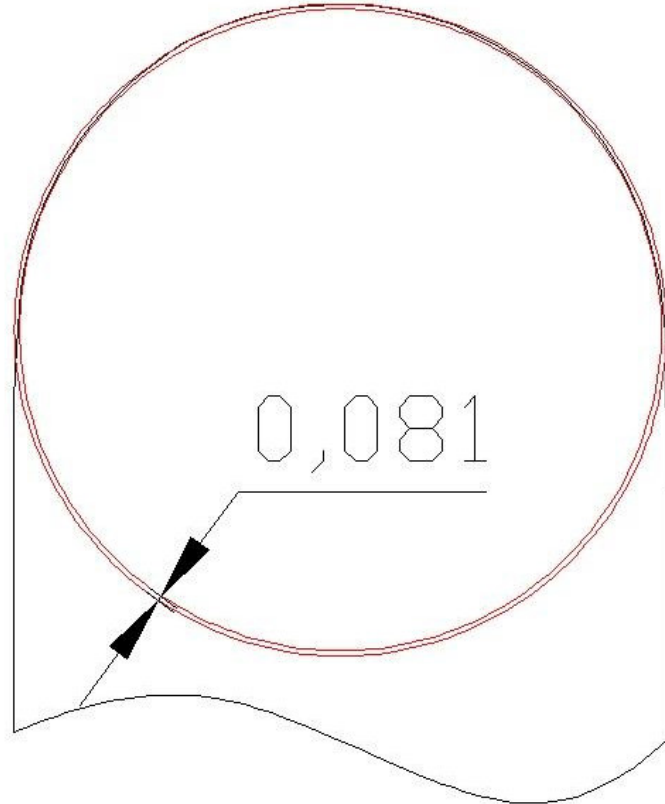
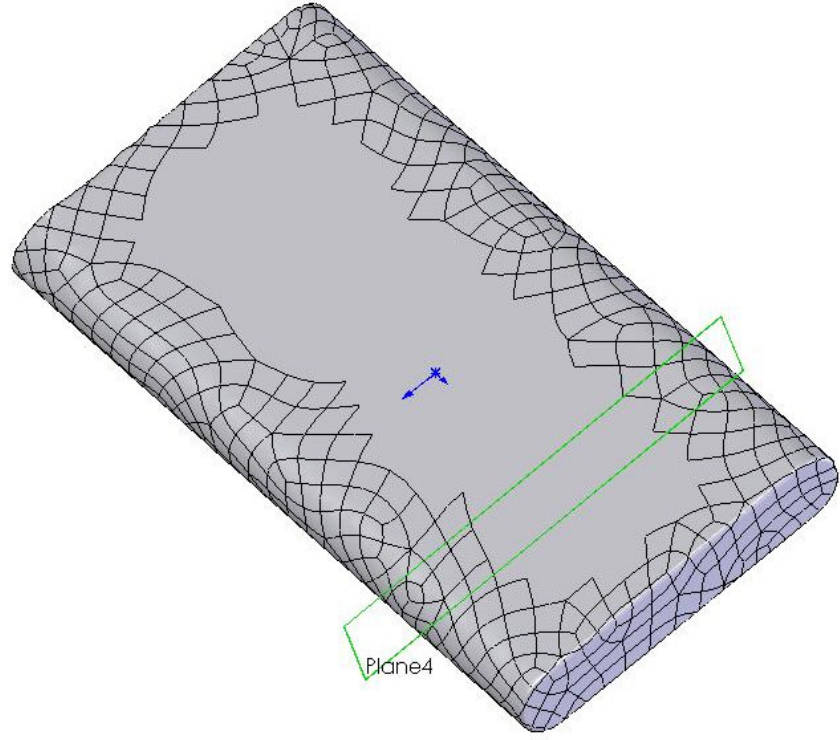
Şekil III.24. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Dairesellik Toleransı: 0,049mm



Şekil III.25. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Dairesellik Toleransı: 0,067mm



Şekil III.26. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Dairesellik Toleransı: 0,073mm



Şekil III.27. Tel Erozyonda Kesilen Parçaların Yüzey Analizi Dairesellik Toleransı: 0,081mm

BÖLÜM IV

SONUÇLAR

Yapılan 8 adet deney çalışması neticesinde elde edilen düzlemsellik toleransı, diklik toleransı, şekil toleransı ve dairesellik toleransı verileri Tablo IV.1.'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo IV.1. Kesilen İş Parçalarının Deney Sonuçları

Deney No	Güç	Time Off	Voltaj	Düzlemsellik Toleransı	Diklik Toleransı	Boyut Toleransı	Dairesellik Toleransı
1	11	4	160	0,019	0,080	0,013	0,049
2	11	4	130	0,015	0,060	0,008	0,042
3	11	6	160	0,014	0,028	0,081	0,067
4	11	6	130	0,011	0,022	0,074	0,062
5	9	4	160	0,009	0,032	0,040	0,073
6	9	4	130	0,004	0,030	0,020	0,062
7	9	6	160	0,004	0,012	0,015	0,081
8	9	6	130	0,003	0,010	0,010	0,072

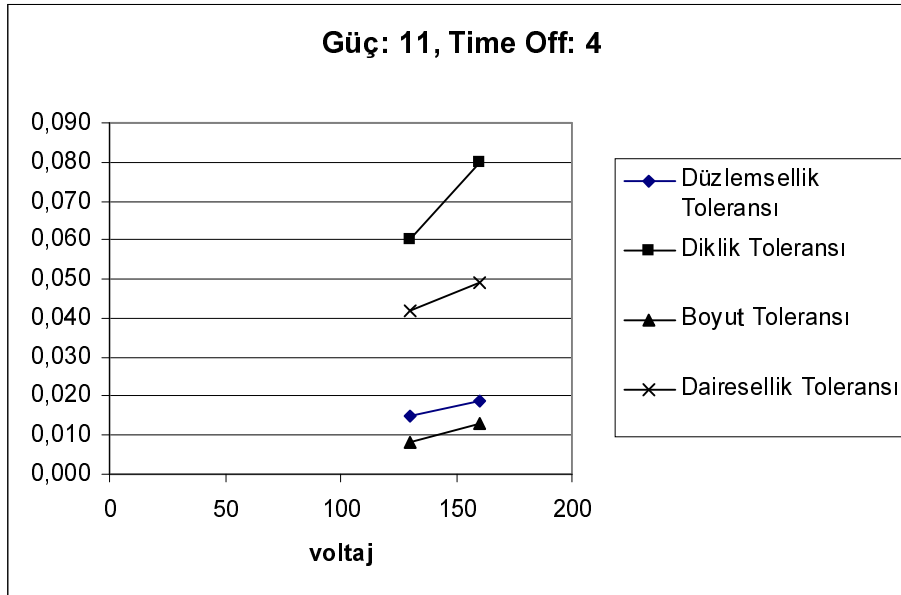
Deneyler yapılırken servo değeri 30, dielektrik sıvı püskürtme basıncı 31 bar, tel gerginliği 16, tel ilerleme hızı 8m/dak, finiş geçeri off, çevrim değeri off ve köşe doğrulama değeri 1 olarak alınmış ve deneyler boyunca sabit tutulmuştur. Ayrıca ortam sıcaklığı, kontaktör aşınmaları, dielektrik sıvısı temizliği, reçine seviyesi, dielektrik sıvısı sıcaklığı gibi etkenler sabit kabul edilmiştir.

Tablo IV.1.'den de anlaşılacağı gibi güç ve time off sabit kalırken voltajın artması boyut toleransının artmasına sebep olmuştur. Düzlemsellik, dairesellik ve diklik toleransına etkisi ihmal edilecek kadar azdır.

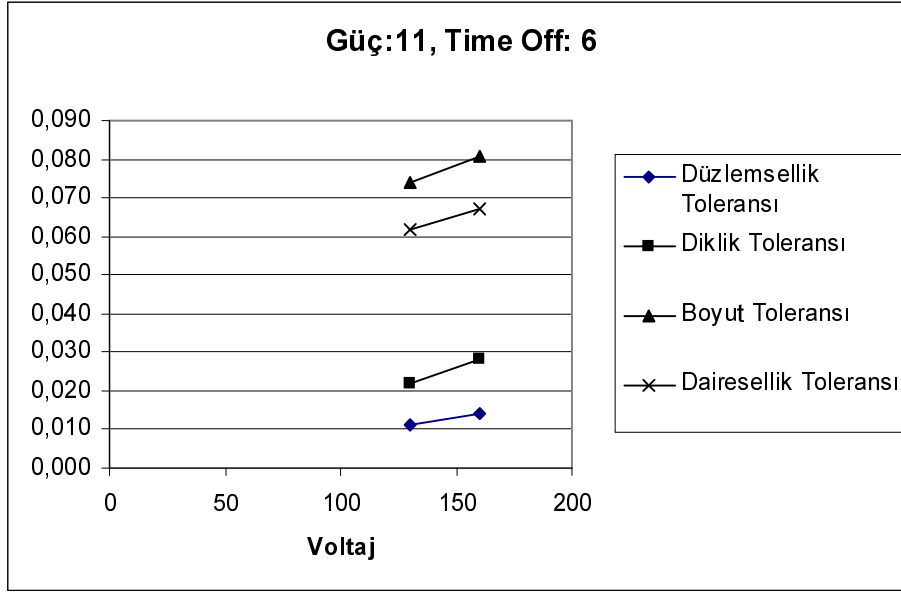
Time off ve voltaj sabit kalırken gücün artması toleransları genel olarak arttırmıştır. Time off'un düşüp gücün artması boyut toleransını olumlu yönde etkilemiştir. Ayrıca gücün artmasıyla düzlemsellik toleransının da arttığı ifade edilebilir.

Güç ve voltaj sabit kalırken time off'un artması düzlemsellik ve diklik toleranslarını azaltmıştır. Voltaj sabit kalırken gücün yükselmesi boyut toleransının aralığını arttırmıştır.

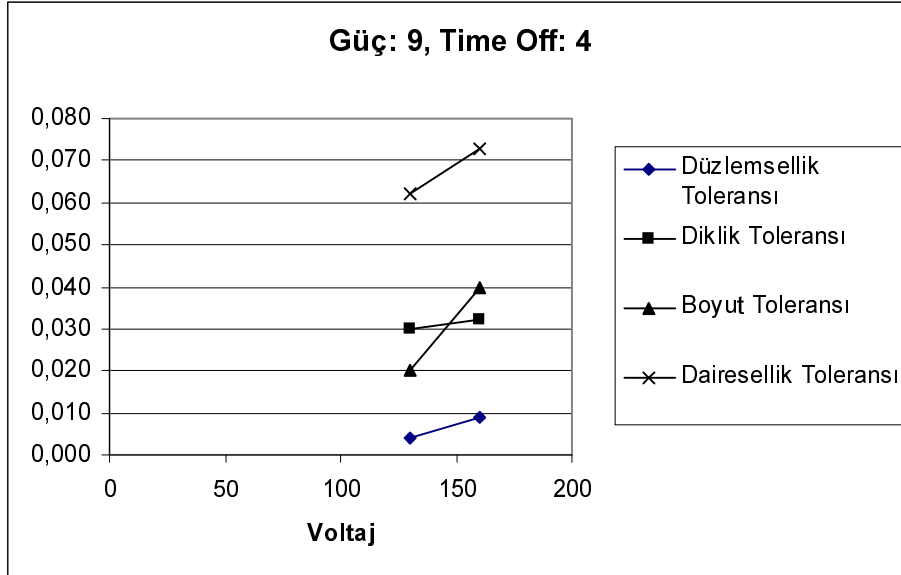
Bunlara bağlı olarak görülüyorki gücün azalması toleransları ciddi bir şekilde düşürmüştü, time off'un artması toleranslara olumlu yönde etkileri olmuştur. Voltajın genel olarak düşük olması toeransları olumlu yönde etkilemiştir.



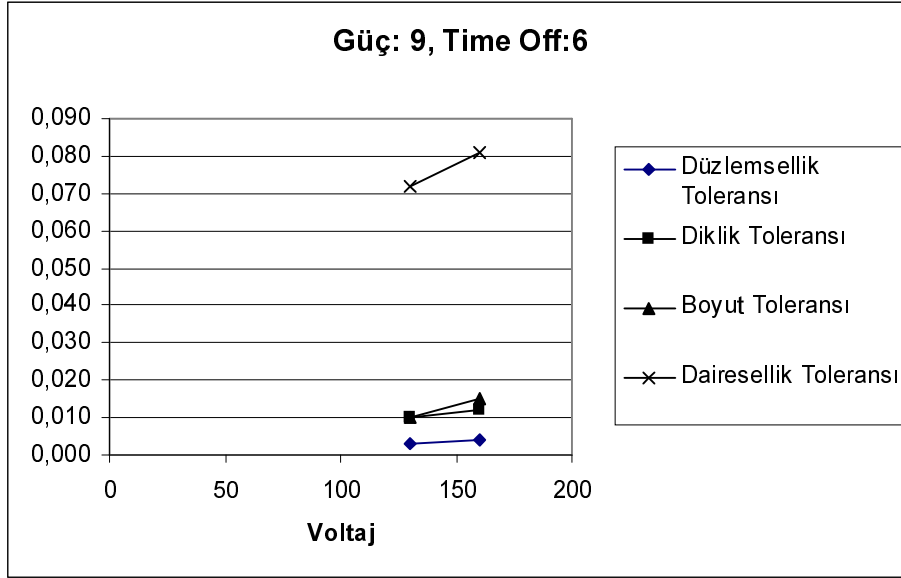
Şekil IV.1. Voltajın Toleranslara Etkisi Güç 11, Time Off 4



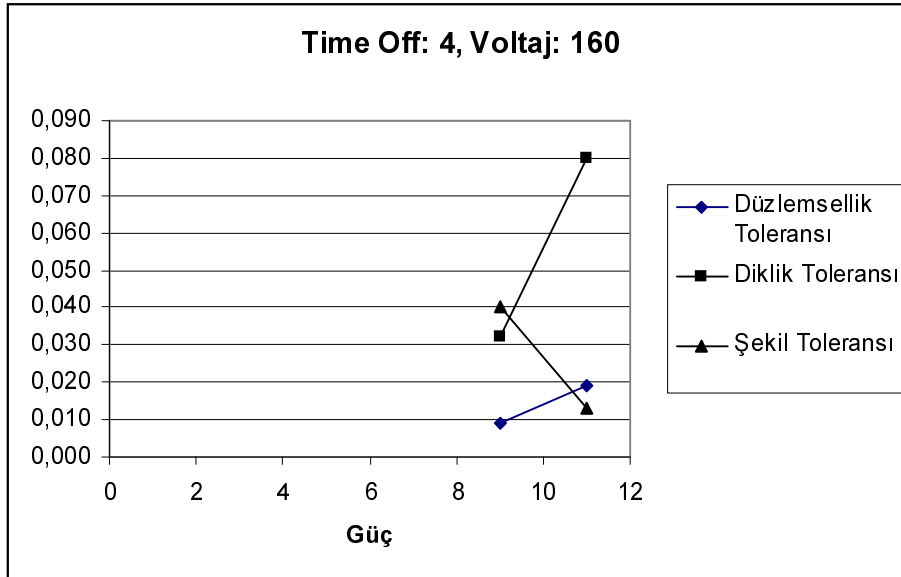
Şekil IV.2. Voltajın Toleranslara Etkisi Güç 11, Time Off 6



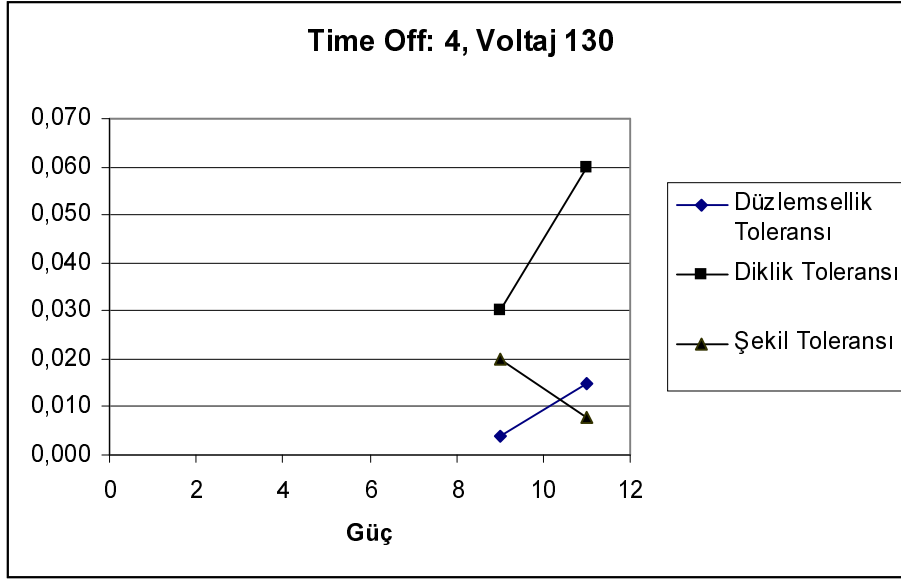
Şekil IV.3. Voltajın Toleranslara Etkisi Güç 9, Time Off 4



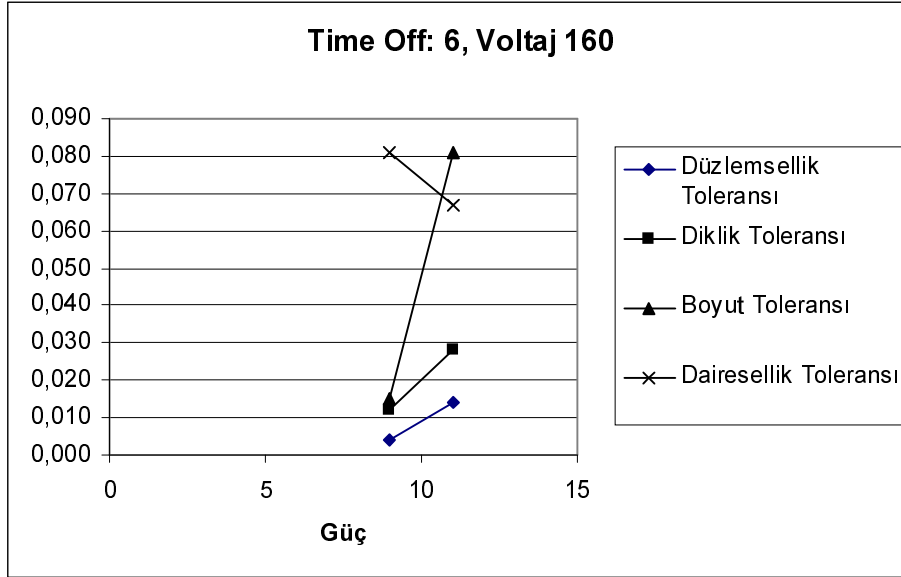
Şekil IV.4. Voltajın Toleranslara Etkisi Güç 9, Time Off 6



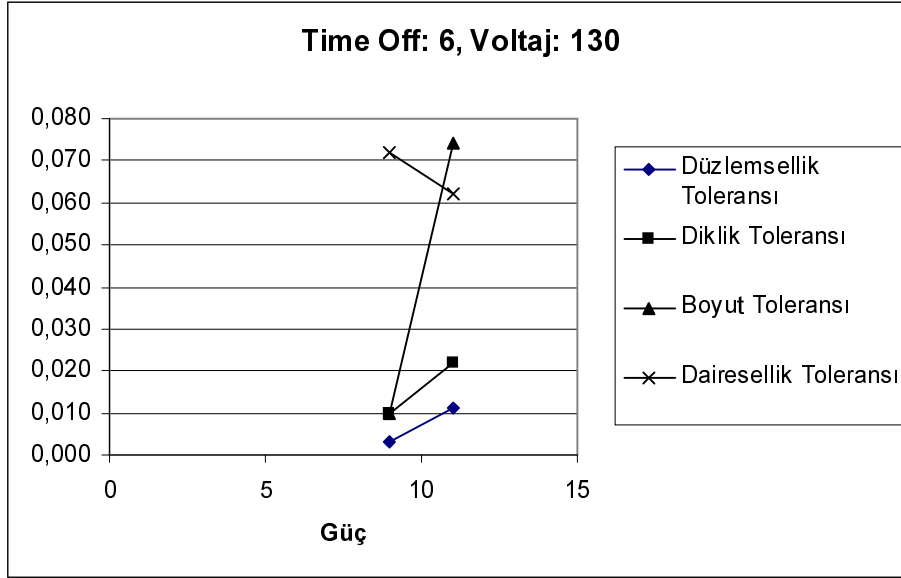
Şekil IV.5. Gücün Toleranslara Etkisi Time Off 4, Voltaj 160



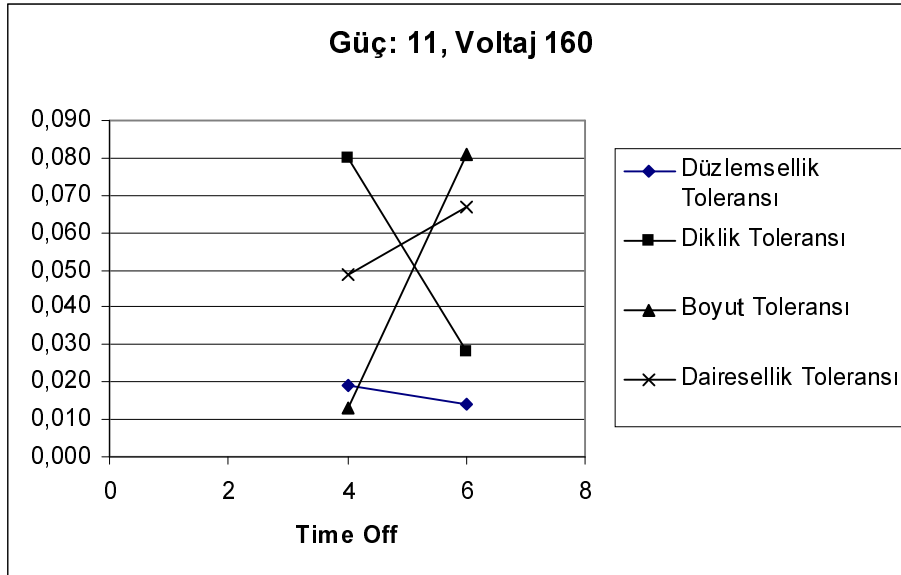
Şekil IV.6. Gücün Toleranslara Etkisi Time Off 4, Voltaj 130



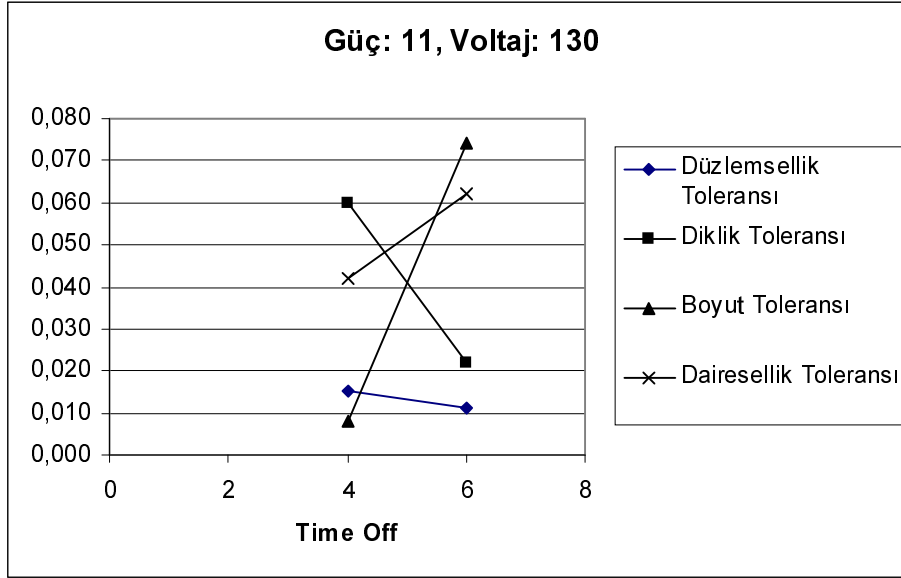
Şekil IV.7. Gücün Toleranslara Etkisi Time Off 4, Voltaj 160



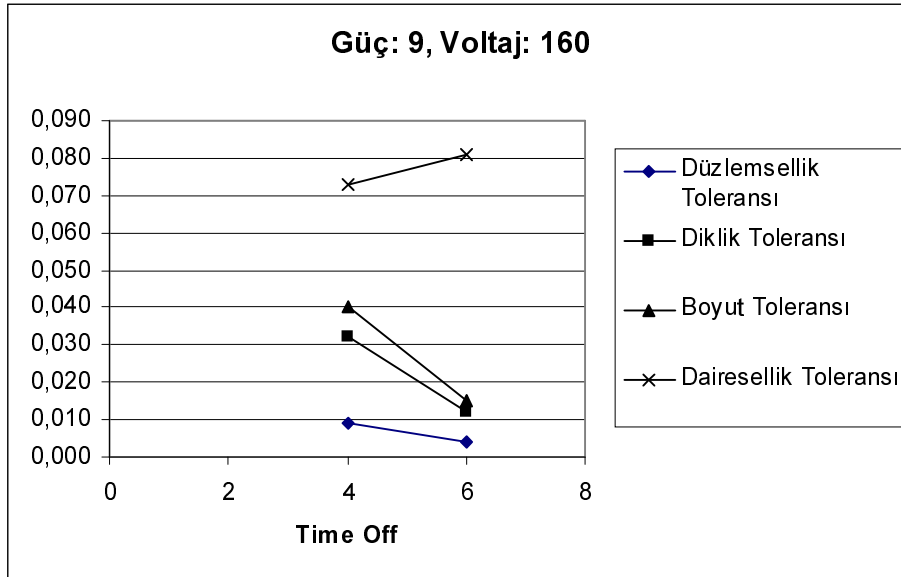
Şekil IV.8. Gücün Toleranslara Etkisi Time Off 6, Voltaj 130



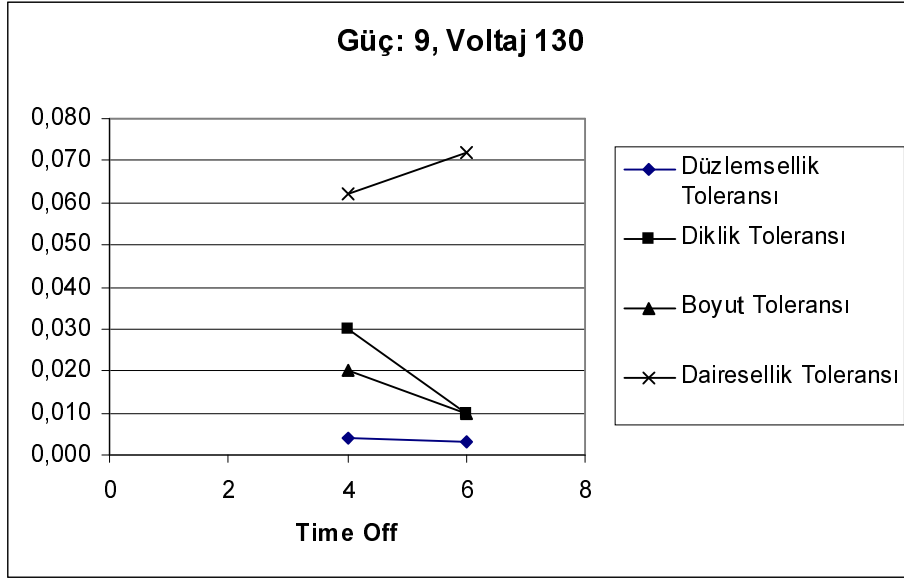
Şekil IV.9. Time Off'un Toleranslara Etkisi Güç 11, Voltaj 160



Şekil IV.10. Time Off'un Toleranslara Etkisi Güç 11, Voltaj 130



Şekil IV.11. Time Off'un Toleranslara Etkisi Güç 9, Voltaj 160



Şekil IV.12. Time Off'un Toleranslara Etkisi Güç 9, Voltaj 130

BÖLÜM V

TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRMELER

Tel erozyon ile kesimin en önemli parametrelerinden olan şekil ve boyut toleransları ciddiyetle incelenmelidir. Bu neden doğrultusunda yapılan deneylerden imalat sektörü için çok ciddi veriler elde edilmiştir.

Birbiri üzerinde çalışan makine elemanlarının daha uzun ömürlü olabilmeleri için üzerinde hassasitle durulan şekil ve konum toleranslarının istenilen değerler arasında olabilmesi için seçilen kesme parametrelerinden gücün en etkili parametre olduğu görülmüştür. Ayrıca time off değerindeki armadan kaynaklanan olumlu etkenler de gözlemlenmiştir. Voltajın etkileri diğer bu iki parametreye göre daha az etkilidir.

Elde edilen bu bulgular teknolojik anlamda bir yenilik olmasada istenilen tolerans aralığındaki imalatlar için yardımcı kaynak olacaktır. İmalat sektöründeki yeniliklerle tel erozyonla imalat yöntemide hızla gelişecek, maliyet düşürme anlamında katkıları olacaktır.

Özerinde dikkatle durulması gereken bir konu da kesme parametrelerindeki seçimin yinede tecrubeye dayanarak seçilmesi gerektiğidir. Teorik olarak yapılan çalışmaları pratikte de destekleyici deneyimlere ihtiyac vardır.

Yapılan deney çalışmaları sonucunda kesilen parça, farklı kesme parametrelerine bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak kesilen

parçaların, beklenen özelliklere göre uygun parametrelerin seçilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Çağdaş, U.: “Wedm Yönteminde İşlem Parametrelerinin Mikro Yapı ve Yüzey Prüzlülüğüne Etkisi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstütüsü, Elazığ, Türkiye, **2002**, 8-19.
- [2] Bayraktutar, M.: “Tel Erozyon Tezgaahında Yüzey Kalitesine Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstütüsü, İstanbul, Türkiye, **2000**, 32-33.
- [3] Tosun, N.: “Tel Erozyonda Tezgaahında Tel Aşınmasının ve Yüzey Prüzlülüğünün Deneysel Olarak İncelenmesi ve Modellenmesi, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstütüsü, Elazığ, Türkiye, **2001**.
- [4] Gökler, M. İ.; Ozanözgü, A. M.: “Experimental Investigation of Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness in The WEDM Proces”, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 40, **2000**, 1831-1848.
- [5] Anonymous, “Ona Technology AE / KE”, Spain, **2004**, 7-12.
- [6] Anonymous, “User’s Manuel Wire EDM Machine Ona AE 300”, Spain, **2004**, 2-1.
- [7] Anonymous, “Quantum Kalıp Malzemeleri ve Isıl İşlem”, İstanbul, Türkiye, **2007**, 90-93, 153.
- [8] http://www.defnemuhendislik.com/teknik_yazilar.htm (Erişim Tarihi: Haziran **2007**)

ÖZGEÇMİŞ

Osman İMAMOĞLU

1979 Razgrat Doğumlu. İlkokulu İstanbul Kocasinan İlkokulu'nda, Ortaokulu İstanbul Ataköy Mimar Sinan Ortaokulu'nda Bitirdi. Lise Eğitimi İstanbul Avcılar Teknik Lisesi, Makine Bölümünde Tamamladı. Lisans Eğitimi Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Tasarım ve Konstrüksiyon Öğretmenliği Bölümünde Tamamladı. 2003 Yılında Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Yüksek Lisans Programına Başlamıştır. Halen Bu Üniversitede Eğitimi Sürdürmektedir.