T.C.

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AŞINMIŞ PLAZMA NOZULLARININ AŞINAN KISIMLARININ GÜMÜŞ İÇEREN LEHİMLERLE DOLDURULARAK TEKRAR KULLANILABİLİRLİĞİ

Ayşe YAYLI EYÜBOĞLU

Danışman	**Dr. Öğr. Üyesi Özkan ESKİ**
Jüri Üyesi	**Doç. Dr. Serkan ISLAK**
Jüri Üyesi	**Dr. Öğr. Üyesi Erkan KOÇ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

KASTAMONU – 2019

TEZ ONAYI

Ayşe YAYLI EYÜBOĞLU tarafından hazırlanan "**Aşınmış Plazma Nozullarının Aşınan Kısımlarının Gümüş İçeren Lehimlerle Doldurularak Tekrar Kullanılabilirliği**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Dr. Öğr. Üyesi Özkan ESKİ Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Serkan ISLAK Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Erkan KOÇ Karabük Üniversitesi	.....

14/01/2019

Enstitü Müdürü Prof. Dr. Hasbi YAPRAK .....

ii

TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.

İmza
Ayşe YAYLI EYÜBOĞLU



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AŞINMIŞ PLAZMA NOZULLARININ AŞINAN KISIMLARININ GÜMÜŞ İÇEREN LEHİMLERLE DOLDURULARAK TEKRAR KULLANILABİLİRLİĞİ

Ayşe YAYLI EYÜBOĞLU

Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Özkan ESKİ

1950'li yıllardan günümüze kadar üst düzey üretim teknolojilerinde kullanılan plazma, maddenin dördüncü hali olarak karşımıza çıkmaktadır. İlk endüstriyel plazma arkı ve kesme torcu 1957 yılında Linde tarafından yapılmıştır.1962 'de James Browning çift gazlı ve ters kutuplamalı plazma ark kaynağının patentini almış ve bu yöntemle alüminyum kaynak uygulamaları yapmıştır. 1978'de NASA'nın uzay mekiklerinin alüminyum kısımlarında plazmayı kullanarak daha iyi neticeler elde etmesiyle yöntem ticari boyutta önemli bir prestij kazanmış ve uygulamaları artmıştır.

Madde gaz halindeyken, harici bir kaynak yardımıyla, sürekli enerji verilmeye devam edildiğinde, madde plazma haline geçecek yani iyonlaşacaktır. Bu iyonlar yardımıyla yapılan ısıl kesme işlemine plazma ile kesme denmektedir. Bu işlemi açıklayacak olursak; torç dediğimiz uç parça içerisinde akan gaza enerji verilerek oluşturulacak yüksek sıcaklık ve hızdaki iyonik akımın, bir nozul yardımıyla odaklanarak, pozitif kutup olan malzemeye yönlendirilmesi ve bu yönlendirme sonucunda malzemenin ergiyerek, iyonik akımın jet etkisiyle malzemeden uzaklaştırılması işlemidir.

Plazma ile kesme işleminde yüksek ısıya maruz kalan torç içindeki nozulların yüksek miktarda aşınmaya uğramaktadırlar. Yapılan literatür incelemesinde plazma kesme elektrotlarının hafniyum olduğu ve çevresinin bakırdan imal edildiği, ancak meme ömrünün uzatılması amacıyla gümüşten imal edildikleri görülmüştür. Endüstriyel uygulamalarda bazı firmaların hafniyum elektrot çevresinde gümüş kullandığı ve böylece elektrot ömrünü artırdığı bilgisine rastlanmıştır.
Ülkemizde plazma kesme işlemi yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Gerek elektrot, gerekse kısıcı memeler ithal edilmekte ve ülkemizden döviz çıkışı olmaktadır.

Kısıcı memelerde, meme ağırlığının %1 'i kadar olmayan aşınma düzeylerinde memenin kullanım ömrü bitmektedir. Aşınmaya bağlı olarak kesme kalitesi düşmektedir.

Bu çalışmada aşınmış kısıcı memelerin, %2, %20, %40 ve %92,5 gümüş ihtiva eden lehimler kullanılıp doldurularak geri dönüşümünün mümkünlüğü araştırılmıştır. Lehimleme işlemi yeniden aşınma sürecinden sonra yinelenerek tekrar tekrar kullanım sağlanmaya çalışılmıştır. Bu şekilde hem ülke ekonomisine katkıda bulunulması hem de yeni bir iş kolu türetilmesi hedeflenmiştir.

Deneylerde Lincoln PC100 Plazma Kesme Cihazı kullanılmıştır. Plazma gazı olarak 5Bar basınç ve 200lt/dak debideki hava kullanılmıştır. 50 Amperde 1m/dak kesme hızında işlem yapılmıştır. Deneylerde 5mm kalınlıktaki 1x1 m ebatlarında yumuşak çelik levhaların kesimi yapılmıştır.Kesme işlemi 1cm'lik bölümlerle yapılmış ve nozul ile elektrodun malzeme kayıpları 1/1000 gr hassasiyetli dijital tartı ile ölçülmüş nozul delikleri fotoğraflanmıştır.

Nozulların gümüş ihtiva eden lehimlerle doldurulup tekrar kullanılabilirliği test sonuçlarından elde edilen verilere göre mümkündür.%2 ve %20 gümüş ihtiva eden lehimlerle doldurulan nozullardaki veriler orijinal bakır nozulla kıyaslandığında iyi olmasalar da, %40 ve %92,5 gümüş ihtiva eden lehimlerle doldurulmuş nozullardaki veriler orijinal bakır nozulla eşdeğer hatta yer yer daha iyidir.

Anahtar Kelimeler: Plazma kesme, nozullar, ikincil ark, gümüş alaşımlı lehim

2019, 56 sayfa
Bilim Kodu: 91

ABSTRACT

Ms. Thesis

REUSABILITY BY FILLING THE WEAR PARTS OF DOWN PLASMA NOZZLES WITH SOLDERS CONTAINING SILVER
Ayşe YAYLI EYÜBOĞLU

Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Material Science and Engineering

Supervisor: Ph. D. Özkan ESKİ

Plasma, which is used in high-end production technologies since 1950s, is the fourth state of matter. First industrial plasma arc and cutting torch made by Linde in 1957. In 1962 James Browning patented a double gas and reverse polarized plasma arc welding and in this way, aluminum welding applications were made. In 1978 NASA achieved a significant commercial prestige by achieving better results using plasma in aluminum parts of space shuttles and applications have increased.

When the substance is in the gaseous state, with the help of an external source, continuous energy is supplied, the material will become plasma, ie, ionize. With the help of these ions, thermal cutting is called plasma cutting. To explain this process; the ionic current at high temperature and speed to be generated by energizing the gas flowing in the end piece (torch), it is the process of directing the material to the positive pole material by focusing with the help of a nozzle and the melting of the material as a result of this orientation and the removal of the ionic current from the material by jet effect.

The nozzles in the torch, which are exposed to high temperatures during the plasma cutting process, are subject to high wear. In the literature review, it was seen that plasma cutting electrodes were hafnium and their surroundings were made of copper but they were made of silver for the purpose of extending the life of the nozzle. In industrial applications, it was found that some companies used silver around the hafnium electrode and thus increased the electrode life.
Plasma cutting in our country is a widely used method. Both electrodes and dimmers are imported and foreign exchange outflows from our country.

In dimmer nozzles, the wear life of the nozzle is approximately 1% of the nozzle weight. Cutting quality is reduced due to wear.of extending the life of the nozzle.

In this study, it was searched for the possibility of recycling and filling of worn dimmer nozzles using 2%, 20%, 40% and 92.5% silver containing solders. After the re-wear process, the soldering process was repeated and repeated use was made. In this way, it is aimed to contribute both to the national economy and to derive a new business line.

Lincoln PC100 Plasma Cutting Device was used in the experiments. 5Bar pressure was used as plasma gas and air at flow rate of 200 lt / min. 50 amperes at a cutting speed of 1m / min. In the experiments, soft steel sheets of 5 mm thickness 1x1 m were cut. The cutting process was done with 1 cm sections and the material losses of the nozzle and electrode were measured with a 1/1000 g digital weighing nozzle holes.

It is possible to fill the nozzles with silver-containing solders and reuse them according to the test results. Data on nozzles filled with solders containing 2% and 20% silver are not good when compared to the original copper nozzle, but data on nozzles filled with solders containing 40% and 92.5% silver are good. The original copper nozzle is even better than the equivalent place.

Keywords: Plasma cutting, nozzles, secondary arc, silver alloy solder

2019, 56 page
Science Code: 91

TEŞEKKÜR

Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında başladığım Yüksek Lisans Hayatıma, tez aşamasında geçiş yaparak Kastamonu Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Ana Bilim Dalında devam etme şansını bana sunan ,yol gösteren ve tezimin tüm safhalarında ilgi ve desteğini her zaman yanımda hissettiğim çok değerli tez danışmanım Dr. Öğr.Üyesi Özkan ESKİ' ye,

Tezimin deneysel çalışmaları esnasında atelye kullanımı konusunda sınırsız imkan sunan M.Y.O Müdürlüğü'ne,

Deneysel çalışmalarım esnasında hiçbir yardımı esirgemeyen M.Y.O Makine atelyesi çalışanlarına ,

Tezime ait ölçümlerin yapılması esnasında yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Celal NAZLI' ya,

Hayatımın tüm evrelerinde sonsuz destekleri için, canımdan çok sevdiğim, vazgeçilmezlerim olan aileme,

Ve en kıymetlim canım oğlum R. Denizalp EYÜBOĞLU' na, en içten teşekkürlerimle…

Ayşe YAYLI EYÜBOĞLU
Kastamonu, Ocak, 2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLOLAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. TERMİK KESME YÖNTEMLERİ	3
2.1. Kesme Yöntemlerine Genel Bakış	3
2.2. Plazma ile kesmenin genel tanımı	7
2.3. Plazma Tekniğinin Esasları	9
2.4. Plazma ile Kesilebilen Malzemeler	12
2.5. Plazma ile Kesme Kalitesine Etkiyen Parametreler Ve Avantajları	13
2.6. Plazma ile Kesmede Ark Oluşumları	14
2.7. Plazma ile Kesme İşleminde Kesme Ve Yüzey Kalitesi	18
3. DENEYSEL ÇALIŞMA	22
4. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA	25
5. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	26
KAYNAKLAR	36
EKLER	40
EK 1- Alaşımlandırılmış lehimlerle doldurulmuş nozullardaki yüzey erozyonu fotoğrafları	
EK 2- Yarık fotoğrafları	
EK 3- Yüzey kalitesi fotoğrafları	
ÖZGEÇMİŞ	56

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Ag	Gümüş
Cd	Kadmiyum
Cu	Bakır
K	Kelvin
mgr	Miligram
mm	Milimetre
P	Fosfor
Zr	Zirkonyum

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Talaşlı Kesme İşlemi 3
Şekil 2.2. Talaşsız Kesme İşlemi 4
Şekil 2.3. Su Jeti İle Kesme İşlemi 4
Şekil 2.4. Fiziğine Göre Termik Kesme Yöntemleri 5
Şekil 2.5. Oksijen İle Kesme İşlemi 7
Şekil 2.6. Plazma İle Kesme 8
Şekil 2.7. Plazma İle Kesmede Sıcaklık Bölgeleri 8
Şekil 2.8. Termal Kesme Metodları 10
Şekil 2.9. Yapı Çelikleri İçin Maksimum Kesme Hızının Karşılaştırılması 10
Şekil 2.10. Plazma İle Kesme Sistemi 11
Şekil 2.11. Torç Kafası Ve Parçaları 12
Şekil 2.13. Kesme Parametreleri 14
Şekil 2.14. İkincil Ark Oluşumu 15
Şekil 2.15. Anod Ve Katod Arasındaki Ark Oluşum Olasılıkları 15
Şekil 2.16. Erimeyen Elektrottan Nozula Metal Transferi 16
Şekil 2.17. Çeşitli Nozul Aşınmaları 16
Şekil 2.18. Plazma Memelerindeki Soğutma Sistemleri 17
Şekil 2.19. Plazma Kesmede Elektrod Ucunun Formu 18
Şekil 2.20. Kesme Bölgesi Kesiti 18
Şekil 2.21. Kesim Hattı Girdap Çizgileri 19
Şekil 2.22. Sakal Oluşumu 19
Şekil 2.23. Üst Temas Serpintisi 20
Şekil 2.24. Kesme Açısı 20
Şekil 2.25. Yarık Aralığı Ve Ağız Radüsü 21
Şekil 3.1. Lehimleme Bölgesinin Boyutları 22
Şekil 3.3. Lincoln PC100 Plazma Kesme Cihazı 23
Şekil 3.4. Standart İç Ve Dış Nozul 24
Şekil 3.5. Deney Düzeneği Şematik Gösterimi 24
Şekil 4.1. L-Ag2P Lehim Alaşımı İle Doldurulan Nozul Ağzındaki Erozyon ... 25
Şekil 4.2. L-Ag2P Lehim Alaşımı İle Doldurulan Nozul Yüzey Erozyonu… ... 25
Şekil 4.3. Erimeyen Elektrot ve L-20AgP Doldurulan Nozula Erozyon Hızı… 26
Şekil 4.4. L-20AgP Doldurulan Nozul Yüzeyindeki Erozyon…. 26
Şekil 4.5. Erimeyen Elektrot ve L-Ag40Cd Doldurulan Nozula Erozyon Hızı... 27
Şekil 4.6. L-Ag40Cd Doldurulan Nozul Yüzeyindeki Erozyon… 27
Şekil 4.7. Erimeyen Elektrot ve %92,5 Ag Doldurulan Nozulda Aşınma Oranları 28
Şekil 4.8. %92,5 Ag Doldurulan Nozul Yüzeyindeki Erozyon… 28
Şekil 4.9. Erimeyen Elektrot ve Orijinal Cu Nozulda Aşınma Oranları…. 29
Şekil 4.10. Cu Bakır Nozul Yüzeyindeki Erozyon… 29
Şekil 4.11. Nozul Erozyonları…. 30
Şekil 4.12. Elektrottan Nozul İç Yüzeyine Metal Transferi…. 31
Şekil 4.13. Üst ve Alt Ağız arası Açısal Fark Değişimi…. 32
Şekil 4.14. Alt Ağız Ölçüsü Değişimi…. 32
Şekil 4.15. Alt Ağız Ölçüsü Değişimi…. 33
Şekil 4.16. Geniş Ağız Ölçüsü Değişimi… 34
Şekil 4.17. Ağız Radüs Ölçüsü Değişimi 34

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.12. HD3070 Sistemi Gaz Tablosu 13
Tablo 3.2. Dolgu Metallerinin Kimyasal Kompozisyonları..... 23

1. GİRİŞ

Son yıllarda büyük bir ilerleme kaydeden teknoloji ve teknolojik ihtiyaçlar, insanoğlunun üretime yönelik sektörlerde de araştırma-geliştirme ve ileri imalat yöntemlerine olan gereksinimlerini de artırmıştır. Çeşitli kullanım alanlarına göre alternatif imalat yöntemlerinin kullanılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Değişen piyasa şartlarına adapte olabilmek işletmelerin de bu değişken şartlara ayak uydurabilmeleri için temel şart haline gelmiştir.

Plazma kesme tekniği 1950 li yılların sonunda yüksek alaşımlı çeliklerin ve alüminyumun efektif şekilde kesilmesi için tasarlanmıştır. Plazma ile kesme, oksi-asetilen alevi ile kesmeye uygun olmayan yüksek alaşımlı çeliklerin ve alüminyumun kesilmesine imkân vermesinin yanında ısıdan etkilenen bölgenin dar olması, yüksek kesme hızı ve kalitesi gibi avantajlara sahiptir. Bu yöntem ile 40 mm kalınlığına kadar yumuşak çeliklerin, 100 mm' ye kadar yüksek alaşımlı çeliklerin ve 180 mm' ye kadar alüminyumun kesimi mümkündür. Yüksek sıcaklığa sahip olması nedeniyle plazma arkı ile kesme işlemi hemen hemen elektriksel iletkenliğe sahip tüm metallerin kesimi yapılabilmektedir.

Plazma arkı ile kesme düşük ısı girdisinin önem arz ettiği durumlarda, yüksek kesme hızından dolayı büyük avantaja sahiptir. Özellikle ince taneli çeliklerin kesiminde bu avantaj son derece önemlidir. Oksi-asetilen alevi ile kesmeye nazaran kesme hızı 5-6 kat daha yüksektir.

Nozuldaki aşınmaları önlemek için nozulun ısıya maruz kalan bölgeleri önce alüminyumoksit ve zirkonyumoksit ile kaplanarak test edilmiştir. Alüminyumoksit ve zirkonyumoksit ile kaplanan bakır nozulların çok daha kısa kesme mesafelerinde aşındığı ve tahrip olduğu görülmüştür. Bunun nedeni, düşük ısıl ve elektriksel iletkenlikten kaynaklandığı yönünde olmuştur.

Bu çalışmada, yıpranmış ve malzeme kaybına uğramış plazma nozullarını tekrar kullanılabilmek amacıyla çeşitli oranlarda gümüş içeren lehim alaşımlarıyla

doldurulmuştur. %40 ve % 92.5 gümüş ihtiva eden nozul ve bakır nozullar çok yakın değerlere sahiptir. Deneylerde Lincoln PC100 Plazma Kesme Cihazı kullanılmıştır. Plazma gazı olarak 5 Bar basınç ve 200lt/dak debideki hava kullanılmıştır. 50 Amperde 1m/dak kesme hızında işlem yapılmıştır. Deneylerde 5mm kalınlıktaki 1x1 m ebatlarında yumuşak çelik levhaların kesimi yapılmıştır.

Kesme işlemi 1cm'lik bölümlerle yapılmış ve nozul ile elektrodun malzeme kayıpları 1/1000 gr hassasiyetli dijital tartı ile ölçülmüş nozul delikleri fotoğraflanmıştır.

Deneylerden elde edilen değerler orijinal elektrod ve bakır nozulla yapılan kesme işlemiyle mukayese edilmiştir. Elde edilen verilere göre nozulların gümüş ihtiva eden alaşımlarla doldurularak yeniden kullanabileceği görülmüştür.

2.TERMİK KESME YÖNTEMLERİ

2.1. Kesme Yöntemlerine Genel Bakış

Malzemelerin imalat safhalarından önce, ön bir boyutlandırma işlemi olarak kesme işlemleri yapılmaktadır. Malzemenin türüne bağlı olarak farklı kesme yöntemleri endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Malzemenin yapısı ve türü kesme yönteminin belirlenmesinde önemli rol oynar. Malzemenin oksitlenebilmesi, sertliği, erime sıcaklığı, oksijen ile reaksiyona girdiğindeki ısı enerjisini ortaya çıkarabilmesi, elektriksel ve ısıl iletkenliği kesme işleminin seçiminde belirleyicidir.

Kesme işlemlerini temel olarak dört alt başlıkta toplayabiliriz.

-Talaşlı Kesme Yöntemleri

-Talaşsız Kesme Yöntemleri

-Termik Kesme

-Su Jetiyle Kesme

Talaşlı kesme (Şekil 2.1) yöntemleri ısıya hassas malzemelerin veya dar toleranslar içinde yapılması gereken kesme işlemlerinde kullanılır. Plastik, ahşap, metal gibi pek çok malzeme bu yöntemle kesilebilir. Kesme işlemi sonucunda ortaya çıkan talaş kesilen metal ile aynı özellikleri taşır. Kesme yüzeylerinde kimyasal ya da termik maruziyetten doğan değişimler olmaz. Bu yöntemde kesme hızı termik kesme yöntemlerine göre düşük, su jeti ve elektro erozyon yöntemlerine göre yüksektir.



Şekil 2.1. Talaşlı kesme işlemi

Talaşsız kesme (Şekil 2.2) yöntemlerinde temel olarak malzemede kayma gerilmesi, malzemenin sınırlarının üzerinde oluşacak şekilde makaslama zorlamasına tabii tutulur, kesilecek parçalar birbirine göre ötelenir. Bu yöntemde kesilen bölgelerde plastik şekil değişimi olur. Talaş oluşumu söz konusu değildir. Malzemede termik ya da kimyasal etkilenmenin söz konusu olmaması bu yöntemin avantajıdır. İnce sac malzemelerin kesimi hızlı bir şekilde yapılabilir. Çok kalın ve sert malzemelere uygulanması zordur.



Şekil 2.2. Talaşsız kesme işlemi

Su jeti ile kesmede (Şekil 2.3); yüksek basınç etkisiyle hareket eden su jetine aşındırıcı partiküllerin ilave edilmesi, yüksek kinetik enerji ile hareket eden partiküller malzeme üzerinde erozyona sebep olur. Bu şekilde sert malzemelerin de kesme işlemleri mümkün olabilmektedir. Son yıllarda endüstride daha yaygın kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 2.3. Su jeti ile kesme işlemi

Termik kesme yöntemleri malzemelerin ısı enerjisi ve\veya oksijen ile reaksiyona girmesiyle yapılan bir kesme yöntemidir. Isı enerjisi, elektrik arkı, alev, lazer ışını ile

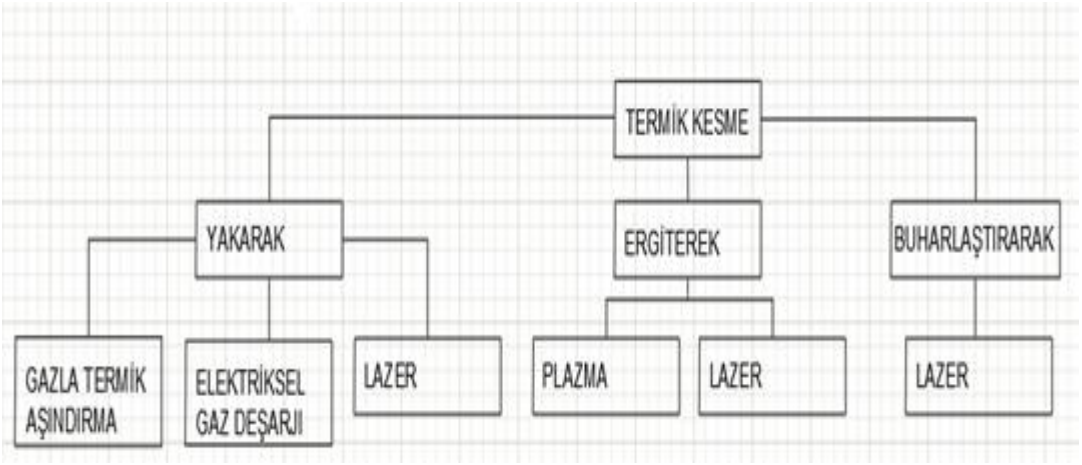
malzemeye aktarılabilmektedir. Belli bir sıcaklığa kadar ısıtılan malzemenin erimesi, oksitlenmesi ya da buharlaştırılması prensibine dayanır. Bazı yöntemlerde birden fazlası da ortaya çıkmaktadır. Bu yöntemde kesme yüzeylerinde ısının yaratmış olduğu etkiler (oksitlenme ve içyapı değişimleri) görülmektedir. Yönteme bağlı olarak kesme yüzeylerinin toleransları farklılık göstermektedir. Malzemenin ısı iletim katsayısı, erime ve oksitlenme sıcaklıkları kesme yarığına yakın bölgelerde, ısıdan etkilenen bölgenin genişliği üzerindeki etkisi fazladır. Lazerle kesme işleminde bu bölge darken oksijen alevi ile kesmede yüksek olabilmektedir.

Termik kesme yöntemleri çok farklı sınıflandırmalara sahip olmakla birlikte kesme işleminin fiziğine göre;

- Yakarak kesme,

- Ergiterek kesme,

-Buharlaştırarak kesme olarak üç guruba ayrılır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Fiziğine göre termik kesme yöntemleri

İmalatın türüne göre de;

-Elle Kesme

-Kısmen Mekanize

-Otomatik Kesme olarak üç gruba ayırabiliriz.

Yakarak termik kesme yönteminde; iş parçası bölgesel olarak oksit etki altında bırakılır. Oksit etki sonrası oluşan yanmış ürünler yüksek kinetik enerjiye sahip oksijen arkı tarafından üflenerek uzaklaştırılır.

Ergiterek termik kesme yönteminde, kesimi yapılacak malzemenin ilk temas kısmı bölgesel olarak ergitilir ve ergiyen kısım yüksek sıcaklık ve yüksek kinetik enerjiye sahip gaz arkı tarafından iş parçasından uzaklaştırılır.

Buharlaştırarak termik kesme yönteminde ilk temas kısmı bölgesel olarak buharlaştırılır ve buharlaştırılan kısım yüksek kinetik enerjili gaz arkı tarafından iş parçasından uzaklaştırılır.

Endüstriyel uygulamalarda oksijen alevi ile kesme ve plazma arkıyla kesme işlemi elektriksel iletkenliğe sahip, hemen hemen tüm metallerin kesme işlemlerinde kullanılmaktadır. Plazma arkının yüksek sıcaklığı erime sıcaklığı ve\veya oksitlerinin erime sıcaklığının yüksek olduğu metallerin kesiminde avantaj teşkil etmektedir. Bu yöntemin çok kalın metallerin kesiminde kullanılmaması dezavantajıdır. Kesme hızının oksijenle kesmeye göre yüksek olması ve kesme bölgesinde ısıdan etkilenen bölgenin dar olması avantajdır.

Oksijenle kesme (Şekil 2.5) işlemi esnasında malzeme tutuşma sıcaklığına kadar ısıtılır ve oksijene maruz bırakılır. Akıcı hale gelen oksitlerin oksijen demetinin kinetik enerjisiyle uzaklaştırılmasıyla malzeme kesilmiş olur. Bir malzemenin oksijen ile kesilebilmesi için oksijen ile reaksiyona girebilmesi, tutuşma sıcaklığının erime sıcaklığının altında olması, akıcı bir cürufa sahip olması, oksijenle reaksiyona girmesi durumunda ekzotermik reaksiyon olması, oksitlerinin erime sıcaklığının, malzemenin erime sıcaklığından daha düşük olması gibi şartların sağlanması gerekir. Malzemenin ısı iletkenlik katsayısının yüksek olması, dezavantajıdır. Dolayısıyla plazma kesmede olduğu gibi elektriksel iletkenliğe sahip her metalin kesilmesi söz konusu değildir.



Şekil 2.5. Oksijen ile kesme işlemi

Lazerle kesme, ince sacların hassas bir şekilde kesilebildiği, otomasyona uygun, hızlı kesme sağlayan bir yöntem olarak endüstriyel uygulamalarda yer almaktadır. Bu yöntemde malzeme buharlaşma sıcaklığına kadar ısıtılır, buharlaşan malzeme soygaz demeti ve genleşme yardımıyla uzaklaştırılır. Üflecin veya parçanın ilerlemesiyle parça ağzı meydana gelir. Bu yöntemle yakarak ve eriterek de kesme işlemi mümkündür. Yakarak lazerle kesme işleminde lazer ışını ile tavlanan bölge reaksiyon sıcaklığına kadar ısıtılır. Gönderilen oksijen veya oksijen içeren gaz hüzmesi ile uzaklaştırılır. Lazerle eriterek kesmede yanmadan önce eriyen malzeme gaz hüzmesiyle uzaklaştırılır. Her iki prensipte de üflecin veya parçanın ilerlemesiyle kesme ağzı oluşturulur.

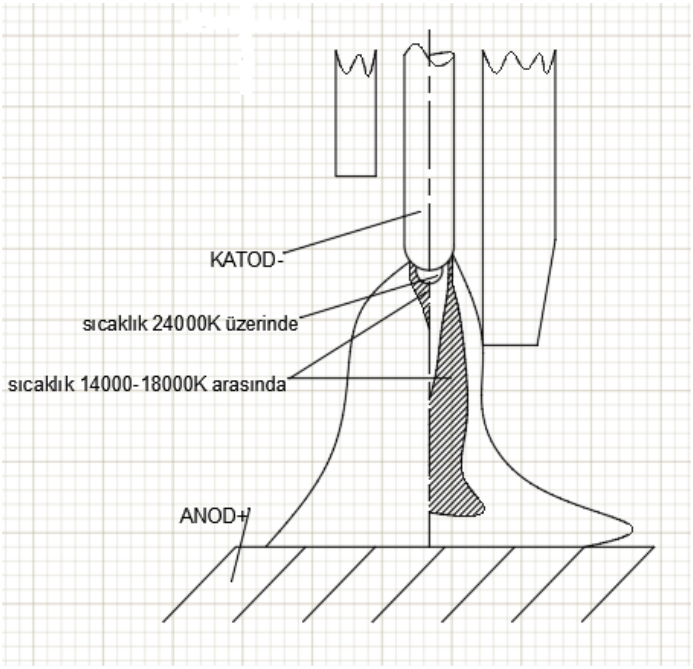
2.2. Plazma İle Kesmenin Genel Tanımı

Maddenin doğada bulunan katı, sıvı ve gaz hallerinin yanı sıra dördüncü hali de plazmadır. Madde gaz halindeyken, harici bir kaynak yardımıyla, sürekli enerji verilmeye devam edildiğinde, madde plazma haline geçer yani iyonlaşır. Bu iyonlar yardımıyla yapılan ısıl kesme işlemine plazma ile kesme denir (Şekil 2.6).



Şekil2.6. Plazma ile kesme

Bu işlemi açıklayacak olursak; torç dediğimiz uç parça içerisinde akan gaza enerji verilerek oluşturulacak yüksek sıcaklık ve hızdaki iyonik akımın, bir nozul yardımıyla odaklanarak, pozitif kutup olan malzemeye yönlendirilmesi ve bu yönlendirme sonucunda malzemenin ergiyerek, iyonik akımın kinetik enerjisi ile malzemeden uzaklaştırılması işlemidir.



Şekil 2.7. Plazma ile kesmede sıcaklık bölgeleri

Plazma ile kesme işlemi, elle kesim işlemlerinden sonra mekanikleştirmeye doğru gelişmiştir. Plazma hüzmesi ile, eğrisel ağızlar da dahil, tüm kaynak ağızları hazırlanabilmektedir (Anık, 1996).

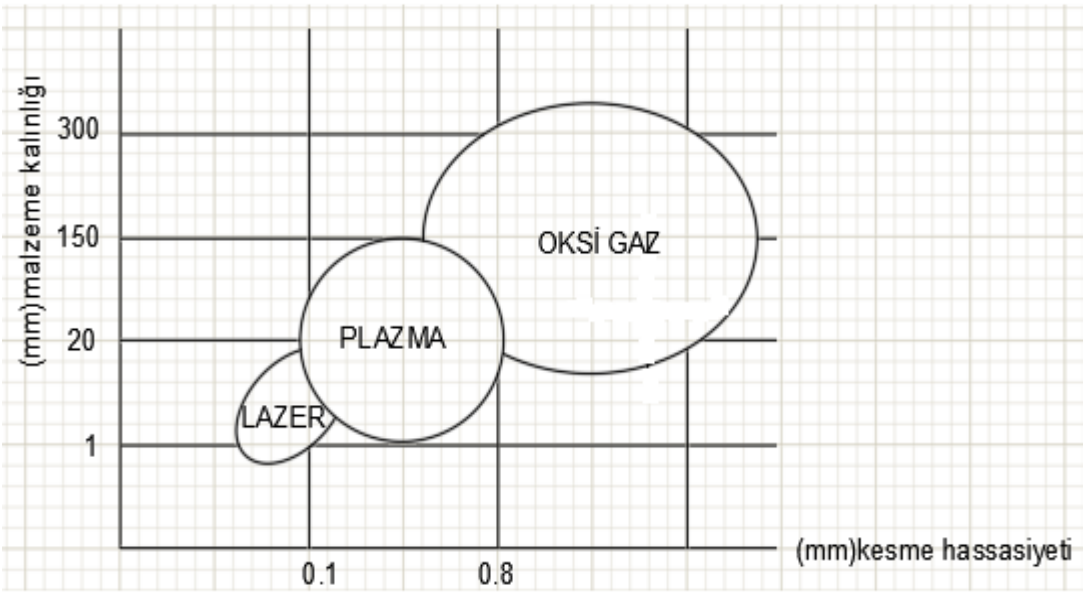
Plazma ile kesim işleminde oluşan arkın katottan anoda ulaşana kadar oluşturduğu hüzme içerisindeki sıcaklık dağılımları farklılıklar gösterir. Katodun ilk çıkış ağzında sıcaklık 24000 K üzerinde olmakla birlikte anoda doğru gidildikçe bu sıcaklık değerlerinin düştüğü bir gerçektir. Hüzmenin anoda ulaştığı noktadaki sıcaklığın 10000- 14000K arasında bir değere sahip olduğu bilinmektedir (Şekil 2.7.).

Plazma ile kesme işlemindeki kritik parçalardan olan nozullarda gerek aşınmanın ve malzeme kaybının önlenmesi gerekse de aşınan bölgelerin tamiri amacıyla nozullarda aşınmanın görüldüğü dış yüzeyinde ısıya dayanıklı seramik kaplama yapılmıştır. Yüzeyler alüminyum oksit ve zirkonyum oksit ile kaplanmış ve denemeler yapılmıştır. Buradan görülmüştür ki bakır nozullarda malzeme kaybı neredeyse olmazken 10 ve 20 metrelik kesme işlemlerinden sonra seramik kaplanan nozullar kullanılamaz hale gelmiştir. Alüminyum oksit ve zirkonyum oksitin gerek elektriksel iletkenlikleri gerekse ısı iletim katsayıları bakıra göre oldukça düşük olduğu ve bu nedenle de aşınmanın arttığı düşünülmüştür.

2.3. Plazma Tekniğinin Esasları

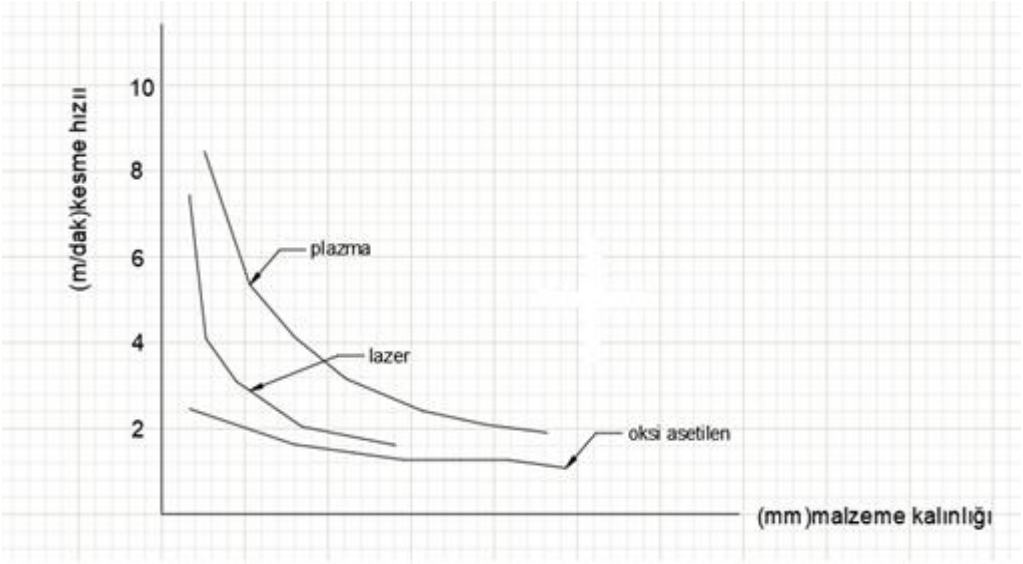
Yunanca bir kelime olan “PLASMA” mevcut olan veya oluşturulan anlamına gelmekle birlikte 1928 yılında Amerikalı bir fizikçi olan Langmuir oluşan arktaki göz kamaştırıcı parlaklıktaki gaz huzmesini bu şekilde addetmiştir (Anık, 1996).

Maddenin dördüncü hali olarak karşımıza çıkan plazma; elektrik iletimine sahip malzemelerin kesilmesinde kullanılan bir termal kesim metodudur. Yüksek sıcaklıklı elektrik ileten gazların içinden enerji iletimi sayesinde çok atomlu gazlar dissosiye olup sonrasında iyonize olurlar. Tek atomlu gazlar ise doğrudan iyonize olurlar (Anık, 1996). Plazmayı oluşturan gaz 30000 K sıcaklığa ve 1500 m/s’ lik büyük bir hıza ulaşabilir.



Şekil 2.8. Termal Kesme Metodları

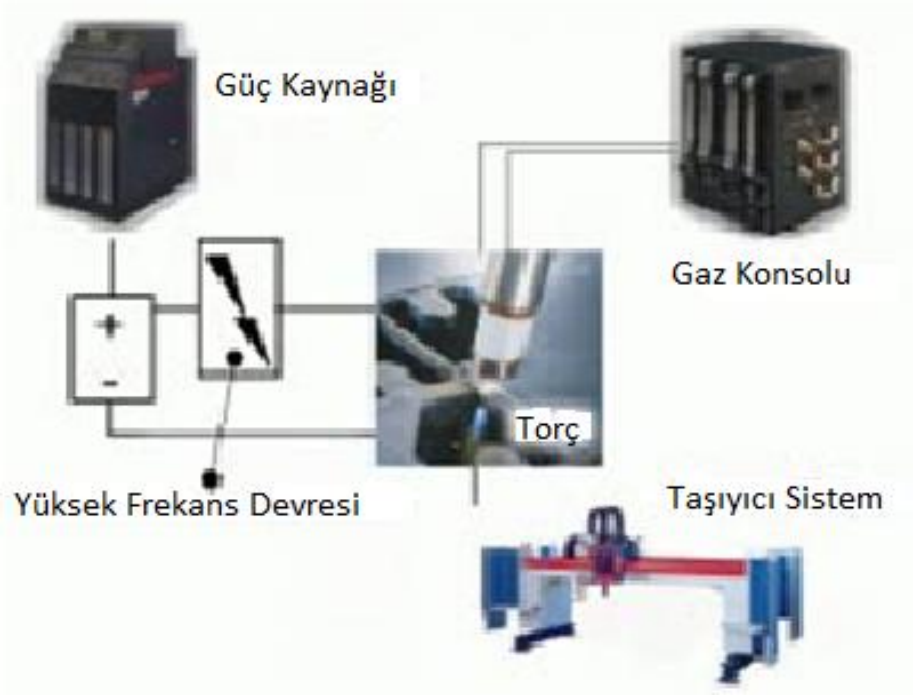
Diğer termal kesme yöntemleriyle karşılaştırıldığında (Şekil 2.8)plazma ile kesme metodu, düşük işletme ve düşük ilk yatırım maliyetlerinin yanı sıra kolay üretim bandı uygulaması, yüksek kesme hızı ve otomasyona olan uyumluluğu ve de kesme kalitesinin yüksek olması sebepleriyle imalat sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Yapı çelikleri için maksimum kesme hızlarının karşılaştırılması

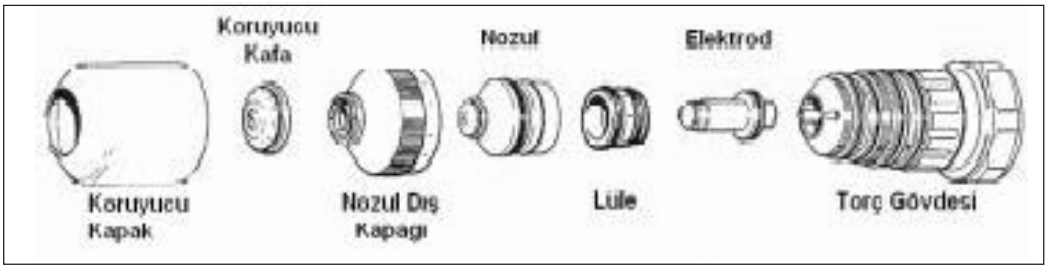
Plazma arkı ile kesme işlemi düşük ısı girdisinin önem arz ettiği durumlarda, yüksek kesme hızından dolayı büyük avantaja sahiptir. Özellikle ince taneli çeliklerin kesiminde bu avantaj son derece önemlidir. Oksi-asetilen alevi ile kesmeye nazaran kesme hızı 5-6 kat daha yüksektir.

Plazma arkının oluşturulmasında ilk aşama pilot arkının oluşturulmasıdır. Pilot ark erimeyen elektrod (katot) ile genellikle bakırdan yapılan nozul arasında oluşur. Pilot ark sayesinde ortam iyonize olur ve plazma gazı iletken hale gelir. Yüksek sıcaklık nedeniyle genleşen plazma gazı nozuldan yüksek bir hızla çıkar ve ark parça (anot) ile elektrod arasında oluşur. Bu sırada güç otomatik olarak yükseltilir. Oluşan plazma arkının nozuldaki delikten çıkmaya zorlanmasıyla da arkın sıcaklığı yükselir.



Şekil 2.10. Plazma ile Kesme Sistemi (Kaynak: Hypertherm & Promotec)

Genel olarak plazma sisteminde (Şekil 2.10) bir doğru akım sağlayıcısı güç kaynağı olarak kullanılır. Bu güç kaynağı sayesinde plazmanın akışının sürekliliği sağlanır. Yüksek frekans devresi plazma oluşumu için gerekli plot arkın ateşleme işlemini yapar. Gaz konsolu plazma ve koruyucu gazın akış hızlarını ve karışım oranlarını ayarlamak için kullanılır.



Şekil2.11.Torç kafası ve parçaları

Torç denilen parça (Şekil2.11); çeşitli alt parçalardan oluşur ve plazma gazı ve koruyucu gazın içinden akışının sağlandığı parçadır. Plazmanın oluşturulması ve odaklanması bu parça yardımı ile gerçekleşir. Bir torç genel olarak elektrod, lüle, nozul ve koruyucu kap gibi kısımlardan oluşur.

Torç içerisindeki elektrot; bakırdan üretilir ve negatif kutbu oluşturur. Elektrotun ucunda ise iyonik akımın yayıldığı yüksek ısıya dayanıklı farklı bir malzeme kullanılır ki, bunlar hafniyum(hava ve oksijen plazma sistemleri) ve tungsten(azot ve argon-hidrojen plazma sistemlerinde)'dir. Ateşleme miktarıyla orantılı bir ömrü vardır ve aşınmaya maruz kalır.

2.4. Plazma İle Kesilebilen Malzemeler

Plazma kesme yöntemi ile düşük karbonlu çeliklerin 40mm'ye kadar yüksek alaşımlı çeliklerin 100 mm'ye kadar ve alüminyum için 180 mm'ye kadar olan kalınlıklarında kesme işlemi yapılabilmektedir.

Plazma arkının yüksek sıcaklığı sayesinde elektriksel iletkenliğe sahip pek çok metal kesilebilmektedir. Plazma ile kesme Nikel, titanyum ve alaşımları gibi malzemelerin ancak talaşlı imalattan önce kaba kesme işlemleri yapılmakla birlikte alaşımlı çelikler, paslanmaz çelik, karbon çeliği, alüminyum alaşımları ve bakır kesme işlemlerinde kullanılabilmektedir (Tablo 2.12).

Plazma gazı olarak nötr gazlar, bunların O_2 ile karışımları ve hava kullanılabilir. Oksijen ihtiva eden plazma gazı ile kesmede kesme işlemi oksijen alevi ile kesme işlemine benzerlik göstermektedir. Erimiş metal buharlaşır ve kısmen oksitlenmiş

olan metal cürufu oluşur. Bunlar kesme bölgesinden plazma gazının kinetik enerjisi ile uzaklaştırılır.

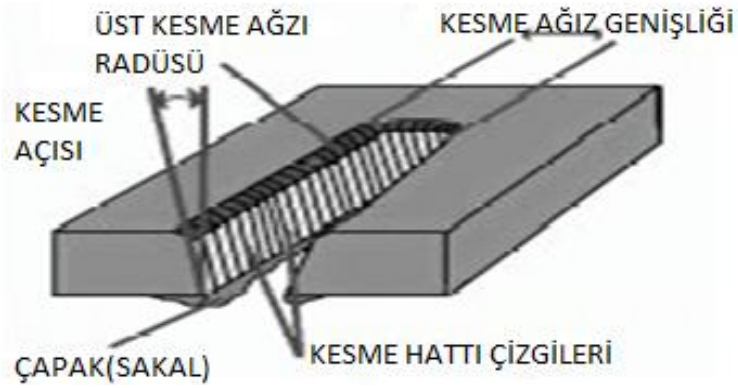
Tablo 2.12. *HD3070 Sistemi Gaz Tablosu (Kaynak : Hypertherm)*

Malzeme	Plazma Gazı	Koruyucu Gaz
Karbon Çelikleri	Oksijen	Oksijen ve Azot Karışımı
Paslanmaz Çelik	Hava	Hava
	Hava	Hava ve Metan Karışımı
	H35 & Azot	Azot
Alüminyum	Hava	Metan
	H35 & Azot	Azot
Bakır	Oksijen	Oksijen ve Azot Karışımı
	Oksijen	Oksijen ve Azot Karışımı

2.5. Plazma İle Kesme Kalitesine Etkiyen Parametreler Ve Avantajları

Plazma kesme işlemine etkiyen birçok faktör vardır ve bu parametrelerin birbirleriyle olan etkileşimlerinin toplamı kesme kalitesini belirler. Bu temel parametreleri gaz, güç kaynağı ve kesme olarak ayırabiliriz.Genel bir plazma kesme sisteminde iki çeşit gaz kullanılır. Bunlar; işletme gazı ve koruyucu gazlardır. Kesilen malzemenin cinsine göre gaz seçimleri yapılarak kesim işlemi gerçekleştirilir.

Plazmanın ve koruyucu gazın akış hızı ve kullanılan gazın karışım oranı arkın kararlılığını etkileyeceğinden birer parametredirler. Kullanılan güç kaynağının sürekliliği ve akım şiddeti yine etkin parametreler arasındadır. Malzeme – torç arası mesafe de etkin bir parametredir. Ayrıca kesme hızı ve diklik açısı da etkin parametreler arasındadırlar. Tüm bu etkileşimler oluşturulacak arkın stabilitesinde önemlidir ve sonuçları kesme kalitesini direkt olarak etkileyeceğinden kontrol altında tutulmaları gerekir.



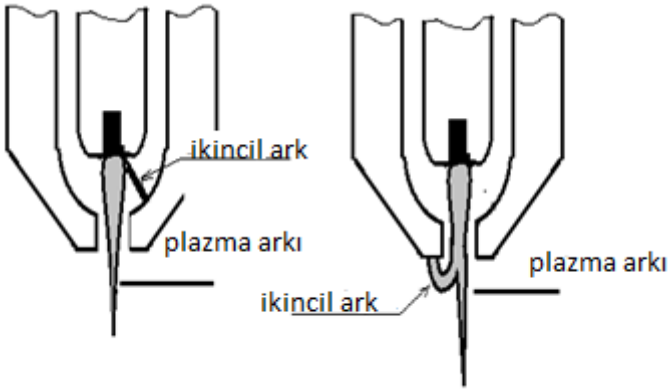
Şekil 2.13.Kesme Parametreleri

Plazma ile kesme metodunun en önemli avantajlarından biri kesme kalitesinin yüksek olmasıdır (Şekil 2.13.).

Kesme kalitesinin azalması (düzensizliklerin artması) kesilen malzemenin hem kesme işlemi esnasında hem de daha sonraki işlemlerde daha fazla fire vermesine sebep olur. Bu nedenle yüksek kesme kalitesi proses maliyetlerinin düşürülmesinde önemli bir paya sahiptir. Düşük İlk yatırım ve düşük işletme maliyetleri de plazma kesme sistemlerinin avantajları arasında sayılır ve sanayide yaygın olarak kullanımda öncelik sebebi olması sağlamaktadırlar.

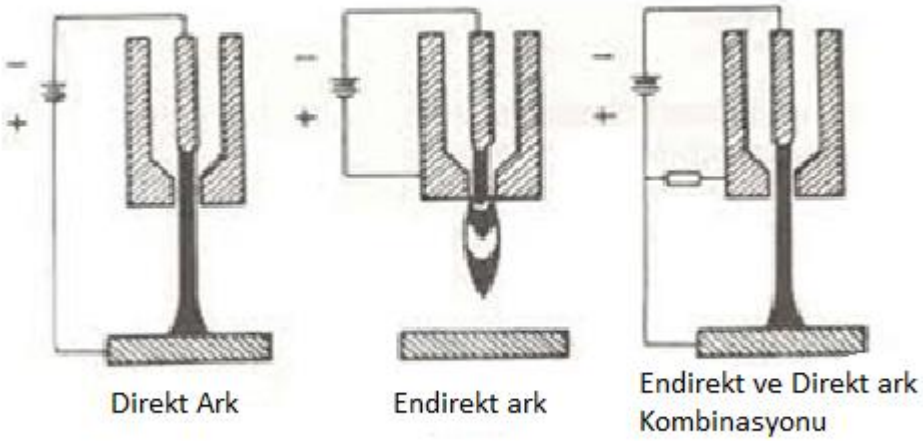
2.6. Plazma ile Kesmede Ark Oluşumları

Plazma kesmede, plazma arkının oluşturulmasında ilk önce pilot ark olarak isimlendirilen ark oluşturulur, bu sırada katod ile bakır nozul arasında geçen akım düşüktür(zayıftır). Daha sonra ortam iyonize olur ve plazma arkı, iş parçası ve katod arasında oluşur. Ancak bazı durumlarda bu arkın bir bölümü nozul ve iş parçası arasında oluşur. Hem pilot arkın oluşması sırasında hem de ikincil arkın oluşumu plazmanın içinden geçtiği deliğin çevresinde lokal erimeler ve malzeme kaybına yol açar nozulun görevini tam yapamamasına ve geometrik şeklinin bozulmasına neden olur (Şekil 2.14.).



Şekil 2.14. İkincil Ark Oluşumu

Kesme kalitesinin bozulması, daha sonraki işlemler için daha fazla malzeme kaybı, işçilik ve üretim maliyetlerinin artmasına neden olur.

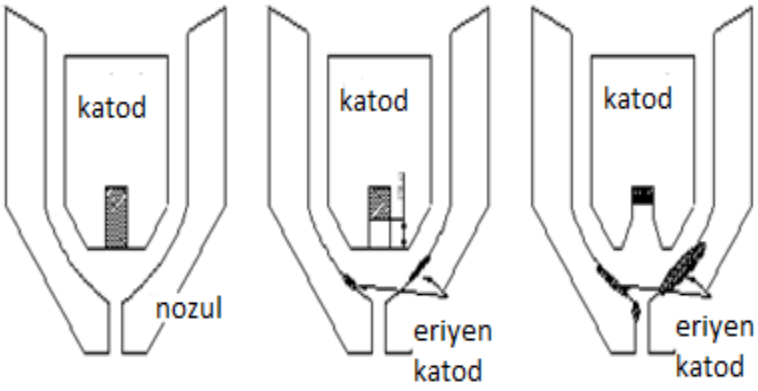


Şekil 2.15. Anod ve Katod Arasındaki Ark Oluşum Olasılıkları

Katoddan anoda arkın geçişi temel olarak iki şekilde olur (Şekil 2.15).

Direkt ark oluşumunda, işlem yapılacak malzeme pozitif kutup olarak kutuplanır. Böylece ark meme içindeki elektrod ile parça arasında yanar.

Endirekt ark oluşumunda, meme pozif kutup olarak kullanılır, elektrod negatif kutup olarak kullanılır. İşlem yapılacak malzeme akım devresinin bir elemanı değildir.



Şekil 2.16. Erimeyen elektrottan nozula metal transferi

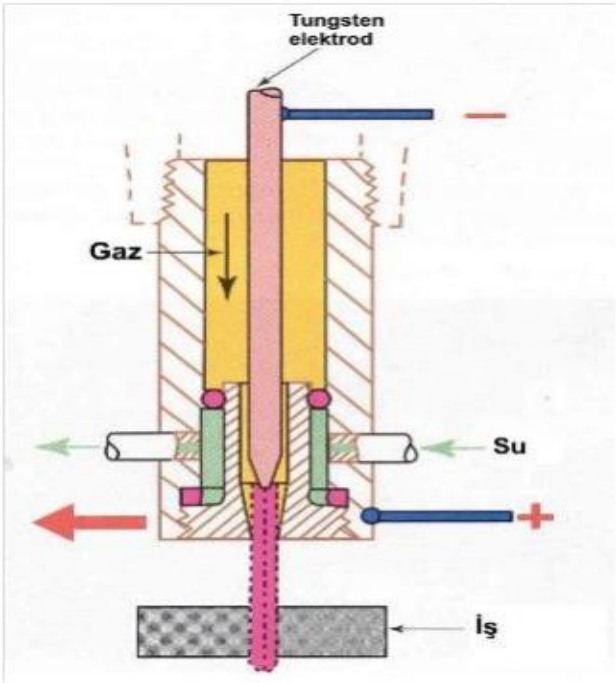
Plazma ile kesme işlemi esnasında erimeyen elektrotun zamanla erozyona uğrayarak, girdap akımı etkisiyle bir kısmının nozul iç çeperlerine yapışır. Bu esnada erimeyen elektrotta kütle azalması ve deformasyonlar meydana gelirken, nozulda ise kütle artışı meydana gelmektedir (Şekil 2.16).



Şekil 2.17. Çeşitli nozul aşınmaları

Bakır nozulun aşınmış bölümünün tamirinin veya nozul ömrünün uzatılması işlem maliyetlerinin azaltılması için önemlidir (Şekil 2.17).

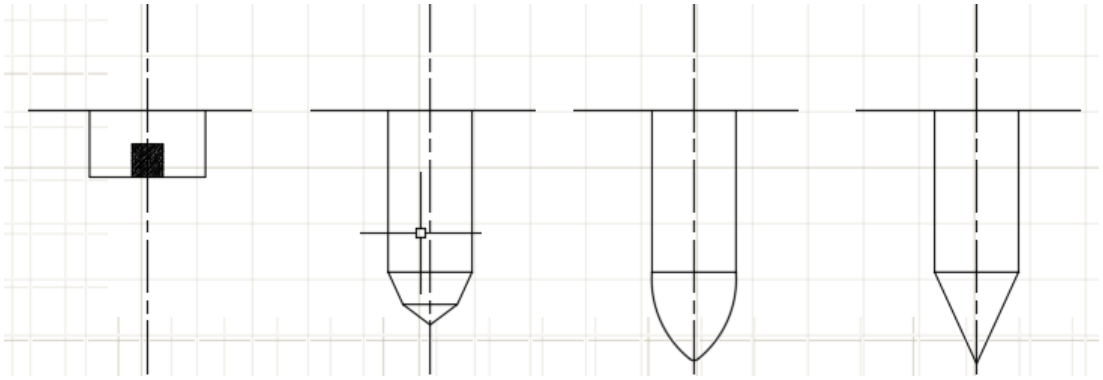
Bu durum nozuldan çıkan plazma akımının ve akış şeklinin bozulmasına ve kesme kalitesinin olumsuz yönde etkilenmesine sebep olur. Kesme kenarlarının düzensizliği artar ve bu da nozulun değiştirilmesi gerekliliğini doğurur.



Şekil 2.18. Plazma Memelerindeki Soğutma Sistemleri

Memelerdeki erozyonu önleyebilmek adına kullanılan soğutma sistemleri; plazma ile kesmede oluşan ark ile kabuk cidar arasında bir mantolama oluşturacak şekilde yapılmaktadır (Şekil 2.18). Bu mantolama ark hüzmesinin odaklanmasına yardımcı olurken bir yandan da memenin yüksek ısıl etkenlerden korunmasına yardımcı olur. Aynı zamanda soğutucu akışkan, oluşan plazma arkına kılıf görevi görerek, meme ile parça arasındaki elektriksel bir kısa devre oluşumuna izin vermeyerek, ikincil ark gibi oluşumların da önlenmesinde yardımcı olur. Soğutma sistemleri bu işlevleri sayesinde plazma memelerindeki erozyonu önleyebilmek adına önemlidir.

Soğutma sistemlerinde ikincil bir gaz ya da su kullanılabilir. Kullanılan soğutma seklinin meme ömrüne etkisi büyüktür.



Şekil 2.19. Plazma Kesmede Elektrot Ucunun Formu

Plazma kesme işleminde tüm parametreler kesme kalitesinin iyi tutabilmek amacıyla, optimum hale getirilmeye çalışılır. Kullanılan nozul ağzındaki çap, elektrodun arkı merkezleyebilmesi kesim kalitesini etkileyeceğinden seçimlerine çok dikkat edilir (Anık,1996) (Şekil 2.19).

2.7. Plazma ile Kesme İşleminde Kesme ve Yüzey Kalitesi



Şekil 2.20. Kesme Bölgesi Kesiti

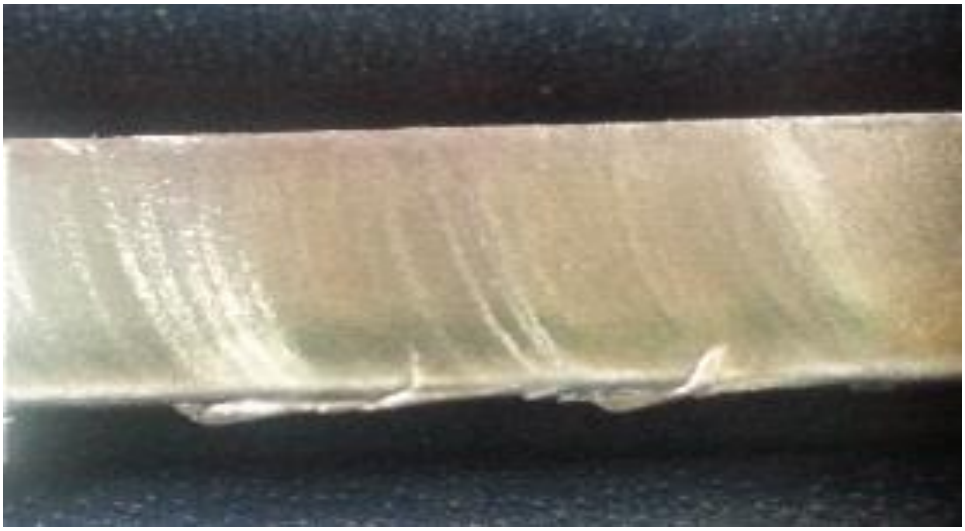
ISO 9013 ve DIN 2310 gibi termal kesme standartları çerçevesinde plazma ile kesmedeki yüzey kalitesi değerlendirmeleri yapılmaktadır. Plazma ile kesme işleminde kesme kalitesini tanımlamak için kullanılan birçok parametre vardır. Bu parametrelerin etkileri kesme bölgesi incelenerek değerlendirilir.(Şekil 2.20) Bunlar kesme esnasında nozul ile parça arasındaki kesme eğimi, yüzey pürüzlülüğü, üst

kesme ağzında oluşan radüs, sakallanma oluşumunun miktarı ve yarık aralığının üst ve alt ağız ölçüleridir.



Şekil 2.21. Kesim hattı girdap çizgileri

Kesme Hattı çizgileri (Şekil 2.21), plazma arkının kesilen yüzeyde bıraktığı dalgalı çizgilerdir.



Şekil 2.22. Sakal oluşumu

Çapak (sakal oluşumu)(Şekil 2.22), yüksek kinetik enerji ile parçaya nüfuz eden yoğunlaşmış iyonik ark, ergiyen kısmı bu kinetik enerji ile ittirirken bir kısım ergiyik metal kesilen malzemenin alt cidara yapışmasıyla oluşmaktadır. Plazma arkının malzemeye ilk temas ettiği bölgede de oluşan çapaklanma üst temas serpintisi olarak tanımlanır (Şekil 2.23).



Şekil 2.23. Üst temas serpintisi

Kesme yüzeyi açısı ya da diklik olarak adlandırdığımız paramatere plazma arkının kesim esnasında parça üst ağzı ile alt ağız arasındaki eğim miktarıdır. Uygulamalardan elde edilen veriler değerlendirildiğinde egim miktarı malzeme tarafında 1 ila 3 derece, atıl malzeme tarafında 3 ila 8 derece arasında değişir. Düz akış içeren torçlarda ise bu değer her iki kenarda 4 ila 8 derece arasındadır (Şekil 2.24)(KUTLU, 2006).



Şekil 2.24. Kesme açısı

Kesme ağzı radyüsü, plazma arkı ile işlenilen yüzeyin ark ile daha uzun bir süre temasta kalmasından kaynaklanan ve sık rastlanan bir karakteristiktir. İşlem gören malzeme kalınlığı düşük ise bu özellik daha belirgin olarak ortaya çıkar.

Kesme aralığı, plazmanın malzemeyi keserken oluşturduğu açıklıktır (Şekil 2.25). (KUTLU, 2006) Ark ile direkt temasta bulunan üst ağız açıklığı her zaman alt ağız açıklığından fazladır.



Şekil 2.25. Yarık aralığı ve ağız radyüsü

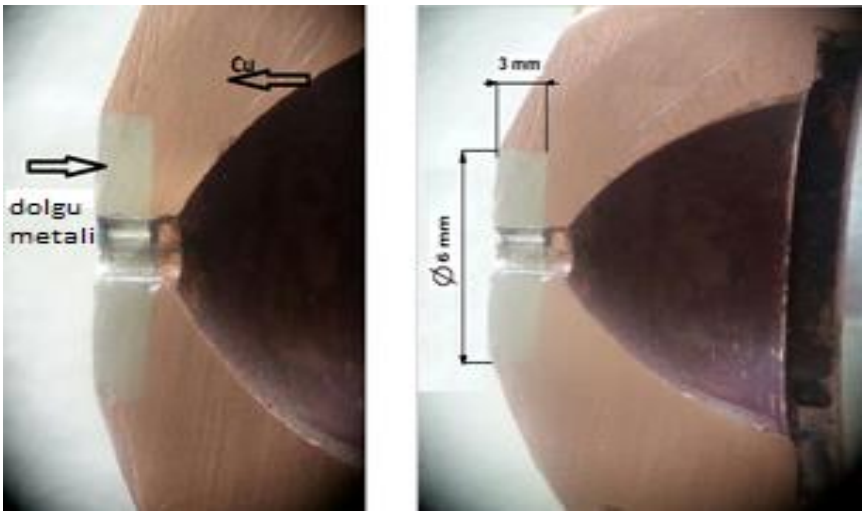
Pürüzlülük, kesilen iş parçasının üst ve alt ağızlarında yüzeyden standartlarda belirlenmiş bir mesafede ve aralıklarda ölçülür. Plazma arkının standartlarda verilen aralık ve baz noktasına göre ne denli iz bıraktığının ölçüsüdür.

3.DENEYSEL ÇALIŞMA

Bakır nozulun aşınmış bölümünün tamirinin veya nozul ömrünün uzatılması işlem maliyetlerinin azaltılması için önemlidir.

Bu durum, nozuldan çıkan plazma akımının ve akış şeklinin bozulmasına ve kesme kalitesinin olumsuz yönde etkilenmesine sebep olur. Kesme kenarlarının düzensizliği artar ve bu da nozulun değiştirilmesi gerekliliğini doğurur.
Nozuldaki aşınmaları önlemek için nozulun ısıya maruz kalan bölgeleri önce alüminyumoksit ve zirkonyumoksit ile kaplanarak test edilmiştir. Alüminyumoksit ve zirkonyumoksit ile kaplanan bakır nozulların çok daha kısa kesme mesafelerinde aşındığı ve tahrip olduğu görülmüştür. Bunun nedeni, düşük ısıl ve elektriksel iletkenlikten kaynaklandığı, pilot arkın yalıtkan bölümlerden geçmemesinden dolayı ısının belli bir bölgede kaldığı düşünülmüştür.

Aşınmış nozulları modellemek için nozulun dış yüzeyi baz alınmıştır. 6mm çapında parmak freze ile 3 mm derinliğinde talaş kaldırılmış, oluşan boşluk gümüş ihtiva eden lehimlerle oksijen alevi ile doldurulmuş, 1,6 mm çapında delinmiş ve talaş kaldırılarak orijinal geometrik formuna getirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Lehimleme bölgesinin boyutları

Açılmış silindirik boşluğun doldurulması TS693ENISO3677 standardına uygun ;%2 , %20 ve %40 oranında gümüş içeren lehim alaşımlarıyla doldurulmuştur. Lehimlerin içerikleri Tablo 3.2' de verilmiştir.

Tablo 3.2. *Dolgu metallerinin kimyasal kompozisyonları (TS 693 ENISO 3677)*

Kompozisyon İsimleri	%Cu	%Ag	%Cd	%Zn	%P
L-Ag2P	91.3	2			6.7
L-Ag20Cd	40	20	13	27	
L-40AgCd	19	40	20	21	
%92.5Ag-%7.5Cu	7.5	92.5			

Deneylerde Lincoln PC100 plazma kesme cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.3). Plazma gazı olarak 5Bar basınçtaki ve 200 lt/dak. debideki hava kullanılmıştır. 50 Amperde 1m/dak. kesme hızında işlem yapılmıştır.



Şekil 3.3. Lincoln PC100 Plazma Kesme Cihazı

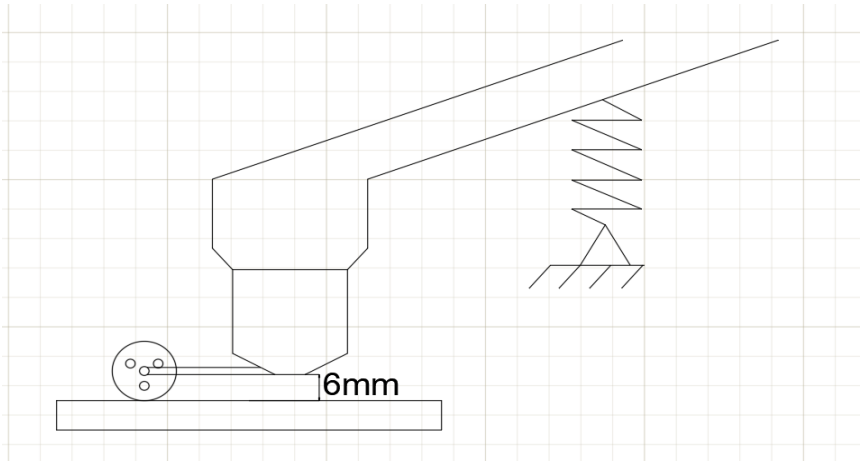
Deneylerde 5 mm kalınlığında düşük karbonlu çelik kullanılmıştır. Kesme işlemi 1m'lik bölümlerle yapılmış ve nozul ile elektrodun malzeme kayıpları 1/1000 gr hassasiyetli dijital tartı her 10 metrelik kesim işleminin ardından ve tüm numuneler için yinelenerek ölçülmüş ve nozul delikleri görüntülenmiştir.

Deneylerden elde edilen bilgiler orijinal bakır elektrod ve bakır nozulla yapılan kesme işlemiyle mukayese edilmiştir.



Şekil 3.4. Standart iç ve dış nozul

Standart iç ve dış nozul üretimleri bakır esaslı olarak yapılmaktadır. Kullanılan makineye ve kullanılacak kesim amperine göre seçimleri yapılır (Şekil 3.4).

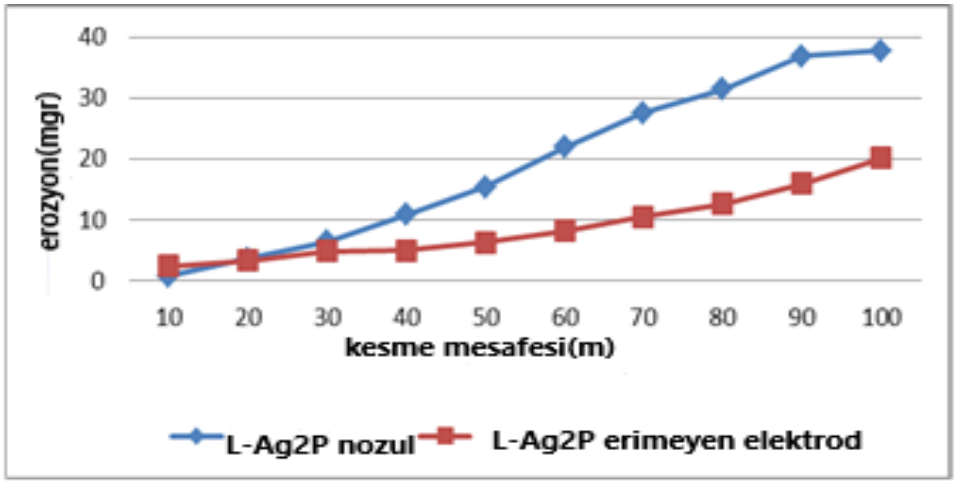


Şekil 3.5. Deney Düzeneği Şematik Gösterimi

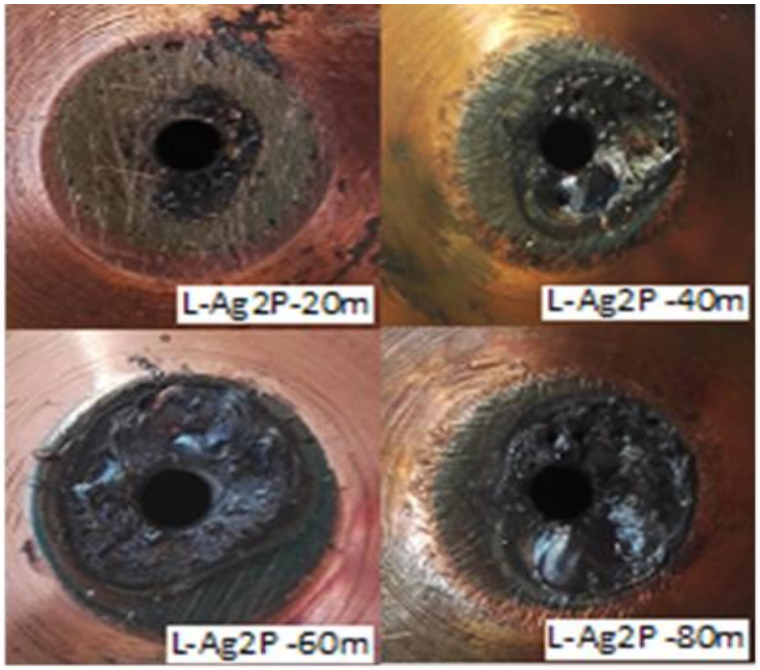
Deney düzeneğinde bir rulman yardımıyla plazma torcunun kesilecek malzemeye stabil yükseklikte kalması sağlanmış bu şekilde tüm kesim işlemlerinin eşdeğer şartlarda yapılması sağlanmıştır (Şekil 3.5).

4.DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Aşınma (erozyon), L-Ag2P lehim alaşımı ile doldurulan nozul ağzında en yüksek seviyedir. Şekil 4.1. ‘de, bu numunedeki elektrot ve memelerdeki aşınma miktarı (erozyon) gösterilmektedir. Numunedeki meme deliği çevresindeki aşınmanın diğer numunelerden daha büyük ve derin olmasıdır (Şekil 4.2). Numune nozulundaki erozyon hızı, orijinal bakır memedeki erozyona göre 7-8 kat daha hızlı ve ağırlıkça daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.1.)

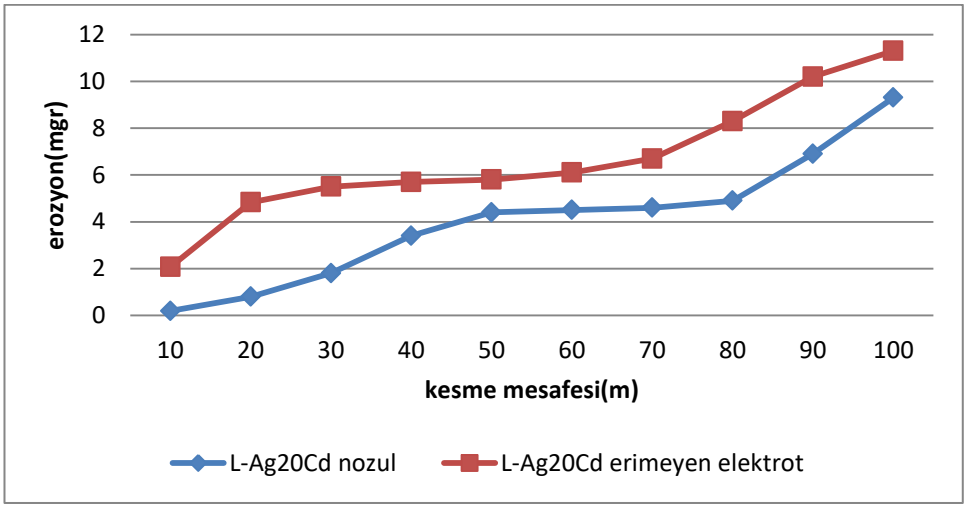


Şekil 4.1. L-Ag2P lehim alaşımı ile doldurulan nozul ağzındaki erozyon

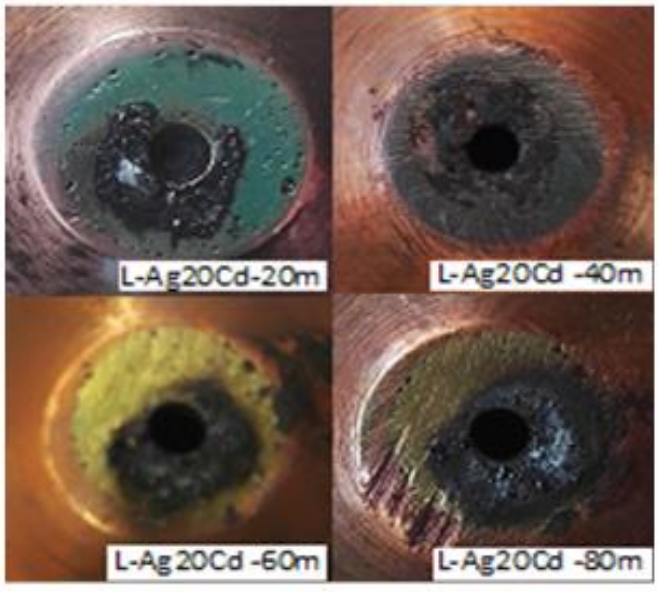


Şekil 4.2. L-Ag2P lehim alaşımı ile doldurulan nozul ağız ve yüzey erozyonu

L-Ag20Cd lehim alaşımı ile doldurulan nozul ağızlığın aşınması, elektrod aşınmasıyla aynı çizgide (paralel) devam etmektedir. Elektrotdaki artan erozyon nedeniyle 80. metre kesildikten sonra aşınma hızlı bir şekilde artmıştır (Şekil 4.3). Nozul yüzeyindeki erozyon Şekil 4.4' de verilmiştir.

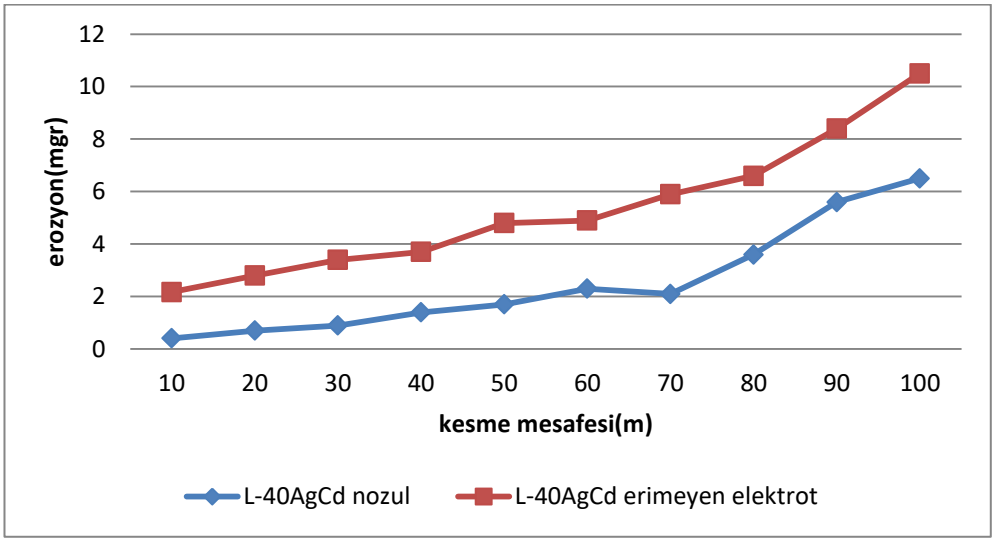


Şekil 4.3. Erimeyen Elektrot ve L-20AgP doldurulan nozulda erozyon hızı

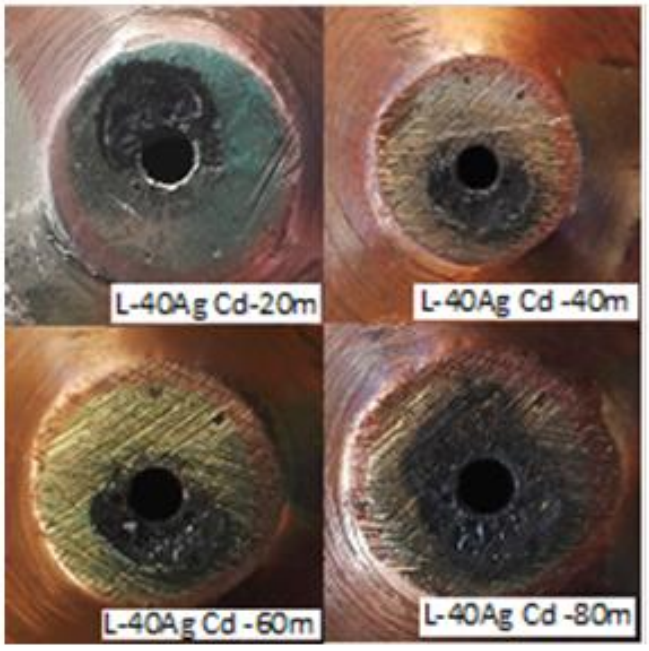


Şekil 4.4. L-20AgP doldurulan nozul yüzeyindeki erozyon

En düşük aşınma oranı L-Ag40P lehim alaşımı ile doldurulan numunede elde edilmiştir. Meme ve elektrot aşınması Şekil 4.5' de gösterilmiştir ve aşındırılmış nozul yüzeyleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

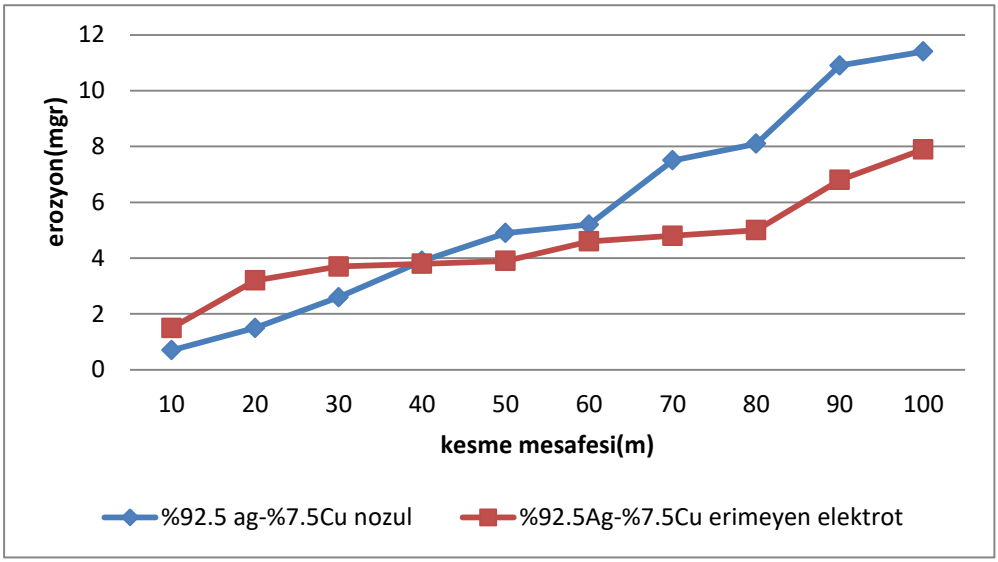


Şekil 4.5. Erimeyen elektrot ve L-Ag40Cd doldurulan nozulda aşınma oranları

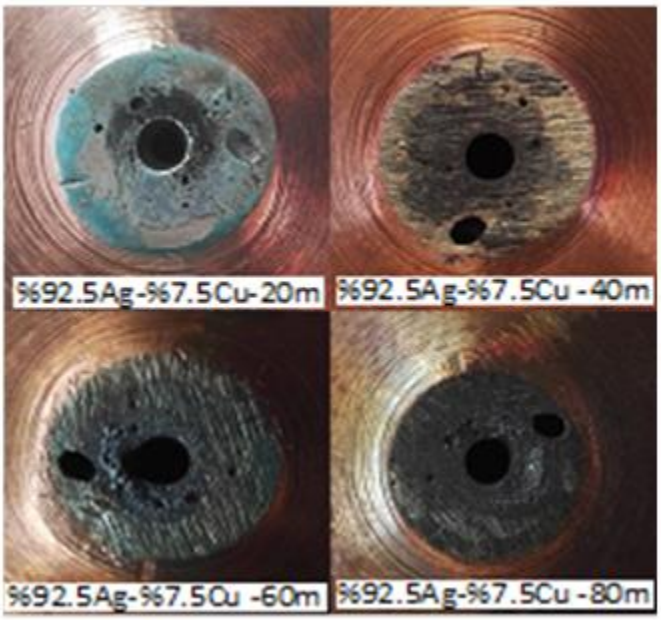


Şekil 4.6. L-Ag40Cd doldurulan nozul yüzeyindeki erozyon

% 92.5 gümüş ve% 7.5 bakır ihtiva eden alaşım ile doldurulmuş nozulun aşınma oranı, ilk 50 metrelik bölümde bakır meme ile büyük bir benzerlik göstermiştir. Bununla birlikte, elektrodun hızla aşınması sonucunda, 60 metreden sonra nozulda çok hızlı bir aşınma ve elektrot üzerinde malzeme kaybı olmuştur (Şekil 4.7). Yüzeydeki malzeme kayıpları Şekil 4.8' de verilmektedir.

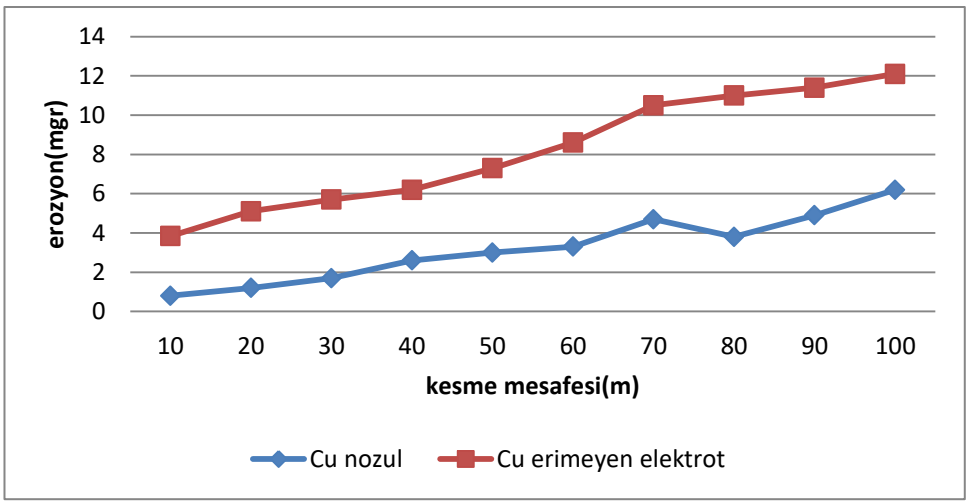


Şekil 4.7. Erimeyen elektrot ve %92,5 Ag doldurulan nozulda aşınma oranları

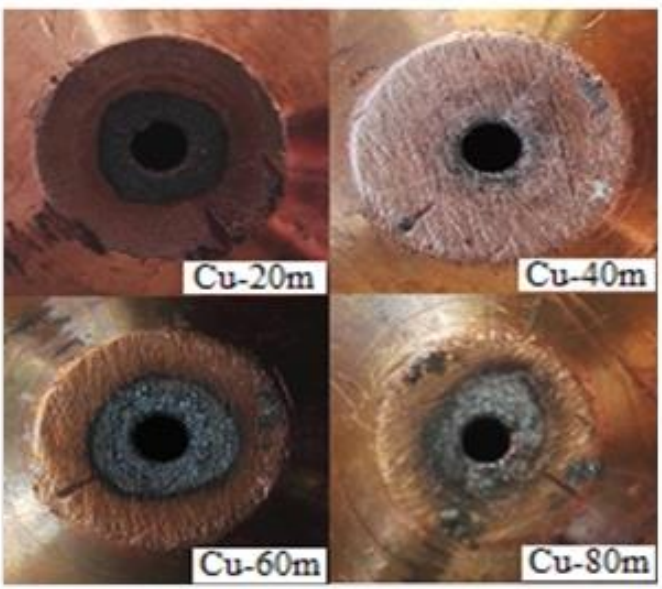


Şekil 4.8. %92,5 Ag doldurulan nozul yüzeyindeki erozyon

Orijinal bakır nozul kullanılarak kesme işleminden elde edilen aşınma değerleri Şekil 4.9' da gösterilmektedir. Nozul yüzeyindeki erozyonlar Şekil 4.10' da verilmektedir. Bu işlemde nozulun ağırlık artışı 60 ve 70 metre arasında daha belirgindir. Bu aralıktaki ağırlık artışının nedeni, eriyen elektrot malzemesinin nozulun iç yüzeyine yapışmasıdır.



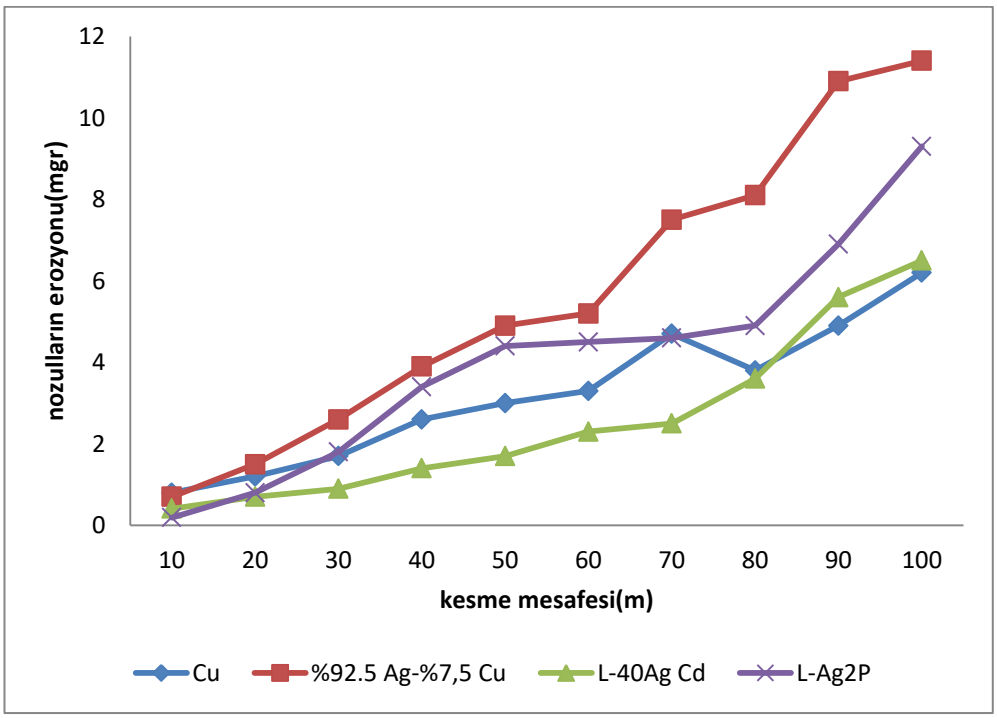
Şekil 4.9. Erimeyen elektrot ve orijinal Cu nozulda aşınma oranları



Şekil 4.10. Cu bakır nozul yüzeyindeki erozyon

Püskürtme uçlarının aşınma miktarları ve aşınma hızları göz önüne alındığında, minimum aşınma, %40, %20gümüş (ve kadmiyum) içeren lehim alaşımı ile doldurulan numunelerde elde edilmiştir (Şekil 4.11). Nozul aşınması esnasında aşınma hızında bir azalma olarak algılanan ağırlık miktarındaki azalma, eriyen elektrodun bir kısmının nozulun iç yüzeyine yapışmasından kaynaklanmaktadır ve bu da literatürle tutarlıdır (Şekil 4.12),(Kılıç, 2012).

Aşınma miktarlarının karşılaştırılmasında gözlemlenen bir diğer sonuç, kadmiyum içeren gümüş lehimlerle yapılan dolguların ilk sayısal sonuçlara istinaden bakır nozullardan daha yüksek meme ömrüne sahip olduğudur. Özellikle %40 Ag ihtiva eden lehimle doldurulmuş nozulun, Cu nozulla çok yakın değerler vermesi, kullanılan lehimlerdeki diğer alaşım elementlerinin de erozyonlarda yüksek etkisi olduğunu ve araştırılması gerektiği düşünülmüştür.



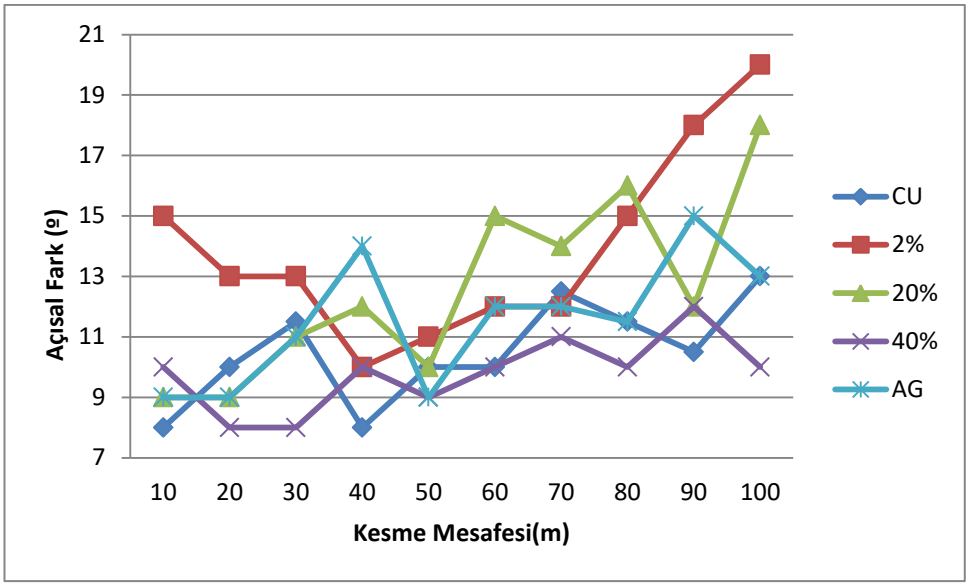
Şekil 4.11. Nozul Erozyonları

Şekil 4.11’ de verilen nozul erozyonlarından da görüldüğü gibi 60. metreye kadar tüm çeşitlendirilmiş nozullardaki aşınma miktarlarının stabil bir şekilde de arttığı, bu metreden sonra istikrarsız değişmeler olduğu gözlenmektedir. Tüm kesim işlemleri boyunca % 40 ve % 92,5 gümüş ihtiva eden alaşımlarla doldurulması yapılmış nozullardaki aşınma miktarının Cu nozulla orantılı bir ilişki içerisinde oldukları gözlenmiştir. 60. metreden sonra ise nozul aşınma miktarlarının hem ağırlık hem de şekilsel olarak çok fazla bozuldukları görülmüştür.



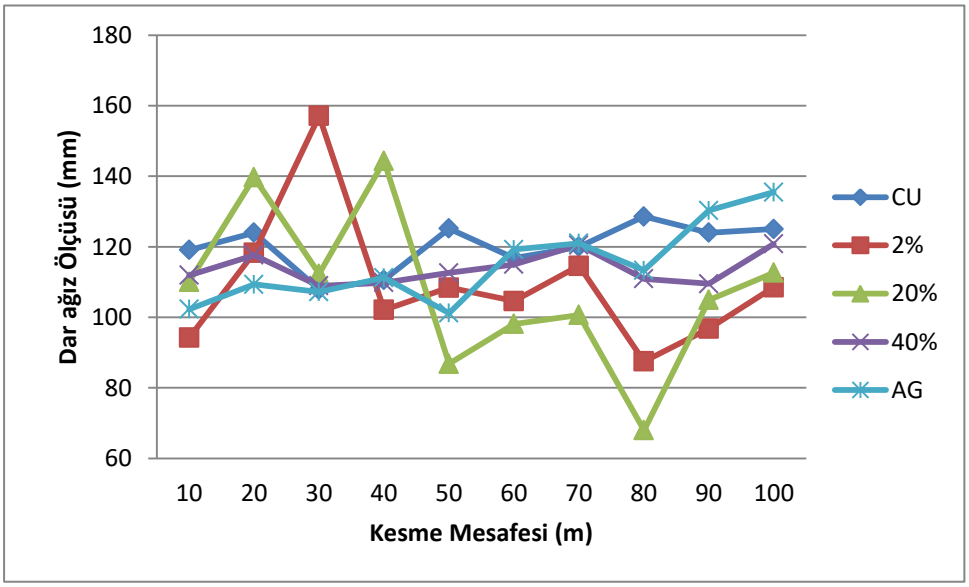
Şekil 4.12. Elektrottan nozulun iç yüzeyine eriyen metalin yapışması

Erimeyen elektrot olarak adlettiğimiz iç memenin bir kısmının eriyerek dış nozulun iç çeperlerine girdap etkisiyle yapıştığı gözlenmiştir. Bunun sonucunda; iç ve dış nozulların ağırlık ölçümleri esnasında iç nozulun ağırlık azalmasına karşın, dış nozulda çok az da olsa bir artış olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.12).Nozul iç yüzeyinin fotoğrafı incelendiğinde de erimeyen elektrottan koparak girdap etsi ile nozul iç çeperine yapışan malzeme alenen gözlenmiştir. Bu da ölçümlerde dış nozuldaki ağırlık artışını açıklamaktadır.

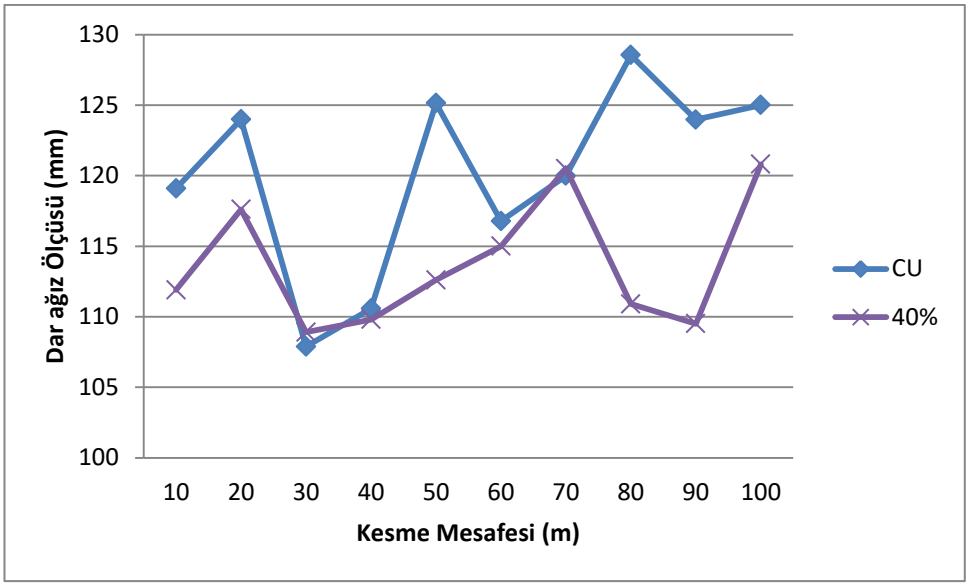


Şekil 4.13. Üst ve Alt ağız arası açısal fark değişimi

Şekil 4.13 te de görüldüğü üzere açısal fark değişimleri 70 m 'ye kadar tüm farklı alaşımlarla doldurulmuş nozullar ve Cu nozul için yakın değerlerle devam etmektedir. 70.m' den sonra nozul aşınmaları sebebiyle istikrar bozulmakta, özellikle % 2 ve % 20 Ag içerikli alaşımlarla doldurulmuş nozullarda istikrarsızlık oranı maksimum seviyelere çıkmaktadır.



Şekil 4.14. Alt ağız ölçüsü değişimi

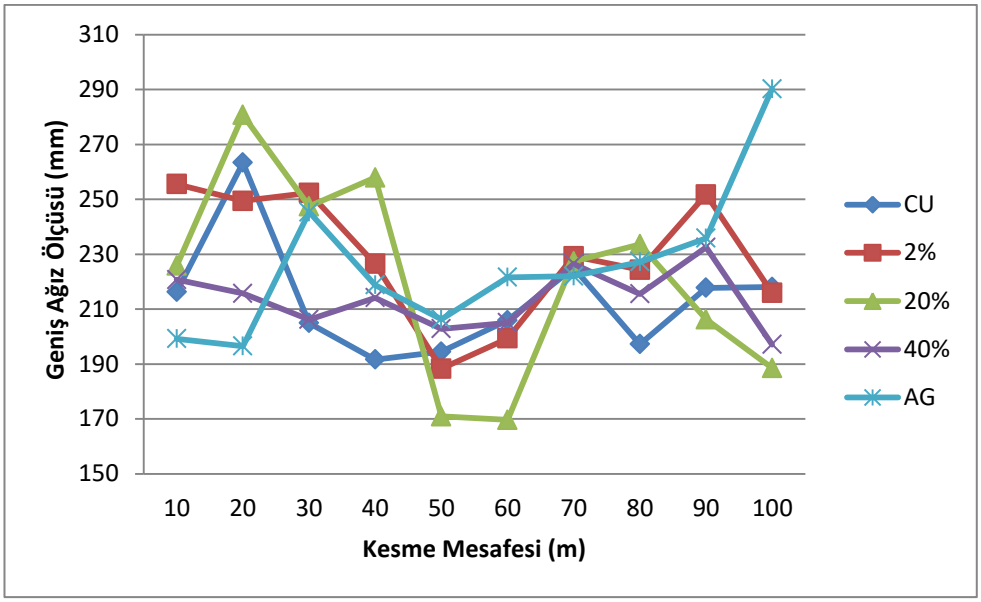


Şekil 4.15. Alt ağız ölçüsü değişimi

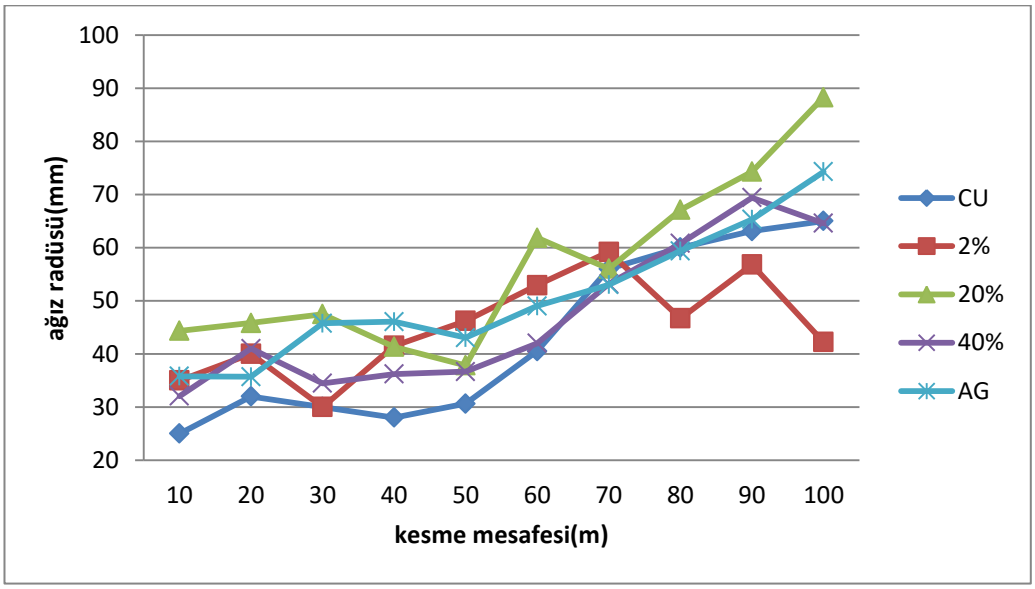
Plazma arkının malzeme ile son temas ettiği bölgedeki açıklıklar incelediğinde (Şekil 4.14) Cu nozul ile yakın paralellikte değerlerin % 92.5 Ag ve % 40 Ag ihtiva eden lehimlerle doldurulmuş nozulların sağladığı görülmüştür (Şekil 4.15).

%2 ve %20 Ag içeren lehimle doldurulmuş nozulla kesim işlemi esnasında elektrot(iç meme) 70m'den sonra bozulmadan dolayı değiştirilmiştir.% 2 Ag lehimle doldurulmuş nozul erozyonunda bir azalma eğilimi gözlenmemiştir. Ama %20 Ag lehimle doldurulmuş nozuldaki erozyon miktarının başlangıçtaki erozyon hızı ile yakın olduğu gözlenmiştir. Yani %2 Ag lehim ile doldurulan nozulun etkin bir rol oynamadığı, erozyonlara engel olunamadığı tespit edilmiştir.

Yine benzer şekilde; plazma arkının malzeme ile ilk temas ettiği bölgedeki açıklıklar incelediğinde (Şekil 4.16). Cu nozul ile yakın paralellikte değerlerin % 92.5 Ag ve % 40 Ag ihtiva eden lehimlerle doldurulmuş nozulların sağladığı görülmüştür.



Şekil 4.16. Geniş ağız ölçüsü değişimi



Şekil 4.17. Ağız radyüs ölçüsü değişimi

Yine kesme ağzında oluşan radyüslerin 60. metreye kadar daha stabil olduğu, 60. metreden sonra istikrarsızların arttığı gözlenmektedir. % 40 ve % 92,5 Ag ihtiva eden lehimle doldurulmuş nozulların da Cu nozul ile paralellik gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.17).

5.GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Deney için hazırlanan, %2 ,%20, %40 ve %92,5 gümüş ihtiva eden lehimlerle doldurulan nozullar ile yapılan plazma kesme işlemleri sonrasında elektriksel iletkenliği yüksek olan gümüşün, lehim içerisindeki birleşim oranının yükseldikçe nozul erozyonlarının azaldığı görülmüştür.

%2 ve %20 gümüş ihtiva eden lehimle doldurulan nozullarda aşınma miktarının azaltılamamış, özellikle de 60-70 metre kesimden sonra iç memenin de deformasyonuyla istikrarsız veriler elde edilmiştir. %40 ve % 92,5 gümüş ihtiva eden lehimlerle doldurulmuş nozullarda aşınma miktarlarının orijinal nozulla eşdeğer olduğu görülmüştür.

Tüm bu elde edilen veriler göz önünde bulundurulduğunda yüksek oranda gümüş ihtiva eden lehimlerle doldurulan nozulların tekrar tekrar kullanımının mümkün olduğu görülmüştür.

İç meme aşınmasının dış meme aşınmasını doğrudan etkilediğinden iç meme deformasyonunu engellemeye yönelik de araştırma yapılması gerekmektedir. Ya da iç memenin deformasyona uğrama ömründen önce değiştirilmesi dış meme deformasyonlarına daha objektif bakılmasını sağlayacaktır.

Ayrıca yüksek oranda gümüş ihtiva eden lehimlerin bileşenlerindeki yüksek kadmiyum oranının da aşınma engelleyici özelliği olabileceğinden araştırılması gerekmektedir.

Bakır nozul ile yapılan denemeler sonucunda, bakır-gümüş alaşımlarının nozul ömrü üzerindeki etkisinin daha geniş bir şekilde araştırılması fikrini ortaya çıkarmaktadır.

KAYNAKLAR

ANIK, Selâhaddin, "Kaynak Tekniği-Cilt 1", İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, Sayı: 960, i T.Ü. Matbaası, Gümüşsüyü 3.Baskı,1973

ANIK, Selâhaddin, "Kaynak Tekniği-Cilt 2", İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Sayı: 1217, I.T.Ü. Matbaası, Gümüşsüyü, 4.Baskı, 1982

ANIK, Selâhaddin, "Kaynak Teknolojisi El Kitabı", Ergör Matbaası, 1983, İstanbul.

ANIK, Selâhaddin, "Kaynak ve Kesmede Korunma Esaslarına Toplu Bir Bakış", Mühendis ve Makina, Sayı 14, 1958

ANIK, Selâhaddin, "Kesme Tekniğindeki inkişaflar", 1959-1960 yılı I.T.Ü. Makina Fakültesi Konferansları.

ANIK, Selâhaddin, "Pülverize Maddeler Vasıtasıyla Oksi-Asetilen Kesmesi", I.T.Ü. Dergisi, Cilt 15, Sayı 1, 1957

ANIK, Selâhaddin, ANIK E.Sabri, VURAL, Murat, "1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El KitabıCilt 1", Birsen Yayınevi, ISBN 975- 511-094-X, 1993, İstanbul.

Bini, R., Colosimo, B.M., Kutlu, A.E., Monno, M., Experimental study of the features of the kerf generated by a 200 A high tolerance plazma arc cutting system, Journal of Materials Processing Technology 196 345-355 (2008)

BMPF Public Report of German General Ministery for Research and kducation, "Plasma Technology", November 2001

C. Landsy, "Improving Plasma Cutting in Sheet Metal Applications", Metalforming Magazine, September 1997

Colombo, V, Concetti, A., Ghedini, E., Dallvalle, S., Vancini, M., Understanding plasma fluid dynamics inside plasma torches through advanced modeling, IEEE Trans Plasma Sci 36:389 (2008)

Dave Cook, "Illustrated Guide to Plasma Gas Selection: How to Choose the Best Gases", Melding Design and Fabrication, February 2000

DIN 2310 Part 4, Deutsche Norm, Thermal Cutting, 1987

Diane L. Hallum, "Cutting kxotic Materials: It's in the Gas", Forming and Fabricating, Vol. 7 No. 4, April 2000

Fabio Rotundo “ Design and Optimisation of component and Processes For Plasma Sources in Advanced Material Treatments”, PhD Thesis ALMA Mater Studiorum – Universita’di Bologna, 2012

Freton P., Gonzalez J.J., Gleizes A., Petret F.C., Caillibotte G., Delzenne M., (2002) Numerical and experimental study of a plasma cutting torch, J Phys D: Appl Phys 35:115

Freton, P., Gonzalez, J.J., Gleizes A., Peyret, F.C., Caillibotte, G., Delzenne, M., Numerical and experimental study of a plasma cutting torch, J Phys D: Appl Phys 35:115 (2002)

Freton, P., Gonzalez, J.J., Peyret, F.C., Gleizes, A., Complementary experimental and theoretical approaches to the determination of the plasma characteristics in a cutting plasma torch. J Phys D: Appl Phys 36:1269 (2003)

Ghorui, S., Heberlein, J.V.R., Pfender, E., Non-equilibrium modelling of an oxygen-plasma cutting torch. J Phys D: Appl Phys 40:1966 (2007)

Gırard, L., Teulet, P., Razafinimanana, M., Gleizes, A., Camy-Peyret F., Ballot, E,. Richard, F., Experimental study of an oxygen plasma cutting torch, I. Spectroscopic analysis of the plasma jet, J Phys D: Appl Phys 39:1543 (2006)

Gonzalez-Aguilar, J., Pardo, C., Rodriguez-Yunita, A., Calderon, M.A.G., A theoretical study of a cutting air plasma torch, IEEE Trans Plasma Sci 27:264 (1999)

Gunnas Engblom, Katasina Falck, "Quality Classification of Thermally Cut Surfaces -Compherensive Review of Different Standards", Melding in the world, vol. 28, no: 11/ 12, s. 204-215, 1990

Haris D., Lowery J., High tolerance plasma arc cutting, Weld. World 37 (6), 283-287 (1996)

https://www.mesanark.com(22.11.2018)

HyDefinition-HD3070 Instruction Manual, Rev. 16, Hypertherm Inc.

Hypertherm Inc. Internet sitesi (www.hypertherm.com)(30.11.2018)

ILII S.M., Coteata M., Plazma arc cutting cost, Int J Mater Form, Vol. 2 Suppl 1:689-692 (2009)

ISO 9013:2002(k), International Standard on Thermal Cutting- Classification of Thermal Cuts - Geometrical Product Specification and Quality Tolerances, 2nd kdition 2002-09-15

Jıayou, W., Zhengyu, Z., Conghui, H., Feng, Y., Effect of dual swirling plasma arc cutting parameters on kerf charactersitics. Int J Mater Form 4:39-43 (2011)

Jim Colt, "Plasma Cutting", American Machinist's Cutting Technology, September/October 2002

Jim Colt, "Plasma Cutting", American Machinist's Cutting Technology, September-October 2002, Penton Press

Komatsu Inc. Internet sitesi (www.fineplasma.com)(02.01.2019)

Kutlu A.E., Monno M., Bini R., Plazma ile kesme metoduna genel bir bakış, Mühendis ve Makine Cilt 46, Sayı: 541, (2005)

M.Monno, B.Psevitali, "High tolerance Plasma Arc Cutting of Titanium", Proceedings of the 33rd International Matador Conference, Springer Verlag, 2000

Matsuyama, K., Current status of high tolerance plasma arc cutting in Japan, Weld. Worl39 (4), 165-171 (1997)

McGeougk J.A., Advanced Methods of Machining, Kluwer Academic Publishers Group, 1988

Michal Hatala, "The Principles of Plasma Cutting Technologies and Six Fold Plasma Cutting " 5th International Multidisciplinary Conference, EUROGIN 2003, Paris

Pardo C., Gonzales-Aguilar J., Rodriguez-Yunta A., Calderon M.A.G, Spectroscopic analysis of an air plasma cutting torch, J Phys D: Appl Phys 32:2181 (1999)

Peters, J., Heberline, J., Lindsay, J., Spectroscopic diagnostics in a highly constricted oxygen arc, JPhys D: Appl Phys 40:3960 (2007)

Phil Parker, " Optimizing consumable life in mechanized plasma cutting", The Fabricator, October 2004

Qianhong, Z., Hui, L., Feng, L., Shaofeng, G., Wenkang, G., Ping, X., Effects of nozzle lenth and parameters on higly consricted oxygen plasma cutting arc, Plasma Chem Plasma Proces 28:729-747 (2008)

R.Bini, A.E. Kutlu, M.Monno, "Plasma Arc Cutting : una Tecnologia Tra Passato e Futuro", Lamiera, Tecniche Nuove, Vol 40, 2003, s.354-359

R.Suckentsunk, G.Staudigl, D. Jonke, H.J. Fuesses, "Industrial Applications for Plasma Processes - kxamples and Trends", Surface Coatings Technology, Vol 97, 1997, s.1-9

Ramakrishnan, S., Rogozinski, M.W. , Properties of electric arc for metal cutting. J Phys D: Appl Phys 30:636 (1997)

Ramakrishnan, S., Shrinet, V., Polivka, F.B., Kearney, T.N., Kotlun P., Influence of gas composition on plasma cutting of mild steel, J. Phys. D: Apll. Phys. 33,2288-2299 (2000)

Valerian A Nemchinsky, “Plasma flow in a nozzle during plasma arc cutting”, J. Phys. D: Appl. Phys. 31 (1998) 3102–3107

www.dergipak.com.tr(30.12.2018)

www.metaluzmanı.com.tr(30.12.2018)

www.yildizkaynak.com.tr(02.01.2019)

Zajac, J. - Miškovičová, M. - Miškovič, “Cutting facilities of new type of came cutting material”, Proceedings of the conference PPTO, Košice, 1995, pp. 138-139.

EKLER

EK 1- ALAŞIMLANDIRILMIŞ LEHİMLERLE DONDURULMUŞ NOZULLARDAKİ YÜZEY EROZYONU FOTOĞRAFLARI

EK 2- YARIK FOTOĞRAFLARI

EK 3- YÜZEY KALİTESİ FOTOĞRAFLARI

EK 1- ALAŞIMLANDIRILMIŞ LEHİMLERLE DONDURULMUŞ NOZULLARDAKİ YÜZEY EROZYONU FOTOĞRAFLARI

%2 Ag ihtiva eden alaşımla lehimlenmiş nozul ile kesim işlemi sonrası yüzey erozyonu



20. metre



40. metre



60. metre



80. metre

EK-1'in Devamı

%20 Ag ihtiva eden alaşımla lehimlenmiş nozul ile kesim işlemi sonrası yüzey erozyonu



20. metre



40. metre



60. metre



80. metre

EK-1'in Devamı

%40 Ag ihtiva eden alaşımla lehimlenmiş nozul ile kesim işlemi sonrası yüzey erozyonu



20. metre



40. metre



60. metre



80. metre

EK-1'in Devamı

%92,5 Ag ihtiva eden alaşımla lehimlenmiş nozul ile kesim işlemi sonrası yüzey erozyonu



20. metre



40. metre



60. metre



80. metre

EK-1'in Devamı

Orijinal Cu nozul ile kesim işlemi sonrası yüzey erozyonu



20. metre



40. metre



60. metre



80. metre

EK 2- YARIK FOTOĞRAFLARI

% 2 Ag ihtiva eden alaşımla lehimlenmiş nozul ile kesim işlemi



20. metre



40. metre



60. metre



80. metre

EK-2'nin Devamı

%20 Ag ihtiva eden alaşımla lehimlenmiş nozul ile kesim işlemi



20. metre



40. metre



60. metre



80. metre

EK-2'nin Devamı

%40 Ag ihtiva eden alaşımla lehimlenmiş nozul ile kesim işlemi



20. metre



40. metre



60. metre



80. metre

EK-2'nin Devamı

% 92,5 Ag ihtiva eden alaşımla lehimlenmiş nozul ile kesim işlemi



20. metre



40. metre



60. metre



80. metre

EK-2’nin Devamı

Orijinal Cu nozul ile kesim işlemi



20. metre



40. metre



60. metre



80. metre

EK 3- YÜZEY KALİTESİ FOTOĞRAFLARI

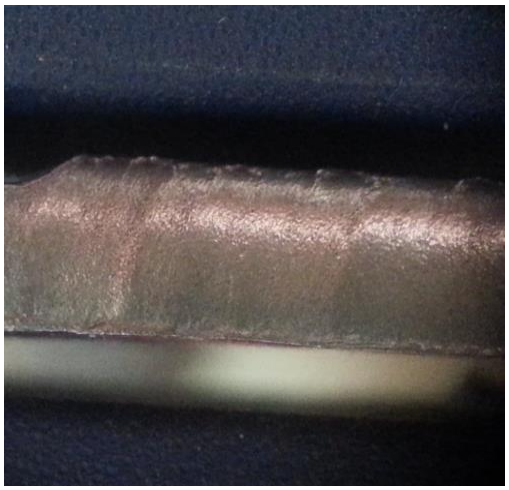
% 2 Ag ihtiva eden alaşımla lehimlenmiş nozul ile kesim işlemi



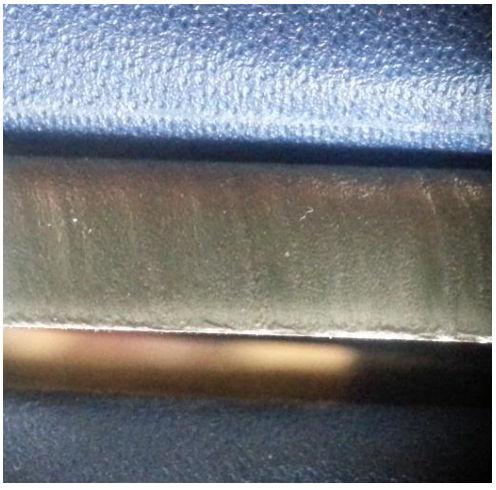
20. metre



40. metre



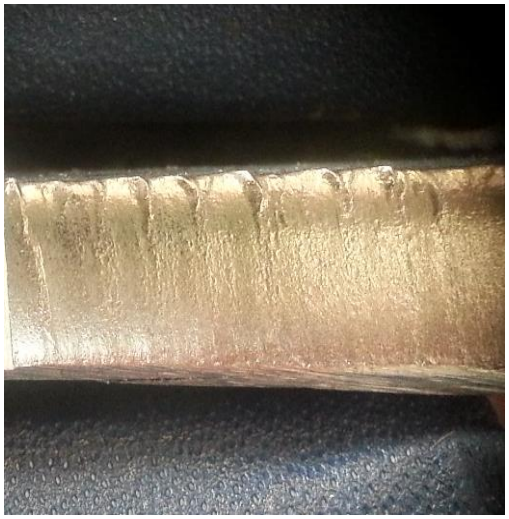
60. metre



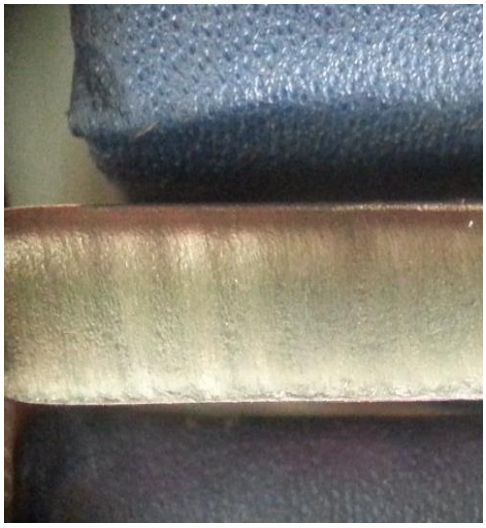
80. metre

EK-3'ün Devamı

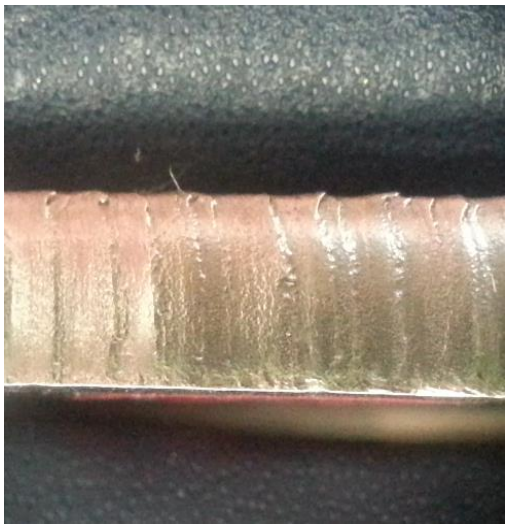
% 20 Ag ihtiva eden alaşımla lehimlenmiş nozul ile kesim işlemi



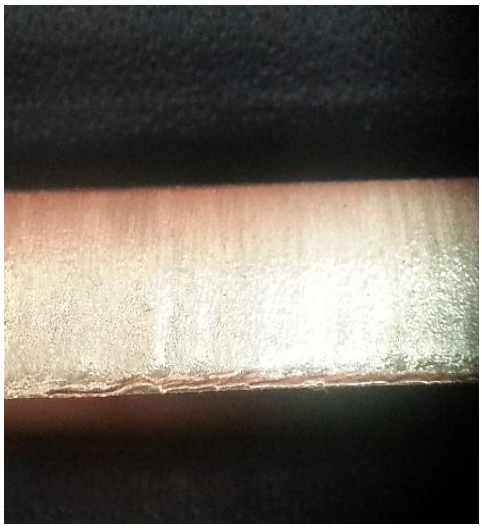
20. metre



40. metre



60. metre



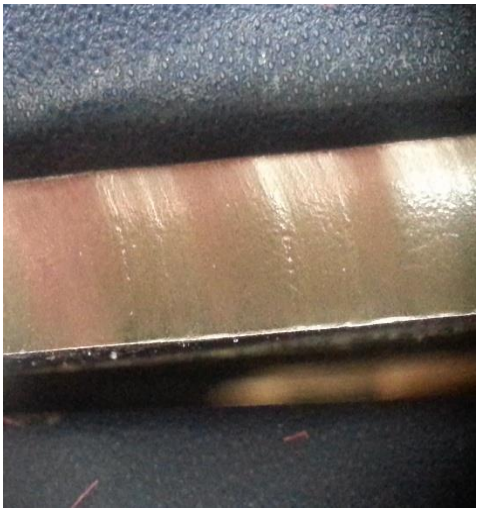
80. metre

EK-3'ün Devamı

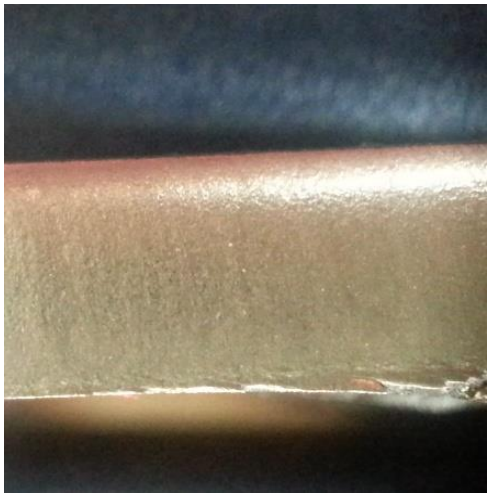
% 40 Ag ihtiva eden alaşımla lehimlenmiş nozul ile kesim işlemi



20. metre



40. metre



60. metre



80. metre

EK-3'ün Devamı

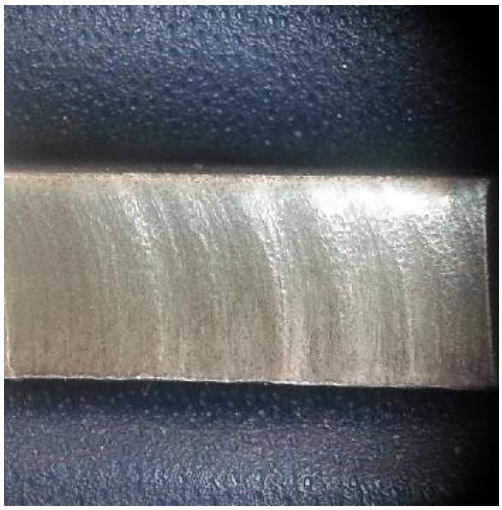
% 92,5 Ag ihtiva eden alaşımla lehimlenmiş nozul ile kesim işlemi



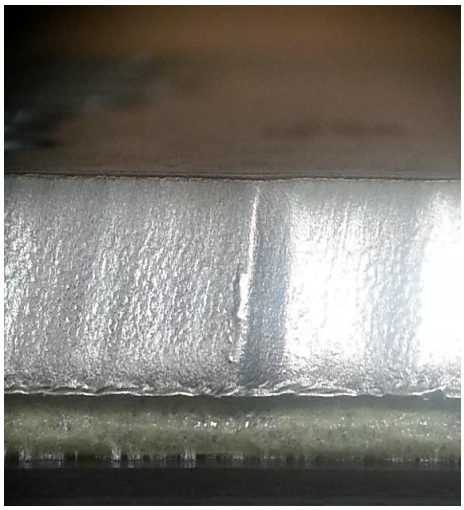
20. metre



40. metre



60. metre



80. metre

EK-3'ün Devamı

Orijinal Cu nozul ile kesim işlemi



20. metre



40. metre



60. metre



80. metre

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Ayşe YAYLI EYÜBOĞLU

Doğum Yeri ve Yılı :Akçaabat - 07.03.1983

Medeni Hali :Evli

Yabancı Dili :İngilizce

E-posta :ayse_yayli_61@hotmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Trabzon Yunus Emre Anadolu Lisesi(1997 - 2001)

Lisans : Atatürk Üniversitesi Müh. Fak. Makine Bölümü(2002 - 2006)

Yüksek Lisans : Kastamonu Üniversitesi(2016 - 2019)

Mesleki Deneyim

İş Yeri : Trabzon Silah Fabrikası A.Ş (2006 - 2009)

İş Yeri : Trabzon Olgun Klima Ltd. Şti (2009 - 2012)

İş Yeri : Kastamonu Kale Yapı Denetim Ltd. Şti (2012 - 2017)

İş Yeri : Kastamonu Teknik Yapı Denetim Ltd. Şti (2017 - …..)

Yayınları

Eski, Ö., Islak, S.,Yaylı Eyüboğlu, A. (2017). Reusability by filling the wear parts of worn down plasma nozzles with silver containing solders.1. Uluslararası İleri Malzeme ve İmalat Teknolojileri Konferansı, Karabük.