



**SEPIYOLİTİN TOZALTI ARK KAYNAĞINDA KORUYUCU TOZ
OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Ömer ŞAHBAZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2019

Ömer ŞAHBAZ tarafından hazırlanan “SEPIYOLİTİN TOZALTI ARK KAYNAĞINDA KORUYUCU TOZ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Behçet GÜLENC

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Prof. Dr. Ahmet DURGUTLU

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Serkan APAY

Makine ve İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Düzce Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 27/07/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

.....
Ömer ŞAHBAZ
27/07/2019

SEPIYOLİTİN TOZALTI ARK KAYNAĞINDA KORUYUCU TOZ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Ömer ŞAHBAZ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2019

ÖZET

Kil ve türevlerinin hammadde olarak kullanım alanları hızla artmaktadır. Bu malzemelerden biride endüstriyel sepiyolit veya tabakalı sepiyolit olarak da adlandırılan sedimanter sepiyolitlerdir. Bu oluşumlara, ülkemizde Eskişehir-Sivrihisar yöresinde çokça rastlanmaktadır. Bu çalışmada, kendisine özgü fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle endüstriyel kullanımı gün geçtikçe önem kazanan sepiyolit içeren kil minerali tozaltı ark kaynağı yönteminde koruyucu kaynak tozu olarak kullanılmıştır. Oluşturulan yeni kaynak tozu kullanılarak tozaltı ark kaynak yöntemiyle düşük alaşımlı yapı çelikleri kaynaklanmış olup sedimanter sepiyolit kaynak metali üzerine etkisi incelenmiştir. Kaynak bölgesinin dikiş geometrisi, makro ve mikroyapısı incelenmiş olup sertlik ölçümleri yapılmış ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda sepiyolit içerikli kil mineralinin tozaltı ark kaynağında koruyucu kaynak tozu olarak kullanılabileceği görülmüştür.

Bilim Kodu : 91511
Anahtar Kelimeler : Sepiyolit, tozaltı kaynağı, kaynak tozu
Sayfa Adedi : 75
Danışman : Prof. Dr. Behçet GÜLENÇ

INVESTIGATION OF SEPIOLITE AS A PROTECTIVE POWDER AT SUBMERGED
ARC WELDING

(M. Sc. Thesis)

Ömer ŞAHBAZ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2019

ABSTRACT

The use of clay and its derivatives as raw materials is increasing rapidly. One of these materials is the sedimentary sepiolites, also called industrial sepiolite or layered sepiolite. These formations are seen very common at Eskişehir-Sivrihisar region in our country. In this study, clay mineral includes sepiolite, which has become increasingly important for industrial use due to its specific physical and chemical properties, has been used as protective welding flux in submerged arc welding method. Low alloyed structural steels were welded by submerged arc welding method using the new welding flux and the effect of sedimentary sepiolite on the weld metal was investigated. Seam geometry, macro and microstructure of the weld zone were investigated and the observed changes in hardness measurements were given in this study. As a result of the study, it was observed that sepiolite containing clay mineral can be used as protective welding powder in submerged arc welding.

Science Code : 91511

Key Words : Sepiolite, submerged arc welding, flux

Page Number : 75

Supervisor : Prof. Dr. Behçet GÜLENC

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden ve aynı titizlikle beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Behçet GÜLENÇ 'e teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar olanakları konusunda ve yapılan kaynak işlemleri sırasında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Gazi Üniversitesi öğretim üyesi Prof. Dr. Ahmet DURGUTLU 'ya teşekkür ederim. Malzeme, kaynak işlemleri, makro ve mikro analiz işlemleri konusunda yardımlarını esirgemeyen Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi araştırma görevlisi Tolga YILMAZ 'a ve değerli arkadaşım Çiğdem KARA 'ya teşekkür ederim. Sepiyolit örneklerinin tüm kimyasal ve mineralojik analizlerinin yapılmasını sağlayan MTA Genel Müdürlüğü çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim. Bu uzun ve zorlu süreçte desteklerini esirgemeyen, yanımda olan eşim Maryna ŞAHBAZ, kızım Asya ŞAHBAZ 'a ve aileme sonsuz minnetlerimi sunar, tez çalışmamın bilim dünyası ve sanayi çalışmalarına faydalı olmasını dilerim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. TOZALTI ARK KAYNAĞI	3
2.1. Tozaltı Ark Kaynağının Prensibi	4
2.2. Uygulama Alanı	5
2.3. Yöntemin Avantaj ve Dezavantajları	6
2.4. Tozaltı Kaynağı Düzeneklerinin Yapısı	7
2.5. Cihaz Tekniği	8
2.5.1. Kumanda birimi ve kaynak akım üreteçleri	8
2.5.2. Tozaltı kaynağında dış ve iç ayar mekanizmalarının uygulama alanları	10
2.6. Tozaltı Kaynağında Arkın Tutuşturulması.....	11
2.6.1. Ateşlemeyle başlangıç.....	11
2.6.2. Temaslı başlangıç.....	11
2.6.3. Çelik yün yardımıyla tutuşturma.....	12
2.6.4. Temassız tutuşturma.....	12
2.7. Tozaltı Ark Kaynağı Cihaz Çeşitleri.....	13

Sayfa

2.7.1. Tek telli kaynak cihazları	14
2.7.2. Tandem tozaltı kaynağı	14
2.7.3. Çift telle kaynak	15
2.7.4. Tozaltı sıcak tel kaynadı.....	17
2.7.5. Band kaplama.....	18
2.8. Koruyucu Kaynak Tozlarında Aranılan Şartlar	18
2.9. Toz Üretimi	18
2.9.1. Eritme yöntemiyle üretim	19
2.9.2. Aglomere yöntemiyle üretim	19
2.9.3. Sinterleme yöntemiyle üretim	19
2.9.4. Karışık toz	20
2.10. Toz Çeşitlerinin Özellikleri.....	20
2.10.1. Erimiş toz	20
2.10.2. Aglomere toz	20
2.10.3. Sinterlenmiş toz.....	20
2.11. Kimyasal Bileşim ve Özellikler	21
2.11.1. Silisyum oksit, SiO_2	21
2.11.2. Mangan oksit, MnO	21
2.11.3. Fluorit, CaF_2	22
2.11.4. Kalsiyum oksit, CaO	22
2.11.5. Magnezyum oksit, MgO	22
2.11.6. Alümina, Al_2O_3	22
2.11.7. Genel etkiler	22
2.12. Tozun gösterimi	23

Sayfa

2.12.1. Toz sınıfı 1	25
2.12.2. Toz sınıfı 2	25
2.12.3. Toz sınıfı 3	25
2.12.4. Toz Sınıfı 4.....	25
2.13. Kaynak Telleri.....	26
2.14. Kaynak Parametreleri	28
2.14.1. Kaynak akım şiddeti.....	29
2.14.2. Kaynak gerilimi.....	29
2.14.3. Kaynak ilerleme hızı	30
2.14.4. Akım çeşidi ve kutuplama.....	31
2.14.5. Tel elektrot çapı.....	32
2.14.6. Serbest tel uzunluğu	32
2.14.7. Tane iriliğinin etkisi	32
2.15. Tel Toz Kombinasyonları	32
2.16. Banyo Altlıkları.....	33
2.16.1. Bakır altlıklar	33
2.16.2. Eriyen altlık.....	33
2.16.3. Toz altlık	33
2.16.4. Özel yapışkan bantlı kaynak banyosu koruması	34
2.16.5. Elle arkadan kaynak	34
2.16.6. Uygun şekillendirilmiş dikiş geometrisiyle banyo korunması.....	34
2.17. Kaynak Hataları	34
2.17.1. Gözenekler	34
2.17.2. Sıcak çatlaklar	35

Sayfa

2.17.3. Soğuk çatlaklar	35
3. SEPIYOLİT	37
3.1. Tanım	37
3.2. Sepiyolitın Yapısı.....	39
3.3. Rezervler	41
3.4. Yapısal Özellikler ve Fiziko Kimyasal Davranış.....	43
3.5. Sepiyolitın Kullanım Alanları	45
3.5.1. Sorptif malzeme olarak	45
3.5.2. Renklendirme ajanları olarak	46
3.5.3. Katalitik uygulamalar.....	46
3.5.4. Organo-mineral türevleri.....	46
3.5.5. Reolojik uygulamalar	47
3.5.6. Dolgu uygulamaları.....	47
3.5.7. Çevre uygulamaları	47
3.5.8. Diğer kullanımlar	48
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	49
4.1. Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri	49
4.1.1. Ana metal	49
4.1.2. Koruyucu kaynak tozu ve sepiyolit içeren kil minerali	50
4.1.3. Kullanılan kaynak teli ve tozaltı kaynak makinesi	56
4.2. Deneyin Yapılışı.....	57
4.3. Kaynak Bölgesindeki Mikroyapı Ve Sertliğin İncelenmesi.....	58
5. DENEYSEL SONUÇLAR ve TARTIŞMA.....	61

Sayfa

6. SONUÇ ve ÖNERİLER	71
KAYNAKLAR.....	73
ÖZGEÇMİŞ.....	75

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Tozaltı kaynağının karakteristik sınır değerleri	6
Çizelge 2.2. Kaynak tozu sembolleri ve karakteristik kimyasal bileşenleri	24
Çizelge 2.3. Bazı kaynak tozlarını olası bileşenleri	25
Çizelge 2.4. Çeşitli kaynak tozlarının kaynak kabiliyetleri	26
Çizelge 2.5. Tozaltı kaynağı tel elektrodlarının kimyasal bileşimi	27
Çizelge 2.6. Kaynak metalinin içerdiği hidrojen miktarı	28
Çizelge 3.1. Lüle taşı ve endüstriyel sepiyolit kimyasal bileşimi	39
Çizelge 3.2. Sepiyolit fiziksel özellikleri	41
Çizelge 3.3. Eskişehir α - sepiyolit üretim bölgeleri ve rezervleri	42
Çizelge 3.4. Eskişehir β - sepiyolit üretim bölgeleri ve rezervleri	43
Çizelge 3.5. Sepiyolit mineralinin birim kafes hücre boyutları	44
Çizelge 4.2. Deneysel çalışmalarda kullanılan çelik malzemenin mekanik özellikleri	50
Çizelge 4.3. Deneylerde kullanılan koruyucu kaynak tozunun kimyasal bileşimi	50
Çizelge 4.4. Sepiyolit içerikli 3 farklı kilin XRF analizi sonuçları	51
Çizelge 4.5. Deneysel çalışmalarda kullanılan kaynak telinin kimyasal bileşimi	56
Çizelge 5.1. Kaynak işlemi sonrası mikrosertlik ölçümleri (HV 0,5)	68

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Bir tozaltı düzeneğinin şematik yapısı.....	7
Şekil 2.2. İç ayar mekanizmasında meydana gelen olaylar	9
Şekil 2.3. İç Ayar Mekanizması.....	9
Şekil 2.4. Dış ayar mekanizmasında meydana gelen olaylar	10
Şekil 2.6. Bir tandem tozaltı düzeneğinin şeması	15
Şekil 2.7. Tozaltı çift tel yönteminde muhtemel tel konumları	16
Şekil 2.8. Tozaltı sıcak tel yönteminin şematik gösterimi	17
Şekil 2.9. Tozaltı kaynak tozlarının EN ISO 14174 standardına göre gösterimi.....	23
Şekil 2.10. TS EN ISO 14171 ‘e göre kullanılacak ilave kaynak metallerinin gösterimi ...	28
Şekil 2.11. Kaynak akım şiddetinin nüfuziyete olan etkisi.....	29
Şekil 2.12. Kaynak geriliminin dikiş üzerindeki etkisi.....	29
Şekil 2.13. Kaynak hızının nüfuziyet üzerindeki etkisi.	30
Şekil 2.14. Akım çeşidi ve kutuplamanın etkisi	31
Şekil 3.1. Sepiyolit kristalinin şematik görünüşü	40
Şekil 4.1. S-1 numunesinin XRD analiz sonuçları	52
Şekil 4.2. S-2 numunesinin XRD analiz sonuçları	53
Şekil 4.3. S-3 numunesinin XRD analiz sonuçları	54

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Tozaltı Ark Kaynağı	3
Resim 2.2. Tozaltı ark kaynağı yönteminin şematik olarak gösterilişi.....	5
Resim 2.3. Tozaltı Kaynak Düzeneği	8
Resim 2.4. Paralel ve seri hazırlanmış ikiz tel tozaltı kaynağı	16
Resim 3.1. Doğada bulunan lületaşı ve işlenmiş pipo	38
Resim 4.1. S-1 numunesi	55
Resim 4.2. S-2 numunesi	55
Resim 4.4. Lincoln Electric Arc Welder tozaltı kaynak makinesi.....	57
Resim 4.5. Sepiyolit koruması altında kaynak.....	58
Resim 4.6. LEICA DM 4000M metal mikroskobu.....	59
Resim 5.1. S235 JR Ana malzeme mikro görüntüsü X50 büyütme	61
Resim 5.2. N1 Mikroyapı görüntüsü sağ kaynak bölgesi X50 büyütme	62
Resim 5.3. N1 Mikroyapı görüntüsü merkez kaynak bölgesi X50 büyütme.....	62
Resim 5.4. N1 Mikroyapı görüntüsü sol kaynak bölgesi X50 büyütme.....	63
Resim 5.5. N2 Mikroyapı görüntüsü sağ kaynak bölgesi X50 büyütme	63
Resim 5.6. N2 Mikroyapı görüntüsü merkez kaynak bölgesi X50 büyütme.....	64
Resim 5.7. N2 Mikroyapı görüntüsü ITAB ısıdan etkilenen bölge X50 büyütme	64
Resim 5.8. N3 Mikroyapı görüntüsü sağ kaynak bölgesi X50 büyütme	65
Resim 5.9. N3 Mikroyapı görüntüsü merkez kaynak bölgesi X50 büyütme.....	65
Resim 5.10. N3 Mikroyapı görüntüsü sol kaynak bölgesi X50 büyütme.....	66
Resim 5.11. QnessVickers mikro sertlik ölçüm cihazı	68

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

A	Amper
Å	Angström
AC	Alternatif Akım
Al	Alüminyum
CO₂	Karbondioksit
CO	Karbonmonoksit
Cr	Krom
Cu	Bakır
dk	Dakika
E	Hat Enerjisi
Fe	Demir
g/cm³	Yoğunluk
kg	Kilogram
lt	Litre
mm	milimetre
MPa	Megapaskal
Ni	Nikel
O₂	Oksijen
R	Direnç

Kısaltmalar

Açıklamalar

EN	Avrupa standardı
DC	Doğru Akım
ISO	Uluslararası standart
ITAB	Isının Tesiri Altındaki Bölge
SAW	Tozaltı ark kaynağı

Kısaltmalar**Açıklamalar****TS**

Türk standardı

XRD

X Işını Kristalografisi

XRF

X-Işını Flüoresans

1. GİRİŞ

Toz altı kaynak yöntemi dünyada ilk defa 1930'lu yılların başında Amerika Birleşik Devletleri'nde uygulanmaya başlamıştır. Yöntem birkaç yıl sonra Avrupa'da kullanılmaya başlamış ve bugünkü şeklini ise 1946 yılında Rusya'da almıştır. Yöntemin Türkiye'ye girişi 1960'lı yıllara rastlar. Bugün ülkemizde kaynaklı imalat yapan büyük kuruluşların tümünde toz altı kaynağı yapılmaktadır (Balkır, 1990).

Toz altı kaynak yönteminde kaynak parametreleri (kaynak akımı, ark voltajı, tel ilerleme hızı, kaynak hızı) iyi seçildiği takdirde hatasız ve çok güzel görünümlü dikişler elde edilir. Normal örtülü elektrotla yapılan kaynağa göre bu yöntemde kullanılan aynı çaplı elektrot daha yüksek kaynak akımı ile yüklendiğinden, daha büyük kaynak banyosu ve daha derin nüfuziyet elde edilir. Yöntem, yarı otomatik ve tam otomatik kaynak uygulamalarına da uygun olduğu için, modern kaynak uygulaması olarak sanayileşmiş ülkelerde yaygın kullanım sahası bulmuştur (Kahraman ve Gülenç, 2016: 29-32).

Tozaltı kaynağında kullanılan kaynak tozları, örtülü elektrotlardaki örtünün fonksiyonunu yerine getirir. Kaynak işlemine fiziksel ve metalürjik bakımdan tesir eder.

Kaynak tozları fiziksel olarak kaynak banyosunu atmosferden korur, kaynak dikişine uygun bir form verir ve çabuk soğumasına engel olur. Kaynak tozları, tozaltı ark kaynağında kaynak metalinin alaşımlandırılmasına, dikişin gözeneksiz olmasına ve kaynak metalinin içyapısının hatalardan arındırılmış olmasına etki eder.

Kaynak tozu tanelerinin boyutu tozun performansını etkiler. Tozaltı ark kaynağındaki kaynak tozu, kaynak esnasında oluşan gazların dikişi terketmesine izin verecek nitelikte olmalıdır. Tozu oluşturan tanelerin boyutu küçüldükçe, oluşan gazların dışarı çıkması zorlaşmaktadır. Kaynak hızlarının yüksek olduğu durumlarda orta ve iri taneli tozların, yüksek akım şiddetleri ile çalışırken ince taneli tozların kullanılması yararlıdır. Toz örtüsü yüksekliğinin fazla olması gazların dışarı çıkamayarak gözenek oluşturmaya neden olur. Örtü yüksekliğinin gerektiğinden az olması da tozun koruyuculuk görevini yerine getirememesine sebep olur. Verimli bir tozaltı kaynağı yapabilmek için uygun tel toz kombinasyonu sağlanmalıdır (Heintze ve Pherson, 1986).

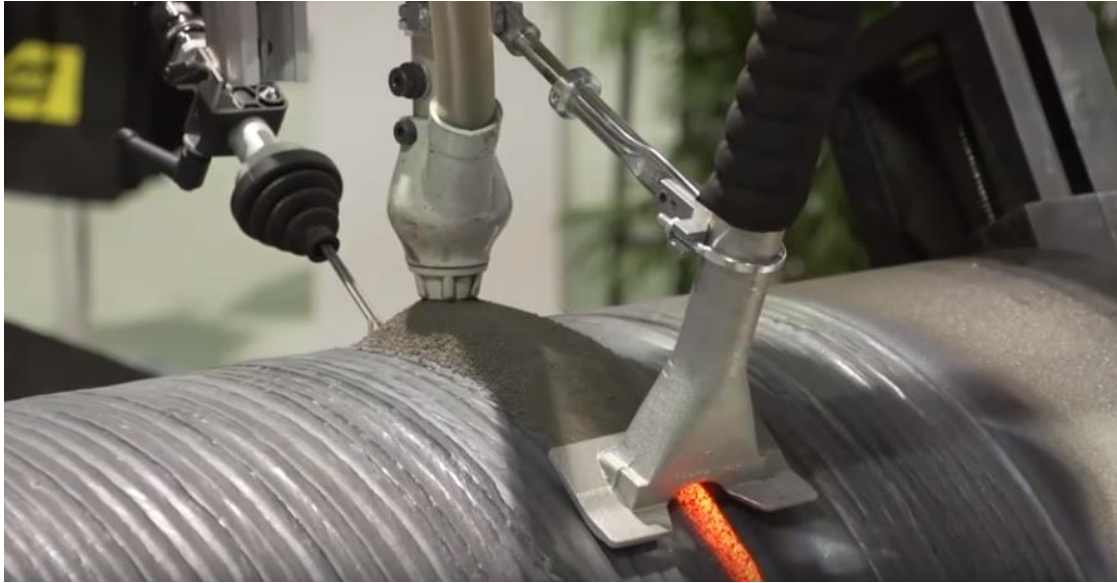
Ülkemizde yaygın olarak bulunan sepiyolit içerikli kil cevheri tozaltı kaynak yönteminde koruyucu kaynak tozu görevini yapabilecek teknik özelliklere sahiptir. Sepiyolit ve fillosilikat grubuna dahil doğal bir kil mineralidir. Basit olarak sepiyolit sulu magnezyum silikat bileşimli kil mineralleridir. Yarım hücre formülüne göre Sepiyolit: $(Si_{12})(Mg_9)O_{30}(OH_6)(OH_2)_4.6H_2O$ şeklindedir (Sarıöz ve Nuhoğlu, 1992: 38). Sepiyolit zenginleşmeleri tabiatta, kabaca iki farklı tipte bulunmaktadır. Bunlardan birinci tip sepiyolit oluşumu, ülkemizde özellikle Eskişehir yöresi civarında bulunan "lületaşı (meerschaum)" dur. Bir diğer önemli sepiyolit oluşumu ise, "sanayi sepiyoliti" veya "tabakalı sepiyolit" olarak da adlandırılan "sedimanter sepiyolit" lerdir (Sabah ve Çelik, 1999).

Günümüzde sanayi sepiyoliti olarak bilinen ve süs eşyası yapımına uygun olmayan β -sepiyolit, tabakalı bir sepiyolit türü olarak sedimanter oluşumu, bileşimi, özellikleri ve kullanım alanları itibariyle α -sepiyolit'ten (lületaşı) ayrılır. Bu tip sepiyolit türüne daha çok Eskişehir'in Sivrihisar ve Yunussemre yöreleri başta olmak üzere Çanakkale, Bursa, Kütahya ve Isparta yörelerinde rastlanılmaktadır. Sanayi sepiyoliti veya sepiyolitik kil suda kolayca dağılır. Lületaşı ve sanayi sepiyolit arasında element ve fiziksel özellikler bakımından farklılık gösterir. Çizelge 1.1'de Eskişehir civarında bazı bölgelerin sepiyolit rezervleri gösterilmektedir (İrkeç, 1996: 96). Bu tez çalışmasında sedimanter tip sepiyolit tozaltı ark kaynağı için koruyucu kaynak tozu olarak kullanılması planlanmıştır.

2. TOZALTIARKKAYNAĞI

Tozaltı ark kaynağı yöntemi ilk olarak 1933 yılında A.B.D.'de büyük çaptaki boruların enine dikiş kaynaklarını gerçekleştirmek için tasarlanmış ve 1937 yılından itibaren yaygın olarak uygulanmaya başlanmıştır (Anık, 1991: 63,67).

Bu kaynak çeşidi temel olarak, bir elektrik ark kaynağı çeşididir. Ark, erimiş elektrot ve iş parçası arasında yanar. Oluşan ark ve kaynak alanı kaynak bölgesine sürekli gönderilen toz ile korunur. Tozla korumanın ardından da cüruf ile koruma başlar. Kaynak banyosu kaynak tozu ile kaplıdır. Bu sebepten dolayı bu kaynak çeşidi tozaltı ark kaynağı olarak tanımlanmıştır. Toz ve cürufun korumasıyla çok iyi bir termal etki elde edilir.



Resim 2.1. Tozaltı Ark Kaynağı (Lancaster, 1999)

Tozaltı ark kaynağı boyunca, damlacıkta, kaynak havuzunda ve eriyik metalde metalürjik işlemler gerçekleşir. Kaynak yapılan metalin cinsine göre seçilen kaynak tozu kaynak havuzunda gerçekleşen tepkimeler sayesinde alaşımlandırma görevi görür.

Tozaltı ark kaynağı sadece yatay pozisyonlardaki (PA) kaynak dikişleri için uygundur. Her ne kadar günümüzde bazı yöntemlerle dikey pozisyonlarda (PC) kaynak yapabilme imkanı elde edildiyse de bu metod ile tavan kaynağı yapmak mümkün değildir. Toz altı ark kaynağı yöntemi genel olarak yapı çelikleri, basınçlı kap çelikleri ve paslanmaz çelikler için yaygın

olarak kullanılmaktadır.

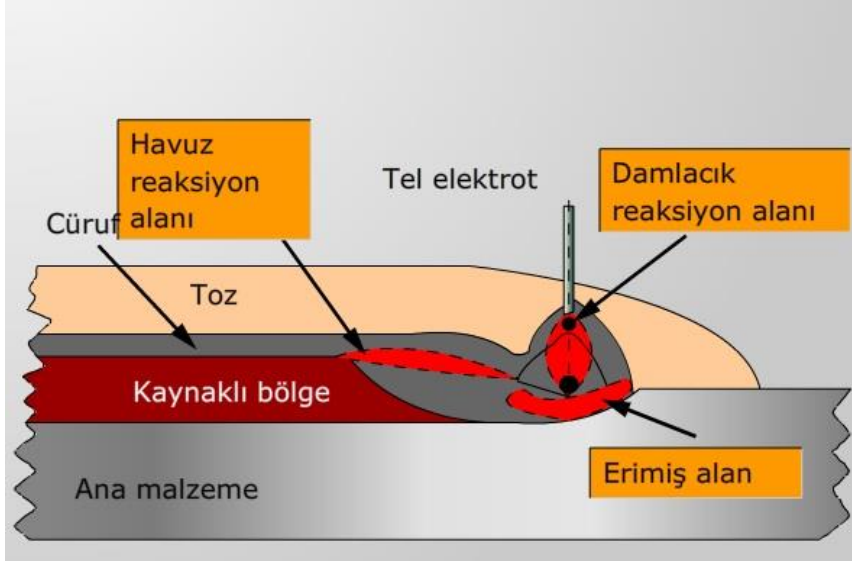
Toz altı kaynak yönteminde kaynak parametreleri iyi ayarlandığında hatasız ve kozmetik olarak güzel görünümlü dikişler elde edilir. Örtülü elektrotla ve gaz altı ile yapılan kaynağa göre bu yöntemde kullanılan aynı çaplı elektrotta daha yüksek kaynak akımı yüklenebildiği için, daha büyük kaynak banyosu ve daha derin nüfuziyet elde edilir. Tozaltı kaynak yöntemi kullanılan bir kaynakta nüfuziyet problemi ile karşılaşmak pek mümkün değildir. Bu yöntem hem yarı otomatik hem de tam otomatik kaynak uygulamalarına uygun olduğu için, günümüz sanayinde yaygın kullanım alanı bulmuştur.

Kaynak metodunda birleşme yüzeyleri iyi temizlenir, düzgün kaynak ağzı açılır, uygun bir kaynak teli kullanılırsa kaliteli bir kaynak elde edilir. Tozaltı kaynak kaynak yönteminde yüksek akım kullanıldığı için genellikle ön ısıtmaya ihtiyaç duyulmaz.

2.1. Tozaltı Ark Kaynağının Prensibi

Ark, iki erimiş elektrot arasında veya erimiş elektrot ve iş parçası arasında yanar. Ark ve kaynak alanı toz ile korunur. Tozla korumanın ardından da cüruf ile koruma başlar. Kaynak banyosu kaynak tozu ile kaplıdır ve bu şekilde çok iyi bir termal etki elde edilir. Ark, kaynak teli ile kaynatılacak parça arasında koruyucu bir kaynak tozu örtüsü altında olduğundan görülemez. Tozaltı ark kaynağı boyunca, damlacıkta, kaynak havuzunda ve eriyik metalde metalürjik işlemler gerçekleşir. Damlacıkta ve kaynak havuzunda gerçekleşen reaksiyonlar, kaynak tozuna ve kullanılan elektrotla bağlıdır.

Kaynak dolgu maddesi ve kullanılan kaynak tozu erimiş kaynak metalinin alaşımını ve mekanik özelliklerini etkiler. Bu sebeple ana metal düşünülerek uygun bir tel-toz kombinasyonu oluşturulmalıdır.



Resim 2.2. Tozaltı ark kaynağı yönteminin şematik olarak gösterilişi

Kaynak tozu bir toz toplama ünitesi tarafından iş parçası üzerine kaynak çizgisi boyunca dökülür. Toz miktarı arkı örtecek ve atmosferik etkilerden kaynak dikişini koruyacak şekilde ayarlanmalıdır.

Tozaltı kaynak yönteminde, tel elektroda torç çıkışında özel bir bakır kontakt tarafından akım verilir. Kaynak teli, motor tahrikli besleme makaralarından oluşan bir tel besleme ünitesi aracılığıyla kaynak bölgesine iletilir.

Kaynak arkı sıcaklığı nedeniyle tel ve koruyucu tozun bir kısmı erir. Eriyen kaynak tozu curuf oluşturarak sıvı metal banyosunun üzerini tamamen örter ve atmosferik etkilerden korur. Erimeyen kaynak tozu ise dikiş üzerinden emilerek tekrar toz toplama ünitesine aktarılır (Anık ve Vural, 1993: 98).

2.2. Uygulama Alan

Tozaltı kaynağı tercihen kalın levhalarda ve uzun dikişlerde uygulanmaktadır. Elde edilebilen yüksek kaynak kalitesi ile bu yöntem pek çok güvenlik unsuru gerektiren yapı elemanları için de izin verilmektedir. Diğer uygulama alanları şöyle sıralanabilmektedir: gemi inşası, çelik yapı inşası, büyük boru hatları inşası (spiral dikişler), kap inşası vs. Karakteristik sınır değerleri aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Çizelge 2.1. Tozaltı kaynağının karakteristik sınır değerleri

Malzemeler:	Alaşımsız, düşük ve yüksek alaşımlı çelik, ince taneli yapı çelikleri, östenitik çelikler
Kaynak akım şiddeti:	200 - 2000 W (tercihen 500-1000)
Kaynak gerilimi:	25 - 45 V
Kaynak hızı:	15 - 200 (max.400) cm/dk
Tel elektrod çapı:	1.2-8 mm (tercihen 4-6 mm)
Eritme gücü:	3 - 40 (max.75) kg/h
Levha kalınlığı:	En az 2 mm (tercihen > 6 mm)

2.3. Yöntemin Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları:

- Yüksek eritme gücü, çoklu tel yönteminde yüksek kaynak hızı, düşük ücret maliyeti
- Yüksek termik verim nedeniyle düşük özgül enerji tüketimi (J/cm dikiş) ve özellikle köşe dikişlerinde az açısal çarpılma
- Dikiş formu üzerindeki etkinin iyi olması, ana malzemeye geçişin yavaş olması cüruf içerisinde akım geçişi ile sağlanmakta. Sertleşme eğiliminin az olması kaynak parametreleri ve kaynak ağzı formunun soğuma hızını etkilemesi ile elde edilmekte
- İç çentiklerin nadir olması işlem görmemiş durumda dikişin yüksek dayanca ve düzenli bir dikiş kalitesine sahip olmasını sağlamakta
- Kaynakta göz kamaşma etkisinin olmaması, az duman oluşumu.

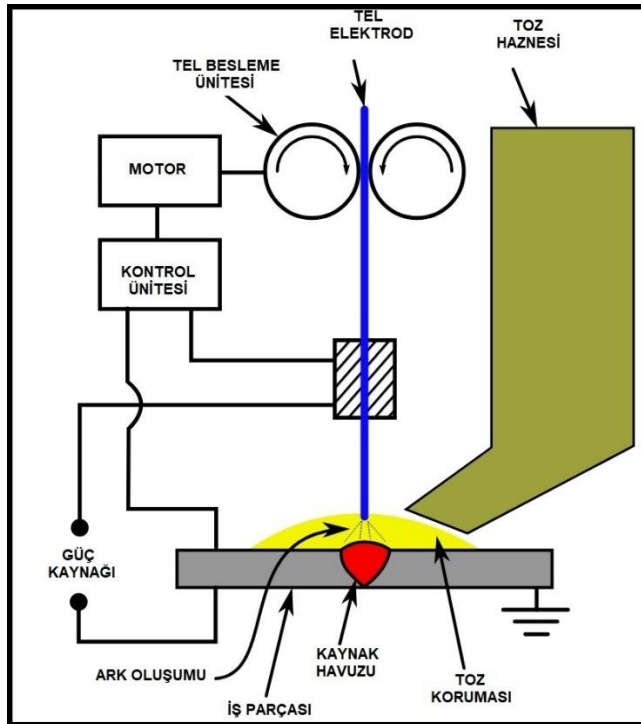
Dezavantajları:

- Büyük erime banyosu
- İri dallantılı kristalizasyon
- Dikiş ortasında segregasyonlar
- Uygun olmayan döküm yapı
- Sıcak çatlak oluşumu tehlikesi
- Banyo altlığının yetersiz olması durumunda erimiş metalin aşağı akma tehlikesi bulunmakta

- Kaynak banyosunun görülebilir olmaması ve kaynak sırasında sadece sınırlı düzeltmelerin yapılabilmesi nedeniyle tam bir kaynak ağzı hazırlığı ve torç idaresi gerekmektedir
- Ek yardımcı donanım olmadan sadece yatay ve oluk pozisyonlarındaki uygulamalar mümkün olmakta

2.4. Tozaltı Kaynağı Düzeneklerinin Yapısı

Tozaltı kaynağı düzenekleri sabit veya hareketli çalışabilecek şekilde yapılmaktadır. Sabit cihazlarda kaynaklanacak iş parçaları kaynak kafası altında hareket. Bu durumda parça boyutları ve dikiş uzunlukları hareket düzeneğinin büyüklüğü ile sınırlanmıştır. Hareket edebilen düzeneklerde ise kaynak kafası ve tel sürme düzeneği raylar üzerinde ilerleyen bir taşıyıcı üzerine monte edilmiştir. Söz konusu raylar, kaynak dikişine uygun bir şekilde yapı elemanı üzerine yerleştirilir (örn: Köprü inşası). Bu metod ulaşılabilirlik, enerji girdisi ve kaynak dikişinin uzandığı yol tarafından sınırlandırılmaktadır. Bir (tek taraflı) tozaltı düzeneğine ait temel parçalar Şekil 2.1'de şematik olarak gösterilmiştir (Tülbentçi ve Anık, 1998).



Şekil 2.1. Bir tozaltı düzeneğinin şematik yapısı



Resim 2.3. Tozaltı Kaynak Düzeneği (Houldcroft, 1990)

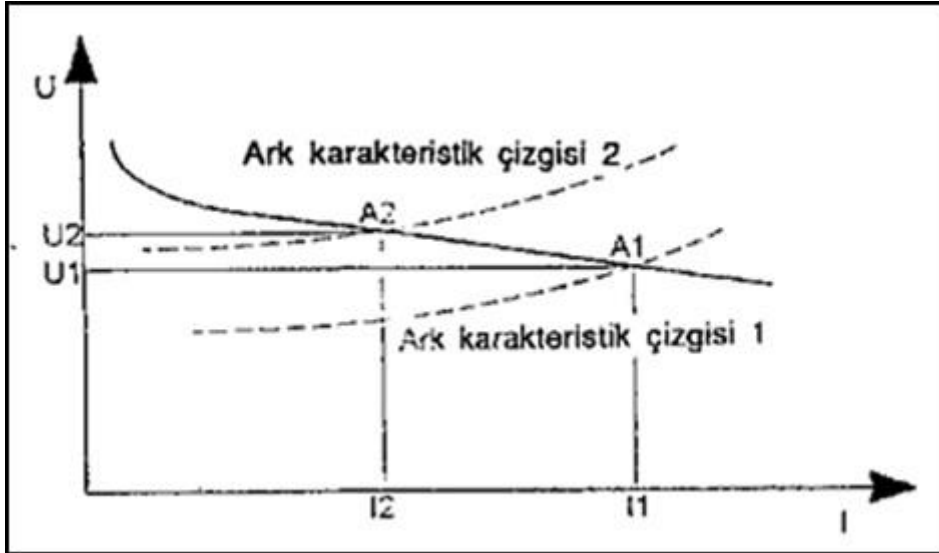
2.5. Cihaz Tekniği

2.5.1. Kumanda birimi ve kaynak akım üreteçleri

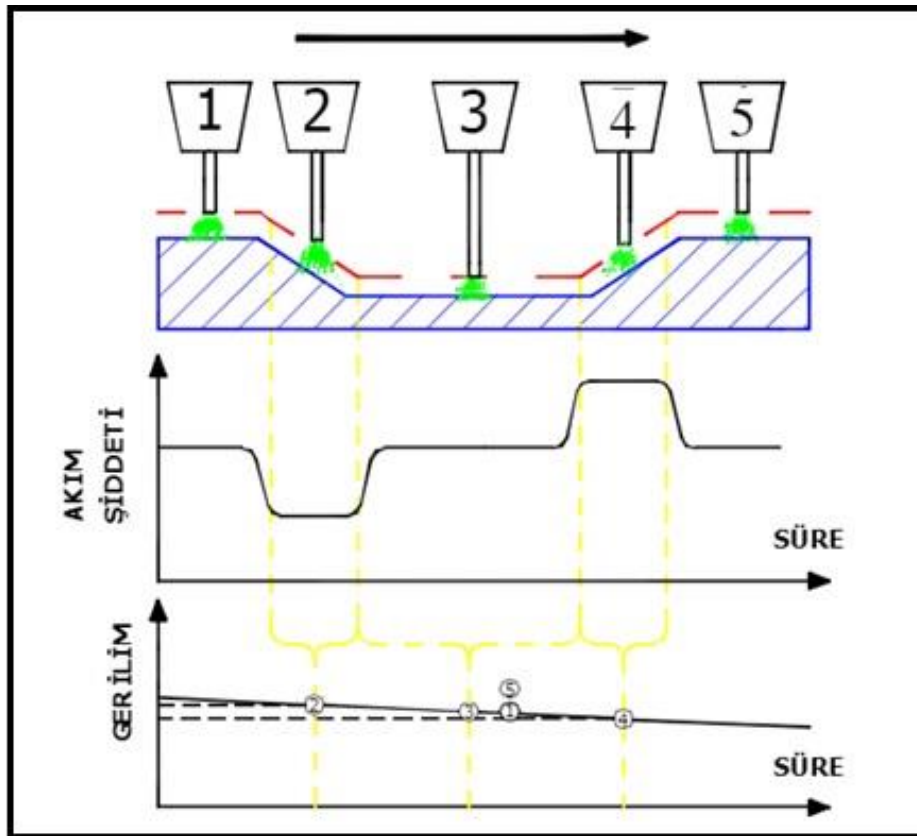
Tozaltı kaynağında kumanda biriminin başlıca görevi tel elektrodun sürülme ve erime hızları arasındaki dengeyi sağlamaktır. Bu amaca iki farklı yolla ulaşılabilmektedir. Bunlar sabit gerilim karakteristik çizgisiyle iç ayar mekanizması (ΔI -Ayarı) ve düşen karakteristik çizgisiyle dış ayar mekanizması (ΔV -Ayarı) yöntemleridir.

Gazaltı kaynağı yöntemlerinde de uygulanmakta olan sabit gerilim karakteristik çizgisiyle iç ayar mekanizmasında (ΔI -Ayarı), kaynak işlemi süresince tel sürme hızı sabit kalmaktadır. Ölçülmekte olan değer ise ark boyu ile orantılı bulunan ark gerilimidir. Ark boyu örneğin çukurda kalan bir bölgenin üzerine kaynak yapıldığı durumda uzarsa, ark gerilimi artar. Çalışma noktası (akım üretici ve arkın karakteristik çizgilerinin kesiştiği nokta) sola doğru kayar (Şekil 2.3). Cihaz karakteristik çizgisi ne kadar yatay durumdaysa, gerilimde görülen bu değişim kaynak akımının daha büyük düzeyde değişmesine neden olmaktadır. Düşük akım ile sürülenden daha az tel eriyecektir. Ark boyu ise tekrar bir denge durumu oluşana kadar kısalacaktır. Ayarlama hızı çok yüksek olduğundan bu mekanizma ince tel elektrodlar

ve tozaltı band kaplama yöntemi için uygundur. Dezavantajı ise, tel elektrodun kısa devre yaptığı durumlarda kaynak banyosunda oluşan çok yüksek kısa devre akımının banyoda kararsızlığa yol açabilmesidir.

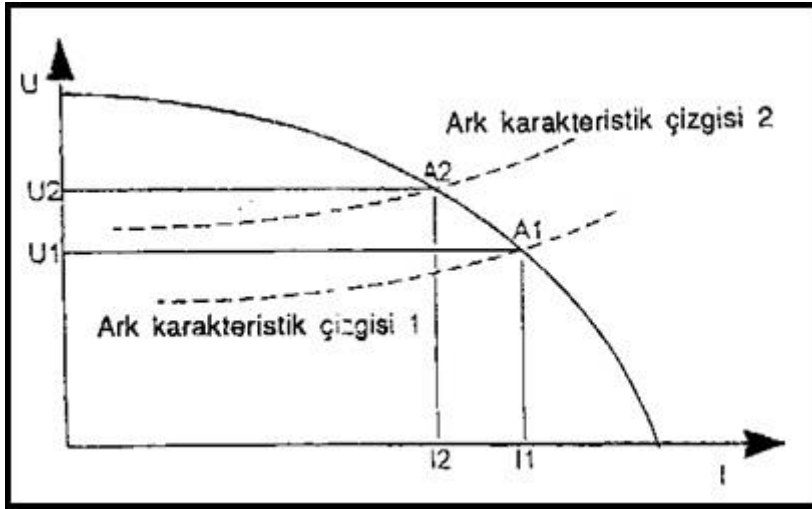


Şekil 2.2. İç ayar mekanizmasında meydana gelen olaylar



Şekil 2.3. İç Ayar Mekanizması

Düşen karakteristik çizgisiyle dış ayar mekanizmasında (ΔV -Ayarı) denge durumu tel sürme hızının uyumu ile sağlanmaktadır. Ölçülmekte olan değer ark gerilimidir. Gerilim çok yüksek ve ark boyu çok uzunsa tel sürme hızı artırılmaktadır. Bu tür ayar mekanizmaları dik düşen karakteristik çizgiye (sabit akımlı karakteristik çizgi) sahip akım üreteçlerinde kullanılmaktadır. Burada gerilimdeki değişim, akımda meydana gelen sadece ufak bir değişimin sonucudur. Ayarlama hızı iç ayar mekanizmasındakinden daha yavaş olduğundan çapı sadece 2.5 mm'den kalın tel elektrodlar için uygundur (Houldcroft, 1968).



Şekil 2.4. Dış ayar mekanizmasında meydana gelen olaylar

2.5.2. Tozaltı kaynağında dış ve iç ayar mekanizmalarının uygulama alanları

Diğer kaynak yöntemlerinin aksine tozaltı ark kaynağı yönteminde hem iç ayar mekanizması (ΔI), hem de dış ayar mekanizması (ΔV) uygun şartlarda kullanılabilir. Birçok tozaltı kaynak makinesi için hangi yöntemin kullanılacağı cihazın sahip olduğu programlama ünitesi tarafından otomatik olarak ayarlanmaktadır.

Dış ayar mekanizması için gereken şartlar:

- Kalın tel elektrodlarda >2.5 mm (düşük tel sürme hızı, yüksek akımlar, ayarlama hızı yeterli)
- Yüksek akım şiddetlerinde
- Düşen karakteristik çizgiye (sabit akımlı karakteristik çizgi) sahip akım üreteçlerinde
- Yüksek boşta çalışma geriliminde

İç ayar ekanizması için gereken şartlar:

- İnce tel elektrodalarda (yüksek tel sürme hızı, düşük akımlar, yüksek ayarlama hızı gerekli)
- Yatay karakteristik çizgide (sabit gerilimli karakteristik çizgi)
- Band kaplamada

2.6. Tozaltı Kaynağında Arkın Tutuşturulması

Kaynak yöntemlerinde oluşan kaynak hatalarının büyük bir bölümü kaynağa başlama ve bitiş noktalarında görülmektedir. Bu kısa süre içerisinde kaynak bölgesi henüz korunamadığı için arkın düzgün ve hızlı tutuşturulması önem arz eder. Tozaltı arkının hızlı bir şekilde tutuşturulması her şeyden önce başlangıç levhaları kullanılmadığında önem kazanmaktadır. Kaynak sırasında hiçbir şey şansa bırakılmamalı ve tutuşturmayı sağlamak için birçok yöntem hesaba katılmaktadır. Tutuşma özellikleri ne kadar kötüyse uygun bir tutuşturma yöntemi o kadar önem kazanmaktadır.

2.6.1. Ateşlemeyle başlangıç

Bu yöntemde özel bir tutuşturma tekniği olmadan çalışılmaktadır. Akım, tel sürme ve iş parçası hareketi aynı anda başlatılır. Tutuşma, iş parçası ile temastan sonra meydana gelir. Telin yapışma tehlikesi büyük olduğundan bu yöntem sadece ince teller kullanıldığında uygulanmalıdır. Kalın teller kullanılmak zorundaysa tel ucundaki akım konsantrasyonunu arttırmak için tel başlangıcı incelterek kaynak işlemine başlanır. İnceltirilmiş telden geçen akım daha yoğun olacağından ark kolayca başlar.

2.6.2. Temaslı başlangıç

Tel elektrod bir tutuşturma düzeneği yardımıyla, akım verilmiş halde iş parçası üzerine temas ettirilir ve temastan hemen sonra yukarı kaldırılır. Bu sayede oluşan kısa devre tel üzerindeki yüksek akımı bir anda artırarak arkın başlamasını sağlar. Ark tutuşturulduktan sonra tel sürme ve kafa hareketi başlatılır. Bu yöntemde başarılı bir ark oluşumu için cihaz ayarları çok iyi olmalıdır.

2.6.3. Çelik yün yardımıyla tutuşturma

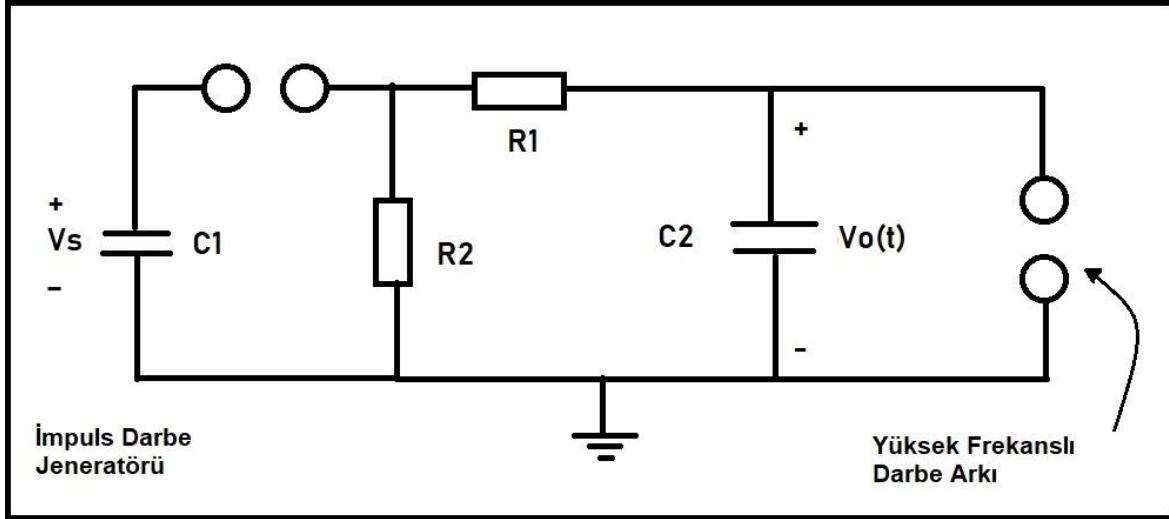
Çelik yün veya demir çapaklardan oluşmuş bir tutuşturma düzeneği tel elektrod altına yerleştirilir. Kaynak akımının verilmesinden sonra, akım tamamen bu malzemeden geçer. Bu parça, yüksek akım yoğunluğu sebebiyle hemen eriyerek arkın tutuşmasını sağlar.

2.6.4. Temassız tutuşturma

Tel elektrod ve iş parçası arasındaki boşluğun içerdiği havanın yüksek gerilim darbeleriyle desteklenmesi ve iyonize edilmesiyle temassız olarak gerçekleştirilir. Bu gerilim darbeleri iki farklı yolla üretilebilmektedir. Bunlar yüksek frekans tutuşturma cihazları ve darbe jeneratörleridir.

Yüksek frekans tutuşturma cihazları kaynağa ilk başlama noktasında oluşabilecek olan olumsuzlukları bertaraf etmek için geliştirilmiş çok kullanışlı cihazlardır. En önemli avantajları kaynağa başlama anında elektrod yapışmalarının önüne geçmeleridir. Yüksek frekans tutuşturma cihazları yüksek frekansa sahip bir yüksek gerilim üretirler. Bu, yüksek frekans bölgesinde yüksek düzeyde parazit gerilimleri ve alan şiddetlerini oluşturarak radyo yayınlarının alınmasında parazitler ve çevredeki çalışma halindeki elektronik cihazların fonksiyonlarında bozukluklara yol açabilmektedir.

Diğer bir yöntem ise impuls (Darbe) jeneratörleridir. İlk etapta alternatif akımın sinüs dalgalarının sıfır geçişlerinde arkı tekrar tekrar tutuşturmak için düşünülse de daha sonraları darbeleri yüksek gerilimli doğru akım cihazları içinde bir çözüm yolu oluşturmuştur. Her darbe sonunda arkın kesilmesi ihtimaline karşı yeni darbe öncesi arkı tekrar tutuşturmaya yardımcı olur. İmpuls jeneratörlerinde parazit alan şiddetleri yüksek frekans cihazınınkinden çok daha azdır. Bu cihazlarda alternatif gerilim değil yaklaşık 10000 V 'a varan doğru gerilim impulsları üretilir. Alternatif akımla kaynak yapılırken bu impulslar kaynak akımının sıfır noktasında olduğu ana senkronize edilerek bu noktada arkın tekrar tutuşturulması garanti altına alınmaktadır. Şekil 2.5 'de, TIG kaynağında da uygulandığı gibi, bir impuls jeneratörünün devre şeması görülmektedir.



Şekil 2.5. Bir impuls (darbe) jeneratörünün devre şeması

Alternatif akımla kaynakta arkın sıfır noktasından geçişi sırasında garantili bir şekilde tekrar tutuşturulmasını sağlamak amacıyla, yüksek gerilim impulsları çalışma gerilimi üzerine senkronize bir şekilde girişim yapmalıdır sıfır noktasından her geçiş için bir impuls. Ancak son yıllarda geliştirilen makinalarda bu sinüs dalgasının sıfır noktası geçişleri daha sert şekilde ayarlanmakta böylece akımın her sıfır noktasından geçişinde yüksek frekans impulsına ihtiyaç olmamaktadır.

Doğru akımla kaynakta yüksek frekans sadece kaynak işleminin başlangıcında gereklidir. Prensip olarak aynı cihaz doğru akımla kaynak için de kullanılabilir. Ancak bu durumda, kaynak gerilimi (doğru gerilim) yükleme devresi transformatörüne bağlanmamış olmalıdır. Aksi taktirde transformatör aşırı yüklenerek zarar görür. Bu sebeple, yükleme transformatörü, tutuşturma işleminden sonra kapatılabilen, ayrılmış bir alternatif akımla beslenir. Tozaltı kaynağı cihazlarının kullanım amaçlarına uygun olarak değişik varyasyonları mevcuttur (Bowditch, 2009: 232-233).

2.7. Tozaltı Ark Kaynağı Cihaz Çeşitleri

Tozaltı ark kaynağı yöntemi kullanım amacına ve kullanım yerine göre farklılıklar gösterir. Temel prensip olarak bütün cihaz tiplerinde ark tozun altında yanar, ama uygulanan yenilikler tekniğin verimini ciddi oranda artırmaktadır.

2.7.1. Tek telli kaynak cihazları

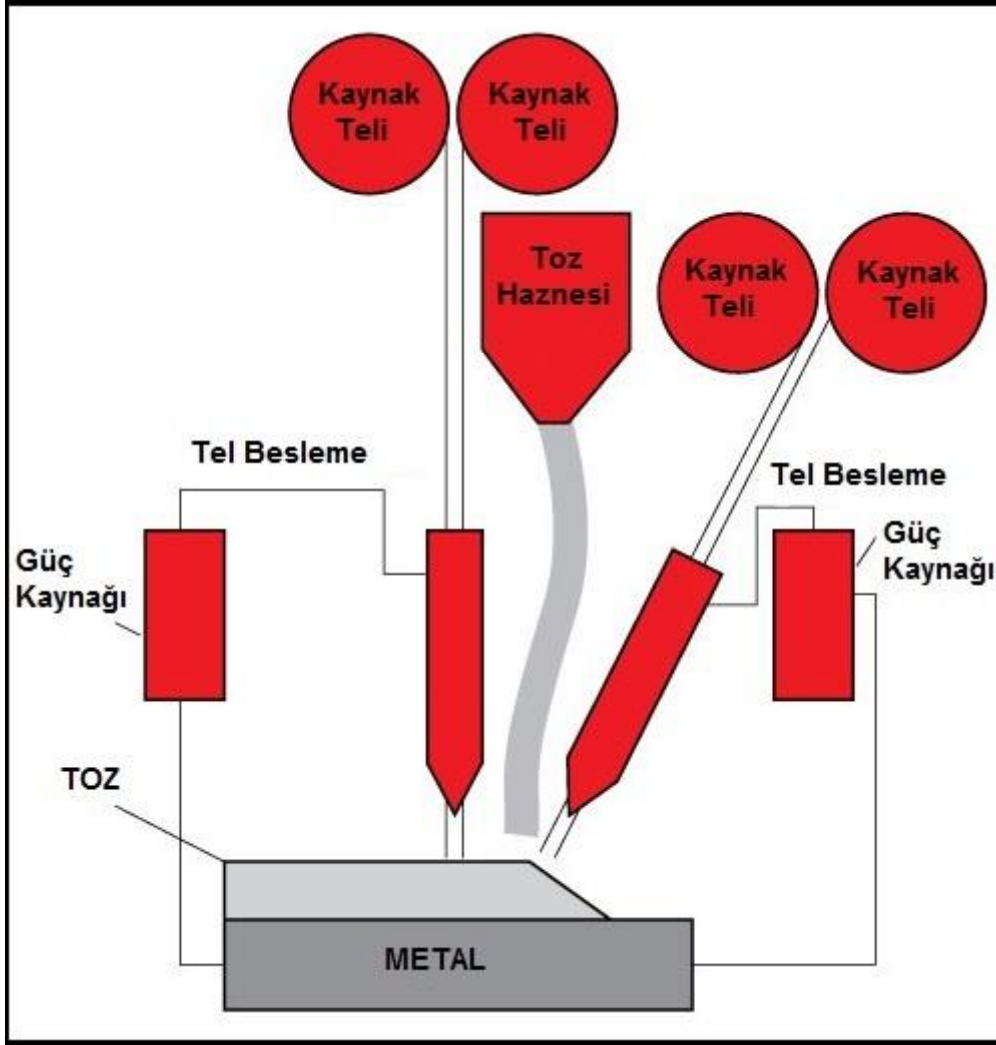
Tozaltı kaynağının en basit formu tek telle kaynaktır. Tel elektrod olarak sargı halinde bir çıplak tel kullanılmaktadır. Yöntemin tipik bir özelliği olarak dikiş hacminde çok büyük oranda ana malzeme bulunmaktadır. Normalde kaynak metalindeki ana malzemenin dolgu telinden gelen malzemeye oranı 2:1 olarak hesaplanmasına rağmen aşırı durumlarda bu oran %80 'e kadar çıkabilmektedir.

2.7.2. Tandem tozaltı kaynağı

Tandem Tozaltı yönteminde iki ayrı kaynak kafası, kumanda sistemi, tel sürme düzeneği ve tel elektrodla çalışılır. Bu ayırma sayesinde arklar beraberce aynı veya iki ayrı kaynak havuzu içerisinde farklı parametrelerde yanabilmektedir. Bu yöntem özellikle kalın levhaların kaynağında ve kaynaklama hızını artırmak için kullanılmaktadır.

Tek telle kaynaktaki yüksek güç sebebiyle meydana gelen kaba kristalli yapı, segregasyonlar, uygun olmayan bir şekilde karşılaşan kristalizasyon cepheleri yani uygun olmayan dikiş oluşumu, birinciden sonra belirli bir mesafe arkadan eriyerek gelen ikinci tel elektrot sayesinde önlenir. İlk dikiş, ikinci tel elektrod tarafından tekrar eritilir ve daha uygun bir içyapı formu meydana gelir. İlk ark, maksimum nüfuziyeti sağlar, ikinci ark ise düz ve geniş bir kaynak pasosu yapmak için ayarlanır (Şekil 2.6).

Tandem Tozaltı kaynağında birinci tel doğru akımla (DC) kaynak yaparken ikinci tel alternatif akımla (AC) kaynak yapar. Bunun temel sebebi birinci telin oluşturduğu manyetik alan yüzünden ikinci telin ark üflemesine maruz kalmasıdır. Bu sorunun ortadan kalkması için ikinci tel alternatif akımla (AC) kaynak yapacak şekilde ayarlanır.



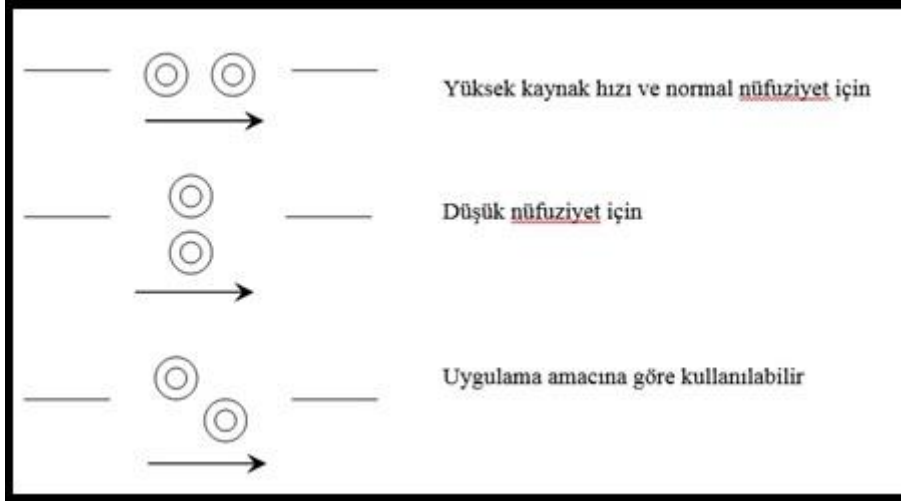
Şekil 2.6. Bir tandem tozaltı düzeneğinin şeması

Tozaltı tandem yöntemi özellikle, yüksek kaynak hızlarının tüm imalat süresini kısaltacağı yerlerde uygulanır. Tek telle kaynağa kıyasla avantajı iyi bir kaynak görünüşünün yanı sıra ikiye katlanmış kaynak hızıdır.

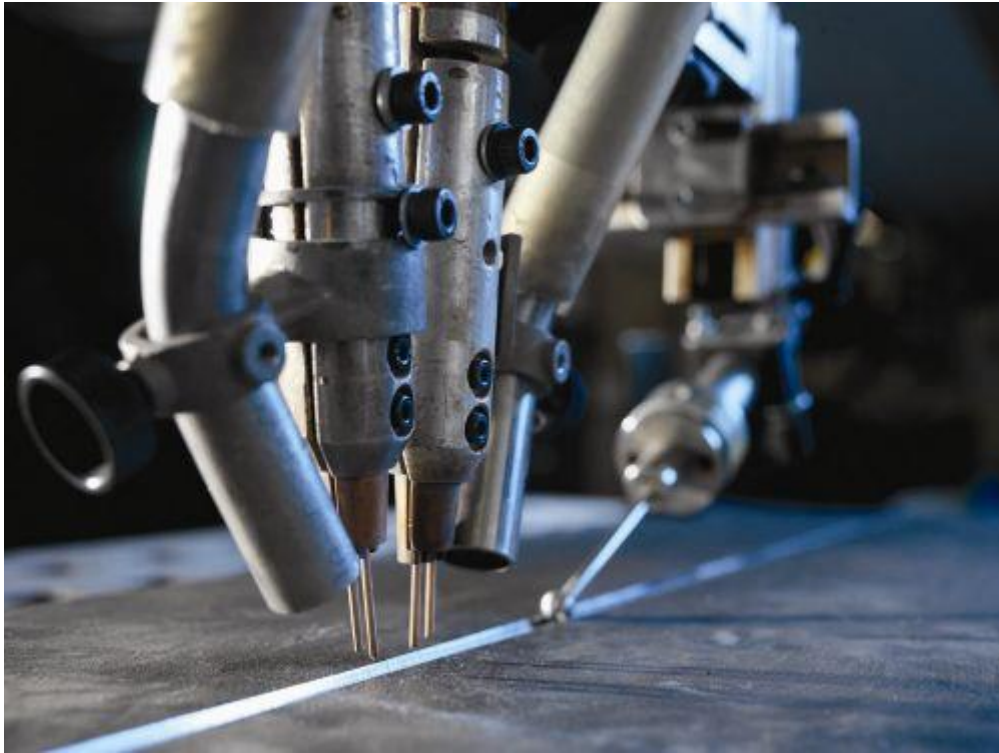
2.7.3. Çift telle kaynak

Bu yöntemde iki tel elektrod paralel olarak bir akım memesi içerisinde ortak bir tel sürme makarası tarafından itilir. Kontak memesinin kaynak yapma yönüne göre çevrilmesiyle farklı özellikler verebilecek değişik tel pozisyonları elde edilebilir. Yöntem, tek telle kaynağa göre daha yüksek toplam akım şiddetlerine izin vermektedir. Arkın iki tel elektrod üzerine dağılmasıyla akım yoğunluğu düşüktür. Nüfuziyet iki tel arasındaki mesafenin

artmasıyla azalır. Tel elektrodlar arasındaki mesafe, her iki tel ucunun ortak bir kaynak havuzunda yanabileceği şekilde seçilir.



Şekil 2.7. Tozaltı çift tel yönteminde muhtemel tel konumları



Resim 2.4. Paralel ve seri hazırlanmış ikiz tel tozaltı kaynağı (Houldcroft, 1990)

Yanlamasına konumdaki paralel tel kaynağı çoğunlukla yüksek eritme gücü ve sık nüfuziyet istenilen kaplama kaynağında kullanılır. Bu yöntem, bağlayıcılık özelliğinin iyi olmasından dolayı kaynak ağzlarının kötü bir şekilde hazırlandığı (düzgün olmayan kesimler, ağız ağza

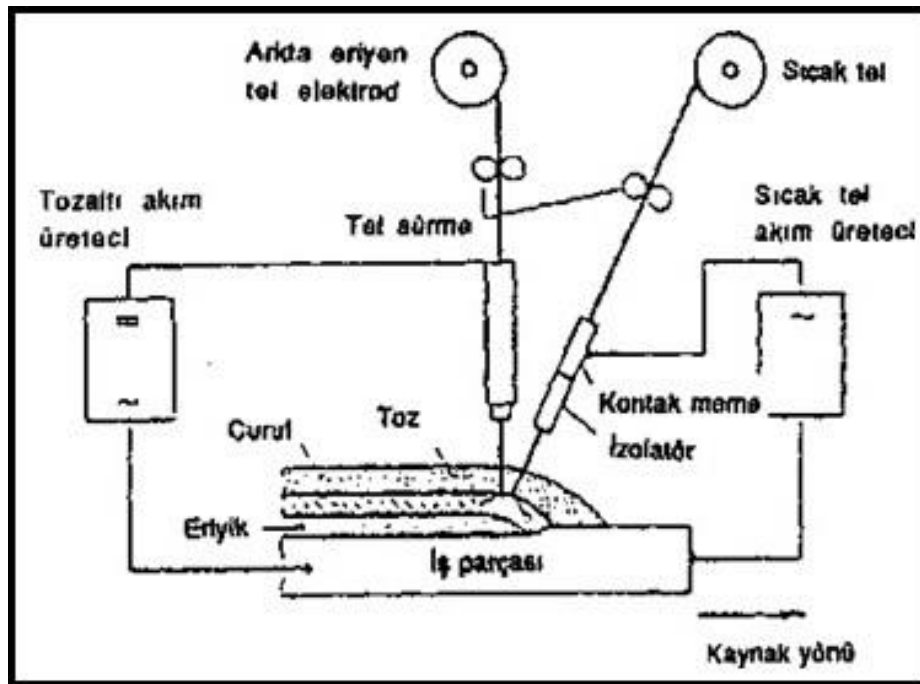
gelmemesi durumları) hallerde de kaynak yapmaya uygundur. Levha kalınlığına ve banyo altlığı bulunmasına göre, tek telle kaynahta banyo akma tehlikesi bulunan, 2 ile 6 mm'lik aralıkların bağlanabilmesi mümkün olmaktadır. Kaynak tellerinin arka arkaya konumlandırılması kaynak banyosunu daha uzatmakta ve bu da daha uygun bir kristalizasyon ilişkisi vermektedir. Sıcak çatlama tehlikesi büyük ölçüde azalmaktadır.

2.7.4. Tozaltı sıcak tel kaynağı

Şekil 2.8'de sıcak tel süren bir tozaltı sisteminin yapısı gösterilmiştir. Ayrı akım üretici üzerinden gelen akım sayesinde, telin direncinden dolayı erime sıcaklığının hemen altında bir sıcaklığa ısıtılan dolgu teli kaynak banyosuna en uçtan sürülür. Sıcak tel hamursu halde, gerçek bir paso oluşturmada yığılır (Dunner ve Samardzic, 2005).

Yöntemin tek telle kaynağa göre avantajları şöyledir:

- Sadece %12 gibi önemsiz bir enerji artışıyla iki kat fazla eritme gücü
- Daha düşük nüfuziyet ve daha iyi aralık bağlama kabiliyeti
- Alaşım elementlerinin daha az yanması
- Tandem ve tek telle kaynağa nazaran daha iyi mekanik kalite değerleri



Şekil 2.8. Tozaltı sıcak tel yönteminin şematik gösterimi

2.7.5. Band kaplama

Band kaplama yöntemi bir kaynak işleminden ziyade bir kaplama işlemidir. Genellikle özel alanlarda kullanılacak olan çelik malzemelerin korozyona karşı korunması amacıyla farklı metallerle kaplanması amacıyla yapılır. Band kaplama yönteminde yuvarlak tel elektrod yerine elektrod olarak dört köşeli bir band elektrod kullanılmaktadır. Arkın eriyen band kenarı üzerindeki karakteristik salınma hareketi sebebiyle ana malzemede sıg bir nüfuziyet elde edilir. Bu yöntem, ana malzemeyle karışımın minimum düzeyde istenildiği, özellikle farklı cins malzemeyle kaplamalar için uygundur. Nükleer reaktörlerdeki basınçlı reaktör kabının iç taraftan korozyona dayanıklı bir malzemeyle kaplanması örnek olarak verilebilir.

2.8. Koruyucu Kaynak Tozlarında Aranılan Şartlar

Tozaltı kaynağında kaynak tozunun çok sayıda şartı sağlaması beklenmektedir. Tozlar aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdırlar:

- Kaynak pasosunu uygun bir yüzey formunda yapabilmeyi mümkün kılması
- Kaynaklı birleştirmenin mekanik-teknolojik özelliklerini iyi yönde etkilemeli
- Gözeneklerin oluşmasını engellemeli
- Arkı kararlı hale getirmeli
- Ergime noktası yüksek olmalı
- Kaynak metalini curuf oluşturarak çevre atmosferinden korumalı
- Nem almamalı
- Ekonomik olmalı
- Zararlı buharlar çıkarmamalı

Kural olarak tozların tek başına özellikleri dikkate alınmaz. Her zaman ilgili kaynak işiyle birlikte (ana malzeme, dolgu malzemesi, kaynak parametreleri) dikkate alınmalıdır. Kaynak tozları için gerekli parametreler TS EN ISO 14174 standardında açıklanmıştır.

2.9. Toz Üretimi

Çeşitli yöntemlerle tozaltı ark kaynağı tozu üretmek mümkündür. Koruyucu toz üretiminde dikkat edilmesi gerekenler üretilen tozun tane boyutu ve kaynak bölgesindeki alaşımlandırma kabiliyetidir.

2.9.1. Eritme yöntemiyle üretim

Kaynak tozu üretimi için kullanılacak olan minerallerin birçoğu kimyasal olarak kristal suyu ihtiva eder. Bunun uzaklaştırılması amacıyla malzemeler karıştırılmadan önce öğütülerek uygun tane boyutuna getirilir sonra kristal suyu ve karbonatları gidermek için kurutulur. Bu işlem ayrıca karışımın homojen bir şekilde yapılabilmesini kolaylaştırır. Daha sonra, kullanılacak olan malzemeler istenilen kimyasal kompozisyona göre karıştırılıp eritilir. Eriyik yüksek sıcaklıkta belirli bir bekletme süresinden sonra su içerisine veya kalın demir levhalar üzerine dökülerek aniden soğutulur. Böylece küçük cüraf taneleri meydana gelir. Hacim ağırlığı düşük, ince süngersi, sünger taşına benzer bir toz isteniyorsa, sıvı cüraf, altından basınçlı hava verilen bir su kabına dökülür. Taneler içerisine giren su 800 °C 'da tavlansak uzaklaştırılır. Suyun uzaklaştırılması kaynak sırasında oluşabilecek gözenekler açısından çok önemlidir. Kurutulmuş parçalar istenilen tane boyutlarına getirilmek amacıyla merdaneli kırıcılar ve elekler yardımıyla hazırlanır.

2.9.2. Aglomere yöntemiyle üretim

Aglomere yönteminde kullanılacak olan malzemeler sinterlenmiş ve öğütülmüş olmalıdır. Bunlar, granülasyon tabakları veya silindirleri yardımıyla karıştırma ve ön granülasyon işlemleriyle aglomere edilirler. Daha sonra, yaklaşık 600 °C - 900 °C 'da tavlansak kurutulurlar. Göreceli olarak düşük tavlama sıcaklığıyla çok sayıdaki bileşenler arasında meydana gelebilecek bir reaksiyonun önüne geçilir. Malzemenin içeriğine göre uygun bir tavlama sıcaklığı seçilmesi önemlidir. Tavlama işleminden oksitlenmeyi önlemek için toz hemen soğutulur.

2.9.3. Sinterleme yöntemiyle üretim

Sinterleme yönteminde ince bir şekilde öğütülmüş ham malzeme bileşenleri preslenerek erime sıcaklığının biraz altında tavlansak. Bu yöntemde dikkat edilmesi gereken en önemli parametre sıcaklıktır. Elde edilen parçalar daha sonra kırma, öğütme ve eleme işlemleriyle 0,25 – 2,5 mm arası büyüklüklere getirilir. Hacim ağırlığının düşük olması yüzünden eritilmiş toza kıyasla kullanımı % 30 oranda daha fazladır. 1000 °C - 1200 °C arası sıcaklıklarda bileşenler arasında tam reaksiyon olmuyorsa toz özelliklerini iyi yönde etkileyen yardımcı malzemeler ilave edilebilir.

2.9.4. Karışık toz

Karışık tozlar iki veya daha fazla çeşitteki tozun mekanik karışımından oluşan toz karışımlarıdır. Bileşenlerin her biri hem bileşimlerinde hem de üretim şekillerinde farklılıklar gösterebilir. Ayrışmayı düşük tutmak için tane boylarının ve özgül ağırlıklarının çok farklı olmaması gerekmektedir. Karışık tozlar, farklı toz türlerinin iyi özelliklerini kombine etmek ve özel uygulama alanlarında en uygun sonucu elde edebilmek amacıyla üretilmektedirler.

2.10. Toz Çeşitlerinin Özellikleri

2.10.1. Erimiş toz

- Homojen taneler
- Camsı yüzey
- Metalik alaşımlanma kısmen gözlemlenebilir
- Metalürjik reaksiyonlar kaynak parametrelerinden bağımsızdır
- İçerdiği bünye suyu yaklaşık 200°C 'lik bir kurutmayla giderilir

2.10.2. Aglomere toz

- Heterojen taneler
- Cevher bileşenleri kaynak sırasında etkilenir
- Kaynak dikişi alaşım elementleri sayesinde temizlenir
- Düşük segregasyon ihtimali beklenir
- Erimiş toza göre neme hassasiyet büyüktür
- Kurutma sıcaklığı yaklaşık 400°C - 450°C.

2.10.3. Sinterlenmiş toz

- Neme olan hassasiyet aglomere toza göre düşüktür
- Mekanik dayanımı aglomere toza göre daha iyidir
- Kimyasal reaksiyonlar kısmen üretimde oluşurlar

2.11. Kimyasal Bileşim ve Özellikler

Kaynak tozlarının bileşenleri temel olarak silika, silikatlar, kireçtaşı, kil, oksitler, flüorürler ve diğer birçok minerallere dayanan jeolojik kökenli hammaddelerdir. İlave kaynak metalinin bileşimi ve kaynak sırasında meydana gelen metalürjik tepkimeler sonucunda kaynak metalinin mekanik özellikleri genelde ana metalden daha iyidir. Mangan, Silis gibi ana alaşım elementlerinin takviyesinin yanı sıra içerikte bulunan maddeler kaynak dikişindeki diğer birçok reaksiyonlara neden olurlar. Kaynak tozu tüm bu minerallerden veya bir kısmından oluşabilir. Her mineral kaynak için farklı özellikler oluşturur, bu nedenle oranların ayarlanması yapılacak kaynağın şartlarına göre belirlenir. Aşağıda kaynak tozu içerisindeki cevher maddeleri ve bunların etkileri açıklanmaktadır.

2.11.1. Silisyum oksit, SiO_2

Silika tüm tozaltı toz çeşitlerinin temelini oluşturur. Sahip olduğu yarı iletkenlik özelliği sayesinde arkın iletiminden sorumludur. Silika sağladığı akışkanlık sayesinde paso şekli ve arkın stabilitesi için tesirlidir. Diğer alaşım elementleriyle birlikte, tozun erime noktasının çeliğin erime noktasının altına düşmesinden dolayı azami erime kabiliyetini oluşturur. Silis kaynak banyosunu söndürür ve fosfor ve kükürdün segregasyonunu önler. SiO_2 'nin artmasıyla kaynak banyosundaki silis oranı da artar. İndirgeyici silis, gazları bağlar ve kaynağın yoğunluğunu artırır. Silika deoksidize edici ajanların kaybına neden olur ve silikonun kaynak metaline difüzyonuna sebep olur, böylece daha düşük darbe mukavemetlerine neden olur.

2.11.2. Mangan oksit, MnO

Mangan-oksit hafif bazik etkidendir ve manganın alaşımlanma etkisini artırır. Çeliğin kriyojenik özelliklerini artırır. MnO daha yüksek kaynak hızı ve daha düşük penetrasyon sağlar. Curuf akışkan olur. MnO arkı stabilize eder, pürüz oluşumunu engeller ve sıcak çatlak eğilimini azaltır. MnO miktarı yüksek olan toz sadece yaklaşık 1000A' e kadar yüklenebilir, yani çok pasolu kaynaklarda kullanılır.

2.11.3. Fluorit, CaF_2

Erimiş metalin akışkanlığını artırır ve sprej transferine yol açar. Çeliğin ilgisi az olan hidrojen flüorür oluşturarak hidrojenin ortamdan uzaklaşmasını sağlar. Kalsiyum-flüorür rafine edici, yenileyici ve temizleyicidir. Gözenek oluşumu azaltılır. Hidrojenli bileşikler (pas, vs.) kalsiyum-flüorürün reaksiyon ürünleri tarafından hidro flüorürler olarak bağlanırlar. Eriyiğin akışkanlığı iyileştirilir. Kaynak dikişinin yüzeyi düzgün bir görünüm kazanır. Kalsiyum-flüorür arkı stabile eder, fakat arkın tutuşması zorlaşır. Bundan dolayıdır ki yüksek oranlarda bulunduğu, yüksek boşta çalışma gerilimi olan veya yardımcı tutuşturma özellikleri olan kaynak transformatörleri kullanılmalıdır.

2.11.4. Kalsiyum oksit, CaO

Ark stabilitesi ve akışkanlığı açısından akının temel bileşenlerinden biridir. Kalsiyum-oksit yüksek etkili bir bazdır. Oksit giderimi ve kükürt giderimini sağlar. Çentik darbe dayanımı iyileşir. Yüksek oranlarda bulunduğu gözenekli cüruf ve kötü tutuşma özelliklerine neden olur. Ayrıca çok sığ penetrasyon sağlar ve alttan kesme eğilimini artırır.

2.11.5. Magnezyum oksit, MgO

Magnezyum-oksit te aynı şekilde çok etkili bir bazdır ve CaO gibi deoksidasyon ve kükürt giderimi için kullanılır. Özellikle aglomere tozun içerisinde bulunduğu curufun temizlenmesi kolaylaşır. MgO miktarı %15'e kadar olabilir.

2.11.6. Alümina, Al_2O_3

Al_2O_3 bileşiği amfoter etkidedir; yani ortam asidikse hafif bazik, ortam bazikse hafif asidik etki gösterir. Al_2O_3 eriyiğin akışkanlığını kötüleştirir. Ucuz bileşikler olarak boksit ve şamot olarak bulunabilir.

2.11.7. Genel etkiler

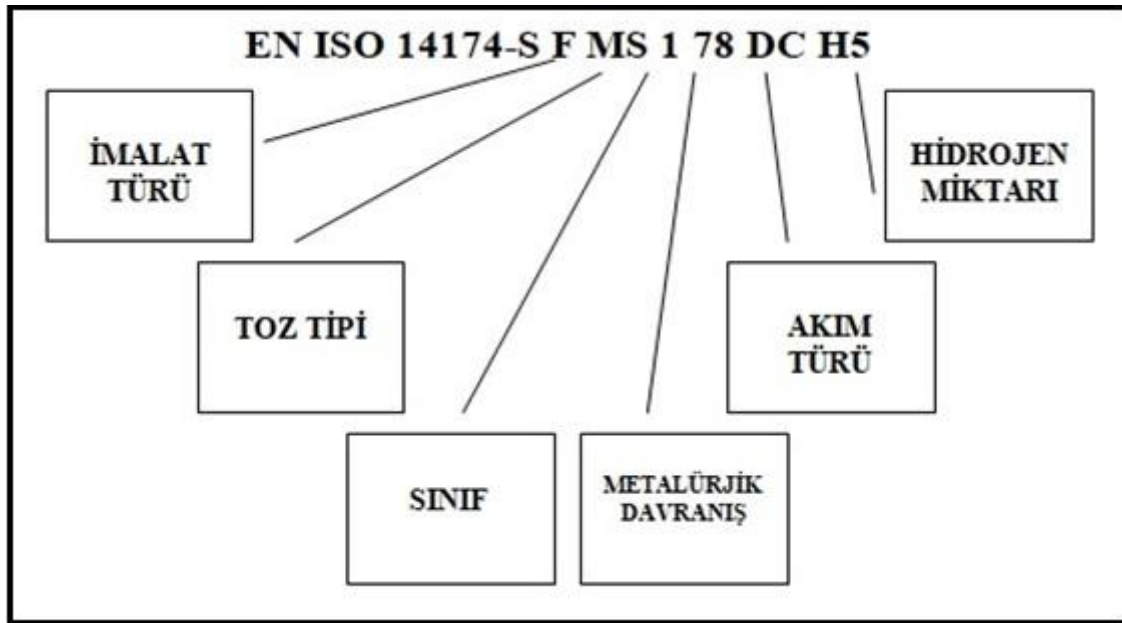
Kuvars, silikat kireç spatı ve flourspat sprej şeklinde bir damlacık geçişini sağlarlar. Magnetit, ilmetit ve rutil kısa devreli bir damlacık geçişine neden olurlar. Yüksek bir kaynak

gerilimini gerektiren maddelerden dolayı eritme verimi artar. Bu maddeler başlıca kuvars ve fluorspat gibi silikatlardır.

2.12. Tozun gösterimi

Kaynak tozunun gösterimi ve sınıflandırılması TS EN ISO 14174' te verilmiştir. Bu standart, alaşımsız, düşük alaşımlı ve yüksek alaşımlı çeliklerin yanı sıra nikel ve nikel alaşımlarının tel ve bantlarla tozaltı kaynağında kullanılan kaynak tozları için geçerlidir.

Kaynak tozunun gösterimi aşağıdaki kısımlarda olduğu gibidir.



Şekil 2.9. Tozaltı kaynak tozlarının EN ISO 14174 standardına göre gösterimi

İmalat Türü: Erimiş toz (F), Karışık Toz (M), Aglomera Toz (A)

Toz Tipi: (MS, CS, CB, CG, AR, BA, AS ...)

Sınıf : 1= Alaşımsız ve ince taneli, yüksek dayançlı, sürünmeye dirençli çelikler

2= Paslanmaz, ısıya dirençli çelikler

3= Kaplama kaynakları

Metalürjik Davranış

Akım Türü: AC veya DC akım türü

Hidrojen Miktarı: 100 g kaynak metalindeki hidrojen miktarı

Çizelge 2.2. Kaynak tozu sembolleri ve karakteristik kimyasal bileşenleri

Harf kodu	Karakteristik Kimyasal Bileşenler	Sınır Değerler %
MS (Mangan - Silikat)	MnO + SiO ₂ CaO	min. 50 max. 15
CS (Kalsiyum - Silikat)	CaO + MgO + SiO ₂ CaO + MgO	min. 55 max. 15
CG (Kalsiyum - Magnezyum)	CaO + MgO CO ₂ Fe	5-50 min. 2 max. 10
CB (Kalsiyum – Magnezyum Bazik)	CaO + MgO CO ₂ Fe	30-80 min. 2 max. 10
CG-1 (Kalsiyum - Magnezyum Demir)	CaO + MgO CO ₂ Fe	5-45 min. 2 15-60
CB-1 (Kalsiyum - Magnezyum Bazik Demir)	CaO + MgO CO ₂ Fe	10-70 min. 2 15-60
GS (Magnezyum - Silikat)	MgO + SiO ₂ Al ₂ O ₃ CaO + CaF ₂	min. 42 min. 20 min 14
ZS (Zirkon - Silikat)	ZrO ₂ + SiO ₂ + MnO ZrO ₂	min. 45 min. 15
RS (Rutil - Silikat)	TiO ₂ + SiO ₂ TiO ₂	min. 50 min. 20
AR (Aluminat- Rutil)	Al ₂ O ₃ + TiO ₂	min. 40
BA (Bazik - Aluminat)	Al ₂ O ₃ + CaF ₂ + SiO ₂ CaO SiO ₂	min. 55 min. 8 max. 20
AAS (Asidik - Aluminat - Silikat)	Al ₂ O ₃ + SiO ₂ CaF ₂ + MgO	min. 50 min. 20
AB (Aluminat - Bazik)	Al ₂ O ₃ + CaO + MgO Al ₂ O ₃ CaF ₂	min. 40 min. 20 max. 22
AS (Aluminat - Silikat)	Al ₂ O ₃ + SiO ₂ + ZrO ₂ CaF ₂ + MgO ZrO ₂	min. 40 min. 30 min. 5
AF (Aluminat - Florid - Bazik)	Al ₂ O ₃ + CaF ₂	min. 70
FB (Florid - Bazik)	CaO + MgO + CaF ₂ + MnO SiO ₂ CaF ₂	min. 50 max. 20 min. 15
Z	Diğer Bileşimler	

2.12.1. Toz sınıfı 1

Alaşımsız ve ince taneli çelikler, yüksek dayançlı çelikler, sürtünmeye dirençli çelikler ve hava etkilerine dirençli çeliklerin tozaltı kaynağı için kullanılır. Toz içerisinde mangan ve silis haricinde etkili başka bir alaşım elementi yoktur. Bu sayede kaynak metalinin kimyasal bileşimi, başlıca tel elektrod ve metalürjik reaksiyonlarla etkilenmektedir.

2.12.2. Toz sınıfı 2

Paslanmaz ve ısıya dirençli çeliklerin ve/veya Nikel ve Nikel alaşımlarının birleştirme kaynaklarında ve korozyona dirençli kaplama kaynağı için kullanılan tozlar.

2.12.3. Toz sınıfı 3

Kaplama kaynağı için bir tozdur. Düşük alaşımlı kaynak dolgu malzemesi kombinasyonunda toz ile ilave edilen, örneğin karbon, krom, molibden veya diğer elementlerle aşınmaya karşı dirençli bir kaynak dikişi elde edilebilir.

2.12.4. Toz Sınıfı 4

Bu sınıf tozlar 1-3 sınıf haricindeki tozlar için, örneğin bakır alaşımları için kullanılır.

Çizelge 2.3. Bazı kaynak tozlarını olası bileşenleri

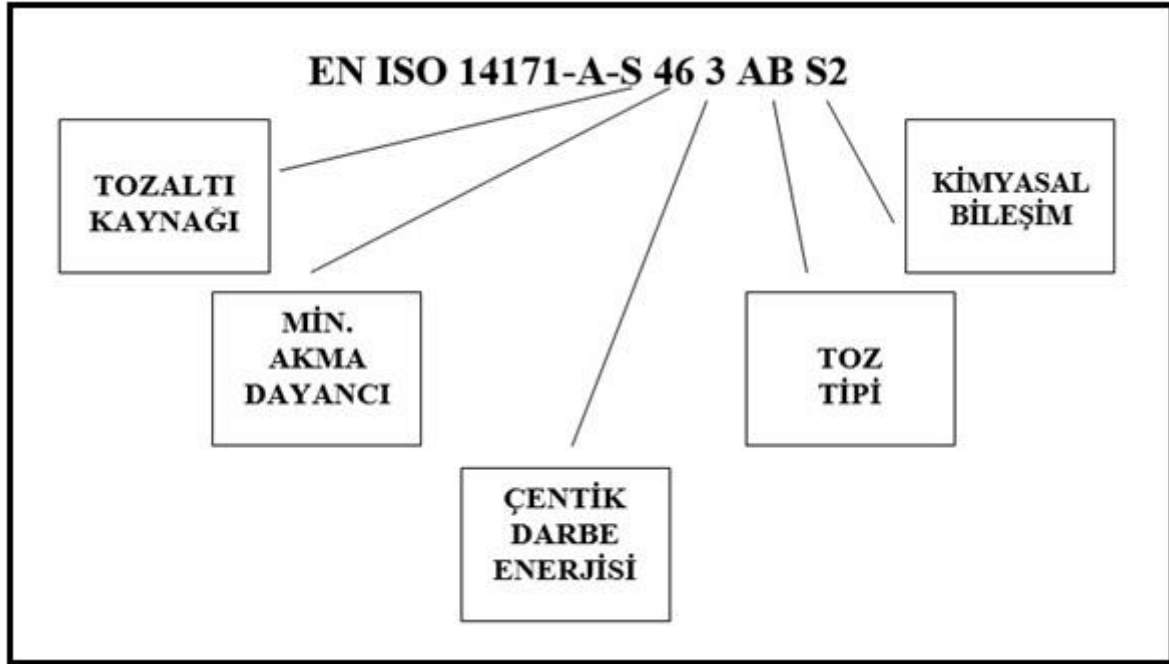
	MS Tip	CS Tip	AR Tip	AB Tip	FB Tip
Ana Bileşen	MnO SiO ₂	SiO ₂ CaO MgO	Al ₂ O ₃ TiO ₂	Al ₂ O ₃ (min. % 20) CaO MgO	CaO MgO MnO CaF ₂
Özel Olası Bileşenler	Al ₂ O ₃ CaF ₂	Al ₂ O ₃ CaF ₂ MnO	SiO ₂ MnO ZrO ₂	MnO SiO ₂	SiO ₂ (max. % 20) Al ₂ O ₃
Ana Bileşenin Miktarı (min)	% 50	% 60	% 45	% 45	% 50

Çizelge 2.4. Çeşitli kaynak tozlarının kaynak kabiliyetleri

	MS Tip	CS Tip	AR Tip	AB Tip	FB Tip
Akım Yüklenebilirlik	Çok İyi	Çok İyi	İyi	İyi	Normal
AC Kaynaklanabilirlik	Normal	İyi	Çok İyi	İyi	Kötü
Cürufun Uzaklaştırılması	Normal	İyi	Çok İyi	İyi	Normal
Gözeneğe Karşı Güven	Çok İyi	İyi	İyi	İyi	Kötü
Dikiş Görüntüsü	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	İyi	Normal
Mekanik kalite	Normal	Normal	Normal	İyi	Çok İyi
Hızlı Kaynağa Uygunluk	İyi	İyi	Çok İyi	İyi	Normal

2.13. Kaynak Telleri

Tozaltı ark kaynağında kullanılan kaynak telleri, kaynak yapılacak olan çelikler için özel geliştirilmiş yüksek kalitedeki kaynak telleridir. Kullanılan tellerin çapları 1,2–12 mm arasında değişiklik gösterir. Bu teller EN ISO 14171 ile standardize edilmişlerdir. Toz altı kaynağı ile yapılan kaynaklı birleştirmelerde kullanılan tel ve toz kombinasyonu seçiminin kaynak kalitesi bakımından önemi büyüktür. Kaynak sırasında cüruf ve kaynak banyosu arasında oluşan reaksiyonların kaynak dikişini doğrudan etkilediği bilinmektedir. Mn ve Si miktarları kaynak dikişini özellikle mukavemet bakımından etkiler bunların yanı sıra toz altı kaynak yönteminde kullanılan tel ve toza bağlı olarak Cr, Ni ve Mo miktarlarında da değişimler yapılan kaynağı önemli ölçüde etkiler. Bu açılardan dikişlerin hem mekanik hem de korozyon özellikleri açısından dikkatli seçimler yapılmalıdır.



Şekil 2.10. TS EN ISO 14171 ‘e göre kullanılacak ilave kaynak metallerinin gösterimi

Çizelge 2.6. Kaynak metalinin içerdiği hidrojen miktarı

Kod	Saf kaynak metalinin 100 gramındaki hidrojen miktarı (ml) Max.
H2	2
H4	4
H5	5
H10	10

2.14. Kaynak Parametreleri

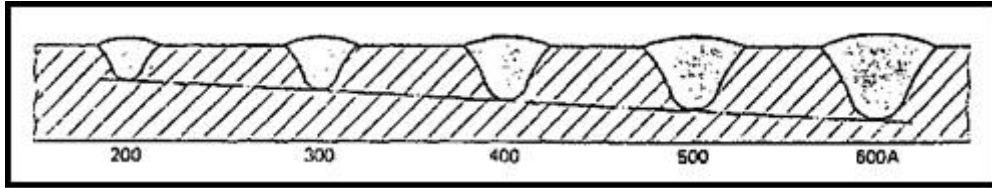
Aşağıdaki parametreler kaynak işleminin kalitesinde etkilidirler:

- Kaynak akım şiddeti
- Kaynak gerilimi
- Kaynak hızı
- Boşta kalan tel uzunluğu
- Tel eğilme açısı

Bunlara ek olarak tel çapı, tel mesafesi (çift telli kaynak), tozun tane iriliği ve diğer etkenler kaynak pasosunun oluşumuna etki ederler.

2.14.1. Kaynak akım şiddeti

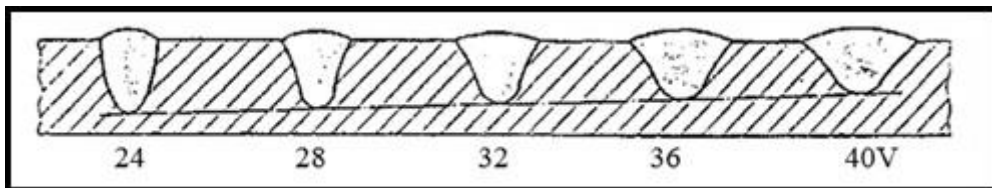
Kaynak akım şiddeti temel olarak kaynak esnasında kaynak bölgesine verilen elektron akış yoğunluğudur. Bu ayarın büyüklüğü, öncelikli olarak nüfuziyet derinliğini, eritme verimini ve dikiş yüksekliğini belirler. Aşağıdaki şekilde, kaynak akım şiddetinin nüfuziyet ve dikiş şekli üzerindeki etkisini göstermektedir (Carry, 1998).



Şekil 2.11. Kaynak akım şiddetinin nüfuziyete olan etkisi

2.14.2. Kaynak gerilimi

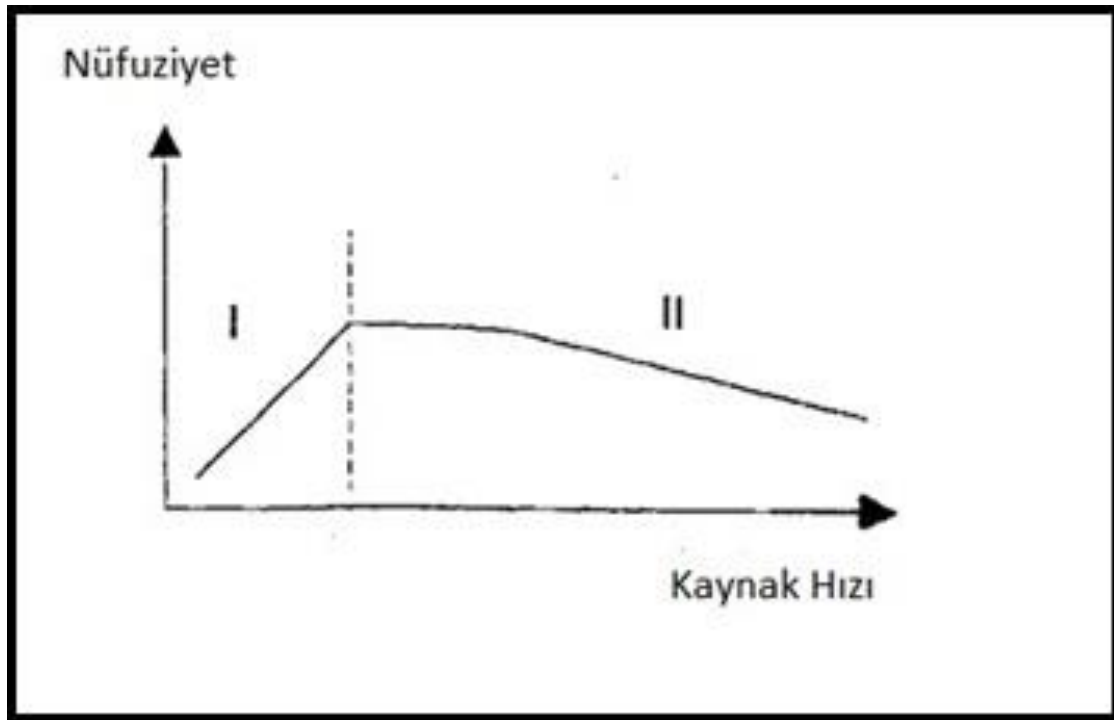
Kaynak gerilimi genellikle dikiş genişliğini etkiler. Nüfuziyet üzerindeki etki az olmakla beraber kaynak akım şiddetinin tersi bir etki söz konusudur. Gerilimin yükseltilmesiyle arkın boyu uzar. Bu, her şeyden önce kaynak dolgusunun kompozisyonunu etkiler. Ark geriliminin artması, dışarıdan ayar mekanizmasında %1 'lik bir eritme verimi yükselmesine neden olur. Ama bu sırada ana malzemenin erime oranı yaklaşık %10 civarında artar. Buna ilave olarak, gerilimin artmasıyla tozdaki erime miktarı da artar. Dolayısıyla alaşım elementlerinin şiddetli bir yanması veya ilavesi söz konusu olabilir. Kaynak geriliminin yükselmesiyle gözenek oluşumu riski de artar. Çok yüksek bir kaynak gerilimi, köşe kaynak dikişlerinde içe olan kavisi arttırır ve yanma oluklarına neden olur. Gerilim çok düşük olduğunda, köşe ve alın kaynak dikişlerindeki dış bükeylik artar, kaba görünümlü bir dikiş oluşur ve cürufun temizlenmesi zorlaşır. 24V ila 28V 'luk bir gerilimle elde edilen ve uygun olmayan bir kaynak dikişinde bile mekanik ve teknolojik kalite değerleri kötü olan bir dentritik yapı oluşabilir.



Şekil 2.12. Kaynak geriliminin dikiş üzerindeki etkisi

2.14.3. Kaynak ilerleme hızı

Elektrodun bağlantı noktasında ne kadar hızlı ilerlediği, ana metale ne kadar süre ark enerjisi verdiği ile ilgilidir. İlerleme hızı yükseldikçe arkın birim zamanda vereceği enerji azalacağından nüfuziyet azalır. Tersisi durumunda ise artar. Kaynak hızı dikişin oluşum şeklini, hat enerjisini, toz miktarını, yanma oluklarını, çatlak ve gözenek oluşumunu etkiler. Nüfuziyet derinliğinde aşağıdaki diyagram geçerlidir.



Şekil 2.13. Kaynak hızının nüfuziyet üzerindeki etkisi.

Sabit ark verimiyle kaynakta birim zamandaki enerji girdisi (Hat enerjisi, E) torcun ilerleme hızıyla ters orantılıdır. Yani kaynak hızı düştükçe hat enerjisi artar. Pratikte çok yavaş kaynak hızıyla yeterli bir nüfuziyet elde edilemez. Çok yavaş kaynak hızında, kaynak banyosu öne akar ve nüfuziyet azalır. Çünkü ark eriyiğin içerisinde yanar. Dolayısıyla kaynak banyosunun öne akmasına bağlı olarak, arkın çok küçük bir kısmının ana malzemenin eritilmesinde kullanılması söz konusudur. Eriyik ark ile ana malzeme arasında bir izolasyon tabakası işlevini görür.

Kaynak hızının artmasıyla öne akan kaynak banyosunun etkisi azalır, nüfuziyet maksimum değere kadar artar. Kaynak hızının sınırı aşmasıyla, nüfuziyet düşük hat enerjisinden dolayı tekrar azalır.

2.14.4 Akım çeşidi ve kutuplama

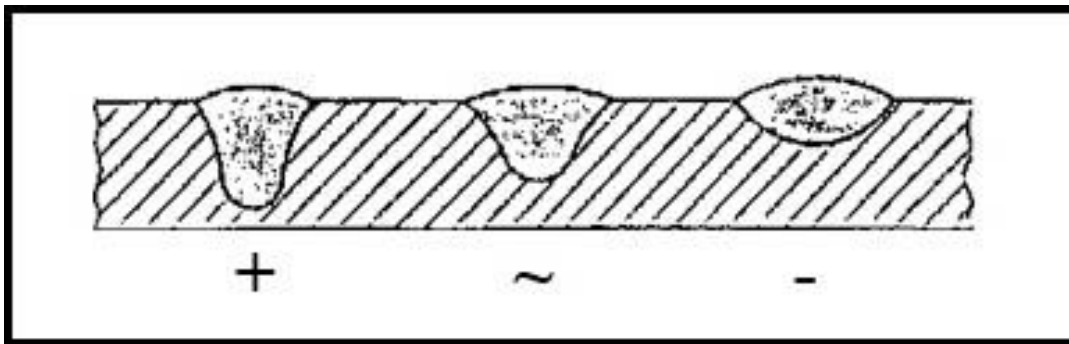
Kaynağın kutbu nüfuziyet seviyesini etkiler. Çoğu ark kaynağında DC+ (Doğru Akım Elektrod Pozitif) daha yüksek nüfuziyet sağlar. Çünkü ana metale daha fazla ark enerjisi gönderilir. Diğer durumda ise DC- (Doğru Akım Elektrod Negatif) kutbu daha az nüfuziyet sağlar. Tungsten ark kaynağında durum tam tersidir. Verilen kutuplamalar, elektrotun kutuplamasını gösterir.

Alternatif akım, düşük üfleme etkisinden dolayı yüksek akım şiddetlerinde ve akım yoğunluğu yaklaşık 800 A veya 60 A/mm²'nin üzerinde, çok telli kaynakta veya uzun süreli kaynak işlerinde kullanılır. Uygunluğu düşük olan kaynak tozlarında bile kabul edilebilir bir tutuşma davranışını sağlamak için, akım üreticinin boşta çalışma geriliminin yüksek olmasına dikkat edilmelidir.

Paso yüzeyi ve geometrisinin en iyi olduğu, en düşük gözenek oluşumu içeren en derin nüfuziyet doğru akım-artı kutuplanmada elde edilir. Bu kutuplama varyasyonu aynı zamanda iyi bir tutuşma davranışı ve 900 A 'in altındaki akım şiddetlerinde kararlı bir ark uzunluğu (üfleme etkisinin etkisi kesin değildir) nedeniyle tercih edilir.

Doğru akım-eksi kutuplamada, en yüksek eritme verimindeki nüfuziyet en düşüktür. Bu genellikle, ana malzemeye karışınca olabildiğince düşük olmasının istendiği kaplama kaynaklarında kullanılır.

Çok telli kaynaklarda bir veya daha fazla tel elektrodlar arktaki üfleme etkisini düşük tutabilmek için alternatif akımla yüklenir. Kaynak transformatörlerinin zincirleme alternatif akımda faz kaymasına (azaltılmış üfleme etkisi) ve trifaze akım şebekesinde düzenli bir yüklemeye erişilir.



Şekil 2.14. Akım çeşidi ve kutuplamanın etkisi

2.14.5. Tel elektrot çapı

Nüfuziyet akım yoğunluğunun yükselmesiyle artar. Tel elektrotun daha fazla yüklenmesiyle daha fazla dolgu malzemesi eritilir, dolayısıyla dikiş yüksekliği artar. Tel elektrotun yüklenebildiği uygun akım değeri telin çapına, tel sürme hızına ve kullanılan toza bağlıdır. Kural olarak 4-6 mm 'lik tel elektrotlar 500-800 A akım şiddetlerinde kullanılır.

2.14.6 Serbest tel uzunluğu

Kontak memeden sonraki serbest tel ucu ve ark seri bağlanmış iki direnç olarak düşünülebilir. Kontak meme ve malzeme arasında ölçülen gerilim sadece kısmi olarak ark içerisinde düşer. Tel ucunun boşta kalan kısmı uzadıkça telin direnci ve bununla birlikte gerilim yükselir. Boştaki tel ucundaki ısıya dönüşen enerji $E = I^2 \times R \times t$ formülüyle hesaplanır. Bu enerji ark içeresine girmez ve malzemenin eritilmesi için kullanılamaz. Nüfuziyet azalır. Teldeki dirence bağlı ısınmayla erime verimi "dışarıdan ayar" sayesinde artar. Serbest tel uzunluğu, tel çapına bağlı olarak artar.

2.14.7. Tane iriliğinin etkisi

Kaynak tozunun kimyasal etkisinden bağımsız olarak, tozun tane iriliğinin dikiş kalitesi ve kaynaklama imkanları üzerinde bir etkisi vardır. İyi bir koruma etkisi için, toz iri tanelerin yanında ince taneleri de içermelidir. Tane irilikleri 0.06 mm 'den küçük olan tozlardan kaçınılmalıdır. Kaynak sonuçlarının tekrarlanabilir olabilmesi için, farklı büyüklüklerdeki tozun kullanımdan önce homojen bir kompozisyona eriştirilmesi, yani iyice karıştırılması gerekir (Kou, 2003).

2.15. Tel Toz Kombinasyonları

Kaynak metalinin alaşımına etki eden temel iki faktör tel ve kaynak tozudur. Bu iki etmenin hangi oranlarda ve şartlarda etki ettiği sarf malzeme üreticilerinin yaptığı sayısız deneyler sonucunda belirlenmiş ve çizelgeler oluşturulmuştur. Verilen kaynak parametrelerindeki bir tel toz kombinasyonu ilave ve yanma davranışlarını dikkate alınarak bu çizelgelerden bulunabilir. Böylece kaynak dikişindeki alaşım elementlerinin miktarı belirlenir.

Bu çizelgelerde mangan ve silisyum gibi sık rastlanan alaşım elementleri bulunur. Diyagramların yardımıyla, saf kaynak dikişi içerisindeki her alaşım elementinin miktarı hesaplanabilir.

2.16. Banyo Altlıkları

Kaynak banyosunun geniş ve akışkan olması sebebiyle, banyo çeşitli kaynak ağzı şekillerinde katılaşmaya kadar desteklenmelidirler. Bunun için aşağıdaki olasılıklar vardır.

2.16.1. Bakır altlıklar

Bakır altlıklar ısıyı hızlı bir şekilde iletir ve kaynak eriyiğinin aşağıya dökülmesini önlerler, iyi bir kök oluşumunun sağlanabilmesi için, bakır altlığın istenilen kök şekline veya dikişin alt kısmına uygun şekildeki bir yive sahip olması gerekir.

Pratikte, seri olarak yapılan kısa kaynak dikişlerinde veya gemi yapımında kullanılan levhalardaki uzun kaynak dikişlerinde su soğutmalı bakır altlıklar kullanılır. Bazı özel uygulamalarda kaydırılan bakır altlıklar kullanılabilir. Bu bakır altlıklar kaynak cihazına veya otomatik taşıyıcıya bağlıdır ve kaynak dikişinin altında beraberce ilerlerler.

2.16.2. Eriyen altlık

Uygun şekildeki ve ölçülerdeki altlık plaka kaynak dikişi altına yerleştirilir ve beraberce kaynaklanır. Dinamik yüklenmelerin düşük olduğu ve korozyon yüklenmesinin olmadığı yapı elemanlarında bu altlık yapı elemanı üzerinde bırakılır. Bazı kapalı yapı sistemleri ve kazan imalatlarında kaynak için kullanılacak altlığı işlem sonrasında uzaklaştırmak mümkün olmamaktadır. Bu gibi durumlarda kaynak işlemi sırasında korumayı sağlayıp kendi kendine eriyen altlıklar kullanılmaktadır.

2.16.3. Toz altlık

Toz altlık belirlenmiş bir kuvvetle kaynak dikişinin alt yüzeyinden bastırılır. Bu kuvvet bir malzemenin ağırlığı veya bir hava hortumu yardımıyla oluşturulabilir. Eğer bastırma kuvveti düşükse dikiş aşağı çöker ve kök yüksekliği artar (Oğuz, 2018).

2.16.4. Özel yapışkan bantlı kaynak banyosu koruması

Kaynak banyosunun korunması için kullanılan yapışkan bantlar kolay uygulanabilirler. Bu esnek kaynak banyosu koruma bantları alüminyum taşıyıcılar üzerine bağlanmış aktif bir kısmına sahiptirler. Yapışkan malzemeden veya organik bağlayıcılardan gelebilecek karbonun kaynak dikişine girmesini önlemek için, bu kısımda killi toprak kullanılabilir.

2.16.5. Elle arkadan kaynak

Ulaşılması güç olan kaynak dikişlerinde alt paso genellikle elle kaynaklanır. Bu işlem gözenek ve cürufsuz olmalıdır. Aksi halde bunun üzerine kaynaklanmış tozaltı dikişinde gözenek oluşumuna rastlanabilir.

2.16.6. Uygun şekillendirilmiş dikiş geometrisiyle banyo korunması

Uygun bir kaynak geometrisi veya yapı elemanı şeklinin seçilmesiyle ek kaynak banyosu korumalarından kaçınılabilir. Böylece yöntemin ekonomikliği artar.

Buna, örnek olarak alın kaynak dikişleri yerine bindirme dikişlerinin kullanılmasıyla ulaşılabilir. Bundan başka, bu geometri şeklinin seçimiyle, özellikle silindirik yapı elemanlarında merkezleme ve doğrultma çalışmalarının büyük bir kısmına gerek kalmaz.

2.17. Kaynak Hataları

Birçok etkinin birlikteliği tozaltı kaynağında çok sayıda hatanın yapılmasını olası kılar. Bu hataların önlenmesi veya belirlenmesi için kritik yapı elemanlarında yöntem testi yapılmalıdır. Yanlış tel-toz kombinasyonlarından oluşan hataların giderilmesi, genellikle hem telin hem de tozun aynı üreticiden veya onun tavsiyesiyle kullanılarak sağlanabilir.

2.17.1 Gözenekler

Gözenekler farklı bileşimdeki gazların dolduğu boşluklardır. Bu gazlar metalürjik reaksiyonlardan oluşabilirler veya dışarıdan kaynak banyosuna girebilirler. Her şeyden önce burada önemli olan gazlar karbonmonoksit CO, karbondioksit CO₂, hidrojen H veya H₂ ve azottur N₂.

Karbonmonoksit: Kaynak dikişindeki karbon oranının artmasıyla karbon monoksit konsantrasyonu artar. Kaynak banyosu şiddetli bir şekilde köpürür ve hidrojen ile azot, karbon monoksit gaz kabarcığı içerisinde çözünerek temizlenir. Ek olarak oksit kalıntılarının oluşumu azalır.

Azot: Kaynak banyosundaki azotun çözünürlüğü katılma noktasında şiddetli bir şekilde azalır. Bundan dolayı uygun olmayan katılma durumlarında azot gözenekleri oluşabilir. Azot kaynakları, tozun taneleri arasındaki boşluklar olabilir.

Hidrojen: Hidrojen gözenek oluşumu üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Azotta olduğu gibi, hidrojenin eriyik içerisindeki çözünürlüğü sıcaklığın düşmesiyle azalır. Hidrojen birçok yolla kaynak banyosuna girebilir (Kurt, 1999).

- Kaynak tozundaki kalan nem (yetersiz kurutma)
- Kaynak ağız bölgesinde pas veya tufal
- Yoğunlaşmış nem
- Kaynak bölgesinde organik maddeler (yağ vs.)

2.17.2 Sıcak çatlaklar

Bu çeşit çatlak oluşumu, düşük erime sıcaklığına sahip fazların büzülme gerilimlerine maruz kalmalarıyla ortaya çıkar, tozaltı kaynağında böyle bölgeler oluşur ve kristalizasyonun ön kısmındaki buluşma yerlerinde sıcak çatlak oluşumu kuvvetlenir. Burada, kaynak dikişi içerisindeki düşük ergime sıcaklıklarına sahip elemanlar toplanır. Bunun önlenmesi kaynak dikişi şeklinin değiştirilmesiyle, çok pasolu teknikle veya çok telli cihazların kullanımıyla mümkündür (Philips, 1963).

2.17.3. Soğuk çatlaklar

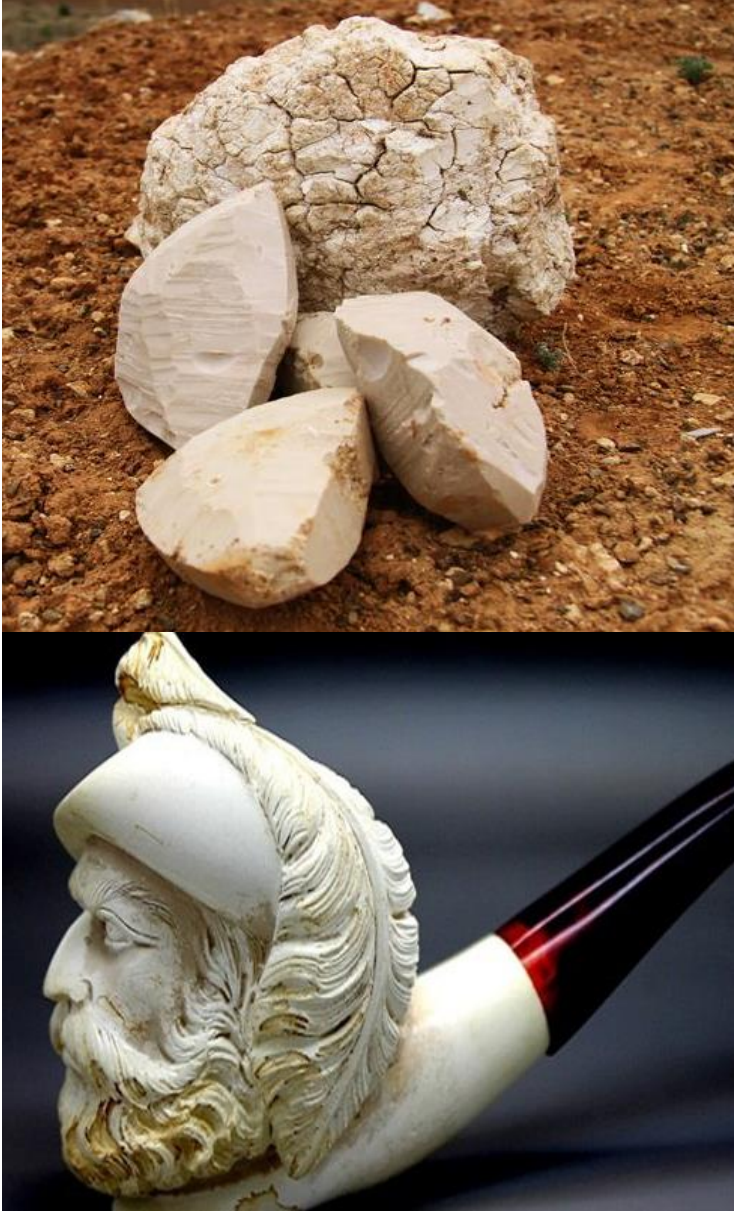
Soğuk çatlaklar, bir malzemenin şekil değiştirebilme kapasitesinin aşılmasıyla ortaya çıkar. Bunlar kaynak dikişinde, geçiş bölgesinde ve malzeme içerisinde oluşabilirler. Bunlara neden genellikle büyük kaynak büzülme gerilimleri ve/veya kaynak dikişindeki aşırı sertleşmedir.

3. SEPIYOLİT

3.1. Tanım

Sepiyolit adı, Yunanca "sepya" kelimesinden gelir ve bu Sefalopodun takma adıyla benzerlik gösterir. Eskiden Meerschaum (deniz köpüğü) olarak bilinen fillosilikatler (tabakalı silikatler) grubuna mensup magnezyum hidrosilikattan ibaret doğal bir kil minerali olan sepiyolit geniş bir özel yüzey alanına sahip, şişmeyen, hafif, gözenekli bir kildir. Sepiyolite denizköpüğü isminin verilme sebebi su üzerinde yüzebilmesidir. Sepiyolit, Sepiyolit-Paligorskit grubuna ait, magnezyum hidrosilikat ten ibaret doğal bir kil mineralidir. Sepiyolit'in kimyasal formülü, Nagy ve Bradley (1955) modeline göre $\text{Si}_{12} \text{Mg}_9 \text{O}_{30} (\text{OH})_6 (\text{H}_2\text{O})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; Brauner ve Preisinger (1956) modeline göre ise $\text{Si}_{12} \text{Mg}_8 \text{O}_{30} (\text{OH})_6 (\text{H}_2\text{O})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 'dur (Sarıöz ve Nuhoglu, 1992: 38).

Tabiatta sepiyolit temel olarak iki formda bulunmaktadır. Bunların ilki masif yumrular şeklinde oluşum gösteren α - sepiyolittir. Genellikle halk arasında lületaşı olarak bilinir. İşlenmesi daha kolay olan bu tip sepiyolit küçük süs eşyası ve biblo yapımında kullanılır. Sepiyolit'in diğer formu ise genellikle tabakalar halinde doğada bulunan sedimanter tip olan β – Sepiyolittir. Bu sepiyolit tipi sanayi tipi sepiyolit olarak tanımlanır ve endüstriyel anlamda bu tip sepiyolit kullanılır.



Resim 3.1. Doğada bulunan lületaşı ve işlenmiş pipo

Sedimanter tip sepiyolit sıg eski göl ve deniz yataklarında yoğun alkali silisli yatakların yarı kurak iklim kuşaklarında çökelmesiyle oluşmaktadır. Bu tip sepiyolitler büyük oranda beyaz renktedir. Ancak oluşum sırasında içerdigi bazı organik malzemeler sebebiyle rengi kahverengi tonlarına dönebilir. Lületaşı su üzerinde kalabilirken β – sepiyolit su içerisinde dağılır (Can, 1992).

Çizelge 3.1 Lületaş ve endüstriyel sepiyolit kimyasal bileşimi

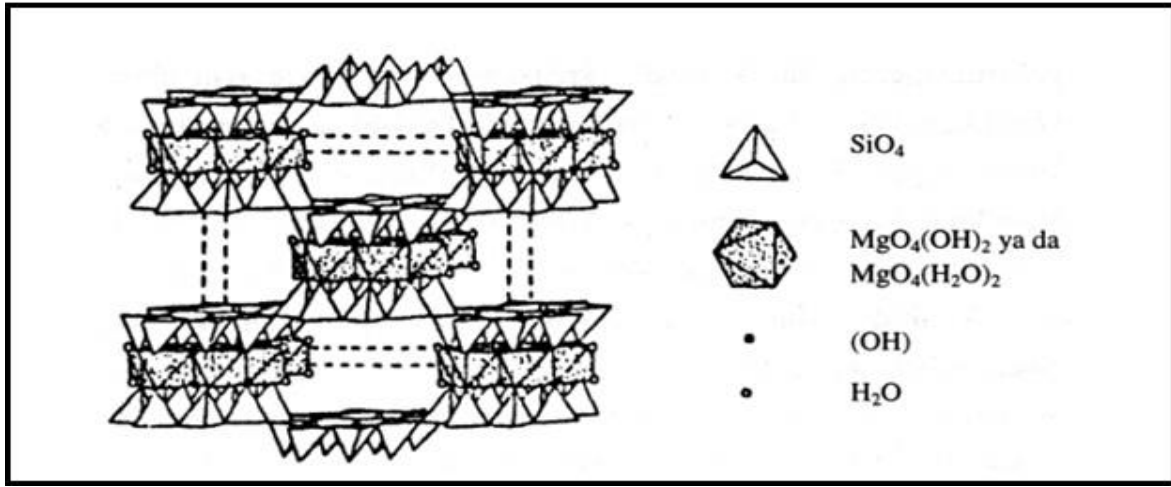
Bileşenler	Sarısu (Lületaş)	Kepeztepe (Endüstriyel)	Yörükçayır (Endüstriyel)	Tatarköy (Endüstriyel)
SiO	60,41	58,65	55,24	54,04
MgO	27,75	18,14	24,79	20,69
Al ₂ O ₃ + TiO ₂	0,75	4,14	2,15	2,85
Fe ₂ O ₃	0,02	2,86	1,05	1,08
CaO	0,16	2,93	2,44	0,19
K ₂ O	-	-	-	0,69
Na ₂ O	-	-	-	0,11
A.Z.	10,62	13,14	14,33	20,03
TOPLAM	99,71	99,86	100,00	99,68

Diğer killerin aksine, ayrı sepiyolit parçacıkları iğne benzeri bir morfolojiye sahiptir. Yüksek yüzey alanı ve gözenekliliğin yanı sıra bu kilin olağandışı parçacık şekli, geniş bir uygulama yelpazesi için değerli bir malzeme haline getiren olağanüstü emme kapasitesi ve koloidal özellikleri ile ilgilidir. Günümüzde sepiyolit en büyük kullanımı, çıkarılan madenin neredeyse % 80'i, çok düşük katma değerli, emici malzeme olarak, özellikle kedi yatakları gibi uygulamalar için kullanılmaktadır. Üretimin geri kalanı, hayvansal yemdeki katkı maddeleri, böcek ilacı ve herbisit kullanımında, ağartma maddeleri, reolojik katkı maddeleri, yağ rafinerisinde, atık su arıtmada, koku giderici olarak, kağıt endüstrisinde ve katma değeri yüksek diğer uygulamalarda ticari olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte, sepiyolit uygulama alanı, bu mineralin kendine özgü yapısı göz önüne alındığında daha da genişletilebilir (Devlet Planlama Teşkilatı [DPT], 1996).

3.2. Sepiyolit Yapısı

Sepiyolit, talk ve kil ile birleştirilmiş kristalli bir yapıya sahip hidratlanmış bir magnezyum silikattır. Bunun yanında, kristal yapı, birkaç su molekülü içerebilen ve magnezyum atomları ve silisyum ile çevrili paralel kanalların varlığı ile karakterize edilebilir (Şekil 3.1). Bu yapı tüm kil minerallerinin en yüksek yüzey alanına (BET, N₂), yaklaşık 300 m² / g, bu kilin belirgin hidrofilitesini açıklayan yüksek yoğunluklu silanol gruplarına (SiOH) sahiptir. Silikat kafesin önemli bir negatif yükü yoktur ve bu nedenle bu kilin katyon değişim kapasitesi çok düşüktür. Minik uzatılmış sepiyolit parçacıkları ortalama uzunluğu 1 µm ila

2 μm , eni 0.01 μm 'dir; ve partikül eksenini boyunca akan $3.6 \text{ \AA} \times 10.6 \text{ \AA}$ boyutlu açık kanallar içerir. Bu parçacıklar, geniş boşluk alanı nedeniyle, yüksek gözeneklilik oranını ve hafif ağırlığını açıklayan geniş bir kılcal ağ ile gevşek biçimde paketlenmiş ve gözenekli agregalar oluşturacak şekilde düzenlenmiştir. Öte yandan, bu kanallarda bulunan su molekülleri cevher ısıtıldığında yavaş yavaş kaybolabilir. Tüm su molekülleri elimine edilirse orijinal kristal yapı geri dönüşümsüz olarak değiştirilir ve sepiyolit, kendi yüzeyinin çoğunu ve dolayısıyla diğer molekülleri emme yeteneğini kaybeder (Jones ve Galan, 1988: 163-167).



Şekil 3.1. Sepiyolit kristalinin şematik görünüşü

Sepiyolit, diğer killerin aksine, katmanlı bir filosilikat olarak farklılık gösterir. Yapısı, beş nesnenin bir düzlemde katmanlaşması olarak tanımlanabilir, böylece dördü paralel kanallarla ayrılmış talk tipi levhaların köşelerini ve beşinci bir kare veya dikdörtgenin ortasını kaplar. Bu zincir benzeri yapı, diğer killeri gibi plaka benzeri parçacıklar yerine iğne benzeri parçacıklar üretir.

Yüksek yüzey alanı ve sepiyolit gözenekliliği, bu kilin dikkat çekici adsorptif ve emici özelliklerini gösterir. Buharları ve kokuları emer ve yaklaşık olarak kendi ağırlığındaki su ve diğer sıvıları emebilir. Sepiyolit şişmeyen bir kildir ve granülleri sıvılarla doygunken bile parçalanmaz. Kolloidal derecelerde sepiyolit, yüksek kesmeli karıştırıcılar kullanılarak su veya diğer sıvı sistemlere dağıtılmalıdır. Sıvıda bir kez dağıldığında, fiziksel girişim ve hidrojen bağı ile tutulan ve süspansiyonun viskozitesini artırarak sıvının içine giren rastgele birbirine geçen uzun parçacıkların bir yapısını oluşturur. Bu yapı, tuz konsantrasyonu

yüksek sistemlerde, diğer kil süspansiyonlarının topaklanmasına neden olan koşullarda, bentonitten bile kararlıdır.

Çizelge 3.2. Sepiyolit fiziksel özellikleri

YAPI	Lifi, toprağımsı
GÖRÜNÜM	Kaygan
RENK	Beyaz, krem, kahverengi, gri
LİF BOYUTLAR	
uzunluk	100 Å-3 ile 4 µm
genişlik	100-300 Å
kalınlık	50-100 Å
GÖZENEK BOYUTLARI	
mikropor çapı	15 Å
mezopor yarıçapı	15-45 Å
YOĞUNLUK	2-2,3 g/cm ³
SERTLİK (Mohs'a göre)	2-2,5
KIRILMA İNDEKSİ	1,5
KURUMA SICAKLIĞI	40 °C
ERİME SICAKLIĞI	1400-1450 °C

Sepiyolit partikül ağı, iri tanecikli partikül olarak hareket ederek, yerçekimiyle çökelmelerini önleyen sıvıda daha büyük partikülleri tutar. Sepiyolit, süspansiyonlarına, son ürünün işlenebilirliğini, uygulamasını veya kullanımını geliştirmek için çok sayıda uygulamada değerli bir materyal yapan bir psödoplastik ve tiksotropik davranış sağlar (Galan, 1996).

3.3. Rezervler

Ticari sepiyolit kil minerali çökeltilerde ve eski deniz veya göl tabanını oluşturan topraklarda nispeten sık görülür. Madencilikte sepiyolit killeri 'özel killler' olarak tanımlanır. Sepiyolit eski tipik bir İspanyol mineralidir. Dünya endüstriyel sepiyolit üretiminin büyük bölümü İspanya tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu ülkede pek çok sepiyolit yatağı bulunmaktadır.

Dünyadaki diğer önemli operasyonlar ABD, Türkiye ve Çin’de bulunmaktadır. İspanya’da yıllık sepiyolit üretimi 800.000 tona yakındır. İspanya dışında Çin Halk Cumhuriyeti’nde bazı ekonomik sepiyolit yataklarının varlığı bilinmektedir. Çin’de üretilen sepiyolit oluşumları son derece uzun lifli olup asbesti andırmaktadır. Rezervleri konusunda bilgi yoktur, ancak bir miktar üretimin Japonya’ya gönderildiği bilinmektedir. Bu minerallere ilgi, birçok teknolojik uygulamanın temeli bu minerale has özel emici, koloidal-teolojik ve katalitik özelliklerinde yatmaktadır (O'Driscoll, 1992).

Türkiye’de α -sepiyolit (lületaşı) oluşumları, Eskişehir – Konya illerini kapsayan havzada bulunmaktadır. Fakat ekonomik önem açısından ticari olarak uzun yıllardan beri işletilen ocaklar Eskişehir ve çevresinde yer alır. Eskişehir’in doğusunda Sepetçi, Margı, Sarısu, Kayı, Gökçeoğlu ve Türkmentokat bölgesi ile batısında Nemli-Dutluca bölgeleri lületaşı açısından en önemli bölgelerdir. Çizelge 3.3 ’te bazı üretim alanlarının mümkün rezervleri verilmektedir (Can, 1992: 66).

Çizelge 3.3. Eskişehir α - sepiyolit üretim bölgeleri ve rezervleri

BÖLGE	REZERV	
	Sandık	Ton
Sarısu Bölgesi	460 000	5 520
Kayıköyü Bölgesi	853 000	10 236
Gökçeoğlu Bölgesi	50 670	608
TOPLAM	1 363 670	16 364

Sepiyolit rezervleri bakımından Türkiye İspanya’dan sonra en büyük ikinci ülkedir. Sepiyolit yataklarının aranması ve değerlendirilmesine ilişkin çalışmalar, MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1990 yılında başlatılmış ve İç Anadolu Neojen Havzasının Yukarı Sakarya Kesiminde (Eskişehir-Sivrihisar güneyi) jeolojik etütler, havza etütleri bazında hemen hemen tamamlanmıştır. Sepiyolitli dolomitler ile saf sepiyolit oluşumları şeklinde gözlenen cevherleşme, Türktaciri, İlyaspaşa, Tatar (Yenidoğan), Kurtşeyh ve Oğlakçı köyleri civarlarında ekonomik boyuttadır. Bunun dışında, % 50 nin üzerinde sepiyolit içeren rezerv, görünür rezerv bazında 1,5 milyon ton civarındadır. Sepiyolit içeriği % 50’nin altında olan ve dokusal özellikleri nedeniyle hayvan yetiştirilen yerlerde koku giderici malzeme olarak

kullanılabileceği belirlenen oluşumlar saptanmıştır. Çizelge 3.4 'de Eskişehir ilindeki bazı bölgelere ait mümkün endüstriyel sepiyolit rezervleri görülmektedir (Can, 1992).

Çizelge 3.4 Eskişehir β - sepiyolit üretim bölgeleri ve rezervleri

BÖLGE	REZERV (Mümkün, Ton)
Yörükçayır	4 680 000
Kepeztepe	3 200 000
Çerkezkireç	32 000 000
Söğütlük	16 800 000
TOPLAM	56 680 000

Sepiyolit mineralini, kedi yatakları gibi düşük katma değere sahip uygulamalarda uzun yıllardır kullanılmaktadır. Ancak ülkemizin sahip olduğu bu eşsiz malzemenin gelecekte stratejik olarak düşünülebilecek daha büyük teknolojik öneme sahip uygulama alanlarını aramak ve bulmak zorunluluğu bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır.

3.4. Yapısal Özellikler ve Fiziko Kimyasal Davranış

Sepiyolit, sürekli iki boyutlu bir tetrahedral tabaka içerdikleri için filosilikatlar grubundandır. Bununla birlikte sürekli oktahedral tabakalardan yoksun olmaları nedeniyle diğer tabaka silikatlardan farklıdırlar. Yapıları, 2:1 bir filosilikat yapıya sahip şeritler içerir, her şerit bir Si-O-Si bağları dizisi boyunca SiO₄ tetrahedradın ters çevrilmesiyle birbirine bağlanır. Bu çerçevede, dikdörtgen kanallar karşılıklı şeritleri arasındaki X eksenine paralel uzanır. Ayrıca, kanallarda değişken miktarda zeolitik su bulunur (Funete, Jarabo, Moral ve Negro, 2008).

Çizelge 3.5. Sepiyolit mineralinin birim kafes hücre boyutları

Boyut (A)	Nagy ve Bradley (1955)	Brauner ve Preisinger (1956)	İrkeç (1991)
a	13,4	13,4	5,00
b	27,0	26,8	26,52
c	5,3	5,28	13,73

İnce mineral yapısı ve lifli yapı ile birlikte bu minerallerde mikro gözeneklerin ve kanalların varlığı yüksek yüzey alanlarını oluşturur. Ortalama dış ve iç yüzey alanlarının sırasıyla Vallecas sepiyolitte 400 ve 500 m² / g olduğu tahmin edilmiştir (Serna ve Van Scoyoc, 1978). Bununla birlikte BET analizi ile sepiyolit yüzey alanı yaklaşık 300 m² / g'dır. Yüzey alanı ısıtma ve asit muamelesi ile modifiye edilebilir. Sepiyolit yüzey alanı, 150 ° C'de ısıtıldıktan sonra maksimum % 10 higroskopik suyun kaybolması artar. Asit işlemi mikropore tahribatı ve yapı katlanması nedeniyle yüzey alanını artırır, çünkü mineralleri neredeyse tamamen tahrip eder ve lifli morfolojiyi koruyan amorf silika ürünleri üretir. Kısa bir süre kuru öğütme lifli yapının incelmesine ve dolayısıyla yapısal değişiklik olmadan yüzey alanında bir artışa neden olur. Bu minerallerin yapısı üç tip aktif emme bölgesini içerir:

(a) şeritlerin tetrahedral levhasındaki oksijen iyonları

(b) yapısal şeritlerin kenarlarındaki Mg iyonlarına koordine edilmiş su molekülleri

(c) lif eksenine boyunca SiOH grupları (Serratosa, 1978)

Bu killer genellikle kuvars, feldispat, karbonat, alçı, illit, kaolinit, klorit ve demir oksitler gibi safsızlıkları içerir. Birbiri içinde rastgele biçimde geçirilmiş bir lif ağı oluşturarak su ve diğer polar çözücüler içinde dağılan aglomera iğne benzeri yapıların demetleri olarak oluşur. Bu mineral safsızlıklar sepiyolitte beyaz, sarımsı beyaz, yeşilimsi, gri veya pembe renklerle kendini gösterirler.

3.5. Sepiyolitın Kullanım Alanları

Genel olarak α -sepiyolit dekorasyon amaçlı ss eşşşşşşşşşşş ve pipo yapımında kullanılmaktadır. Endüstriyel sepiyolitın emici özelliği ve mineral yapısı sayesinde birçok alanda kullanımı bulunmaktadır. Bu değerli kil mineralinin değişik alanlarda kullanımı için araştırmalar devam etmektedir. Aşağıda sepiyolitın başlıca kullanım alanları açıklanmıştır.

3.5.1. Sorptif malzeme olarak

Absorpsiyon ve adsorpsiyon, kil minerallerinin yüzey alanı ile ilgili iki özelliktir. Absorpsiyon, sıvı moleküllerinin emici bir katı kütlesinin içine nüfuz etmesine karşın, adsorpsiyon, sıvı molekülleri ile katı yüzey arasında bir etkileşime neden olur. Her iki olay türü de sorpsiyon terimini içerir.

Emme işlemleri serbest bir sıvı fazın sıvıyı alabilen ve tutabilen bir katı faz ile temasını içerir. Katı gözenekli ve geçirgen olmalı ve yüksek bir emme kapasitesini sergilemek için yüksek bir yüzey alanına ve gözenekliliğe sahip olmalıdır. Absorpsiyon genellikle kılcal kanallar ile gerçekleşir.

Diğer yandan, adsorpsiyon sorbat-katı yüzey arasındaki bazı etkileşimleri içerir. Akışkan molekülleri ve katı yüzey arasındaki kuvvetler, gerçek bir kimyasal bağda olduğundan daha zayıftır. Parçacık büyüklüğü dağılımı, mikroporozite, kılcal yapı ve katının aktif yüzeyi bu süreçlerde önemli roller oynar. Emici granüllerin tane büyüklüğü de çok önemlidir, çünkü küçük granüller artan dış yüzeyden dolayı daha geniş ve daha hızlı emilim sağlar. Sorptif uygulamalarını, mikroporozite, kılcal yapı, yüzey alanı ve aktif sorpsiyon bölgeleri (zellikle silanol grupları), taneciklerin boyutu ve granüllerin mekanik mukavemeti gibi kil özellikleri ve emilecek sıvının özellikleri gibi etmenler etkiler. Sepiyolit kendine has özellikleri sayesinde kendi ağırlığının 200 – 250 katı su emebilir. Bu killer, 1930'lardan bu yana emici amaçlar için kullanılmıştır. Fabrikalar, istasyonlar, uçak hangarları vs. gibi yerlerde dökülen yağ, su, kimyasallar ve diğer istenmeyen maddeleri emmek için kullanılmıştır. Granüller kararlı yapıda olmalı, yeterli mekanik güce sahip olmalıdır (sertlik, aşınma ve basınç dayanımı). Kimyasal olarak aktif olmayan bu killer, yanmaz ve yüksek sıvı emme kapasitesi gösterirler. Endüstriyel kil emiciler için en önemli pazarlardan biri de kedi

kumudur. Kedi kumu için kullanılan killer 400-700 kg/m³ aralığında yoğunluklarda sepiyolit yapıdır. Emici granüller, ayrıca pestisit ve herbisit taşıyıcıları olarak ve bitkisel yağlar, parafinler, tereyağı ve şarap için ağartma maddeleri olarak kullanılır (Kara, Sabah, Yüzer, ve Çelik, 1998).

3.5.2. Renklendirme ajanları olarak

Bu mineraller filtreleme veya süzme sırasında fiziksel olarak renkli partikülleri tutar, renkli bileşikleri emer ve katalitik olarak renksiz maddelere dönüştürür. Bu işlemde sepiyolit bir emici, bir adsorban olarak görev yapar. Bu killer mineral yağlarla özellikle daha etkilidir, çünkü renkli bileşikler bitkisel yağlardakilerden (klorofil, karotenler ve ksantofil) daha basit moleküllerdir (genellikle petrol türevleri) ve bu minerallerin kanallarına ve gözeneklerine kolayca girebilirler. Meşrubat sularında renk ve bulanıklığın giderilmesi için kullanılırlar. Renk değiştirme gücü, aktif özel yüzey alan sayısını artırmakla ve mineralin gözenekliliğini artıran asit muamelesiyle yardımıyla artırılabilir. Ayrıca sepiyolit, adsorptif kapasitesi nedeniyle eczacılıkta ve kozmetik ürünlerinde aktif renklendirici olarak kullanılmaktadır.

3.5.3. Katalitik uygulamalar

Sepiyolit kil tanecikleri giderek artan oranda katalizör taşıyıcıları olarak kullanılmaktadır. Yüksek yüzey alanları, mekanik mukavemetleri ve ısı kararlılıkları dikkate alındığında katalitik uygulamalar için kullanımı uygundur. Katalizör olarak başka bir metalin tuzu ile işlenerek yüzey üzerine emdirilebilir ve ayrıca bazı yapısal magnezyum katyonlarının yerini dahi alabilir. Ayrıca, Mg²⁺ iyonları, Ni²⁺, Pt, Pd, Zn²⁺, Co²⁺ gibi katalitik açıdan önemli türler ile değiştirilebilir. Killerin katalitik aktivitesi temel olarak yüzey aktivitelerinin bir fonksiyonudur. Bu killerin asitle muamele edilmesi, adsorbe edilmiş katyonların ve safsızlıkların uzaklaştırılması, yüzey alanının artırılması ve gözenek büyüklüğü dağılımının ve kristalliliğin değiştirilmesi ile iyi sonuçlar elde edilir. Sepiyolit 300 °C'nin üzerine ısıtılması yüzey alanını azaltır, ancak mukavemet gücünü artırır (İnel, 1985).

3.5.4. Organo-mineral türevleri

Sepiyolit kili, mineral yapısı ile organik reaktif arasında gerçek kovalent bağlara sahip bileşikler oluşturmak üzere doğrudan organik reaktiflerle reaksiyona girebilir.

3.5.5. Reolojik uygulamalar

Çeşitli sepiyolit minerallerinin temel uygulamaları genellikle reolojik özelliklerinin kalınlaştırılması, jelleştirilmesi, dengelenmesi veya başka modifikasyonlarını içerir. Bu mineraller, önceden çimlenmiş tohumların taşınması esnasında sıvı muhafaza edici olarak, yapıştırıcılarda, sızdırmazlık maddelerinde, gübre süspansiyonları ve kozmetik ürünlerinde (örneğin sütler, maskeler) kullanılırlar. Ayrıca sondaj çamurlarında da ciddi miktarlarda kullanılırlar. Bentonit gibi diğer killere göre en önemli avantajları, sepiyolit bazlı çamurların tuza karşı daha az hassas olmalarıdır. Diğer kil minerallerinden farklı olarak sepiyolit, uzun, esnek kristallerini çözerek sulu süspansiyonda çalışma üzerine verim vermeye devam ederken, diğer mineraller kristal yapı boyunca kırılır ve reolojiyi sürekli kullanımla kaybeder (Mart, 2002). Aynı zamanda, yüksek sıcaklıklarda stabil olarak çalışabilen tek kil minerali sepiyolittir. Bu sebeple jeotermal kuyuların sondajlarında kullanılır.

3.5.6. Dolgu uygulamaları

Organik bir bileşik ile yüzey modifikasyonundan sonra, sepiyolit, kauçuk ve plastiklerde doğal olarak takviye edici bir dolgu maddesi olarak kullanılabilir. Farklı sepiyolit dolgulu lastiklerin davranışları kaolin ile karşılaştırmış ve sepiyolit lastiklerinin mekanik özelliklerini ve yaşlanma özelliklerini kaolin dolgulu ürünlerinkine benzer veya daha iyi bulmuşlardır. Bu çalışmalardan sonra sepiyolit, bir polimer dolgu maddesi olarak kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Dolgu maddesi olarak bu killeri boyalarda, emayelerde, deterjanlarda, plastiklerde, çimentolarda, yapıştırıcılarda, pestisitlerde vb. kullanılabilir. Sepiyolit kozmetiklerde tiksotropik özelliklere sahip bir dolgu maddesi görevi görür; bununla birlikte, yapışkan ve koruyucu bir madde olarak da işlev görür, çünkü cilde yapışır ve koruyucu bir film oluşturur. Ayrıca, yağları ve diğer maddeleri emer. Bu nedenle cilde opaklık vermek, parlamayı ortadan kaldırmak ve kusurları örtmek için kullanılır.

3.5.7. Çevre uygulamaları

Sepiyolitin kendine özgü özellikleri bu killeri çevresel uygulamalar için oldukça uygun kılar. Sigara filtrelerinde, tehlikeli gaz halindeki bileşiklerin adsorbe edilmesinde, kedi atıklarında koku, dışkı ve idrarın emilmesinde, emici maddelerin ve temizleme ürünlerinin bileşenleri

olarak kullanımlarına ek olarak, bu killler çevremizdeki neredeyse hiç hoş olmayan kokuları emmek için kullanılabilir. Çiftlik ortamlarında amonyağın konsantrasyonunu kontrol ederler ve topraktan başlıca organik ve kimyasal maddelerin atık sulara geçmelerini ve kirlitmelerini önlerler. Ayrıca reolojik özellikleri sayesinde, kömür sıvı karışımlarını stabilize etmek için kullanılabilirler.

3.5.8. Diğer kullanımlar

Sepiyolit, kimyasal etkisizliği sayesinde hayvansal beslenme uygulamalarında, emici, serbest akışlı, topaklanma önleyici ve toksik olmayan özelliklerine göre araştırılmıştır. Hayvansal beslenme alanındaki ana kullanımların, büyümeyi arttırma, yem takviyesi, yem bağlama olduğu görülmektedir. Buna ek olarak, hayvan yemlerinde sepiyolit kullanımının sığır ve kanatlı hayvanlarda % 0,5 ile % 3, tavuklarda ve tavşanlarda ise % 10'luk ağırlık artışı sağladığı tespit edilmiştir (Alvarez ve Perez Castell, 1982). Yem verimliliğinin gelişmesi, sepiyolit mineralinin jel oluşumu nedeniyle bağırsak boyunca daha yavaş bir besin maddesi akışı sağlamasıyla artan protein sindirilebilirliğinin bir sonucu olabilir. Bağırsaktaki toksinler, bakteriler ve hatta virüsler için bir adsorban ve mide ve bağırsak için koruyucu bir kaplama görevi görür. Bununla birlikte, enzimlerin, vitaminlerin ve diğer önemli maddelerin kaybını engelleyebilir.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada kullanılmak üzere düşük karbonlu yapı çeliği kullanılmıştır. Eskişehir yöresinden temin edilen sepiyolit örnekleri incelenmiş ve üç tip deney tasarlanmıştır. İlk olarak yapılacak olan çalışmanın kıyaslanabilmesi için ticari olarak kullanılan rutil içerikli ticari kaynak tozu ile hazırladığımız düşük karbonlu yapı çeliği malzeme üzerine tozaltı ark kaynağı yöntemiyle düz bir kaynak dikişi çekilmiştir. Daha sonra bu toz %50 oranında seçilen sepiyolit içerikli kil minerali ile karıştırılmış ve aynı koşullarda kaynak işlemi gerçekleştirilmiştir. Son olarak ise koruyucu kaynak tozu olarak tamamen seçilen sepiyolit içerikli kil minerali kullanılan toz ile deneyler gerçekleştirilmiştir.

4.1. Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Yapılan denemelerde ana malzeme olarak S235JR düşük karbonlu yapı çeliği, koruyucu kaynak tozu olarak sepiyolit içerikli kil minerali ve ticari tozaltı kaynak tozu kullanılmıştır. Ayrıca kaynak işlemleri S2 tozaltı kaynak teli kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4.1.1. Ana metal

Bu çalışmada kullanılmak üzere ebatları (5x50x150 mm) olan, kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri çizelge 4.1 ve çizelge 4.2’de verilen düşük alaşımlı yapı çeliği (S235JR) malzeme örnekleri hazırlanmış ve kimyasal kompozisyonu Çizelge 4.5 ’te belirtilen S2 kaynak teli kullanılmıştır.

Çizelge 4.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan kaynak malzemesinin kimyasal bileşimi

Malzeme S235JR	Alaşım Elementi	%
	C	0,17
	Si	0,30
	Mn	0,30
	P	0,05
	S	0,05
	Fe	Kalan

Çizelge 4.2 Deneysel çalışmalarda kullanılan çelik malzemenin mekanik özellikleri

Malzeme	Akma Mukavemeti (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Uzama (%)
S235JR	235	340-470	25

4.1.2. Koruyucu kaynak tozu ve sepiyolit içeren kil minerali

Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere üç farklı sepiyolit içeren kil minerali Eskişehir bölgesindeki üreticilerden biri olan Dolsan Madencilik firmasından temin edilmiştir. Her bir kil mineralinin kimyasal ve mineralojik analizleri MTA Genel Müdürlüğü analiz laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

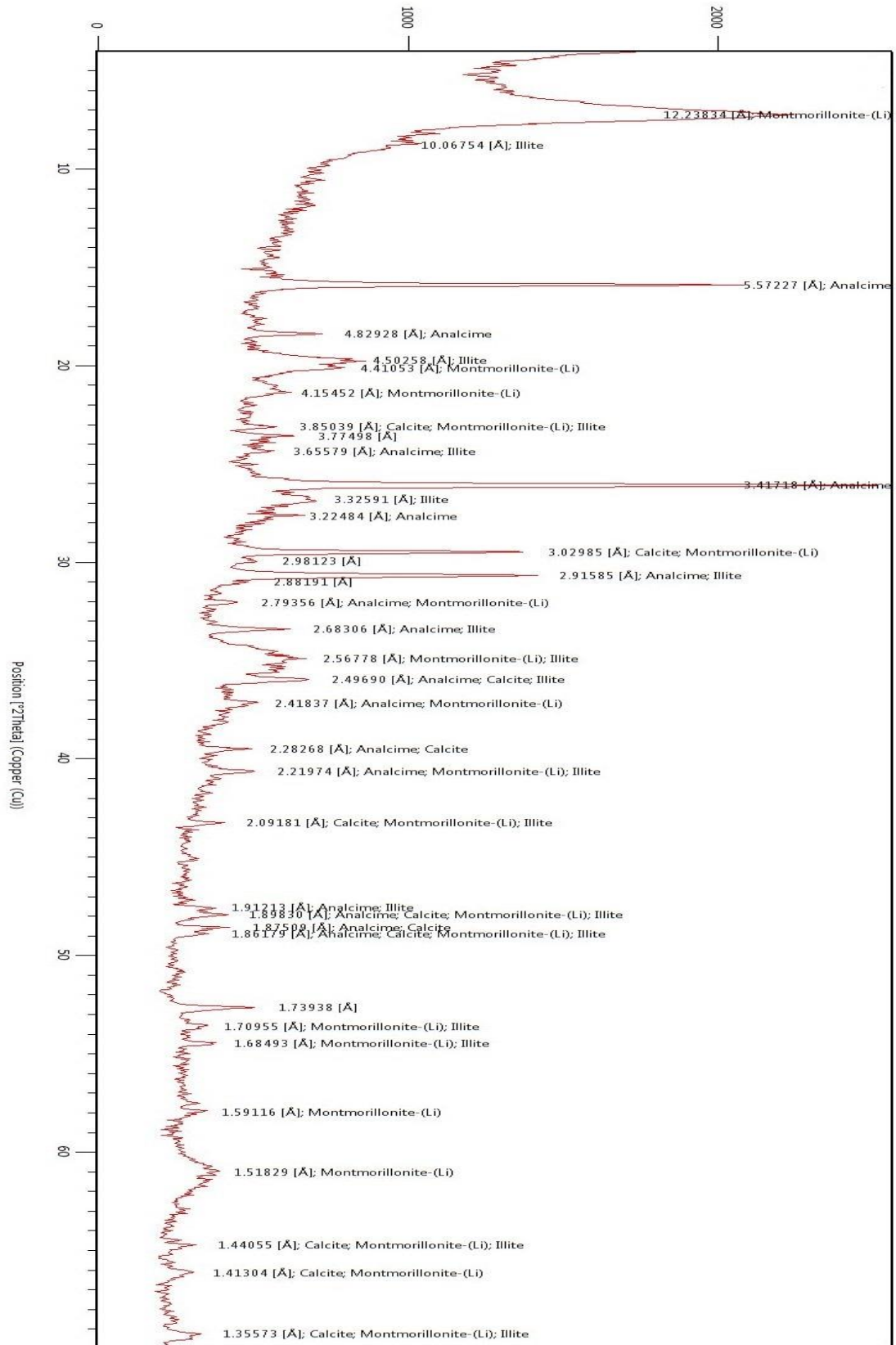
Çizelge 4.3. Deneylerde kullanılan koruyucu kaynak tozunun kimyasal bileşimi

Element	Koruyucu Toz (%)	Element	Koruyucu Toz (%)
Na ₂ O	0,34	CaO	5,12
MgO	0,47	TiO ₂	38,57
Al ₂ O ₃	7,18	Cr ₂ O ₃	0,04
SiO ₂	28,38	MnO	8,65
P ₂ O ₅	0,07	Fe ₂ O ₃	3,12
SO ₃	0,14	V ₂ O ₅	0,39
K ₂ O	4,79	ZrO ₂	0,29

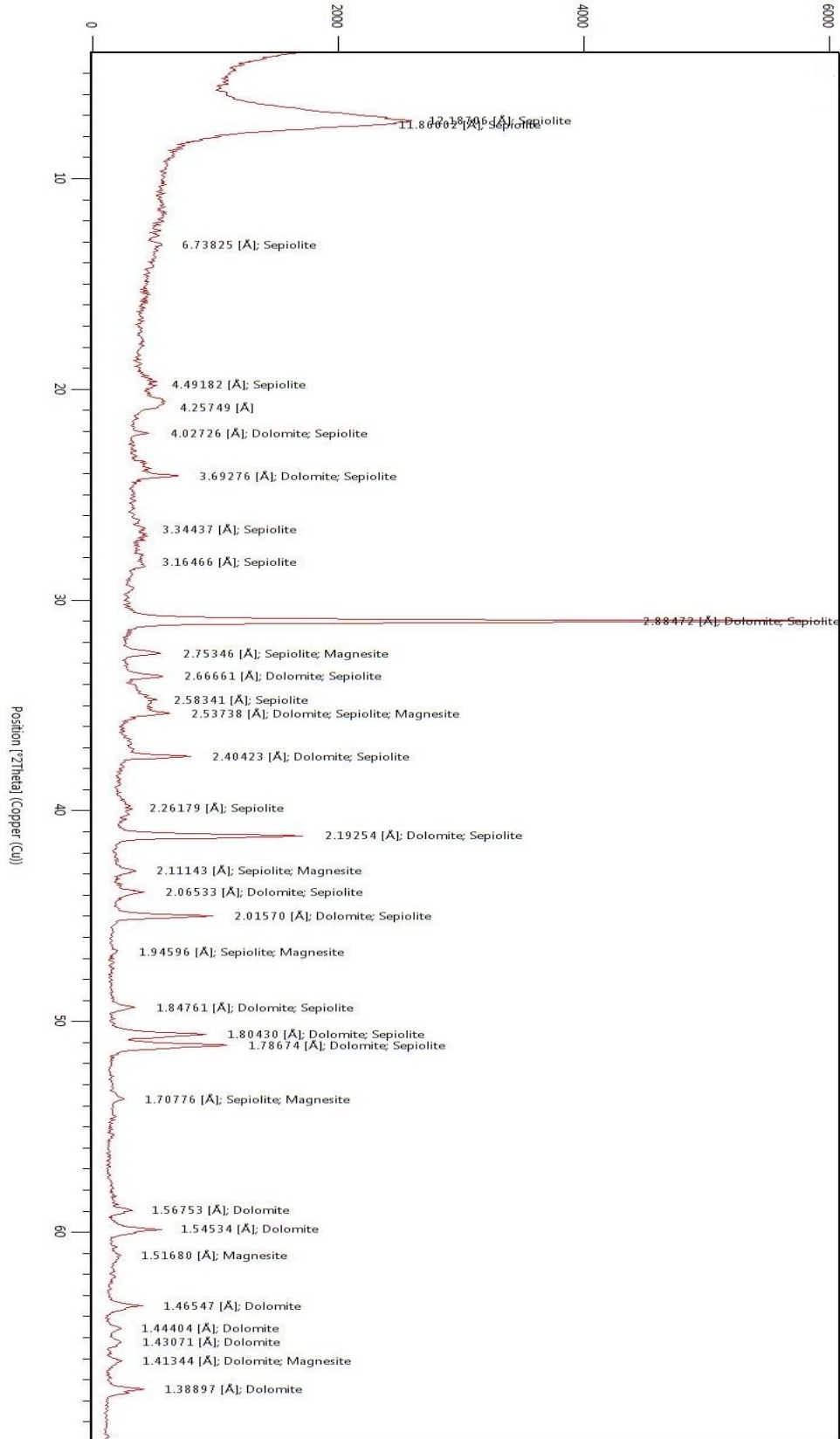
İncelenecek olan sepiyolit içerikli kil mineralleri için yapılan XRF ve XRD analizlerinin sonuçları aşağıdadır.

Çizelge 4.4. Sepiyolit içerikli 3 farklı kilin XRF analizi sonuçları

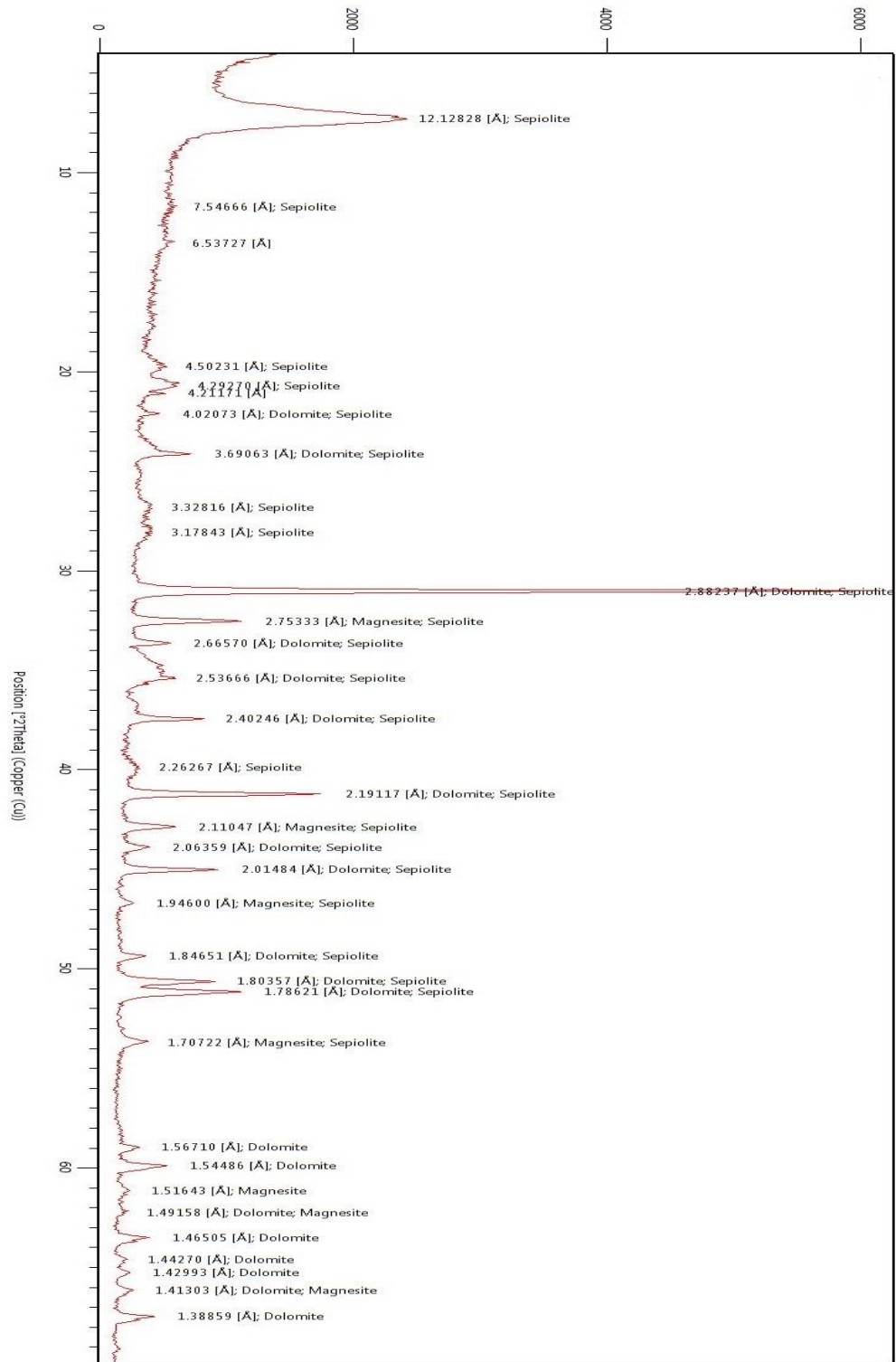
Majör Oksit %	S-1	S-2	S-3	Majör Oksit %	S-1	S-2	S-3
Na ₂ O	4,18	0,04	0,07	Cr ₂ O ₃	0,01	0	0
MgO	9,89	20,96	19,72	MnO	0,06	0	0
Al ₂ O ₃	8,99	0,62	0,66	Fe ₂ O ₃	4,11	0,36	0,35
SiO ₂	55,21	26,89	31,48	V ₂ O ₅	0	0,01	0,01
P ₂ O ₅	0,02	0,01	0,01	NiO	0,01	0	0
SO ₃	0,11	0,03	0,03	ZrO ₂	0,01	0,005	0,004
K ₂ O	2,17	0,12	0,13	F	0,12	0,44	0,65
CaO	3,65	16,15	15,66	TiO ₂	0,43	0,04	0,04



Şekil 4.1. S-1 numunesinin XRD analiz sonuçları



Şekil 4.2. S-2 numunesinin XRD analiz sonuçları



Şekil 4.3. S-3 numunesinin XRD analiz sonuçları



Resim 4.1. S-1 numunesi



Resim 4.2. S-2 numunesi



Resim 4.3. S-3 numunesi

Bu üç sepiyolitın kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde kaynak için olabilecek en iyi kompozisyona sahip olan S3 sepiyolit örneği kullanılmıştır.

4.1.3. Kullanılan kaynak teli ve tozaltı kaynak makinesi

Kaynak işlemi TS EN ISO 14731-A standardına göre mekanik özellikleri belirlenmiş olan 1,2 mm kalınlığında S2 kaynak teli kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.5. Deneysel çalışmalarda kullanılan kaynak telinin kimyasal bileşimi

Kaynak Teli	S2
C	0,12
Si	0,10
Mn	1,0
Cu	0,30
Fe	Kalan



Resim 4.4. Lincoln Electric Arc Welder tozaltı kaynak makinesi

4.2. Deneyin Yapılışı

Deneylerde kullanılmak üzere tedarik edilen Çizelge 4.4 'te kimyasal içeriği belirtilen sepiyolit içeren kil minerali 0,5 – 2,0 mm ebatlarında tane boyutuna getirilmiştir. Kaynak işlemi öncesinde sepiyolit ve kullanılacak olan kaynak tozu içerdikleri nemin uzaklaştırılması için 2 saat süreyle 200 °C' de kurutulmuştur. Kaynak işlemlerinin gerçekleştirileceği S235 JR malzemeler (5x50x150mm) ebatlarında hazırlanmıştır. Üç farklı kompozisyonda koruyucu kaynak tozu hazırlanmıştır. Bunlar; tamamen sepiyolit minerali içeren kil, % 50 oranında sepiyolit içeren koruyucu kaynak tozu ve ticari olarak kullanılan kaynak tozudur. Karışım olarak hazırlanan tozun homojenliğinin sağlanması için uzun süre karıştırılmıştır. Kaynaklanacak malzemelerin yüzeyinde oksit tabakası, yağ ve kir istenmez. Bu yüzden kaynak işlemine başlamadan önce paslanmaz tel fırça ile kaynak yapılacak olan parçalar temizlenmiştir ve kaynak işlemine hazır hale getirilmiştir.

Hazırlanan koruyucu tozlar sırasıyla Lincoln Electric Arc Welder tozaltı kaynak makinesinin toz haznesine konulmuş ve düşük karbonlu yapı çeliği olan ana malzemeler kaynak edilmiştir. Kaynaklanacak malzemeler N1, N2, N3 numune isimleriyle kodlanmıştır. Burada N1 numunesi sadece sepiyolitten oluşan kaynak tozu ile, N2 % 50 sepiyolit % 50 ticari olarak kullanılan koruyucu kaynak tozu ile, N3 ise sadece ticari koruyucu kaynak tozu kullanılarak kaynak edilmiştir. Kaynak için 35 V ve 250 A parametreler belirlenmiştir ısı girdisini düşük tutacak şekilde bir kaynak hızı kullanılarak kullanılan kaynak tozunun kaynak bölgesini koruması hedeflenmiştir.



Resim 4.5. Sepiyolit koruması altında kaynak

4.3. Kaynak Bölgesindeki Mikroyapı ve Sertliğin İncelenmesi

Kaynaklanmış malzemelerin ilk olarak kaynak geometrileri incelenmiş ve görsel muayenesi yapılmıştır. Daha sonra kaynatılmış malzeme metalografik inceleme için kesilmiştir. Mikroyapı incelemesi için hazırlanan numunelere bakalite alma işlemi uygulanmıştır. Bakalite alma işleminden sonra sırası ile 120, 240, 400, 800 ve 1200 meshlik zımparalarla zımparalanmıştır. Bu işlemten sonra numuneler sırası ile 6 μ , 3 μ 'luk elmas pastalarla

parlatılmıştır. Parlatılan numuneler %2'lik Nital ile dağlandıktan sonra farklı büyütme oranlarına sahip LEICA DM 4000M Metal mikroskobu ile mikroyapı görüntüleri alınmıştır.

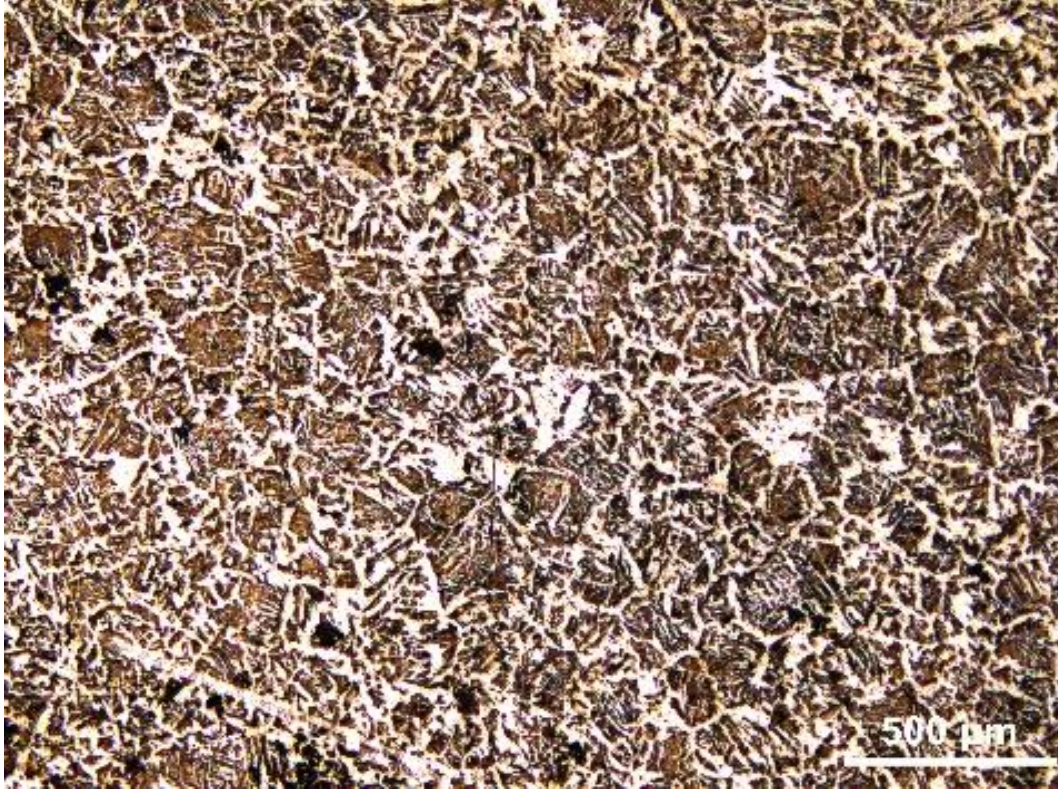


Resim 4.6 LEICA DM 4000M metal mikroskobu

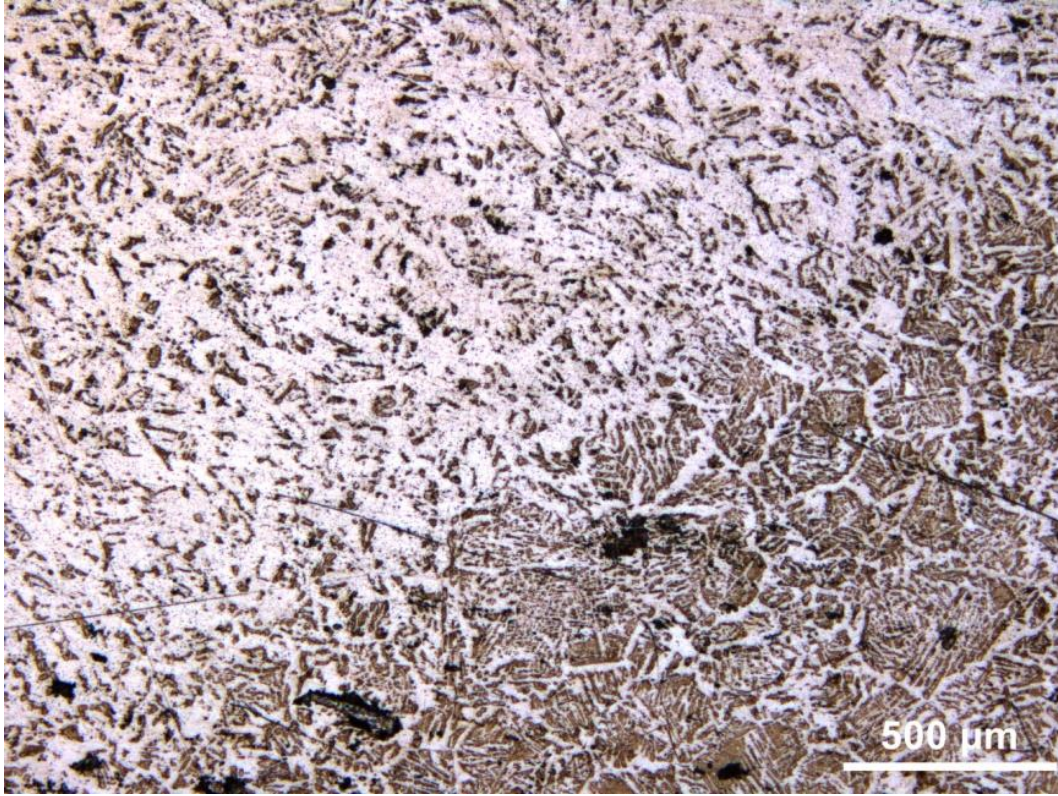
Mikroyapı incelemeleri sonrasında numunelerden ana malzeme, ısıdan etkilenen bölge ve kaynak metalinden olmak üzere üç bölgeden sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

5. DENEYSEL SONUÇLAR ve TARTIŞMA

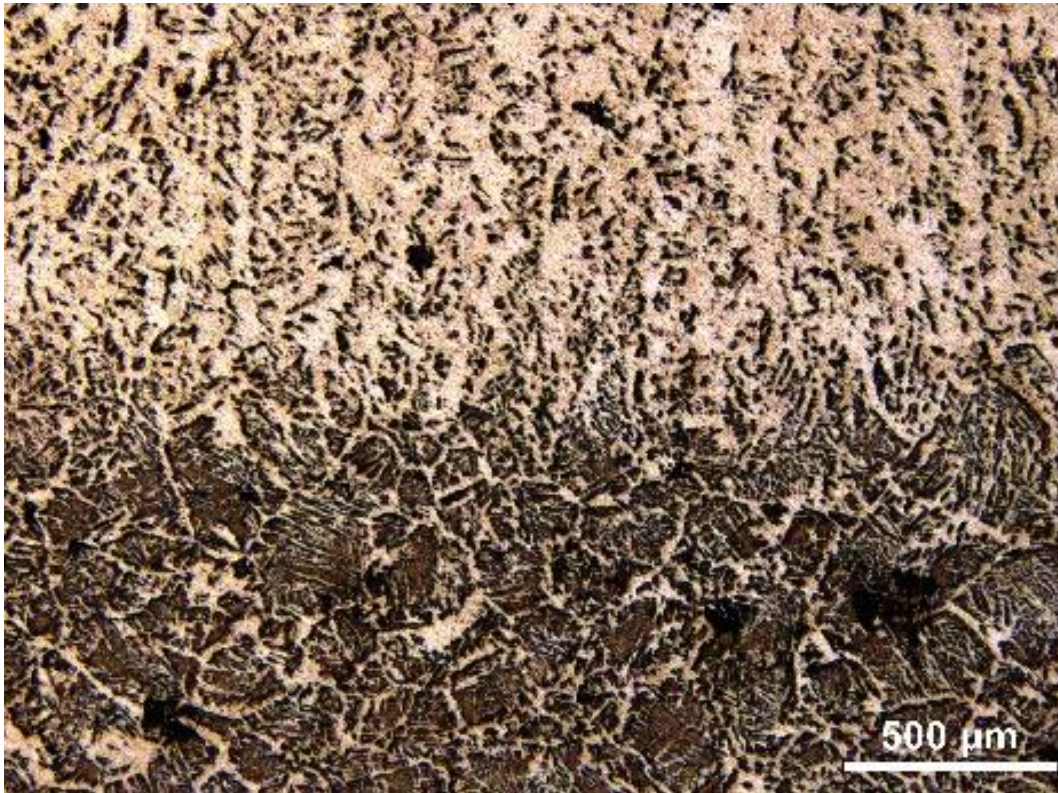
Deneysel çalışmalarda kullanılan düşük alaşımlı çelik malzemeye (S235JR) ait mikro yapı görüntüsü aşağıda Resim 5.1 'de verilmiştir. Kullanılan çelik malzemenin mikroyapısı incelendiğinde ferrit (açık renkli taneler) ve perlit (koyu renkli taneler) fazlarından oluştuğu, tipik düşük karbonlu yapı çeliği olduğu görülmektedir.



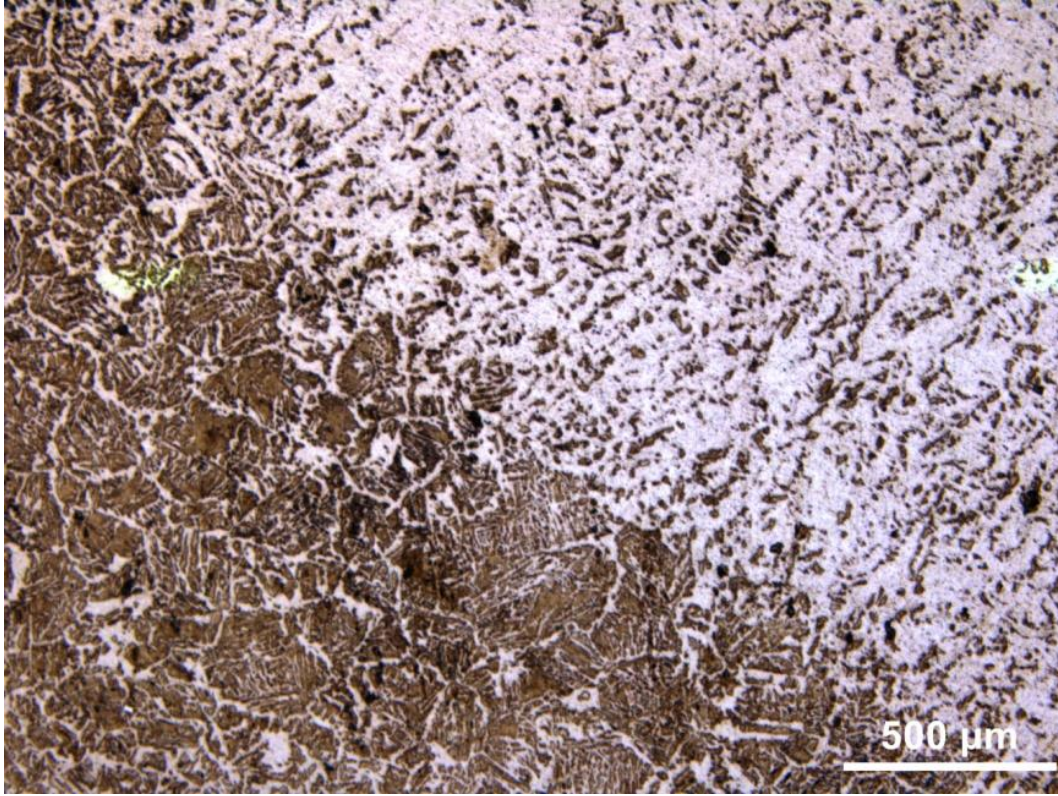
Resim 5.1. S235 JR Ana malzeme mikro görüntüsü X50 büyütme



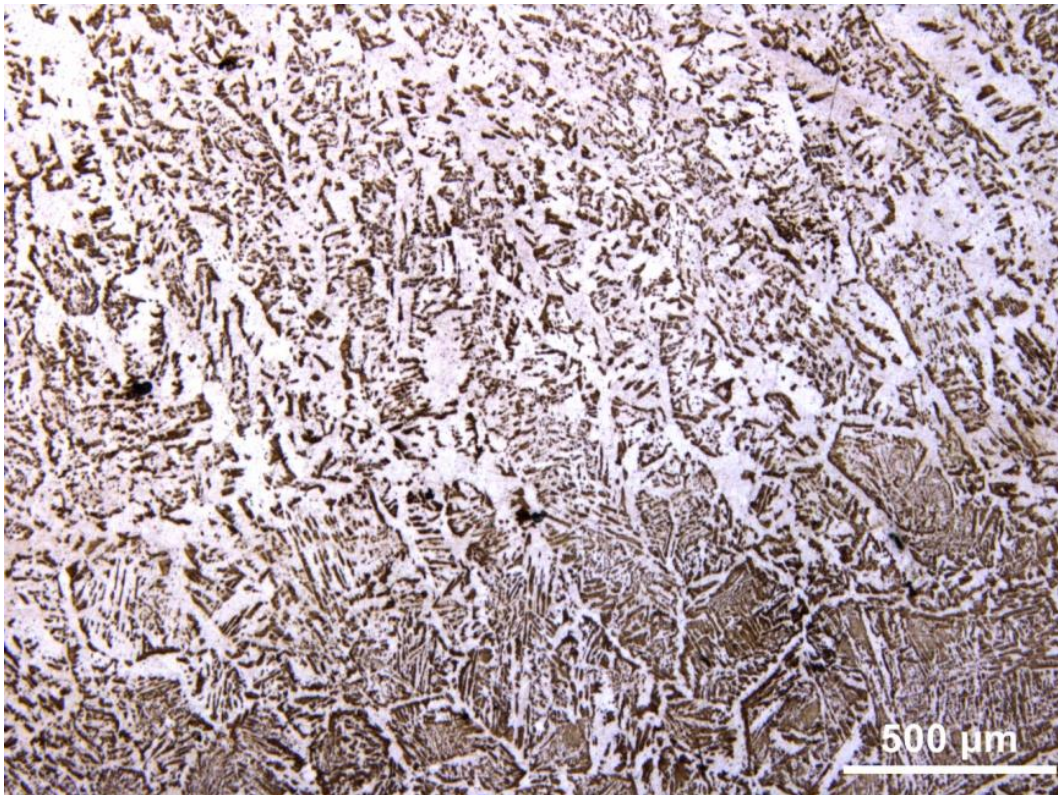
Resim 5.2. N1 Mikroyapı görüntüsü sağ kaynak bölgesi X50 büyütme



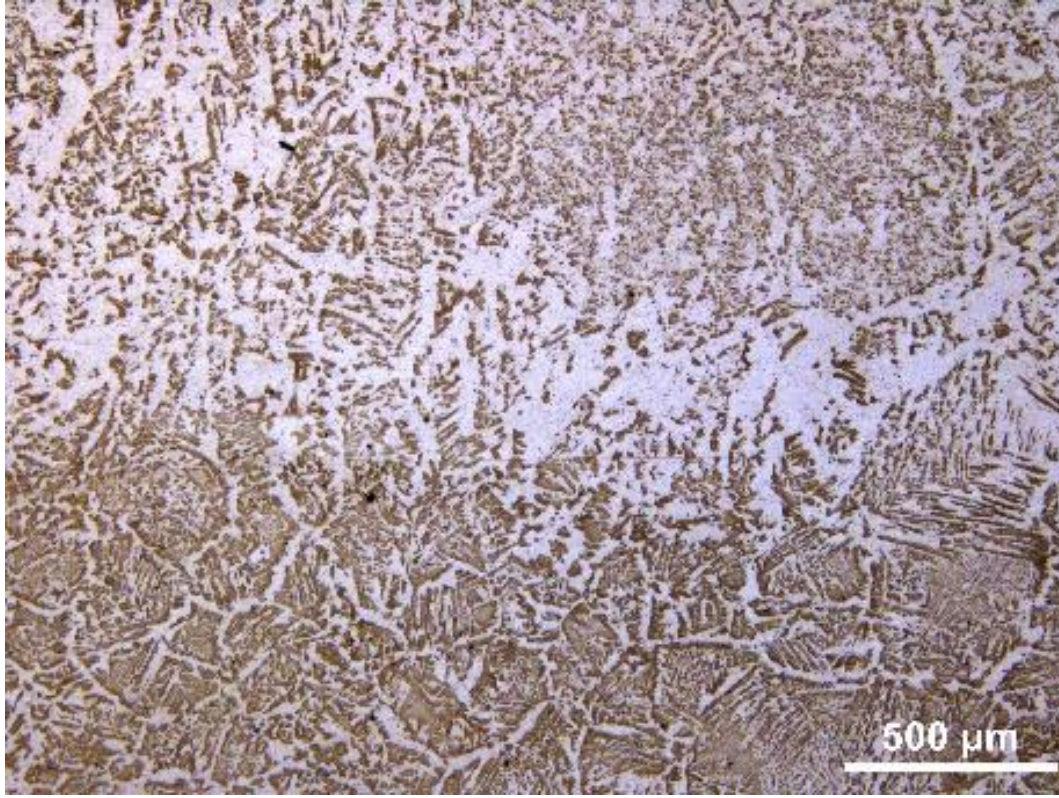
Resim 5.3. N1 Mikroyapı görüntüsü merkez kaynak bölgesi X50 büyütme



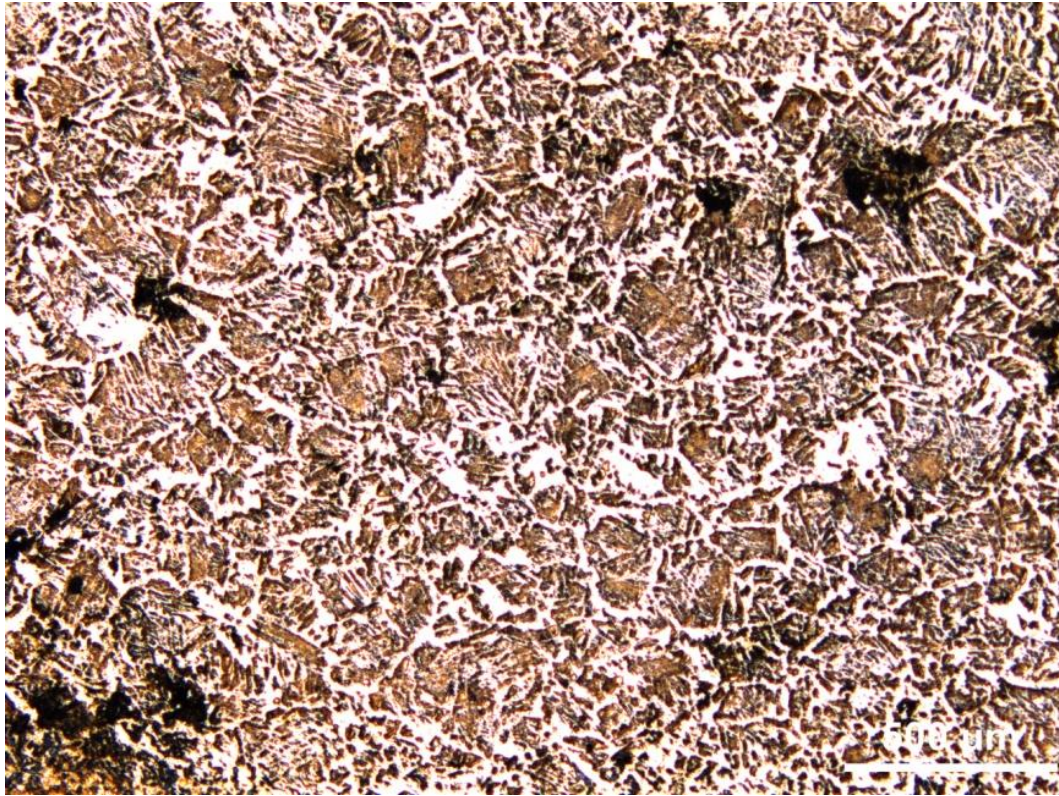
Resim 5.4. N1 Mikroyapı görüntüsü sol kaynak bölgesi X50 büyütme



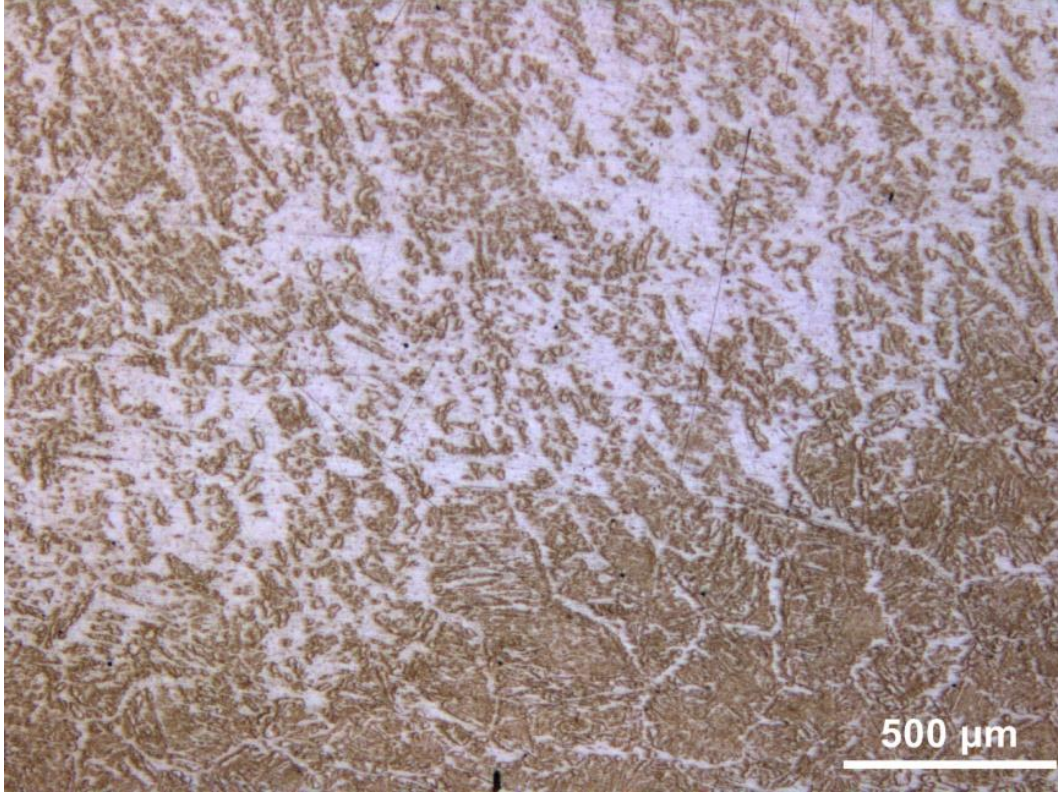
Resim 5.5. N2 Mikroyapı görüntüsü sağ kaynak bölgesi X50 büyütme



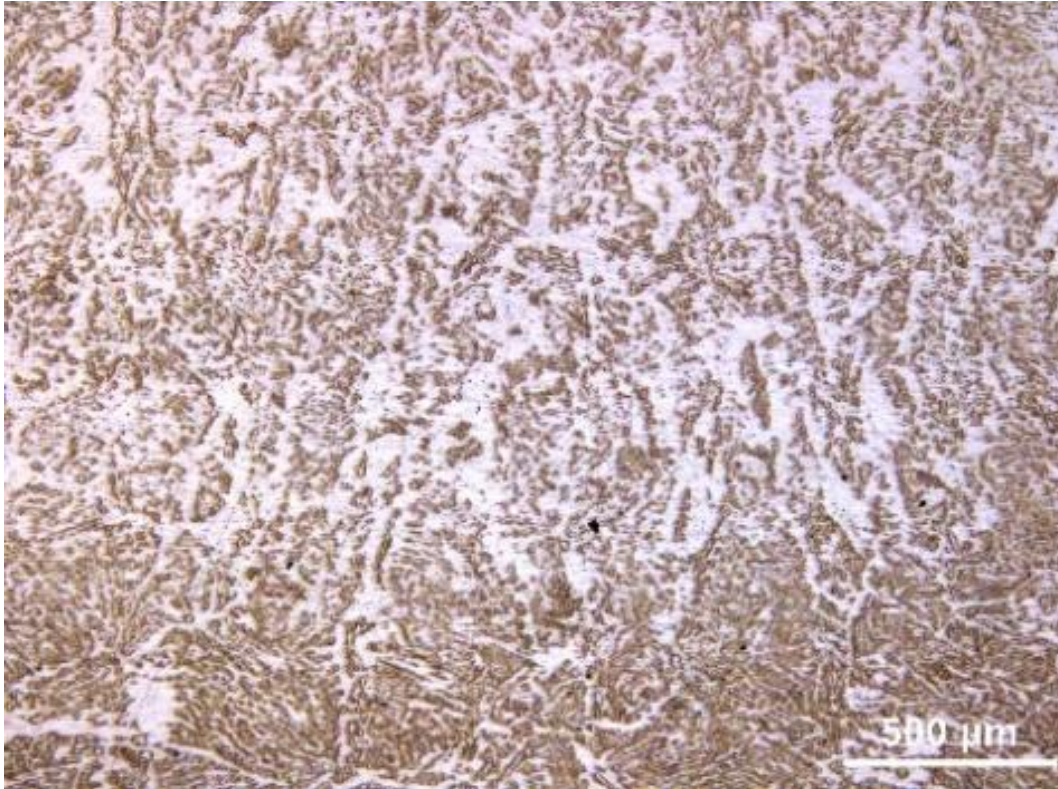
Resim 5.6. N2 Mikroyapı görüntüsü merkez kaynak bölgesi X50 büyütme



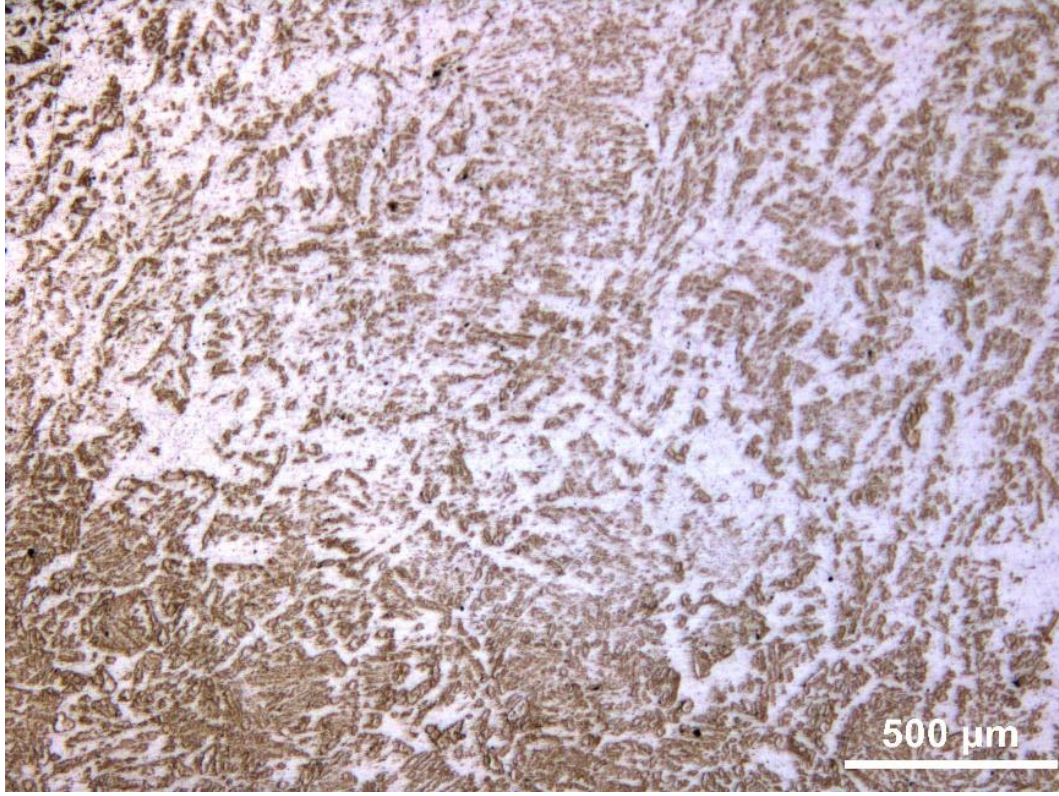
Resim 5.7. N2 Mikroyapı görüntüsü ITAB ısıdan etkilenen bölge X50 büyütme



Resim 5.8. N3 Mikroyapı görüntüsü sağ kaynak bölgesi X50 büyütme



Resim 5.9. N3 Mikroyapı görüntüsü merkez kaynak bölgesi X50 büyütme



Resim 5.10. N3 Mikroyapı görüntüsü sol kaynak bölgesi X50 büyütme

Mikroyapı görüntüleri genel olarak değerlendirildiğinde, kaynak metali geçiş bölgelerinde ve kaynak metali merkezi görüntülerinde herhangi bir gözenek veya istenmeyen yabancı madde oluşumu görülmemektedir. Tamamen sepiyolitten oluşan ve yarı yarıya sepiyolit katkılı olarak kullanılan kaynak tozlarıyla yapılan kaynağın normal bir kaynak profiline sahip oldukları gözlemlenmektedir. Herhangi bir olumsuzluğun tespit edilmemesi ve kaynak metallerinin bir olumsuzluk içermemesi kaynak metalinin korunmasının sağlıklı bir şekilde gerçekleştiğini göstermektedir.

Tozaltı ark kaynağında en önemli parametrelerden biri olan koruyucu kaynak tozunun değişik varyasyonlarının mikroyapı üzerine etkileri gözlemlenmiştir. Sepiyolit içerikli kil mineralinden oluşan koruyucu kaynak tozuyla yapılan deney numunesi (N1) olarak belirtilmiştir. N1 numunesi için kaynak bölgesinin mikroyapı analizleri incelendiğinde (Resim 5.2, Resim 5.3 ve Resim 5.4) belirgin bir ergime çizgisi gözlemlenmektedir. Ana metalden başlayarak kaynak metalinin merkezine doğru sütünsal olarak uzayan taneler mevcuttur. Kaynak işlemi yapıldıktan sonra ITAB bölgesinin mikroyapısı incelendiğinde ana malzemeye göre belirgin bir tane irileşmesi gözlemlenmiştir. Bu kaynak bölgesi

mikroyapı incelemelerinde beklediğimiz bir olaydır. Ancak tane büyüklüğüne bakıldığında ticari olarak kullanılan kaynak tozuyla yapılan kaynak işleminde diğerlerine göre daha ince taneler gözlemlenmiştir. Her üç deneyde de ısı girdisinin yaklaşık olarak aynı olduğu düşünülürse ticari kaynak tozu kullanılan kaynak işleminde kaynak bölgesi ve ITAB bölgesi daha hızlı soğumuştur. Bunun temel sebebi ticari kaynak tozunun termal izolasyonunun daha düşük olmasıdır. Tamamen sepiyolit içeren kil minerali ve yarı yarıya karışımla yapılan deneylerde kaynak işlemi sonrasında daha yavaş bir soğumayla ITAB bölgesinde nispeten daha iri taneler elde edilmiştir. Bunun sonuçlarını en iyi şekilde sertlik analizlerinde görebilmek mümkündür. Tamamen sepiyolit içeren kil mineraliyle koruma sağlanan kaynak işlemindeki numunenin (N1) ve yarı yarıya karışım ile koruma sağlanan kaynak işlemindeki numunenin (N2) ITAB bölgelerindeki sertlik değerlerinin, ticari koruyucu tozla kaynak yapılan (N3) numunenin ITAB bölgesi sertlik değerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Bilindiği gibi taneler küçüldükçe mukavemeti daha yüksek malzemeler elde edilir. Ancak malzemeler sertleştikçe kırılabilirlikleri de bir o kadar artar. Özellikle kaynaklı birleştirmelerde bu olay ciddi problemlere sebep olabileceğinden ITAB bölgesinin sertliğinin çok fazla artması istenmez. Sepiyolit içerikli kil mineralinin sağladığı izolasyon sayesinde elde ettiğimiz yavaş soğuma daha tok bir ITAB bölgesi elde etmemizi sağlamıştır.

Daha sonra mikro yapı incelemesinde kullanılan numuneler sertlik ölçme işlemine tabi tutulmuştur. Sertlik ölçümleri Vickers sertlik ölçme metodu ile Mikro sertlik olacak şekilde 500 gr yük kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sertlik ölçümleri QnessVickers mikro sertlik ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Bu deneyde elde edilen sonuçlar sonuçlar Çizelge 5.1’de verilmiştir.



Resim 5.11. QnessVickers mikro sertlik ölçüm cihazı

Çizelge 5.1. Kaynak işlemi sonrası mikrosertlik ölçüm sonuçları (HV_{0,5})

Numune İsimleri	Ana Malzeme	ITAB	Kaynak Metali
N1	210	200	215
N2	210	200	218
N3	210	205	222

Bilindiği üzere kaynak metalleriindeki karbon oranı çok düşüktür. Yeterli mukavemetin sağlanabilmesi için alaşım elementi olarak mangan kullanılmaktadır. Tozaltı kaynak yöntemlerinde gerekli olan mangan kaynağı birincil olarak kaynak telidir. İkincil mangan kaynağı ise kullanılan kaynak tozudur. Deneylerde kullandığımız sepiyolit manganca fakir bir kil olduğu için kullanılan sepiyolit oranına göre değerlendirildiğinde kaynak metali

mukavemetinde bir miktar düşme gözlemlenmiştir. Ancak elde edilen sonuçlar bu durumun kil mineraline bir miktar mangan ilavesiyle kolayca ortadan kalkacağını göstermektedir. Yapılan tüm bu çalışmalar göstermiştir ki kimyasal kompozisyonlarının uygun olması halinde sepiyit içerikli kil mineralleri tozaltı ark kaynağında koruyucu kaynak tozu olarak kullanılabilirler.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Sepiyolit katkılı koruyucu kaynak tozu kullanılarak tozaltı ark kaynağı yöntemi ile kaynaklanan malzemelerin kaynak bölgelerinin incelenmesiyle elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde verilebilmektedir.

- Sepiyolit içeren kil minerali saf olarak veya yarı yarıya karıştırılarak hazırlanan kompozisyonda tozaltı ark kaynağı için koruyucu toz olarak kullanılabilir. Ancak kaynak görüntüsü ve geometrisinin daha da iyileştirilebilmesi için sepiyolit numunemizde bulunmayan CaF_2 mineralinin bir miktar ilave edilmesi daha iyi olacaktır. Bu problem sadece saf sepiyolit kullanıldığında görülmüştür, % 50 sepiyolit içeriği bulunan tozda böyle bir gereksinim bulunmamaktadır.
- Sepiyolit içeren kil mineralinin kullanıldığı koruyucu kaynak tozu ile kaynaklanan malzemelerin kaynak metalinin görüntüsü tane yapısı ve geçiş bölgesi açısından, ticari olarak kullanılan kaynak tozu ile yapılmış tozaltı ark kaynağı ile elde edilen kaynak metalleri ile benzerlik sergilemektedir.
- Koruyucu kaynak tozu olarak sepiyolit minerali içeren kaynak tozu ile elde edilen kaynak işleminde kaynak metal ve bölgesi sağlıklı bir şekilde korumakta olup kaynak bölgesinde herhangi bir gözenek veya istenmeyen yabancı madde içermemektedir.
- Sepiyolit içeren kil mineralinin kullanıldığı kaynak tozları ile yapılan kaynak işlemlerinde kaynak bölgelerinin sertlik değerleri tipik bir kaynaklı bölge sertlik dağılımı sergilemekte olup kaynak metal sertlik değerleri soğuma şartlarına bağlı olarak ana malzemenin sertlik değerlerinden yüksek değerde bulunmuştur.

Yapılan çalışmalar sonucunda sepiyolit içerikli kil mineralinin uygun cevher hazırlama yöntemleriyle kaynak bölgesini korumada başarılı olacağı görülmektedir. Sepiyolit mineralinin içermediği ama kaynak tozu olarak gereken alaşım elementlerinin ilavesiyle ülkemizde bulunan bu doğal kaynağın endüstriye kazandırılması ve ekonomik bir gelir elde edilmesi mümkündür.

KAYNAKLAR

- Alvarez, A. and Perez Castell, R. (1982, April). *Sepiolite in the field of animal nutrition*. 5th International Congress of Industrial Minerals, Madrid.
- Anık, S. (1991). *Kaynak Tekniği*. (Beşinci Baskı). İstanbul: Birsen Kitabevi, 63, 67.
- Anık, S. ve Vural, M. (1993). *1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El Kitabı*. İstanbul: Birsen Yayın Evi, 98.
- Balkır, U. (1990). Tozaltı Ark Kaynağı. *AS Kaynak Teknolojisi Dergisi*, 4(9), 2-11.
- Bowditch, W. A. (2009). *Welding Technology Fundamentals*. New York: Willcox Publication, 232-233.
- Can, G. (1992). Dünya’da ve Türkiye’de Sepiyolitik Kil. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 6(45), 32, 66.
- Carry, H. B. (1998). *Modern Welding Technology*. New York: Prentice Hall, 77-78.
- Devlet Planlama Teşkilatı. (1996). *Lületaşı, Tabakalı sepiyolit, Atapulgit (poligorskit) Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu*. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı, 321,324.
- Dunner, M. and Samardzic, I. (2005, September). *Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*. Monitoring of Main Welding Parameters at Welding Process, Antalya.
- Funete, E., Jarabo, R., Moral, A. and Negro, C. (2008, June). *Effect of Sepiolite on The Behaviour of Fibre Cement Suspension In The Manufacture of Fibre Reinforced Cement*. 11 th International Inorganic-Bonded Fiber Composites Conference, Madrid.
- Galan, E. (1996). Properties and Applications of Palygorskite-Sepiolite Clays. *Clay Minerals*, 31, 443-453.
- Heintze, G. and Pherson, R. (1986). Solidification Control of Submerged Arc Welds in Steels. *Welding Journal*, 5(4), 140-151.
- Houldcroft, P. T. (1968). *Welding Processes*. Cambridge: Cambridge University Press, 46.
- Houldcroft, P. T. (1990). *Submerged Arc Welding*. Cambridge: Woodhead Publishing, 171,177.
- İnel, O. (1985). *Katalizör yatağı olarak kullanılan bazı gözenekli maddeler*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları, 27.
- İrkeç, A. T. (1996). *Türk Sepiyolit Kaynaklarının Genel Jeolojik Oluşumu ve Karakteri*. Ankara: Bilge Yayınevi, 96.
- Jones, B. and Galan, E. (1988). *Hydrous Phyllosilicates(Exclusive of Micas) Sepiolite and Polygarските*. New York: Reviews in Mineralogy S. W. Baliey, 163-167.
- Kahraman, N. ve Gülenç, B. (2016). *Modern Kaynak Teknolojisi*. Ankara: Epamat Yayınevi, 29-32.
- Kara, M., Sabah, E., Yüzer, H. ve Çelik, M. (1998, July). *Sepiolite as an Adsorbent for Elimination of Mine Wastes*. Proceedings of the 5th International Symposium on

- Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production, Ankara.
- Kou, S. (2003). *Welding Metallurgy*. London: Wiley-Interscience Publication, 116.
- Kurt, A. G. (1999, Mart). *Ergitmeli Kaynak Yöntemlerinde ITAB'ın İncelenmesi*. 2. Ulusal Toz Metalurjisi, Ankara.
- Lancaster, J. F. (1999). *Metallurgy of Welding*. Cambridge: Elsevier, 255-256.
- Mart, U. (2002). *Sepiyolit'in Reolojik Özelliklerinin İnorganik Elektrolitler Varlığında İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- O'Driscoll, M. (1992). European Cat Litter. *Journal of Industrial Minerals*, 3(2), 45-55.
- Oğuz, B. (2018). Tozaltı Kaynak Yöntemi. *Oerlikon Kaynak Teknolojisi Dergisi*, 8(2), 163-164.
- Philips, A. L. (1963). *Submerged Arc Welding*. New York: American Welding Society Publishing, 53.
- Sabah, E. ve Çelik, M. (1999, Mayıs). *Sepiyolit : Özellikleri ve Kullanım Alanları*. 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir.
- Sarız, K. ve Nuhoglu, L. (1992). *Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciliği*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları, 38, 75.
- Serna, C. and Van Scoyoc, G. (1978). *Infrared Study of Sepiolite and Palygorskite Surfaces*. Oxford: Elsevier, 123-124.
- Serratos, J. (1978, July). *Surface Properties of Vibrant Clay Minerals (Palygorskite and Sepiolite)*. International Clay Conference, Oxford.
- Tülbentçi, K. ve Anık, S. (1998). *Tozaltı Kaynak Tekniği*. İstanbul: Gedik Yayınları, 69-75.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı,Adı :ŞAHBAZ, Ömer
 Uyruğu :T.C.
 Doğum tarihi ve yeri :23.12.1982, Ankara
 Medeni hali :Evli
 Telefon :0(532)7324202
 e-mail :omersahbaz@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi/Metalürji Ve Malzeme Müh.	Devam ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi/Metalürji Ve Malzeme Müh.	2015
Lise	Ankara Kimya Teknik Lisesi	1999

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2008-Halen	M.T.A. Genel Müdürlüğü	Metalürji ve Malzeme Mühendisliği

YabancıDil

İngilizce

Yayınlar

ŞAHBAZ, Ö. (2019, Haziran). *Sepiyolitin tozaltı ark kaynağında koruyucu toz olarak kullanılabilirliğinin araştırılması*. The International Conference on Materials Science, Mechanical and Automotive Engineerings and Technology in Cappadocia / Türkiye, 807-810.

Hobiler

Yüzme, Gezi



GAZİ GELECEKTİR..