

154305

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ELEKTROEREZYON TEZGAHI DİZAYNI VE İMALATI

Makine Müh. Cenk ERYILMAZ

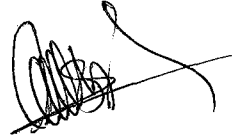
F.B.E. Makine Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

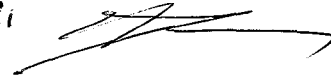
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Erhan ALTAN



Prof. Dr. Galip Consever



Prof. M.Emrah YURCI



İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTIMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. ELEKTROEREZYON İŞLEMİ.....	2
3. ELEKTROEREZYONU ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	9
3.1 Talaş Kaldırma Oranı.....	9
3.2 Çalışma Süresi , Geri Çekme Süresi.....	11
3.3 Ark Mesafesi.....	12
3.4 Aşırı Kesme.....	12
3.5 Dielektrik Sıvı Seviyesi.....	14
3.6 Yüzey Yapısı.....	14
4. YIKAMA TEKNİKLERİ.....	16
4.1 Basınçlı Yıkama	17
4.2 Emmeli Yıkama.....	18
4.3 Kenar Yıkama	19
4.4 Dielektrik Pompalama Yoluyla Yıkama	20
4.5 Elektrod Hareketleriyle Senkronize edilmiş kesikli Yıkama	21
5. DİELEKTRİK SIVILAR.....	22
5.1 Su.....	23
5.2 Hidrokarbonlar.....	23
5.2.1 Yağlar	23
5.2.2 Gazlar.....	23
6. ELEKTRODLAR.....	25
6.1 Bakır Elektrodlar	26
6.2 Grafit Elektrodlar	27

6.3	Pirinç. Elektrodlar	28
7.	GÜÇ DEVRELERİ	32
8.	EDM TEZGAHIN DİZAYNI VE İMALATI.....	37
8.1	Tasarlanan Tezgahın Özellikleri.....	37
8.2	Mekanik Tasarım.....	37
8.2.1	Elektrod Sürme Mekanizmasının Tasarımı	37
8.2.1.1	Lineer Yatak Seçimi	37
8.2.1.2	Elektrod ve Bağlantı Mekanizması	38
8.2.2	Gövdenin Tasarımı.....	39
8.2.2.1	Step Motorun Bağlandığı Konsolu Taşıyan Civataların Hesabı.....	39
8.2.2.2	Konsolun Bağlandığı Dikmenin Kesidinin Hesabı.....	41
8.2.2.3	Dikmenin Bağlandığı Civataların Emniyet Hesabı.....	43
8.3	Elektronik Tasarım.....	45
8.3.1	Güç Devresi.....	45
8.3.2	Kontrol Devresi.....	47
8.4	İmalat ve Montaj.....	48
9.	İMAL EDİLEN EDM TEZGAHINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	50
9.1	Deneylerdeki İşlem Parametreleri.....	50
9.2	Deneylerin Gerçekleştirilmesi.....	50
9.3	Elde Edilen Sonuçlar.....	54
10.	DİZAYN EDİLEN EDM TEZGAHININ MONTAJ VE İMALAT RESİMLERİ.....	55
11.	SONUÇLAR.....	69
	KAYNAKLAR	70
	ÖZGEÇMİŞ.....	71

SİMGE LİSTESİ

Rw	: İş parçasından ortalama metal kaldırma oranı ,
Mw	:İş parçasının kaynama noktası (°C)
V	: Ortalama hacim boşalma (in ³)
Ra	:Yüzey kalitesi
M _{Ro}	:Statik moment
C _o	:Statik yük
τ _{Ak}	:Civatanın kesme kuvvetine göre akma gerilmesi
σ _{Ak}	:Akma dayanımı
σ _ç	:Çekme gerilmesi
τ _{Em}	:Civatanın emniyetli kesme gerilmesi
S	:Emniyet Katsayısı
I _x	:x eksenine göre atalet momenti
e	:Tarafsız eksene en uzak mesafe
ΣM	:Toplam moment
g	:Yerçekim ivmesi
G	:Ağırlık
L	:Uzunluk
W	:Kesit mukavemet momenti
F	:Kuvvet

KISALTMA LİSTESİ

EDM :Electrical Discharge Machining (Elektroerezyon)
RIG :Rotary Impuls generator
CPC :Controlled Puls Circuits
Ton :Ark Süresi
Toff :Bekleme süresi



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Yıldırım olayı.....	2
Şekil 2.2 Elektroerezyon.....	3
Şekil 2.3 Elektroerezyonun ilk adımı.....	4
Şekil 2.4 Elektroerezyonun 2.adımı.....	4
Şekil 2.5 Elektroerezyonun 3.adımı.....	5
Şekil 2.6 Elektroerezyonun 4.adımı.....	5
Şekil 2.7 Elektroerezyonun 5.adımı.....	6
Şekil 2.8 Elektroerezyonun 6.adımı.....	6
Şekil 2.9 Elektroerezyonun 7.adımı.....	7
Şekil 2.10 Elektroerezyonun 8.adımı.....	7
Şekil 2.11 Elektroerezyonun 9.adımı.....	8
Şekil 2.12 Elektro Erozyon İşleminde Elektrodla Uygulanan Gerilim ve Akım Dalga Şekilleri.....	8
Şekil 3.1 Kapasitenin verime etkisi.....	10
Şekil 3.2. Aşırı Kesme.....	12
Şekil 3.3 Voltajın ark mesafesiyle ilgisi.....	13
Şekil 3.4 Frekans ve Akımın Aşırı Kesmeye Etkisi.....	13
Şekil 3.5 Akımla Aşırı Kesmenin Değişimi.....	13
Şekil 3.6 Elektroerezyon tekniğiyle kaba ve hassa işlemeden sonraki tipik yüzey yapıları.....	14
Şekil 4.1 Kıvılcım başlangıcı.....	16
Şekil 4.2 Erezyonun devamı.....	16
Şekil 4.3 İletim kanalları oluşumu.....	17
Şekil 4.4 Hazneden basınçlı yıkama.....	17
Şekil 4.5 Elektrod içinden basınçlı yıkama.....	17
Şekil 4.6 Hazneden ve elektrod içinden emilerek yıkama.....	18
Şekil 4.7 Basınçlı yıkama.....	18
Şekil 4.8 Hatalı kenar yıkama.....	19
Şekil 4.9 Doğru kenar yıkama.....	19
Şekil 4.10 Dikdörtgen çukur yıkama.....	20
Şekil 4.11 Dielektrik pompalama yoluyla yıkama.....	20
Şekil 4.12 Elektrod hareketiyle senkronize edilmemiş yıkama.....	21
Şekil 4.13 Elektrod hareketiyle senkronize edilmiş yıkama.....	21
Şekil 5.1 Bazı Dielektrik Sıvılar.....	24
Şekil 7.1 Güç Devreleri.....	32
Şekil 8.1 Lineer yatağa gelen yükler.....	37
Şekil 8.2 Elektrod bağlantı mekanizması.....	38
Şekil 8.3 Civatalara gelen yükler.....	40
Şekil 8.4 Kesite gelen moment.....	41
Şekil 8.5 Dikmenin kesitine gelen yükler.....	42
Şekil 8.6 Civatalara gelen yükler.....	44
Şekil 8.7 Elektroerezyon tezgahı güç devresi şeması.....	45
Şekil 8.8 Kontrol devresi şeması.....	47
Şekil 8.9 İmal edilen EDM tezgahı.....	49
Şekil 9.1. 1.Deneyden sonra elektrodun yandan görünüşü.....	51
Şekil 9.2 1.Deneyden sonra elektrodun alttan görünüşü.....	51
Şekil 9.3 1.Deneyden sonra iş parçasının görünüşü.....	52

Şekil 9.4 2.Deneyden sonra elektrodun yandan görünüşü.....	53
Şekil 9.5 2.Deneyden sonra elektrodun alttan görünüşü.....	53
Şekil 9.6 2.Deneyden sonra iş parçasının görünüşü.....	54



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Ark kademelerinin süre olarak karşılıkları.....	10
Çizelge 3.2 İşleme ve geri çekme süreleri.....	11
Çizelge 6.1 Başlıca EDM elektrodlarının uygulamadaki özellikleri.....	29
Çizelge 6.2 Elektrod Malzemelerinin Karşılaştırılması.....	30



ÖNSÖZ

Bu çalışmayı hazırlamamda bana yardımcı olan başta tez danışmanım Sayın Prof. Dr.Erhan Altan'a , Prof. Dr. Galip Cansever'e ve Elektronik Müh.Türker Türker , Elektronik Yük. Müh. Mustafa Nizam'a yardımlarından dolayı teşekkür ederim.



ÖZET

Elektroerezyon tezgahlarının çalışma prensipleri ve parametreleri incelenmiş ve bu incelemelere göre bir EDM tezgahının dizaynı ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Bunu yaparken elektroda hareket step motor ile verilmiştir. İş parçasıyla arasındaki gerilime göre bu hareketin kontrolü yapılmıştır. İşleme esnasında iş parçasıyla elektrod arasındaki gerilim 70V civarlarındadır. Ana güç kaynağından gelen 70V ile elektrod ve iş parçası arasındaki gerilim opamp vasıtasıyla karşılaştırılarak bu karşılaştırılma sonucu elektrodun hareketi kontrol edilmiştir. Elektroerezyonun diğer parametrelerinden biri olan işleme frekansı güç devresindeki kondansatörlerin değerleriyle elde edilmiştir. Tezgahın imalatı için gereken mekanik hesaplamalar yapılmış ve tezgahı oluşturan parçaların teknik resimleri hazırlanmıştır.

Sonuç olarak imal edilen bu tezgahta deneyler gerçekleştirilerek birim zamanda kaldırılan metal miktarı bulunmuştur. Dielektrik sıvının temizliğinin işlemi nasıl etkilediğide gözlemlenmiştir .

Anahtar Kelimeler : Elektroerezyon tezgahı dizaynı ve imalatı , elektroerezyon parametreleri, EDM

ABSTRACT

EDM machines working systems and parameters has been examined and according to this examination an EDM machine was designed and manufactured. At this design the motion was given to electrode by step motor and the motion was controlled with a voltage between electrode and working part. The voltage is about 70V between working part and electrode. The 70V which comes from the main source and the voltage which is between electrode and working part has been compared by opamp. Result of this comparison the motion of electrode was controlled. Machining frequency was got from capacitors on the power circuit which is one of the parameters of the EDM. The calculations have been done and the technical drawings have been drawn which was necessary for manufacturing of this machine.

At the end of this working on the manufactured machine, while some experiments were doing removed metal quantity was founded. Also we saw how the cleaning of dielectric liquid affects machining.

Keywords : Design and manufacturing of EDM machine, EDM parameters, EDM

1.GİRİŞ

1943 yılında Rus araştırmacılar , metallerin birbirlerini kıvılcım atlaması ile aşındırabildiklerini tespit ettiler.İř parçasının yüzeyine doğru atlayan kıvılcımın iş parçasından küçük partiküller kopardığını ve bu noktalarda iş parçasında erime ve buharlaşma gerçekleştiğini saptadılar.Bu şekilde elektriksel boşalma (Kıvılcım atlaması) ile elektrotermal talaş kaldırma işlemine Elektroerozyon işlemi denir.Elektrik iletebilen bütün malzemeler bu işleme yöntemiyle işlenebilirler

Bu işlemin keşfedilmesinin ardından ancak 1960'lı yıllarda bu tezgahların üretilmesine geçilebilmiştir.Türkiye'de ise bu tezgahların üretimine 1980'li yılların başında başlanmıştır

Elektroerozyon tezgahları artık dünyada klasik takım tezgahları arasında yer almaktadır. Bu tezgahlara daha çok kalıp imalatçıları ihtiyaç duymaktadırlar.Elektrik iletebilen her türlü malzeme elektroerozyon tezgahı ile şekillendirilebilir.Tezgaha bağlanan erkek profil üzerinden kalıbın kendisi elde edilmeye çalışılır.Erkek profil elektrodlardan biri olurken diğeri kalıbı oluşturacak olan diğeri elektrottur.

Bu işlem elektrik arklarının kontrollü biçimde iki elektrod arasında oluşturulmasıyla sağlanır.Her bir ark iş parçası (2.elektrod) üzerinde küçük bir krater meydana getirirken işlemin devamında erkek profilin karşılığı olan dişli profil 2.elektrodun (iş parçası) üzerinde oluşturulmuş olur.Bu tezgahların en önemli avantajı sertleştirilmiş malzemelerin bu yöntemle kolaylıkla işlenebiliyor olmasıdır.Bu özellik tezgahı diğeri tezgahlardan üstün kılan bir özelliktir. Fakat bu tezgahlarında en büyük dezavantajı işleme süresinin diğeri tezgahlara göre uzun sürmesidir.

Tezgahın ikinci bir dezavantajıda elektrodun (erkek profilin) hazırlaması için geçen süre ve harcanan emektir..Elektroerozyon tezgahlarında kullanılan elektrodların hazırlanması için diğeri tezgahlardan yardım alınır.Fakat onların zorlandığı ve yapamadığı bir çok işi kolaylıkla yapabilir. Örnek olarak keskin köşeli bir dörtgen çukuru freze ile yekpare işlemek mümkün değildir.Erkek bir dörtgen ise kolaydır.İşlenen bu erkek dörtgen elektrod kullanılarak elektroerozyon tezgahında keskin köşeli bir dörtgen çukur kolaylıkla işlenebilir.Dolayısıyla elektroerozyon tezgahları diğeri

tezgahlarla birbirlerini tamamlayarak karmaşık biçimli parçaları işlemede ve maliyeti düşürmeye olanak verir.

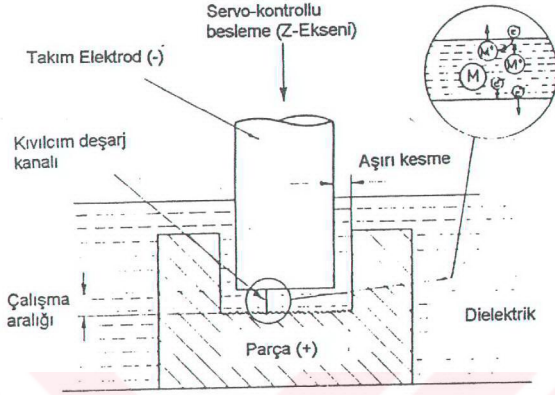
2.ELEKTRO EROZYON İŞLEMİ

Elektroerozyon işlemine örnek verecek olursak doğada karşılaştığımız yıldırım olayıdır.Yıldırım düşmesinde enerji , bulutlardan (elektrod) havada (dielektrik ortamda) oluşan bir yol ile yeryüzüne (iş parçasına) boşalır.Yıldırımın şiddetine göre yeryüzünde , tahribat (aşınma) meydana gelir.Elektroerozyon tezgahlarında ise enerjinin aktarılması , elektronik kontrollü arklarla sağlanır ve mikrosaniyeler düzeyinde gerçekleşir.Ayrıca ark sonucu oluşan aşınma kontrol edilebilir.



Şekil 2.1 Yıldırım olayı

Elektrik iletan metallere gerilim uygulandığında elektrod ismini alırlar.Elektroerozyon işleminde iki elektrod kullanılır.Biri takım , diğeri iş parçasıdır.Bu iki elektrod arası dielektrik sıvısı ile doludur.Dielektrik sıvısı elektrik iletmeyen bir sıvıdır.



Şekil 2.2 Elektroerozyon (S.Anık ve arkadaşları ,2000)

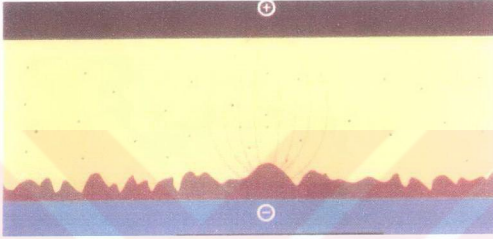
Elektroerozyon tezgahında elektrod ile iş parçası arasında bir voltaj (Gap voltajı) tatbik edilir ve elektrod , iş parçasına özel bir mekanizma tarafından yaklaştırılır.Elektrod ile iş parçası arasında en yakın olan noktada dielektrik kırılır ve iyonlaşır.Buradan akım geçişi (ark-enerji boşalması)başlar.Dielektrik basıncı arkı dar bir alana hapseder.Noktasal olarak yüksek bir akım geçişi (1-5 milyon Amper/cm²) ve iyon bombardımanı ile iş parçası ve elektrod üzerinde yüksek miktarda sıcaklık oluşur.Bu sıcaklık bir kısım metalin buharlaşmasına , bir kısmının erimesine sebep olur.Elektronik anahtarlama ile akım kesilerek ark söndürülür.İyonlaşmış bölgeye hücum eden dielektrik sıvının , erimiş metale temasıyla metalin bir kısmı tanecikler halinde koparak dielektrik sıvının içinde yüzmeye başlar.Böylece bir miktar talaş kaldırılmış ve en yakın iki nokta uzaklaşmış olur.

Akımın verilip kesilmesiyle sürekli bir ark dizisi oluşturularak her defasında farklı bir nokta kopartılır ve şablonun şekli karşıya geçirilir.Bir süre sonra , mesafenin uzaklaşması yüzünden ark atlayamaz olur.Bu durumda özel mekanizma elektrodu iş parçasına yaklaştırır , istenen derinliğe kadar daldırır istenirse geri çeker.Dielektrik sıvı arkın oluşmasına yardımcı olur aynı zamanda arkın dağılmasını önler. İş parçasından kopan metal tozların birikmesini engeller ve elektrodlar üzerinde oluşan ısının düşmesini sağlar.

Kıvılcım atlaması için elektrodların birbirine belirli bir uzaklıkta olması gerekir. Elektrodların birbirlerine değmesi halinde kısa devre meydana gelir ve erozyon işlemi gerçekleşmez.

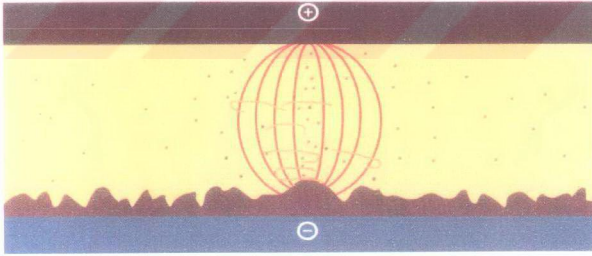
Bir elektroerozyon işlemi 9 adımda meydana gelir;

Elektrod iş parçasına yaklaştırılırken elektrod ile iş parçası arasında dielektrik sıvı bulunur. Elektrodlar arasında kıvılcımın atlamasına sebep olan potansiyel farkın oluşması için dielektrik sıvının iyi bir yalıtkan olması gerekir. Diğer taraftan dielektrik sıvının içinde bulunan iyonlar sıvının elektriksel iletkenlik direncini kırıp kıvılcımın atlamasını kolaylaştırır.



Şekil 2.3 Elektroerozyonun ilk adımı

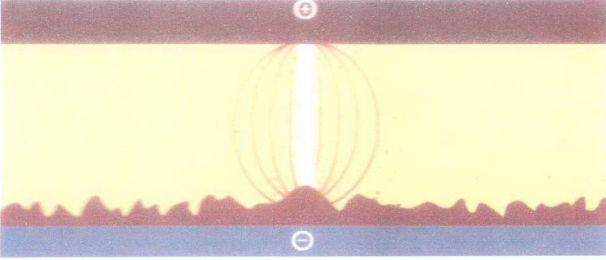
Şekil 2.3'te voltaj artar. İki elektrod arasında manyetik alanında şiddetinin en fazla olduğu yer iki elektrodun birbirine en çok yakın olduğu yerdir. Şekil 2.4'te gözüktüğü gibi iyonların sayısı artar. Dielektrik sıvının akımın akmasına karşı gösterdiği direnç kuvvetli elektriksel alanın orta kısmındaki dar bir kanalda kırılmaya başlar.



Şekil 2.4 Elektroerozyonun 2. adımı

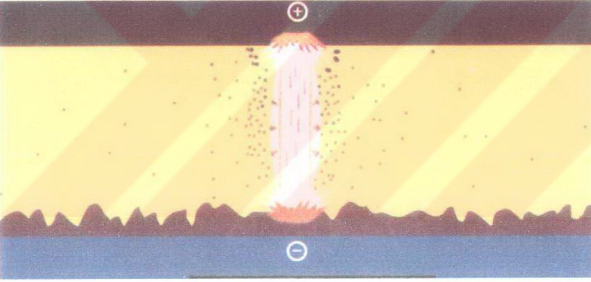
Voltaj tepe değerindedir. Fakat hala elektrodlar arasından bir akım akmamaktadır.

Şekil 2.5'te dielektrik sıvı akımın akmasına karşı koyamayacak hale geldiği anda akım akmaya başlar ve bu esnada önceden oluşmuş olan potansiyel fark düşmeye başlar.



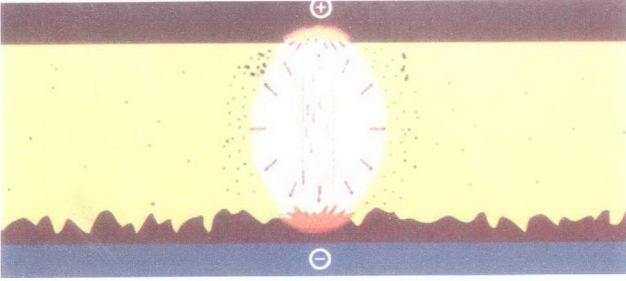
Şekil 2.5 Elektroerezyonun 3.adımı

Şekil 2.6'da akımın akmaya başlamasıyla yüksek bir ısı enerjisi açığa çıkar..Açığa çıkan bu ısı enerjisi ; sıvının , iş parçasının ve elektrodun bir kısmını buharlaştırır. Voltaj düşmeye devam eder



Şekil 2.6 Elektroerezyonun 4.adımı

Şekil 2.7 'de buhar kabarcıkları dışarıya doğru genişlemeye başlarlar.Bu kabarcıklar iyonlar ile çevrilidirler ve bu iyonlar çok güçlü elektromanyetik alan tarafından çekilirler.

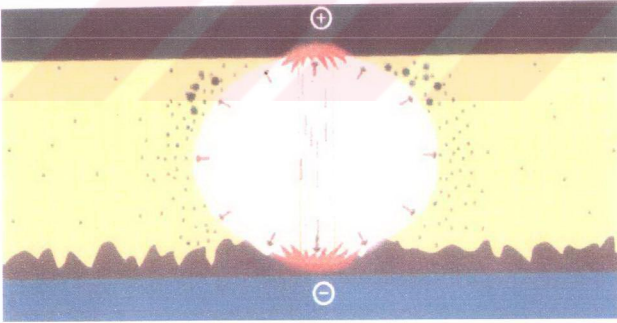


Şekil 2.7 Elektroerezyonun 5.adımı

Akım yükselmeye , voltaj düşmeye devam eder.

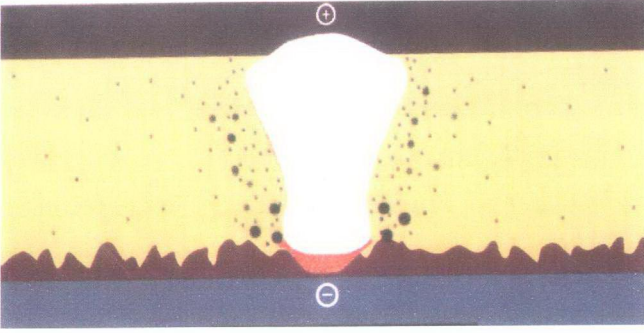
Şekil 2.8'de on time zamanının sonuna doğru , akım ve voltaj sabitlenir.Yüksek ısı ve basınç altındaki buhar kabarcıkları , maksimuma doğru ulaşır ve bazı metaller uzaklaştırılmaya başlanır.

Metal tabakanın altındaki boşalma kanalı , erimiş bölgenin içindedir ve buhar kabarcıklarının basıncının etkisindedir.Boşalma kanalı ; buharlaşmış metal , dielektrik sıvı ve karbondan oluşmuş çok sıcak bir plazma ile buradan geçen güçlü bir akımdan oluşur.



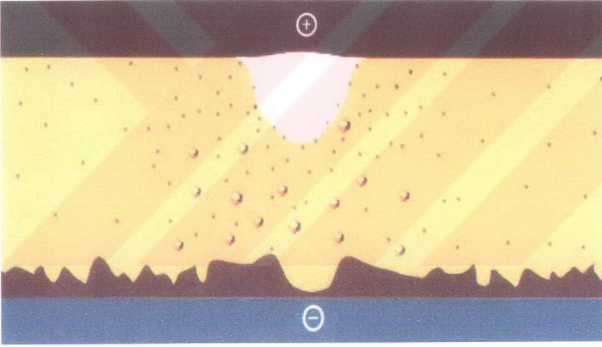
Şekil 2.8 Elektroerezyonun 6.adımı

Şekil 2.9'de Off time zamanı başlar. Isı hızla azalır . Voltaj ve Akım sıfıra düşer. Buhar kabarcıkları ve iş parçasından koparılan erimiş metal parçacıkları (talaşlar) çöker.



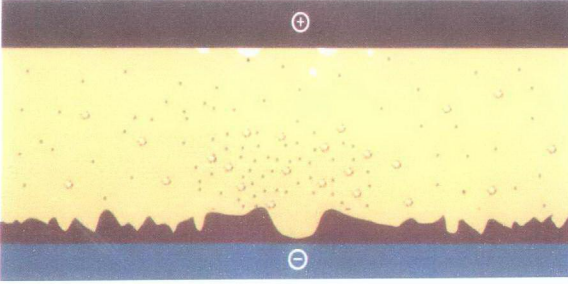
Şekil 2.9 Elektroerezyonun 7.adımı

Şekil 2.10'da iş parçasının yüzeyindeki talaşlar buradan uzaklaştırılır.Dielektrik sıvının yoğunluğu artar.



Şekil 2.10 Elektroerezyonun 8.adımı

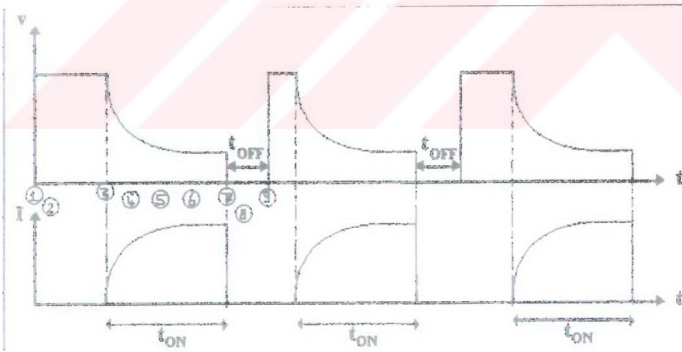
Şekil 2.11 Metal yüzeyden uzaklaştırılan parçacıklar ile elektrodan koparılan parçacıklar, dielektrik sıvının içerisine dağılır.Kalan buharlar yüzeyden yükselir.Off time süresi yetersiz olursa , talaşlar toplanarak dengesiz kıvılcım oluştururlar.



Şekil 2.11 Elektroerozyonun 9. adımı

Artık birbirlerine en yakın olan iki nokta aşınmıştır. Elektrodaki aşınma, iş parçasındaki aşınmaya göre daha azdır. Elektrodaki aşınma miktarı erozyon parametreleri ile değiştirilebilir. Şimdi aynı işlem en yakın iki nokta arasında tekrarlanacaktır.

Elektrodlara uygulanan gerilim ve akım grafikleri Şekil 2.12 görüldüğü gibidir. t_{ON} her bir arkın uygulanma süresini (ark süresi), t_{OFF} süresi elektrodulara ardarda uygulanan iki gerilim arasındaki süreyi (ark aralığı-bekleme süresi) gösterir.



Şekil 2.12 Elektro Erozyon İşleminde Elektrodlara Uygulanan Gerilim ve Akım Dalgaları (Furkan, EDM)

3.ELEKTROEREZYON PARAMETRELERİ

3.1.TALAŞ KALDIRMA ORANI

İşlemede ne kadar talaş kaldırılacağını tespit etmek önemlidir.Elektroerezyonda ne kadar talaş kaldırılacağı , her kıvılcım zamanında verilen enerjiye bağlıdır.Elektroerezyonda talaş kaldırma oranı diğer klasik yöntemlere göre yavaştır.Talaş kaldırma oranını etkileyen faktörler ;

- Her kıvılcım boşalmasındaki akım miktarı
- Elektrik boşalımının frekansı
- Elektrod malzemeleri
- İş parçası malzemesi
- Dielektrik sıvının hareketidir.

Birim zamanda kalkan talaş miktarını arttırmak için akımı yükselttiğimizde yüzey pürüzlülüğünün arttığını görürüz.Kaba yüzeyle karşılaşmadan bu tezgahlarla saatte 410-820cm³ metal kaldırılabilir.Her bir elektrik boşalmasının hacmi ; akımla doğru orantılı artan elektrik boşalmasının bir fonksiyonudur.

$$W = (E \cdot It) / 2$$

Elektroerezyon , ısı enerjisi sonucu koparılan metal parçacıklarıyla olduğu için metalin kaynama noktasıda metal kaldırma oranını etkiler

Amprik olarak oluşturulan formülde ,

$$Rw = 2,43 \times Mw^{-1.23}$$

$$V = 1,36 \times 10^{-4} \times Mw^{-1.43}$$

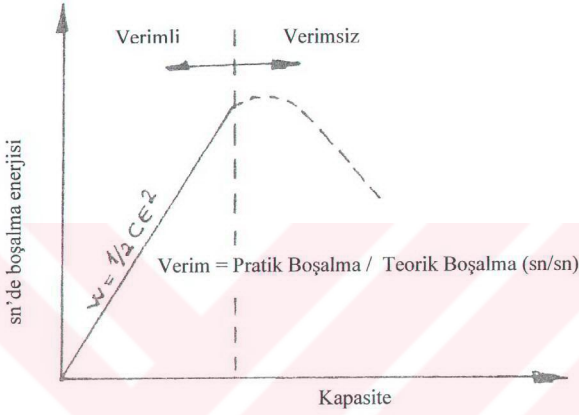
Rw : İş parçasından ortalama metal kaldırma oranı , (in³/amp.minx10⁴)

Mw:İş parçasının kaynama noktası (°C)

V : Ortalama hacim boşalma (in³)

Elektriksel sığada, metal kaldırma oranını doğrudan etkiler çünkü elektrik enerjisi kapasitörde depolanır.

Amperajın artımı sığanın artımıyla olur fakat bir noktadan sonra sığa işlemi kötü yönde etkiler çok fazla sığa elektrik boşalmasının dengesini bozar.



Şekil 3.1 Kapasitenin verime etkisi (Springborn,1967)

ARKSÜRESİ KADEME	SÜRE (μ s)
1	4
2	6
3	12
4	25
5	50
6	100
7	200
8	400
9	800
10	1600

Çizelge 3.1 Ark kademelerinin süre olarak karşılıkları (Furkan ,2000)

Mevcut EDM tezgahlarında kıvılcımın oluştuğu süreyi ayarlamak mümkün kılınmıştır.Bu süre elektrodun aşağıya inmesinden bağımsız bir süredir.İlk kıvılcımın başlamasından itibaren kapasitenin boşalması için geçen süredir.Kapasitenin tekrar dolması için geçen süreyle birleştiğinde kıvılcımın oluşturulup son buldurulduğu periyodu diğer bir deyişle işlemin frekansını tanımlar.Yukarıdaki tabloda mevcut bir erezyon tezgahının ark süreleri verilmiştir.Kapasitelerin tekrar dolması için geçen süre yani (kıvılcımın oluşmadığı süre) yukarıdaki tablodaki değerlerle eşittir.Kıvılcımın oluşmadığı süre kademesi ark süresi kademesinden 3-4 kademe düşük olmamalıdır.Aksi takdirde verimsiz bir çalışma olacaktır.

3.2.ÇALIŞMA SÜRESİ, GERİ ÇEKME SÜRESİ

EDM tezgahlarında işlemin düzgün gerçekleşmesi için elektrod ile iş parçası arasındaki koparılan talaşın ortamdan uzaklaştırılması gereklidir.Bunu sağlamak amacıyla periyodik bir şekilde işleme ara verilerek elektrod iş parçasından uzaklaştırılır ve tekrar yaklaştırılır.İşleme ve geri çekme süreleri mevcut tezgahlarda ayarlanabilir hale getirilmiştir.Tezgah işleme süresi kadar otomatik çalıştıktan sonra işlemeye ara vererek geri çekme süresi boyunca elektrodu iş parçasından uzaklaştırır ve dielektrik sıvı yardımıyla ortamdaki talaş uzaklaştırılır.Bu sürenin sonunda elektrod iş parçasına tekrar yaklaştırılır.Dielektrik sıvının temizliği azaldıkça kıvılcım elektrodun iş parçasına bir önceki yaklaşma mesafesinden daha uzak bir mesafeden atlar.

İŞLEME SÜRESİ (saniye)	GERİ ÇEKME SÜRESİ (saniye)
0,1	0,1
0,2	0,2
0,4	0,4
0,8	0,8
1,6	1,6
3,2	3,2
6,4	6,4
12,8	12,8

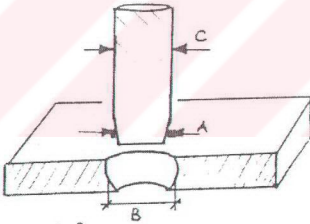
Çizelge 3.2 İşleme ve geri çekme süreleri (Furkan,2000)

3.3.ARK MESAFESİ

Kesme mesafesi (Şekil 3.3) elektrod ile iş parçası arasında kalan kıvılcımın atlama mesafesidir.Bu mesafeyi akımın tepe değeri , işleme zamanı ,elektrod şekli ve kullanılan voltaj etkiler. Kullanıcı işlenecek parçaya göre elektrodun büyüklüğünü seçebilme ve diğerlerini ayarlayabilme olanağına sahiptir .Kesme mesafesi belirlenirken dikkate alınması gereken nokta işlenecek parçanın ve elektrodun ve işlem esnasındaki akımın büyüklüğüdür.Çünkü akımın şiddetine göre kopan parçaların büyüklüğü değiştiğinden kısa devre gibi olayların gerçekleşmemesi için ara mesafenin artırılması gerekir.Uygun işlem için gerekli aralığa kıvılcım boyuda denir.Kıvılcımın boyu uzunsa elektrodu indirmek kısaysa kaldırmak gerekir.

3.4.AŞIRI KESME

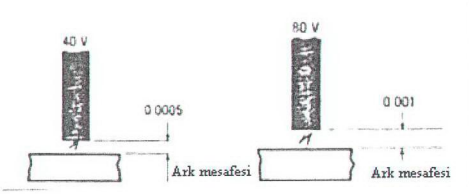
Aşırı kesme işlem sırasında elektrod boyutlarından büyük çıkan delik çapıyla elektrod çapının farkının yarısıdır.Yüksek akımla boşalma enerjisi arttıkça ilk kesme artar



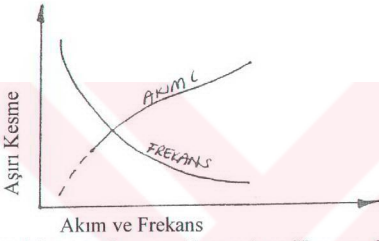
$$\text{Koniklik} = (A-B)/2 \quad \text{Aşırı Kesme} = (A-C)/2$$

Şekil 3.2. Aşırı Kesme (Springborn , 1967)

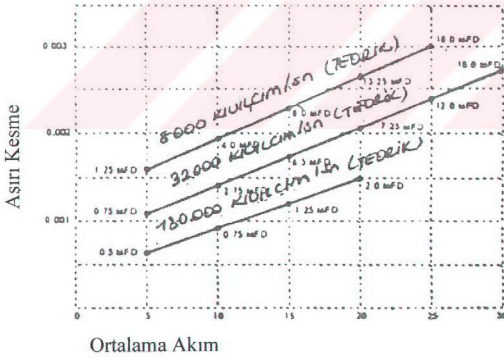
Aşırı kesme mesafesi akımla artar , frekansla azalır.Aşırı kesme mesafesi 0,005-0,51mm arasında değişir.



Şekil 3.3 Voltajın ark mesafesi ile ilgisi



Şekil 3.4 Frekans ve Akımın Aşırı Kesmeye Etkisi (Springborn,1967)



Şekil 3.5 Akımla Aşırı Kesmenin Değişimi (Springborn,1967)

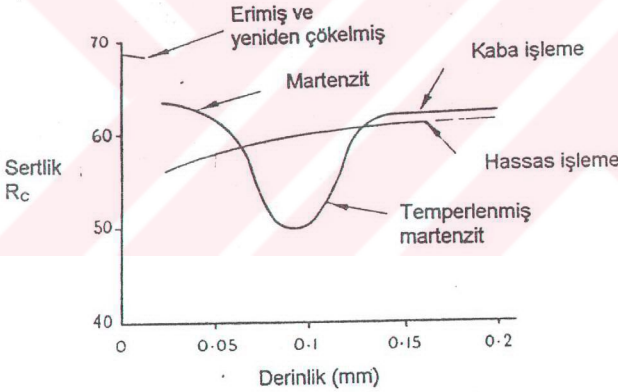
3.5.DİELEKTRİK SIVI SEVİYESİ

Elektroerezyon işleminde elektrod ve işparçasının dielektrik sıvıyla çalışma düzlemlerinin 4-5 cm üstüne kadar örtülmesi emniyet bakımından gereklidir.

3.6.YÜZEY YAPISI

Kıvılcım atlaması esnasında ortaya çıkan sıcaklık 8000-12000 ° C olduğundan iş parçasının yüzeyleri bu sıcaklıktan etkilenir.Özellikle yapısında hidrokarbon bulunan dielektrik sıvılar iş parçasının yüzeyindeki karbon miktarını da etkileyebilir.

Malzemelerin ısıdan etkilendikleri bölgenin derinliği elektroerezyonun parametreleriyle değişkenlik gösterir.Bu parametrelerden biri erezyondaki ortalama akım değeridir.Elektroerezyon işlemi uygulanan parçaların yüzeyleri genellikle 3 tabakadan oluşur



Şekil 3.6 Elektroerezyon tekniğiyle kaba ve hassa işlemeden sonraki tipik yüzey yapıları (Anık S.,Dikicioğlu A. ,Vural M.,2000)

- a. Erezyon işleminde iş parçasından eriyerek kopan metal parçaların ortamdan uzaklaştırılmadığı için iş parçası yüzeyine yapışmasıyla oluşan tabaka

b. İş parçasından kopmayan ancak erime noktasına kadar ulaşmış malzemenin oluşturduğu tabaka

c. İş parçasından daha yumuşak olan tabaka

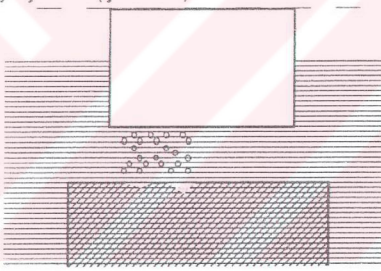
İş parçasının yüzeyinde meydana gelen bu sıcaklığın etkisini gidermek için çeşitli işlemler uygulanabilmektedir .



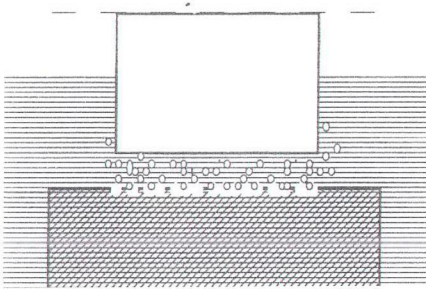
4.YIKAMA

Yıkama , dielektrik sıvının elektrod ve iş parçası arasında dolaşımıdır.Elektroerezyonun düzgün gerçekleşebilmesi için olmazsa olmaz bir faktördür.Yıkamanın ortamdaki metal tozlarını uzaklaştıracak seviyede ve sıklıkta gerçekleşmesi gerekir aksi taktirde bu metal tozların elektrod ve iş parçasına yapışmasına engel olunamamış olunur.Böylece istenen yüzey pürüzlülük değerleri elde edilemez .Zararlı arkların oluşmasına ve hatta kısa devreye sebebiyet verebilir.

Yıkama gerçekleşmediği zaman aşağıdaki şekildeki gibi bir durumla karşılaşılır.Başlangıçta sıvıda metal tozları birikmemiştir (Şekil 4.1)Erozyonla koparılmış parçacıklar , dielektrik kırılması sonucu oluşmuş karbon atıkları yoktur.Temiz sıvının yalıtma direnci parçacıklar ve iyonlar içeren sıvıinkine göre daha yüksektir.Bu nedenle ilk birkaç kıvılcımın atlaması ileriki işlem adımlarına göre daha uzun sürecektir..İlk kıvılcımların oluşturdukları küçük metal tozları ve iyonlar dielektriğin iletkenliğe karşı gösterdiği direnci azaltarak yeni kıvılcımların oluşmasını kolaylaştırırlar.(Şekil 4.2)

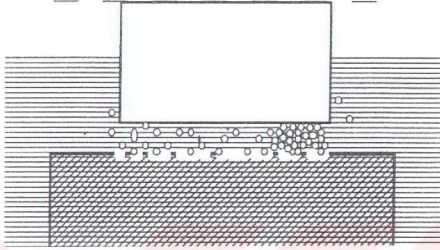


Şekil 4.1 Kıvılcım başlangıcı (Furkan,2000)



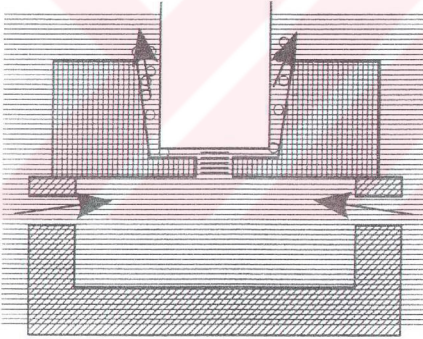
Şekil 4.2 Erezyonun devamı(Furkan,2000)

İki elektrod arasındaki aralıkta metal tozların yoğunlaştığı bölgelerde iletim kanalları oluşur. (Şekil 4.3).Bu kanallar iş parçasında ve elektrodda tahribata yol açabilecek büyüklükte düzensiz arkların oluşmasına sebep olabilir.Bu sebeple dielektrik sıvının sürekli olarak bir filtreden geçirilip temizlendikten sonra tatbik edilmesi gerekir.

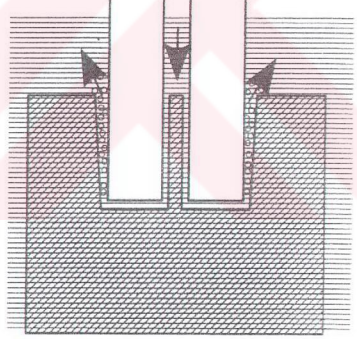


Şekil 4.3 İletim kanalları oluşumu (Furkan,2000)

4.1.BASIÇLI YIKAMA



Şekil 4.4 Hazneden basınçlı yıkama (Furkan,2000)

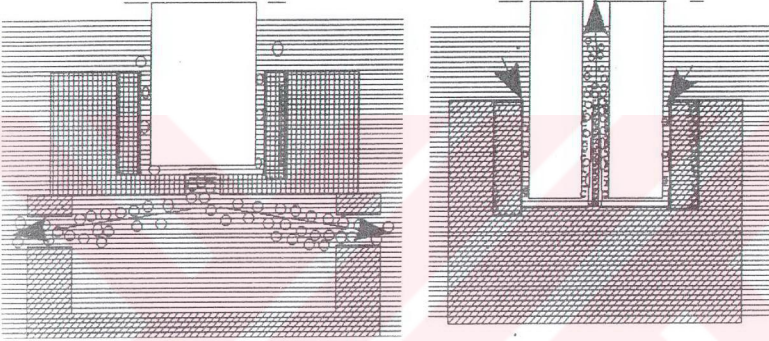


Şekil 4.5 Elektrod içinden basınçlı yıkama

Basınçlı yıkama konikliğin istendiği durumlarda kullanılır.Konikliğe yan yüzeylerden dışarı doğru çıkmaya çalışan parçaların oluşturduğu kıvılcımlar sebep olur.

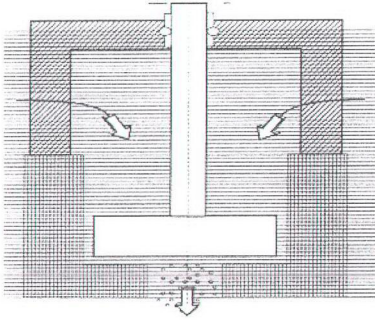
Başınçlı yıkama iki şekilde gerçekleşir. Bunlardan birincisi (Şekil 4.5) erezyonun gerçekleştiği bölgeye dielektrik sıvıyı elektrodun içinden geçirip belli bir basınçla uygulamaktır. Bu işlemin bu şekilde olması için elektrodun önceden delinip içinden yeterli miktarda dielektrik sıvının geçişine olanak sağlayacak duruma getirilmesi gerekir. Diğeri (Şekil 4.4) alttaki haznenin bir yerinden yine basınçlı olarak dielektrik sıvıyı erezyonun gerçekleştiği bölgeye alttan uygulamaktır. Bunun içinde önceden hazırlanmış bir yıkama altlığı kullanılır.

4.2.EMMELİ YIKAMA



Şekil 4.6 Hazneden ve elektrod içinden emilerek yıkama (Furkan,2000)

Bu yıkama metodu silindirik oyuk açılması istendiğinde kullanılır. Konik yan yüzeyler elde edilmez. Bu metotta da dielektrik sıvı yine elektrod ve yıkama altlığı içinden bu kez emilerek devir daim edilmesi sağlanır.



Şekil 4.7 Basınçlı yıkama (Furkan,2000)

Emme basıncı en fazla $0.8-0.9 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Emmeli yıkamada elektrodun içinden dielektrik sıvıyı emmek işleme hız kazandırır. Ancak basınçlı yıkamada (Şekil 4.7) emmeli yıkamaya göre daha yüksek basınçlar kullanılır.

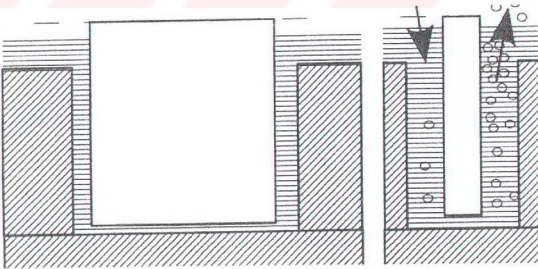
4.3.KENAR YIKAMA

Bu metod iş parçası ya da elektrodun delinemediği durumlarda kullanılır. Plastik kalıplarında bu yöntemin uygulandığını görebiliriz.

Bu yöntemde elektrodun ileri geri hareketiyle birlikte yıkama gerçekleştirilir. Ayrıca dikkat edilmesi gereken noktalardan biri yıkama elektrodun kenarına paralel olmalı ve çalışma yüzeyleri eşit yıkanmalıdır.(Şekil 4.8)

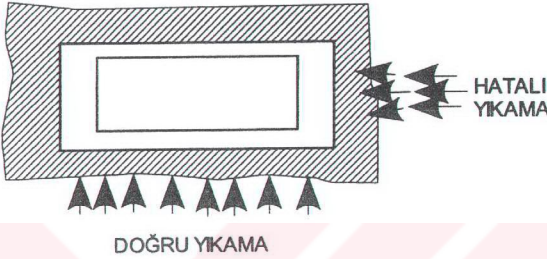


Şekil 4.8 Hatalı kenar yıkama (Furkan,2000)



Şekil 4.9 Doğru kenar yıkama (Furkan ,2000)

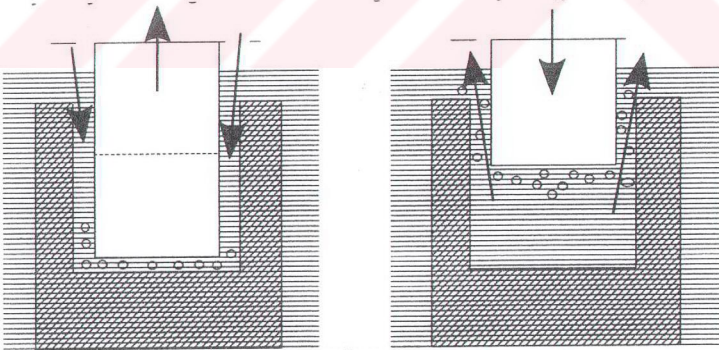
Kenar yıkama metodunda yıkama işlemi elektrodun tek tarafından yapılmalıdır. Aksi takdirde iş parçasından kopan parçalar ortamdaki uzaklaştırılmayıp kısa devreye sebep olucaklardır. Ayrıca Şekil 4.10'daki gibi çukurlar işlenirken kısa kenardan yıkama yapılmamasına dikkat edilmelidir



Şekil 4.10 dikdörtgen çukur yıkama (Furkan ,2000)

4.4.DİELEKTRİK POMPALAMA

Bu yıkama metodunda elektrodun ileri geri hareketinden faydalanılır. Elektrodun geri çekme esnasında iş parçasıyla elektrodun arasında gönderilen dielektrik sıvı elektrodun aşağı inmesiyle birlikte aradaki metal parçacıklarında önüne katarak dışarı çıkar.

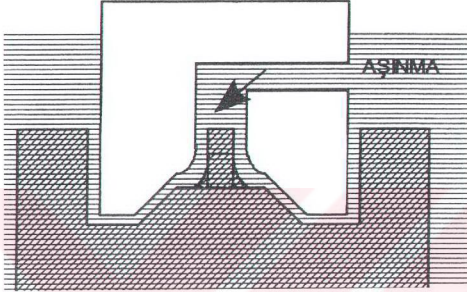


Şekil 4.11 Dielektrik pompalama yoluyla yıkama (Furkan ,2000)

Derin çukurların yıkanmasında dielektrik pompalama yoluyla yıkama işlemi gerçekleştirilebilir.

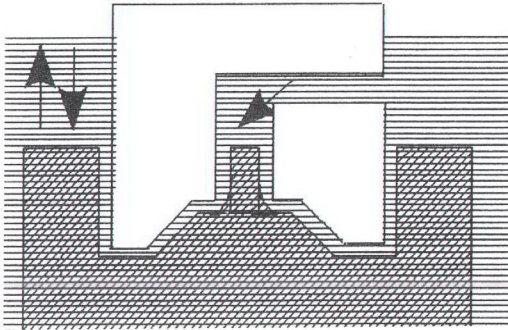
4.5.ELEKTROD HAREKETİYLE SENKRONİZE EDİLMİŞ KESİKLİ YIKAMA

Bu yıkama metodunda yıkama işlemi sadece elektrodun geri çekilmesi halinde yıkama yapılacak bölgeye dielektrik sıvının basınçlı halde gönderilmesi ile gerçekleştirilir.Bunun amacı elektrodun zaten basınçlı halde olan dielektrik sıvının üzerine gidip kendinde meydana gelebilecek olan aşınmaların önüne geçmektir.



Şekil 4.12 Elektrod hareketiyle senkronize edilmemiş yıkama (Furkan ,2000)

Şekil 4.12'de basınçlı sıvının sürekli uygulandığı hal gözükmemektedir.Şekil 4.13'te ise basınçlı sıvının sadece elektrodun geri çekilmesi esnasında uygulandığı hal gözükmemektedir.İki şekilden görüleceği üzere Şekil 4.13'teki elektrod daha az aşınmıştır



Şekil 4.13 Elektrod hareketiyle senkronize edilmiş yıkama (Furkan ,2000)

5.DİELEKTRİK SIVILAR

Dielektrik sıvı , kıvılcım oluşumu ve erozyonla aşındırma için gereklidir.Bunun yanında koparılan parçacıkların çalışma aralığından uzaklaştırılması ve açığa çıkan ısının giderilmesi fonksiyonlarına da sahiptir.

Erozyon işlemi sırasında açığa çıkan ısının uzaklaştırılmaması elektrod aşınmasının artmasına sebep olur.

Dielektrik sıvının fazla ısınmasına müsaade edilmemelidir.Fazla ısınma dielektrik sıvının bozulmasına, gaz ve serbest karbonların ortaya çıkmasına sebep olur.Gazlar , boşalma kanalında istenmeyen genişlemeye sebep olarak talaş kaldırma hızının azalmasına sebep olurlar.Kıvılcım boşalmasını takiben dielektrik sıvı en kısa sürede deiyonize olmalıdır.

Dielektrik sıvının akışkanlığı, boşalma kanalının genişliğini etkiler.Akışkanlık yükseldikçe boşalma kanalının yoğunluğu yükselir.Boşalma kanalı ne kadar yoğun(dar) ise talaş kaldırma hızı o kadar yüksek olur.

Kaba işlemede yüksek akışkanlığa sahip bir dielektrik sıvı kullanılmalıdır.(4mm²/s'ye kadar)

Bitirmede ise düşük akışkanlığa sahip bir dielektrik sıvı kullanılmalıdır.(2mm²/s'ye kadar)

Dielektrik sıvıyı sık sık değiştirmek için , orta akışkanlığa sahip bir sıvı hem kaba işlemede hem de bitirmede kullanılabilir.

Dielektrik sıvının parlama noktası da çok önemlidir.Kaynama noktası düşük olan bir sıvı kolayca buharlaşarak fazla miktarda gaz meydana getirmeye meyillidir.Bu durum işleme hızını düşürür.

Elektroerozyon işleminde 2 tür dielektrik sıvı kullanılmaktadır.

1.Su

2.Hidrokarbonlar

a)Yağlar

b)Gazyağı

5.1.SU

Deiyonize edilmiş su , özellikle mikro-işlemede ve tel erozyon makinelerinde kullanılmaktadır.

5.2.HİDROKARBONLAR

5.2.1.YAĞLAR

En yaygın kullanılan dielektrik sıvılar yağlardır.Koku veya diğer katkı maddeleri içermeyen madeni yağlar en iyi sonucu verirler.Yağın akışkanlığı önemlidir.

Akışkanlığı çok yüksek olan bir yağ, bitirme işlemleri için uygun değildir.Yüzey temizleme ayarında (bitirmede) , kıvılcım aralığının çok dar olması sebebiyle yüksek akışlığa sahip olan yağlar kıvılcım aralığında kolay dolaşamazlar.Bu nedenle bitirme işlemleri için uygun değildirler.

Diğer taraftan kaba işlemede akıcılığı yüksek bir yağın kullanılması işleme verimini yükseltir.

5.2.2.GAZYAĞI

Bu sıvılar düşük akışkanlığa sahip olmaları nedeniyle, bitirme ve süper bitirme işlemleri için uygundur.

Tungsten karbür işlenmesinde;kısa ark süresi ile çalışması gerekiyorsa gazyağı tavsiye edilmektedirler.Kokusuz ürünler seçilmelidir.

Farklı uygulamalar için dielektrik sıvı seçimi aşağıdaki verilere göre yapılmalıdır.

Tungsten karbür işlenmesi

Çok küçük parçaların ince yüzey kalitesiyle işlenmesi (saatyapımı) : Gaz yağı veya eşdeğeri

Orta büyüklükte parçaların işlenmesi , yüzey kalitesi Ra 5,6 mm veya daha ince : Yağ viskozitesi 6-12cst

Büyük parçaların işlenmesi, yüzey kalitesi Ra 6,3 mm veya daha kaba : Yağ viskozitesi 12-20 cst

BAZI DIELEKTRİK SIVILAR

MARKASI	AKIŞKANLIK (20°C de)		PARLAMA SICAKLIĞI
	CST	E °	°C
BP Dielektrik 250	6	1.48	120
Castrol HONILO 409	6.4	1.52	135
Chevron EDM Fluid 71	5.7	1.46	116
Esso MENTOR 20 / Somentor 43	7.4	1.6	124
Esso LECTOR 40	6.8	1.55	132
Esso UNIVOLT 64	20	2.9	156
Fuchs RATAK FE	5.6	1.46	115
Gulf Mineral Seal Oil	5.8	1.48	132
Mobil OIL VELOCITE 4	9	1.75	118
Mobil OIL VELOCITE 6	19.1	2.8	158
Socal Fina LYRAN D 50	12	2.05	132
White Spirit - Kerosene	2		78
Viscol EDM 01	1.6		80
Viscol EDM 02	3.8		130
Petrofer Dielektrik 200	3.0		80
Petrofer Dic. 400	7.0		100
Hengsterfers Cristalbite	2.2		220°F
EDMfluid 108 MP-S	3.0		108

Şekil 5.1 Bazı Dielektrik Sıvılar (Furkan ,2000)

6.ELEKTRODLAR

Elektroerozyon işleminde elektrod malzemesi olarak en yaygın olarak kullanılan malzemeler ;

Bakır

Grafit

Bakır-Tungsten

Bunların yanısıra temin edilebilme imkanı ve özel işlemler için aşağıdaki malzemelerde kullanılmaktadır ;

Çinko-Kalay alaşımları

Çinko alaşımları

Alüminyum alaşımları

Çelik

Gümüş-Tungsten alaşımları

Gümüş-Tungsten-Karbür alaşımları

İyi bir elektrod malzemesinden beklenen özellikler ;

İyi bir elektriksel iletken olmalı

Sürtünme dolayısıyla aşınmaya karşı dayanıklı olmalı

Kaynama ve ergime noktaları yüksek olmalı

İşleme esnasında oluşan yüksek ısıyı iyi iletmeleri gerekir

Dış etkilere etkilenmemeli ve iyi bir boyutsal dayanıklılık göstermeleri

Kolay işlenebilir olmaları

Kolay elde edilebilir olmaları

Tüm bu özelliklerin yanı sıra maliyetlerinin düşük olması beklenir.

Elektroerozyonda kullanılan elektrod malzemelerini tek tek ele alırsak ;

6.1.BAKIR ELEKTRODLAR

Bakır elektrod malzemesi olarak iyi sonuçlar vermektedir.Malzeme saf bakır veya elektrolitik oranlı bakırdır.Bakır oldukça iyi işlenebilir.Bakır elektrodu dövme veya soğuk şekil verme ile şekillendirmek mümkündür.Sıcak dövmeyle de bakırı şekillendirmek mümkündür , ancak son şekli boyutları ve hassasiyeti sağlamak için oda sıcaklığında tutulmaları uygun olacaktır.

Bakır daha çok , çok hassas yüzey bitirme işlemlerinde ve çok iyi bir yüzey gerektiren durumlarda kullanılır.Bakır elektrodlar kullanılarak aşınmasız işleme yapılabilir, ancak etkisi grafit elektrodlar kadar belli değildir.Bakır aşınmasız modda en iyi , oldukça düşük amperli kesmelerde ve uzun işleme zamanlı kıvılcım darbeleriyle çalışır.

İnce taneli bakır yüksek üretim kapasitelerinde kullanılmaktadır.Oldukça karışık parçalar bu metodla düşük maliyetle işlenebilir.Bu metod ayrıca elektrodun taşıyıcı tertibata yerleştirilmesi hususunda yapılan elektrod dizaynında yerleştirme noktalarının , yüzeylerin ve şekillerin göz önüne alınabilmesi olanağının yanı sıra iyi bir boyut kontrolü olanağı da sağlar.

Bakır Elektrodun Avantajları

Düşük giderli

Kolayca işlenebilir

Pirince nazaran yüksek aşındırma oranına sahiptir

Bitirme programlarında çok iyi sonuçlar verir

Ufak kesitlerde yüksek aşındırma hızı(Grafite karşı üstün)

Temin edilebilme kolaylığı

Jeneratör üzerinde geniş ayar aralığı

Asitlerle dağlanabilme özelliği

Bakır Elektrodun Dezavantajları

Grafite nazaran düşük aşındırma oranı

Yan yıpranmalara karşı dayanıksız

Yüksek yoğunluktan dolayı ağırlık sorunu var

6.2.GRAFİT ELEKTRODLAR

Kaba taneli grafitler ince işçilik gerektirmeyen büyük elektroerezyon işlerinde , ince taneli yüksek yoğunluklu grafitler ise yüksek sertlik ve dayanımları nedeniyle ince işçilik ve hassasiyet gerektiren işlemlerde kullanılır.

Grafit çelik malzeme işlemek için kullanılır.Metalik elektrod malzemeleriyle karıştırıldığında amper başına daha yüksek bir talaş kaldırma hızına sahiptir.Grafit taşlama , tornalama ve frezeleme işlemleriyle kolaylıkla işlenebilir.Grafit kullanarak tungsten karbid işlenirken dikkat edilmelidir.Tungsten karbürün grafit ile yeteri kadar iyi işlenmesi mümkün olduğu halde bu işlemde uygun talaş kaldırma şartlarının sağlanması da istenir.Uygun talaş kaldırma şartlarının eksikliği kesme yüzeyinin karbonize olmasına ve kontrol dışı sıçramalara neden olacaktır.Bu kontrol dışı sıçramalar iş parçasının yüzeyini iyonsuzlaştırıcı dielektrik akışkanın bulunmadığı ısıtılan noktalardaki karbon birikmesi nedeniyle ortaya çıkar.

İyonsuzlaştırıcı olmadığı takdirde akım elektrod ile iş parçası arasında aynı noktadan akar ve fazla ısınmaya neden olur.Grafit ile tungsten karbür işleneceği zaman ince taneli yüksek yoğunluklu malzemelerin kullanılması tavsiye edilir.

Grafit sinterlenmiş bir malzemedir, bu nedenle gözenekli bir yapıya sahiptir.Bu iyi bir son işlem gerektiren üç boyutlu oyukların işlenmesinde göz önüne alınmalıdır.İri taneli malzemeler daha gözeneklidirler, daha kaba yüzeyler elde ederler.Orta taneli grafit genellikle çelik malzemede delik işleme işlemleri için kullanılır.

Genellikle düşük yoğunluklu, kaba taneli malzemeler için grafit oldukça büyük bloklar halinde imal edilir.İnce taneli ve yüksek yoğunluklu malzemeler içinse çok daha küçük boyutlardadır.Dökme grafit elektrodlar da oldukça kullanışlıdır, ancak kullanılabilirlikleri maliyetleri ile sınırlandırılmıştır.

Karbon elektrod malzemesi olarak kullanılamaz.Grafit ve karbon kelimeleri genellikle birbirlerinin yerine kullanılan kelimelerdir.Ancak elektroerozyon elektrodu olarak karbondan bahsediliyorsa bundan kasıt grafitir.

Grafit elektrodun avantajları

Kolay işlenebilir olması

Delici veya tutucuya iletken yapıştırıcılarla kolaylıkla tutturulabilir

İş malzemesinde iyi talaş kaldırma özelliği (Özellikle kaba işlemede)

En iyi aşındırma oranına sahiptir.

Uygun akımlarda elektrod malzemesinde hiç aşınma olmadan pürüzlendirme imkanı

Elektrod aşınmasında cephe ve yan yıpranmalara dayanıklı

Hafif

Grafit Elektrodun dezavantajları

Elektroda şekil verme işlemi tamamiyle tezgahlarda olmalı çünkü bakırlarda olduğu gibi asitlerle dağlama özelliği yoktur.

Çok iyi dielektrik akışı sağlanmalı bunun için düşük vizkoziteli akışkan kullanılmalıdır.

Karbürleri işlerken tehlikeli arklara sebebiyet verebilir

Dielektrik elektrodu öyle ıslatır ki yeniden kullanmak için grafitin yeniden sementasyonla sertleştirilmesi mümkün değildir.

Küçük parçaların topraklanması için yeteri kadar kuvvetle tutturma güçtür.

Jeneratör üzerinde sınırlı ayar aralığı

6.3. PİRİNÇ ELEKTRODLAR

Elektrod malzemesi olarak pirinç çok kolay işlenebilen bir malzemedir. Yüksek aşınma hızı nedeniyle (özellikle tungsten karbür işlenmesinde) pek tercih edilmez. Titanyumun bazı alaşımları ile zayıf talaş kaldırma koşullarında iyi bir elektrod malzemesi görevi görür.

Pirinç elektrodlara avantaj olarak ufak borular halinde sağlanabilir ve doldurma yapılabilir olmasını, dezavantaj olarak da küçük elektrodlar için ve tungsten işlemede düşük aşındırma oranına sahip (1/6 kadar)

Elektrod malzemesi (işlenebilme)	Ticari Şekli	Maliyeti	Üretilen Sinyal RC devre	Tavsiye edilen iş parçası	Tavsiye edilmeyen iş parçası	Tavsiye edilen uygulamalar	Tavsiye edilmeyen uygulamalar
Grafit (A)	Kütük, çubuk	Düşük	A D	Çelik	Karbürler	Takım Endüstrisi	Çok ince yüzey kalitesi
Bakır-Grafit(C)	Özel imalat	Düşük	----	-----	----	----	-----
Bakır(B)	Çubuk, tel levha kütük	Düşük	B A	Hepsi	Yok	Delikler	Hassas işler ve derin işlemler
Tungsten(D)	Tel çubuk	Orta	B B	Hepsi	Yok	Küçük kanallar delikler	Karışık çok detaylı şekiller
Tungsten karbür(D)	Özel imalat	Yüksek	B B	Hepsi	Yok	Tungsten ile aynı	Tungsten ile aynı
Bakır-tungsten alaşımları(C)	Küçük boyutlu çubuk levha	Orta	A A	Hepsi	Yok	Karbür malzemelerde kanallar	Geniş alanlar
Pirinç(B)	Çubuk, tel levha kütük	Düşük	A C	Hepsi	Yok	Delikler	Hassas işler
Çinko ve alaşımları(B)	Döküm ve levha	Düşük	C D	Çelik	----	Dövme kalıpları	Delikler
Alüminyum(B)	Döküm ve levha	Düşük	C D	Çelik	Tungsten karbür	Dövme kalıpları	-----
Demir(A)	Her şekilde	Düşük	----	-----	-----	-----	-----
Çelik(A)	Her şekilde	Düşük	C B	Çelik	Karbürler	Basma kalıpları	-----
Gümüş-Tungsten(C)	Sinterlenmiş	Yüksek	A A	Hepsi	Yok	Küçük kanallar ve delikler	Geniş alanlar
Nikel ve alaşımları(C)	-----	Yüksek	A A	Hepsi	Yok	Çok karışık ve hassas şekiller	
A : Çok iyi B : İyi C: Orta D : Kötü ---- : Bilinmiyor							

Çizelge 6.1 Başlıca EDM elektrodlarının uygulamadaki özellikleri

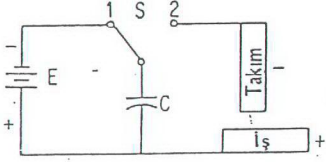
Elektrod Malzemesi	Üstünlükleri	Eksiklikleri
Grafit (Kaba işlemede Ters Polaritede Kutup)	<ul style="list-style-type: none"> Kolay İşlenir Yoğun grafitlerle iyi yüzey sağlanır Taşıyıcıya iletken yapıştırıcılar ile kolaylıkla tutturulabilir Sertleştirilmiş takım ve taşıyıcıyla birlikte topraklanabilir. Çok iyi bir talas kaldırma hızına sahiptir Aşınma oranı azdır Aşınmasız kaba işleme için uygun akım kaynağı ile kullanılabilir 	<ul style="list-style-type: none"> Şekli tam olarak işlenmelidir, çünkü asitle dağlanamaz. Dielektrik sıvının akışının titreşimin ve periyodik geri çekilmenin çok iyi sağlanmasını gerektirir Karbid işlerken tehlikeli sıçramalar meydana gelebilir Dielektrik sıvı grafiti çok ıslattığından tekrar kullanım için yapılandırılmaz Küçük parçalar topraklanacak kadar iyi tutturulamaz Dönme olmaksızın 4µm'den daha düzgün yüzey işleyemez
Bakır	<ul style="list-style-type: none"> Elektrolitik kaplama yapılabilir Ucuzdur, bol miktarda bulunur Kolay işlenebilir Pirinçten daha iyi bir aşınma oranına sahiptir İşlem sırasında çok iyi yüzeyler elde edilebilir 	<ul style="list-style-type: none"> Grafitten daha düşük aşınma oranına sahiptir Serbest işleme oranları her boyut için uygun değildir
Bakır-Grafit	<ul style="list-style-type: none"> Karışık şekilli elektrotlar, grafit tozunun basınç altında tutulması ile imal edilebilir İşleme hızı yüksek, aşınma azdır 	<ul style="list-style-type: none"> Kırılabilir özelliği işlenmesine engeldir İmal metodu basit değildir
Bakır-Tungsten alaşımları(Çelik işlerken ters kutuplarda)	<ul style="list-style-type: none"> Lehimleme ile tutturulabilir Köşe aşınmaları için iyi bir dayanıma sahiptir 4µm'den ince yüzey işleyebilir Küçük baskılar kolaylıkla işlenebilir Tutucu ile elektrod tek parçadır. Derin işleme mümkündür 	<ul style="list-style-type: none"> Lehimleme kalıbı yumuşaktır, eski haline dönüştürmek için taşlama işlemi gerektirir Grafitten pahalıdır Çeliği yalnızca ters kutup halinde işler Aşınma oranı ancak belirli çelikler için tatminkardır.
Pirinç	<ul style="list-style-type: none"> Küçük boru imali için uygundur Her malzemeyi işleyebilir Kolay bulunur oldukça ucuzdur 	<ul style="list-style-type: none"> Aşınma oranı küçük elektrod için (1-6) ve tungsten işlenmesi için oldukça düşüktür Taşlanması güçtür Üreteç gücü arttıkça aşınma oranı artar
Tungsten ve tungsten alaşımları	<ul style="list-style-type: none"> Aşınması çok azdır Burulma ve momente dayanıklıdır i nce ve uzun halde kullanılabilir Hassas ölçüler sağlar 	<ul style="list-style-type: none"> İşleme hızı düşüktür İşlenmesi çok zordur,sadece taşlanabilir Pahalı ve sağlanması güçtür

Çizelge 6.2 Elektrod Malzemelerinin Karşılaştırılması

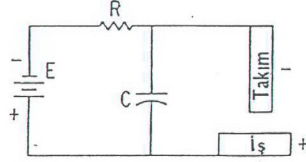
Elektrod Malzemesi	Üstünlükleri	Eksiklikleri
Gümüş-tungsten alaşımları , gümüş tungsten karbid alaşımları	<ul style="list-style-type: none"> • İyi aşınma oranlarına sahiptir hassas işleme yapabilir • Köşe aşınmasını karşı dayanımı yüksektir • İnce kısımlar titreşim için dayanıklıdır • Gümüş tungsten karbid geniş yüzeyler için dielektrik sıvı gerektirmez 	<ul style="list-style-type: none"> • Başlangıç maliyeti yüksektir • İşlenmesi güçtür • Manyetik değildir
Çinko	<ul style="list-style-type: none"> • Ucuzdur ve kolay bulunur • Döküm elektrodlar çok miktarda imal edilebilir • Çinko, alaşımlarından daha iyi işleme özelliklerine sahiptir 	<ul style="list-style-type: none"> • İşleme özellikleri çok zayıftır • Döküm halinde ek döküm kalıbı gerekir
Çinko ve alaşımları	<ul style="list-style-type: none"> • Kolayca ve hassasiyetle preslenerek şekillendirilir • Dökümü kolaydır • Karışık şekilleri hassasiyetle işleyebilir • Tekrar ergitilerek kullanılır • Ucuzdur 	<ul style="list-style-type: none"> • 70-30 alaşımında en çok 30A,50-50 alaşımında en çok 150A kullanılabilir • Döküm kalıbı ek masraf gerektirir • Köşe aşınması problem yaratır
Alüminyum	<ul style="list-style-type: none"> • Kolay şekillendirilir • 270 A 'e kadar akım çekebilir • Çinko-kalay alaşımı özelliklerine sahiptir 	<ul style="list-style-type: none"> • Ergime sıcaklığı yüksektir • RC devrelerde tavsiye edilmez • Dökümde büzülme görülür
Demir	<ul style="list-style-type: none"> • Aşınması çok azdır • Kolay bulunur 	<ul style="list-style-type: none"> • İşleme hızı çok düşüktür • İyi yüzey sağlamaz
Çelik	<ul style="list-style-type: none"> • Kolay bulunur ve ucuzdur • Küçük kalıplar yapılabilir • Elektrod ve elektrod başı tek parça imal edilebilir • İyi işlenebilir 	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek güçte özellikleri zayıftır • İşleme hızı azdır(grafitten 5 defa daha az) • İş malzemesi yüzey özelliklerine etki eder
Nikel alaşımları	<ul style="list-style-type: none"> • Kolay bulunabilir 	<ul style="list-style-type: none"> • Diğer malzemelerle rekabet edecek özellikleri yoktur

Çizelge 6.2 Elektrod Malzemelerinin Karşılaştırılması

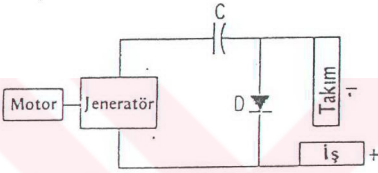
7.GÜÇ DEVRELERİ



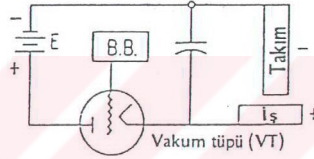
(a) Temel devre



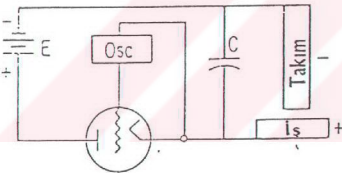
(b) R-C devresi



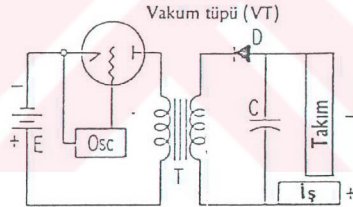
(c) Dönel impuls jeneratörü



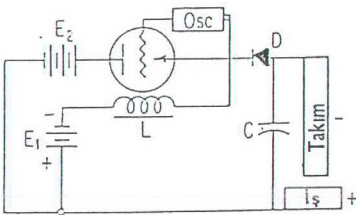
(d) Kontrollü darbe (Vakum tüpü)



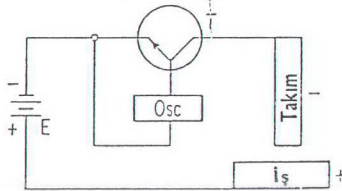
(e) Osilatör - Vakum tüpü



(f) Vakum tüpü ve transformatör devresi



(g) Vakum tüpü (iki güç kaynağı)



(h) Transistör devresi

Şekil 7.1 Güç Devreleri (Springbom ,1967)

İlk EDM güç kaynaklarının çoğu Şekil 7.1a'da gösterilen devrenin geliştirilmiş uygulamalarıydı. Bu basit devrede S anahtarı 1 konumunda iken doğru akım kaynağı E , C kondansatörünü doldurur. S anahtarının 2 konumuna hareketi doldurulmuş kondansatörü aralığa bağlar. Eğer elektrod ile iş parçası arasındaki aralık uygunsa kondansatör aralık boyunca boşalır ve kıvılcım iş parçası malzemesinden çok küçük parçacıklar kaldırır. Bir boşalma başına kaldırılan talaş , elde edilen yüzey ve takım ile iş parçası arasındaki açıklık , direkt olarak kondansatöre bağlı parametrelerdir. Bu aralığın kapasitesi normal kullanım süresince 0,01 ila 100 mf arasında değişir.

Bu temel devrede ana problem, istenen frekansları sağlamak için yeteri kadar yüksek hızlarda çalışma süresince s anahtarında ortaya çıkan mekanik problemdir. Bu problem şekil 7.1(b) de gösterilen devre yardımıyla çözülmüştür. Bu devrede R direnci anahtar görevi görmektedir. C kondansatörü E kaynağı tarafından R direnci üzerinden şarj edilir. C üzerindeki gerilim yeteri kadar yüksek bir düzeye gelince C kondansatörü aniden aralığa boşalır ve bu çevrim tekrarlanır. Bu tip bir devrenin temel karakteristikleri ana elektrod malzemesi olarak bakırın kullanılmasını gerektirir. Ayrıca piriñç elektrodlarla da kullanılır.

Bu devre "RC devresi " olarak bilinir. (R ve C nedeniyle). Ayrıca bu devreye "relaksiyon osilatörü veya rus devresi bunun nedeni ilk defa 1943 de iki Rus araştırmacı B.R. ve N.I.Lazarenko tarafından kullanılmasıdır denilebilir.

Relaksiyon osilatörü basit, ucuz ve dayanıklı olması nedeniyle tercih edilir bir devreyse de metal kaldırma kabiliyeti büyük ölçüde sınırlıdır. Aralık akımı E,C ve R parametrelerinin değişmesi ile artar. Şöyleki 4-5 amperden büyük aralık akımları için devre işlem sırasında kararsız ve düzensiz bir hal alır. Doğru akım atlamaları olayı meydana geldiğinde iş parçası yanabilir. Bunun yanısıra bu tip bir devre kullanırken işleme hızı düşüktür. Bunun nedeni kondansatörün dolması için gerekli zamanın yüksek frekansların kullanımına engel olmasıdır. Yine de çok yakın zamana kadar en fazla kullanılan EDM güç kaynakları ekonomikliğı nedeniyle bu tipin hemen hemen hiçbir değişikliğe uğramamış varyasyonlarıdır. Bu devre halen Amerika dışında tüm dünyada büyük bir uygulama alanına sahiptir.

Metal kaldırma hızlarını arttırmak için yapılan araştırmalar sonucu istenen işleme gücünü sağlamak amacıyla motor-jeneratörler bulunmuştur. Böylelikle asimetrik çıkış dalgaları oluşturulmuş ve doğru akım güç kaynaklarındakine eş değer bir üstünlük sağlanmıştır. Bu

jeneratörler genellikle "dönel impuls" jeneratörleri olarak bilinirler. Temel bir dönel impuls devresi Şekil 7.1(c) de gösterilmiştir. İşlem sırasında C kondansatörü yarım devirde D diodu üzerinden şarj edilir. Bu yarım devri takiben jeneratörün toplam gerilimi artı şarj edilen kondansatörün gerilimi kadarlık bir gerilim aralığı tatbik edilir.

Bu devrede tek yönlü pulsler elde etmek için bir diot ve standart bir yüksek frekans alternatif akım jeneratörü kullanılır. Rotary Impuls Generator (RIG) ile çok yüksek hızlarda metal kaldırılır ancak bu işlem sırasında kaba bir yüzey elde edilir. İşleme frekansı ister istemez düşüktür ve ayarlanamaz, bu nedenle yüzey kalitesini iyileştirmek olanaksızdır.

Yukarıda bahsedilen tüm bu devrelerde aralık boşalma frekansının ve her boşalmadaki enerji miktarının belirlenmesinde ana faktör anahtar ünitesiydi. Bu basit devrelerdeki kontrol eksikliği aralıkta kısa devre meydana geldiğinde akımı kesebilme kabiliyetidir. RIG'de ve basit devrelerde kısa devre durumunu bozmak için kullanılan metodlardan biri elektrodu mekanik olarak iş parçasından uzaklaştırmaktır. Bununla beraber elektrodun uzaklaştırılması çok zaman alacağından yanma ve erime meydana gelebilir.

Sonuçta çabuk ve gerçek anlamda akımın elektronik olarak kesilmesi gereksinimi anahtar ünitesi yerine vakum tüplerinin ve transistörlerin kullanıldığı devrelerin geliştirilmesine yol açmıştır. Bu devreler kontrollü darbe devreleri (CPC-Controlled Puls Circuits) olarak bilinirler. Bu devrelerdeki elektronik anahtar kullanımı CPC devrelerine yüksek metal kaldırma hızı ve iyileştirilmiş elektrod aşınması gibi ek üstünlükler sağlar.

İlk vakum tüp devrelerinde şekil 7.1(b) deki direncin yerini şekil 7.1(d) de tek bir tüp gibi gösterilen paralel bağlanmış bir vakum tüpü grubu almıştır. Doğru olarak kontrol edildiğinde tüp grubu değişken bir direnç etkisi gösterir.

Bu grubun elemanlarından ızgaralar bir anahtar ünitesi görevi görürler. Bu ızgaralar bir elektronik kontrol devresine (BB) bağlıdır. C kondansatörünü doldurmak için tüpleri devreye sokarlar veya aralıkta kısa devre meydana geldiğinde akımı keserler.

Aralıktan akan akım kondansatör tarafından sağlanır. Aralıktan herhangi bir akım akarken tüpler devreden çıkarlar. Aralıkta akım akışı başladığı anda devrenin sükuneti için tüplerde yüksek bir direnç (1000w veya daha fazla) oluşur. Böylelikle tüpler çok az akım geçirirler. Aralıkta akış kesildiğinde kontrol BB, ızgara gerilimini ızgara direncini değiştirmek suretiyle düşürür. Tüpler

hemen düşük dirençli yükek iletkenliğe sahip elemanlar haline dönüşürler.Ckondansatörü bir sonraki aralık boşalması için hızla doldurulur.

Sözü geçen bu devre "darbeli" EDM güç kaynakları sınıfına dahil ilk devreydi.Darbeli devreler kaldırılan talaş miktarında önemli bir artış sağlamışlardır.Bu devrelerde elektrod malzemesi olarak prinç kullanılır.

Sonunda BB kontrol yerine şekil 7.1(c) deki gibi sabit bir frekans osilatörünün anahtar ünitesi olarak kullanılmasıyla devrenin çok daha basitleştiği ve çalışma stabilizesinin iyileştiği görülmüştür.Tüp ızgara kontrolünün aralıktaki kısa devre halinde akımın kesilmesi işleminden başka gerekli olmadığı, sadece aralık akımının , yeteri kadar yüksek devirli hızlarda anahtar ünitesi tarafından periyodik olarak kesilmesinin sağlanmasının yeterli olduğu saptanmıştır.

EDM'nin kullanılışlığının anlaşılmasından sonra metal kaldırma kabiliyetini iyileştirmek için çalışmalara başlanmıştır.Metal kaldırma hızı aslında ortalama aralık akımı ile orantılı olduğundan bu tip bir devrede yüksek akımlı güç kaynakları çok sayıda vakum tüpü kullanımını gerektirir.

Vakum tüplerinin ve ark aralığının elektriksel karakteristikleri tam olarak birbirlerine uymaz.Vakum tüpleri yüksek gerilimli düşük akımlı cihazlar durumunda iken ark aralığı nispeten daha düşük gerilimlerde yüksek akım geçirir.Sonunda yüksek metal kaldırma hızlarını gerçekleştirmek ve aralık ile vakum tüpleri karakteristikleri arasındaki uyumsuzluk problemini çözmek için üç çözüm bulunmuştur.Bu çözümler :

- 1- Transformatörün primer kısmında yüksek gerilim ve düşük akımda çok verimli çalışabilen az sayıda vakum tüpü kullanmak ve düşük gerilim ve yüksek akım için ark aralığını sekonder kısmına bağlamak
- 2- Çıkışına bir yardımcı güç kaynağı ilavesiyle tüp tipi bir güç kaynağı kullanmak
- 3- Basit darbeli tüp devreleri yerine düşük voltajlı normal aralık çalışma koşullarında yüksek verimlilikte çalışan bir transistör kullanmak

Şekil 7.1(f)'de vakum tüpleri ve transformatör kullanılarak basitleştirilmiş bir devre gösterilmektedir.Transformatör kullanımının yüksek frekanslarda sınırlılık getirdiği bilinmektedir.

Şekil 7.1(g)'de tüp tipi bir güç kaynağı ile integral sekonder bir güç kaynağının bir kombinasyonu olan geliştirilmiş bir güç devresi görülmektedir.Devrenin tüp darbe kısmı frekansı belirleyen bir anahtar ünitesi olarak kullanılır ve aralıktaki akım akışı iki güç kaynağının bir kombinasyonu tarafından sağlanır.

Anahtar ünitesi olarak fazla sayıda vakum tüpü kullanmaksızın kaldırılan metal miktarını artırma probleminin en yeni çözümü , düşük gerilim ve yüksek akımlarda çalışan bir transistör kullanımıdır.Şekil 7.1(e)'ye benzeyen Şekil 7.1(h)'de vakum tüpleri yerine transistör kullanıldığı görülmektedir.Bu devrede anahtar, seçilen zorlanmış frekanslarda bir osilatör tarafından kumanda edilmektedir.Ancak devre aralık ile paralel bağlı bir kapasitör kullanımı gerektirmez.Osilatör aynı zamanda aralık şartlarınc kumanda edilmekte ve aralıktaki kısa devre halinde transistör devreden çıkartılmaktadır.

Katı güç kaynakları yüksek güvenilirlikleri nedeniyle vakum tüplerinin yerini almışlardır.Modüler güç kaynakları ise çok yönlü ve ekonomik olmaları nedeniyle kendilerine geniş kullanım alanı bulmuşlardır.Küçük fişli modüller istenirse ana kontrol ve güç konsolüne bağlanabilirler.Çok telli güç kaynaklarında son zamanlarda popüler hale gelmeye başlamışlardır.Bunun nedeni , bu kaynakların çeşitli işlemleri aynı anda ve tek bir tezgahta yapılabilmesine olanak vermesi sonucunda maliyetlerinin düşük olmasıdır.Bu devrelerde bir güç kaynağından çıkan birçok tel, birbirinden izole edilmiş olarak bir servo-sistem tarafından kontrol edilen tezgah kafasına yerleştirilmiş elektrodla bağlanır.Çok telli EDM'lerin verimli kullanılması için iyi talaş kaldırma koşulları aranır.

Darbe kontrollü güç kaynaklarının varlığı, takım aşınmasının en aza indirildiği veya tamamen ortadan kaldırıldığı EDM metodlarının kullanımına olanak sağlamıştır.

8.EDM TEZGAHININ DİZAYNI VE İMALATI

8.1.Tasarlanan Tezgahın Özellikleri

Trafo Girişi = 220V , 50Hz - Trafo Çıkışı = 88V ,Max 13Amper
Tezgah Haznesi (X,Y,Z) = 350x300x250 mm Tezgah Ağırlığı = 10kg
Kullanılabilen Max Elektrod Çapı = 12 mm

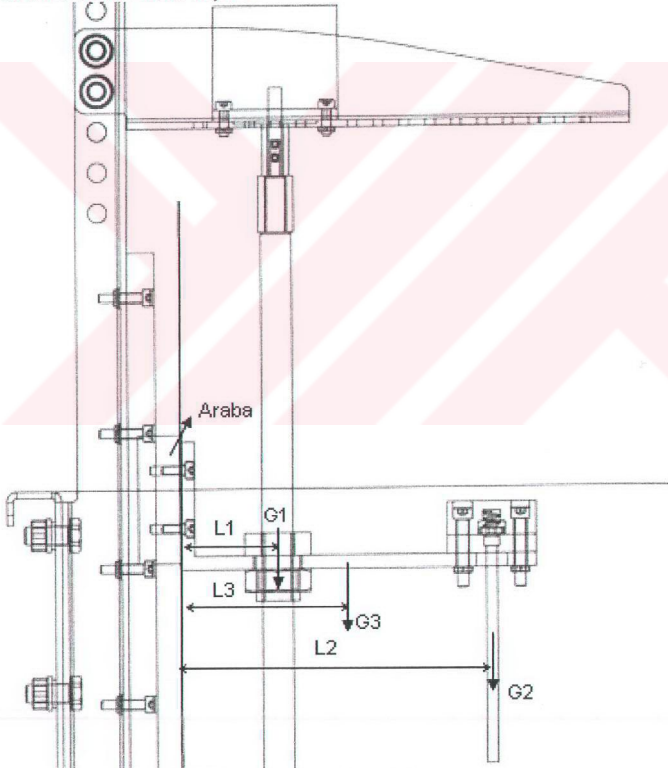
Tezgahın Amper yani güç ayarı üzerinde bulunan reosta vasıtasıyla ayarlanabilir.
Kullanılan Step Motor 0,9° dir.

Elektrodun hareketi step motorun dönmesiyle lineer yatak üzerinden gerçekleşmektedir.
Daha detaylı teknik bilgiler ve çalışma prensibi ileriki sayfalarda verilecektir.

8.2.Mekanik Tasarım

8.2.1.Elektrod Sürme Mekanizmasının Tasarımı

8.2.1.1.Lineer Yatağa Seçimi



Şekil 8.1 Lineer yatağa gelen yükler

$$G1 = M(\text{T somun} + \text{Düz somun (M14)}) \times g = 0,125 \text{ kg} \times 10 = 1,25 \text{ N}$$

$$G2 = M(\text{elektrod} + \text{yay} + \text{polietilenler} + \text{civatalar} + \text{somunlar}) \times g = 0,2 \text{ kg} \times 10 = 2 \text{ N}$$

$$G3 = M(\text{alüminyum Lkol}) \times g = 0,123 \text{ kg} \times 10 = 1,23 \text{ N}$$

$L1 = 44 \text{ mm}$, $L2 = 140 \text{ mm}$, $L3 = 61 \text{ mm}$ olarak Solidworks programı yardımıyla bulunmuştur.

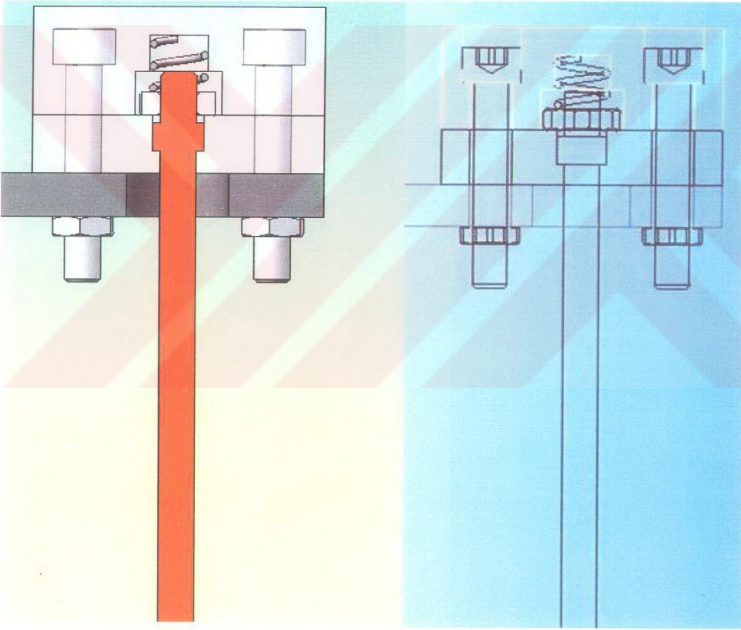
$$\text{Mevcut Statik Momen } MRo = (G1 \times L1) + (G2 \times L2) + (G3 \times L3) = 410 \text{ Nmm} = 0,41 \text{ Nm}$$

$$\text{Mevcut Toplam Statik Yük (Co)} = G1 + G2 + G3 = 1,25 + 2 + 1,23 = 4,48 \text{ N}$$

Bu değerlere göre LS15AL NSK lineer yatağı seçilmiştir.

$$\text{Max } MRo = 69 \text{ Nm} \quad , \quad \text{Max } Co = 12500 \text{ N} \quad (\text{Katalog değerleri})$$

8.2.1.2. Elektrod ve Bağlantı Mekanizması



Şekil 8.2 Elektrod bağlantı mekanizması

Yukarıdaki şekillerde elektrodun nasıl yataklandığı gösterilmiştir. Görüldüğü üzere elektrodun çevreyle elektrik iletkenliğini kesmek için elektrodun çapından daha büyük bir çaptaki

delikten geçirilip polietilen malzemeye alttan yataklanmış üstünde bir yayla bastırılıp elektrodun iş parçasına çarpması esnasında bir müddet yukarıya çıkabilmesine olanak sağlanmıştır. Bu esnada bu olayı fark edip tezgahı off konumuna getirmek için bize zaman kazandırmıştır. Elektrodun çapı 5mm faturanın ise 7mm dir. Elektrodun dış çekilmiş olan kısmı M5 bir somunla sıkılmış ucu yayın yataklanması amacıyla bir miktar uzun bırakılmıştır. Burdaki M5 somunun amacı faturanın üstünde elektrodun çevresine sarılmış olan şekilde gözükmeyen elektrik kablosunu sıkmaktır. Kullanılan yayın iç çapı 6mm dış çapı 8mm dir. Montaj etmeden önceki uzunluğu 13 mm montaj esnasında 8 mm elektrodun iş parçasına deyin yayı en çok sıkıştırdığı zaman uzunluğu ise 5mm' dir. Yay aynı zamanda elektodun kıvılcım atlama esnasında rijid olarak kalmasınada yardımcı olur. Yayın üstünde de yine polietilen malzeme bulunmaktadır. Üst üste iki polietilen malzemenin altına üstünde elektrodun çapından daha büyük çapta delik olan ve elektrodun bu delikten (Ø14) geçirildiği alüminyum kol bulunmaktadır. Polietilen ve cu elektrod üstten civatalarla dört köşeden bu alüminyum kola sıkılmıştır.

8.2.2. Gövdenin Tasarımı

8.2.2.1. Step Motorun Bağlandığı Konsolu Taşıyan Civataların Hesabı

$$G1 = M(\text{motor} + \text{bağ. parçası} + \text{mil} + \text{t somun} + \text{somun}) \times g = 0,9 \text{ kg} \times 10 = 9\text{N}$$

$$G2 = M(\text{elektrod} + \text{yay} + \text{polietilenler} + \text{civatalar} + \text{somunlar}) \times g = 0,2 \text{ kg} \times 10 = 2\text{N}$$

$$G3 = M(\text{konsol}) \times g = 0,56\text{kg} \times 10 = 5,6\text{N}$$

$$G4 = M(\text{alüminyum Lkol}) \times g = 0,123\text{kg} \times 10 = 1,23\text{N}$$

$$G5 = M(\text{araba}) \times g = 0,24\text{kg} \times 10 = 2,4\text{N}$$

L mesafeleri parçaların ağırlık merkezlerinin A noktasına olan uzaklıkları olup , Solidworks programıyla parçaların ağırlık merkezleri bulunarak elde edilmiştir. Buna göre ;

$$L1=68\text{mm} , L2=164\text{mm} , L3=91,5\text{mm} , L4=95\text{mm} , L5=15,6\text{mm} \text{ dir.}$$

Buradan A noktasına göre G 'lerin Toplam Momenti :

$$(G1 \times L1) + (G2 \times L2) + (G3 \times L3) + (G4 \times L4) + (G5 \times L5) = 612 + 328 + 512,4 + 116,85 + 37,4 = 1606 \text{ Nmm}$$

$$F1 \text{ 'in A noktasına olan dik uzaklığı} = 37,5\text{mm} \text{ } F2 \text{ 'nin A noktasına olan dik uzaklığı} = 21,7\text{mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Üstteki civataya gelen kesme kuvveti} &= [(32,08)^2 + (10,115)^2 + (2 \times 32,08 \times 10,115 \times \cos 69^\circ)]^{1/2} \\ &= 37 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Altteki civataya gelen kesme kuvveti} &= [(18,56)^2 + (10,115)^2 + (2 \times 18,56 \times 10,115 \times \cos 52^\circ)]^{1/2} \\ &= 26 \text{ N} \end{aligned}$$

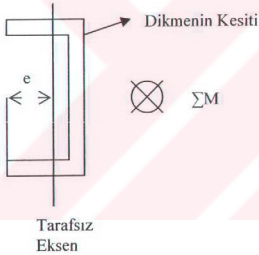
$$\text{Cıvata kalitesi 8.8 } \sigma_{Ak} = 8 \times 80 = 640 \text{ N/mm}^2 \quad \tau_{Ak} = 0,577 \times \sigma_{Ak} = 370 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{Em} = \tau_{Ak} / S = 370 / 2 = 195 \text{ N/mm}^2 \quad S = \text{Emniyet Katsayısı} = 2 \text{ Kabul edildi.}$$

$$\text{Cıvata kesit alanı} = \pi d^2 / 4 = 3 \times 8^2 / 4 = 48 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{Mevcut} = 37 / 48 = 0,77 \text{ N/mm}^2 < 195 \text{ N/mm}^2 \text{ olduğu için emniyetlidir.}$$

8.2.2.2. Konsolun Bağlandığı Dikmenin Kesidinin Hesabı



Şekil 8.4 Kesite gelen moment

e : Taraflızsız eksene en uzak mesafe = 16.84mm.

$I_x = 13543,3 \text{ mm}^4$ olarak Solidworks programı yardımıyla bulunmuştur.

$$\sigma_{Mevcut} = \Sigma M / W \quad W = I_x / e = 804,2 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{Ak} = 240 \text{ N/mm}^2 \quad S = \text{Emniyet Katsayısı} = 3 \text{ alınmıştır. } \sigma_{Em} = \sigma_{Ak} / S = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma M = (G1 \times L1) + (G2 \times L2) + (G3 \times L3) + (G4 \times L4) + (G5 \times L5) + (G6 \times L6)$$

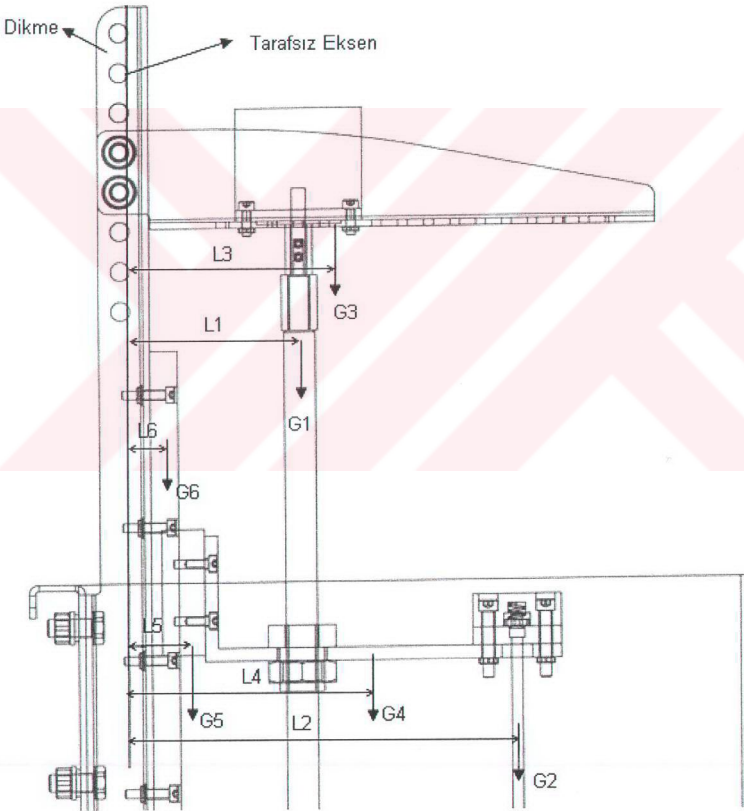
$$G_6 = M(\text{Kızak}) \times g = 0,43 \text{ kg} \times 10 = 4,3 \text{ N}$$

$$L_1 = 74,16 \text{ mm} \quad L_2 = 170,16 \text{ mm} \quad L_3 = 97,66 \text{ mm} \quad L_4 = 101,16 \text{ mm} \quad L_5 = 21,76 \text{ mm} \quad L_6 = 12,36 \text{ mm}$$

G_1, G_2, G_3, G_4, G_5 değerleri bir önceki hesaplamada mevcuttur.

$$\begin{aligned} \sum M &= (G_1 \times L_1) + (G_2 \times L_2) + (G_3 \times L_3) + (G_4 \times L_4) + (G_5 \times L_5) + (G_6 \times L_6) = \\ &= 667 + 340 + 546 + 124 + 52 + 53 = 1658 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$\sigma_{\text{mevcut}} = 1658 / 804,2 = 2,06 \text{ N/mm}^2 < 80 \text{ N/mm}^2$ olduğundan emniyetlidir.



Şekil 8.5 Dikmenin kesitine gelen yükler

8.2.2.3 Dikmenin Bağlandığı Civataların Emniyet Hesabı

$$G7=M(\text{dikme})xg=1,5\text{kg}x10=15\text{N}$$

$$L7=\text{Dikmenin ağırlık merkezinden civatanın kesitine olan uzaklık}=8\text{mm}$$

Diğer alttaki 3çift sıra civatanın olmadığını farzedip bütün yükün üstteki yan yana duran 2 civataya geldiğini düşünüp B noktasına göre moment alsak;

$G1, G2, G3, G4, G5, G6$ değerleri önceki hesaplamalarda mevcuttur

$$L1=95\text{mm} \quad L2=191\text{mm} \quad L3=118,5\text{mm} \quad L4=122\text{mm} \quad L5=42,6\text{mm} \quad L6=33,2\text{mm}$$

$$F_{\text{civatanın B noktasına olan dik uzaklığı}} = 224,5\text{mm}$$

$$\sum M=(G1xL1)+(G2xL2)+(G3xL3)+(G4xL4)+(G5xL5)+(G6xL6)+(G7xL7)=F_{\text{civ}}x224,5$$

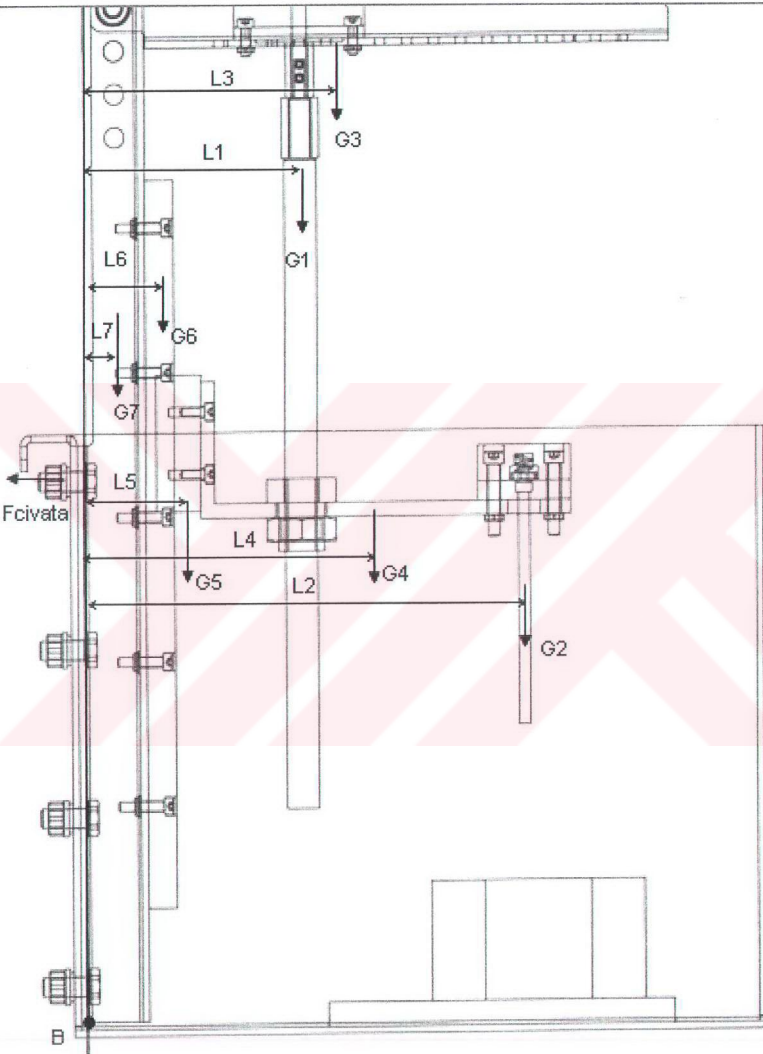
$$=(9x95)+(2x191)+(5,6x118,5)+(1,23x122)+(2,4x42,6)+(4,3x33,2)+(15x8)=2414\text{Nmm}$$

$$F_{\text{civ}}=2414/224,5=10,75\text{N} \text{ iki civata var yan yana } 10,75/2=5,37\text{N}$$

$$\text{Civata Kalitesi } 8,8, \quad \sigma_{Ak}=8x80=640\text{N/mm}^2 \quad S=\text{Emiyet katsayısı}=2 \quad \sigma_{Em}=640/2=320\text{N/mm}^2$$

$$\text{Civata Kesit Alanı}=48\text{mm}^2$$

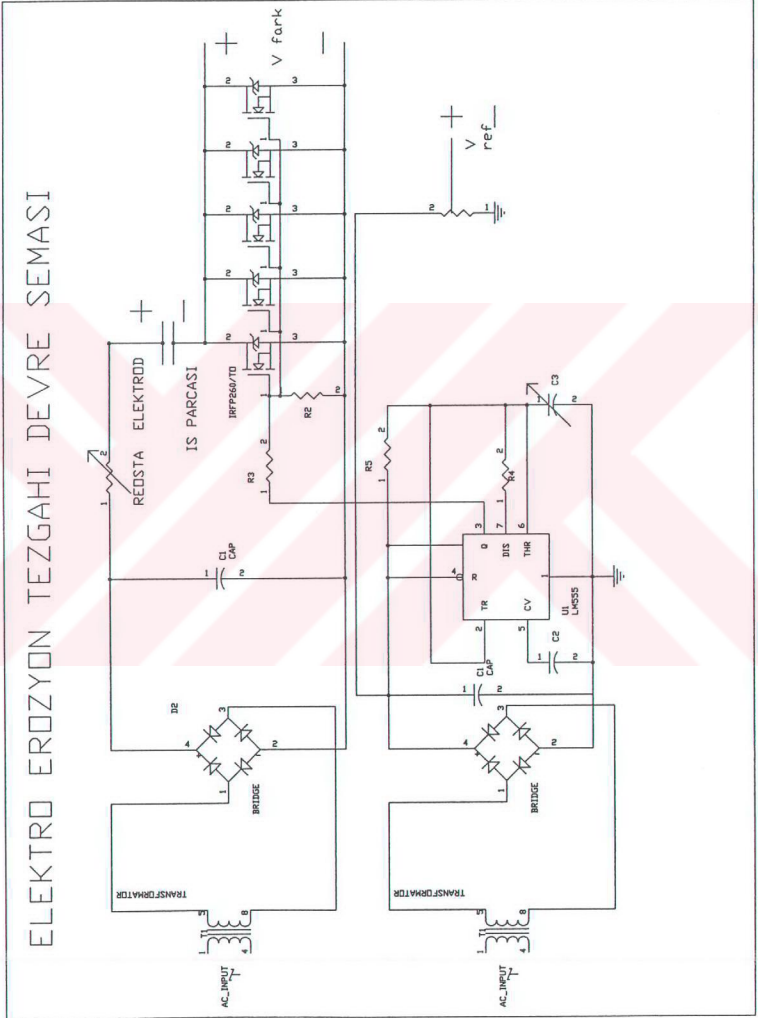
$$\sigma_{ç}(\text{mevcut})=5,37/48=0,11\text{N/mm}^2 \text{ dir } < \sigma_{Em} \text{ olduğu için emniyetlidir.}$$



Şekil 8.6 Civatalara gelen yükler

8.3. Elektronik Tasarım

8.3.1. Güç Devresi



Şekil 8.7. Elektroerozyon tezgahı güç devresi şeması

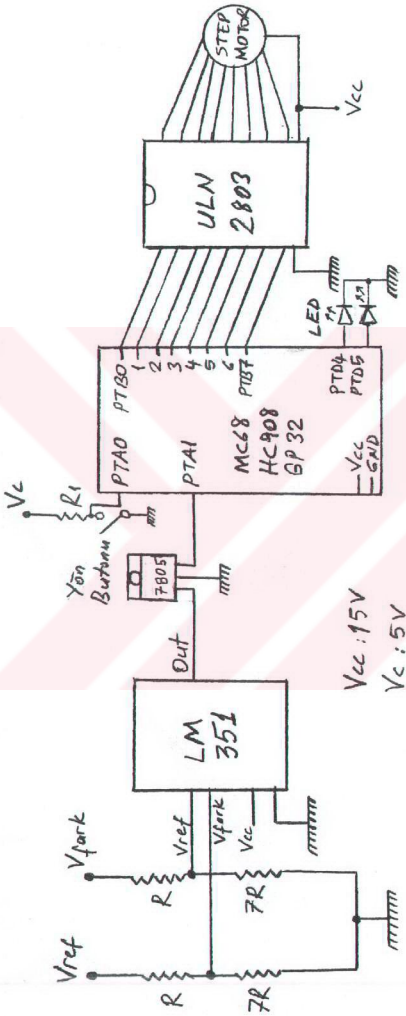
Devrenin Çalışma Prensibi :

Şekil 8.7’de görülen devrede iki ayrı besleme bulunmaktadır. Üstte görülen devre elektrot ve iş parçası arasında ark oluşmasını sağlayacak güç devresidir. Alttaki devre ise elektrot ile iş parçası arasındaki ortalama akımı kontrol etmek üzere kullanılan darbe üreteç devresidir.

Güç devresinin beslemesi için kullanılan trafo 220/60V çevirme oranlı seçilmiştir. Çünkü bu gerilimin çift yönlü köprü doğrultucu ile doğrultulması durumunda oluşacak doğru gerilim değeri $60 \cdot \sqrt{2} = 84.6V$ ’tur. Seçilen trafo 1KV’lık olup istediğimiz akım olan 10A değerini rahatlıkla verebilmektedir. Devrenin akımını ve ark boşalma geriliminin süresini bir R-C devresi oluşturarak belirlemek üzere 130W’lık bir reosta kullanılmıştır. Anahtarlanın sağlanabilmesi için devreye birbirine paralel tanesi maksimum 200W gücünde 5 adet N-KANAL MOSFET(IRFP250N) seri olarak bağlanmıştır. Kullanılan MOSFET transistörlerin sürekli akımları 18A ve maksimum dayanma gerilimleri 200V’tur.

Kontrol devresi analog olarak gerçekleştirilmiştir. Besleme geriliminin sağlanması için 220/12V’luk bir trafo kullanılmıştır. LM555 entegresi endüstriyel olarak çok geniş kullanım alanı olan bir entegredir. Burada 15V genlikli ve frekansı $4\mu s-4ms$ aralığında değişebilen bir DUTY-CYCLE (eşdeğer darbe varlık-yokluk oranlı) osilatör yapımı için kullanılmıştır. Osilatörün frekansını ayarlamak için C3 kapasitesinin değerinin değiştirilmesi yeterlidir. Eğer darbe oranının değiştirmek istersek C2 kapasitesinin değeri değişmelidir. Devrenin çıkışı MOSFET’lerin girişlerine $1k\Omega$ ’luk R3 direnciyle bağlanmıştır. MOSFET’lerin kapı akımlarının μA ’ler seviyesinde olması nedeniyle ana akım yolunun açılması için tek çıkış yeterli olmaktadır.

8.3.2.Kontrol Devresi



Şekil 8.8 Kontrol devresi şeması

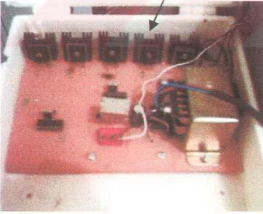
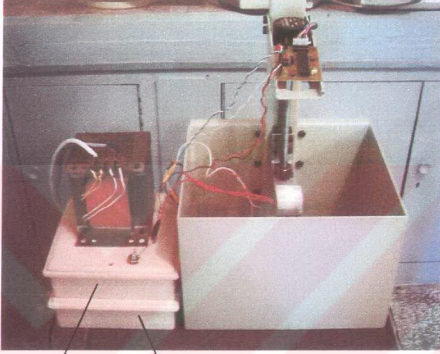
Devrenin Çalışma Prensibi

Referans gerilimi ile fark gerilimi gerilim bölücünden geçirilerek bir opamp (operasyonel amplifikatör) yardımı ile karşılaştırılır. Karşılaştırma gerilimi (V_{ref}) potansiyometreyle ayarlanabilir olup yaklaşık 20V civarındadır. Daha sonra opampın çıkışı regüle edilerek (burada regülatör opampın çıkışındaki yaklaşık 14V'luk işaret mikrokontrolör için 5V seviyesine getiriyor) mikrokontrolcüye uygulanır. Burada gerilimlerin küçük büyük olmasına göre mikrokontrolcü ya step motorun dönmesi için gereken işaret üretir ve motor gerilim farkı kalmayınca kadar döner, yada fark yoksa motora bir işaret gönderilmez ve motor dönmez. Mikrokontrolcü ile motor arasına, kontrolcünden çıkan işaret güçlendirmek amacıyla bir darlington transistor entegresi bağlanmıştır. Ayrıca bir girişe bağlanmış olan butona basılarak motor ters yönde döndürülebilir. Çıkışlara bağlanan iki adet LED'ten (light emitted diode) o anda hangi işlemin uygulandığı gözlemlenebilmektedir.

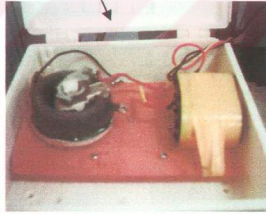
8.4 İmalat ve Montaj

Tezgahın mekanik kısmının imalatında 3'er mm kalınlığında paslanmaz sac kullanılmıştır. Paslanmaz sacın üstüne toz boya atılmıştır. Haznedeki saclar kaynakla birleştirmedir. U büküm bir paslanmaz saca önden ve arkadan iki parça kaynak edilip hazne elde edilmiştir. Haznede dikkat edilmesi gereken nokta içersine dielektrik sıvı koyulacağından sızdırmaz olması şarttır. Bu amaçla dikmenin hazneye montaj edilmesi için kullanılan civataların altına pul ve O-ring konmuştur. Ayrıca iş parçası ve elektrodun besleme gerilimlerinin tezgah gövdesine geçmemesi için elektrod ve iş parçasının tezgahla teması polietilen malzemeler aracılığıyla gerçekleşmektedir. İş parçasının altına boyutları 200x100 olan 10 mm kalınlığında polietilen malzeme konmuştur. Polietilen 70°C çalışma sıcaklığına sahiptir. Ayrıca lineer yatağın montajında önce kızak dikmeye monte edilir. Daha sonra arabayı satın alırken arabanın altında plastik bir kızak vardır. Bu plastik kızığı monte edilmiş olan asıl kızığa eş eksene getirip arabayı plastik kızaktan asıl kızığa geçirmek suretiyle monte etmek gerekir. Aksi takdirde arabanın bilyeleri dökülebilir. Daha sonra alüminyum L kol arabaya M4 inbus civatalarla sıkılır. Daha sonra M14x2 saplama bağlantı parçası aracılığıyla step motora bağlanır. Saplamanın diğer ucuna bir tsmun takılır. Tsmun L alüminyumun içinden geçirilerek alttan alüminyuma sıkılır. Böylece step motorun dönmesiyle saplama üzerinden lineer yatak vasıtası ile L alüminyumun ucuna

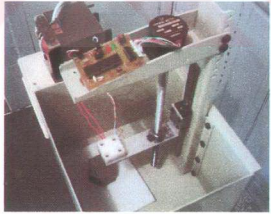
bağlanmış olan elektroda aşağı yukarı hareket sağlanmış olunur. Saplamanın hatvesinin düşük olmasının sebebi step motorun her bir adımında elektrodun çok küçük bir ilerleme ile hareket etmesi içindir. Bu yüzden de küçük açılı 400 adımlı bir step motor seçilmiştir. Şekil 8.9'da imal edilen tezgahın resmi görülmektedir.



Güç devresi



Reosta ve Kondansatör



Tezgahın üstten görünümü

Şekil 8.9 İmal edilen EDM tezgahının resmi

9.İMAL EDİLEN EDM TEZGAHINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN DENEYSEL ÇALIŞMALAR

9.1 Deneylerdeki İşlem Parametreleri

İmal edilen tezgahta erezyonun gerçekleşebilmesi için gereken akımın şiddeti güç devresinde bulunan reosta (6 ohm 100W) vasıtasıyla gerçekleşmektedir.Ancak reostanın gücü yetersiz kaldığı için çok fazla bir değışime izin vermemektedir.

Elektroerezyonun diğer bir önemli işlem parametrelerinden biri olan ark süresi (kıvılcımın atladığı ton süresi) ve bekleme süresi (toff) yine tezgahın güç devresi üzerinde bulunan C2 ve C3 kondansatörlerinin değerleri değıştirilmek suretiyle değıştirilebilmektedir.

Ayrıca tezgahın kontrol devresi üzerinde step motoru ters döndürüp elektrodu yukarıya kaldırmaya yarayan bir buton vardır.Bu buton ile elektrodun belirli zaman aralıklarında yukarıya kaldırılıp aralık mesafesinde biriken metal tozların ortamdan uzaklaştırılması amaçlanmıştır.Böylece elektrodun çalışma süresi ve geri çekme süreleri manuel olarak kontrol edilebilmektedir

9.2 Deneylerin Gerçekleştirilmesi

Yapılan deneylerde dielektrik sıvı olarak gazyağı kullanılmıştır.Elektrod bakır iş parçası demirdir.Elektrod çapı 5mm dir.

Ark süresi ve bekleme süresi 2ms dir.Ortalama akım 13A dir.Çalışma ve geri çekme süreleri 10'ar saniyedir.2 deney gerçekleştirilmiştir.Bu deneylerde elektrodlar ve iş parçaları erezyon öncesi taşlanmıştır.Aynı iş parçası üzerinde farklı yerlerde işlem gerçekleştirilmiştir

Yapılan 1. deneyde toplam çalışma süresi 3dk dır

İş parçasının erezyondan önceki ağırlığı = 173,53g

İş parçasının erezyondan sonraki ağırlığı = 173,27g

İş parçasındaki aşınma miktarı $173,53-173,27=0,26g$

Elektrodun erezyon öncesi ağırlığı = 25,57g

Elektrodun erzyon sonrası ağırlığı = 25,50g

Elektrotdaki aşınma miktarı $25,57-25,5=0,07g$ dır



Şekil 9.1. 1.Deneyden sonra elektrodun yandan görünüşü x10



Şekil 9.2 1.Deneyden sonra elektrodun alttan görünüşü x10



Şekil 9.3 1.Deneyden sonra iş parçasının görünüşü x10

Yapılan 2. deneyde toplam çalışma süresi 1dk dır

İş parçasının erezyondan önceki ağırlığı = 172,811g

İş parçasının erezyondan sonraki ağırlığı = 172,762g

İş parçasındaki aşınma miktarı $172,811-172,762=0,049$ g

Elektrodun erezyon öncesi ağırlığı = 25,392g

Elektrodun erezyon sonrası ağırlığı = 25,365g

Elektrodaki aşınma miktarı $25,392-25,365=0,027$ g dır

Yapılan 2 deneyin ilkinde birim zamanda kaldırılan malzeme miktarı 0,0014 gram/saniyedir.

Yapılan 2.deneyde birim zamanda kaldırılan malzeme miktarı 0,0008 gram/saniyedir.

Yapılan iki deneyde birim zamanda kaldırılan malzeme miktarlarının farklı olması dielektrik sıvının temizliğinin , işleme süresinden ötürü değişmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 9.4 2.Deneyden sonra elektrodun yandan görünüşü x10



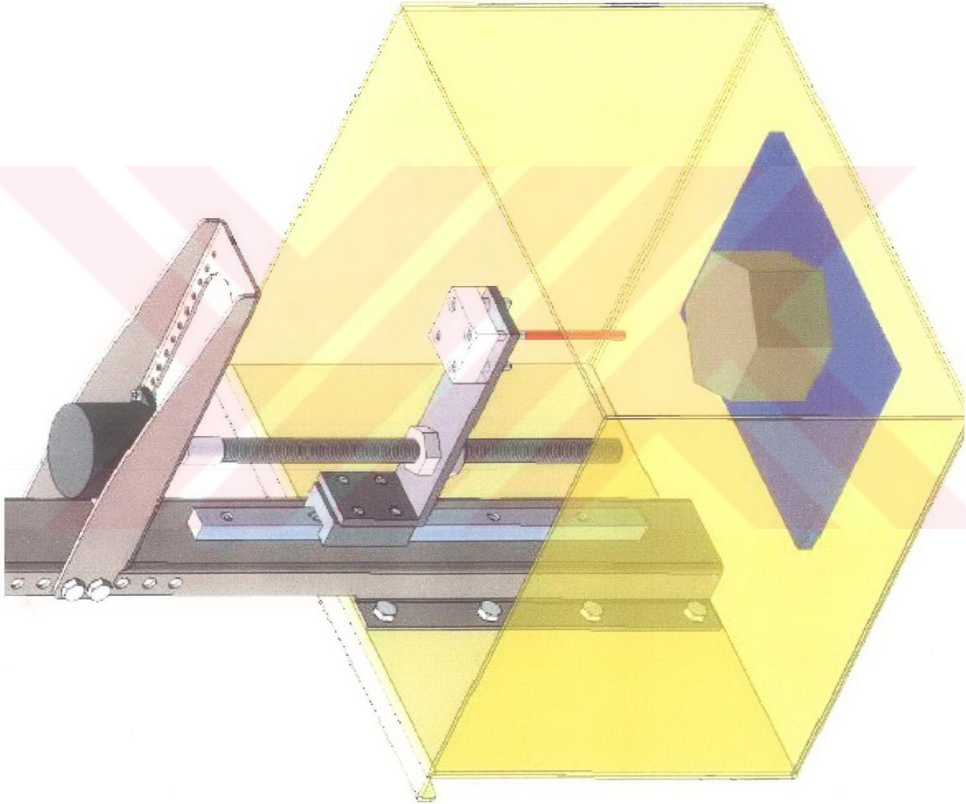
Şekil 9.5 2.Deneyden sonra elektrodun alttan görünüşü x10

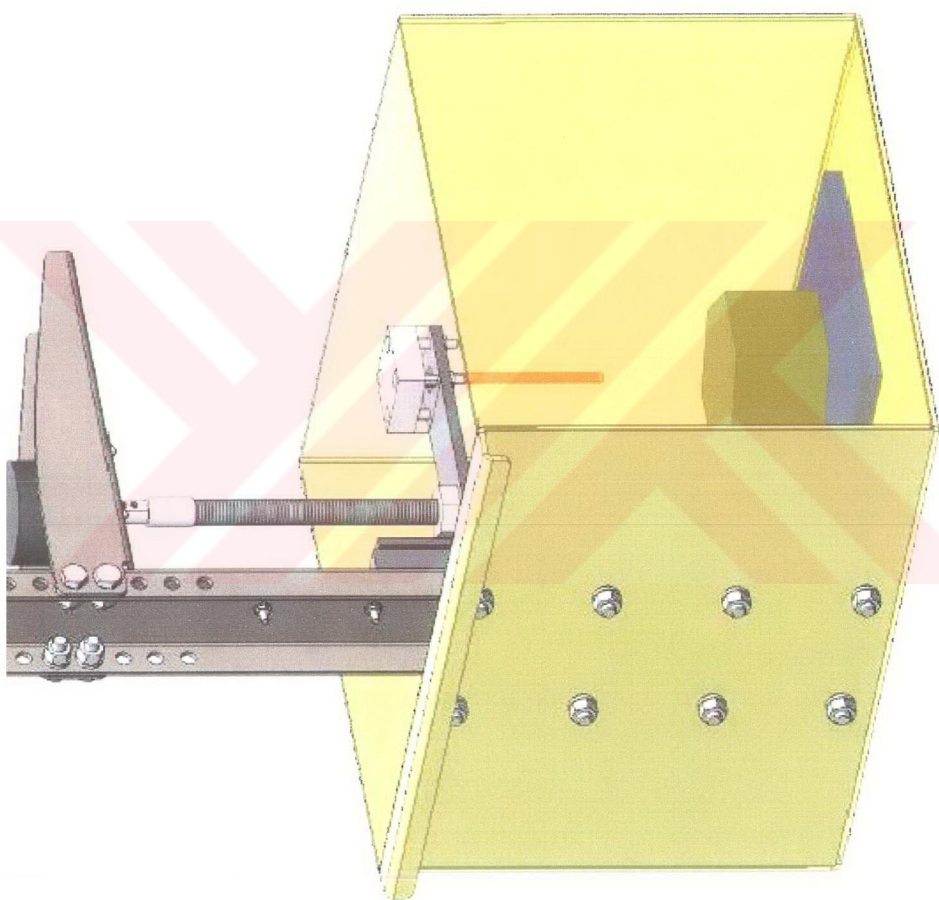


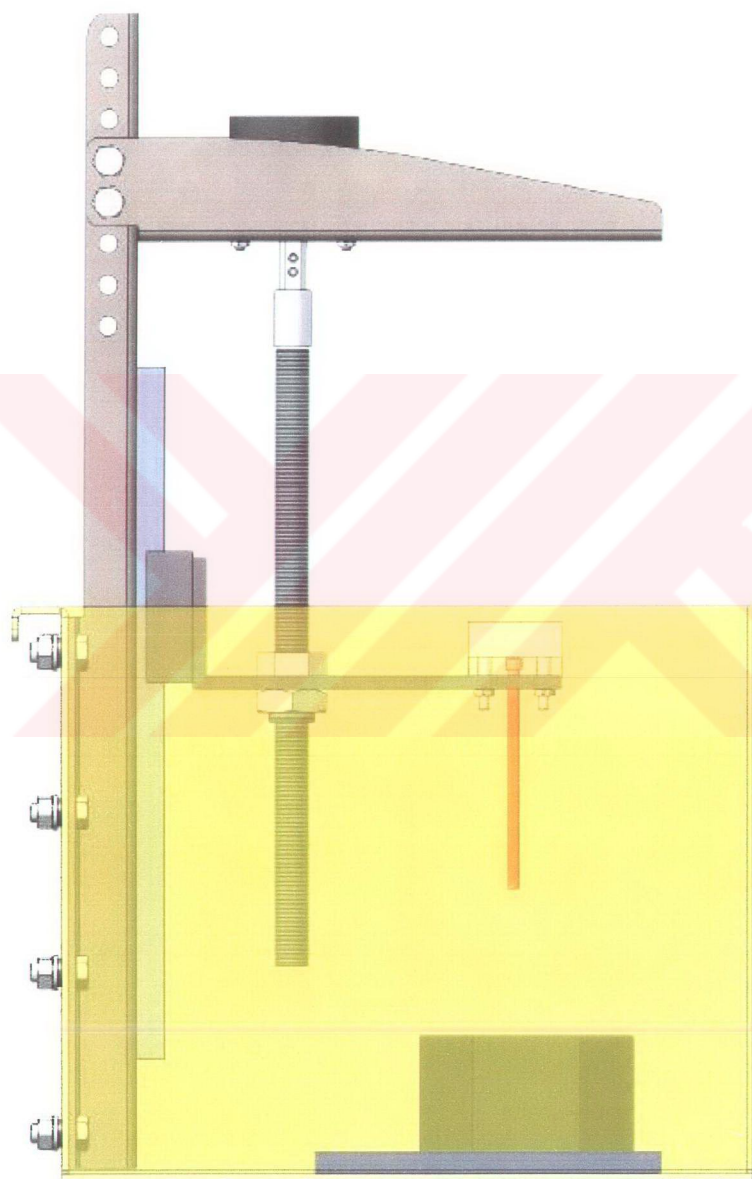
Şekil 9.6 2.Deneyden sonra iş parçasının görünüşü x10

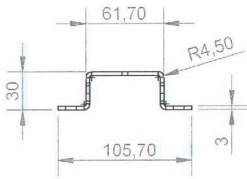
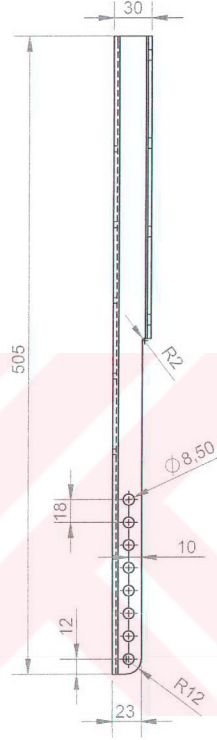
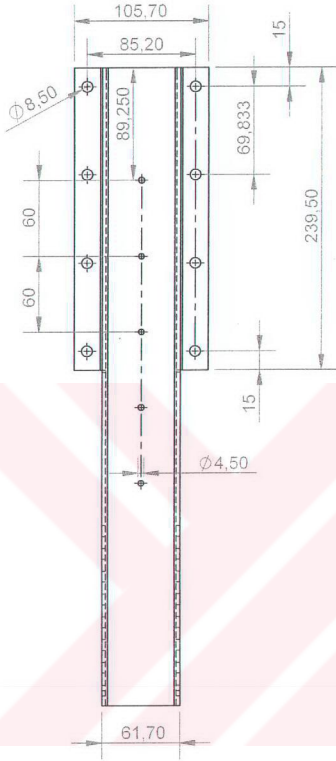
9.3 Elde Edilen Sonuçlar

Yapılan deneylerde dielektrik sıvı durgun haldedir. Resimlerde görüldüğü gibi metal tozları hem elektroda hem de iş parçasına yapışmıştır. Bunun sebebi dielektrik sıvının durgun halde olmasıdır. Çünkü dielektrik sıvının görevi hem kıvılcım atlamasına bir ortam hazırlamak hem de ortaya çıkan metal tozlarını ortamdan uzaklaştırmaktır. Piyasadaki tezgahlarda dielektrik sıvı sürekli bir filtreden geçirilerek ortamda sirküle edilmektedir. Yapılan tezgahın eksik noktalarından biri dielektrik sıvıyı sirküle edecek bir sisteme sahip olmamasıdır. Yapılan deneylerde dielektrik sıvının kirlendiği zaman arkın daha kolay oluştuğu da gözlenmiştir. Ayrıca dielektrik sıvının ve elektrodun erzyon işlemi esnasında ısındıkları gözlenmiş ve piyasadaki EDM tezgahlarının dielektrik sıvıyı sirküle ederken aynı zamanda soğutan bir sisteme neden ihtiyaç duydukları anlaşılmıştır. Uzun zaman aynı sıvı içinde erzyon yapmanın mümkün olmadığı saptanmıştır.

10. DİZAYN EDİLEN EDM TEZGAHININ MONTAJ VE İMALAT RESİMLERİ







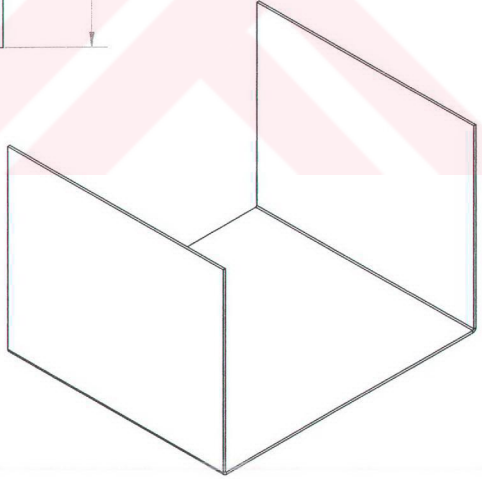
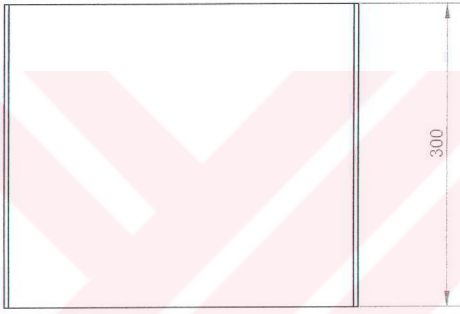
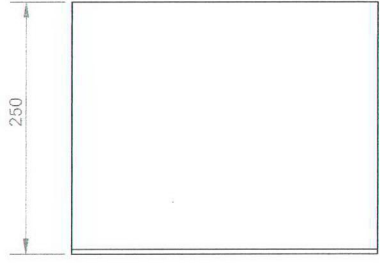
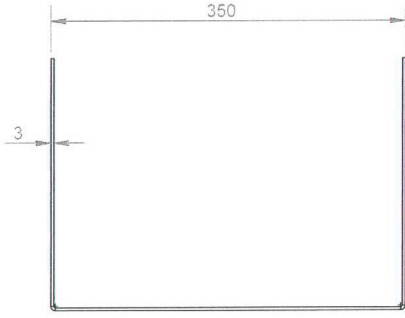
Parça Adı :	Dikme	Tolerans :	
Malzeme :	Paslanmaz Çelik	Ölçek :	1/4
Çizen :	Cenk Eryılmaz	Res.No.	
Tarih :		Rev.No.	00

1

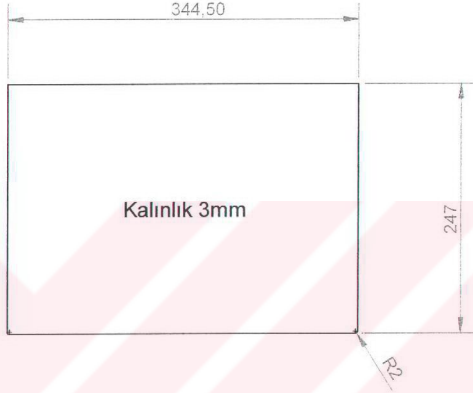
2

3

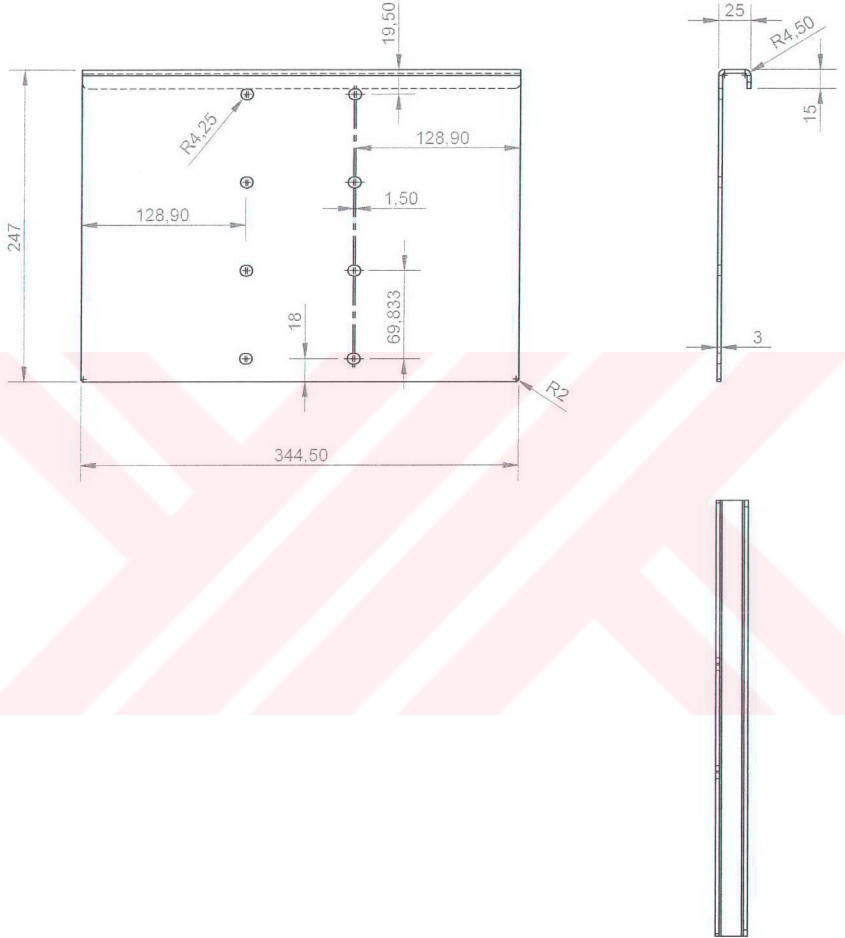
4



Parça Adı :	Hazne U	Tolerans :	
Malzeme :	Paslanmaz Çelik	Ölçek :	1/5
Çizen :	Cenk Eryılmaz	Res.No.	
Tarih :		Rev.No.	00



Parça Adı :	Hazne Kapak 1	Tolerans :	
Malzeme :	Paslanmaz Çelik	Ölçek :	1/5
Çizen :	Cenk Eryılmaz	Res.No.	
Tarih :		Rev.No.	00



Parça Adı :

Hazne Kapak 2

Tolerans :

Malzeme :

Paslanmaz Çelik

Ölçek :

1/4

Çizen :

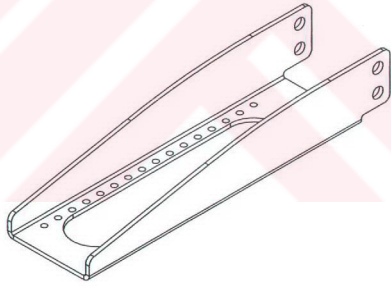
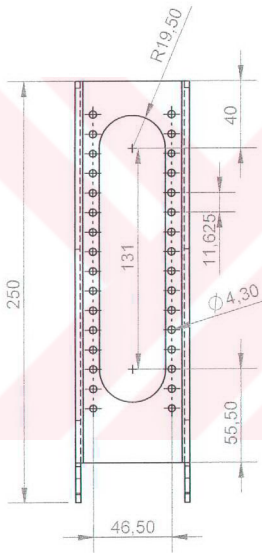
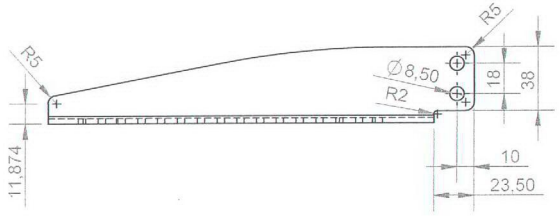
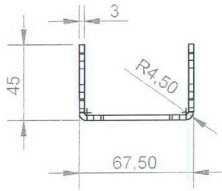
Cenk Eryılmaz

Res.No.

Tarih :

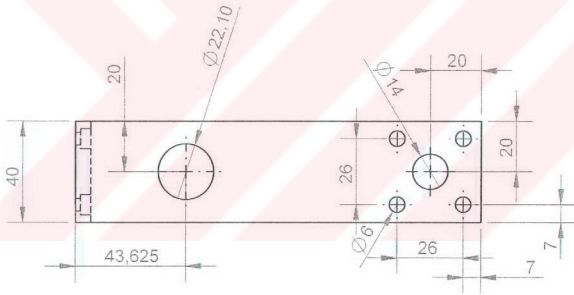
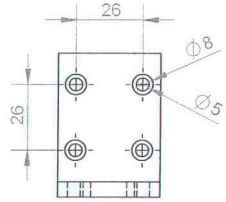
Rev.No.

00



+

Parça Adı :	Kol	Tolerans :	
Malzeme :	Paslanmaz Çelik	Ölçek :	1/3
Çizen :	Cenk Eryılmaz	Res.No.	
Tarih :		Rev.No.	00



Parça Adı :

L Yük Kolu

Tolerans :

Malzeme :

Alüminyum

Ölçek :

1/2

Çizen :

Cenk Eryılmaz

Res.No.

Tarih :

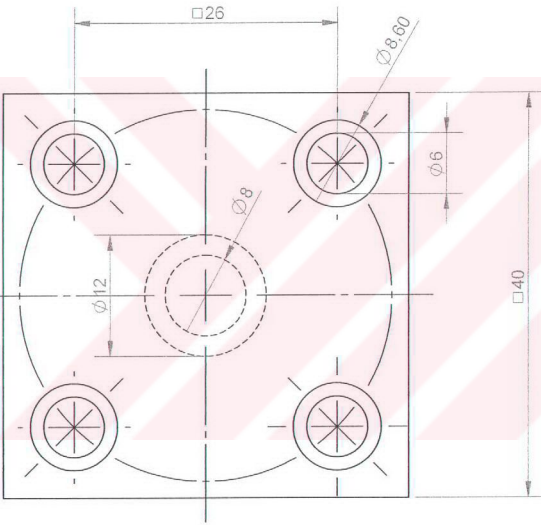
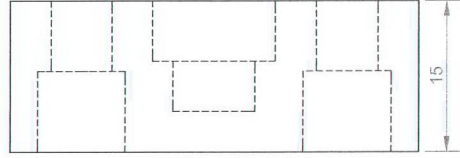
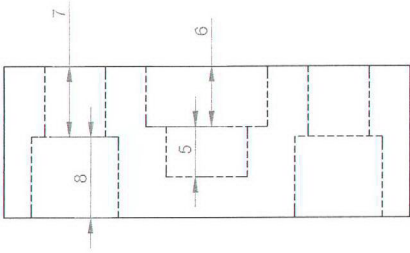
Rev.No.

1

2

3

4



Parça Adı :

Üst Yatak

Tolerans :

Malzeme :

Polietilen

Ölçek :

2/1

Çizen :

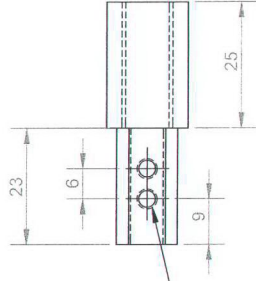
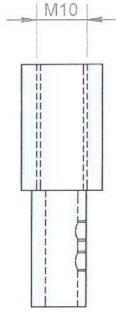
Cenk Eryılmaz

Res.No.

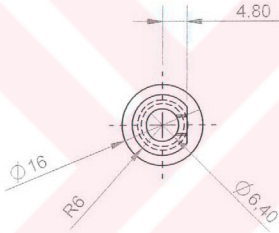
Tarih :

Rev.No.

00



M4x0,7



Parça Adı :

Bağlantı Parçası

Tolerans :

Malzeme :

Ck 45

Ölçek :

1/1

Çizen :

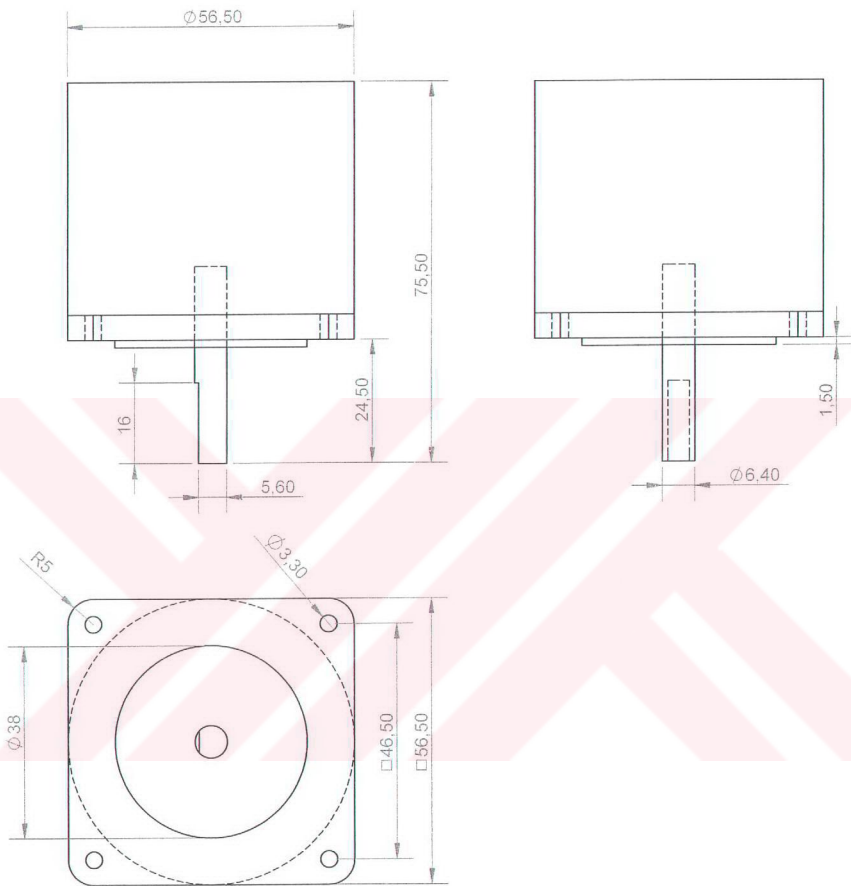
Cenk Eryılmaz

Res.No.

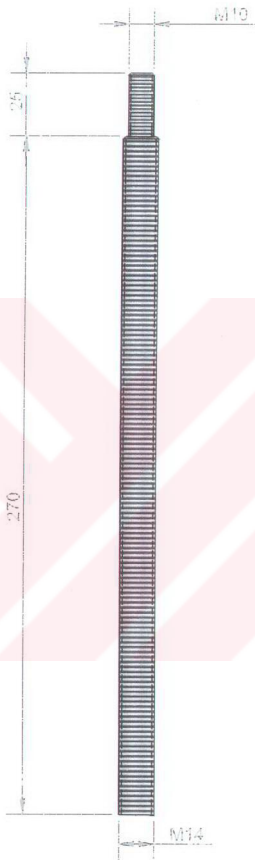
Tarih :

Rev.No.

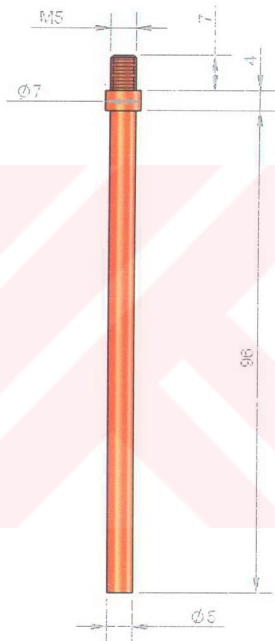
00



Parça Adı :	Step Motor	Tolerans :	
Malzeme :		Ölçek :	1/1
Çizen :	Cenk Eryılmaz	Res.No.	
Tarih :		Rev.No.	00



Ölçek 1/2



Ölçek 1/1

Parça Adı : Elektrod ve Mil

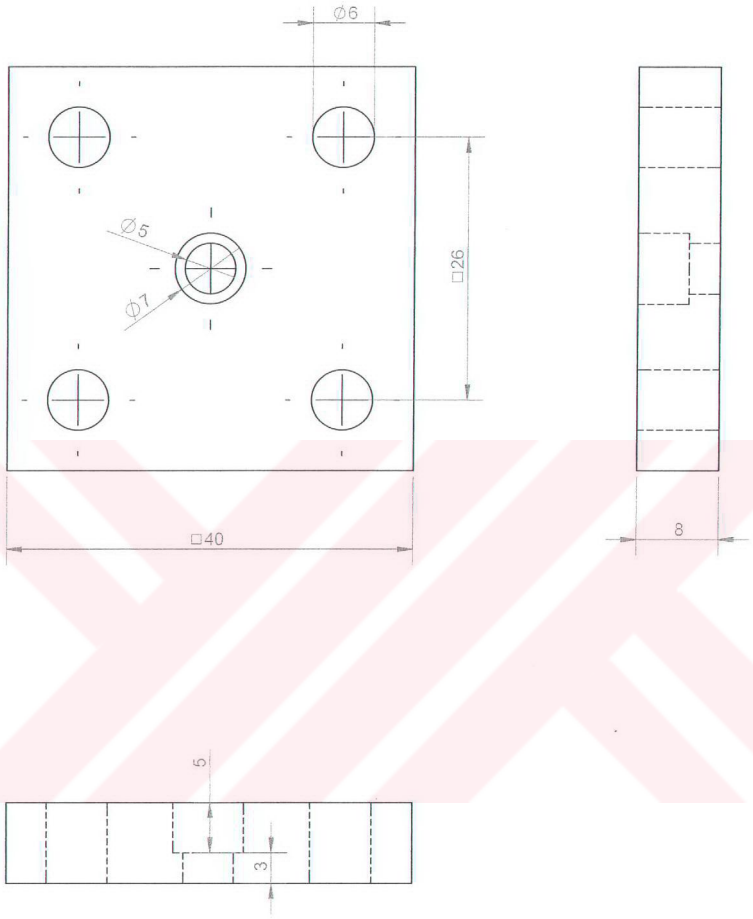
Çizen : Cenk Eryılmaz

1

2

3

4



Parça Adı : Elektrodun altındaki polietilen

Ölçek

2/1

Çizen :

Cenk Eryılmaz

11.SONUÇLAR

Elektroerezyon tezgahları daha çok kalıpcılık sektöründe sert metal malzemelerin işlenmesinde kullanılır.Klasik takım tezgahlarına işlenmesi zor gelen sert malzemeleri kolaylıkla işler bu tezgahların eksikliklerini kapatır.

Bu tezgahlar ülkemizde yaygınlaşmış gün geçtikçe daha çok imalat sanayinde kullanılır hale gelmiştir.Ülkemizde yerli 4 tane elektroerezyon tezgahı imalatı gerçekleştiren firma bulunmaktadır.Bunların isimleri FURKAN,ELAR,AJAN ve HIZAL 'dır.

Bu çalışmada bir dalma elektroerezyon tezgahının dizaynı ve imalatı gerçekleştirilmiştir.Bu tezgahın esas hedefi demonstratif amaçlı masaüstü bir tezgah olması ve basit deneysel çalışmalar için kullanılmasıdır .Tezgahın ortalama çalışma akımı 12-13 A olup elektrodun hareketi step motorun kontrollü döndürülmesiyle sağlanmıştır.Yapılan deneylerde çapı 5mm olan Cu elektrod kullanılmış olup kullanılabilir maksimum elektrod çapı 12mm dir.Ayrıca bu masaüstü tezgahta işleme esnasında ortamda oluşan metal parçacıkları ortamdaki uzaklaştırmak için dielektrik sıvı sirkülasyonu yapılmamaktadır.

Çeşitli nedenlerden ötürü tezgahın bazı kısımlarında çalışması esnasında bazı kısıtlamalar mevcuttur.Bunlar güç kademesinin (akımın) geniş bir aralıkta ayarlanamaması ,elektrodun çalışma ve geri çekme sürelerinin manuel olarak belirlenmesi ve dielektrik sıvı sirkülasyonunun olmamasıdır.

Tezgah dizaynı ve imalatı gerçekleştirildikten sonra çalışması denenmiş st37 malzemede 3dakika çalışma süresinde , elektrodun çalışması ve geri çekme süreleri 10'ar saniye olup toplam 0,26 gr talaş kaldırılmıştır.

Bu tezgahla yapılan çalışmalarda dielektrik sıvının temizlenmemesi ve sirküle edilmemesi gerek elektrod gerek iş parçası gerekse işlemin performansı açısından olumsuz olduğu görülmüştür.Bu tezgah bir protatip kabul edilebilir ve geliştirilebilir

KAYNAKLAR

Springborn, R., (1967), non-traditional machining processes ,AMERICAN SOCIETY OF TOOL AND MANUFACTURING ENGINEERS ,Michigan

McGEOUGH , J., (1987), Advanced Methods of Machining , Chapman and Hall ,New York

Guitrau , E., (1997) , The EDM HANDBOOK ,Hanser Gardner , Cincinnati

Furkan elektroerezyon tezgahları temel bilgiler kılavuzu , (2000) , Ankara

ECA katalogları

NSK lineer yatak katalođu

EKLER

Ek1 NSK lineer yatak katalog sayfası



LS Series (Preloaded assembly)

Dimensions of LS Series (Preloaded assembly)

LS-CL (Medium load type)
LS-AL (High load type)

• Specification number of preloaded assembly
(Custom made assembly)

LH3.5 0.84.0 A.L.C.2 = P.N.Z.0 - II

II refers to a set of 2 linear guides; no code

Preload code

• Z0 fine clearance

• Z1 slight pre-load

• Z2 standard pre-load

Accuracy grade

• PN normal grade

• C Standard material

• PS high precision grade

• P4 super precision grade

Number of ball slides per rail

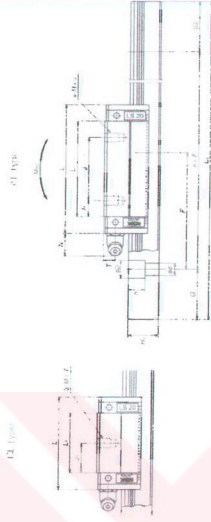
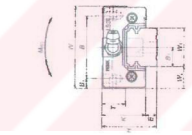


Table J-5b

Model No.	Assembly				Mounting details										Lubrication			
	H	E	W	L	B	J	M	pin	z	B	L	J	R	F	Pin	L	N	
LS15CL	24	4.6	13.5	34	26	—	M4x0.7x6	4	23.6	11.6	19.4	10	φ 3	6.3	—	—	—	
LS15AL	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
LS20CL	28	6	14	42	32	32	M5x0.8x7	4	30	15	25	12	φ 4	8	—	—	—	
LS20AL	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
LS25CL	33	7	15.5	48	36	—	M6x1x9	5	38	19	28	12	M6x0.75	7	11	—	—	
LS25AL	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
LS30CL	42	9	19	60	46	46	M8x1.2x12	3	42	21	33	13	M8x1	7	11	—	—	
LS30AL	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
LS36CL	48	10.5	19	70	50	50	M8x1.2x12	10	49	24.5	37.5	14	M8x0.75	6.5	11	—	—	
LS35AL	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

NSK offers M-33 Super-Load (M-33) ball bearings for mounting on NSK rail. For details, see page 77. • A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD, AE, AF, AG, AH, AI, AJ, AK, AL, AM, AN, AO, AP, AQ, AR, AS, AT, AU, AV, AW, AX, AY, AZ, BA, BB, BC, BD, BE, BF, BG, BH, BI, BJ, BK, BL, BM, BN, BO, BP, BQ, BR, BS, BT, BU, BV, BW, BX, BY, BZ, CA, CB, CC, CD, CE, CF, CG, CH, CI, CJ, CK, CL, CM, CN, CO, CP, CQ, CR, CS, CT, CU, CV, CW, CX, CY, CZ, DA, DB, DC, DD, DE, DF, DG, DH, DI, DJ, DK, DL, DM, DN, DO, DP, DQ, DR, DS, DT, DU, DV, DW, DX, DY, DZ, EA, EB, EC, ED, EE, EF, EG, EH, EI, EJ, EK, EL, EM, EN, EO, EP, EQ, ER, ES, ET, EU, EV, EW, EX, EY, EZ, FA, FB, FC, FD, FE, FF, FG, FH, FI, FJ, FK, FL, FM, FN, FO, FP, FQ, FR, FS, FT, FU, FV, FW, FX, FY, FZ, GA, GB, GC, GD, GE, GF, GG, GH, GI, GJ, GK, GL, GM, GN, GO, GP, GQ, GR, GS, GT, GU, GV, GW, GX, GY, GZ, HA, HB, HC, HD, HE, HF, HG, HH, HI, HJ, HK, HL, HM, HN, HO, HP, HQ, HR, HS, HT, HU, HV, HW, HX, HY, HZ, IA, IB, IC, ID, IE, IF, IG, IH, II, IJ, IK, IL, IM, IN, IO, IP, IQ, IR, IS, IT, IU, IV, IW, IX, IY, IZ, JA, JB, JC, JD, JE, JF, JG, JH, JI, JJ, JK, JL, JM, JN, JO, JP, JQ, JR, JS, JT, JU, JV, JW, JX, JY, JZ, KA, KB, KC, KD, KE, KF, KG, KH, KI, KJ, KK, KL, KM, KN, KO, KP, KQ, KR, KS, KT, KU, KV, KW, KX, KY, KZ, LA, LB, LC, LD, LE, LF, LG, LH, LI, LJ, LK, LL, LM, LN, LO, LP, LQ, LR, LS, LT, LU, LV, LW, LX, LY, LZ, MA, MB, MC, MD, ME, MF, MG, MH, MI, MJ, MK, ML, MM, MN, MO, MP, MQ, MR, MS, MT, MU, MV, MW, MX, MY, MZ, NA, NB, NC, ND, NE, NF, NG, NH, NI, NJ, NK, NL, NM, NO, NP, NQ, NR, NS, NT, NU, NV, NW, NX, NY, NZ, OA, OB, OC, OD, OE, OF, OG, OH, OI, OJ, OK, OL, OM, ON, OO, OP, OQ, OR, OS, OT, OU, OV, OW, OX, OY, OZ, PA, PB, PC, PD, PE, PF, PG, PH, PI, PJ, PK, PL, PM, PN, PO, PP, PQ, PR, PS, PT, PU, PV, PW, PX, PY, PZ, QA, QB, QC, QD, QE, QF, QG, QH, QI, QJ, QK, QL, QM, QN, QO, QP, QQ, QR, QS, QT, QU, QV, QW, QX, QY, QZ, RA, RB, RC, RD, RE, RF, RG, RH, RI, RJ, RK, RL, RM, RN, RO, RP, RQ, RR, RS, RT, RU, RV, RW, RX, RY, RZ, SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SI, SJ, SK, SL, SM, SN, SO, SP, SQ, SR, SS, ST, SU, SV, SW, SX, SY, SZ, TA, TB, TC, TD, TE, TF, TG, TH, TI, TJ, TK, TL, TM, TN, TO, TP, TQ, TR, TS, TT, TU, TV, TW, TX, TY, TZ, UA, UB, UC, UD, UE, UF, UG, UH, UI, UJ, UK, UL, UM, UN, UO, UP, UQ, UR, US, UT, UY, UV, UW, UX, UY, UZ, VA, VB, VC, VD, VE, VF, VG, VH, VI, VJ, VK, VL, VM, VN, VO, VP, VQ, VR, VS, VT, VU, VV, VW, VX, VY, VZ, WA, WB, WC, WD, WE, WF, WG, WH, WI, WJ, WK, WL, WM, WN, WO, WP, WQ, WR, WS, WT, WU, WV, WW, WX, WY, WZ, XA, XB, XC, XD, XE, XF, XG, XH, XI, XJ, XK, XL, XM, XN, XO, XP, XQ, XR, XS, XT, XU, XV, XW, XX, XY, XZ, YA, YB, YC, YD, YE, YF, YG, YH, YI, YJ, YK, YL, YM, YN, YO, YP, YQ, YR, YS, YT, YU, YV, YW, YX, YY, YZ, ZA, ZB, ZC, ZD, ZE, ZF, ZG, ZH, ZI, ZJ, ZK, ZL, ZM, ZN, ZO, ZP, ZQ, ZR, ZS, ZT, ZU, ZV, ZW, ZX, ZY, ZZ.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	17.12.1980	
Doğum Yeri	İstanbul	
Lise	1994-1998	Tuzla Anadolu Teknik Lisesi Elektronik Bölümü
Lisans	1998-1999	Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
	1999-2002	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2002-	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh.Anabilim Dalı , İmal Usulleri Programı

Çalıştığı Kurumlar

2002-Devam ediyor	PEMAKS Pnömatik ve Hidrolik Silindir San.Tic. ith.ihr.Ltd. Şti.
-------------------	--