

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANSI/AWS A5.1-91 E6013 RUTİL ELEKTRODLARDA SiO₂ İÇEREN FARKLI
HAMMADDELERİN ÖRTÜ ÖZELLİKLERİNE VE UYGULAMA
PERFORMANSINA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüseyin Sadri İÇER

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Seramik Mühendisliği Programı

OCAK 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANSI/AWS A5.1-91 E6013 RUTİL ELEKTRODLARDA SiO₂ İÇEREN FARKLI
HAMMADDELERİN ÖRTÜ ÖZELLİKLERİNE VE UYGULAMA
PERFORMANSINA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hüseyin Sadri İÇER
(506111303)**

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Seramik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Burak Özkal

OCAK 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506111303 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Hüseyin Sadri İçer**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ANSI/AWS A5.1-91 E6013 RUTİL ELEKTRODLARDA SiO₂ İÇEREN FARKLI HAMMADDELERİN ÖRTÜ ÖZELLİKLERİNE VE UYGULAMA PERFORMANSINA ETKİSİ** ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Burak ÖZKAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. M.Lütfi ÖVEÇOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd.Doç.Dr. Selim YILDIRIM
İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi : **16 Aralık 2013**
Savunma Tarihi : **22 Ocak 2014**

Değerli Aileme,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca benden yardımını esirgemeyen, bilgi ve tecrübesiyle bana yol göstererek tezimi tamamlamamı sağlayan değerli hocam Doç. Dr. Burak ÖZKAL 'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince sağladığı her türlü laboratuvar imkanı için değerli hocam Prof.Dr. M. Lütfi ÖVEÇOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımı destekleyen ve çalışmalarımda bana gerekli tüm imkanları sağlayan ASKAYNAK ailesine, başta Teknik Müdür Sayın Erkan YEĞEN ve Genel Müdür Sayın Ahmet SEVÜK olmak üzere, değerli bilgilerini benimle paylaşan ve yardımlarını esirgemeyen kalite departmanı çalışanlarından Tolga TUNÇAY, Can Poyraz SAĞ ve Semih OTMAN'a, Askaynak laboratuvarından Sayın Zehra IŞIKLI ve Sayın Ela BİLGİNOĞLU'na, tecrübesi ile laboratuvar çalışmalarımda yanımda olan değerli abim CEM SÖZER'e ve yine laboratuvar çalışmalarımda yardımını esirgemeyen değerli çalışma arkadaşım Müjdat TOPRAK'a, bana kıymetli zamanını ayırarak tüm denemelerimin kaynak kontrollerini gerçekleştirmemi sağlayan Erkan KÖSTEK'e teşekkürlerimi sunarım.

ISTKA BİL28 Projesi kapsamında sağlanan ekipman desteği ve eş zamanlı verilen eğitim faaliyetleri ile çalışmalarına destek olan İstanbul Kalkınma Ajansı'na teşekkürlerimi sunarım.

Yaptığım laboratuvar çalışmalarımda benden yardımlarını esirgemeyen Araş.Gör.Ahmet Umut SÖYLER'e ve Dr.Müh. Hasan GÖKÇE'ye değerli arkadaşlarım Araş.Gör.Emre TEKOĞLU, Müh.Özgür YURTSEVER, Yük. Müh. Şeyma DUMAN, Araş.Gör. Sultan SÖNMEZ, Yük. Müh. Ceren İMER ve Yük. Müh.Hadi JAHANGRI 'a tezimde yapmam gereken düzenlemeler konusunda yaptığı yardımlarından dolayı Araş. Gör. Levent KARTAL'a teşekkür ederim.

Hayatımın her anında ve her alanda olduğu gibi eğitim hayatımda da beni hep destekleyen, babam İsmail Hakkı İÇER ve annem Muazzez İÇER'e teşekkür ederim.

Aralık 2013

Hüseyin Sadri İÇER
Seramik Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
1.1 Literatür Araştırması	2
2. ELEKTRİK ARK KAYNAĞI VE KAYNAK ELEKTRODLARI	3
2.1 Elektrik Ark Kaynağı	3
2.1.1 Kaynak Arkı.....	3
2.1.2 Arkın elektrik rejimi	6
2.1.2.1 Arkın karakteristiği	7
2.1.2.2 Doğru akım arkının kararlılığı	8
2.1.2.3 Alternatif akım arkının kararlılığı	9
2.1.3 Metal arkının çalışması	11
2.2 Kaynak Elektrodları	11
2.2.1 Yalnızca arkı oluşturmak için kullanılan elektrodlar.....	11
2.2.1.1 Karbon elektrodlar	12
2.2.1.2 Tungsten elektrodlar	13
2.2.2 Çıplak elektrodlar.....	14
2.2.3 Özlü elektrodlar	14
2.2.4 Örtülü elektrodlar.....	14
2.2.4.1 Elektrod örtüsünün sağladığı faydalar	15
2.2.4.2 Elektrod örtüsü bileşenlerinin gruplara ayrılarak incelenmesi	16
2.2.4.3 Kaynak elektrodlarının örtü türüne göre sınıflandırılması.....	18
3. RUTİL ÖRTÜ BİLEŞENLERİ VE ETKİLERİ.....	31
3.1 Rutil.....	34
3.2 İlmenit	34
3.3 Dolomit	35
3.4 Kalsit	35
3.5 Selüloz,CMC.....	36
3.6 Florit.....	36
3.7 Kuvars	37
3.8 Kaolen	38
3.9 Feldspat	38
3.10 Mika	40
3.11 Vollastonit.....	43
3.12 Bentonit	43

3.13 Talk.....	44
4. ÖRTÜLÜ ELEKTRODUN ÜRETİMİ	47
4.1 Elektrodun Çekirdek Telleri.....	47
4.2 Örtü Kalınlığı	48
4.3 Elektrod Standartları	48
5. DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN CİHAZLAR VE YÖNTEMLER.....	51
5.1 Deneyler İçin Tasarlanan ve Kullanılan Düzenekler	51
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	59
6.1 Deneylerin Yapılışı	59
6.2 Deneme Serileri.....	61
6.2.1 A serisi hazırlanışı üretim koşulları ve preslenme davranışları	61
6.2.2 B serisi hazırlanışı üretim koşulları ve preslenme davranışları	69
6.2.3 C serisi hazırlanışı üretim koşulları ve preslenme davranışları	75
6.2.4 D serisi hazırlanışı üretim koşulları ve preslenme davranışları	83
6.2.5 E serisi hazırlanışı üretim koşulları ve preslenme davranışları.....	90
6.2.6 F serisi hazırlanışı üretim koşulları ve preslenme davranışları.....	96
6.3 Elektrod Örtüsü ve Kaynak Sonrası Curuflarının Yoğunluk Ölçümleri	101
6.4 Partikül Boyut ve Boyut Dağılımı Ölçümleri	102
6.5 Mikroyapı Gözlemleri	105
7. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER	113
KAYNAKLAR	115
EKLER.....	117
ÖZGEÇMİŞ.....	123

KISALTMALAR

AC	: Alternatif Akım
Al₂O₃	: Alüminyum Oksit
CaO	: Kalsiyum Oksit
DC	: Doğru Akım
K₂O	: Potasyum Oksit
MgO	: Magnezyum Oksit
Na₂O	: Sodyum Oksit
PA	: Düz Pozisyonda Kaynak Pozisyonu
PB	: İç Köşe Kaynak Pozisyonu
PF	: Aşağıdan Yukarıya Kaynak Pozisyonu
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
SiO₂	: Silisyum Dioksit
XRD	: X-Işını Difraktometresi
XRF	: X-Işını Floresans Spektrometresi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	: Optik pirometre ile ölçülen arkın anodik krater ve katodik lekesindeki sıcaklıklar (Engel ve Stenböck'e göre).....	6
Çizelge 2.2	: Karbon elektrodla uygulanan akım şiddetleri	12
Çizelge 2.3	: Tungsten elektrodla uygulanan akım şiddetleri	13
Çizelge 2.4	: Bazı tür örtülü elektrodların örtü bileşenleri	16
Çizelge 2.5	: Örtüye katılan alaşım elementlerinin alaşımlandırma verimleri	17
Çizelge 2.6	: Örtülü Elektrodların Karakteristik Özellikleri	22
Çizelge 3.1	: Rutil elektrod örtüsünü oluşturan hammaddeler ve etkileri	32
Çizelge 3.2	: Plajiyoklasların Oluşturduğu İzomorf Seri	39
Çizelge 3.3	: Bazı Saf Feldspat Minerallerinin Kimyasal Bileşimi.....	40
Çizelge 3.4	: Bentonitin kullanım oranları	44
Çizelge 6.1	: Örtülü Elektrod Hazırlama ve Kaynak Şeması	60
Çizelge 6.2	: Üretim ve kaynak performansı sonrası karakterizasyon şeması	60
Çizelge 6.3	: A serisi denemelerinin yaş, kuru karışım süreleri ve pres basınçları .	61
Çizelge 6.4	: A serisi denemelerinin fiziksel özellikleri.....	62
Çizelge 6.5	: A1, A2, A3 ve A4 kodlu denemelerin AC performansları.....	68
Çizelge 6.6	: B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₄ ve B ₅ kodlu denemelerin kuru ve yaş karışım süreleri ve pres basınçları.....	69
Çizelge 6.7	: B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₄ ve B ₅ kodlu denemelerin fiziksel özellikleri	70
Çizelge 6.8	: Alternatif akımda B ₂ , B ₃ , B ₄ , B ₅ kodlu denemelerin ark kesikliği ve yeniden tutuşma kontrolleri	74
Çizelge 6.9	: C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ ve C ₅ kodlu denemelerin yaş, kuru karışım süreleri ile pres basınçları	75
Çizelge 6.10	: C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ ve C ₅ kodlu denemelerin fiziksel özellikleri	75
Çizelge 6.11	: C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ ve C ₅ kodlu denemelerin ark kesikliği ve yeniden tutuşma kontrolleri.....	82
Çizelge 6.12	: D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ ve D ₅ kodlu denemelerin kuru ve yaş karışım süreleri ile pres basınçları	83
Çizelge 6.13	: D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ ve D ₅ kodlu denemelerin fiziksel özellikleri	83
Çizelge 6.14	: D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ ve D ₅ kodlu denemelerin ark kesikliği ve yeniden tutuşma kontrolleri.....	90
Çizelge 6.15	: E ₁ ve E ₂ kodlu denemelerin kuru ve yaş karışım süreleri ile pres basınçları gösterimi	91
Çizelge 6.16	: E ₁ ve E ₂ kodlu denemelerin fiziksel özellikleri.....	91
Çizelge 6.17	: E ₁ ve E ₂ kodlu denemelerin ark kesikliği ve yeniden tutuşma kontrolleri	96
Çizelge 6.18	: F ₁ ve F ₂ kodlu denemelerin kuru ve yaş karışım süreleri ile pres basınçları gösterimi	96
Çizelge 6.19	: F ₁ ve F ₂ kodlu denemelerin fiziksel özellikleri	96

Çizelge 6.20: F_1 ve F_2 kodlu denemelerin ark kesikliği ve yeniden tutuşma kontrolleri	101
Çizelge 6.21: Kaynak sırası curufların Arşimed yoğunlukları	101
Çizelge 6.22: Elektrod örtü ve curufları piknometre yoğunluğu ölçümleri.....	102

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Örtülü Kaynak Elektrodları.....	2
Şekil 2.1 : (a) Kaynak devresi açık, (b) kapalı, (c) kaynak devresinde ark oluşumu.	4
Şekil 2.2 : İki karbon elektrod arasında oluşturulan arkın görünüşü	5
Şekil 2.3 : Bir arkın şematik gösterimi.	5
Şekil 2.4 : Bir karbon arkı görünüşü.....	6
Şekil 2.5 : Metalsel arkın elektrik rejimi.	7
Şekil 2.6 : Arkın karakteristiği.....	7
Şekil 2.7 : Devresine bir R direnci ilave edilmiş arkın karakteristiği.....	8
Şekil 2.8 : Alternatif besleme akımının sinüsoid eğrisi.....	10
Şekil 2.9 : Ark akımının seri bağlanmış bir direnç ile değişmesi.....	10
Şekil 2.10: Ark akımının bir self ile değişmesi.	10
Şekil 2.11: Elektrod örtüsünün damla geçişi üzerine etkisi.....	15
Şekil 4.1 : TS 563' e göre örnek işaretleme.....	50
Şekil 5.1 : Ekstrüzyon işlemi gösterimi.....	52
Şekil 5.2 : Eksantrisite Ölçüm Cihazı.....	52
Şekil 5.3 : Eksantrik (sağda) ve normal ürün.	53
Şekil 5.4 : CMT marka TI-100 model vibrasyonlu toz öğütücü.....	53
Şekil 5.5 : Maekava marka M-30 model el presi.....	54
Şekil 5.6 : Rigaku marka RIX 2000 model XRF cihazı.	54
Şekil 5.7 : Micropmetrics TM AccuPyc II 1340 modeli gaz piknometresi.....	55
Şekil 5.8 : Precisa TM XB220A hassas terazi ve aparatları.	56
Şekil 5.9 : Malvern Instruments TM Lazer partikül boyut ölçüm cihazı.	56
Şekil 5.10 : Bruker TM X Işınları difraktometresi.	56
Şekil 5.11 : JEOL marka JSM 6000 model taramalı elektron mikroskobu (SEM). ..	57
Şekil 5.12 : Kaynak Kontrol Ünitesi.	57
Şekil 5.13: Lincoln Electric marka Ideal Arc R3R 500-I model kaynak makinası .	58
Şekil 5.14: AC tip Kaynak Makinası çalışma prensibi (şematik).....	58
Şekil 5.15: St 37 çelik iş parçaları görünümleri.	58
Şekil 6.1 : (a) Referans ve A1 Curuf Kaplı Kaynak Dikişi Görünüşü (b) Referans ve A1 Dikiş Görünüşü.	62
Şekil 6.2 : (a) Referans ile A1 ve A2 curuf kaplı kaynak metali görünüşü (b) Referans ile A1 ve A2 kodlu numunelerin kaynak dikişi görünüşleri	63
Şekil 6.3 : (a) Referans ve A ₁ , A ₂ ve A ₃ curuf görünüşü (b) Referans ve A ₁ , A ₂ ve A ₃ dikiş görünüşü.....	63
Şekil 6.4 : (a) Referans ve A serisinin curuf kaplı kaynak metali görünüşü (b) Referans ve A serisinin dikiş görünüşü.....	64
Şekil 6.5 : Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) A ₁ , A ₂ , A ₃ ve A ₄ kodlu numunelerin referansa göre uygulama performansları.....	64
Şekil 6.6 : Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) A ₁ , A ₂ , A ₃ ve A ₄ kodlu numunelerin referansa göre uygulama toplam performansları.....	65

Şekil 6.7 : İç köşe kaynak pozisyonunda (PB) A ₁ , A ₂ , A ₃ ve A ₄ kodlu numunelerin curuf ve kaynak dikişi görünümleri .	66
Şekil 6.8 : İç köşe kaynak pozisyonunda (PB) A ₁ ,A ₂ ,A ₃ ve A ₄ kodlu numunelerin referansa göre uygulama performansları.....	66
Şekil 6.9 : İç köşe kaynak pozisyonunda (PB) A ₁ ,A ₂ , A ₃ ve A ₄ kodlu numunelerin referansa göre uygulama toplam performansları.....	67
Şekil 6.10: Aşağıdan yukarıya (PF) pozisyonunda referans, A ₁ , A ₂ , A ₃ ve A ₄ kodlu numunelerin kaynak dikişi görünümleri.	67
Şekil 6.11: Aşağıdan yukarıya pozisyonunda (PF) A ₁ , A ₂ , A ₃ ve A ₄ kodlu numunelerin referansa göre uygulama performansları.....	68
Şekil 6.12: Aşağıdan yukarıya pozisyonunda (PF) A ₁ ,A ₂ ,A ₃ ve A ₄ kodlu numunelerin referansa göre uygulama toplam performansları.....	68
Şekil 6.13: (a) Deneme elektrodlarının gösterimi, (b) Referans ile birlikte B ₂ , B ₃ , B ₄ ve B ₅ kodlu denemelerin kaynak dikişlerinin görünümü.	71
Şekil 6.14: Düz Kaynak Pozisyonunda (PA); B ₂ , B ₃ , B ₄ ve B ₅ kodlu denemelerin referansa göre uygulama performansları.....	71
Şekil 6.15: Düz Kaynak Pozisyonunda (PA); B ₂ , B ₃ , B ₄ ve B ₅ kodlu denemelerin referansa göre toplam uygulama performansları.....	71
Şekil 6.16: İç köşe pozisyonundaki (PB) referans, B ₂ , B ₃ , B ₄ ve B ₅ kodlu denemelerin curuf kalıntıları ve kaynak dikişlerinin görünümü.....	72
Şekil 6.17: İç köşe pozisyonundaki (PB) B ₂ , B ₃ , B ₄ ve B ₅ kodlu denemelerin referansa göre farklı değişkenlere bağlı uygulama performansları.....	72
Şekil 6.18: İç köşe pozisyonundaki (PB) B ₂ , B ₃ , B ₄ ve B ₅ kodlu denemelerin referansa göre toplam uygulama performansları.	73
Şekil 6.19: Aşağıdan yukarı pozisyonunda (PF) referans, B ₂ , B ₃ , B ₄ ve B ₅ kodlu denemelerin kaynak dikişlerinin görünümü.	73
Şekil 6.20: Aşağıdan yukarıya doğrultudaki pozisyonunda (PF) B ₂ , B ₃ , B ₄ ve B ₅ kodlu denemelerin referansa göre uygulama performansları.	74
Şekil 6.21: Aşağıdan yukarıya pozisyonunda (PF) B ₂ , B ₃ , B ₄ ve B ₅ kodlu denemelerin referansa göre toplam uygulama performansları.....	74
Şekil 6.22: C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ ve C ₅ denemelerinin kaynak dikişleri.....	76
Şekil 6.23: Düz kaynak pozisyonunda (PA) C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ ve C ₅ kodlu denemelerin referansa göre farklı değişkenlere bağlı uygulama performansları.....	77
Şekil 6.24: Düz kaynak pozisyonunda (PA) C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ ve C ₅ kodlu denemelerin referansa göre toplam uygulama performansları.....	77
Şekil 6.25: İç köşe pozisyonunda referans ile birlikte C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ ve C ₅ kodlu denemelerin curuf görüntüleri.....	78
Şekil 6.26: İç köşe kaynak pozisyonunda (PB) referans ile birlikte C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ ve C ₅ kodlu denemelerin kaynak dikişi görüntüleri.....	79
Şekil 6.27: İç köşe kaynak pozisyonunda (PB) C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ ve C ₅ kodlu denemelerin referansa göre uygulama performansları.....	79
Şekil 6.28: İç köşe kaynak pozisyonunda (PB) C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ ve C ₅ kodlu denemelerin referansa toplamdaki uygulama performansları.	80
Şekil 6.29: Aşağıdan yukarıya pozisyonunda (PF) referans ile birlikte C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ ve C ₅ kodlu denemelerin curuf görüntüleri.....	80
Şekil 6.30: Aşağıdan yukarıya pozisyonunda (PF) referans ile birlikte C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ ve C ₅ kodlu denemelerin kaynak dikişi görüntüleri.....	81
Şekil 6.31: Aşağıdan yukarıya pozisyonunda (PF) C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ ve C ₅ kodlu denemelerin referansa göre çeşitli parametrelerde uygulama performansları .	81

Şekil 6.32: Aşağıdan yukarıya pozisyonda (PF) C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ ve C ₅ kodlu denemelerin referansa göre toplam uygulama performansları kıyaslaması.	82
Şekil 6.33: Düz kaynakta (PA) referans ürün ile D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ , D ₅ numaralı denemelerin curuf ve kaynak dikişi görüntüleri.	85
Şekil 6.34: Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ ve D ₅ kodlu numunelerin referansa göre çeşitli değişkenlerdeki uygulama performansları.....	85
Şekil 6.35: Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ ve D ₅ kodlu numunelerin referansa göre toplam uygulama performansları.	86
Şekil 6.36: İç köşe pozisyonda (PB), referans ürün ile D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ ve D ₅ kodlu denemelerin curuf kalıntılarının ve kaynak dikişlerinin görünümü.....	87
Şekil 6.37: İç köşe pozisyonda (PB), D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ ve D ₅ kodlu denemelerin kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması.....	87
Şekil 6.38: İç köşe pozisyonda (PB), referans, D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ ve D ₅ kodlu denemelerin toplam kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması.	88
Şekil 6.39: Aşağıdan yukarı pozisyonda (PF) referans, D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ ve D ₅ kodlu denemelerin curuf görüntüleri.....	88
Şekil 6.40: Aşağıdan yukarı pozisyonda (PF) referans, D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ ve D ₅ kodlu denemelerin kaynak dikişi görüntüleri.....	89
Şekil 6.41: Aşağıdan yukarı pozisyonda (PF) D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ ve D ₅ kodlu denemelerin çeşitli parametrelere göre kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması.....	89
Şekil 6.42: Aşağıdan yukarı pozisyonda (PF) D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ ve D ₅ kodlu denemelerin referans ürüne göre toplam kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması.....	90
Şekil 6.43: Düz kaynakta (PA) referans ürün ile E ₁ ve E ₂ numaralı denemelerin kaynak dikişi görüntüleri..	92
Şekil 6.44: Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) E ₁ ve E ₂ kodlu numunelerin referansa göre uygulama performansları.	92
Şekil 6.45: Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) E ₁ ve E ₂ kodlu numunelerin referansa göre toplam performansları.	92
Şekil 6.46: İç köşe pozisyonda (PB), referans ürün ile E ₁ ve E ₂ kodlu denemelerin curuf kalıntılarının ve kaynak dikişlerinin görünümü.....	93
Şekil 6.47: İç köşe pozisyonda (PB), E ₁ ve E ₂ kodlu denemelerin çeşitli parametrelere göre kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması.....	93
Şekil 6.48: İç köşe pozisyonda (PB) E ₁ ve E ₂ kodlu numunelerin referansa göre toplam performansları.	94
Şekil 6.49: Aşağıdan yukarı pozisyonda (PF) referans, E ₁ ve E ₂ kodlu denemelerin curuf ve kaynak dikişi görüntüleri.	94
Şekil 6.50: Aşağıdan yukarı pozisyonda (PF) E ₁ ve E ₂ kodlu denemelerin çeşitli parametrelere göre kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması.....	95
Şekil 6.51: Aşağıdan yukarı pozisyonda (PF) E ₁ ve E ₂ kodlu numunelerin referansa göre toplam performansları.	95
Şekil 6.52: Düz kaynakta (PA) referans ürün ile F ₁ ve F ₂ numaralı denemelerin kaynak dikişi görüntüleri.	97
Şekil 6.53: Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) F ₁ ve F ₂ kodlu numunelerin referansa göre uygulama performansları.	97
Şekil 6.54: Düz kaynak pozisyonunda (PA) F ₁ ve F ₂ kodlu numunelerin referansa göre toplam performansları.	98

Şekil 6.55: İç köşe pozisyonunda (PB), referans ürün ile F_1 ve F_2 kodlu denemelerin curuf kalıntılarının ve kaynak dikişlerinin görünümü.....	98
Şekil 6.56: İç köşe pozisyonunda (PB), F_1 ve F_2 kodlu denemelerin çeşitli parametrelere göre kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması.	99
Şekil 6.57: İç köşe pozisyonunda (PB) F_1 ve F_2 kodlu numunelerin referansa göre toplam performanslarının gösterimi.	99
Şekil 6.58: Aşağıdan yukarı pozisyonunda (PF) F_1 ve F_2 kodlu denemelerin çeşitli parametrelere göre kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması.	100
Şekil 6.59: Aşağıdan yukarı pozisyonunda (PF) F_1 ve F_2 kodlu numunelerin referansa göre toplam performansları.	100
Şekil 6.60: K_1 partikül boyu ve partikül boyut dağılımı ölçümü.....	103
Şekil 6.61: K_2 partikül boyu ve partikül boyut dağılımı ölçümü.....	103
Şekil 6.62: K_3 partikül boyu ve partikül boyut dağılımı ölçümü.....	103
Şekil 6.63: K_4 partikül boyu ve partikül boyut dağılımı ölçümü.....	104
Şekil 6.64: K_5 partikül boyu ve partikül boyut dağılımı ölçümü.....	104
Şekil 6.65: Zirkonyum Silikat partikül boyu ve partikül boyut dağılımı ölçümü....	104
Şekil 6.66: Vollastonit partikül boyu ve partikül boyut dağılımı ölçümü.	105
Şekil 6.67: Referans numune örtüsünün 50x ve 200x büyütmedeki SEM görüntüleri.	105
Şekil 6.68: B_5 kodlu numune örtüsünün 50x ve 200x büyütmedeki SEM görüntüleri.	105
Şekil 6.69: C_5 kodlu numune örtüsünün 50x ve 200x büyütmedeki SEM görüntüleri..	106
Şekil 6.70: D_5 kodlu numune örtüsünün 50x ve 200x büyütmedeki SEM görüntüleri..	106
Şekil 6.71: F_1 kodlu numune örtüsünün 44x ve 200x büyütmedeki SEM görüntüleri	106
Şekil 6.72: Referans numune (a) ve A_3 kodlu (b) numunenin 550x büyütmede mikroyapıları.	107
Şekil 6.73: B_5 kodlu (a) ve C_5 kodlu (b) numunenin 550x büyütmede mikroyapıları.	107
Şekil 6.74: D_5 kodlu (a) ve F_1 kodlu (b) numunenin 550x büyütmede mikroyapıları.	107
Şekil 6.75: D_5 kodlu numunenin (a) 150x ve C_5 kodlu numunenin (b) 3000x büyütmedeki mikroyapı görüntüleri.....	108
Şekil 6.76: C_5 kodlu numunenin 3000x büyütmedeki mikroyapı görüntülerinde. ..	108
Şekil 6.77: C_5 kodlu numunenin 3000x büyütmedeki mikroyapı görüntülerinde 001 noktasında yapılan nokta EDS çalışması patternleri (üstte) ve elementel analiz sonuçları (altta)..	109
Şekil 6.78: C_5 kodlu numunenin 3000x büyütmedeki mikroyapı görüntülerinde 001 noktasında yapılan nokta EDS çalışması elementel analiz sonuçları.....	109
Şekil 6.79: C_5 kodlu numunenin 3000x büyütmedeki mikroyapı görüntülerinde 003 noktasında yapılan nokta EDS çalışması patternleri.	110
Şekil 6.80: C_5 kodlu numunenin 3000x büyütmedeki mikroyapı görüntülerinde 003 noktasında yapılan nokta EDS çalışması elementel analiz sonuçları.....	110
Şekil 6.81: C_5 ve Referans curuflarında görülen küre şeklindeki oluşumlar.	110
Şekil 6.82: A_3 kodlu denemenin 540X büyütmede curufunda görülen küre şeklindeki oluşum ve referans curufunda EDS alınan 001 noktası görüntüsü.	111
Şekil 6.83: EDS ünitesiyle 001 noktasında elde edilen elementel analiz pikleri ve elementel analiz verileri.....	111

Şekil 6.84: EDS ünitesiyle 002 noktasında elde edilen elementel analiz verileri.....	112
Şekil 6.85: EDS ünitesiyle 009 noktasında elde edilen analiz pikleri ve elementel analiz verileri.....	112

ANSI/AWS A5.1-91 E6013 RUTİL ELEKTRODLARDA SiO₂ İÇEREN FARKLI HAMMADDELERİN ÖRTÜ ÖZELLİKLERİNE VE UYGULAMA PERFORMANSINA ETKİSİ.

ÖZET

Geçmişten günümüze, gelişen teknoloji ile birlikte parçaları birleştirmek farklı formlar oluşturmak ihtiyacı doğmuş ve çeşitli birleştirme yöntemleri ortaya çıkmıştır. Endüstriyel parçaların birleştirilmesi için en çok kullanılan birleştirme yöntemi olarak karşımıza kaynak çıkmaktadır. Daha ilkel yöntemleri, ilk olarak uygulanan demirci kaynağını da göz önünde bulundurursak kaynağın tarihi çok eski dönemlere dayanmaktadır. Yüz yıl kadar önce örtülü elektrodların kullanılmaya başlanması ile birlikte ise elektrik ark kaynağı yöntemi kaynak teknolojisinde en çok kullanılan yöntem olarak yerini almıştır.

Geçmiş yüz yılı aşkın bir zamana dayanan örtülü elektrodların bu adla anılmalarının nedeni ise tel üzerini kaplayan çoğu oksit bileşenlerin oluşturduğu örtüden kaynaklıdır. Örtülü elektrodun kaynak sırasındaki, yanış karakterinden, sıçramasına kadar birçok özelliğini belirleyen, sahip olduğu örtüdür. Kaynak metalini koruyacak curufu ve yine kaynak metalini atmosferden koruyacak gazları oluşturan da yine elektrodların sahip olduğu örtülerdir.

Rutil elektrodlar, örtüsünün yaklaşık yüzde ellisini oluşturan rutil hammaddesinden dolayı bu ad ile anılmaktadır. Rutil elektrodlar kullanım kolaylığı, fiyat gibi çeşitli özellikleri nedeniyle en çok kullanılan ve üretilen örtülü elektrod türlerinin başında gelmektedir. Bu kadar yaygın olarak üretilmesine ve kullanılmasına rağmen, elektrod örtüsünü oluşturan bileşenlerin elektrod örtü özelliklerine, ürün kalitesine ve uygulama performansına etkisi ile alakalı olarak yeterince araştırma ve yayın bulunmamaktadır.

ANSI/AWS A5.1-91 E6013 olarak tanımlanan rutil elektrodlarda silisyum dioksit içeren hammaddeler örtü reçetesinin yaklaşık olarak %20-25'ini oluşturmakta olup, bünyeye kattıkları etki yadsınamayacak ölçüde önemlidir. Üretimde presleme

koşullarından, fırınlama sonrası ürün mukavemetine, kaynak uygulaması sırasındaki yangın, sıçrama, curuf ve gaz oluşumu gibi birçok parametreyi yine bu bileşenler etkilemektedir. Bu çalışmada ANSI/AWS A5.1-91 E6013 rutil elektrodalarda SiO₂ içeren hammaddelerin tür ve miktarlarında yapılan değişikliklerin elektrodun ürün kalitesine ve uygulama performansına etkisi incelenmiştir.

Bu maksatla tezin deneysel kısmında ANSI/AWS A5.1-91 E6013 standartlarına uygun olarak üretilen bir rutil elektrod reçetesinde SiO₂ içeren hammaddelerin miktarlarında oynanarak katkı oranlarında değişiklik yapılmıştır. Ayrıca bazı hammaddeler reçeteden tamamen ya da kısmen çıkartılarak alternatif SiO₂ hammaddeleri ile ikame edilmişlerdir Üretilen elektrodların kimyasal bileşimdeki değişikliklere bağlı olarak uygulama performansları düz, köşe ve aşağıdan yukarıya kaynak pozisyonlarında gözlemlenmiş, alternatif akımda yeniden tutuşma ve ark kesikliği gibi özellikleri test edilmiştir. Üretilen deneme elektrodlarının örtülerinin ve curuflarının karakterizasyon işlemleri gerçekleştirilerek, meydana gelen değişimler irdelenmiştir.

EFFECTS OF DIFFERENT SiO₂ BASED RAW MATERIALS ON COATING PROPERTIES AND OPERATIONAL BEHAVIOUR OF ANSI/AWS A5.1-91 E6013 RUTILE ELECTRODES.

SUMMARY

Past to the present with developing technology, joining materials and creating different forms became necessary therefore various joining processes have emerged. For the industrial materials, welding is the most widely used joining process. Welding history based on ancient times when we consider primitive methods like forge welding.

Aproximately a hundred years ago, along with the introduction of covered electrodes, electric arc welding method as the method most commonly used in welding technology has taken place. Covered electrodes name derives from the cover which overlapping the wire. Most of the cover is composed of oxide components . The cover determines lots of properties from fusion characteristic to spattering of electrodes during welding. Fumes and slags are generated by the covering which are protect the welding metal from rapid cooling and atmospheric gases.

Rutile electrode name comes from the rutil mineral which constitute about fifty percent of the cover. Rutile electrodes is one of the covered welding electrodes due to various properties .

Large manufacturers have replaced covered electrodes with solid and tubular contiuous wires, but smaller ones still use covered electrodes for the following reasons

- Simplicity, durability, and low cost of the equipment required
- Possibility of being used in open and closed locations
- The relative ease of finding welders with the required skill

- Wide range of consumables for most applications, which is a function of the quick setup fabrication
- Availability in small units at relatively low cost. (It is generally accepted welding consumables represent 1–2 % of the final cost in overall fabrication.

Despite this extensive production and use there is not enough research and publications about effects of covering constituents on electrode's covering properties, processing conditions, product quality and operational behaviour of covered welding electrodes.

In rutile type electrodes which are standardized as ANSI/AWS A5.1-91 E6013 by American National Standards Institute and American Welding Society, silicon dioxide bearing raw materials constitute about 20-25 percentages of electrode covering recipes. And due to their quantities that can not be overlooked, their effects on covering are very important.

In the production process of covered welding electrodes, these SiO₂ bearing constituents influence various parameters from pressing conditions to operational behaviour, like green strength of electrode coverings, strength of coverings after firing, arc stability, all weld metal properties, spatter's type and amount, slag and fume formation.

For these reasons, a research program with covered electrodes of the E6013 type has been developed in this thesis. This program studied the effects of SiO₂ containing raw materials variations, on the production parameters, covering properties operational characteristics, arc stability, and all-weld-metal properties.

In experimental part of this thesis a rutile type coated electrode recipe used which were prepared according to ANSI/AWS A5.1-91 E6013 standards. In this recipe SiO₂ bearing raw materials' quantities were changed and substituted with different SiO₂ bearing raw materials.

Sample electrodes which were produced from 25 different recipes divided into six groups. Each of these groups were named with A,B,C,D,E and F letters.

For the raw materials used in the concept of this study following codes were used. 70-72 % SiO₂ containing feldspar was coded as K₁, 55-60 % SiO₂ containing mica was coded as K₂, 50 % SiO₂ containing clay was coded as K₃, 99 % SiO₂ containing

quartz (1) was coded as K₄ and 75-77 % SiO₂ containing quartz (2) which has low purity was coded as K₅.

According to variations in chemical compositions of produced testing electrodes, their application performances were observed in flat, corner and vertical uphill positions and also in alternative current reignition and arc extinction properties tested.

In performance benchmark, the worst performance was represented with number 1 and the best performance was represented with number 5 in this comparison. In flat and corner welding positions 135 amper was used as current value, and in vertical uphill position (PF) 90 amper was used as current value under direct current.

Characterization operations of coverings and slags of produced sample electrodes carried out and the changes that occurred were discussed.

Sample electrodes' coverings and slags which were produced for this thesis were collected. Each of these slags and coverings' density measurements were made with the aid of Archimedes and helium gas picnometer devices. Microstructural observations were made with the aid of scanning electron microscope (SEM) and elemental analyses were also made with EDS unit of this microscope.

All the electrodes were produced with the same quantity of potassium silicate and the same wire and powder raw material batches.

1. GİRİŞ

Kaynağın tarihçesi M.Ö. çağlara dayanmaktadır. İnsanlar milattan önceki çağlarda metal parçalarını birlikte döverek birleştirmiş ve demirci kaynağı ile kaynak serüveni başlamıştır. 19. Yüzyılın sonlarında endüstriyel gelişim ve seri üretim ile birlikte malzemeleri birleştirme, süreklilik ihtiyacı doğmuştur. Buna bağlı olarak endüstriyel uygulamalarda kaynak kullanımına bu tarihlerde başlanmıştır. İsveç’li Oscar Kjellberg tarafından bugünkü anlamda örtülü elektrod kaynağının keşfinden sonra örtülü elektrodlarda meydana gelen gelişme ile elektrik ark kaynağı kaynak yöntemlerinden en çok kullanılanı olarak yerini almıştır.

Kaynak tekniğinde meydana gelen değişmelere bağlı olarak kaynak yöntemiyle birleştirme giderek artan oranda yaygınlaşmıştır. Bu yaygınlaşma beraberinde kaynağa uygun yeni çelik türlerinin üretimde yer almasını getirmiştir. Yeni, farklı çelik türlerinin üretimin kullanımına sunulması ile imalat sırasında teknik personel çeşitli kontrol tasarım ve imalat problemleri ile karşılaşmıştır.

Kaynak yapılan çeliğin türüne, karşılaşılabilecek çekme, basma kuvvetlerine, kaynak pozisyonuna kısacası her kaynak tipine göre farklı özelliklere sahip elektrodlar üretilmekte ve belirli standartlar çerçevesinde sınıflandırılmaktadır. Hem elektrodların hem de kaynak makinalarının diğer kaynak yöntemlerine göre ucuz olması, aynı kaynak makinası ile yalnızca örtü tipini değiştirerek farklı metalleri kaynağa imkan vermesi, kaynakçının önemli ölçüde serbest olması gibi özellikleri nedeniyle örtülü kaynak elektrodları yaygın olarak kullanılmaktadır.

Örtülü elektrodların yanlış, kullanım yeri, mekanik, fiziksel, kimyasal özelliklerini belirleyen elektrod örtüsüdür. Çekirdek olarak tanımlayabileceğimiz filmaşın üzerine kaplanmış olan bu örtü türüne bağlı olarak örtülü elektrodlar, rutil, bazik, selülozik v.b. gibi adlarla anılmakta ve farklı özelliklere sahip olmaktadır. Elektrod örtüsünde farklı kimyasal bileşimlere sahip hammaddeler yer almaktadır. SiO_2 , örtülerdeki birçok hammaddede yaygın olarak kullanılan bir mineraldir. Bu tezde örtülü elektrodlar içerisinde en fazla kullanım oranına sahip olan rutil elektrodların

örtülerinde bulunan veya örtüye sonradan eklenen SiO_2 içeren farklı hammaddelerin elektrodun özelliklerine etkisi incelenmiştir.

1.1 Literatür Araştırması

Bulunabilirlik, ekonomik oluş, ön hazırlık gerektirmeme, kolay tutuşma, curufun kolay temizlenebilmesi ve pürüzsüz dikişler elde edilebilmesi gibi çeşitli özelliklere sahip olması nedeniyle örtülü elektrodlar içerisinde piyasada en çok tercih edilen dolayısıyla da en fazla üretim payına sahip olan elektrodlar rutil elektrodlardır. Rutil elektrodlar üzerlerine kaplanmış olan örtüdeki rutil miktarının fazla olmasından dolayı bu adı almışlardır. Nitekim her örtülü elektrodta olduğu gibi kaynağın karakteristiğini bu örtü belirlemektedir.

Bu kadar yaygın olarak kullanılmasına rağmen rutil örtülü elektrodların özellikleri hakkında detaylı çalışmalar literatürde yer almamaktadır. SiO_2 içeren hammaddeler rutil elektrod örtüsünün yaklaşık %20-25 ' ini oluşturmaktadır. Kaynağın karakteristiğini belirleyen bu örtü bileşenleri hakkında daha derin bilgiler elde etmek adına SiO_2 içeren farklı minerallerin rutil elektrodlar üzerine etkisi bu çalışma kapsamında irdelenmiştir.



Şekil 1.1 : Örtülü Kaynak Elektrodları

2. ELEKTRİK ARK KAYNAĞI VE KAYNAK ELEKTRODLARI

2.1. Elektrik Ark Kaynağı

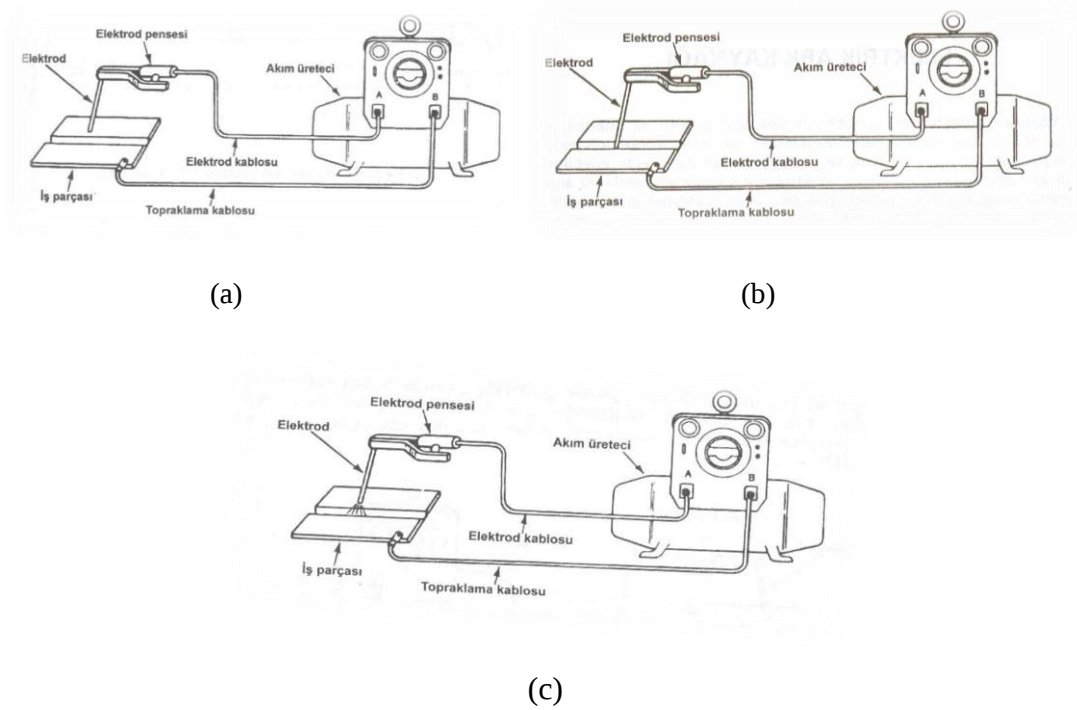
Kaynak; birbirinin aynı veya erime aralıkları birbirine yakın iki veya daha fazla metalik veya termoplastik parçayı ısı, basınç veya her ikisini bir arada kullanarak aynı türden bir malzeme katarak veya katmadan birleştirmektir, şeklinde tarif edilebilir [15,16]. Bu yöntemde, kaynaklı birleştirmeyi gerçekleştirmek için gerekli olan ısı enerjisi, elektrod ile iş parçası arasında oluşturulan elektrik arkı yardımıyla sağlanır. Yöntemde elde edilen arkın kararlı olması arzu edilir ve iyi bir kaynak dikişi elde edebilmek için kararlı olarak oluşan bir ark gereklidir. Kaynak arkının kararlılığı ile bağlantılı olarak kaynak bölgesinin dış ortamın etkilerinden korunması gerekir. Örtülü elektrod ile yapılan ark kaynağında arkın kararlılığı ve kaynak bölgesinin dış etkilerden korunması elektrod örtüsünü oluşturan elemanlarla ve kaynak akımını veren kaynak akım üreticinin karakteristiği de arkın kararlılığı üzerinde etkilidir [1,14]. Örtülü elektrot kullanılarak yapılan elektrik ark kaynağında ark, iş parçası ile ergiyen elektrot arasında oluşur ve böylece eriyen elektrot kaynak metali haline geçer. Ark ile birlikte elektrot örtüsü de ısıdan dolayı yanarak ergir ve ergime esnasında açığa çıkan gaz, ark bölgesini atmosferden korur. Ergime sırasında oluşan cüruf da kaynak dikişini örterek kaynak metalinin korunmasını sağlar. Ayrıca elektrotun örtü maddesine katılan alaşım elementleri sayesinde, kaynak dikişini alaşımlandırmak ve istenilen özelliklerde kaynaklı bağlantı elde etmek mümkündür. [15,17] .

2.1.1 Kaynak arkı

Bir kaynak akım üreticinin A ve B uçları iletken kablolar yardımı ile biri iş parçasına diğeri de elektroda bağlandığında, elektrod iş parçasına değmediği zaman aradaki hava boşluğunun direncinin yüksek olmasından dolayı elektrik devresi tamamlanmaz ve bu durumda devre açıktır.

Elektrod iş parçasına dokunduğu zaman devreden akım geçer ve eşmanlı olarak devrede sıcaklık yükselir. Sıcaklık direncin en yüksek olduğu noktada, en yüksek değerine erişir; bu nokta elektrodun iş parçasına değdiği yerdir. Bu durumda temas ideal olmadığından elektrik akımının direnci yüksektir ve bu nedenle temas bölgesi kızarmaya başlar ve burada ortaya çıkan iyonizasyon ve metal buharları nedeniyle hava iletken duruma gelir.

Bu sırada eğer elektrod birkaç milimetre geri çekilirse, akım iletken hale gelmiş hava içinde akmaya devam eder ve dışarıdan bakıldığında elektrodun ucu ile iş parçası arasında göz kamaştıran parlak ışıklı ark görülür. Şekil 2.1’de (a) Kaynak devresi açık (b) Kaynak devresi kapalı (c) Kaynak devresinde ark oluşumu gösterilmiştir.

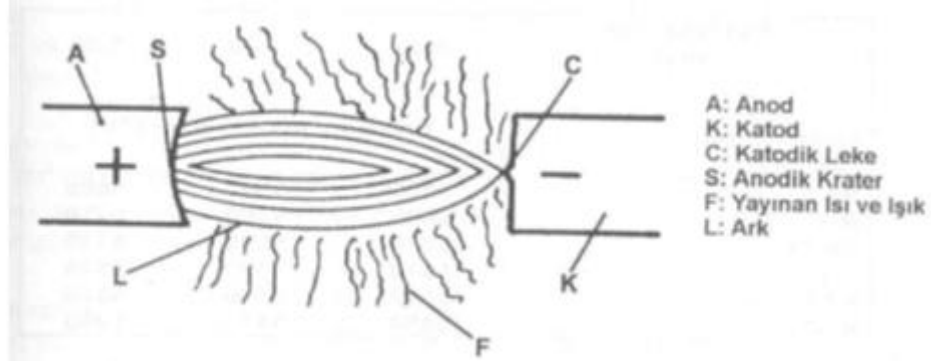


Şekil 2.1: (a) Kaynak devresi açık (b) Kaynak devresi kapalı (c) Kaynak devresinde ark oluşumu [1,14,18]

Kaynak işlemi sırasında ergime gücü arkın şiddeti ile orantılı olduğundan oluşan arkın gücü belirli bir elektrod türü için akım şiddeti ile orantılı artar.

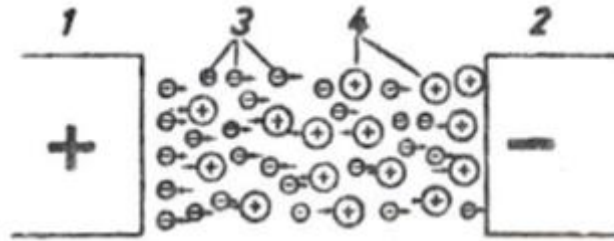
Modern fiziğe göre ark, kızgın bir katottan yayınan elektronların, yüksek bir hızla anodu bombardıman etmesi sonucu oluşur. Bu bombardıman, nötr moleküllerin, iyonize olmasına neden olduğundan kuvvetli bir sıcaklık yükselmesi ortaya çıkar ve böylece elektrik enerjisi ısı enerjisine dönüşür. Son yapılan araştırmalara göre arktaki

toplam enerjinin %85'i ısı, %15'i de ışık enerjisine dönüşmektedir. Şekil 2.2'de İki karbon elektrod arasında oluşturulan arkın görünüşü verilmiştir.



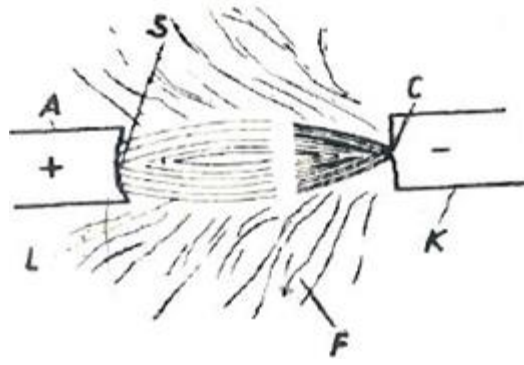
Şekil 2.2: İki karbon elektrod arasında oluşturulan arkın görünüşü [1]

Uygulamada kullanılan kaynak arkının gücü 0,3 ile 160 kw; ısı eşdeğeri ise 70 ile 40.000 cal/s arasında değişmektedir. Arkın oluşturduğu ark demetinin ısı enerjisi, katodik leke (negatif elektrodun ucundaki kızgın noktaya katodik leke denir) ve anodik krater (pozitif elektrodun ucundaki krater şeklindeki oyuk) arasında dağılır. Elektrik ark kaynağında genellikle elektrod negatif (katot), iş parçası pozitif (anot) kutubu oluşturur. Bu durumda, elektrodun ergimesi ve ark sütunu boyunca damlacıklar halinde hareket ederek iş parçasına geçmesi katodik leke tarafından üretilen ısı ile iş parçasının ısınması ise anodik krater tarafından sağlanır. Çalışma sırasında çevreye yayılan ve kaynak işlemi için kullanılan ısı ile ark demeti tarafından üretilen ısı denge halindedir [1]. Bir arkın şematik gösterimi Şekil: 2.3 'te verilmiştir. Bir karbon arkı görünüşü ise Şekil: 2.4' teki gibidir. Optik pirometre ile ölçülen arkın anodik krater ve katodik lekesindeki sıcaklıklar (Engel ve Stenböck'e göre) ise Çizelge 2.1'de verilmiştir.



1- Anod 2- Katod 3- Elektronlar 4- İyonlar

Şekil 2.3: Bir arkın şematik gösterimi [2].



S- Krater C- Katodik Leke

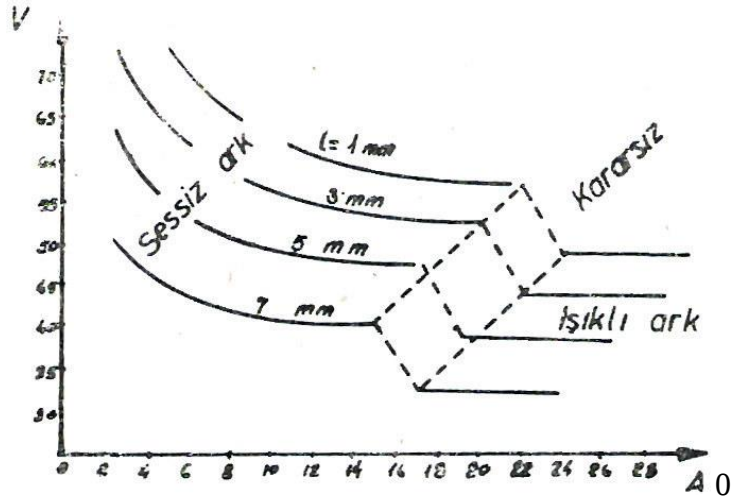
Şekil 2.4: Bir karbon arkı görünüşü [2]

Çizelge 2.1: Optik pirometre ile ölçülen arkın anodik krater ve katodik lekesindeki sıcaklıklar (Engel ve Stenböck'e göre) [2].

Elektrodlar	Gaz	Anodik kraterin sıcaklığı °C (ta)	Katodik lekenin sıcaklığı °C (tk)
Karbon	Hava - Azot	3900 - 2300	3200 - 2100
Bakır	Hava - Azot	2150 - 2150	1900 - 1900
Alüminyum	Hava	3100	3100
Tungsten	Hava	3950	2700
Nikel	Hava - Azot	2180 - 2180	2100 - 2100

2.1.2 Arkın elektrik rejimi

Arkın uçlarındaki gerilim ve arka tatbik edilen akım şiddeti, ohm kanununda olduğu gibi basit bir oran ile değişmez. Aksine bu iki etkenin değişmesi ters yönde olur. I akım şiddeti arttıkça uçlardaki V gerilimi önce hızla ve daha sonra yavaş bir şekilde düşer. Şekil 2.5'te metalsel arkın elektrik rejimi verilmiştir.



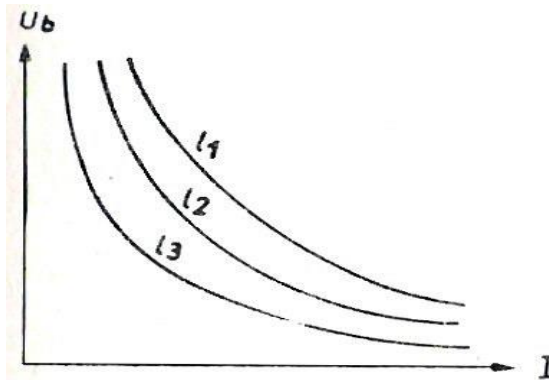
Şekil 2.5 Metalsel arkın elektrik rejimi. [2]

Belirli bir ark boyu için akım şiddeti arttırıldıkça, belirli bir değerde ark rejiminin pek fazla değiştiği ve sessiz haldeki arkın ısıklık sesi çıkarmaya başladığı ve elektrodlar arasındaki gerilim farkının akım şiddetine bağlı olmadığı görülür. Bu durumda rejim kararsız olmuştur.

Kararlı ark şartları için uçlardaki gerilimin katodik gerilim düşümü, anodik gerilim düşümü ve buharlaşma bölgesindeki yani ark hüzmesindeki gerilim düşümünün toplamına eşit olması gerekir.

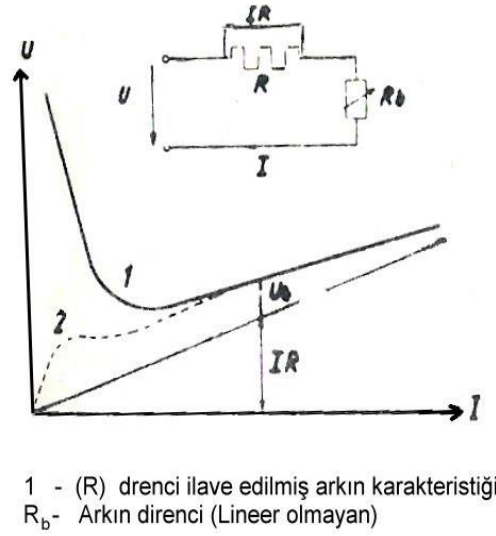
2.1.2.1 Arkın karakteristiği

Bir arkın karakteristiği yani $u = f(I)$ fonksiyonu Şekil 2.6' daki gibi bir hiperbol şeklindedir. Buradaki parametre ark boyudur. Ark boyu arttıkça hiperbolün orjinden uzaklığı da artar.



Şekil 2.6: Arkın karakteristiği ($U_b = f(I)$ fonksiyonu I_1 , I_2 ve I_3 çeşitli ark boylarındaki karakteristikleri göstermektedir.) [2]

Ark devresine bir R direnci ilave edilirse, karakteristik değişir ve Şekil 2.7 deki durumu alır.



Şekil 2.7: Devresine bir R direnci ilave edilmiş arkın karakteristiği [2]

2.1.2.2. Doğru akım arkının kararlılığı

Metalsel bir arkın sabit gerilim altında çalışma kararlılığını sağlamak için yeterli bir direnç seri olarak bağlanmakta ve çoğunlukla da dirence, akımın hızlı değişimlerine karşı koyacak bir self ilave etmek gerekmektedir. Arkı oluşturmak için iki elektrod arasında kısa devre yapılmakta ve böylece katodik kıvgın lekenin oluşumu sağlanmaktadır. Arkın kolay oluşabilmesi için başlangıçta çalışma esnasındakine nazaran daha yüksek bir besleme gerilimine ihtiyaç duyulmakta ve bu gerilim de doğru akımda 40 ile 70 volt arasında bulunmaktadır. Böylece arkın oluşumu sırasındaki (I_a) akım şiddeti, çalışma sırasındaki (I_f) akım şiddetinden daha büyük olmaktadır.

Arkın kararlılığı üzerinde rol oynayan birçok etken mevcuttur. Bunların başlıcalarını şöyle sıralayabiliriz :

- a- Metallerin iyonlaşma gerilimi,
- b- Metallerin termo – iyonik kabiliyeti,
- c- Metallerin ısı geçirgenliği.

Metallerin iyonlaşma gerilimi ile termo – iyonik gerilimi ne kadar düşük olursa, ark da o oranda kararlı olur. Diğer taraftan metalin ısı geçirgenliği arttıkça katodik yayınma azalmakta ve dolayısıyla da arkın kararsızlığı artmaktadır.

Örneğin, bakır, pirinç, fosforlu ve alüminyum bronzlarında arkın oluşumu güçlükle arzeder. Bu gibi durumlarda arkın kararlılığını sağlamak ve tutuşmayı da kolaylaştırmak üzere elektrodun örtüsüne uygun maddeler katılır ve böylece iyonlaşma gerilimi, termo – iyonik kabiliyeti ve ısı geçirgenliği istenen değerde tutulmuş olur. [2]

2.1.2.3 Alternatif akım arkının kararlılığı

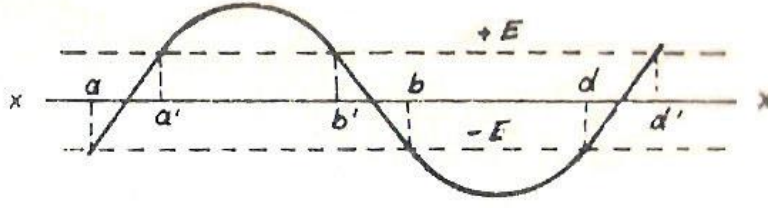
Ark, ancak elektron içeren bir kızgın katod sayesinde ve çarpma neticesinde nötr molekülleri iyonize etmek için, elektronların içinde yeterli derecede hız alabilecekleri, kuvvetli bir elektriksel alan meydana getiren bir katodik gerilim düşümü ile sağlanabilmektedir.

Arkı besleyen akım çok kısa bir süre için kesilse ve yeniden ilk gerilim uygulanırsa ark oluşmaz ve bu durumda elektrodu yeniden temas ettirerek arkı yeniden teşvik etmek gerekir. Fakat akımın kesilme süresi boyunca katod yeterli derecede soğumamış ise, ark, gerilim uygulanınca tekrar oluşur. Bütün bunlar, hep yeni yönde uygulandığı yani bir kutup değişmesinin olmadığı durum için kabul edilmiştir. Fakat akımın kesilmesi sırasında bir kutup değişmesi olursa, problem karışık bir hal alır. Arkın yeniden oluşumu için katod ve anodun elektron yayınlamaya yetecek bir sıcaklıkta olması gerekmekte ve eğer sıcaklık daha düşükse yön değişimi meydana gelmemektedir.

Arkın, devresine seri bir direnç bağlanmış sinüsoidal gerilimli bir alternatif akım kaynağı tarafından beslendiğini ve elektronların kızgın durumlarını korumak için bir ısı volanına sahip bulunduklarını düşünülürse ark, ancak bir asgari $\pm E$ geriliminde oluşacaktır. (Şekil 2.8). Besleme gerilimi, kararlılık gerilimi olan $\pm E$ 'den düşük ise, sönme aa' , bb' , dd' periyotlarında oluşacaktır. Gerilimlerin E 'den yüksek olduğu $a'b$, $b'd$, $d'e$ periyotlarında kararlılık olacaktır. Pratikte, bu teorik şekil birçok sebepler dolayısıyla gerçekleştirilememektedir. Bunlar :

a- Gerilimin kararsızlığı,

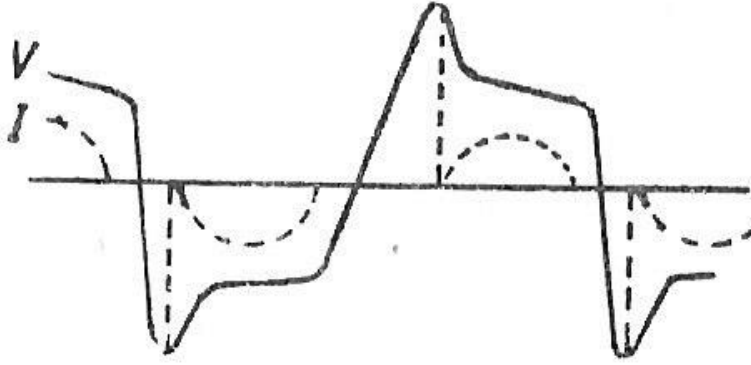
b- Sönme periyotlarında elektrodların soğumasıdır.



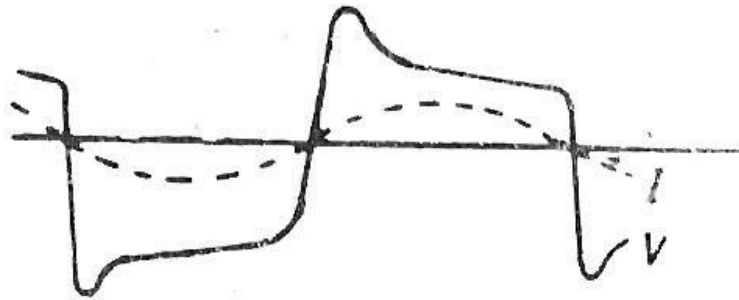
a - Gerilimin kararsızlığı,
b - Sönme periyotlarında elektrotların soğumasıdır.

Şekil 2.8: Alternatif besleme akımının sinüsoid eğrisi. [2]

Sinüsoidler, geometrik şekillerini kaybetmekte I ve E eğrileri zamana bağlı olarak Şekil 2.9 ve 2.10 da görülen gidişi takip etmektedir. Bu tarz eğriler ossilograflar tarafından çizilmektedir. Eğer devrede seri halde bir direnç bulunuyorsa (Şekil 2.9) sönme süresi gayet iyi tespit edilebilmekte ve arkın yeniden oluşumunda bariz bir gerilim tepesi göze çarpmaktadır. Devrede bir self endüksiyonunun bulunması halinde (Şekil 2.10) sönme süresi önemli derecede küçülür ve gerilim tepesi de daha az belirir. $I = f(t)$ akım eğrisi bir sinüsoid şekline yaklaşmakta arkın kararlılığı artmaktadır.



Şekil 2.9: Ark akımının seri bağlanmış bir direnç ile değişmesi. [2]



Şekil 2.10: Ark akımının bir self ile değişmesi. [2]

2.1.3 Metal arkının alışması

Elektrod metalinin kaynak yapılacak parçaya ergimiş metal damlacıkları halinde nakli, arkı çok kısa bir an için kısa devre yapmakta ve kraterdeki ergimiş metal ile temas etmektedir. Bu esnada kraterdeki metalin yüzey gerilimi damlanın kaynak parçasına devredilmesini sağlamaktadır. Her damlanın elektrodta kaynak yapılan parçaya geçişi gerçek bir kısa devre yapmakta dolayısıyla da gerilim birden düşmekte ve akım şiddeti önemli derecede artmaktadır. Damlanın geçiş süresi 1/100 saniye mertebesinde dir. Damla geçtikten sonra ark yeniden oluşmakta ve bir gerilim tepesi vererek arkasından normal karakteristiklerini kazanmaktadır. Her damlanın geisinde bu olay bir defa tekrarlanır.

Kısa devre akımı çok yüksek bir değer alırsa, ark teper ve yeni akım şiddetinin aldığı yüksek değer karşısında metal damlaları müthiş bir gürültü ile patlar.

Özel olarak kaynak arkında statik ve dinamik kararlılığı ayırt etmek gerekir. Statik kararlılık bir R direncinin bağlanması ile arttırılır. Bu R direncine tekabül eden IR gerilimi yardımıyla $U = f(t)$ eğrileri üzerinde çalışma karakteristikleri tespit edilir. Fakat kaynak makinasına bağlı olan bu statik kararlılık başarılı bir çalışma için yeterli değildir. Arkın uzunluğu, akımın frekansı, elektrod metalinin ve örtünün cinsi gibi etkenlere bağlı olan bir dinamik kararlılık gereklidir. [2]

2.2 Kaynak Elektrodları

Elektrik ark kaynağında kullanılan elektrodları genel olarak iki grupta toplamak mümkündür.

1- Yalnız arkı oluşurmada kullanılan elektrodlar

2- Hem arkın oluşumunda hem de ilave metal olarak kullanılan elektrodlar. [3]

2.2.1 Yalnızca arkı oluşurmak için kullanılan elektrodlar

Bu elektrodlar, ya parça ile aralarında ya da iki elektrod arasında arkı meydana getirir ve ayrıca kaynak ağzını doldurmak için bir ilave metal (kaynak teli veya çubuğu) kullanılır. Eger ağızlar, ince saçlarda olduğu gibi kıvrık bir sekilde hazırlanmış ise, ayrıca bir kaynak teline ihtiyaç yoktur. Kaynak tekniğinde bu elektrodar başlıca iki gruba ayrılır:

a- Karbon Elektrodlar

b- Tungsten Elektrodlar.

2.2.1.1 Karbon elektrodlar

Genellikle dairesel kesitli olan karbon elektrodlar üç cinstir. Amorf, grafit ve elektrografit elektrodlar.

Amorf elektrodlar toz haline getirilmiş kok, grafit veya antrasit kömürlerinin bir yapıştırıcı madde ile birlikte yüksek basınç altında preslenmesi neticesinde elde edilir. Yapıştırıcı madde olarak daha ziyade sıcak katran kullanılır. Presleme işleminden sonra fırında kurutulur. Tamamen dolu amorf çubuklara “homojen karbon” elektrod adı verilir. Ayrıca fitilli amorf elektrod adı verilen diğer bir cins elektrod tipi daha vardır. Bu fitilli çubukların özü su camı ve asit borik olup, arkın muntazam ve sakin yanmasını sağlar.

Grafit ve elektro-grafit çubuklar yalnız grafit kömüründen imal edilir. Daha toz ve sıkı bir yapıya sahiptir. Bunlar amorf elektrodlardan daha yüksek akım şiddeti ile yüklenir. Ömürleri de amorf çubuklardan daha uzundur. En ucuzları amorf ve en pahalıları da elektrografit elektrodlardır.

Çapları 3 ile 30 mm. ve boyları da 200 ile 1000 mm. arasındadır. Her üç tipe uygulanan akım şiddetleri Çizelge 2.2’ de verilmiştir [3]

Çizelge 2.2: Karbon elektrodlara uygulanan akım şiddetleri. [2]

Elektrod Çapı (mm)	Akım Şiddeti (Amper)		
	Amorf	Grafit	Elektrografit
6	40-50	50-75	75-100
8	50-75	75-100	100-150
10	75-100	100-150	150-200
12	100-125	150-200	200-250
14	125-150	200-250	250-300
16	150-200	250-300	300-400

18	200-250	300-350	400-500
20	250-300	350-400	500-600

2.2.1.2. Tungsten elektrodlar

Tungsten elektrodlar, koruyucu gaz atmosferi altında yapılan kaynak yöntemlerinde kullanılmaktadır. Ark atom (atomik hidrojen) ve argonark (TIG) gibi.

İlk zamanlarda doğrudan doğruya saf tungsten elektrodlar kullanılmış olup, daha sonraları da toryum ve zirkonyumla alaşımlandırılmış elektrodlar geliştirilmiştir. Alaşımlandırılmış tungsten elektrodlar başlıca şu üstünlükleri sağlar :

Mükemmel bir elektron emisyonu meydana getirir. Alaşımsız elektrodla nazaran alaşımlı elektrodlar % 25 daha yüksek bir akım şiddeti ile yüklemek mümkündür. Alaşımlı elektrodların ömürleri daha uzundur ve sarfiyatları da alaşımsız elektrodla nazaran % 50 daha azdır. Elektrodun tesadüf kaynak yeri ile temas etmesi halinde, kaynak banyosunda meydana gelen sıçrama ve buharlaşma saf elektrodla nazaran daha azdır. Tungsten elektrodla uygulanan akım şiddetleri Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3: Tungsten elektrodla uygulanan akım şiddetleri. [2]

Elektrod Çapı (mm)	Akım Şiddeti (Amper)			
	Alternatif Akım		Doğru Akım	
			(-) Kutup	(+) Kutup
	Saf Tungsten Elektrod	Toryumla Alaşımlandırılmış Elektrod	Saf veya Toryumla Alaşımlı Elektrod	Saf veya Toryumla Alaşımlı Elektrod
0,5	5-15	5-20	5-20	-
1	10-60	15-80	15-80	-
1,6	50-100	70-150	70-150	10-20
2,4	100-150	140-235	150-250	15-30
3,2	150-210	225-325	250-400	25-40
4	200-275	300-425	400-500	40-55
4,7	250-350	400-525	500-800	55-80
6,4	325-475	500-700	880-1100	80-125

2.2.2 Çıplak elektrodlar

Bu elektrodlarla kaynak yaparken dikişı havanın oksijen ve azotunun tesirinden korumak mümkün değildir. Azot, kaynak dikişinin mukavemet ve sertliğini artırmasına rağmen, sünekliğini düşürür. Oksijen de dikisin mekanik özelliklerini kötüleştirir ve alaşım elemanlarının kaybına sebep olur. Dolayısıyla da böyle dikişlerin şekil değiştirme kabiliyetleri gayet azdır. Çıplak elektrodlarla kaynak işlemi zordur. İri damlalar halinde ergir ve nüfuziyeti azdır. Yalnızca doğru akımda elektrod negatif kutba bağlanarak kaynak yapılır [2].

2.2.3 Özlü elektrodlar

Bu elektrodlar bir nevi çıplak elektrodur. Elektrodun çekirdeğinde arkı stabilize eden bazı organik maddelerle doldurulmuş bir öz vardır. Bundan ötürü bu tip elektrodlara metalik çekirdeği bulunmayan elektrodlar adı da verilir. Özlü elektrodlarla kaynak yapıldığı zaman, kaynak dikişine tesiri, çıplak elektrodlara nazaran daha azdır. Öz maddesinin yanmasıyla meydana gelen gaz atmosferi, dikişi kısmen örter. Kaynak hem doğru akımla (elektrod negatif kutba bağlanarak) hem de alternatif akım ile yapılabilir. İri damlalar halinde ergir ve orta irilikte bir nüfuziyet sağlar. Kaynak işlemi çıplak elektrodlarla nispeten daha kolaydır [2].

2.2.4 Örtülü elektrodlar

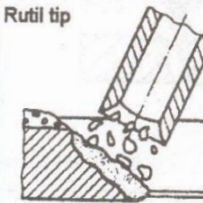
Kaynak yöntemlerinin çoğunda elektrik ark yöntemleri için gerekli ısıyı temin ederken bir akıcı dekapan da koruma, temizleme ve çoğu zaman da bunlarla beraber metalürjik kontrol işlemini yerine getirir. Akıcı (cüruf) korumalı ark kaynağının en çok kullanılan ve pratik olanı örtülü elektrot kullanılarak yapılan metal-ark kaynağıdır[16].

Örtülü elektrot, çekirdek ve örtü olmak üzere iki kısımdan oluşur. Çekirdek, kaynak metalinin oluşmasını ve akınım geçişini sağlar. Örtü ise, kaynak metalini havanın olumsuz etkilerinden koruyarak alaşım elementleri sayesinde kaynak dikişini alaşımlandırır ve kaynak dikişinin geç soğumasını ve düzenli görünümünü sağlar[19].

İlk olarak İsveçli Oscar Kjelberg tarafından 1904 yılında üretilmiş olan örtülü elektrodlarda, çıplak kaynak telinin üzerinde sarma, daldırma ve ekstrüzyon ile geçirilmiş bir örtü maddesi (kabuk) vardır. Örtülü elektrodları elde etmek için, yukarıda belirtilmiş olan yöntemlerin hepsi olumlu sonuç vermelerine karşın, bugünün endüstrisi, birçok üstünlükleri nedeniyle üretim tekniği olarak, özel tasarlanmış bir ekstrüzyon yöntemini uygulamaktadır.

Bir elektrodun kaynak karakteristikleri tümü ile bu örtünün bileşiminin etkisi altındadır. Yığılan kaynak metalinin miktarı, kaynak dikişinin nüfuziyeti ile bir dereceye kadar da kaynak banyosu bileşimi, bu örtü bileşimi ile kontrol altına alınabilir. Kaynak dikişinin biçimi, iç bükeyliği veya dış bükeyliği, yüzey düzgünlüğü, yüzey tırtıllarının durumu gibi özellikler yine örtü bileşimi değiştirilerek istenen yönde ayarlanabilmektedir.

Elektrod örtüsünün damla geçişi üzerine etkisi Şekil 2.11' de gösterilmiştir.

Selülozik tip	Asit tip	Rutil tip	Bazik tip
			
Selülozik tip	Asit tip	Rutil tip	Bazik tip
Selüloz 40	Magnetit Fe_3O_4 50	Rutil TiO_2 45	Florid CaF_2 45
Rutil TiO_2 20	Kuartz SiO_2 25	Magnetit Fe_3O_4 10	Kireçtaşı $CaCO_3$ 40
Kuartz SiO_2 25	Kireçtaşı $CaCO_3$ 10	Kuartz SiO_2 25	Kuartz SiO_2 25
Fe-Mn 15	Fe - Mn 20	Kireçtaşı $CaCO_3$ 10	Fe - Mn 5
Cam suyu	Cam suyu	Fe - Mn 15	Cam suyu
		Cam suyu	

Şekil 2.11: Elektrod örtüsünün damla geçişi üzerine etkisi [18].

2.2.4.1 Elektrod örtüsünün sağladığı faydalar

Rutil elektrod bünyesindeki örtü, arkın oluşumunu düzenler ve tutuşmasını kolaylaştırır. Kaynağın doğru akım ile birlikte alternatif akımda da yapılmasını sağlar. Ergiyen metal damlalarının yüzey gerilimlerine ve akışkanlıklarına etkiyerek, gerek tavan ve gerekse düşey pozisyonlarda çalışmayı kolaylaştırır. Koruyucu bir gaz atmosferi oluşturarak kaynak dikişini atmosferin olumsuz etkilerinden korur. Kaynak sonrası dikişin üzerini bir curuf tabakası ile örterek dikişin atmosferden korunmasını ve ayrıca yavaş soğumasını sağlar. Ergimiş kaynak banyosunu deokside eder.

Gerektiđi durumlarda kaynak dikiřini alařımlandırır. Būnyesindeki nemden kaynaklı oksijen sayesinde dikiře form (dıřbūkey, iē būkey, dūz gōrūnūm) kazandırır.

Elektrod ōrtūřunū oluřturan maddelerin tūrleri oldukēa karıřıktır. Her ōrtū formūlū geređi ūretim ve gerekse kaynak teknolođisi yōnūnden en azından ūretim kolaylıđı, depolama ve tařıma uygunluđu, kaynak karakteristiđi, curufun kolay temizlenmesi, kaynak metalini metalūrjik olarak etkilemesi gibi gereksinimleri sađlayabilmelidir.

Elektrod standartları, elektrodun kullanılma karakteristiđini, kaynak metalinin mekanik ōzelliklerini ve bazen de kaynak metalinin analiz sınırlarını belirtir. Elektrod ōrtūřu formūlū ise ūreticiden ūreticeye farklılık gōstermektedir. Gūnūmūzde kaynak elektrodları ūretiminde en fazla kullanılan ōrtū maddeleri ēizelge 2.4'te sıralanmıřtır [1,14].

ēizelge 2.4: Bazı tūr ōrtūlū elektrodların ōrtū bileřenleri ve genel etkileri [1,14]

Tūr	Formūl	Genel Etki
Selūlozik	%20–60 rutil (titandioksit), %10–20 selūloz, %15–30 kuvars, %0–15 karbonatlar, %5–10 ferromangan	Selūloz ark bōlgesinde yanarak gaz koruması oluşturur. Hidrojen kaynak ısı girdisini arttırır
Rutil	Yaklaşık olarak %40–60 rutil, %15–20 kuvars, %0–15 karbonatlar, %10–14 ferromangan, %0–5 organik maddeler	Oluřan curuf kaynak metalini ōrterek koruyucu etki yapar. Hidrojen bileřenini oldukēa yūksektir (15–30 ppm). Kaynak dikiřinde fazla miktarda kalıntı oluřumu tehlikesi vardır.
Asidik	Demir ve mangan tozu, kuvars, karışık silikatlar, karbonatlar, ferromangan.	Oldukēa yūyük hidrojen bileřenini ile kaynak metalinde yūyük miktarda curuf oluřumu bulunur.
Bazik	%20–50 kalsiyum karbonat, %20–40 (fluspat) kalsiyum florūr, %0–5 kuvars, %0–10 rutil, %5–10 ferro alařımlar.	Ōzellikle dūřuk hidrojen bileşenini vardır (≤10 ppm); ōzellikle az alaşımlı yapı ēeliklerinin kaynağında kullanılır. Elektrodlar kuru olarak tutulmalıdır. Kaynak metalinde dūřuk miktarda katkı bulunur.

2.2.4.2 Elektrod örtüsü bileşenlerinin gruplara ayrılarak incelenmesi

Genel olarak karbonatlar, silikatlar, oksitler ve florürler elektrod örtüsünde yeralan curuf oluşumuna yardımcı olan katkılardır.

Potasyum bileşikleri, potasyum oksalat, zirkonyum karbonat, lityum karbonat ve titan bileşikleri arkın dengelenme ve alternatif akımda arkın sürekliliğini sağlamak amacıyla kullanılırlar. Kaynak bölgesini havanın olumsuz etkilerinden korumak için ark sıcaklığında ayrışmaya uğrayarak veya yanarak koruyucu bir gaz örtüsü oluşturmak amacıyla örtüye selüloz, kireçtaşı, odun tozu, dekstrin katılır. Gliserin, talk, kaolen, bentonit, mika ekstrüzyon işlemin kolaylaştırıcı maddelerdir. Potasyum silikat, sodyum silikat, dekstrin bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Önceden katılan asbest gibi elyafli minerallerin insan sağlığına zararları nedeniyle yasaklanmasından sonra mika gibi pul pul levhacıklar biçiminde mineraller örtüye kurutma ve depolama sırasında mukavemet kazandırmak amacıyla katılmaktadır. Ferrosilisyum, ferromanganez, ferrokrom, ferroniobyum, elektromanganez deoksidasyon işlemini gerçekleştirmek ve alaşımlama yapmak için bünyeye katılırlar.

Elektrod örtüsüne katılan alaşım elementleri, kaynak sırasında kaynak metaline elementin türüne göre, ancak belirli bir oranda geçerler. Bu nedenle, elektrod üretilirken örtüye katılan alaşım elementlerinin verimleri göz önüne alınır. Elektrod örtüsüne katılan alaşım elementlerinin kaynak dikişini alaşımlandırma verimleri Çizelge 2.5 'te verilmiştir.

Çizelge 2.5: Örtüye katılan alaşım elementlerinin alaşımlandırma verimleri [1]

Alaşım Elementi	Elementlerin Örtü İçindeki Alaşım Biçimi	Alaşım Elemanının Yaklaşık Verimi (%)
Karbon	Grafit	75
Manganez	Ferromangan	75
Fosfor	Ferrafosfor	100
Kükürt	Demirsülfür	15
Silisyum	Ferrosilisyum	45
Krom	Ferrokrom	95
Nikel	Elektrolitik Nikel	100

Bakır	Bakır	100
Niyobyum	Ferroniyobyum	70
Titanyum	Ferrotitan	5
Molibden	Ferromolibden	97
Vanadyum	Ferrovandiyum	80
Berilyum	Bakır Berilyum Alaşımı	0
Bor	Ferrobör	2
Azot	Nitritli Manganez	50
Tungsten	FerroTungsten	80
Alüminyum	Ferroalüminyum	20
Zirkonyum	Nikel Zirkon Alaşımı	5

Alaşım elementlerinin toz boyutu ufaldıkça, alaşımlandırma verimi de o oranda artar. Günümüzde, bazı durumlarda alaşımlı kaynak dikişleri elde etmek için, alaşımlı tel yerine normal tel ve alaşım elementi içeren bir örtü kullanmak çok daha ekonomik olmaktadır. Bu tür elektrodla sentetik elektrod adı verilmektedir[1].

2.2.4.3 Kaynak elektrodlarının örtü türüne göre sınıflandırılması

Ark kararlılığı, nüfuziyet derinliği, dolgu oranı ve pozisyonda kullanabilme yeteneği elektrod örtüsünün kimyasal bileşimden büyük ölçüde etkilenir. Elektrod örtüsünü oluşturan maddelerin türleri karışıktır. Elektrod örtüleri hazırlanırken bu maddeler belirli miktarlarda harman yapılır ve özel olarak tasarlanmış ekstrüzyon presinde elektrod çekirdek teline sıvanır.

Bu maddelerin birbiri ile karıştırılmasında bazı kurallar vardır. Her tür elektrod örtüsü için özellikle ana bileşenlerin bazı oranlar çerçevesinde kalmaları zorunludur. Ters durumda, elektrod örtüsü kendinden beklenen özellikleri sağlayamaz. Bu karışım oranları uzun yılların deneyimi sonucunda formüle edilmişlerdir. Örtülü elektrodla, örtülerinin içerdikleri ana bileşenin türüne, curuflarının asitlik veya bazlık durumuna göre çeşitli gruplara ayrılırlar [1,14].

Rutil örtülü elektrodla, genelde St.37-42 arası düşük karbonlu çelikler kullanılarak yapılan, basit demir doğrama işleri, basınçsız tank ve kazanlar, ferforje işleri gibi düşük mukavemet beklenen işlerde kullanılan kaynak elektrodudur.

Genel özellikleri elektrod örtüsünün yaklaşık %50'si rutil (TiO_2) maddesinden oluşmuştur. Arkları son derece kararlıdır. Örtüde bir miktar (standartlar içinde) nem bulunmasından dolayı orta derecede Oksijen (O_2) içermektedirler. Dolayısı ile kaynak dikiş profilleri düzdür. Cürufunun rengi siyah olup, kolay temizlenir, hatta soğuma sonucu kendiliğinden düşer. Yüksek mukametli çelikler için kullanılmaları uygun değildir. Düşük karbonlu çelikler için uygun dahi olsa, kaynatılacak parça 20 mm'den kalın veya kaynak sonrası çok hızlı soğumaya neden olacak büyüklükte ise, parça ortam sıcaklığındayken rutil elektrodlar ile kaynak yapılmamalıdır. Kaynağa komşu bölgelerde (ITAB) ısı etkisi ile tanelerin arası açılır ve buralara elektrodaki bir miktar nemden kaynaklanan hidrojen (H_2) yerleşir. Normalde kaynak ilerledikçe bu bölgelerden uzaklaşılır ve yavaş soğuma beklenir. Dolayısı ile havadan yaklaşık 1,5 kat daha hafif olan H_2 'nin de bu yavaş soğuma sürecinde, bu bölgeleri terk etmesi beklenir. Ancak kalın kesitlerde bu soğuma hızlı olacak (yani 200°C nin altına süratle inecek) dolayısı ile H_2 buralara sıkışıp gözenek oluşmasına neden olacaktır. Böyle durumlarda kaynağı, ya H_2 içermeyen (bazik gibi) elektrodlar ile yapmalı, ya da iş parçasının tamamı kaynak öncesi yaklaşık 200°C 'e kadar ısıtılmalıdır. Katalog, kutu üzeri veya başka bir dökümanda aksi belirtilmedikçe, rutil elektrodlar hem AC akım kaynak makinaları (trafo), hem de DC akım kaynak makinalarında kullanılabilir. Yine aksi belirtilmediyse DC akımda, elektrod (pense) negatif (-) kutba bağlanmalıdır. Kullanımları kolay olan elektrodlardır. Ancak unutulmamalıdır ki, üretici firmaların, ürünleri ile ilgili önerdikleri parametreler ile çalışılması gerekir [13].

Asit örtülü elektrodların örtüsü fazla miktarda ferromangan, demiroksit, kuvars ve diğer dezoksidan maddeler içermektedir. Bu elektrodlar genelde kalın olarak üretilirler ve kaynak sırasında, kaynak metalinin geçişi, örtü kalınlığı arttıkça inceler. Curufların katılaşma aralığı geniştir; çabuk akan ve düz dikişler veren bir elektrodur. Yukarıdan aşağıya doğru düşey kaynak hariç diğer tüm pozisyonlarda kullanılabilir. Curufun arka tarafından görünüşü bir bal peteğini andırır, çok gözenekli ve gevrekli. Hem doğru hem de alternatif akımda kullanılabilen bu elektrodların aralık doldurma yeteneği iyi değildir, kaynak ağızlarının iyi hazırlanması, birbirine uyumlu olması gerekir [1]. Asit örtülü elektrodlar, literatürlerde yer almakla birlikte günümüzde neredeyse üretimleri durdurulmuştur. Asit örtülü elektrodların dikiş görünüşleri son derece düzgün olmakla birlikte, mukavemet değerleri rutil ve bazik elektrodlara nazaran oldukça düşüktür. Önceleri görünüşleri itibari ile düzgün dikiş vermeyen,

ancak mukavemetleri iyi olan rutil veya bazik elektrodlar ile yapılan bağlantıların üstüne kapak dikişi kavramı ile asit örtülü elektrodlar kullanılarak kaynak yapıldı. Oysa ki günümüzde üretilen gerek rutil gerek bazik elektrodlar, hem mukavemet hem de görünümleri açısından üstün özelliklere sahip olduğundan asit örtülü elektrodlar ile uygulama yapılmasına gerek kalmamaktadır [13].

Oksit örtülü elektrodlarda örtünün önemli bir bölümü demiroksittir, kaynak sırasında metal geçişi bir akış halindedir. Yüksek akım yüklenme özelliğine sahiptirler; kaynak yaparken yüksek sıcaklık nedeni ile curuf ve metal, çok akıcı konuma geldiğinden ancak yatay ve oluk pozisyonlarda kullanılırlar. Kaynak sırasında şiddetli karbon ve mangan yanması olduğundan yalın karbonlu çeliklerin kaynağı için çok elverişlidirler. Ancak, kaynak metali ve curuf çok akıcı olduğundan bu tür elektrodların, aralık doldurma yeteneği iyi değildir. Ark sıcaklığı çok yüksek olup, sıcak çatlama eğilimi fazladır. Güzel görünüşlü ve düzgün dikiş elde edilmek istendiğinde oksit tür elektrodlar kullanılmalıdır. Magnetit, kuvars, kalsiyum karbonat, kaolen ve cam suyu belirli ölçülerde karıştırılarak oksit tür elektrod örtüleri elde edilir [1,14].

Bazik örtülü elektrodlar genellikle kalın örtülü olarak üretilirler. Elektrodların örtüsü, kalsiyum ve diğer toprak alkali metallerin karbonatları ile bir miktar kalsiyum florür içermektedir. Bu örtünün bileşiminde karbonatlar yalnız başlarına kullanılmazlar, tersi durumda oluşan curuf kaynak metalini örtemez, kalsiyum florür curufa, kaynak metalinin iyi ıslatma ve banyoyu oksidasyondan ve gaz emişinden diğer curuf yapıcı mineraller oranla daha iyi korur. Bu tür curuflar sıvı iken çok akışkan olduklarından, akışkanlığı azaltmak için örtüye, az miktarda silikat veya rutil katılmaktadır; örtüye katılmış olan ferrosilisyum ise kaynak metalinde oksitlerin neden olabileceği gözeneklerin oluşmasını önlemektir.

Bazik elektrodların örtülerinde hidrojen oluşturacak maddeler bulunmadığından kaynak sırasında, dikişin hidrojen kapma olasılığı çok azdır. Hidrojenin, geçiş bölgesinde ince dikiş altı çatlaklarına neden olduğu göz önüne alınırsa, bazik elektrodların kullanılmasının önemi kendini gösterir.

Kaynakta hidrojen oluşturan ve bağlayıcı olarak kullanılan sodyum ve potasyum silikatın içindeki nemi tamamen yok edebilmek için bu elektrodlar 400–500 °C'lik kurutma işlemine tabi tutulurlar. Bazik elektrodlar çok hidroskopik olduklarından

kuru yerlerde depolanmalı ve rutubet kapmış elektrodlar ise kullanılmadan önce mutlaka 250 °C’de, en az 30 dakika kurutulmalıdırlar.

Bu tür örtülü elektrodlarda kaynak metali, kaynak banyosuna, orta irilikteki damlalar halinde geçer; curuf kahverengiden siyaha kadar değişir ve curufun kalkması diğer elektrodla kıyasla daha güçtür. Bazik elektrodlar genel olarak doğru akımda pozitif kutuba bağlanarak kaynak yapılır; bazı türleri alternatif akım ile de kullanılabilir, ancak bunların örtülerinde potasyum bileşiklerinin bulunması gereklidir; bunu sağlamak için de genellikle bağlayıcı olarak potasyum silikat kullanılır.

Bazik elektrodlar tüm kaynak pozisyonlarında kullanılabilirler. Aralık doldurma yetenekleri çok iyidir. Bu elektrodlarla yapılmış olan kaynak dikişleri oldukça iyi mekanik özelliklere sahiptir. Bazik elektrodlar, sıfır altı sıcaklıklarda da oldukça yüksek çentik darbe mukavemetine sahip olan dikişler verirler.

Bazik elektrod örtüsü, daha önce de belirtildiği gibi sıvı durumda iken çok akışkan bir curuf oluşturur; bu durum kaynak dikişinin iç bükey ve kaba görünümlü olmasına yol açar. Bunu önlemek, yani curufu biraz daha az akışkan duruma geçirmek için örtüye, bir miktar zirkonyum oksit veya zirkonyum silikat katılır. Örtüsü böyle olan elektrodla zirkon-bazik tür elektrod adı verilir. Örtüye zirkonyum oksit veya silikat yerine; rutil veya ilmenit katılması ile de curufun akıcılığını ayarlamak olanağı vardır. Ancak, bu durumda örtü, bazik türden çok, içine kalsiyum florür katılmış rutil tür elektrod özellikleri taşımaktadır. Bugün bu tür örtüsü olan elektrodla rutil-bazik tür örtülü elektrod adı verilmektedir [1].

Hemen hemen tüm kaynak pozisyonları için uygun olan bazik örtülü elektrodların kullanıldıkları başlıca yerler şunlardır:

- Bileşimi bilinmeyen, karbonlu ve az alaşımlı çelikleri kaynağında,
- Yüksek miktarda karbon, kükürt, fosfor ve azot içeren çeliklerin kaynağında,
- Farklı karbon içeren çeliklerin kaynakla birleştirilmelerinde,
- Çatlama olasılığını azaltmak amacıyla kalın kesitli parçaların kaynağında,
- 0 °C’nin altındaki sıcaklık derecelerinde çalışan makine, donanım ve yapıların kaynağında,
- Dinamik zorlamalara karşı yüksek mukavemet istenen kaynak dikişlerinde,

- Rijit konstrüksiyonların kaynağında.

Bazı durumlarda, bazik karakterli örtülü elektrodlar ile kaynak edilmiş parçaların kök pasolarında küçük gözeneklere rastlanabilmektedir. Bunlar, elektrodun yanlış seçilmesi, hatalı kullanılması ve hatalı işlem uygulanması sonucunda oluşmaktadır [20,14]

Selülozik örtülü elektrodlar, karbon çelik bouların özellikle kök ve sıcak paso kaynaklarında kullanılırlar. Ark atmosferlerindeki yüksek H_2 (hidrojen) dolayısı ile nüfuziyetleri diğer elektrodlara göre %70 daha fazladır. Bu özelliklerinden dolayı, içerisinde hava bulunan boru konstrüksiyonlarında, kaynak sırasındaki bu havanın ısınması ve erimiş kaynak banyosunun arka tarafından gözeneklendirmesi riskini ortadan kaldırmak için kullanılırlar. Bunun yanısıra, boru kaynaklarında daha hızlı kaynak işlemi gerçekleştirebilmek için, borunun yuvarlak formundan dolayı aşağıdan yukarıya kaynak yerine yukarıdan aşağıya kaynak uygulaması yapılması daha doğrudur. Bu tip kaynak işlemine ise selülozik örtülü elektrodlar ve bazı rutil-selülozik ya da bazik-selülozik karışımı elektrodlar uygundur. Örtüleri selüloz içerirler (adları da buradan gelmektedir), dikiş profilleri dışbükey görünümündedirler, yüksek alaşımlı ve mukavemetli çeliklerin kaynakları için uygun değildirler, üretici firma tarafından aksi belirtilmedikçe DC akımda kullanılırlar. Bu durumda da yine aksi belirtilmediyse pozitif (+) kutba bağlanırlar. Ancak bazı uygulamalarda kök pasolarda daha derin nüfuziyet için negatif (-) kutba bağlanması önerilmektedir.

Bazik örtülü elektrodlarda olduğu gibi dik açığa yakın (85° gibi) ilerleme açısı kullanılmalıdır [13]. Örtülü elektrodların karakteristik özellikleri Çizelge 2.6' da gösterilmiştir.

Çizelge 2.6 : Örtülü Elektrodların Karakteristik Özellikleri [1].

Tür	Formül	Karakteristik Özellikleri
Rutil	%20–60 rutil	Selüloz ark bölgesinde yanarak gaz koruması oluşturur. Hidrojen kaynak ısı girdisini artırır.
	(titandioksit),	
	%10–20 selüloz,	
	%15–30 kuvars,	
	%0–15 karbonatlar,	
	%5–10 ferromangan,	

Selülozik	Yaklaşık olarak %40–60 rutil, %15–20 kuvars, %0–15 karbonatlar, %10–14ferromangan, %0–5 organikmaddeler	Oluşan curuf kaynak metalini örterek koruyucu etki yapar. Hidrojen bileşeni oldukça yüksektir (15–30 ppm). Kaynak dikişinde fazla miktarda kalıntı oluşumu tehlikesi vardır.
Asidik	Demir ve mangan tozu,kuvars, karışık silikatlar,karbonatlar, ferromangan.	Oldukça yüksek hidrojen Bileşeni ile kaynak metalinde yüksek miktarda curuf oluşumu bulunur.
Bazik	%20–50 kalsiyum karbonat,%20–40 (fluspat) kalsiyumflorür, %0–5 kuartz, %0–10 rutil, %5–10 ferro alaşımlar.	Düşük miktarda hidrojen içerirler (≤ 10 ppm); özellikle az alaşımlı yapıçeliklerinin kaynağında kullanılır. Elektrodlar kuru olarak tutulmalıdır. Kaynak metalinde düşük miktarda katkı bulunur.

Değişik uygulamalar için kullanılan özel elektrodlar da mevcuttur. Demir tozlu elektrodlarda demir tozu, örtü bileşeni olarak büyük çapta kullanılmaktadır. Demir tozu miktarı, bazı durumlarda toplam örtü ağırlığının yarısı kadar olabilmektedir. Elektrod örtüsüne iyi özellikler kazandıran demir tozu, değişik oranlarda olmak üzere her örtüye katılmaktadır. Ark atmosferinde metal iyonlarının varlığı ark plazmasının kararlılığını artırmakta ve elektrod daha düzgün yanışlı bir duruma gelmektedir. Bu bakımdan günümüzde selülozik örtülü elektrodla da az bir miktar demir tozu katılmaktadır. Demir tozu özellikle fazla miktarda curuf veren örtülerde curufun oksijen içeriğini arttırarak kaynağın daha pürüzsüz bir yüzeye sahip olmasına ve dolayısı ile de curufun kolay temizlenmesine olanak sağlar. Belirli bir oranın üzerinde katılan demir tozu, örtüyü iletken hale getirmekte ve elektroda temas (kontak) elektrodu olarak kullanılabilme özelliğini kazandırarak, arkın kararlılığını artırmakta, aynı zamanda dikişe geçerek ergime verimini yükseltmektedir. Kaynaktan sonra parça tartılarak ek kaynak metali miktarı hesaplandığında, ağırlığının elektrodun çekirdek telini ağırlığından daha fazla olduğu görülür; zira örtünün içeriğindeki demir tozu da ergiyerek dikişe karışmakta ve bu fazla ağırlığı

oluşturmaktadır. Demir tozlu elektrodların ergime verimi %120'nin üzerinde olarak hesaplandığından bu elektrodlara yüksek verimli elektrodlar da denilmektedir. Derin nüfuziyet elektrodları kalın örtülü elektrodlar olarak üretilirler, örtü karakteri önce açıklanmış türlerden biri olabilir. Çift örtülü elektrodlar grubuna giren elektrodlarda örtü üst üste sıvanmış iki ayrı türden yapılmıştır. Bu türün ilk uygulaması bakırın kaynağında kullanılmıştır; geç ergiyen bir dış örtü yardımıyla ısıнын odaklanması sağlanmıştır. Günümüzde iç örtüsü rutil dış örtüsü bazik olan e-* lektrodlar üretilmiş ve bu şekilde rutil elektrodun uygulama kolaylığı ile bazik elektrodla yapılmış kaynak metalinin üstün çentik-darbe mukavemeti birleştirilmiştir. Bu tür elektrodların fiyatlarının pahalılığı tüketimlerini sınırlamaktadır. Alaşım elementlerini örtüden alan yüksek alaşımlı birleştirme kaynağı elektrodları ile sert dolgu elektrodlarına çift örtü uygulaması çok etkili sonuçlar vermektedir, burada iç örtü alaşım elemanlarını içermekte, dış örtü standart görevini yerine getirmektedir. Su altında kaynak uygulamalarında kullanılan sualtı örtülü elektrodları prensip olarak yüksek oranda demir tozu içeren kalın örtülü rutil elektrodlardır. Bunların dış cidarı suyu örtüye geçirmeyen özel bir boya tabakasıyla kaplanmıştır. Bazı hallerde boya yerine sodyum silikat (cam suyu) da kullanılmaktadır. Son yıllarda örtüye az miktarda titanyum ve bor ilavesi ile karbür oluşumu teşvik edilerek, ferrit miktarının artırılarak kaynak metalinin gevrekleşmesinin azaltılması yönünde çalışmalar yapılmaktadır [1].

Kaynak edilecek malzemeye göre örtülü elektrod türleri farklılık göstermektedir. En iyi elektrod hangisidir sorusuna cevap vermek mümkün değildir. Herbir uygulama için belirli bazı soruların sorularak en uygun elektrod türünün seçilmesi gerekir. Kaynak edilecek çeliğin türü, ısıl işlem durumunu, mekanik işlem durumu ve mekanik özelliklerinin ne olduğu, kaynakta çatlama riskinin olup olmadığı, kaynak metalinden istenen mekanik ve kimyasal özelliklerin ne olduğu, elde hangi tip kaynak makinası olduğu, kaynak ve bağlantı tipi, kaynak edilecek çeliğin kalınlığı, ısı girdisinde herhangi bir sınırlamanın olup olmadığı önemli hususlardır. Bu hususlara uygunluk sorgulandıktan sonra ekonomik fiyatta optimum performans sağlayan elektrod seçilir [21].

Alaşımsız ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan elektrodlar, örtü türlerine göre çeşitli gruplara ayrılırlar. Alaşımlı çelikler, dökme demirler ve demir dışı metal ve alaşımlarının kaynağında kullanılan elektrodların örtüleri genellikle rutil ve bazik

karakterli olmalarına karşın, alaşımsız ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan elektrodların örtüleri bütün türlerden olabilir. Bununla birlikte, son yıllarda asit ve oksit karakterli örtülü elektrod tüketiminde büyük bir gerileme vardır. Ülkemizde bu tür çeliklerin kaynağında uygulama kolaylığı nedeni ile rutil karakterli örtüler tercih edilmektedir.

Batı Avrupa ve Kuzey ülkelerinde ise düşük sıcaklıktaki yüksek toklukları nedeni ile bazik karakterli örtülü elektrodlar daha yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.

Bu tür çeliklerin kaynağında elektrod seçiminde parçanın çekme mukavemeti ile çentik darbe mukavemeti göz önüne alınır, genellikle kimyasal bileşimin elektrod seçimine bir etkisi yoktur. Kalın parçaların kaynak ile bileştirilmesinde, soğuk ortamlarda çalışacak konstrüksiyonlarda, kükürt ve fosfor içeriği yüksek çeliklerin kaynağında da bazik karakterli elektrodlar tercih edilir. Yalın karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan örtülü elektrodlar ülkemizde eski TS 563, Almanya'da eski DIN 1913 ve bunların yerine hazırlanan ve tüm AB ülkelerinde geçerli olan EN 499'da, Amerika'da AWS A5.1 ve ASTM-A233'e göre sınıflandırılmışlardır.

Az alaşımlı, yüksek mukavemetli çelikler ve ince taneli yapı çeliklerinin kaynağında kullanılan elektrodlar çeşitli türlere ayrılan çelik gruplarının kaynağında kullanıldıklarından çok çeşitlidirler. Genel olarak aynı gruba giren çelik türleri gibi alaşımlandırılmışlardır. Elektrod seçiminde en önemli kriter kaynak sonrası ısıtma işlemi uygulanıp, uygulanmayacağı da göz önünde bulundurularak, istenen mekanik özelliklerin sağlanması koşuluna dayanır. Birçok durumda kaynak metalinin çok düşük sıcaklıklardaki çentik darbe mukavemeti ve kaynak dikişinin radyografik kontrolden başarılı geçmesi öngörülen koşullardır. Bu elektrodlar Amerikan AWS A5.5 ve AB ülkeleri ve ülkemizde de EN 499 ve EN 757'de sınıflandırılmışlardır [1]. Paslanmaz ve korozyona dirençli çelikler için örtülü elektrodlar rutil ve bazik örtülü olabilirler, bazik örtülüler kesinlikle doğru akım pozitif kutupta kullanılırlar. Bu gruba giren elektrodlar, martenzitik kromlu, ferritik kromlu, ostenitik krom-nikelli, duplex (ferritik-ostenitik) paslanmaz çeliklerin ve diğer korozyona dirençli çeliklerin kaynağında kullanıldıklarından ve bu çeliklerin bileşimleri de birbirinden farklı olduğundan çok çeşitli türleri vardır.

Bu elektrodlar Amerika'da AWS A5.4, AB ülkeleri ve ülkemizde de EN 1600'de sınıflandırılmışlardır.

Bu standartlarda genellikle kaynak metalinin bileşimini belirten simgeler kullanılmaktadır. Bazı tür elektrodlar kaynak dikişinde krom karbür oluşumuna engel olmak amacı ile niyobyum katılarak stabilize edilmişlerdir. Paslanmaz ve korozyona dirençli çeliklerin kaynağında kullanılan elektrodların bir grubu kaynak metaline geçecek olan alaşım elementlerini elektrod çekirdek telinden, diğer bir grubu ise elektrod örtüsünde bulunan metal tozlarından sağlar; birinci gruba girenler normal elektrod, ikinci gruba girenler ise sentetik elektrod olarak adlandırılır. Paslanmaz çeliklerin kaynağında kaynak elektrodu seçiminde esas metalin bileşimi, bulunduğu ortamın özellikleri ve sıcaklığı ile mekanik zorlamalar göz önünde bulundurulur [1]. Dökme demir türleri kimyasal bileşimleri, metalürjik ve kimyasal özellikleri nedeni ile ancak özel olarak bu işler için geliştirilmiş elektrodlar kullanılarak kaynak edilebilirler. Bu tür elektrodlar esas metale benzer kaynak metali veren ve esas metalden farklı kaynak metali veren elektrodlar olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Birinci gruba giren elektrodlar, alaşımsız çelik çekirdekli ve dökme demir (kır dökme demir veya sfero dökme demir) çekirdekli olmak üzere iki ayrı türdür ve bunlar iş parçasına 150–750 °C arasında bir ön tav verilerek kullanılırlar. Ön tav derecesi parçanın büyüklüğü, biçiminin karmaşıklığı ve işlem sonrası kaynak bölgesinin işlenip işlenmeyeceği göz önünde bulundurularak saptanır. Bazı özel durumlarda, örneğin, dökümhanelerde parça üzerinde görülen ufak çukurcuk ve çatlaklar parçanın biçimi uygunsa ve o bölge işlenmeyecek ise ön tavsız olarak bu elektrodlar ile tamir edilebilirler.

İkinci gruba giren elektrodlar saf nikel ve nikel esaslı elektrodlar ile bakır esaslı elektrodları kapsamaktadır. Günümüzde dökme demir parçaların tamir kaynağında veya dökme demir parçaların bir başka tür metal ve alaşım ile birleştirilmesinde nikel ve nikel esaslı elektrodlar çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu elektrodlar ön tav gerektirmeden kullanılabilirler. Kalay bronz ve alüminyum bronz elektrodlar genellikle esas metal tüm olarak 200 °C civarına ısıtıldıktan sonra doğru akım ters kutuplama ile uygulanırlar.

Burada akım şiddeti çok az miktarda esas metalin kaynak metaline karışabileceği büyüklükte seçilir. Bu gruba giren elektrodlar ikinci derecede önemli birleştirmeler ile kır dökme demir üzerine özel dolgular yapılması işlerinde kullanılır[1].

Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında kullanılan örtülü elektrodlarda örtünün üç önemli görevi vardır.

- Ark bölgesini korumak için koruyucu gaz örtüsü oluşturmak,

- Alüminyum oksidi zararsız hale getirecek bir dekapan gibi etkimek,
- Kaynak dikişlerini örten bir curuf oluşturmak.

Oluşan curuf çok korozif olduğundan hemen kaynak sonrası kırılarak uzaklaştırılmalı ve kaynak bölgesi özel solüsyonlarla yıkanarak temizlenmelidir. Bu tür elektrodların örtüleri çok higroskopiktir ve az miktardaki nem dahi kaynak dikişinin gözenekli olmasına neden olur; bu bakımdan bu tip elektrodlar kaynak öncesi kesinlikle kurutulmalıdırlar. Bu elektrodlar daima doğru akım ters kutuplama (elektrod pozitif kutupta) ile kullanılır; yarısı kullanılmış elektrodların tekrar kullanılmaları gerektiğinde arkın tutuşturulabilmesi için bunların uç kısımlarındaki ergimiş curuf kesinlikle kırılmalıdır.

Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında esas metalin bileşimine ve ısıl işlem durumuna uygun olarak üretici tarafından önerilen örtülü elektrodlar ancak tehlikeli olmayan tamir işlerinde doyurucu sonuçlar verirler, üretimde gaz altı kaynak yöntemleri tercih edilir.

Bakır ve alaşımlarına uygun çok çeşitli türde örtülü elektrodlar günümüzde üretilmektedir, bunlar bileşimlerine ve kullanma yerlerine göre gruplara ayrılabilirler: Saf bakır elektrodlar, saf bakırın kaynağı ile çelik veya dökme demir üzerindeki bakır kaplamaların tamir kaynağında kullanılır. Silisyum bronz elektrodlar, bakır-çinko alaşımları, bakır ile bazı demir esaslı alaşımların kaynağında uygulama alanına sahiptir; aynı zamanda korozyon direnci sağlamak için yüzey kaplama işlerinde kullanılırlar. Fosfor bronz elektrodlar, pirinç ve fosfor bronzlarının kaynağında uygun sonuçlar vermektedir; bunlar aynı zamanda bakırın dökme demire lehim kaynağı ile birleştirilmesinde de uygulama alanına sahiptirler. Bakır-nikel alaşımı elektrodlar, bakır-nikel alaşımlarının kaynağı ile çelik üzerine bakır-nikel alaşımı kaplama işlerinde kullanılırlar.

Alüminyum bronz elektrodlar çok yaygın bir uygulama alanına sahiptirler; alüminyum bronzlarının kaynağının yanı sıra, bakır alaşımlarının başka türlü alaşımlar ile birleştirilmelerinde kullanılırlar. Bu elektrod ile çelik üzerine dolgu yaparak aşınmaya ve korozyona dirençli yataklar üretilmektedir. Nikel ve alaşımlarının ark kaynağında kullanılan örtülü elektrodlar, genel olarak esas metalin kimyasal bileşimine benzer bileşimdedir; yalnız bunlar fazladan kaynak metalinin dezoksidasyonunu sağlamak ve çatlamasını önlemek için bir miktar titanyum, mangan ve niyobyum içerirler. Bu elektrodlar genellikle doğru akım ters kutuplama (elektrod pozitif kutupta) ile kullanılırlarsa da, özellikle nikelli çeliklerde

ark üflemesine engel olmak amacı ile alternatif akım ile de uygulanabilen türleri geliştirilmiştir. Bu elektrodlar yatay ve oluk pozisyonlarda kaynak yapmak için iyidirler; diğer pozisyonlarda kullanılmaları ancak ince çaplı elektrodlar durumunda olasıdır. Bu tür elektrodların çekirdeklerinin elektrik direnci yüksek olduğundan hiçbir zaman verilmiş olan akım şiddeti üzerindeki değerlerde kullanılmamalıdır, aksi takdirde elektrod ısınır, örtü bozulur ve dolayısı ile de ark kararlılığını yitirir, aşırı sıçrama başlar. Doldurma kaynağı (sert dolgu) elektrodları çeşitli aşınma mekanizmaları sonunda aşınmış veya korozyona uğramış makine parçalarının doldurulmasında kullanılır; ayrıca son yıllarda üretimde, aşınması olası bölgelerin bu tür elektrodlar ile doldurularak daha dirençli bir hale getirilmesi yöntemi de geniş bir uygulama alanı da bulmuştur. Oksi-asetilen yönteminde olduğu gibi ark yardımı ile de kesme yapmak olanağı vardır. Arkla kesmede prensip, elektrodlarla kesilen parça arasında oluşturulan arkın etkisi ile metal veya alaşımın ergiyerek birbirlerinden ayrılmasıdır. Ark ile kesme yöntemleri tarihsel gelişim içindeki incelenmesi şu şekilde yapılabilmektedir. Karbon elektrodlar ile yapılan kesme işleminde üzeri bakır kaplı grafit elektrodlar, doğru akım, (+) kutupta kullanılır. Bu elektrodlarla yapılan kesmenin esas parçanın kısmen ergimesine dayandığı için kesilen yüzeyler çok kaba olur ve sonradan işlenmesine gerek duyulur. Bu yöntem daha çok hurda kesilmesinde veya delinmesinde kullanılır. Örtülü elektrodlarla kesmede özel olarak üretilen 4- 6 mm çapında asit, rutil, selülozik ve demir tozlu elektrodlar, 60- 70 A/mm²'lik doğru veya alternatif akım ile yüklenerek kesme işleminde kullanılır. Bu işlem için, bu akım yüküne dayanabilecek penselerin kullanılması da zorunludur. Örtülü elektrodlarla yapılan kesme, ergitme esasına dayanmaktadır. Bu nedenle kesilen ağızlar kabadır, sonradan talaş kaldırarak işlenmesi gerekir.

Oksi-ark yöntemi ile kesme yöntemi, oksijenle kesmeye benzer, burada tavlama alevinin yerini elektrodla parça arasında oluşturulan ark almıştır. Ark oluşturulduktan sonra elektrodun ortasındaki delikten basınçla gönderilen oksijen yanmayı sağlar ve böylece parça kesilmiş olur. Bu yöntem günümüzde sualtı kesme işlemlerinde uygulama alanı bulmaktadır.

Havalı karbon arkı ile (Arc-air yöntemi) kesme yönteminde karbondan yapılmış bir elektrod ve iş parçası arasında oluşturulan ark, metali ertir ve yandaki bir borudan gönderilen basınçlı hava eriyen metali bölgeden uzaklaştırır. Bu yöntemde metalin

oksitlenmesi söz konusu değildir. Metalin kaldırılması basınçlı havanın mekanik kuvveti ile sağlanır. Bu yöntem, daha çok parçalara kaynak ağzı ve oluk açmak veya hatalı kaynak dikişlerini sökmek için uygulanmaktadır. [1,14].

3. RUTİL ÖRTÜLÜ ELEKTRODLAR, BİLEŞENLERİ VE ETKİLERİ

Rutil elektrodlerde, örtü ağırlığının yaklaşık %35'den fazlasını titandioksit oluşturur. Örtü, titandioksitin yanı sıra feldspat, kuvars, az miktarda selüloz, yine az miktarda ferromangan; bağlayıcı olarakta sodyum veya potasyum silikat içerir. Değişik örtü kalınlıklarında üretilen rutil elektrodlerde ergiyen kaynak metali, örtü kalınlığı arttıkça incelen damlalar halinde geçer ve aynı zamanda artan örtü kalınlığı dikişin mekanik özelliklerine de olumlu yönde etkir. Bu tür örtüler, dikişi tamamen örten, oldukça kalın, rengi kahverenginden siyaha kadar değişen, çabuk katılaşıp curuf oluştururlar. Curufun özellikleri, örtüyü oluşturan maddelerin miktar ve türüne bağlıdır. Örtüye katılan feldspat ve asbest gibi silisli maddeler çok akıcı curuf veren titandioksit ile karışarak curufun uygun bir akıcılıkta kalmasını sağlar.

Bu tür elektrodlar ile hem doğru hem de alternatif akımda kaynak yapılabilir. Bu elektrodlar üniversal türlerdir, her pozisyonda kaynak yapmaya elverişlidirler; oldukça yumuşak bir ark ile sakin bir çalışma sağlarlar.

Rutil elektrodlar; rutil asit, rutil selülozik, ince örtülü rutil ve kalın örtülü rutil gibi gruplara ayrılır. Rutil asit türler herhangi bir asit tür örtüsünde bulunan, demir oksit yerine, titandioksit veya ilmenit konulmasıyla elde edilmiştir. Bu şekilde kaynak metalinin oksijen içeriği azaldığından daha iyi mekanik özellikler elde edilir. Kalın örtülü elektrodlerde, oldukça fazla miktarda curuf oluştuğundan koruyucu gaz atmosferine fazlaca gereksinim duyulmaz; dolayısı ile bu türler çok az organik madde içerirler. Rutil örtülü elektrodların belli başlı özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Uygun kaynak metali mekanik özellikleri,
- Curuf özelliğine bağlı güzel görünümlü kaynak dikiş profili,
- Florür içeren akıcı curuf ile her pozisyonda kaynak yapabilme yetkinliği,
- Kolay temizlenebilen curuf

Rutil örtü bileşenleri ve etkileri çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Rutil elektrod örtüsünü oluşturan hammaddeler ve etkileri [1,13,14,15,18]

İsim	İçeriği	Örtüye ve elektroda katılma amacı
Rutil	TiO_2	Curuf oluşumu sağlar. Akışkanlığa, viskoziteye etki eder. Yüksek akışkan ancak çabuk donan curuf sağlar. Curufun kolay kalkmasını ve dikişin güzel görünümünü sağlar.
İlmenit	FeTiO_3	Rutili kısmen ikame edebilir. (Ancak rutil yerine kullanıldığında, ark kesme, sıçrama, curufun zor kalkması, tutuşmada zorlanma gibi rutile göre göreceli olarak özelliklerde bozulma gözlemlenmiştir.) Curuf oluşumu sağlar.
Feldspat	$\text{Na}_2\text{OAl}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$ $\text{K}_2\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$	Curuf oluşturmak amacıyla 1400 °C derece altında ergiyen her silikatın kullanılması uygundur ancak pahalı silikatlar örtüye herhangi başka özellik katmadığı için kuvars ve feldspat tercih edilir. Bağlayıcılık sağlar.
Kuvars	SiO_2	Curuf viskozitesini artırır. Curuf oluşturmak amacıyla 1400 °C derece altında ergiyen her silikatın kullanılması uygundur ancak pahalı silikatlar örtüye herhangi başka özellik katmadığı için kuvars ve feldspat tercih edilir.
Demir Tozu	Fe	Etkin verim ve dolgu verimini artırır.
Kalsiyum Florit	CaF_2	Curufun bazikliğini artırır. Metal akışkanlığını artırır. Curuf oluşturur. Yüzey gerilimini ayarlar Metal oksitlerin çözünülebilirliğini sağlar , H_2 giderme , uzaklaştırma.

Mika	$\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2\text{K}_2\text{O}$	Ekstrüzyon işlemini kolaylaştırır. Şişme yapmaz. Bu mineraller birer silikat oldukları için kaynak sırasında curufa geçer ve curuf yapıcı bir bileşen rolünü oynarlar. Örtüye, kurutma sırasında ve kuruduktan sonra mukavemetini artırmak amacıyla bağlayıcı elemanların yanı sıra katılmaktadır.
Dolomit Kalsit	$\text{Mg Ca}(\text{CO}_3)_2$ CaCO_3	Kaynak bölgesini havanın olumsuz etkilerinden korumak için ark sıcaklığında ayrılmaya uğrayarak veya yanarak koruyucu bir gaz örtüsü oluşturmak amacıyla örtüye katılır. Curuf oluşturur ve curufun bazikliğini artırır. Kaynak metali oksijen seviyesini düşürmektedir.
Ferromangan		Deoksidasyon işlemi gerçekleştirmek ve alaşımlama yapmak amacıyla katılırlar. Curuf oluşumu sağlar.
Anataz	TiO_2	Pigment olarak görev yapar. Curuf oluşumu sağlar.
Selüloz		H_2O barındırır bu da nüfuziyete (penetrasyona) katkı sağlar. Kaynak bölgesini havanın olumsuz etkilerinden korumak için ark sıcaklığında ayrılmaya uğrayarak veya yanarak koruyucu bir gaz örtüsü oluşturmak amacıyla örtüye katılır. Örtü mukavemetini artırır.
Dektrin		Bağlayıcı olarak görev yapar , Kaynak bölgesini havanın olumsuz etkilerinden korumak için ark sıcaklığında ayrılmaya uğrayarak veya yanarak koruyucu bir gaz örtüsü oluşturmak amacıyla örtüye katılır.
K-Silikat	K_2SiO_3	Bağlayıcı olarak görev yapar , Ark stabilizasyonunda görev alır. Daha iyi kaynak penetrasyonu sağlar. Curuf oluşturulmasında rol oynar.
Sodyum silikat	NaSiO_2	Bağlayıcılık sağlar , Ark stabilizasyonunda görev alır , Curuf oluşturur
Demir oksit	Fe_2O_3	Curuf Oluşumunda görev yapar Metal transferini geliştirir , artırır , katkı sağlar , Ark stabilizasyonunda görev alır. Akışkanlığı artırır.

Sodyum , Potasyum Karbonatlar	$\text{Na}_2\text{CO}_3, \text{K}_2\text{CO}_3$	Plastiklik kazandırır , Örtünün akışını , debisini düzenler , yumuşatır.
Magnezyum Oksit	MgO	Yüzey gerilimini ayarlar.
Magnezyum Karbonat	MgCO_3	Gaz oluşumunda görev alır.
Talk – Magnezyum silikat	$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	Curuf oluşumunda ve ark stabilizasyonunda görev yapar.
Kaolen	$\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2\text{H}_2\text{O}$	Ekstrüzyon (pres) işlemini kolaylaştırır, Elastiklik , plastiklik sağlar, Örtü mukavemetini arttırır.(Yaş mukavemeti arttırır) Curuf oluşumunda görev alır , Diğer silikatların sağladığı özellikleri sağlar.

3.1.Rutil

Rutil; TiO_2 'nin yüksek basınç ve yüksek ısı polimorfu olup, tetragonal sistemde kristalleşir. Rutilin karakteristik bir rengi olmayıp; koyu kırmızı, kırmızımsı kahverengi, bazen sarı veya siyah nadiren mavi, yeşil, ince iğneleri kahverengimsi kırmızıdır. En çok görüleni ise “Balrengi” oluşturmaktadır. Mohs sertliği; 6-6.5, özgül ağırlığı; 4.2-4.3 gr/cm^3 'tür. Kolay kırılır, metalimsi elmas parıltılıdır. Prizmatik kristalleri, dirsek ikizleri, rengi ve parlaklığı tanıtıcı özellikleridir. Rutil mineralleri saf halde %90-95 TiO_2 içermekte olup, yapısında % 60Ti,% 40 O_2 bulunmaktadır. Çoğunlukta Fe, bazen V içerir. Demiri çok olan siyah renkli rutil'e “nigrin” adı verilir [4].

3.2 İlmenit

Kimyasal formülü FeTiO_3 'dür. Özgül ağırlığı 4.7-4.8 g/cm^3 arasında değişmektedir. Sertliği 5-6 mohs, parlaklığı ise metaliktir. Siyah renkli olup, manyetik duyarlılığı yüksektir. Hegzagonal sistemde kristallenmiştir. HCl ve HF asitlerinde erir. Yüksek sertliği, iç yansıması, anizotropi, reflektivitesi (19-20°) ile kolay tanınmaktadır. İç yanması her zaman belirgindir. Renksiz, sarı, kahverengi, kırmızımsı kahverengi veya kahverengimsi eflatun, nadiren yeşil renk değişimleri gösterdiği için kuvvetli anizotrop tur [5].

3.3.Dolomit

Birleşiminde %50'den fazla CaCO_3 bulunduran, kimyasal, biyokimyasal veya dendritik çökelimli sedimanter kayalara, kireçtaşı, magnezyum oranları yüksek olan kireç taşlarına da dolomit denilmektedir. Ticari olarak iyi kalite bir dolomitin %20 oranında MgO ihtiva etmesi gerekir [6]. Bileşimi $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ olan ve bir çift karbon bileşiği olan dolomitin, kalsitten ayrı özellikte bir mineral olduğu ilk kez Fransız Jeolog Dolomiev Sylusion tarafından belirlenmiştir. Dolomit, kireçtaşlarından CaO 'in yerini kısmen veya tamamen MgO 'in alması ile oluşmaktadır. Bu yüzden bileşimi açısından kireçtaşları ile ilişkisi olup, yanarda ve düzeyde daima kireçtaşları ile geçişlidir. Bünyedeki kalsit ve dolomit oranlarına göre bazı araştırmacılar tarafından şu şekilde sınıflandırılmaktadır;

- % 10'dan az kalsit, % 90'dan fazla dolomit; Dolomit
- % 10-50 kalsit, % 50-90 dolomit; Kalkerli dolomit
- % 50-90 kalsit, % 10-50 dolomit; Dolomitik kireçtaşı
- % 90-95 kalsit, % 5-10 dolomit; Mg 'lu kireçtaşı
- % 95'den fazla kalsit, % 5'den az dolomit; Kireçtaşı

Ticari olarak dolomite çeşitli sıcaklık değerlerinde işlemler uygulanabilir. Kalsinasyon işlemi uygulanmamış dolomite "ham dolomit", 1100 °C'de ısıtılma tutulmuş dolomite "kalsine dolomit", 1850-1950 °C arasında ısıtılma tabi tutulmuş dolomite ise "sinter dolomit" denir [7].

3.4.Kalsit

Kalsit bir mineral adı olup karbonatlı kayaları oluşturan bu mineralin kimyasal yapısı CaCO_3 dır. Çeşitli şekillerde kristal halde bulunan (rombaeder, tetragonal şeklinde kristallenir) camsı parlaklıkta, renksiz saydam yapıdadır. Kolay öğütülür ve beyaz renkli bir toz elde edilir, sertliği Moh skalasına göre 3, yoğunluğu ise 2,6-2,7 civarındadır.

Ülkemizde kalsit adı ile üretilen mineral karbonatlı kayaların (kireç taşları, mermer, tebeşir) ana mineralidir.

Bu formasyonlar

1. Kireç taşları (Metamorfizma geçirmemiş) birincil kayalardan beyaz renkli olanları Fransa, Mısır gibi ülkelerde öğütülerek değerlendirilir.)
2. Mermerler (kireç taşlarının metaforfizmayla yeniden kristalleşmesi ile oluşur,

ülkemizde mermer olarak yapı sektöründe ve beyaz renkli ve iri kristalli olanları bu rapora konu olan mikronize dolgu sanayiinde kullanılır.)

3. Kristal kalsitler (kireç taşı formasyonu arasında çatlak dolgularında saf saydam kristaller şeklinde oluşur genellikle ticari olarak üretim yapılamamaktadır.)

4. Tebeşir (organik fosiller olup İngiltere’de, Avrupa’nın bazı yörelerinde bulunur, beyazlık derecesi 87-88 civarında olup öğütülmesi kolaydır. Fakat ülkemizde üretimi yapılmamaktadır.)

Dünyada ticari olarak üretilen kalsit, (kalsiyum karbonat) oluşumları

- Beyaz renkli, saf kireç taşları
 - İri kristalli mermerler (Türkiye’de üretilen)
 - Beyaz tebeşir oluşumları
- olmaktadır.

Bunların içersinde beyazlığı en yüksek olanlar iri kristalli mermerler olmaktadır. Fakat diğerlerine göre öğütmede kullanılan enerji daha fazladır [11].

3.5. Selüloz,CMC

Sodyum Karboksimetil Selüloz piyasada genellikle (CMC) olarak tanınmaktadır. Saf CMC ,selüloz tutkalı olarak da adlandırılır.

Karboksimetil selüloz (CMC) NaOH ile alkali hale getirilen selülozun monoklor asetik asit veya sodyum monoklor asetat ile eterlenmesi sonucu elde edilir.

3.6 Florit

Fluorit, kalsiyum florür bileşiminde (CaF_2) olup saf olduğunda %51.1 kalsiyum ve %48.9 fluor ihtiva eder. Uluslararası ticari ismi "fuorspar" olan fluoritin esas elementi fluordur. Doğal fluorit kuvars, barit kalsit, galenit, sfalerit, siderit, sölstit, kalkopirit ve diğer sülfid mineralleri ile birlikte bulunur. Magmatik, metamorfik ve sedimanter kayalar içerisinde hidrotermal damar, dolgu ve metasomatik yataklar şeklinde oluşur. Kristal şeklinde olduğu zaman genellikle renksiz bazende mor, sarı, mavi, yeşil, gül rengi, kırmızı, mavimsi ve morumsu siyah ve kahverengi renklerde de görülebilmektedir. Mohs skalasına göre sertliği 4 tür. Spesifik gravitesi 3.01 ile 3.60 arasında değişir. Erime sıcaklığı 1378°C dir.

Fluor içeren başlıca mineraller ; fluorit (CaF_2) fluorapatit [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$] ve kriyolit (Na_3AlF_6)' tir.

Ticari anlamda fluorit üç ana sınıfta toplanmıştır.

- 1- Asit sanayiinde kullanılan (Asitspar veya Asitgrade)
- 2- Seramik sanayiinde kullanılan (Seramikspar veya ceramic grade)
- 3- Metalurji sanayiinde kullanılan (Metspar) [11] .

3.7 Kuvars

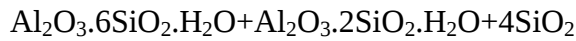
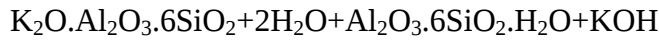
Kuvars SiO_2 bileşiminde sertliği 7, özgül ağırlığı 2.85 gr/cm^3 , ergime sıcaklığı 1785°C olan, yerkabuğunda en yaygın minerallerden biridir. Saydam veya mat, renksiz veya beyaz, kırmızı, pembe, mavi, mor gibi çeşitli renklerde kuvars vardır. Kristallerinin büyüklüğü bakımından iri kristalli olanlar: Dumanlı kuvars, Morion, Venüs saç, Ametist, Neceftaşı; kriptokristalin olanlar: Akik, Kalsedon, Çakmaktaşıdır. Kuvars jenetik olarak: 1- Magmatik, 2- Metamorfik, 3- Sedimanter kökenlidir. Doğada fay ve çatlaklarda filon halinde bulunur. Ayrıca cevher yataklarında gang minerali olarak rastlanır.

Düzgün ve temiz olan kuvars kristalleri optik ve elektronik sanayiinde ve süs taşı olarak kullanılmaktadır. Kuvars kristalleri elektronik sanayiinde frekans kontrol asilatörlerinde ve frekans filtrelerinde kullanılmaktadır. Süt kuvars ve camsı kuvars ise öğütülerek ve hazırlama işlemlerinden geçirilerek cam, deterjan, boya, seramik, zımpara, dolgu ve metalurji sanayiilerinde kullanılmaktadır.

Kuvars, Türkiye'de genellikle fay zonlarında, çatlaklarda, filonlarda ve cevher yataklarında gang minerali olarak bulunur. Ankara, İzmir, Aydın, Muğla, Çanakkale, Bitlis, Kütahya illerinde genellikle filon biçiminde kuvars rezervleri bulunmaktadır. Türkiye'de 4-5 milyon ton mertebesinde jeolojik kuvars rezervi mevcuttur. Görünür rezerv ve kaliteye yönelik ayrıntılı etüdler yetersizdir. Fakat anket formlarından elde edilen bilgilere göre Kale Madencilik A.Ş. Çanakkale: Biga-Bayramiç-Ezine yörelerinde 800.000 ton görünür. Söğüt Madencilik A.Ş. Çine bölgesi 2500 ton görünür, Toprak Madencilik A.Ş. de 825.000 ton görünür kuvars rezervleri olduğunu ifade etmişlerdir. Bu üç şirketin toplam görünür kuvars rezervleri 1 627 500 tondur Cam, seramik, deterjan, dolgu maddesi, filitre sanayilerinde en önemli girdidir. Cam sanayiinde kristal eşya ve züccaciye imalatında; Seramik Sanayiinde ise Sır ve frit yapımında, yer ve duvar karosunda izolator, elektro-porselen, glazür, sofr eşyası ile vitrifiye seramik yapımında kullanılmaktadır [12].

3.8. Kaolen

Kaolin, kil mineralleri sınıflandırması içinde bir grup kil mineraline verilen isimdir. En önemli minerali Kaolinit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) olan grubun diğer mineralleri diki, nakrit ve halloisiddir. Kaolinit alüminyum hidro silikat bileşimli bir kil mineralidir. Kaolin terimi altında çeşitli jenetik modellerle oluşmuş kaolin türleri ve kaolinitik killeri yer almaktadır. Kristal yapılarına göre yapılan kil sınıflandırmalarında, eş boyutlu ve bir yönde uzamış olanlar Kaolinit grubu olarak diğerlerinden ayrılmaktadır. Oluşum itibariyle, feldspat içeren granitik veya volkanik kayaların feldspatlarının altere olarak kaolinit mineraline dönüşmesi sonucu kaolinler oluşmaktadır. Ana kayaç içindeki alkali ve toprak alkali iyonların, çözünür tuzlar şeklinde ortamdan uzaklaşması sonucu Al_2O_3 içerikli sulu silikatça zenginleşen kayaç kaoliniti oluşturur.



3.9. Feldspat

Yeryüzünü oluşturan minerallerden en önemlilerinden biri olan feldspatlar, bir mineral grubunun genel adıdır. Feldspatlar, izomorf karışımları ve oluşum özellikleri bakımından 2 gruba ayrılırlar.

1- Alkali Feldspatlar

2- Kalko-sodik feldspatlar (plajioklaslar)

Alkali Feldspatlar

Ortoklaz $\text{K AlSi}_3\text{O}_8$

Sanidin $\text{K AlSi}_3\text{O}_8$

Mikroclin $\text{K AlSi}_3\text{O}_8$

Anortoz $\text{Na AlSi}_3\text{O}_8$

Albit $\text{Na AlSi}_3\text{O}_8$

3.9.1 Potasyum Feldspatlar: Bu mineraller arasında kristolografik yapı değişiklikleri vardır. Büyük çaplı bir katyon olan K^+ un bulunduğu veya çok bulunduğu yapılar monoklinik, Na^+ bakımından zengin olanlar trikliniklerdir.

Alkali feldspatlarda K ile Na feldspatlar arasında katı çözelti oluşum alanları çok dar olup, K yerini belirli ölçülerde ve bazı fiziki şartlarda Na alabilir. Tabiatta K-Feldspatlar çoğunlukla Na-feldspatlarla birlikte ve daha tali olarak da Ca-feldspatlarla birlikte bulunur. Bu grup içerisinde gerek oluşum gerekse seramik sektörü için en önemli olanı ortoklastır.

3.9.2 Plajiyoklaslar

a) Sodyumlu Feldspatlar $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ Sodyumlu feldspatlardan, plajiyoklas grubunun kalsiyum içermeyen üyesi albit olup, formülü $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 'dir. Doğada albit, K-feldspat ile katı çözelti oluşturmayıp ancak bir miktar K-feldspat ile birlikte bulunur. Albitlerin seramik ve cam hammaddesi yönünden önemi çok fazladır.

b) Kalsiyumlu feldspatlar: Kalsiyumlu feldspatların Na ve Ca miktarlarına göre oluşturdukları izomorf seri Çizelge 3.2'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.2: Plajiyoklasların oluşturduğu izomorf seri

		% Anortit Miktarı
Albit	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	0-10
Oligoklas		10-30
Andezin		30-50
Labrador		50-70
Bitovnit		70-90
Anortit	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	90-100

Feldspatlar, Ca ve Na içeriklerine göre izomorf bir seri oluştururlar. Feldspatlar doğada çok yaygın bulunmalarına rağmen az sayıda oluşum cam ve seramik sanayiine uygun özellikte hammadde içermektedir. Bunun nedeni, feldspat, özellikle K-feldspat oluşumlarının büyük çoğunluğunun ince taneli kayaların bileşeni olarak bulunması, demir içeren mineraller tarafından kirletilmiş olmasıdır.

Seramik ve cam sektörü için feldspatların erime derecelerinin büyük önemi olup, büyüklükleri ve erime dereceleri büyük rol oynamaktadır. Yayınlarda kesin rakamlar bulunmakla birlikte çok az miktarlarda da olsa içlerinde diğer feldspat kristallerinin izomorf halde bulunmaları erime derecelerini değiştirmektedir. Buna göre Potasyum

Feldspat 1200-1250 °C arasında, Sodyum Feldspat 1150-1225 °C arasında, Ca Feldspat 1500-1550 °C arasında, erime derecesi göstermektedir.

Bazı saf feldspatların kimyasal analizleri Çizelge 3.3 ' te sunulmuştur.

Çizelge 3.3: Bazı saf feldspat minerallerinin kimyasal bileşimi

	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Albit	11.8		-	19.4	68.8
Ortoklas		16.9		18.4	69.7
Anortit			20.1	28.6	43.3

Ticari feldspatlar; potasyum feldspat ve albit, birkaç cins feldspat mineralini içinde bulundurur. Bu nedenlerle teorik formüllere ulaşmak mümkün değildir. Ayrıca bu sektörde hiç istenmeyen mika (muskovit ve biyotit), turmalin, granat vb. mineraller kaliteyi etkileyen en önemli unsurlar olup, ekonomik bir şekilde flotasyon ve manyetik ayırma suretiyle bunları azaltmak mümkündür. Feldspat kaynak elektrodları üretiminin yanı sıra cam sanayisinde, seramik sanayisinde, boya ve plastik sanayilerinde kullanılmaktadır.

Kaynak Elektrodları Üretiminde Feldspatlar: Kaynak elektrodları, feldspatlar için geleneksel son kullanım alanlarıdır, çünkü bunların eritici özellikleri, elektrod kaplama malzemesi yapımında ideal bir bileşen olma özelliği kazandırır. Karışıma ilave edilen feldspatın iki önemli fonksiyonu vardır: ark stabilizörü olarak davranır ve kaynak çukuru korur. Ark stabilizörü olarak kullanılan materyaller, feldspat yanında potasyum ve sodyum silikat, kil, talk, nikel ve demir tozları gibi metalik katkı maddelerini içerir. Bunlar, düşük iyonlaşma potansiyellerine sahip elementler oluşturarak arkı stabilize ederler. Kaynak çukuru doldurulması durumunda ise, feldspat gibi erimiş katı bariyerden curuf oluşturucular kaynak çukurunu ve yeni kaynak yapılmış metali korurlar [13].

3.10. Mika

Mika başlıca granit bileşimli mağmatik kayalarda, şist ve gnays gibi metamorfik kayalarda bulunan bir mineraldir. Metamorfik ve mağmatik kayalarda bulunan muskovit, kimyasal bozunmadan etkilenmemekte ve bazı sedimanter kayalarda ince taneli detritik mineral olarak bulunmaktadır. İri kristalli muskovit ve flogopit

levhaları genellikle bölgesel metamorfizmaya uğramış kayaçlarda bulunur. Granit bileşimli pegmatitik kayaçlar, levha mikanın ana kaynağını oluştururlar. Filogopit levhalarına ise granitik kayaçların çevresinde ve kontakt metamorfizmadan etkilenmiş sedimanter kayaçlarda rastlanılmaktadır. Pegmatitler genellikle ticari olarak kullanıma uygun levha mikaların ana kaynağını oluştururlar. Yerkabuğunda muskovit içeren kayaçlar yoğun olarak bulunmasına rağmen, bu oluşumların çok azı ticari öneme sahiptir. Bu tip pegmatitler açık renkli ve iri kristalli mağmatik kayaçlardır. Mafik kayaç kütleleri ve büyük granit intrüzyonlarında genellikle dayk şeklinde bulunurlar. Doğada 60 metre kalınlığında, 300 metre uzunluğunda 60 ila 150 metre arasında değişen derinliklerde muskovit içeren pegmatitlerin işletildiği bilinmektedir. Bunun dışında daha sığyataklardan da muskovit üretimi yapılmaktadır. Pegmatitler feldispat, kuvars ve mika minerallerinin yanı sıra tali olarak granat, beril de içerebilirler. Pegmatitik oluşumlarda mineral dağılımları zonlanma ve tabakalanma gösterebilirler. Küçük kristalli muskovit mineralinin muhtelif kayaç türlerinde bulunmasına karşı, büyük levha muskovite doğada daha ender rastlanılır. Muskovit içeren pegmatitlerinin oluşumu çok ender olarak geniş hacimli olabilir. Mika farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip levhamsı, kompleks bileşimli hidroalüminyum silikat minerallerine verilen isimdir. Mineralojik olarak yerkabuğunun ağırlıkça % 3.8' ini oluşturan mikalar özellikle asitik mağmatik ve metamorfik kayaçlarda bol olarak bulunur. Mika grubu mineralleri arasında endüstriyel öneme sahip ana mineral muskovit ve flogopittir.

Muskovit; $KAl_2(AlSi_3O_{10})(F,OH)_2$. Muskovit, Rusya'nın Muscovy bölgesinde eski zamanlarda binaların dış cephelerinde cam olarak kullanılmaktaydı ve ismi bu bölgeden gelmektedir. Muskovit kayaç oluşturan önemli bir mineral olup mağmatik, metamorfik ve sedimanter kayaçların ana bileşenlerini oluşturur. Muskovitin düzgün ve muntazam bölünme göstermesi yapraksı yapısından ileri gelmektedir. Muskovit, monoklinik sistemde kristalleşmesine rağmen, kristal biçimi hegzagonal görünümündedir. Kristalografik olarak silis atomlarının etrafında oksijen atomlarının tetrahedral bir grup oluşturduğu tabakalı kafes tipi bir yapıya sahiptir.

Oksijen atomlarının her biri üç tetraeder tarafından ortak kullanılır. Tetrahedral gruplar bir düzlem içerisinde pseudohegzagonal bir ağ oluştururlar. İkili ağlar tetraederlerin üst kısımlarında hidroksil grubu ile birbirlerine bağlanırlar. Tabakalar

arasındaki boşluklarda ise potasyum atomları yer alır. Potasyum atomlarının konumu muskovitin dilinim düzlemlerini oluşturur.

Yapraksı yapılar arasında potasyum iyonları ile beraber az oranda sodyum, rubidyum, sezyum, kalsiyum ve baryum bulunabilir. Oktaedrik durumdaki alüminyum iyonu yerine üç ve iki değerlikli demir, titanyum, magnezyum, lityum, krom, vanadyum, mangan gibi iyonlar da bulunabilir. Bu yer değişimleri sonucu, muskovit bazı özel adlar alır. Kimyasal bileşiminde krom içeren muskovit özel bir isim fuksit, vanadyum içeren Roskolit, Mg, Fe^{+3} içeren Fengit, Li içeren Li-muskovit (lepidolit) olarak adlandırılır. Mükemmel bir dilinimlenme gösteren muskovit, yumuşak ve elastik özellik gösteren ince levhalara kolayca ayrılabilir. Çok ince levha halindeki muskovit, şeffaf, renksiz veya açık gri renkte olup, sedef parlaklığına sahiptir. Kalın levhaları ise yarı şeffaf, açık yeşil veya kırmızı renkte olabilir. Levha muskovit yüksek ısısal ve elektriksel özellikleri nedeniyle elektriksel alanda bir çok alette kullanılmaktadır. Hindistan, Pakistan, Brezilya ve Rusya önemli yataklara sahip ana ülkelerdir.

Flogopit; $KMg_3AlSiO_3O_{10}(OH)_2$. Flogopit, kırmızı - kahve rengi nedeniyle Yunanca phlogopas yani ateş görünümlü olarak adlandırılmıştır. Flogopit mika grubu içerisinde oldukça ender bir mineraldir. Diğer mika minerallerine nazaran daha üstün ısı ve elektriksel yalıtım özellikleri nedeniyle üretilmektedir. Açık kahve renkli flogopit karakteristik olmasına rağmen biyotitten ayrılması oldukça zordur. İdeal kristal boyutlarında flogopit levhalarına rastlanmak oldukça zordur. Rusya'nın Kola bölgesinde geniş oluşumlar gözlenir.

Mikalar çok geniş alanda kullanılmaktadır. Kullanıldıkları endüstrilere göre sıralayacak olursak; Elektrik - elektronik sanayi; En önemli uygulama alanları telefon santralleri, dinamo ve motor gibi yüksek voltaj indüksiyon aletlerinin yapımı, vakum tüpleri ve kapasitör imalatıdır. Boya sanayi; emülsiyon ve sentetik boyalar, korozyona karşı kullanılan boyalar, alüminyum boyalar, dahili ve harici boyaların imalinde kullanılmaktadır. Plastik endüstrisinde mika; otomobil, elektrik ve yapı endüstrilerinde kullanılan sert plastiklerin imalinde dolgu maddesi olarak kuvvetlendirici etki yaratmaktadır. Kauçuk endüstrisinde de dolgu maddesi olarak kullanılan mika, cerrah eldivenlerinden oto lastik üretimine kadar değişen geniş bir kullanım alanına sahiptir. Yalıtkan sanayinde düşük yoğunluklu ateşe dayanıklı ürünlerin kullanıldığı alanlarda yalıtkan olarak kullanılmaktadır. Petrol sondajlarında

sondaj çamuruna karıştırılarak kuyuda karşılaşılan çatlakları kapatmak amacı ile kullanılmaktadır. Ayrıca kağıt, kozmetik, döküm, tekstil ve gübre sanayinde, kaynak elektrodu imalinde, inci parlatma boya maddelerinde, yangın söndürme malzemesi imalinde, akustik ürünlerde yapıştırıcı, otomobilin içine gelen motor sesini önlemek amacıyla otomobil tabanına yerleştirilen malzemelerde katkı maddesi olmak üzere çok farklı alanlarda az da olsa kullanımı mevcuttur [9].

3.11. Vollaŝtonit

Vollaŝtonit'in endüstriyel bir mineral olarak tanımlanması yakın zamanlarda olmuştur. Hatta II. Dünya savaşının sonuna kadar ekonomik anlamda mineralin işletilmesi ile ilgili bir çalışma mevcut değildir. Endüstriyel bir mineral olan vollaŝtonit, doğal kalsiyum metasilikat olarak tanımlanır (CaSiO_3).

Araştırmalarda kaydedilen hızlı ilerleme, mineral için pek çok endüstriyel kullanım alanı doğurmuş ve geleneksel minerallerin yerine kullanıldığında, vollaŝtonitin pek çok avantaja sahip olduğunu kanıtlamıştır. İmalat esnasında karışım içindeki vollaŝtonitin birleştirici rolü, Amerikan seramik endüstrisinde geniş uygulama alanları yaratmıştır. Vollaŝtonit kullanımı ile gelişen pek çok özellikten bazıları ürün mukavemetinin artması ve tek pişirim karolarında pişme süresinin önemli oranda azalmasına imkan vermesidir.

Vollaŝtonitin teorik bileşimi % 48,3 CaO ve % 51,7 SiO_2 'den oluşur. Fakat doğada kalsiyumun yerine demir, manganez ya da magnezyum ile bulunuşu da olabilir. Saf halde beyaz lifsi görünümde olan mineral, impürüteler (çeşitli safsızlıklar) nedeni ile gri ya da kahverengi renk kazanabilir. Jeolojik olarak; skarn zonlarında kontak metamorfizma ürünü olarak, genellikle kireçtaşı, granit kontaktlarında oluşur. [13] .

Vollaŝtonit örtülü kaynak elektrodlarının yanı sıra seramik, boya, cam, refrakter sanayilerinde, kaplama işlerinde, mineral yünü eldesinde ve aşındırıcı olarak kullanılmaktadır.

3.12. Bentonit

Bentonit volkanik külün yerinde ayrışmasıyla oluşan ve büyük ölçüde montmorillonit kil mineralinden ibaret, çokça su emip şişen, ticari, olarak sondaj çamurunda, katalist, boya, plastik dolgu vb. konularda kullanılan toprağımsı bir

madendir. Mineralojik-kimyasal bileşimine, sanayi ve mühendislik uygulamalarıyla vb., kullanım alanlarına göre çeşitli sınıflandırmalar vardır.

Çok geniş bir kullanım alanı olan bentonit başlıca aşağıdaki işlevleri için tüketilir. Sondajlarda sondaj çamurunu ağdalaşıp kırıntıların yukarı çıkmasını sağlar, su kaçaklarını önler, döküm kumu bağlayıcısı olarak kalıpların hazırlanmasında (1600 °C'ye kadar dayanmaktadır); demir tozlarının peletlenmesinde, inşaat mühendisliğinde temel ve baraj yapılarında su ve sıvı sızdırmazlığı elde etmede, hayvan yemi yapımında, yemeklik sıvı yağların ağartılmasında, Şarap ve meyve sularının berraklaştırılmasında, ilaç, kağıt, lastik sanayinde dolgu maddesi olarak, çimento sanayinde, seramik sanayinde katkı maddesi olarak, evcil hayvanların altlarına yayılacak atıklarının kolay temizlenmesinde, petrol rafinasyonunda, atık suların temizlenmesinde, boya sanayinde ve yangın söndürücülerde, gübre yapımı ve toprak ıslahında kullanılır [8] .Ayrıca örtülü kaynak elektrodları reçetelerinde de kullanım alanı açısından yer edinmiştir.Bentonitin kullanım alanlarına göre yüzde dağılımları Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.4: Bentonitin kullanım oranları.

<u>Kullanım Alanı</u>	<u>% Oranı</u>
Sondaj Çamuru	40
Döküm kumu bağlama	30
Yağ ağartma	15
Diğer alanlar	15

3.13. Talk

Talk, sulu bir magnezyum silikat olup, teorik formülü $3 \text{ MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 'dur. İdeal bileşiminde %63,5 SiO_2 , %31,7 MgO ve %4,8 H_2O ihtiva eder. Beyaz, yeşilimsi şeffaf renklerde, kaygan, masif görünümlü ve yumuşaktır. Sertliği Mohs cetveline göre 1-1,5 arasında değişir. Yoğunluğu $2,6-2,8 \text{ gr/cm}^3$ arasındadır. Kristal şekli monokliniklidir. Talkın ısı ve elektrik iletkenliği zayıftır fakat ateşe dayanıklıdır. Yüksek sıcaklıklarda ısıtıldığında sertleşir, katılaşır. Asitlerle bozulmaz. Talkın ticari olanları genellikle teorik saflıktan oldukça farklılıklar gösterir. Bu tür ürünler, saf talk minerali olduğu gibi talk ve talkın parajenezinde bulunan dolomit, kalsit, kuvars,

diyopsit, serpantin, magnetit, pirit, tremolit-aktinolit ve mika gibi minerallerin değişik oranlarda karışımı halinde olabilirler. Ticari talkın çeşitleri, sabuntaşı, steatit, lava, asbestin renselaerit ve Fransız tebeşiri olarak sıralanabilir. [13].

Talk kaynak sektörünün yanı sıra seramik, boya, kağıt, kauçuk sanayilerinde, kozmetik ve farmakolojide, çatı kaplamalarında ve haşerelere karşı ilaç yapımında kullanılır.

4. ÖRTÜLÜ ELEKTRODUN ÜRETİMİ

Örtülü elektrodlar ya daldırma ya da ekstrüzyon presleme yöntemleriyle üretilirler. Günümüzde daldırma üretimi tercih edilmemekte presleme yöntemi elektrod üretimi için kullanılmaktadır.

Ekstrüzyon presleme işleminde presleme basınçları $300 - 1000 \text{ kg/cm}^2$ arasında olup, preslerin kapasiteleri dakikada 400 -1200 elektrodur [2].

Hazırlanan kuru karışım gerekli bağlayıcılar eklenerek yaş pasta haline dönüştürülür. Bu pasta prese beslenir ve ekstrüzyonda üretilecek uygun nozul içerisinden geçerek tel üzerine örtü kaplanmış örtülü elektrod ürünü elde edilir. Üretilen örtülü elektrod tipine göre tünel ya da kabin fırınlarda ısıtılma tabi tutulmaktadır.

4.1. Elektrodların çekirdek telleri

Yumuşak çeliklerin kaynağında kullanılan örtülü elektrodların çekirdek tellerinin (yani filmaşının) kullanımının belirli sınırlar dahilinde olması gerekir. Aksi takdirde istenmeyen alaşım elemanlarının fazlalığı dikişin mekanik ve kaynak özelliklerine olumsuz etki eder. Kükürt miktarı fazlalaştığı zaman dikişte çatlaklar ve özellikle yüzeyde gözenekler meydana gelir. Kükürdün maksimum % 0,025 olması istenir.

Karbon, silisyum ve manganez miktarlarının da belirlenmiş sınırı aşmamaları istenir.

Aksi halde yine dikişte çatlaklar ve gözenekler meydana gelir.

Yumuşak çeliklerin kaynağında kullanılan ideal bir çekirdek telinin içeriğinin aşağıdaki gibi olması istenir.

$$C = 0,05 - 0,09$$

$$Si = 0,030 \text{ max}$$

$$Mn = 0,45 - 0,60$$

$$S = 0,025 \text{ max}$$

$$P = 0,025 \text{ max}$$

$$Cu = 0,15 \text{ max}$$

Daldırma ve presleme yöntemlerini karşılaştırsak; daldırma yöntemi ile örtülü elektrod üretiminde örtü sıvı halde iken ekstrüzyon presleme işleminde örtü karışımı hamur haldedir. Daldırma yönteminde örtü filmaşine adhezyon ile kaplanırken, presleme yönteminde basınç ile kaplanmaktadır. Daldırma yönteminde örtü kalınlığını bütün elektrod boyunca muntazam şekilde temin etmek mümkün değil iken preslemede pres memesinin değiştirilmesi ile istenen örtü kalınlığı temin edilebilir. Daldırma yönteminde elektrodun örtüsü heterojen yapıdadır ve sıvı haldeki örtüyü oluşturan ağır metallerin ayrılma eğilimi vardır. Presleme yönteminde elektrodun örtüsü homojendir ve hamur halindeki örtü pres ile basılır. Daldırma yönteminde, orta ve kalın örtülü elektrodların imalinde birçok defa daldırma yapılması gerekir. Bu da pahalıya malolmaktadır. Preslemede inceden çok kalına kadar bütün elektrod kalınlıklarını bir işlem ile imal etmek mümkündür. Daldırma yönteminde imalat için birçok operasyona ihtiyaç varken presleme işlemi yüksek güçte otomatik preslerde yapılmaktadır.

Presleme yöntemi daldırma yöntemine göre tüm bu avantajlar göz önünde bulundurularak tercih edilmektedir.

4.2. Örtü kalınlığı

Elektrod boyutları metrik ve diğer ölçü birimlerine göre standartlaştırılmıştır. Uzunluk ise v.s. çapa göre 250 mm den 450 mm ye kadar değişmektedir.

DIN 1913' e göre elektrodlar örtü kalınlığına göre 3 gruba ayrılır:

İnce örtülü elektrodlarda elektrodun örtü (dış) çapı (D), tel (iç) çapının (d)

% 120' si kadardır. ($D = \% 120 d$) . Orta kalınlıktaki elektrodlarda dış çap % 120 ile 145 çekirdek (tel) çapı arasında bulunur. ($D = \% 120-145 d$) . Kalın örtülü elektrodlarda dış çap, % 145 iç çaptan büyüktür. ($D = \%145 d$) [2].

4.3. Elektrod Standartları

Her üretici elektrodlarına kendi isimlerini vermekle birlikte, elektrodlar belirli standartlara göre üretilirler ve bu standartlara ait belirli işaretler ile belirtilirler. Ülkemizde alaşımsız ve düşük alaşımlı çelikler için en çok TS 563 EN 499 Türk Standardı, AWS A5.1/ASTM-233 Amerikan standardı ve EN 499 Avrupa Standardı

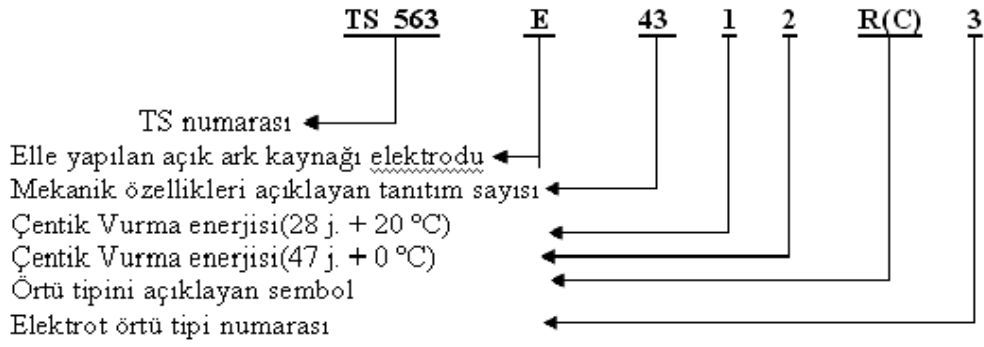
kullanılmaktadır. Türk Standartı Avrupa Standartından aynen alındığı için Ek tablo 1 ve Ek tablo 2 de Avrupa ve Amerika standartları ile ilgili bilgiler verilmiştir.

TSE 563 e göre elektrodlar örtülerinin çeşitlerine göre 7 tipe ayrılır ve buna göre işaretlenir:

- A :Asit (demir oksit,ince-kalın)
- AR :Asit (Rutil doğal titanyum di oksit,kalın)
- R :Rutil örtülü (ince-orta)
- RR :Rutil örtülü (kalın)
- B :Bazik örtülü (kalın)
- C :Selülozik örtülü (orta)
- R(C) :Rutil-selülozik örtülü (orta)
- RR(C):Rutil-selülozik örtülü (kalın)
- B(R) :Bazik örtülü (rutil katkılı-kalın)
- RR(B) :Rutil-bazik örtülü (kalın)

Elektrik ark kaynağında kullanılan elektrodlar TSE 'ye göre 6 grupta incelenerek standartlaştırılmıştır:

Birinci grup kaynak usulünü gösteren işarettir. Bu işaret E harfi ile gösterilir. İkinci grup kullanma alanına göre elektrodun işaretini temsil eder. Üçüncü grup örtü kalınlığını gösteren işarettir (yalnız örtülü elektrodlar için).i harfi ince, o harfi orta, k harfi ise kalın örtülü elektrod olduğunu belirtir. Dördüncü grupta dikişin mekanik özelliğini gösteren bu işaret üç rakamlı bir sayı ile gösterilir. Burada birinci rakam en küçük çekme dayanımını ikinci rakam en küçük çekme uzamasını, üçüncü rakam en küçük vurma değerini göstermektedir. Beşinci işaret ise elektrod tipini göstermektedir. Bu işaretlerden X özsüz, O oksit, T titandioksit, C selülozik, D özlü, A asidik, B bazik ve V diğer tipli elektrodları temsil eder. Derine işleyen elektrodlarda diğer elektrodlarda olduğu gibi kabuk cinsini gösteren işaret kullanılır; ayrıca bütün işaretlerin sonuna bir P harfi konulur. Demir tozlu elektrodlarda kabuk tipini belirten işaret kullanıldıktan sonra bütün işaretlerin sonuna Fe harfi yazılır. Altıncı grupta ise kaynak durumunu ve akım cinsini belirten işaret kullanılır. Bu işaret iki rakam ile ifade edilir. Birinci rakam kaynak durumunu ikinci rakam ise akım tipi ile kutup durumunu gösterir. TS 563' e göre örnek işaretleme Şekil 4.1 de verilmiştir.



Şekil 4.1: TS 563' e göre örnek işaretleme [21].

DIN 1913(Alman standardı) e göre ise elektrodlar 6 ana tipe ayrılır ve buna göre işaretlenirler:

Ti: titandioksit elektrodlar Es: asit elektrodlar Ox: Oksit elektrodlar Kb: Bazik elektrodlar Ze: Selülozik elektrodlar So: Özel elektrodlar

DIN 1913'e göre bir elektrodun tipini karakterize eden işaretler 5 guruba ayrılır

Birinci grup elektrodun tipini karakterize eder. İkinci grup elektrodun klas işaretini ifade eder. Elektrodların hangi cins çeliklerin kaynağında kullanıldığını ayırt etmek için çeşitli çelik gruplarına göre elektrodlar Romen harfleriyle gösterilen 14 gruba ayrılmıştır. Üçüncü grup örtü kalınlığını ifade eder. Örtü kalınlığı için d, m ve s harfleri kullanılır. d: ince örtülü elektrodlar, m: orta kalın örtülü elektrodlar s: kalın örtülü elektrodları ifade etmek için kullanılır. Dördüncü grup kaynak dikişinin mekanik özelliklerini gösteren işaretlerdir.3 rakam ile gösterilir. Birinci rakam çekme mukavemetini verir. İkinci rakam kopma uzamasını verir. Üçüncü rakam çentik darbe mukavemetini verir Beşinci grup kaynak pozisyonu ve akım şeklini belirten işaretlerdir.

5. DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN CİHAZLAR VE YÖNTEMLER

5.1 Deneyler İçin Tasarlanan ve Kullanılan Düzenekler

5.1.1 Karışım hazırlama

Deneme elektrodları üretimi için farklı reçetelere göre hazırlanan toz karışımları, homojen bir karışım elde etmek amacıyla 15 dakika kuru olarak toz karıştırma mikserinde karıştırılmıştır. Ardından su ve bağlayıcı katılarak, yaş karışım mikserde 20-25 dk daha karıştırılarak pasta elde edilmiştir. Hazırlanan pastanın kıvamı elektrodun preslenebilme ve örtü özellikleri açısından büyük öneme sahiptir ve zamanla pasta özelliklerde değişme olduğundan tez kapsamında çalışılan farklı bileşimdeki karışımlar ekstrüzyon presi ile şekillendirme işleminin hemen öncesinde hazırlanmıştır.

5.1.2 Ekstrüzyon presi

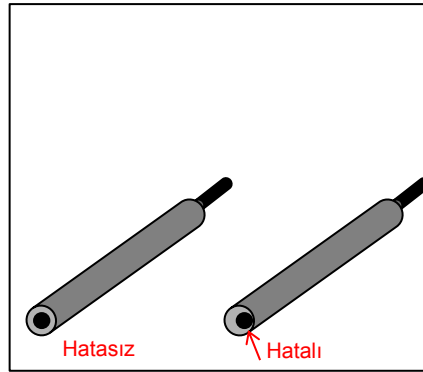
Şekil 5.1’de deneyler kapsamında Askaynak laboratuvarlarında kullanılan ekstrüzyon presinin nozul bölümü gösterilmiştir Kısaca özetlenirse numune hazırlama işlemleri şu sıra ile yapılmıştır. Mikserde hazırlanan pasta ekstrüzyon presine beslenir. Filmaşınler filmaşın ünitesine doldurulur. Üretilcek elektrod çapına uygun olarak nozul yerleştirilir. Hidrolik laboratuvar ekstrüzyon presi pastayı sıkıştırarak filmaşın ile birlikte nozuldan geçirilmesini, böylelikle filmaşın üzerine pastanın kaplanmasını sağlar. Nozuldan çıkan elektrodların eksantriklik kontrolleri yapılır, uygun ise üretim başlar ve ürünler ızgaralara dizilir, uygun değilse eksantriklik ayarı yapılarak üretime başlanır. Izgaralara dizilen elektrodlar fırına verilerek son ürün elde edilir.



Şekil 5.1: Ekstrüzyon işleminin gösterimi [14].

5.1.3 Eksantrik ölçüm cihazı

Üretilen elektrodlerden düzgün bir kaynak performansı elde edebilmek yani arkın banyonun önüne geçmesi, kaynak kontrolü zorluğu gibi durumların yaşanmaması için elektrodun çekirdeği olarak kabul edebileceğimiz filmanın tam ortada, elektrodun merkezinde yer alması gerekir. Bu amaçla cihaz tel çapını gösteren rakama getirildikten sonra elektrod yatay olarak bobinlerin bağlı bulunduğu çeneler arasına yerleştirilir. Elektrodun iki ucu rulmanlar arasına yerleştirildikten sonra kendi eksenini etrafında çevirilerek ibredeki değişim takip edilir ve eksantriklik ayarı yapılır. Eksantriklik ölçüm cihazı Şekil 5.2’de, eksantrik ve normal ürün görünümleri ise Şekil 5.3’te verilmiştir.



Şekil 5.2: Eksantrisite Ölçüm Cihazı **Şekil 5.3:** Eksantrik (sağda) ve normal ürün.

5.1.4 Toz öğütücü

Üretim sonrası elektrod örtüleri karakterizasyon işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için sökülerek Şekil 5.4’te verilen CMT marka TI-100 model vibrasyonlu toz öğütücü ile toz haline getirilmiştir.



Şekil 5.4: CMT marka TI-100 model vibrasyonlu toz öğütücü.

5.1.5 El presi

Öğütülen tüm elektrod örtüleri Şekil 5.5’ te görüntüsü verilen Maekava marka M-30 model el presinde 200 bar basınç uygulanarak preslenmiş ve tabletler oluşturulmuştur.



Şekil 5.5: Maekava marka M-30 model el presi.

5.1.6 Kimyasal analiz

Elektrod örtüsü öğütölüp toz haline getirildikten sonra el presinde tablet haline getirilir ve elementel kompozisyonun belirlenmesi için X –Işınları spektrometresi kullanılır. XRF analizleri Şekil 5.6’da verilen Rigaku marka RIX 2000 model XRF cihazında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.6: Rigaku marka RIX 2000 model XRF cihazı.

XRF analizleri sonucunda elde edilen elementel analiz sonuçları baz alınarak elektrod bazıklık indeksi (B.I.) hesaplamaları aşağıdaki formüle göre yapılmıştır. Numune elektrodların örtülerinin elementel analizlerinin karşılaştırmaları Ek Tablo 3, Ek Tablo 4, Ek Tablo 5, Ek Tablo 6 ve Ek Tablo 7’de verilmiştir.

$$B.I. = \frac{0.5(\text{FeO} + \text{MnO}) + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na}_2 + \text{K}_2\text{O} + \text{CaF}_2}{\text{SiO}_2 + 0.5(\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)}$$

5.1.7 Piknometre

Elektrod örtülerinin gerçek yoğunlukları Şekil 5.7: da görülen Micromeritics marka AccuPyc II 1340 modeli gaz piknometresi yardımıyla ölçülmüştür.



Şekil 5.7 : AccuPyc II 1340 modeli gaz piknometresi [16].

5.1.8 Arşimed yoğunluğu ölçümü :

Kaynak elektrodu numunelerinden elde edilen curufların yoğunluk olcumlari icin, Arşimed yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde; önce havada daha sonra sıvı içerisinde numuneler tartılmış, havadaki ağırlık ölçülen bu iki değer arasındaki farka bölünmüş ve ölçüm için kullanılan sıvının yoğunluğu ile çarpılmıştır. Şekil 5.8’de yoğunluk ölçümlerinin yapıldığı Precisa™ XB220A marka hassas terazi ve kullanılan aparatlar görülmektedir.



Şekil 5.8 : Precisa™ XB220A hassas terazi ve aparatları.

5.1.9 Partikül boyutu ve dağılımı ölçüm cihazı

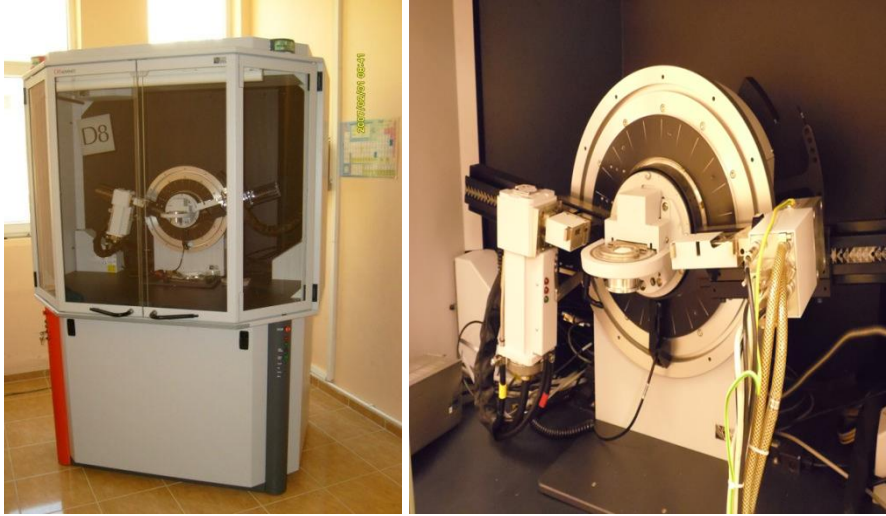
Başlangıç tozlarının partikül boyu ve boyut dağılımı Malvern Instruments™ Mastersizer 2000 lazer partikül boyut ölçüm cihazı (Şekil 5.9) ile ölçülmüştür. Analiz saf su ortamında yapılmıştır. Analize başlamadan önce tozlardaki topaklamayı engellemek için Bandalin™ Sonorex marka ultrasonik banyoda 15 dakika karıştırılmıştır. Bütün ölçümlerde üç ölçüm alındıktan sonra ortalama partikül boyut değerleri sonuç olarak alınmıştır.



Şekil 5.9: Malvern Instruments™ Lazer partikül boyut ölçüm cihazı.

5.1.10 Faz analizi

Numunelerin faz analizleri Bruker™ D8 Advance X ışınları difraktometresi (XRD) cihazında, 40 kV ve 40 mA şartlarında $\text{CuK}\alpha$ ışını kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.10’da deneylerde kullanılan Bruker™ D8 Advance marka X ışınları difraktometresi cihazı görülmektedir.



Şekil 5.10: Bruker™ X Işınları difraktometresi.

5.1.11 Mikroyapı gözlemleri

Tozların mikro yapı karakterizasyon işlemleri Şekil 5.11’de görülen JEOL™ JSM 6000 model taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yapılmıştır.



Şekil 5.11: JEOL™ JSM 6000 model taramalı elektron mikroskobu (SEM).

5.1.12 Kaynak kontrol ünitesi

Kaynak kontrolleri Askaynak kalite laboratuvarlarında yapılmıştır. Kaynaklar iş parçaları üzerine düz (PA), iç köşe (PB) ve aşağıdan yukarıya (PF) pozisyonlarında yapılmış ve performansları not edilmiştir. Ayrıca elektrodların yeniden tutuşma ve ark kesiklikleri de kontrol edilmiştir.



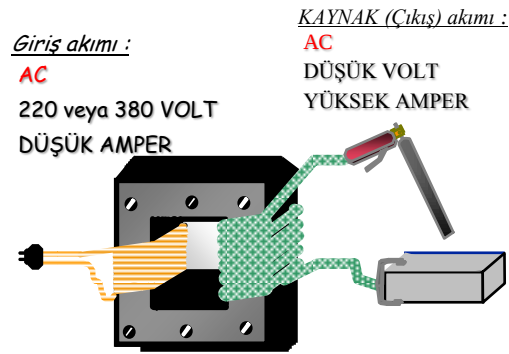
Şekil 5.12: Kaynak Kontrol Ünitesi

5.1.12.1. Kaynak makinaları

Kaynak kontrolleri Şekil 5.13' te görülen Lincoln Electric™ Ideal Arc R3R 500-I model kaynak makinası ile gerçekleştirilmiştir. Ark kesikliği ve yeniden tutuşma kontrolleri için ise AC tip transformatör kullanılmıştır. Şekil 5.14'te AC tip kaynak makinası çalışma prensibi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.13: Lincoln Electric™ Ideal Arc R3R 500-I model kaynak makinası.



Şekil 5.14 AC tip Kaynak Makinası çalışma prensibi (şematik) [13]

5.1.12.2. İş parçaları

İş parçası olarak 250x75x6 mm ölçülerinde ST37 çelikten yapılmış dikdörtgen şeklindeki parçalar kullanılmıştır. ST 37 çelikler düşük karbonlu olup 0,05 - %0,3 oranında karbon içeren çeliklerdir.



Şekil 5.15: ST 37 çelik iş parçaları görünümü.

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

6.1 Deneylerin Yapılışı

ANSI/AWS A5.1-91 E6013 Rutil elektrod üretimi standartlarına uygun olarak bir rutil elektrod örtüsü karışımında SiO_2 içeren hammaddelerde ve miktarlarında değişiklikler yapılarak deneme reçeteleri hazırlanmıştır.

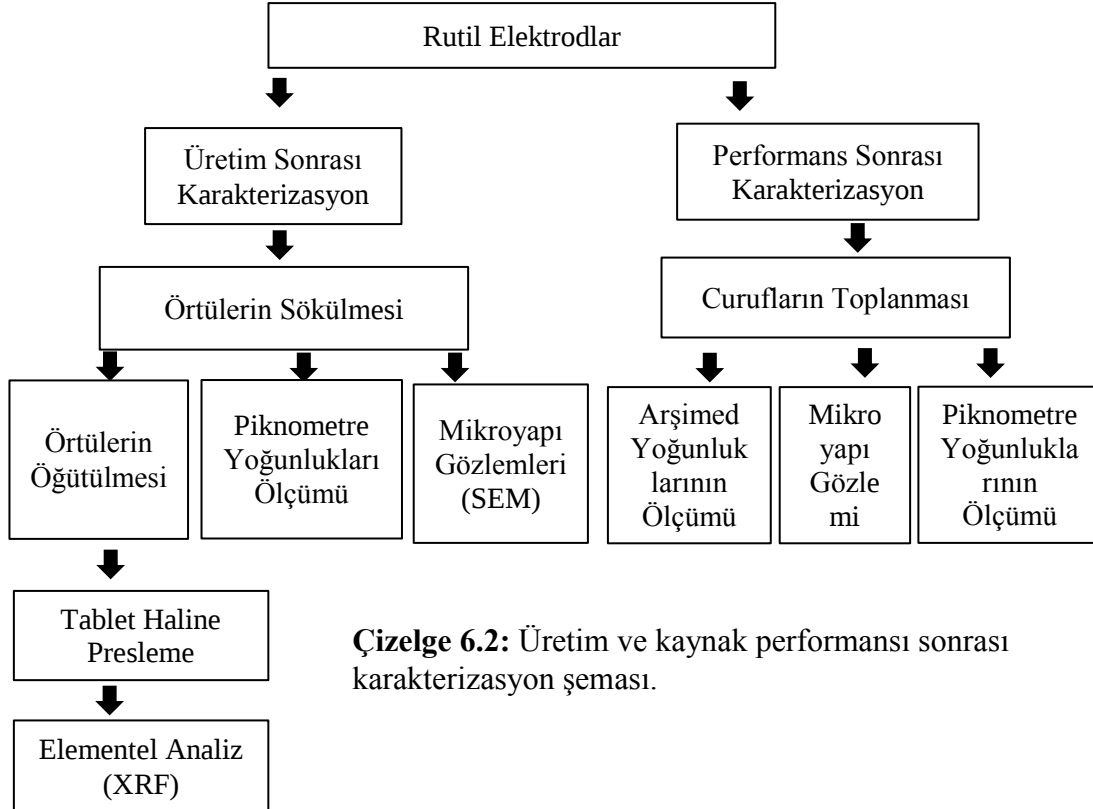
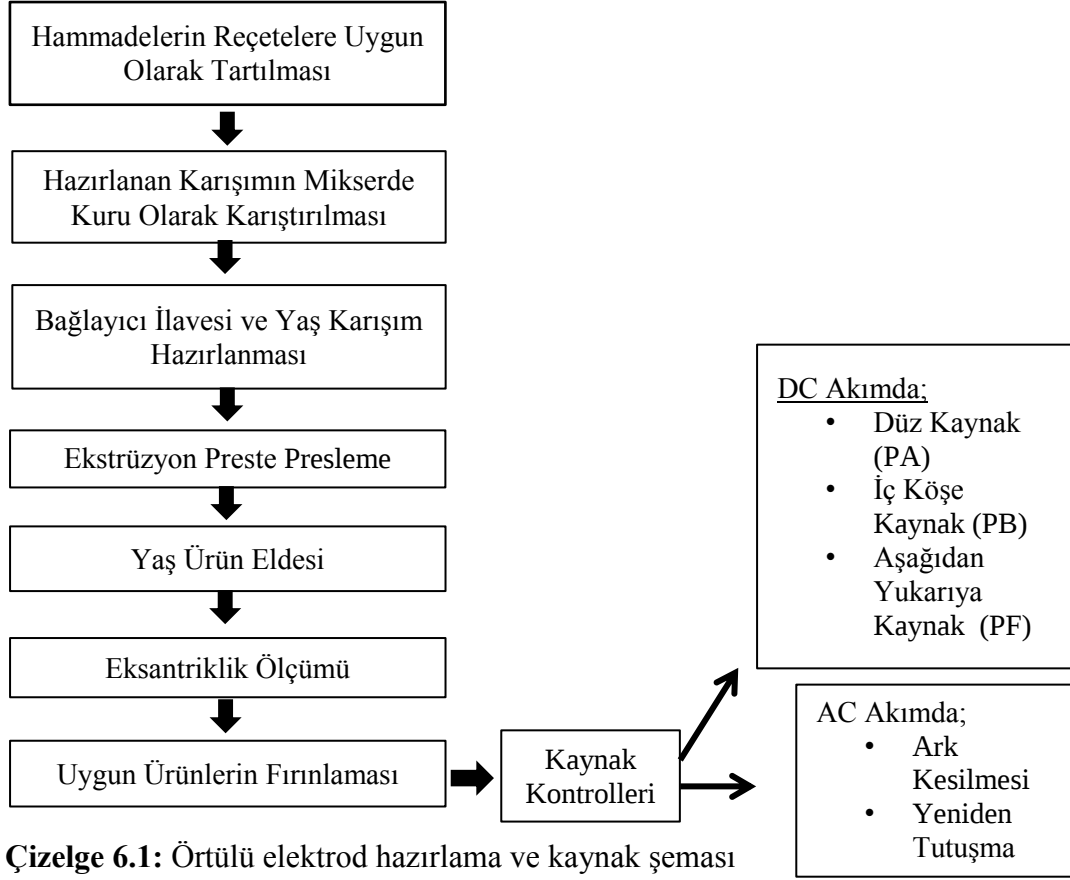
Kullanılan hammaddelerden %70-72 SiO_2 içeren feldspat hammaddesi K_1 , %55-60 SiO_2 içeriğine sahip Mika K_2 , %50 SiO_2 içeren kil hammaddesi K_3 , %99 SiO_2 içeriğine sahip Kuvars K_4 ve %75-77 SiO_2 içeriğine sahip daha düşük saflıktaki ikinci kuvars çeşidi K_5 olarak kodlanmıştır.

Hazırlanan örtü karışımları preslenerek deneme elektrodları oluşturulmuştur. Deneme elektrodlarının kaynak performansları farklı kaynak pozisyonlarında çeşitli parametreler göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Doğru akımda bu değerlendirme parametreleri olarak, yanış, sıçrama, curuf düzgünlüğü, curufun kalkışı, kaynak dikişinin düzgünlüğü, kaynak metalinin yayılması, undercut hatası, koku ve duman oluşumu alınmıştır. Performanslarda en kötü olarak 1 en iyi 5 puan verilmiştir. Düz ve iç köşe kaynakta DC akımda 135 amperde, aşağıdan yukarıya (PF) pozisyonunda 90 amperde çalışılmıştır. Deneme elektrodlarının ark kesikliği ve yeniden tutuşma kontrolleri transformatör tipi çanta kaynak makinasında AC akımda üçüncü kademede (40 volt) gerçekleştirilmiştir. Ark kesikliği kontrollerinde bir adet elektrod yanışı boyunca oluşan ark kesikliği değerlendirilmiştir. Yeniden tutuşma kontrollerinde ise her denemeden üçer adet elektrod yarıya kadar yakıldıktan ve soğumaya bırakıldıktan sonra kaçınıcı seferde tekrar tutuştukları test edilmiştir.

Alternatif akımda ise ark kesilmesi ve yeniden tutuşma gibi rutil elektrodun uygulama performansı için önemli olan kaideler test edilmiştir.

Elektrodların örtü ve curufları toplanarak Arşimed ve piknometre yoğunlukları ölçülmüştür. Mikroyapı gözlemleri taramalı elektron mikroskop (SEM) cihazı ile gerçekleştirilmiş, elementel analizleri yapılmıştır.

Örtülü elektrod hazırlama ve kaynak performansı şeması (Çizelge 6.1) ile karakterizasyon şemaları Çizelge 6.2 de gösterilmiştir.



6.2 Deneme Serileri

Rutil elektrod örtü reçetesinde SiO_2 içeren farklı hammaddelerin etkilerini incelemek amacıyla altı farklı deneme serisi için 25 farklı reçetede elektrod üretilmiştir. Seriler A, B, C, D, E ve F serileri olarak adlandırılmıştır.

6.2.1 A Serisi Hazırlanışı Üretim Koşulları ve Preslenme Davranışları

Bu deneme setinde rutil elektrod reçetesindeki SiO_2 içeren hammaddelerden K_4 ve K_5 hammaddelerinin etkisini görmek amacıyla, reçeteler ve buna bağlı dört farklı toz karışımı hazırlanarak preslenmiştir. Referans olarak alınan normal elektrod reçetesinde eşit miktarda bulunan K_4 ve K_5 yerine, A_1 kodlu reçetede yalnızca K_4 , A_2 kodlu reçetede ise yalnızca K_5 kullanılmıştır. A_3 kodlu reçete her iki hammaddeden eşit miktarda SiO_2 gelecek şekilde ayarlanmış ve iki hammaddenin toplam miktarları korunmuştur. A_4 numaralı reçetede ise referans reçetede K_4 'ten gelen SiO_2 miktarı kadar K_5 'ten, K_5 'ten gelen SiO_2 miktarı kadar K_4 'ten gelecek şekilde ve bu iki hammaddenin reçetede toplam miktarı korunarak düzenleme yapılmıştır.

Reçetelere göre hazırlanan toz karışımları 15' er dakika kuru karıştırma süresine tabi tutulmuştur. Tüm harmanlara aynı miktarda bağlayıcı ve aynı miktarda su katılarak yaş karışımlar hazırlanmış ve her bir pastanın 20'şer dakika sonunda preslenmeye uygun kıvamda olduğu gözlemlenmiştir.

Pastaların preslenmesinde herhangi bir problem yaşanmamıştır ancak preslenme basınçlarında farklılıklar görülmüştür. Yaş ve kuru karışım süreleri (Çizelge 6.3) ile pres basınçlarındaki değişim (Çizelge 6.4) gösterilmiştir.

Çizelge 6.3: A serisi denemelerinin yaş, kuru karışım süreleri ve pres basınçları.

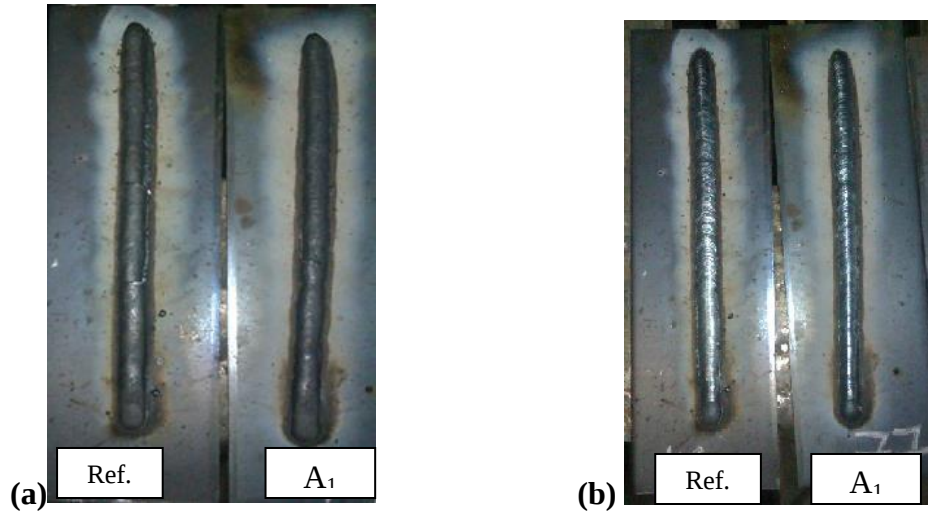
	Referans	A_1	A_2	A_3	A_4
Kuru Karışım Süresi (dk)	15	15	15	15	15
Yaş Karışım Süresi (dk)	20	20	20	20	20
Pres Basıncı (Bar)	65	65	95-100	80	85

A₃ kodlu deneme üründe örtü çapında artış olduğu görülmüştür.

Çizelge 6.4: A serisi denemelerinin fiziksel özellikleri

Deneme No. :	Referans	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
Tel Çapı (mm) :	3,20	3,22	3,22	3,23	3,23
Örtü Çapı (mm) :	5,17	5,17	5,16	5,22	5,18
Örtü Rengi :	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

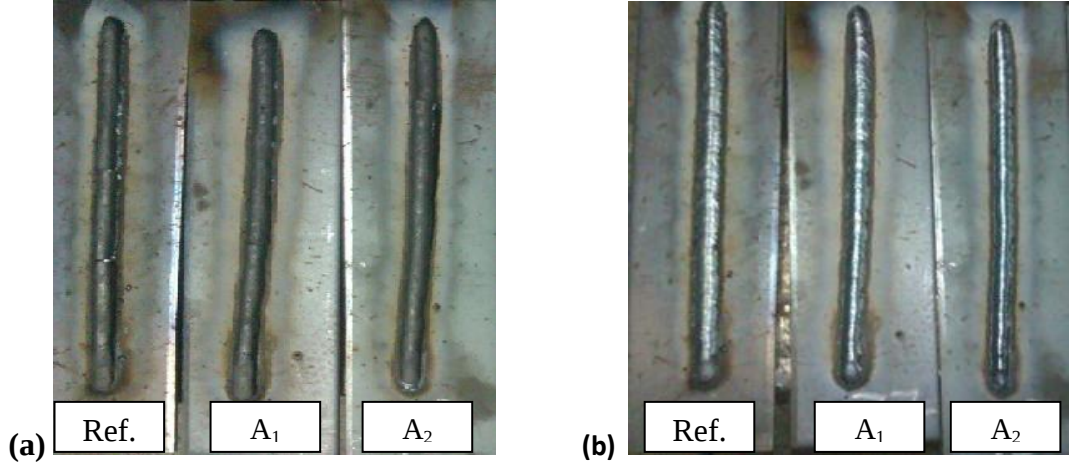
A serisi denemelerinin operasyonel davranışlarında, A₁ numaralı elektrodlarda düz (PA) kaynak pozisyonunda aşırı olmasa da bir yanma zorluğu görülmüştür ancak seri yanmaya rastlanmamıştır. Kaynak dikişlerinin referans numuneye göre daha toplu olduğu görülmüştür. Sıçrama kayıpları küçük boyutlarda ve az olarak görülmüş ve referans numuneye göre sıçramasının daha az olduğu gözlemlenmiştir. Kaynak sonrasında curufun kendiliğinden kalktığı görülmüştür. Şekil 6.1 de **(a)** Referans ve A₁ in curuf kaplı kaynak dikişi görünüşü **(b)** referans ve A₁ in dikiş görünüşü görülmektedir.



Şekil 6.1: (a) Referans ve A₁ curuf kaplı kaynak dikişi görünüşü (b) Referans ve A₁ dikiş görünüşü

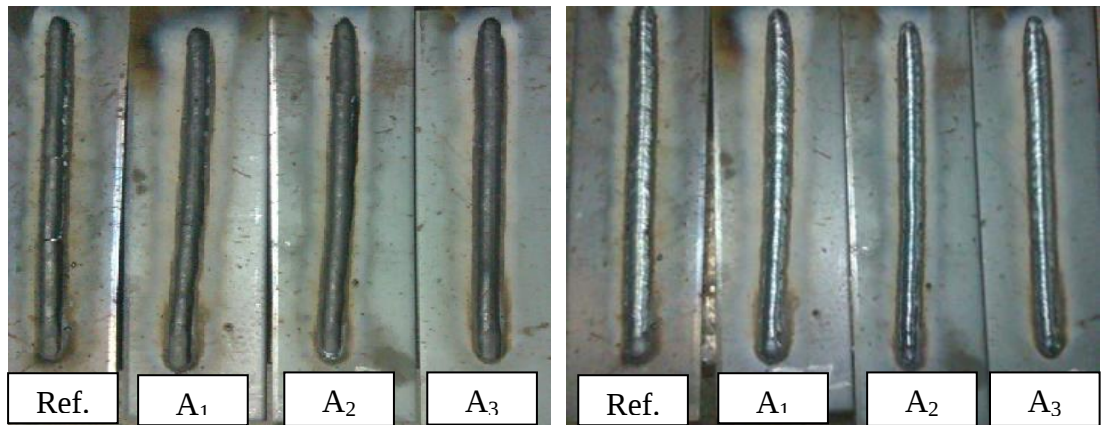
A₁ kodlu ürüne göre biraz daha sert bir yanış sergilediği ve hafif çatırtılı bir yanış ortaya koyduğu görülmüştür. Kaynak dikişinin referans numuneye göre toplu çıktığı,

kaynak sonrası ise curufunun kendiliğinden kalktığı görülmüştür. Şekil 6.2 de Referans ile A_1 ve A_2 curuf kaplı kaynak metali görünüşleri ve kaynak dikişi görünüşleri görülmektedir.



Şekil 6.2: (a) Referans ile A_1 ve A_2 curuf kaplı kaynak metali görünüşü (b) Referans ile A_1 ve A_2 kodlu numunelerin kaynak dikişi görünüşleri.

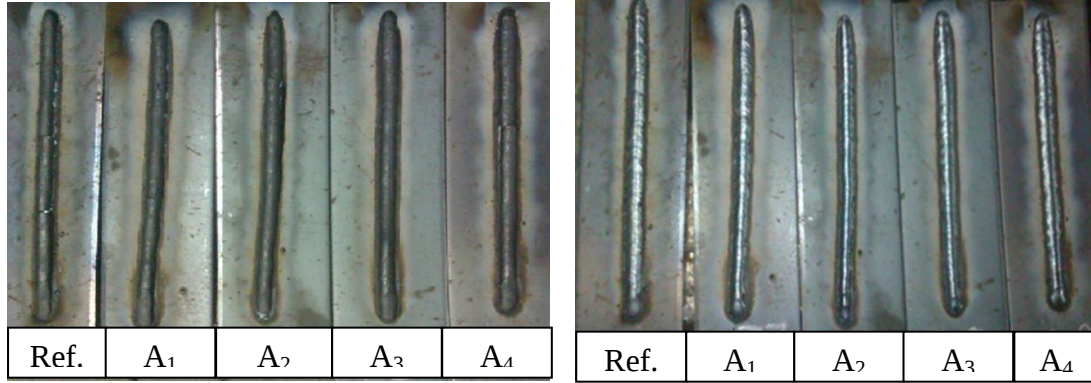
A_1 ve A_2 kodlu numunelere göre daha iyi yanışa bir sahip olduğu görülmüştür. Diğerlerinde gözlemlenen yanma zorluğu bu numunede görülmedi. Curufunun bütünüyle kendiliğinden kalktığı görüldü. Yanış esnasında herhangi bir çatırtılı yanış gözlemlenmemiştir. Sıçramaların referans, A_1 ve A_2 'ye göre daha küçük boyutlu referans ve A_1 'e göre daha az olduğu gözlemlendi. Şekil 6.3'te Referans ve A_1 , A_2 ve A_3 curuf görünüşleri ile kaynak dikişi görünümleri verilmiştir.



Şekil 6.3: (a) Referans ve A_1 , A_2 ve A_3 curuf görünüşü (b) Referans ve A_1 , A_2 ve A_3 dikiş görünüşü.

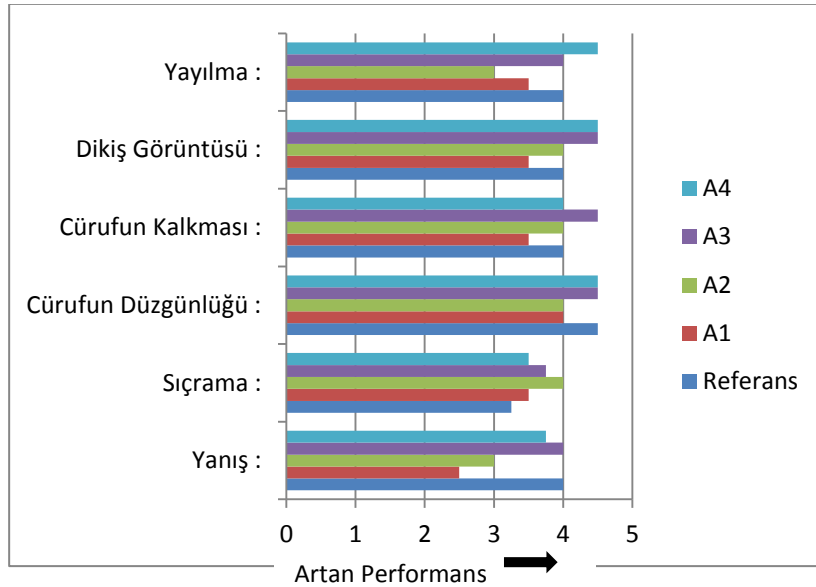
A_3 kodlu denemeden bir adım daha önde bir yanış sergilediği görülmüştür. Diğer özellikleri ile de A_3 kodlu denemeye benzer ile benzer niteliklere sahip olduğu

gözlemlenmiştir. Şekil 6.4’ te referans ve A serisinin curuf kaplı kaynak metali görünümleri ile kaynak dikişi görünümleri görülmektedir.

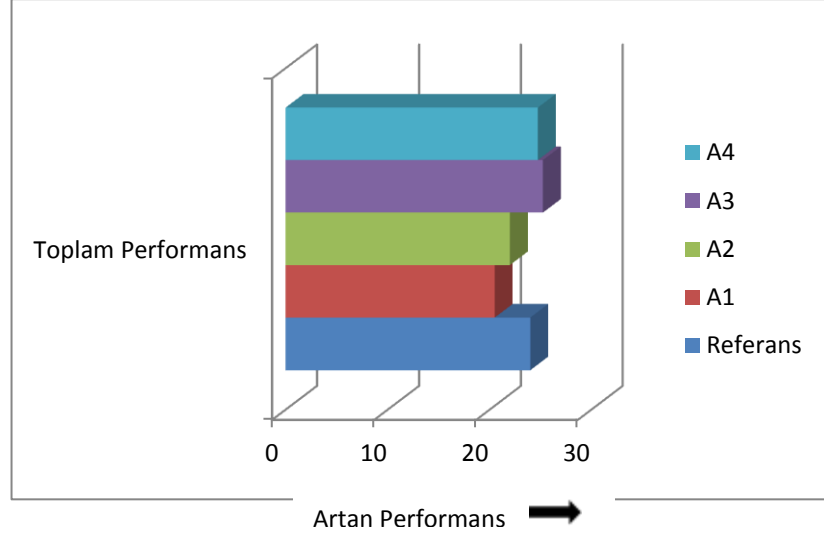


Şekil 6.4: (a) Referans ve A serisinin curuf kaplı kaynak metali görünüşü (b) Referans ve A serisinin dikiş görünüşü.

Kaynak kontrolleri sırasında, uygulama performansını belirleyen yanış, sıçrama kayıpları, curufun düzgünlüğü, curufun kalkması, dikiş görüntüsü, yayılma, duman ve koku gibi parametrelere göre 0’ dan 5 ‘e artan performans olarak puanlanarak hazırlanmış performans kıyaslama grafiği Şekil 6.5, bu parametrelerin toplamına göre düzenlenmiş toplam performans grafiği Şekil 6.6 de verilmiştir.



Şekil 6.5: Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) A1, A2, A3 ve A4 kodlu numunelerin referansa göre uygulama performansları.



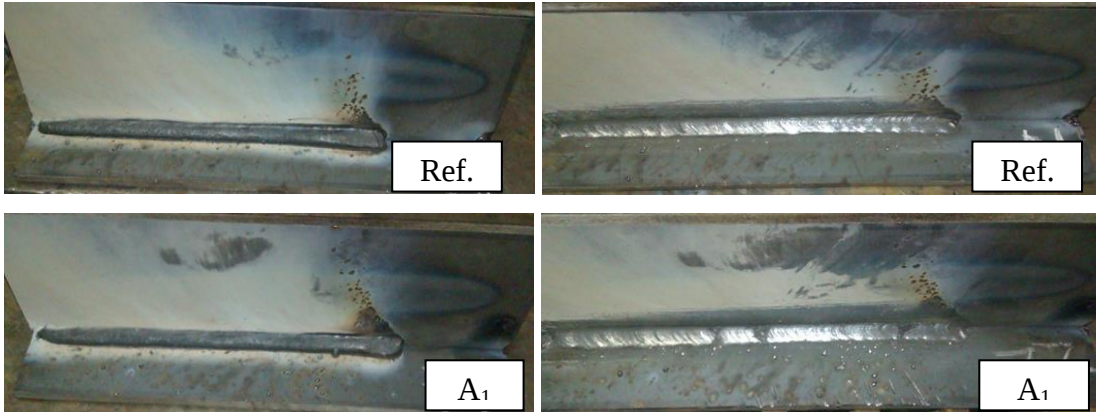
Şekil 6.6: Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) A₁, A₂, A₃ ve A₄ kodlu numunelerin referansa göre uygulama toplam performansları.

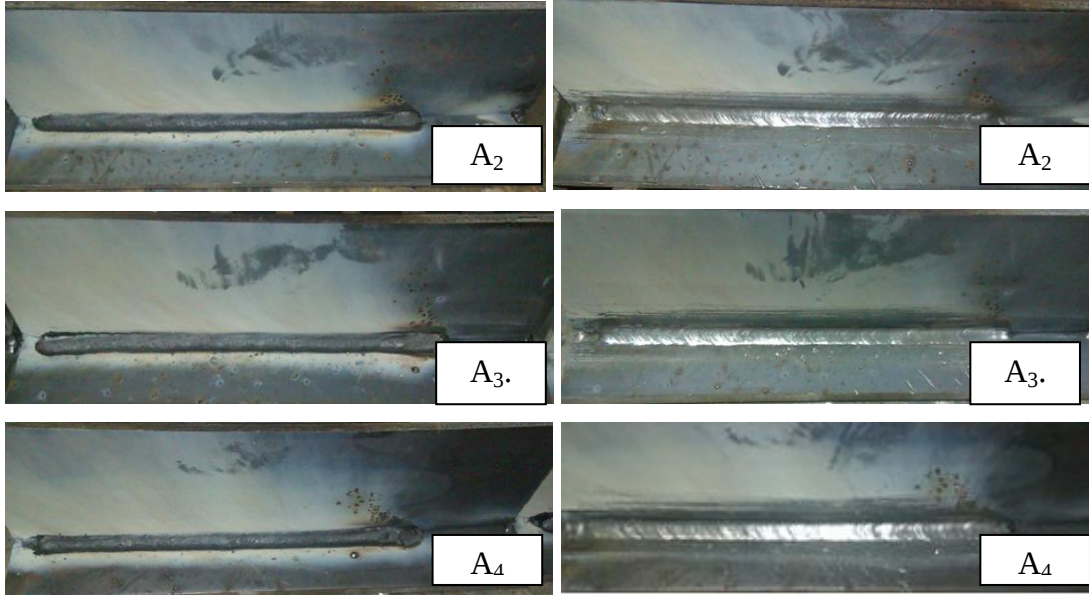
İç köşe kaynak (PB) performanslarında A₁ kodlu denemede hafif yanma zorluğu ve sıçrama görülmüştür. Curufun bu pozisyonda kendiliğinden kalkmadığı gözlemlenmiştir.

A₂, yanma zorluğu A₁ kodlu numuneye göre daha belirgin olduğu ve kontrol zorluğunun da mevcut olduğu görülmüştür. Sıçrama kayıplarının az da olsa olduğu ve curufun kendiliğinden kalkmadığı gözlemlenmiştir.

A₃, A₁ ve A₂ ye göre daha güzel yandığı ancak referans numuneye göre yanlış esnasında bir ses artışı olduğu görülmüştür.

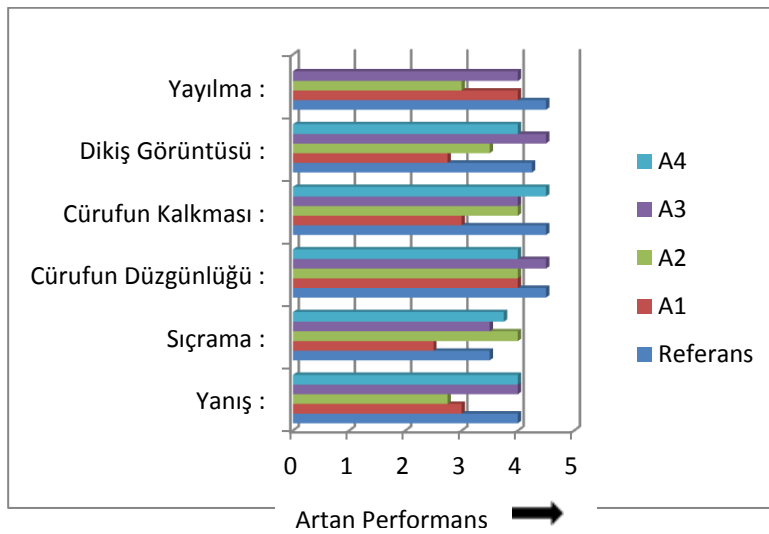
A₄ ün A₃ e göre yanlış esnasında çıkardığı sesin az daha fazla olduğu görülmüş ve curufta iğnebaşı gibi ufak oluşumlar ve gözenekler kısmen gözlemlenmiştir. Şekil 6.7'de İç köşe kaynak pozisyonunda (PB) A serisinin curuf ve kaynak dikişi görüntüleri görülmektedir.



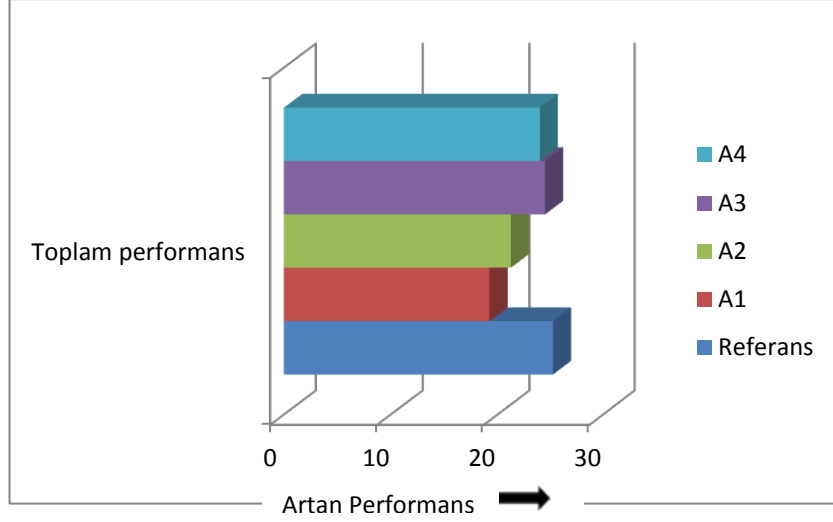


Şekil 6.7: İç köşe kaynak pozisyonunda (PB) A₁, A₂, A₃ ve A₄ kodlu numunelerin curuf ve kaynak dikışı görünümleri.

Genel Olarak; A₃ ve referansın en iyi curuf düzgünlüğüne sahip olduğu görülmüştür. A₁, A₂ ve referans numunede curufun kendiliğinden kalkmadığı, A₃ ve A₄ de özellikle baş taraflarda curufun kendiliğinden kalkmaya başladığı gözlemlenmiştir. Dikış görünümü en iyi A₃, A₄ ve sonra referansta görülmüştür. A₃ ve A₄ kodlu numunelerde dikışın tam küt olarak şekil aldığı, A₁ de çok hafif içbükey, A₂ de ise çok hafif dış bükey dikış formu gözlemlenmiştir. Şekil 6.8’de iç köşe kaynak pozisyonunda (PB) A serisinin referansa göre uygulama, Şekil 6.9’da toplam performansları görülmektedir.

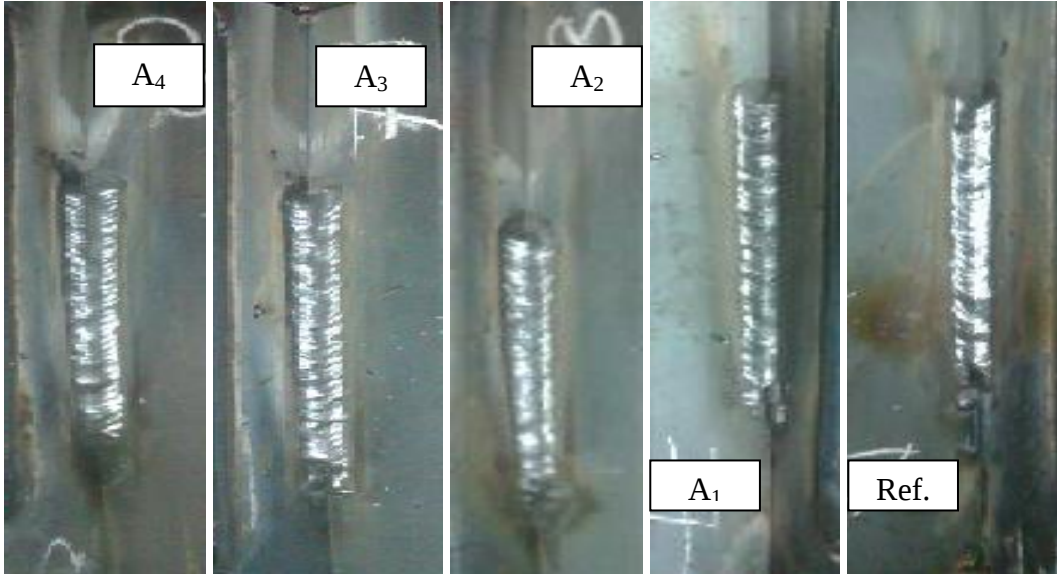


Şekil 6.8: İç köşe kaynak pozisyonunda (PB) A₁, A₂, A₃ ve A₄ kodlu numunelerin referansa göre uygulama performansları.

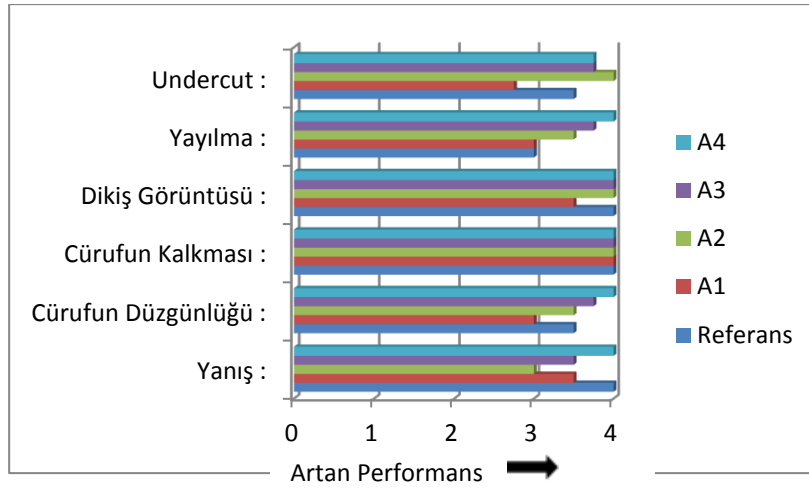


Şekil 6.9: İç köşe kaynak pozisyonunda (PB) A₁, A₂, A₃ ve A₄ kodlu numunelerin referansa göre uygulama toplam performansları.

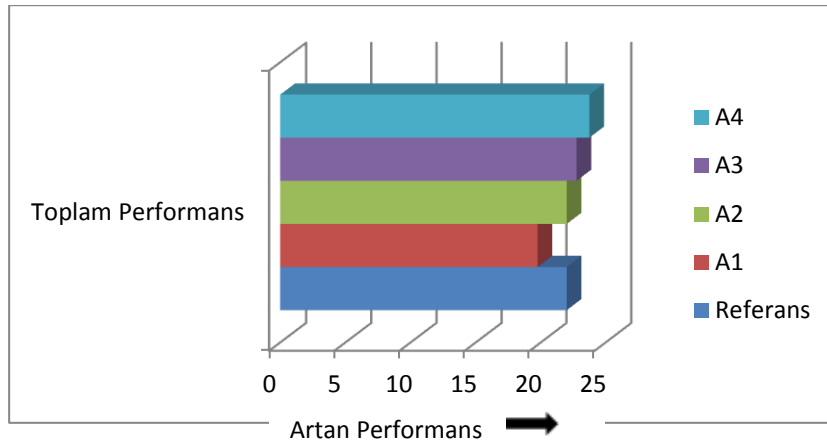
Aşağıdan yukarıya (PF) pozisyonunda; genel olarak uygulamada A₁'in performans olarak diğerlerinden biraz geride kaldığı, curuf düzgünlüğü sıralamasında A₄ 'ün en düzgün sonra sırasıyla A₃, referans, A₂ ve A₁'in geldiği curuf kalkışının ise genel olarak aynı olduğu görülmüştür. Aşağıdan yukarıya (PF) pozisyonunda referans, A₁, A₂, A₃ ve A₄ kodlu numunelerin kaynak dikişi görünümleri Şekil 6.10 'da aşağıdan yukarıya pozisyonunda (PF) A serisinin referansa göre uygulama performansları Şekil 6.11, toplam performansları Şekil 6.12'de görülmektedir.



Şekil 6.10: Aşağıdan yukarıya (PF) pozisyonunda referans, A₁, A₂, A₃ ve A₄ kodlu numunelerin kaynak dikişi görünümleri.



Şekil 6.11: Aşağıdan yukarıya pozisyonunda (PF) A₁, A₂, A₃ ve A₄ kodlu numunelerin referansa göre uygulama performansları.



Şekil 6.12: Aşağıdan yukarıya pozisyonunda (PF) A₁, A₂, A₃ ve A₄ kodlu numunelerin referansa göre uygulama toplam performansları.

Çanta kaynak olarak anılan, AC transformatörde denemelerin ark kesilmesine ve yeniden tutuşmalarına bakılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.5 de verilmiştir.

Çizelge 6.5: A₁, A₂, A₃ ve A₄ kodlu denemelerin AC performansları.

	Referans	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
Ark Kesilmesi :	2 Kez	9(Tam Kesik)	0	1 Kez	3Kez
Yeniden Tutuşma :	1 1 1	2 2 3	2 1 1	2 2 1	1 2 3

6.2.2 B Serisi Hazırlanışı Üretim Koşulları ve Preslenme Davranışları

SiO₂ içeren hammaddelerin etkilerini incelemek amacıyla, SiO₂ içeren beş hammaddeden her bir reçetede biri eksiltiilerek, sıfırlanan hammaddenin miktarı eşit olarak diğer dört adet SiO₂ içeren hammadde ile tamamlanmıştır.

Her bir karışım 15'er dakika kuru olarak karıştırılmış, ardından eşit miktarda bağlayıcı ve su ilave edilmiştir. B₅ kodlu deneme preslenemediği için tekrar aynı miktarda su ilavesi yapılmıştır ve toplamda 40 dakikada pasta kıvam almıştır.

B₁ kodlu numune üç kez denenmesine rağmen preslenmesi mümkün olmamıştır. Diğer denemelere uygulanan normal yaş karıştırma süresi dışında 15 dk ve 25 dk yaş karıştırma sürelerinde de mikserden numuneler alınmış preslenmeye çalışılmış ancak preslenememiş, pasta presi tıkanmıştır. Elde dağılan yapışmayan şekil almayan bir pasta olduğu görülmüştür. B₅ kodlu numune ise iki kez preslenememiş. Üçüncü seferde su miktarı 2 katna çıkarılmış 40. dakikada pastadan alınan numune preslenebilmiştir. Presleme koşulları Çizelge 6.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.6: B₁, B₂, B₃, B₄ ve B₅ kodlu denemelerin kuru ve yaş karışım süreleri ve pres basınçları.

	Referans	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
Kuru Karışım Süresi (dk)	15	Presleme Mümkün Olmadı	15	15	15	15
Yaş Karışım Süresi (dk)	20		10	10	15	40
Pres Basıncı (Bar)	65		120	120	100	60

B₅ kodlu deneme zorlukla üçüncü denemede preslenebilmiş olup elde edilen az sayıdaki numunede de eksantriklik oranı fazladır. Elde edilen numunelerde enine doğru çatlaklar görülmüştür. B₂ ve B₄ numaralı denemelerde üretim sonrası örtü çapında artış gözlemlenmiştir. Elde edilen B serisi numunelerinin fiziksel özellikleri Çizelge 6.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.7: B₁, B₂,B₃, B₄ ve B₅ kodlu denemelerin fiziksel özellikleri.

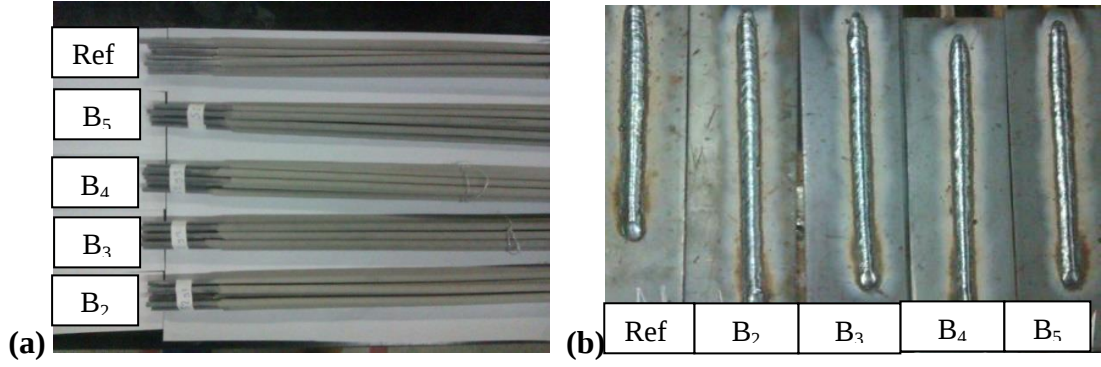
Deneme No :	Referans	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
Tel Çapı (mm) :	3,20	3,23	3,21	3,22	3,24
Örtü Çapı (mm) :	5,17	5,23	5,15	5,26	5,13
Eksantrik Ürün Oranı:	-	-	-	-	Fazla
Örtü Rengi :	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

Düz kaynak pozisyonunda (PA) B serisi denemelerinin operasyonel davranışlarında; B₂ kodlu denemede sıçramalar iri boyutlu olarak gözlemlendi. Kaynak kontrolünde biraz zorluk görüldü. Curufun normal üretim aksine kendiliğinden kalktığı görülmüştür. Ark boyu kısa olduğu zaman, karışım, banyonun arkın önüne geçmesi olayı görülmüştür. Yakın çalışma durumunda sıkıntı oluşturabileceği görülmüştür. Curufun kendiliğinden kalktığı gözlemlenmiştir.

B₃ kodlu denemede sıçramaların büyük boyutlu olduğu gözlemlenmiştir. Curufun kendiliğinden kalktığı görülmüştür. Banyo kontrolünün B₂ e göre daha kolay ve daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

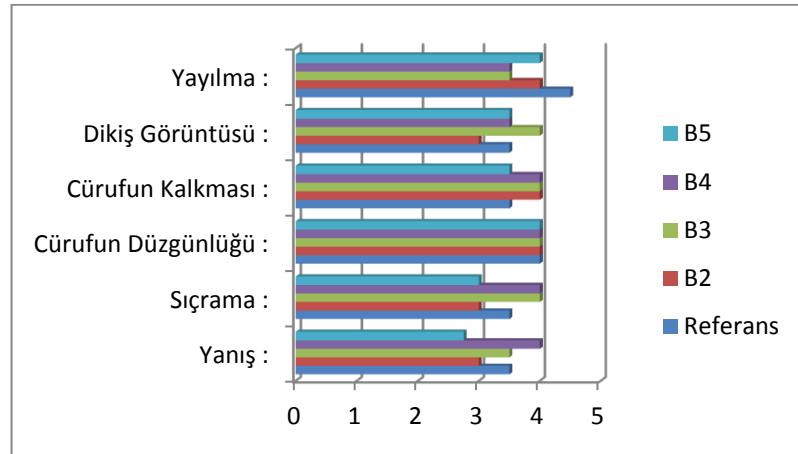
B₄ kodlu denemede yanışının gayet normal olduğu yalnızca hafif olarak çatırtı denilen yanış sırasındaki sesin mevcut olduğu görülmüştür. Sıçramalarının küçük boyutlu olduğu curufunun kendiliğinden kalktığı ve diğer denemelere göre daha iyi yanış bir sergilediği görülmüştür.

B₅ kodlu denemede ise banyo kontrolü zorluğu görüldü. Ark boyu kısa tutulduğunda banyonun arkın önüne geçtiği görülmüştür, ancak bunun eksantriklikten kaynaklı olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Sıçrama kaybının aşırı olmasa da mevcut ve iri boyutlarda olduğu görülmüştür. Seri yanma gözlemlenmiştir. Elde edilen B serisi elektrodları ve referans ile birlikte B₂, B₃, B₄ ve B₅ kodlu denemelerin kaynak dikişlerinin görünümü Şekil 6.13’de gösterilmiştir.

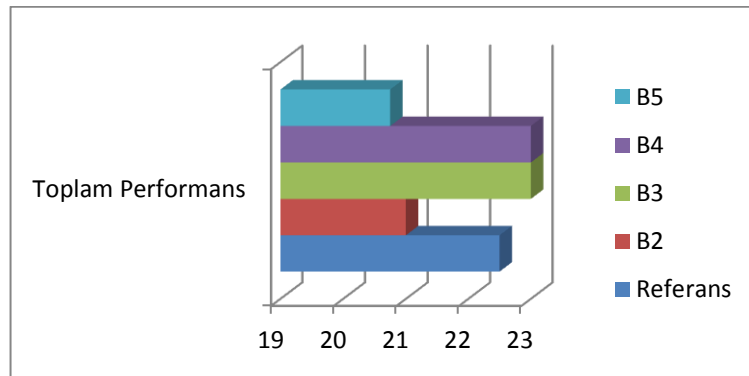


Şekil 6.13(a) : Deneme elektrodlarının gösterimi, **(b)** Referans ile birlikte B₂, B₃, B₄ ve B₅ kodlu denemelerin kaynak dikişlerinin görünümü.

Düz Kaynak Pozisyonunda (PA); B serisinin çeşitli değişkenlerde referansa göre uygulama performansları (Şekil 6.14) ve toplam uygulama performansları (Şekil 6.15) verilmiştir.

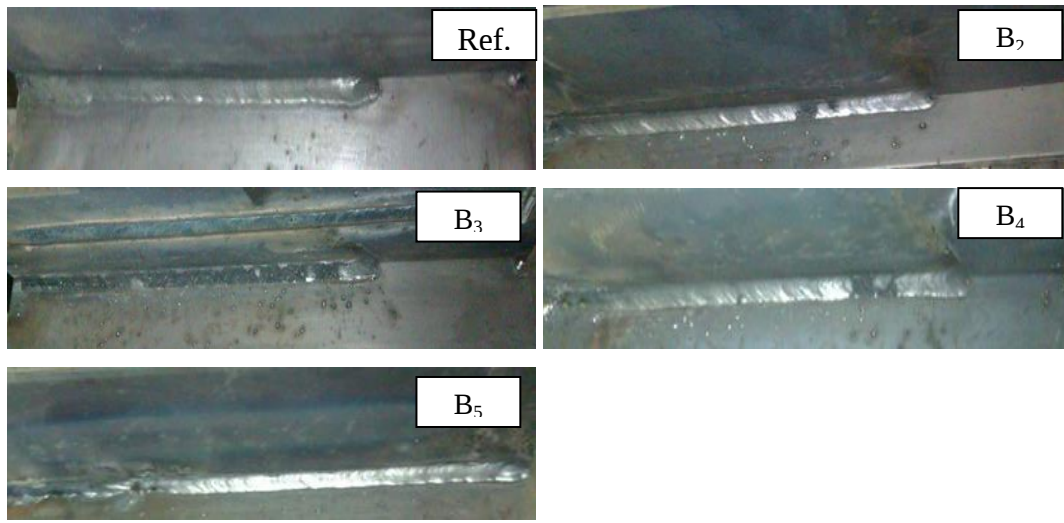


Şekil 6.14: Düz Kaynak Pozisyonunda (PA); B₂, B₃, B₄ ve B₅ kodlu denemelerin çeşitli değişkenlerde referansa göre uygulama performansları.

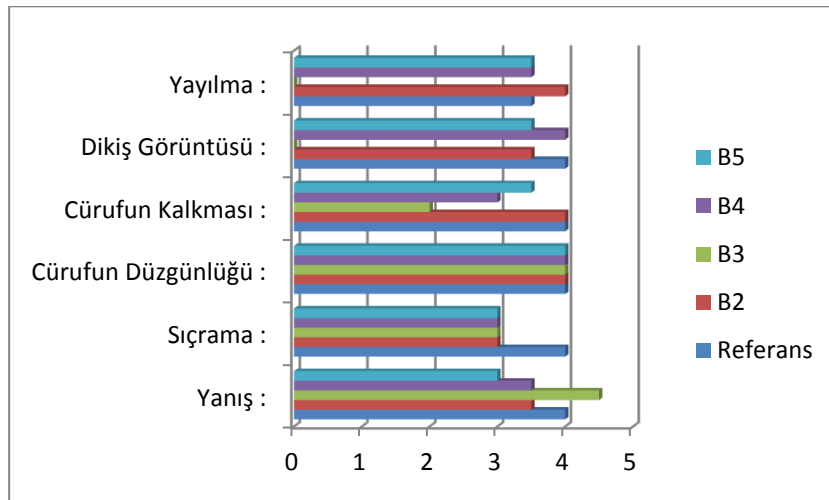


Şekil 6.15: Düz Kaynak Pozisyonunda (PA); B serisinin referansa göre toplam uygulama performansları.

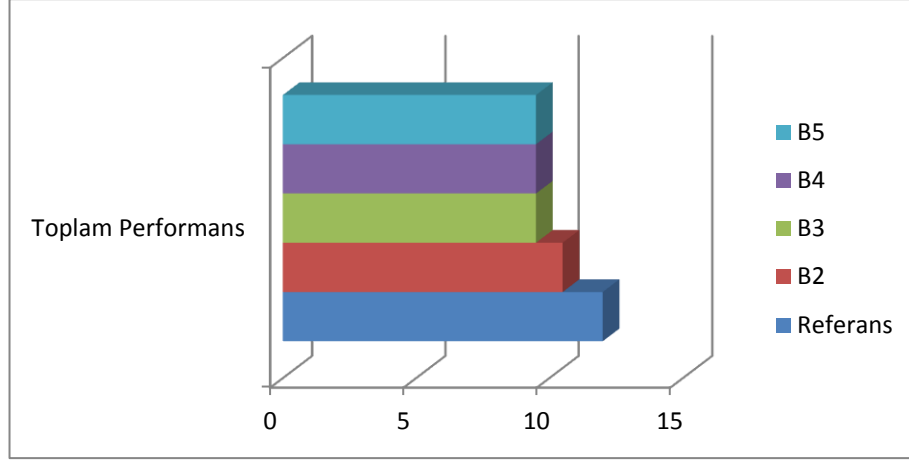
İç köşe pozisyonundaki (PB) kaynak performanslarında, B₂ kodlu numunede aşırı olmasa da seri yanma gözlemlenmiştir. Sıçrama kaybının oldukça fazla ve iri boyutlu olduğu görülmüştür. B₃ ve B₄ kodlu denemelerde düz kaynak pozisyonunda olduğu gibi referans üretime benzeyen, çok fazla farklılık göstermeyen özellikler ile karşılaşılmıştır. B₅ kodlu denemede ise banyo kontrol zorluğu yine görülmüştür. İç köşe kaynak pozisyonunda B serisinin cüruf kalıntıları ve kaynak dikişi görüntüleri Şekil 6.16'da referansa göre farklı değişkenlerde uygulama performansları Şekil 6.17 de toplam performansları ise Şekil 6.18'de görülmektedir.



Şekil 6.16: İç köşe pozisyonundaki (PB) referans, B₂, B₃, B₄ ve B₅ kodlu denemelerin cüruf kalıntıları ve kaynak dikişlerinin görünümü.

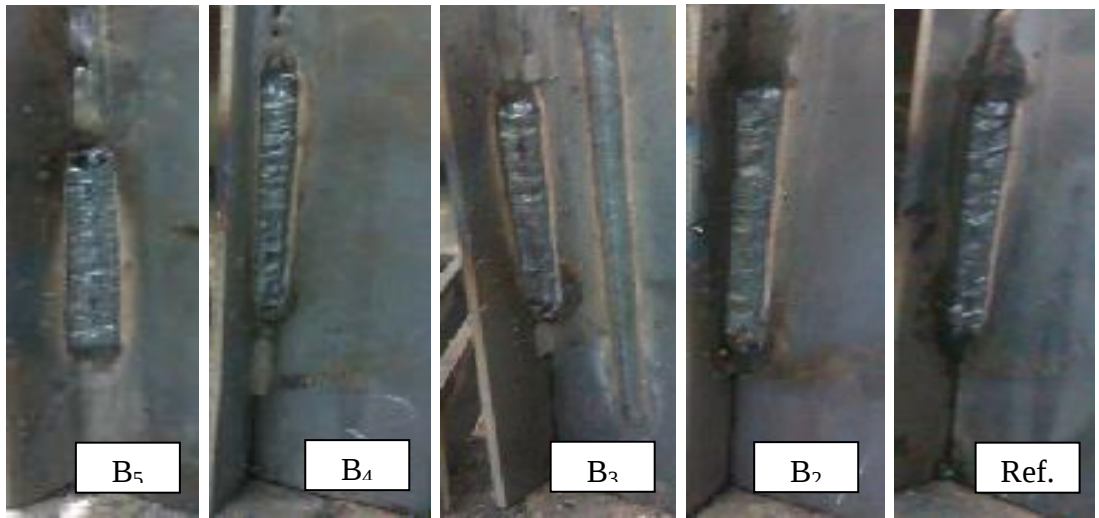


Şekil 6.17: İç köşe pozisyonundaki (PB) B₂, B₃, B₄ ve B₅ kodlu denemelerin referansa göre farklı değişkenlere bağlı uygulama performansları.

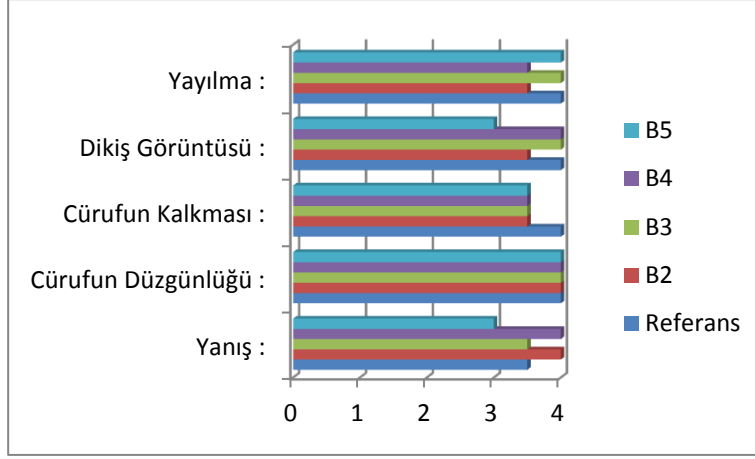


Şekil 6.18: İç köşe pozisyonundaki (PB) B₂, B₃, B₄ ve B₅ kodlu denemelerin referansa göre toplam uygulama performansları.

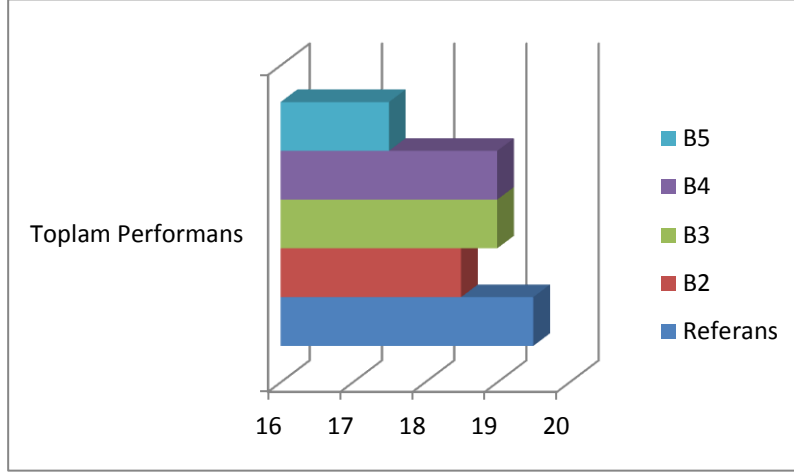
Aşağıdan yukarıya doğrultudaki pozisyonda (PF) B serisi kaynak performansında B₂ ve B₃ kodlu denemelerin biraz sert ve çatırtı olarak ifade edilebilecek sesli bir yanışa sahip oldukları görüldü. Ek olarak B₂ numunesinde sıçramanın biraz fazla olduğu ve B₃ numunesi için akımın yetersiz geldiği görülmüştür. B₄ ün yanışı ise B₂ ve B₃ e göre daha iyi olarak görüldü. B₅ te ise en belirgin olarak yine kaynak kontrol zorluğu gözlemlenmiştir. Aşağıdan yukarı pozisyonda (PF) referans, B₂, B₃, B₄ ve B₅ kodlu denemelerin kaynak dikişlerinin görünümü Şekil 6.19’da, aşağıdan yukarıya doğrultudaki pozisyonda (PF) B serisinin referansa göre farklı değişkenlerde uygulama performansları Şekil 6.20’de bu parametrelerin toplamına göre düzenlenen toplam uygulama performansları ise Şekil 6.21’de gösterilmiştir.



Şekil 6.19: Aşağıdan yukarı pozisyonda (PF) referans, B₂, B₃, B₄ ve B₅ kodlu denemelerin kaynak dikişlerinin görünümü.



Şekil 6.20: Aşağıdan yukarıya doğrultudaki pozisyonda (PF) B₂, B₃, B₄ ve B₅ kodlu denemelerin referansa göre farklı değişkenlere bağlı uygulama performansları.



Şekil 6.21: Aşağıdan yukarıya doğrultudaki pozisyonda (PF) B₂, B₃, B₄ ve B₅ kodlu denemelerin referansa göre toplam uygulama performansları.

AC'de B serisi ark kesikliği ve yeniden tutuşma kontrolleri Çizelge 6.8'da verilmiştir

Çizelge 6.8: Alternatif akımda B₂, B₃, B₄ ve B₅ kodlu denemelerin ark kesikliği ve yeniden tutuşma kontrolleri.

	Referans	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
Ark Kesilmesi :	4 Kez	9 Kez	4 Kez	5 Kez	3 Kez
Yeniden Tutuşma :	1 1 2	3 3 2	1 1 1	2 2 2	1 4 2

6.2.3 C Serisi Hazırlanışı Üretim Koşulları ve Preslenme Davranışları

Elektrod reçetesinde bulunan SiO₂ içeren farklı hammaddelerin yokluğundaki etkileri incelemek amacıyla hazırlanmıştır. Reçetede bulunan beş farklı SiO₂ içeren hammaddeden her biri sırayla reçeteden çıkarılarak diğerlerinin miktarı sabit tutulmuştur. Bu şekilde bu hammaddelerin yokluğunda elektrod örtüsünde ve uygulama performansında oluşan etki incelenmiştir.

Her bir karışım 15'er dakika kuru olarak karıştırılmış, ardından eşit miktarda bağlayıcı ve su ilave edilmiştir. Yaş karışım sürelerinde farklılıklar gözlemlenmiştir.

Yaş karışım sürelerinde ve pres basınçlarında farklılıklar görülmüştür. C₁, C₃ ve C₄ kodlu denemelerin yaş karışımları 20 şer dakikada kıvam alırken C₃ kodlu karışım 15, C₅ kodlu pasta 25 dakikada preslenecek kıvama ulaşmıştır. Kuru ve yaş karışım süreleri ile pres basınçları Çizelge 6.9' da gösterilmiştir.

Çizelge 6.9: C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin yaş, kuru karışım süreleri ile pres basınçları.

	Referans	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Kuru Karışım Süresi (dk)	15	15	15	15	15	15
Yaş Karışım Süresi (dk)	20	20	15	20	20	25
Pres Basıncı (Bar)	70	80	70-75	55-60	60	80

C serisi denemelerinin operasyonel davranışlarında ise, kaynak uygulama performansları test edilen deneme elektrodların tel çapları, örtü çapları ve renkleri ile ilgili bilgiler Çizelge 6.10 da verilmiştir.

Çizelge 6.10: C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin fiziksel özellikleri.

Deneme No :	Referans	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Tel Çapı (mm) :	3,21	3,23	3,2	3,23	3,19	3,21
Örtü Çapı (mm) :	5,16	5,23	5,15	5,21	5,11	5,12
Örtü Rengi :	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

Düz kaynak pozisyonunda (PA) C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin operasyonel davranışlarında C₁ kodlu denemenin sıçraması ince taneli ancak biraz fazla olarak gözlemlendi. Kaynak başlangıcında seri yanma olduğu ancak daha sonra toparlandığı görülmüştür. Dikiş formunun iyi olduğu ve curufunun kendiliğinden kalktığı gözlemlenmiştir.

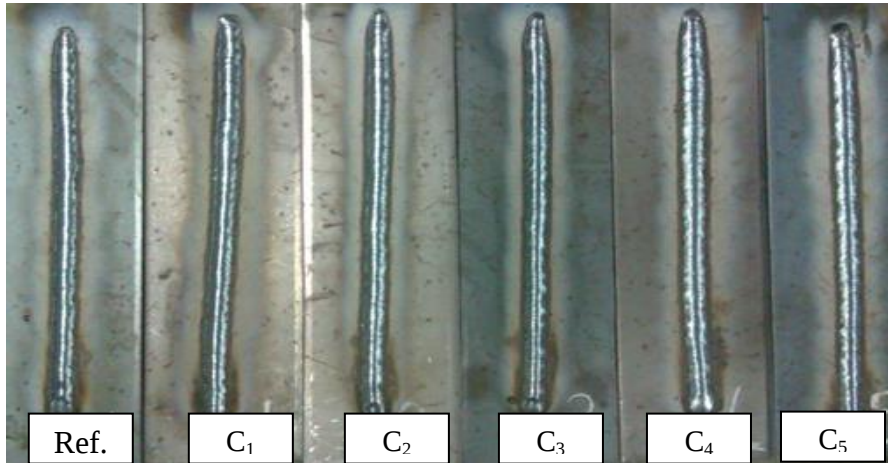
C₂ kodlu denemenin yanışının hafif sert olduğu gözlemlendi. Sıçramasının C₁ e göre daha az olduğu görüldü. Kaynak dikişinin biraz toplu olarak çıktığı, dikiş formunun ise güzel olduğu görülmüştür.

C₃ kodlu denemenin sert bir yanış karakterine ve biraz toplu bir dikiş formuna sahip olduğu görülmüştür. Sıçramasının az ve C₂ ye benzer olduğu görülmüştür.

C₄'ün diğer denemelere göre daha agresif bir yanış sergilediği görüldü. Seri yanma olduğu sıçramasının fazla ancak kaynak dikiş formunun güzel olduğu ve bu serideki en iyi yayılan deneme olduğu gözlemlendi.

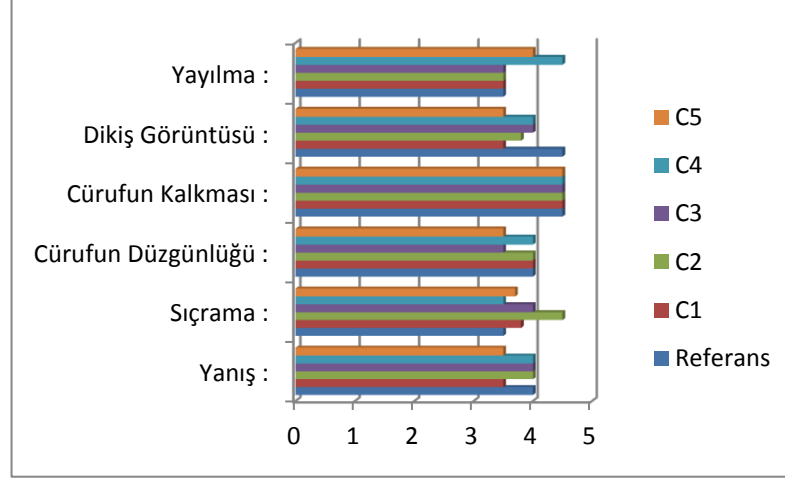
C₅, C₄ numaralı denemeye çok yakın özellikler göstermiştir. Yine az da olsa seri yanma görüldü. Sıçraması C₄'ten daha az iken dikiş formunun biraz daha gerisinde kaldığı ve kaynak dikişinin C₄'e göre biraz daha toplu çıktığı gözlemlenmiştir.

Düz olarak yapılan bu kaynakta C₃ ve C₅ numaralı denemelerin kaynak kenarlarında curuf kalıntıları bıraktıkları gözlemlenmiştir. Kaynak dikişlerinin görünümü Şekil 6.22 de verilmiştir.

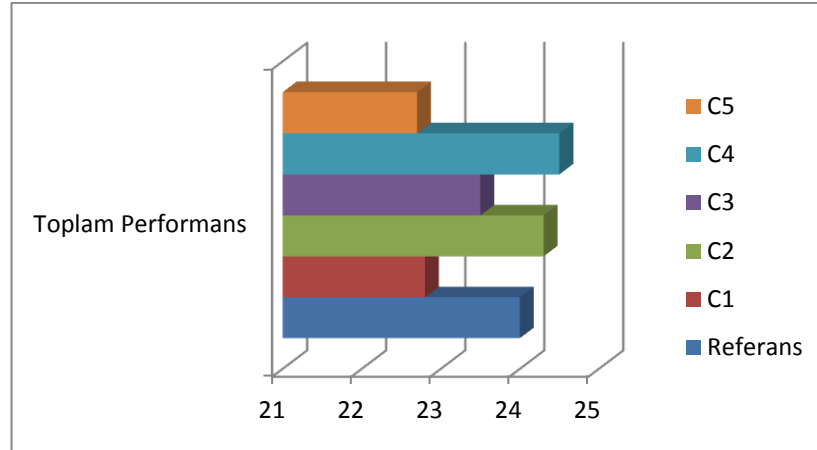


Şekil 6.22: C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ denemelerinin kaynak dikişleri.

Düz kaynak pozisyonunda (PA) C Serisinin referansa göre farklı değişkenlerde uygulama performansları Şekil 6.23'te bu performansların oluşturduğu toplam performansları Şekil 6.24'te verilmiştir.



Şekil 6.23: Düz kaynak pozisyonunda (PA) C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin referansa göre farklı değişkenlere bağlı uygulama performansları.



Şekil 6.24: Düz kaynak pozisyonunda (PA) C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin referansa göre toplam uygulama performansları.

İç köşe pozisyonunda (PB), C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin operasyonel davranışlarında ise,

C₁ 'in sıçramasının aşırı fazla ve iri taneli olduğu gözlemlenmiştir. Sert bir yanışa sahip olduğu görülmüştür.

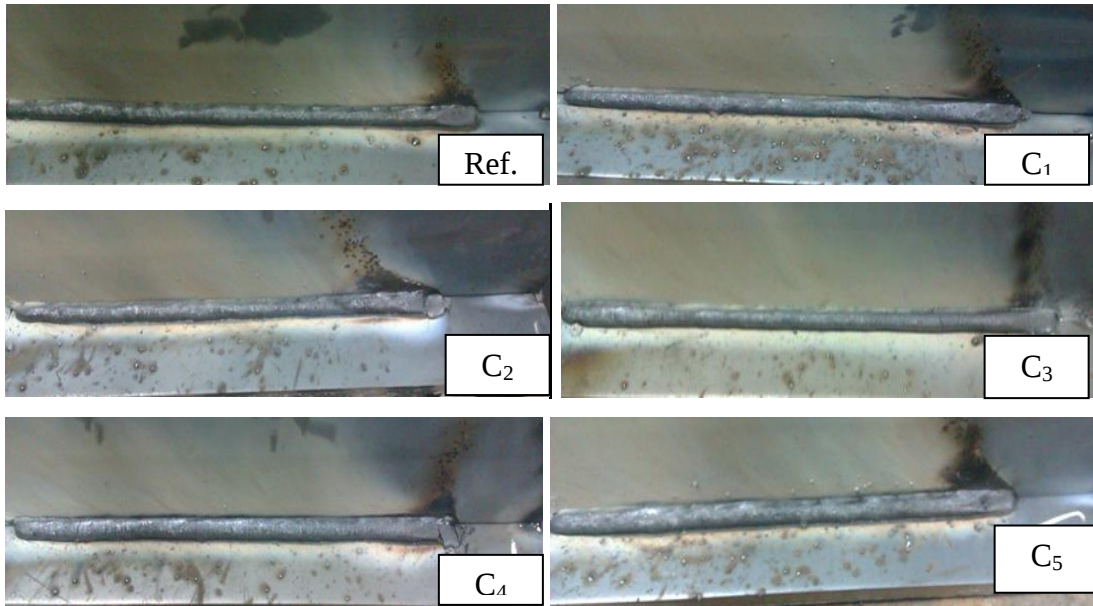
C₂ kodlu denemede köşeyi oluşturmada hakimiyet zorluğu görülmüştür, aşırı olmasa da sert bir yanış ve sıçrama görülmüştür. Ancak sıçramaları iri boyutlu olarak gözlemlenmiştir.

C₃'ün C₁ ve C₂ kodlu denemelere göre daha yumuşak bir yanışa sahip olduğu görüldü. Sıçramasının da önceki iki denemeye göre daha az olduğu ancak C₂ de görülen köşedeki zorluğun bu denemede de olduğu görülmüştür.

C₄ kodlu denemenin yanışının gayet iyi olduğu görülmüştür. Ergimesinin ve kaynak kontrolünün kolay olduğu sıçramasının da az olduğu gözlemlenmiştir.

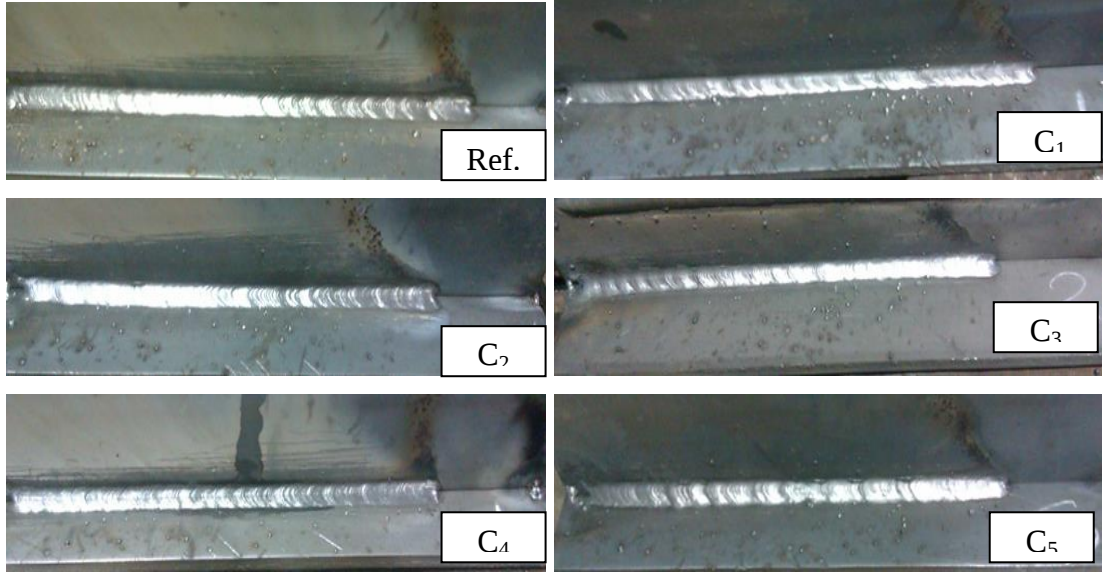
C₅, C₄ kodlu denemeye göre geride kalsa da diğer denemelere göre yanışının güzel olduğu ancak sıçrama kaybının biraz fazla olduğu gözlemlenmiştir.

İç köşe pozisyonunda referans ile birlikte C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin curuf görüntüleri Şekil 6.25 te kaynak dikişi görüntüleri ise Şekil 6.25 te verilmiştir.



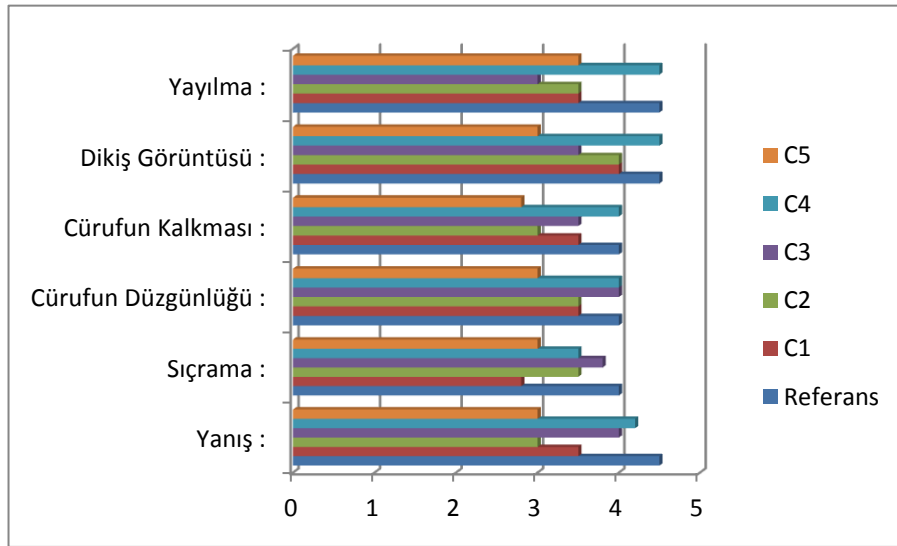
Şekil 6.25: İç köşe pozisyonunda referans ile birlikte C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin curuf görüntüleri.

İç köşe kaynak pozisyonunda (PB) referans ile birlikte C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin kaynak dikişi görüntüleri Şekil 6.26 gösterilmiştir.

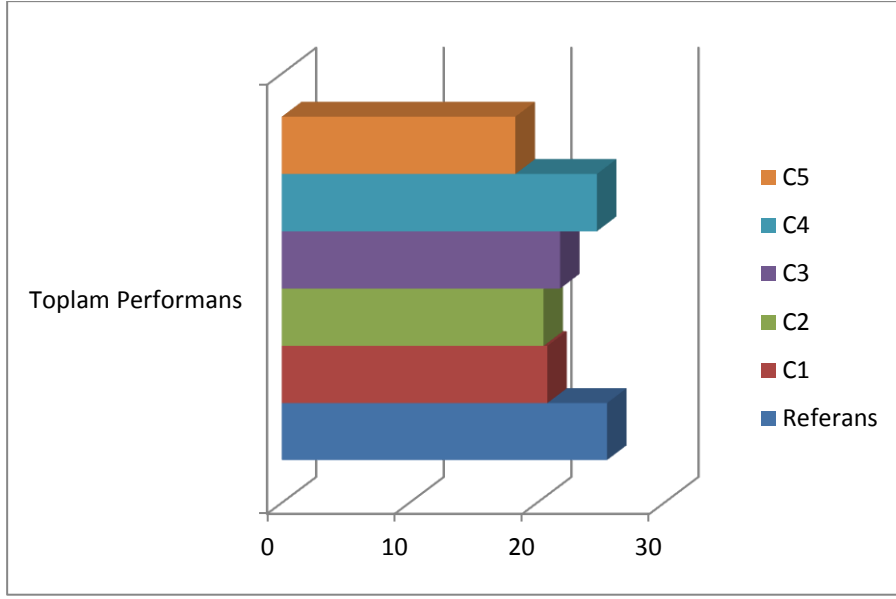


Şekil 6.26: İç köşe kaynak pozisyonunda (PB) referans ile birlikte C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin kaynak dikişi görüntüleri.

İç köşe kaynak pozisyonunda (PB) C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin referansa göre çeşitli değişkenlerdeki uygulama performansları Şekil 6.27’de verilmiştir. Bu değişkenlerin toplamalarına göre düzenlenen toplam performans grafikleri 6.28’de gösterilmiştir.



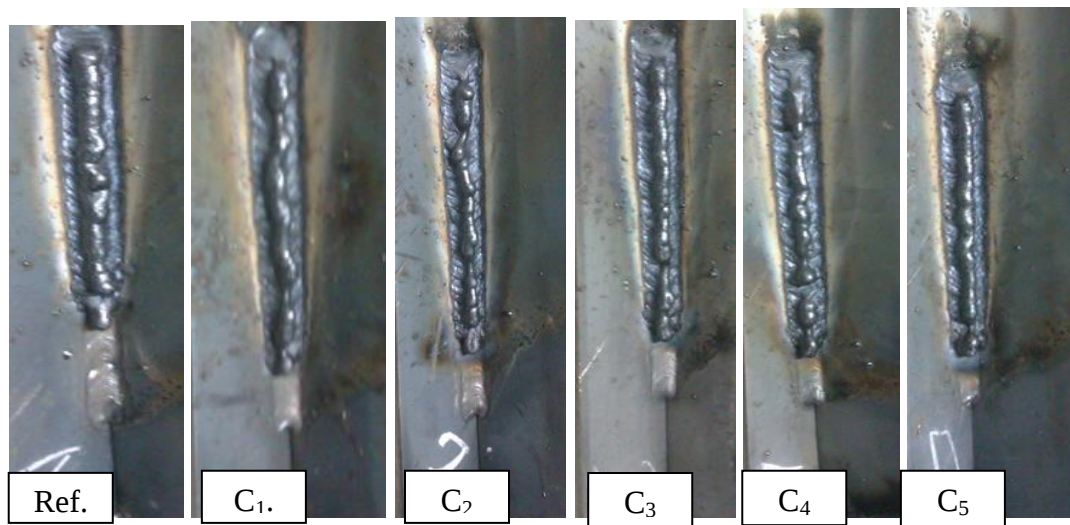
Şekil 6.27: İç köşe kaynak pozisyonunda (PB) C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin referansa göre çeşitli değişkenlerdeki uygulama performansları.



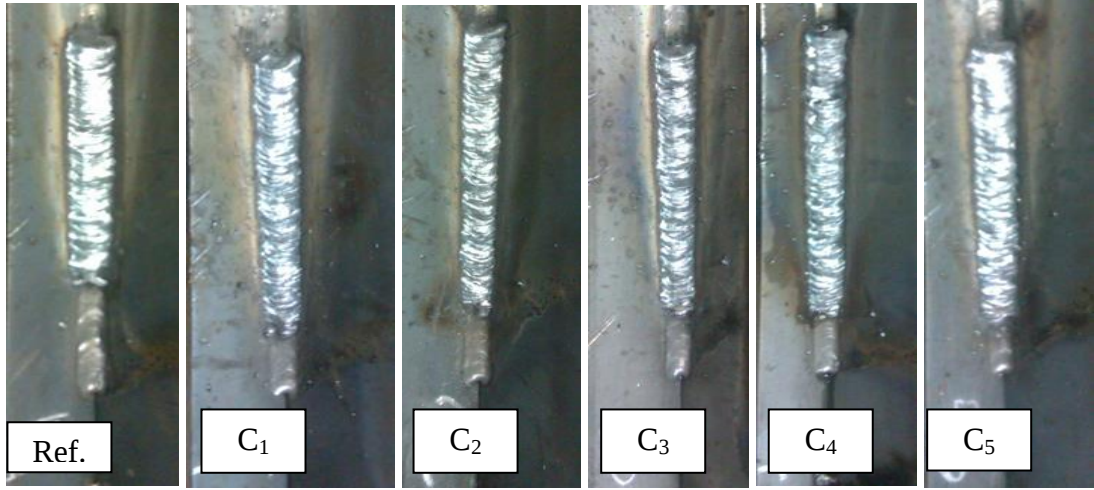
Şekil 6.28: İç köşe kaynak pozisyonunda (PB) C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin referansa toplamdaki uygulama performansları.

Aşağıdan Yukarıya Pozisyonunda (PF), C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin operasyonel davranışlarında, C₁ kodlu elektrodun yanış esnasında amperin (akımın) yetmediği ve daha fazla akım çekmek istediği görülmüştür. Agresif bir yanış karakterine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Aşağıdan yukarıya pozisyonunda (PF) referans ile birlikte C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin curuf görüntüleri Şekil 6.29 da, kaynak dikişi görüntüleri ise Şekil 6.30 da görülmektedir.

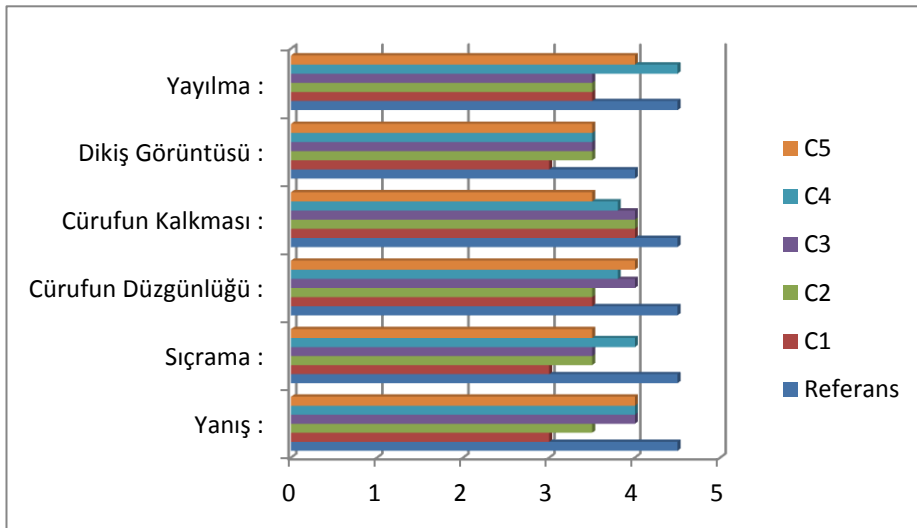


Şekil 6.29: Aşağıdan yukarıya pozisyonunda (PF) referans ile birlikte C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin curuf görüntüleri.

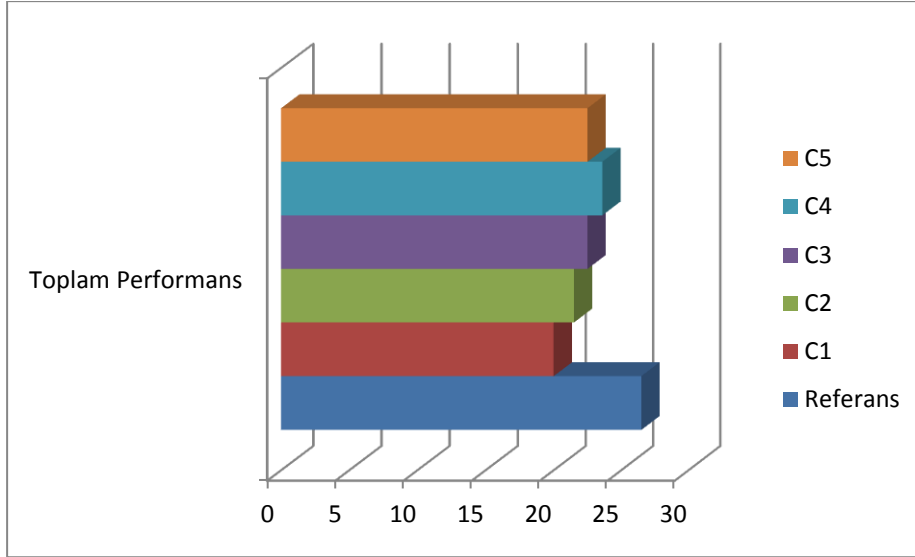


Şekil 6.30: Aşağıdan yukarıya pozisyonda (PF) referans ile birlikte C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin kaynak dikişi görüntüleri.

Aşağıdan yukarıya pozisyonda (PF) C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin referansa göre çeşitli parametrelerde uygulama performansları Şekil 6.31’de görülmektedir. Uygulama performansındaki değişkenlerin toplamına göre hazırlanan toplam performans grafikleri ise Şekil 6.32’de görülmektedir.



Şekil 6.31: Aşağıdan yukarıya pozisyonda (PF) C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin referansa göre çeşitli parametrelerde uygulama performansları.



Şekil 6.32: Aşağıdan yukarıya pozisyonda (PF) C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin referansa göre toplam uygulama performansları kıyaslaması.

Alternatif akımda çanta kaynakta yapılan ark kesilmesi ve yeniden tutuşma kontrollerinde referans ürün kesiklik yapmazken, en fazla ark kesilmesi C₅ kodlu üründe görülmüştür. C₁ kodlu denemenin 3 kez kesiklik yaptığı görüldü ancak elektrodun yanış esnasında zorluk yaşadığı, daha yüksek akıma gereksinim duyulduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca aynı denemede kaynak banyosu karışma probleminin olduğu ve yakın çalışamadığı görülmüştür. C₃ ve C₄ kodlu denemelerin ise kontrolünün kolay olduğu görülürken, C₅ kodlu denemenin de daha fazla akıma gereksinim duyduğu gözlemlenmiştir.

Elektrodların yeniden tutuşmalarında ise herhangi bir problemle karşılaşılmamıştır. Ark kesikliği ve yeniden tutuşma kontrolleri sonuçları Çizelge 6.11’de verilmiştir.

Çizelge 6.11: C₁, C₂, C₃, C₄ ve C₅ kodlu denemelerin ark kesikliği ve yeniden tutuşma kontrolleri.

	Referans	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Ark Kesilmesi :	0	3 Kez	2 Kez	1 Kez	0	7 Kez
Yeniden Tutuşma :	1-1-1	1-2-1	2-2-1	1-1-1	2-1-1	2-2-1

6.2.4 D Serisi Hazırlanışı Üretim Koşulları ve Presleme Davranışları

SiO₂ içeren farklı hammaddelerin etkisini incelemek amacıyla hazırlanmıştır. Reçetede bulunan beş farklı SiO₂ içeren hammaddeden her birinin miktarı sırayla iki katına çıkarılarak diğerlerinin miktarı sabit tutulmuştur. Bu şekilde bu hammaddelerin miktarlarının artışıyla elektrod örtüsüne ve uygulama performansına etkisi incelenmiştir.

Her bir karışım 15'er dakika kuru olarak karıştırılmış, ardından eşit miktarda bağlayıcı ve su ilave edilmiştir. Yaş karışım süreleri 15 ve 20 dakika olarak, pastanın preslenebilme kıvamına gelmesine bağlı olarak değişmektedir.

Yaş karışım sürelerinde ve pres basınçlarında farklılıklar görülmüştür. D₁, D₃ ve D₄ kodlu denemelerin yaş karışımları 15 dakikada kıvam alırken D₅ kodlu pasta 20 dakikada preslenecek kıvama ulaşmıştır. Kuru ve yaş karışım süreleri ile pres basınçları Çizelge 6.12'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.12: D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ kodlu denemelerin kuru ve yaş karışım süreleri ile pres basınçları.

	Referans	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
Kuru Karışım Süresi (dk)	15	15	15	15	15	15
Yaş Karışım Süresi (dk)	20	15	20	15	15	20
Pres Basıncı (Bar)	70	70	100	100	100	70

Kaynak uygulama performansları test edilen deneme elektrodların tel çapları, örtü çapları ve renkleri ile ilgili bilgiler Çizelge 6.13 de verilmiştir.

Çizelge 6.13: D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ kodlu denemelerin fiziksel özellikleri.

Deneme No :	Referans	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
Tel Çapı (mm) :	3,21	3,19	3,19	3,19	3,19	3,19
Örtü Çapı (mm) :	5,16	5,17	5,17	5,16	5,17	5,17
Örtü Rengi :	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

Düz kaynak pozisyonunda (PA) D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ kodlu denemelerin operasyonel davranışlarında, D₁ kodlu denemede referans numuneye göre çok hafif olsa da yanışta sertlik ve kontrolde zorluk görülmüştür. Seri yanma görülmemiştir. Curufu kendiliğinden kalktığı ve Referans numuneye göre sıçramasının biraz fazla ve iri olduğu görülmüştür.

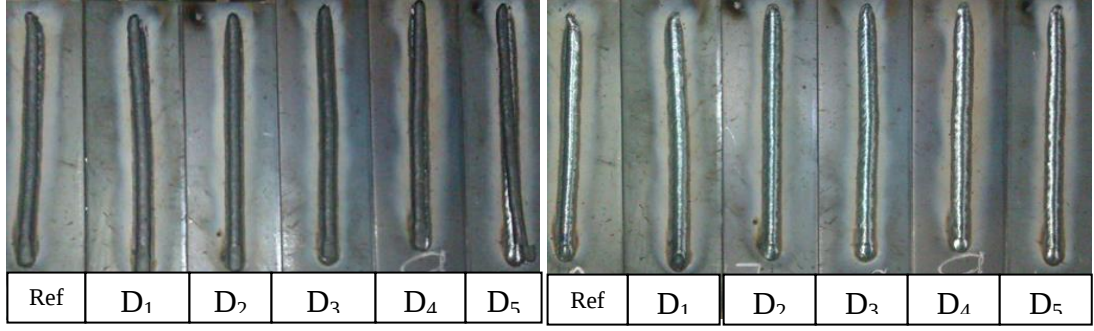
D₂ kodlu denemede kaynak kontrolünün gayet iyi olduğu ve seri yanmanın olmadığı görülmüştür. Sıçramasının çok az ve referans numuneye benzer olduğu görülmüştür. Curufu bütün olarak kendiliğinden kalktığı ancak kaynak esnasında kaynak metalinin çok fazla yayılmadığı görülmüştür. Biraz daha akıma gereksinim duyulduğu görülmüştür.

D₃ kodlu denemede seri yanma görülmüştür. Kaynak kontrolü daha zor olduğu, kısa mesafede çalışılırken, kaynak banyosunun arkın önüne geçtiği gözlemlenmiştir. Agresif, sert bir yanış karakterine sahip olduğu ve sıçramalarının oldukça fazla, iri boyutlu sıçramalar olduğu görülmüştür. Kaynak sonrası curufunun kendiliğinden kalktığı gözlemlenmiştir.

D₄'ün sert yanış karakterine sahip olduğu görüldü. Kaynak banyosu D₃ numaralı denemede olduğu gibi karışmıyor ancak kaynak kontrol zorluğu az da olsa yaşanmıştır. Kaynak metalinin iyi yayıldığı görüldü. Curufu kendiliğinden kalkmakta, sıçraması ise referans numuneye göre fazla ve iri olarak gözlemlenmiştir.

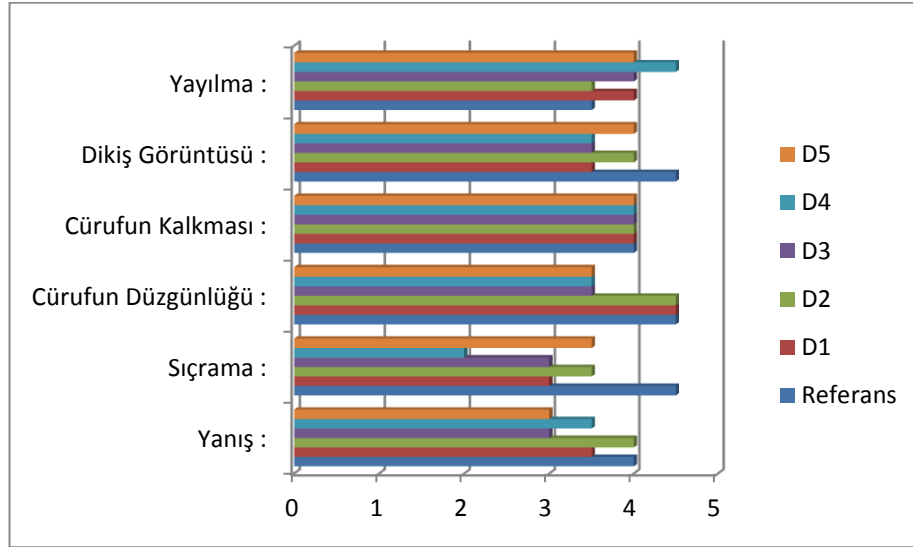
D₅'in yanışının gayet iyi olduğu ve seri yanma oluşturmadığı gözlemlenmiştir. Belli bir mesafede çalışılabildiği çünkü D₃ numaralı denemede olduğu gibi kısa mesafede banyonun arkın önüne geçmesiyle oluşan ve banyo karışması denilen problemin mevcut olduğu görülmüştür. Nispeten düşük seviyede sıçrama tespit edilmiştir.

Curuf yapıları açısından değerlendirilecek olursa referans numuneye benzer olarak D₁ ve D₂ numaralı denemelerin curufları gayet düzgün iken D₄ numaralı denemenin curufunun biraz koyu renkli olduğu gözlemlendi. D₃ numaralı denemenin curufunda hafif olarak kendi içerisinde parlaklık ve koyuluk görüldü. D₅ numaralı denemenin curufunda ise bir adet yaklaşık 1mm çapında gözenek görüldü. Referans numune ve denemelerin curuflarının ve kaynak dikişlerinin fotoğrafları Şekil 6.33 de verilmiştir.

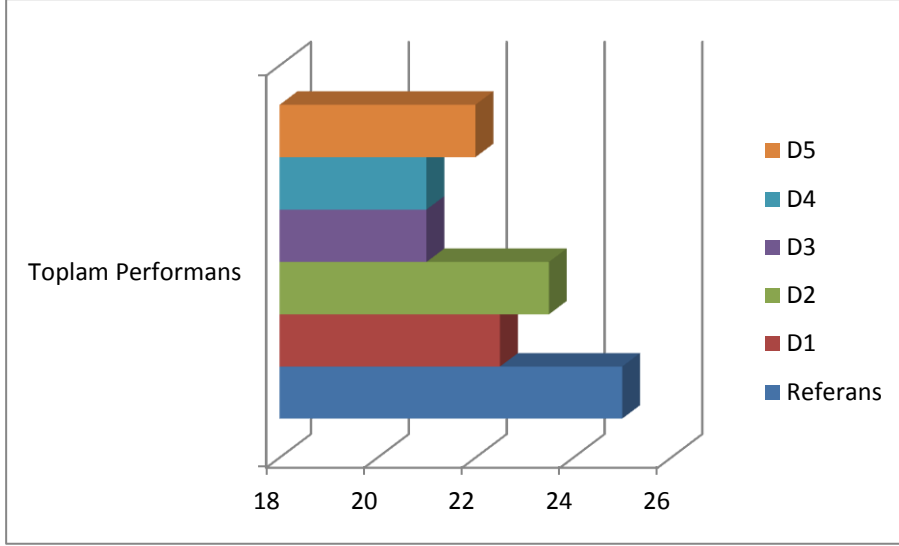


Şekil 6.33: Düz kaynakta (PA) referans ürün ile D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ numaralı denemelerin curuf ve kaynak dikişi görüntüleri.

Kaynak dikişi olarak referans ürüne en yakın iyilikte D₂ ardından da D₅ numaralı denemelerin dikişleri görüldü. Diğer denemelerin dikişlerinin genel olarak birbirine yakın olarak görüldü. Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ kodlu numunelerin referansa göre çeşitli değişkenlerdeki uygulama performansları Şekil 6.34'te bu değişkenlerin toplamına göre düzenlenmiş toplam performans grafiği Şekil 6.35 te verilmiştir.



Şekil 6.34: Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ kodlu numunelerin referansa göre çeşitli değişkenlerdeki uygulama performansları.

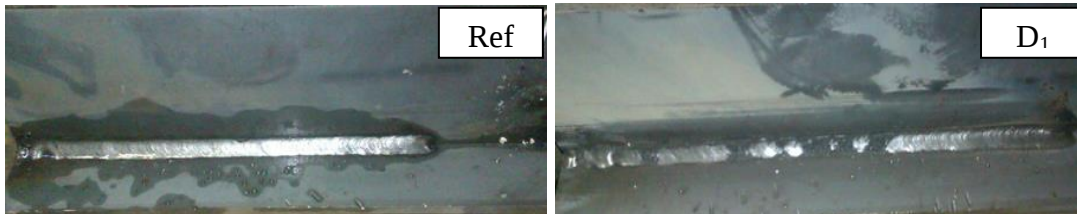


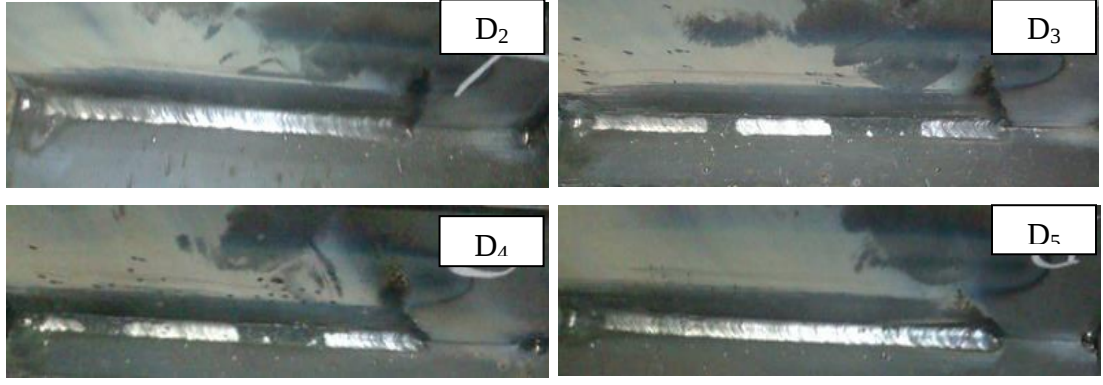
Şekil 6.35: Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ kodlu numunelerin referansa göre toplam uygulama performansları.

İç köşe pozisyonunda (PB), D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ kodlu denemelerin operasyonel davranışlarında, D₁ ve D₂ kodlu denemelerin referans numuneye göre yanış esnasında biraz daha amper istedikleri görüldü. D₃ kodlu denemenin bu pozisyonunda da sıçramasının fazla ve sert bir yanışının mevcut olduğu görüldü. D₄ numaralı deneme düz pozisyonundaki özellikleri ile benzer özellikte bir yanış karakteri sergilerken D₅ numaralı deneme bu pozisyonunda banyo karışımı sorunu oluşturmadığı normal, agresif olmayan bir yanış sergilediği görülmüştür.

Kaynak sonrası curuf kalkışlarında D₁, D₃ ve D₄ numaralı denemelerde problem yaşandığı gözlemlendi. Kaynak metali üzerine yoğun bir şekilde curufun yapıştığı görüldü, kaldırmak için çekiçlenmesine rağmen kenarlarda curufların kaldığı gözlemlendi. D₂ numaralı denemede curuf tamamen kalkarken, D₅ numaralı denemede ise hafif zorlanma ile curuf kalkmasına rağmen dikiş kenarlarında yapışan bazı kalıntılar görüldü.

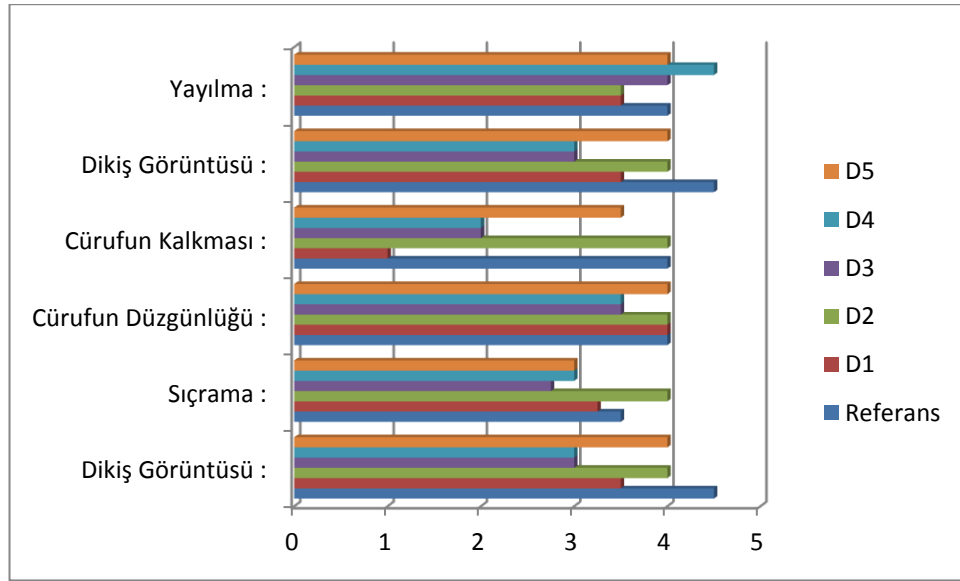
Referans numune ve denemelerin iç köşe kaynak pozisyonunda curuf kalıntıları ve dikiş görüntüleri Şekil 6.36 da verilmiştir.



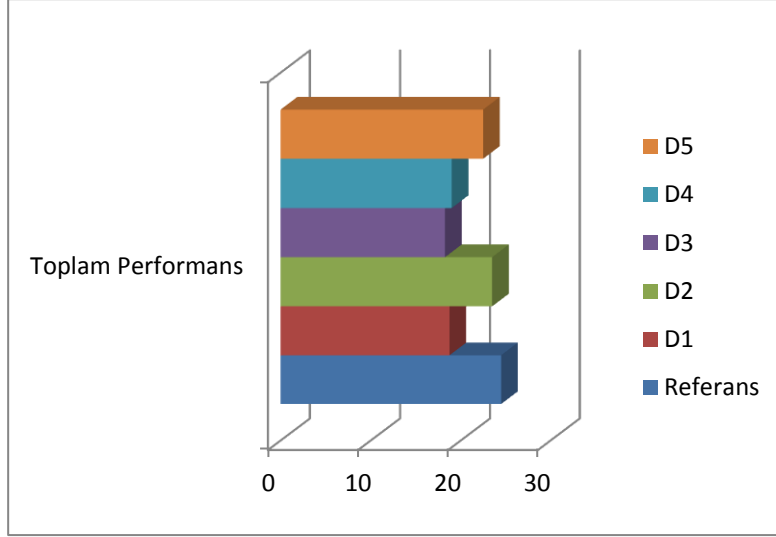


Şekil 6.36: İç köşe pozisyonunda (PB), referans ürün ile D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ kodlu denemelerin curuf kalıntılarının ve kaynak dikişlerinin görünümü.

İç köşe pozisyonunda (PB), D serisinin çeşitli parametrelere göre kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması Şekil 6.37 de ve toplam performansları Şekil 6.38’de gösterilmiştir.

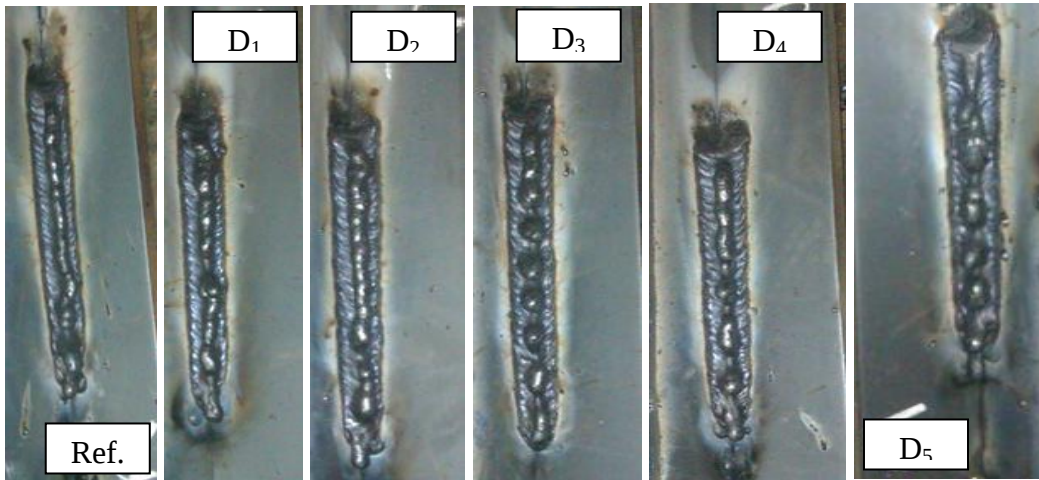


Şekil 6.37: İç köşe pozisyonunda (PB), D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ kodlu denemelerin çeşitli parametrelere göre kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması.

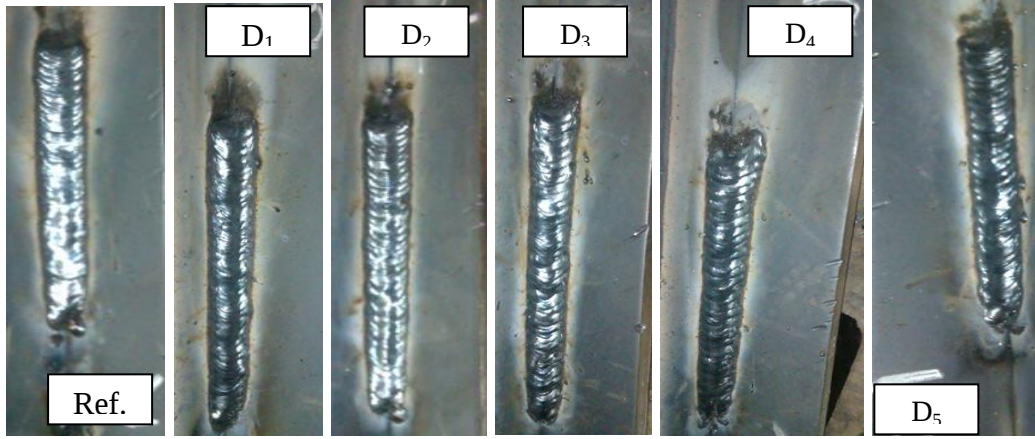


Şekil 6.38: İç köşe pozisyonunda (PB), D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ kodlu denemelerin referans ürüne göre toplam kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması.

Aşağıdan yukarı pozisyonunda (PF), D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ kodlu denemelerin operasyonel davranışlarında, D₁ numaralı denemede aşağıdan yukarı pozisyonunda hafif olarak kaynak kontrol zorluğu ve akma eğilimi görüldü. D₂ kodlu denemede de referansa göre benzer kaynak kontrol zorluğu görülürken D₁ ya göre daha iyi bir yanış görüldü. D₃ kodlu denemenin yanışı normal iken akma eğilimi gözlemlendi. D₄ da ise hafif olarak sesli yanma ve sıçrama gözlemlendi. D serisinin aşağıdan yukarı pozisyonunda curuf görüntüleri Şekil 6.39’da kaynak dikişi görüntüleri ise 6.40’ da verilmiştir.

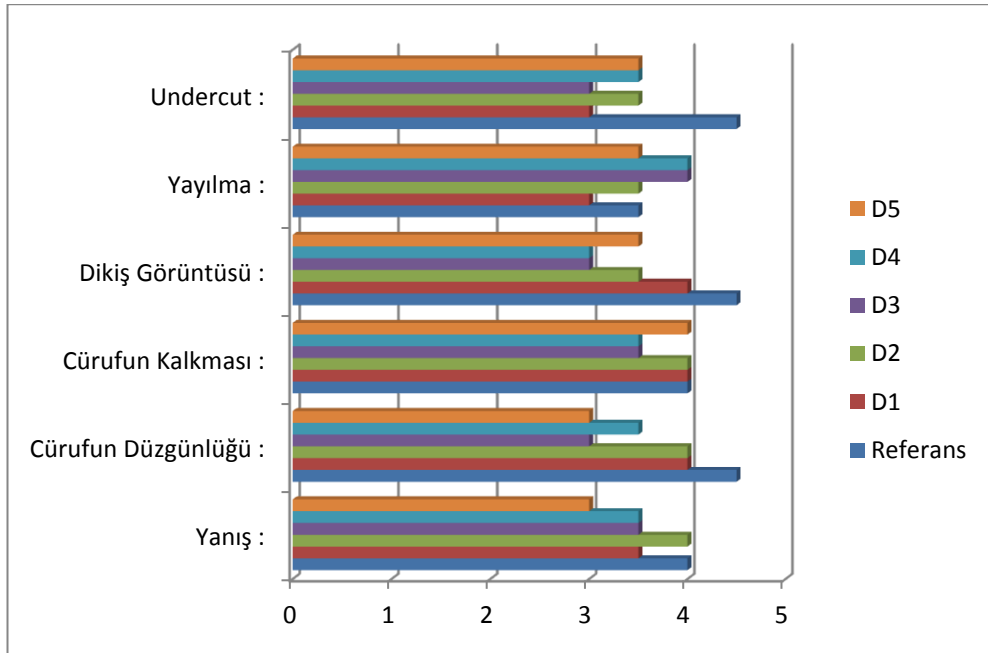


Şekil 6.39: Aşağıdan yukarı pozisyonunda (PF) referans, D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ kodlu denemelerin curuf görüntüleri.

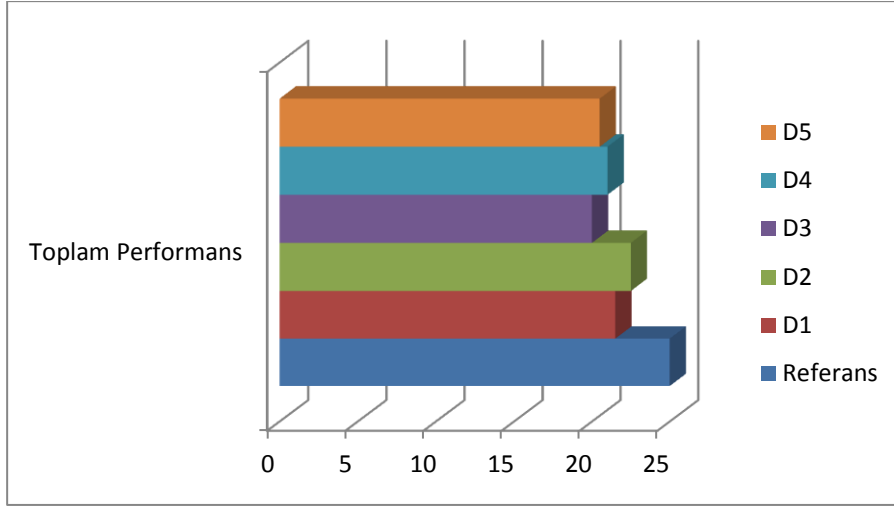


Şekil 6.40: Aşağıdan yukarı pozisyonda (PF) referans, D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ kodlu denemelerin kaynak dikişi görüntüleri.

D serisi denemelerinin aşağıdan yukarı pozisyonda farklı değişkenlere bağlı olarak hazırlanmış kaynak kontrolü performansları Şekil 6.41 de, toplam performansları ise Şekil 6.42’de görülmektedir.



Şekil 6.41: Aşağıdan yukarı pozisyonda (PF) D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ kodlu denemelerin çeşitli parametrelere göre kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması.



Şekil 6.42: Aşağıdan yukarı pozisyonda (PF) D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ kodlu denemelerin referans ürüne göre toplam kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması.

D serisinin AC tip transformatörde ark kesilmesi ve yeniden tutuşma kontrolleri Çizelge 6.14’ te görülmektedir.

Çizelge 6.14: D₁, D₂, D₃, D₄ ve D₅ kodlu denemelerin ark kesikliği ve yeniden tutuşma kontrolleri.

	Referans	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
Ark Kesilmesi :	1 Kez	1 Kez	0	3 Kez	0	2 Kez
Yeniden Tutuşma :	2 1 1	3 3 3	2 2 2	1 1 1	2 2 1	1 1 2

6.2.5 E Serisi Hazırlanışı, Üretim Koşulları ve Presleme Davranışları

SiO₂ içeren hammaddelerin elektrodun örtü özelliklerine ve uygulama performansına etkisini incelemek amacıyla A₁, A₂, A₃ ve A₄ kodlu denemeleri içeren sete ek olarak hazırlanmıştır. Referans reçetede K₄ ve K₅ miktarı eşit olup, % 50 K₄ ve % 50 K₅ olmak üzere toplam miktarı %100 olarak aldığımızda E₁ kodlu deneme % 75 K₄ ve % 25 K₅ katılarak, E₂ kodlu deneme ise % 75 K₅ ve % 25 K₄ katılarak hazırlanmıştır.

Her bir karışım 15’er dakika kuru olarak karıştırılmış, ardından eşit miktarda bağlayıcı ve su ilave edilmiştir.

Preslemede herhangi bir sorun yaşanmamıştır. Kuru ve yaş karışım süreleri ile pres basınçları Çizelge 6.15'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.15: E₁ ve E₂ kodlu denemelerin kuru ve yaş karışım süreleri ile pres basınçları gösterimi.

	Referans	E ₁	E ₂
Kuru Karışım Süresi (dk)	15	15	15
Yaş Karışım Süresi (dk)	20	15	20
Pres Basıncı (Bar)	70	65	70

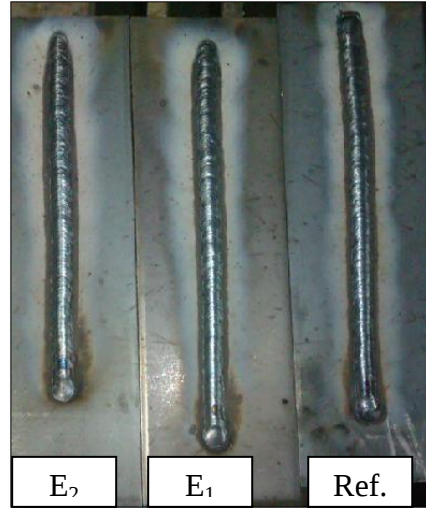
Çizelge 6.16: E₁ ve E₂ kodlu denemelerin fiziksel özellikleri.

Deneme No :	Referans	E ₁	E ₂
Tel Çapı (mm) :	3,21	3,20	3,21
Örtü Çapı (mm) :	5,16	5,19	5,15
Örtü Rengi :	Normal	Normal	Normal

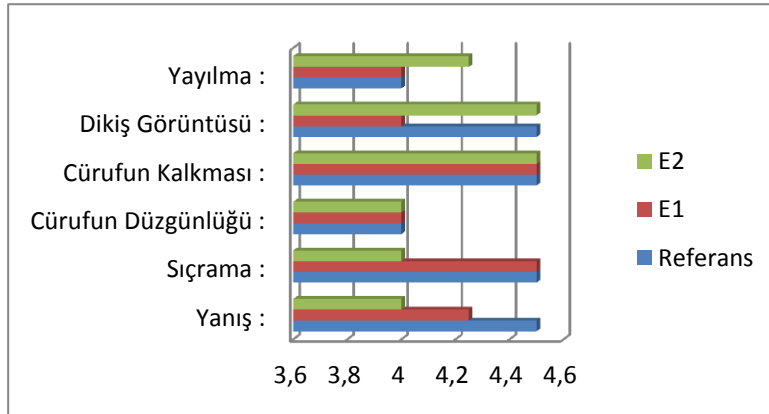
Düz kaynak pozisyonunda (PA) E serisi denemelerinin operasyonel davranışlarında, E₁ kodlu denemenin düz kaynakta referans üretime yakın bir yanış sergilediği görüldü. Sıçraması da aynı olarak gözlemlendi. Farklı olarak kaynak metalinin biraz daha toplu çıktığı ve yanış sırasında biraz daha akıma gereksinim duyulduğu gözlemlendi.

E₂ kodlu denemenin ise E₁ e göre daha iyi bir yanış sergilediği sıçrama konusunda referans ve E₁ e benzer özellik gösterdiği görülmüştür.

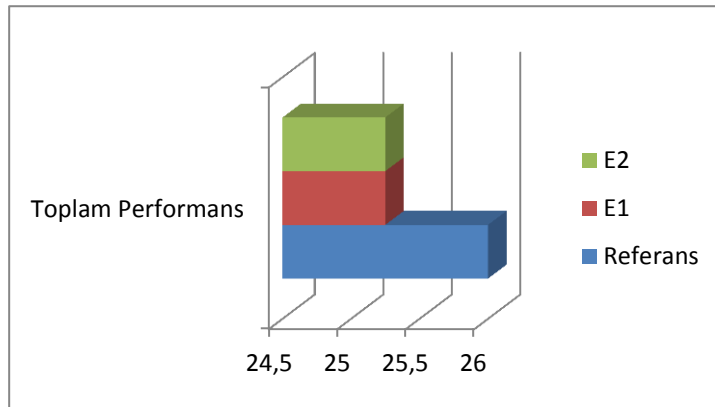
Düz kaynak pozisyonunda (PA) referans ürün ile E₁ ve E₂ numaralı denemelerin kaynak dikişi görüntüleri Şekil 6.43'te, Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) E₁ ve E₂ kodlu numunelerin referansa göre uygulama performansları Şekil 6.44 te, Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) E₁ ve E₂ kodlu numunelerin referansa göre toplam performansları Şekil 6.45'te verilmiştir.



Şekil 6.43: Düz kaynakta (PA) referans ürün ile E₁ ve E₂ numaralı denemelerin kaynak dikişi görüntüleri.



Şekil 6.44: Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) E₁ ve E₂ kodlu numunelerin referansa göre uygulama performansları.

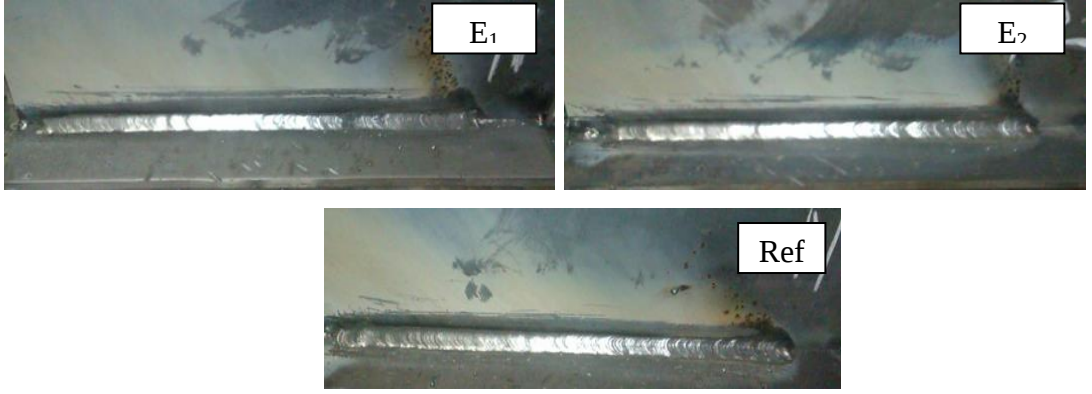


Şekil 6.45: Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) E₁ ve E₂ kodlu numunelerin referansa göre toplam performansları.

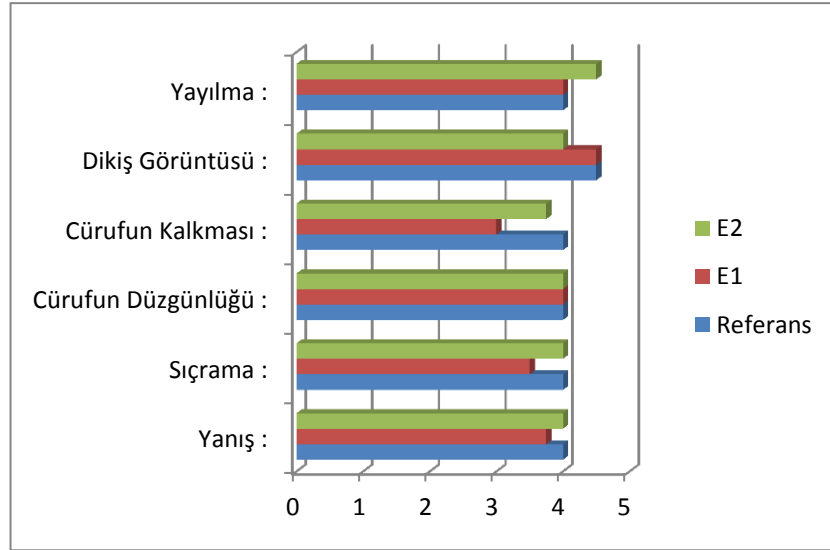
İç köşe pozisyonunda (PB), E₁ ve E₂ kodlu denemelerin operasyonel davranışlarının değerlendirilmesinde, E₁ kodlu denemenin bu pozisyonunda da toplu bir kaynak dikişi oluşturduğu görülmüştür. Özellikle bu pozisyonunda dikişin toplu olmasından kaynaklı kontrol zorlukları yaşanabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Sıçramasının bu pozisyonunda biraz daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

E₂ kodlu denemenin iç köşe pozisyonundaki kaynak kontrolünün E₁ numaralıya göre daha iyi olduğu görülmüştür. Sıçraması ise az ancak iri olarak göze çarpmıştır.

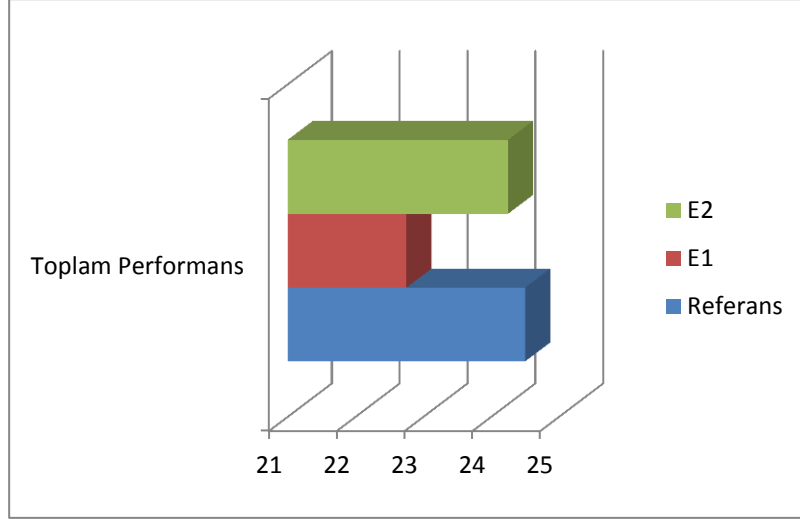
Curuf kalkışlarında E₂ de sorun yaşanmaz iken, E₁ numaralı denemede curufun yer yer zor kalktığı, çekiçle kırılmasına rağmen kaynak metali üst kısımlarında curuf kalıntıları olduğu görülmüştür. İç köşe pozisyonunda referans (N) ile E₁ ve E₂ kodlu denemelerin kaynak dikişleri ve curuf kalıntıları Şekil 6.46'da gösterilmiştir.



Şekil 6.46: İç köşe pozisyonunda (PB), referans ürün ile E₁ ve E₂ kodlu denemelerin curuf kalıntılarının ve kaynak dikişlerinin görünümü.

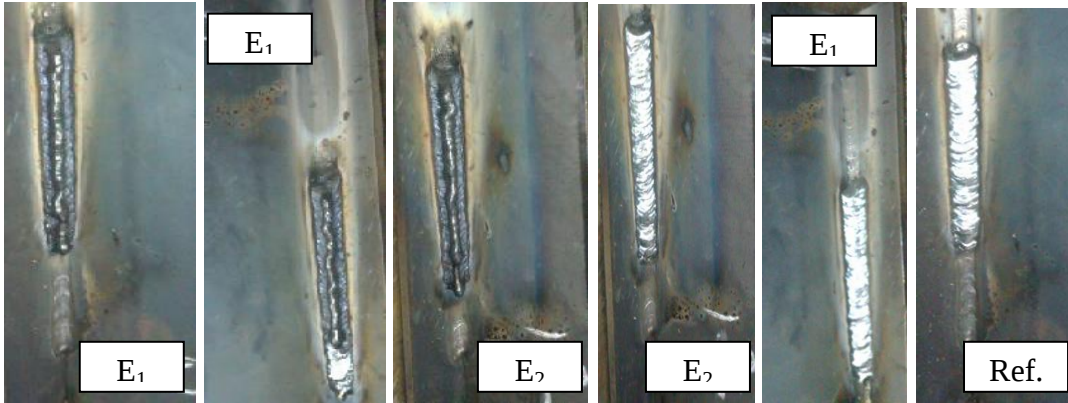


Şekil 6.47: İç köşe pozisyonunda (PB), E₁ ve E₂ kodlu denemelerin çeşitli parametrelere göre kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması.

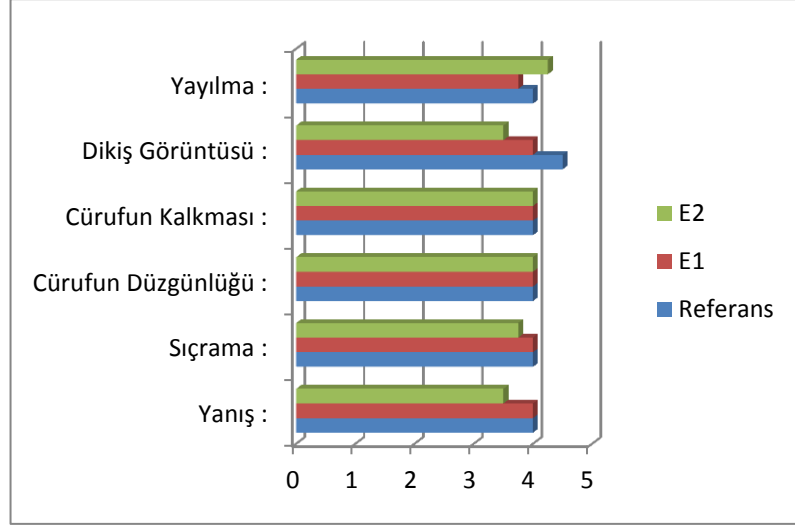


Şekil 6.48: İç köşe pozisyonunda (PB) E₁ ve E₂ kodlu numunelerin referansa göre toplam performansları.

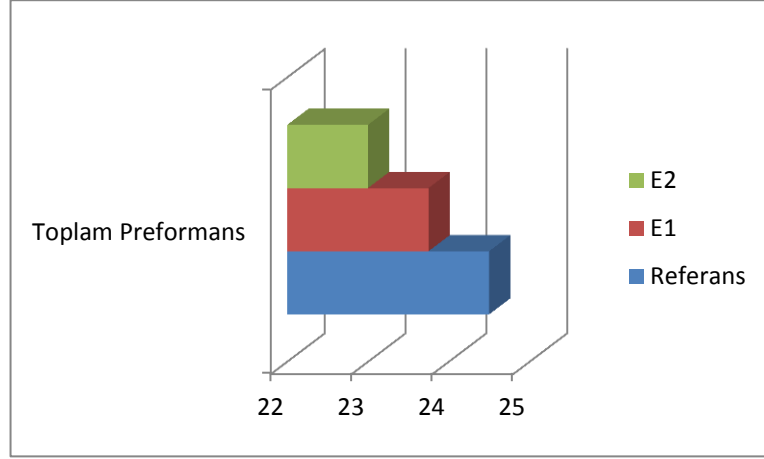
Aşağıdan yukarı pozisyonunda (PF), E₁ ve E₂ kodlu denemelerin operasyonel davranışlarında E₁ numaralı denemenin gayet normal şekilde yandığı, amperin (akımın) tam oturduğu gözlemlenmiştir. E₂ numaralı denemede ise E₁ ve referansa göre kaynak kontrolü ve ergime zorluğu olduğu görülmüş ve daha fazla akım istediği gözlemlenmiştir. Şekil6.49’da aşağıdan yukarı pozisyonunda (PF) referans, E₁ ve E₂ kodlu denemelerin curuf ve kaynak dikişi görüntüleri Şekil 6.49’ da verilmiştir.



Şekil 6.49: Aşağıdan yukarı pozisyonunda (PF) referans, E₁ ve E₂ kodlu denemelerin curuf ve kaynak dikişi görüntüleri.



Şekil 6.50: Aşağıdan yukarı pozisyonda (PF) E_1 ve E_2 kodlu denemelerin çeşitli parametrelere göre kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması.



Şekil 6.51: Aşağıdan yukarı pozisyonda (PF) E_1 ve E_2 kodlu numunelerin referansa göre toplam performansları.

AC trafoda yapılan ark kesilmesi ve yeniden tutuşma kontrollerinde referansta ark kesilmesi elektrod boyunca gözlemlenmezken, E_1 kodlu denemede beş kez net kesiklik olduğu görülmüştür. Sıçramasının da bu trafoda fazla olduğu gözlemlenmiştir. E_2 kodlu denemede ise AC trafoda ark kesikliği bir kez olmuş ancak net olarak gözlemlenmiştir. AC de görülen ark kesiklikleri ve yeniden tutuşma testleri sonuçları Çizelge 6.17 de verilmiştir.

Çizelge 6.17: E₁ ve E₂ kodlu denemelerin ark kesikliği ve yeniden tutuşma kontrolleri.

	Referans	E ₁	E ₂
Ark Kesilmesi :	0	5 Kez	1 Kez
Yeniden Tutuşma :	1 2 1	2 2 2	1 1 2

6.2.6 F Serisi Hazırlanışı, Üretim Koşulları ve Presleme Davranışları

Mevcut reçetede bulunan SiO₂ içeren hammaddelerin yerine reçete dışı SiO₂ içeren hammaddelerin eklenmesi ile oluşacak etkinin gözlemlenmesi amacıyla hazırlanmıştır. SiO₂ oranında değişiklik yapılmaması için reçetede ki oranı en yüksek (yaklaşık %99) SiO₂ içeren hammadde olan K₄ çıkarılarak yerine eşit oranda SiO₂ gelecek miktarda zirkonyum silikat ve vollastonit sırayla katılarak F₁ ve F₂ kodlu denemeler oluşturulmuştur. F serisinin kuru ve yaş karışım süreleri ile pres basınçları Çizelge 6.18 de, üretim sonrası fiziksel özellikleri ise Çizelge 6.19’da gösterilmiştir.

Çizelge 6.18: F₁ ve F₂ kodlu denemelerin kuru ve yaş karışım süreleri ile pres basınçları gösterimi.

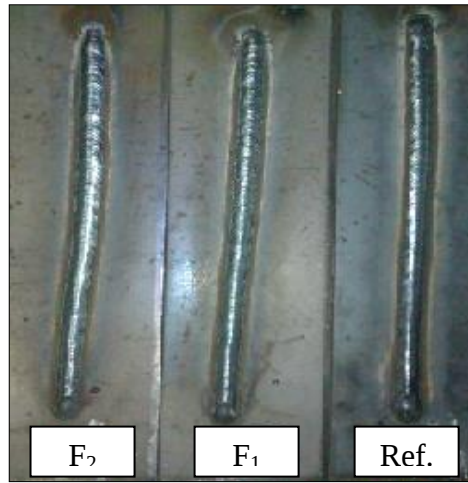
	Referans	F ₁	F ₂
Kuru Karışım Süresi (dk)	15	15	15
Yaş Karışım Süresi (dk)	20	15	20
Pres Basıncı (Bar)	70	65	70

Çizelge 6.19: F₁ ve F₂ kodlu denemelerin fiziksel özellikleri

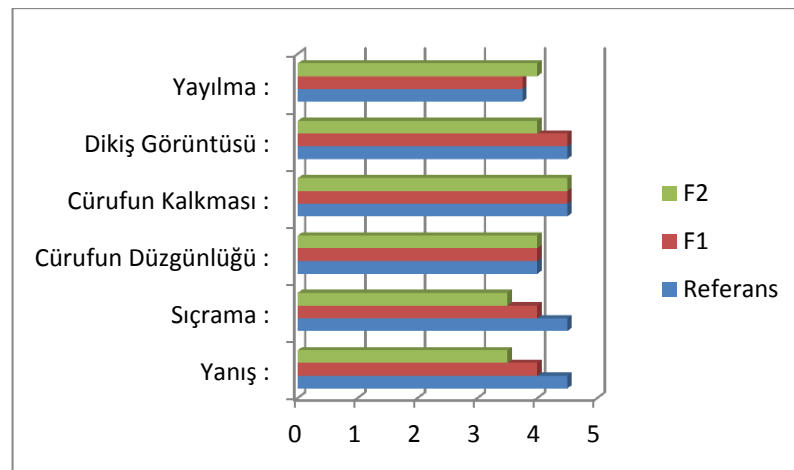
Deneme No :	Referans	F ₁	F ₂
Tel Çapı (mm) :	3,21	3,21	3,21
Örtü Çapı (mm) :	5,16	5,15	5,15
Örtü Rengi :	Normal	Normal	Normal

Düz kaynak pozisyonunda (PA) F serisi denemelerinin operasyonel davranışlarında, F₁ kodlu denemenin kaynak kontrolünün, elektrodun ergimesinin kolay, sıçramasının ise az ve ince taneli olduğu gözlemlenmiştir. Referans üretime oranla biraz daha sert bir yanış karakterine sahip olduğu görülmüştür.

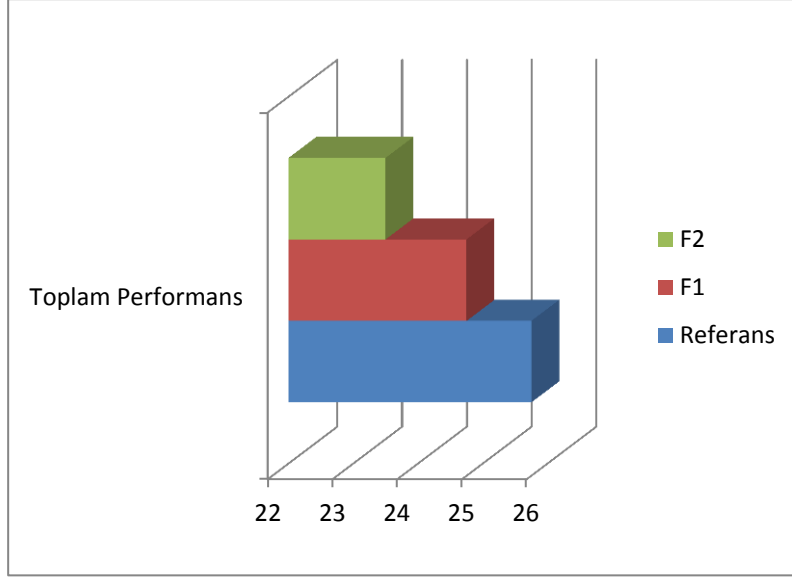
F₂ kodlu denemenin ise referansa göre daha sert bir yanışa sahip olduğu, sıçramalarının daha fazla ve iri olduğu görülmüştür. Düz kaynak pozisyonunda F serisinin kaynak dikişi görüntüleri Şekil 6.52’ de, uygulama performansları Şekil 6.53, toplam uygulama performansları ise Şekil 6.54’te verilmiştir.



Şekil 6.52: Düz kaynakta (PA) referans ürün ile F₁ ve F₂ numaralı denemelerin kaynak dikişi görüntüleri.



Şekil 6.53: Düz Kaynak Pozisyonunda (PA) F₁ ve F₂ kodlu numunelerin referansa göre uygulama performansları.

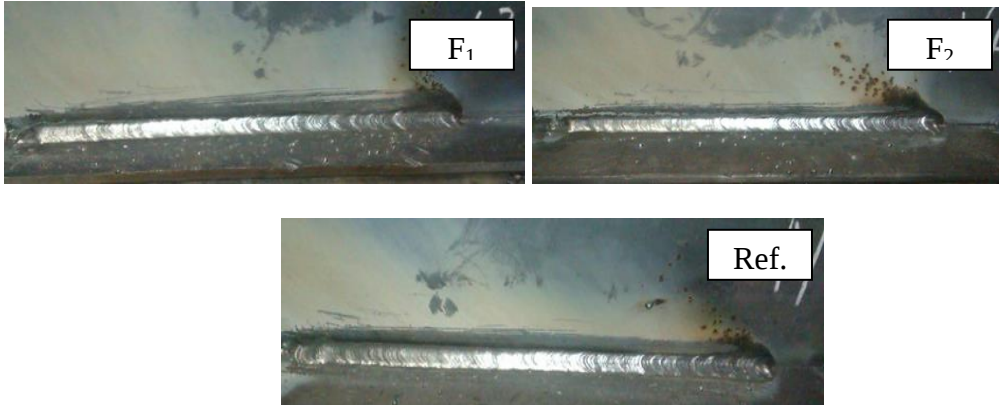


Şekil 6.54: Düz kaynak pozisyonunda (PA) F_1 ve F_2 kodlu numunelerin referansa göre toplam performansları.

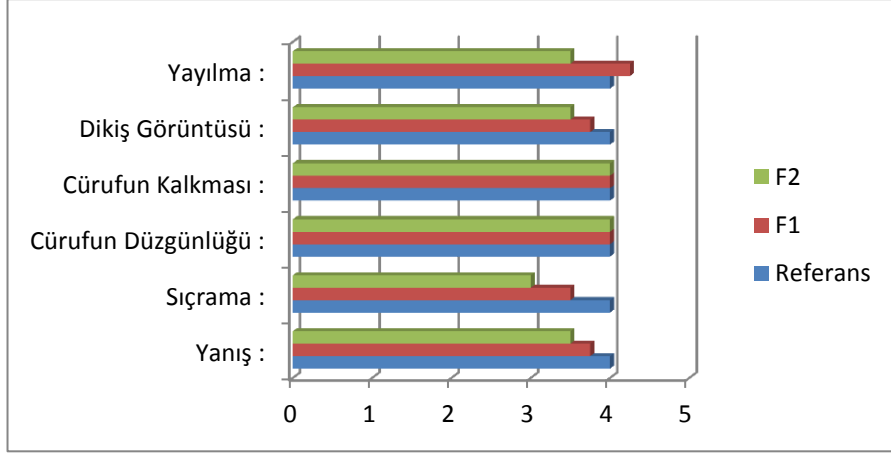
İç köşe pozisyonunda (PB), F_1 ve F_2 kodlu denemelerin operasyonel davranışlarında;

F_1 numaralı elektrodta diğer pozisyonunda olduğu gibi yalnızca biraz sert yanış karakteristiği gözlemlenirken diğer özelliklerinin iyi olduğu görülmüştür.

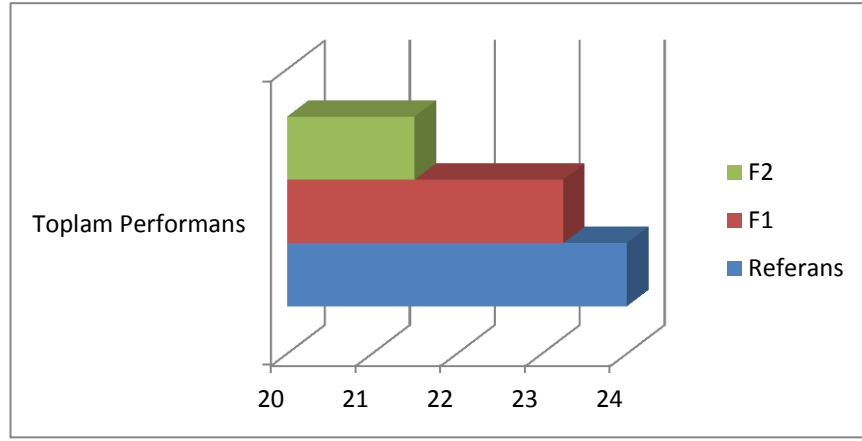
F_2 numaralı denemede ise sıçramaların daha fazla ve iri olduğu göze çarparken, yanış özellikleri açısından F_1 numaralı elektrodta geride olduğu görülmüştür. İç köşe pozisyonunda (PB), referans ürün ile F serisinin curuf kalıntılarının ve kaynak dikişlerinin görünümü Şekil 6.55'te görülmektedir.



Şekil 6.55: İç köşe pozisyonunda (PB), referans ürün ile F_1 ve F_2 kodlu denemelerin curuf kalıntılarının ve kaynak dikişlerinin görünümü.



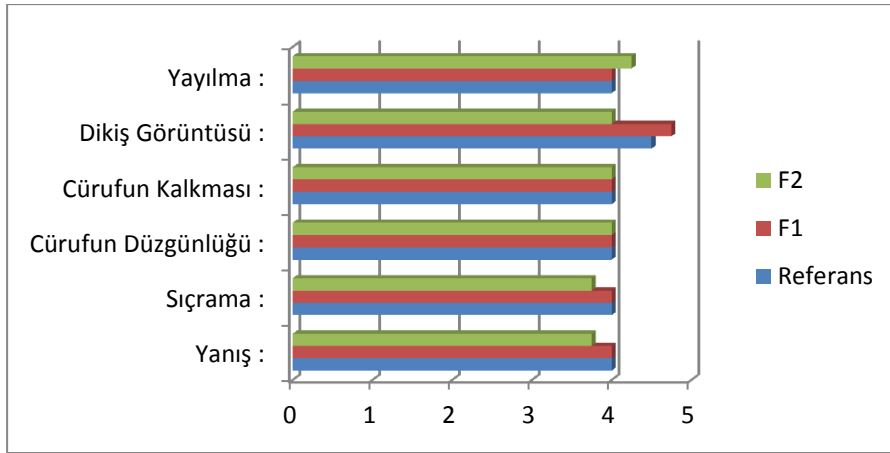
Şekil 6.56: İç köşe pozisyonunda (PB), F_1 ve F_2 kodlu denemelerin çeşitli parametrelere göre kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması.



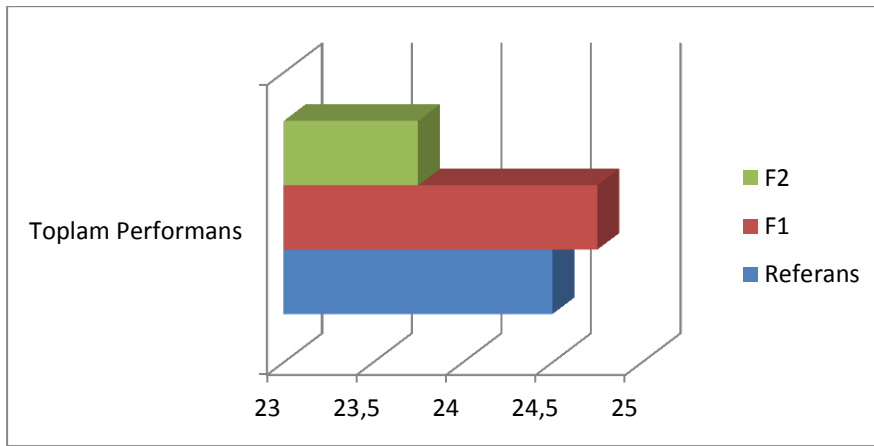
Şekil 6.57: İç köşe pozisyonunda (PB) F_1 ve F_2 kodlu numunelerin referansa göre toplam performanslarının gösterimi.

Aşağıdan yukarı pozisyonunda (PF), F_1 ve F_2 kodlu denemelerin operasyonel davranışlarında; F_1 numaralı denemede referansa göre daha iyi sonuçlar elde edildi. Yanışının gayet güzel olduğu, kaynak kontrolünün kolay olduğu gözlemlendi. Elektrodun amper istemediği görüldü ve özellikle düşük amperlerde referans yerine kullanılabileceği kanısına varıldı.

F_2 numaralı denemede kaynak kontrol zorluğu hissedildi ve elektrodun yanış esnasında biraz daha akıma gereksinim duyduğu gözlemlenmiştir. F serisinin aşağıdan yukarı pozisyonunda farklı değişkenlere göre kaynak uygulama performansı Şekil 6.58’de, bu değişkenlerin toplamına bağlı olarak oluşturulan toplam uygulama performansları ise Şekil 6.59’da verilmiştir.



Şekil 6.58: Aşağıdan yukarı pozisyonda (PF) F₁ ve F₂ kodlu denemelerin çeşitli parametrelere göre kaynak kontrol performanslarının kıyaslanması.



Şekil 6.59: Aşağıdan yukarı pozisyonda (PF) F₁ ve F₂ kodlu numunelerin referansa göre toplam performansları.

AC trafoda yapılan ark kesilmesi ve yeniden tutuşma kontrollerinde referansta ark kesilmesi elektrod boyunca gözlemlenmemiştir. F₁ kodlu denemede iki kez ancak göz kırpması şeklinde kesiklik olduğu görülmüştür. F₂ kodlu denemede ise AC trafoda ark kesikliği iki kez olmuş ancak net olarak gözlemlenmiştir. Ayrıca F₂ kodlu denemenin yanma zorluğu ve akım istemesi bu kontrolde de görülmüştür. Sıçramasının da fazla olduğu gözlemlenmiştir. AC de görülen ark kesiklikleri ve yeniden tutuşma testleri sonuçları Çizelge 6.20 'de verilmiştir.

Çizelge 6.20: F₁ ve F₂ kodlu denemelerin ark kesikliği ve yeniden tutuşma kontrolleri.

	Referans	F ₁	F ₂
Ark Kesilmesi :	0	2 Kez	2 Kez
Yeniden Tutuşma :	1 1 1	2 2 2	1 2 2

6.3 Elektrod Örtüsü ve Kaynak Sonrası Curuflarının Yoğunluk Ölçümleri

Kaynak sonrasında numunelerin curufları toplanarak Arşimed yoğunlukları ölçülmüştür. Elde edilen veriler Çizelge 6.21 de verilmiştir.

Çizelge 6.21: Kaynak Sonrası Curufların Arşimed Yoğunlukları.

		1. Ölçüm (gr/cm ³)	2. Ölçüm (gr/cm ³)	3. Ölçüm (gr/cm ³)	Ortalama (gr/cm ³)
1	Ref.	2,799	2,741	2,755	2,765
2	A1	2,861	2,786	2,858	2,835
3	A2	2,701	2,758	2,784	2,748
4	A3	2,855	2,951	2,995	2,934
5	A4	2,777	2,903	2,659	2,780
6	B1	-	-	-	0,000
7	B2	2,811	2,894	2,725	2,810
8	B3	2,759	2,802	2,814	2,792
9	B4	3,032	2,936	2,937	2,968
10	B5	2,955	2,731	2,658	2,781
11	C1	2,662	2,679	2,685	2,675
12	C2	2,804	2,677	2,626	2,702
13	C3	2,566	2,708	2,807	2,694
14	C4	2,524	2,67	2,676	2,623
15	C5	2,716	2,599	2,64	2,652
16	D1	2,64	2,692	2,667	2,666
17	D2	2,956	2,858	2,882	2,899
18	D3	2,946	2,988	2,965	2,966
19	D4	2,876	2,892	2,736	2,835
20	D5	2,796	2,981	2,773	2,850
21	E1	2,858	3,021	2,905	2,928
22	E2	2,748	2,954	2,99	2,897
23	F1	3,106	3,007	3,087	3,067
24	F2	2,879	2,822	3,002	2,901

Numunelerin örtüleri ve kaynak sonrası curufları toplanarak helyum piknometresinde yoğunlukları ölçülmüştür. Elde edilen veriler Çizelge 6.22’de verilmiştir.

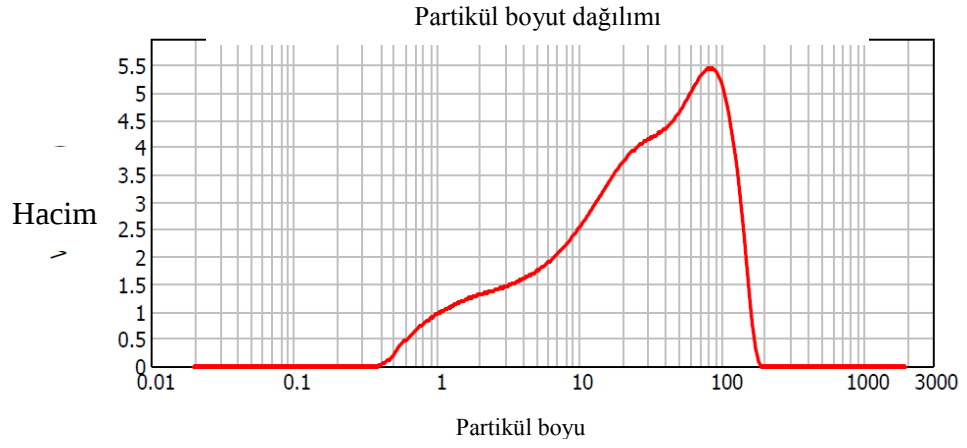
Çizelge 6.22: Elektrod örtü ve curufları piknometre yoğunluğu ölçümleri.

Örtü Piknometre Yoğunluğu			
		Ölçüm (gr/cm ³)	Stan. Sapma(gr/cm ³)
1	Ref.	3,3882	0,0006
2	A ₁	3,3529	0,0011
3	A ₂	3,3424	0,0007
4	A ₃	3,3489	0,0006
5	A ₄	3,3727	0,0005
6	B ₁	-	-
7	B ₂	3,3400	0,0007
8	B ₃	3,3587	0,0004
9	B ₄	3,3584	0,0007
10	B ₅	3,3715	0,0012
11	C ₁	3,4707	0,0014
12	C ₂	3,4071	0,0015
13	C ₃	3,4281	0,0016
14	C ₄	3,4033	0,0014
15	C ₅	3,4108	0,0015
16	D ₁	3,3101	0,0016
17	D ₂	3,3688	0,0014
18	D ₃	3,3392	0,0018
19	D ₄	3,3707	0,0016
20	D ₅	3,3599	0,0014
21	E ₁	3,3870	0,0013
22	E ₂	3,3793	0,0009
23	F ₁	3,4592	0,0031
24	F ₂	3,4227	0,0045

Curuf Piknometre Yoğunluğu			
		Ölçüm (gr/cm ³)	Stan. Sapma(gr/cm ³)
1	Ref.	3,4626	0,0023
2	A ₁	3,4436	0,0014
3	A ₂	3,4281	0,0009
4	A ₃	3,4344	0,0013
5	A ₄	3,4538	0,0008
6	B ₁	-	-
7	B ₂	3,4297	0,0021
8	B ₃	3,4421	0,0007
9	B ₄	3,4409	0,0022
10	B ₅	3,4548	0,0029
11	C ₁	3,6036	0,0025
12	C ₂	3,509	0,0012
13	C ₃	3,5164	0,0043
14	C ₄	3,5071	0,0014
15	C ₅	3,5114	0,0022
16	D ₁	3,4072	0,0019
17	D ₂	3,4517	0,0013
18	D ₃	3,4235	0,0021
19	D ₄	3,4556	0,0032
20	D ₅	3,4498	0,0024
21	E ₁	3,4793	0,0009
22	E ₂	3,4754	0,0012
23	F ₁	3,4898	0,0016
24	F ₂	3,4811	0,0023

6.4 Partikül Boyut ve Boyut Dağılımı Ölçümleri

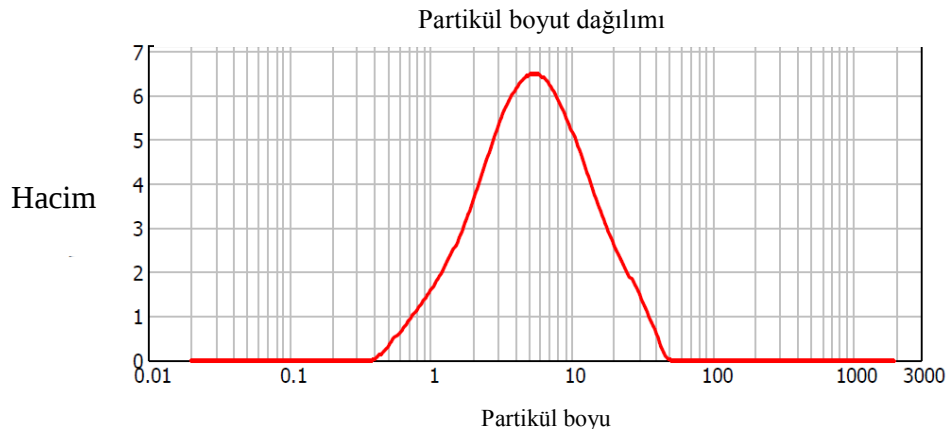
Deneme reçetelerinde değişiklik yapılan hammaddelerin partikül boyutları ve boyut dağılımları ölçülmüştür. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre K₁ hammaddesinin partikül boyut ölçümü ve dağılımı Şekil 6.60 ‘da, K₂ Şekil 6.61’ de, K₃ Şekil 6.62’de, K₄ Şekil 6.63 ‘de, K₅ Şekil 6.64’te, zirkonyum silikat partikül boyut ölçümü ve dağılımı Şekil 6.65’te ve Vollaastonit partikül boyut ölçümü ve dağılımı Şekil 6.66’da görülmektedir. Partikül boyut dağılımlarının uniform olduğu ve hammaddelerin partikül boyutlarının birbirine yakın değerlerde olduğu ölçülmüştür.



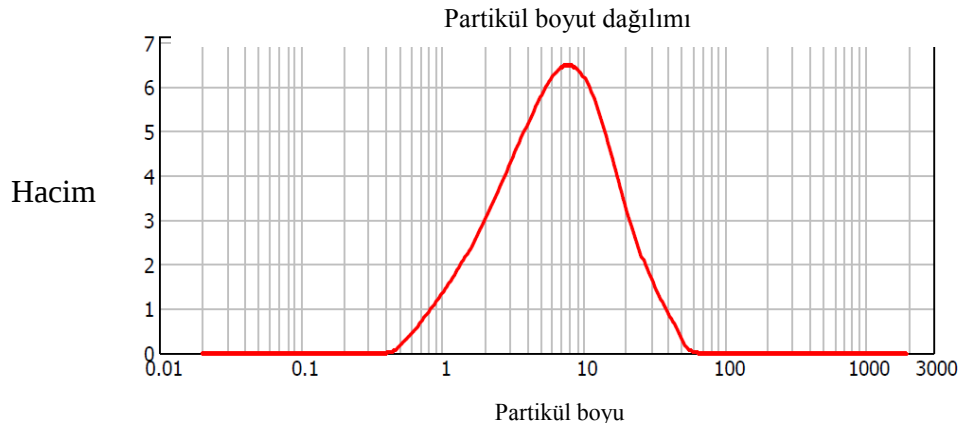
Şekil 6.60: K_1 partikül boyu ve partikül boyut dağılımı ölçümü.



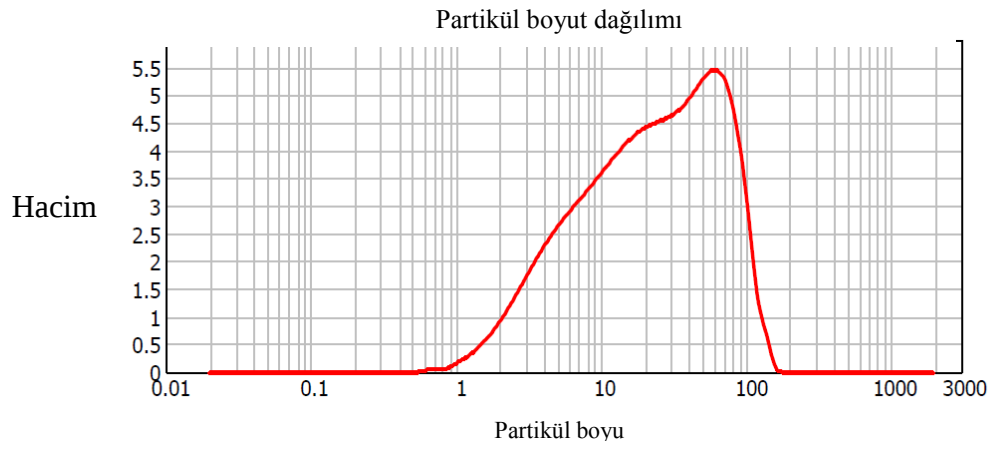
Şekil 6.61: K_2 partikül boyu ve partikül boyut dağılımı ölçümü.



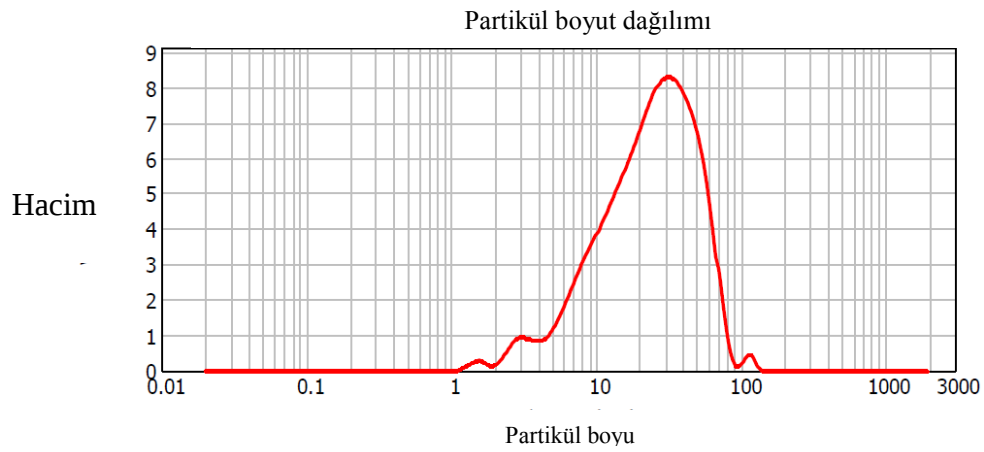
Şekil 6.62: K_3 partikül boyu ve partikül boyut dağılımı ölçümü.



Şekil 6.63: K₄ partikül boyu ve partikül boyut dağılımı ölçümü.



Şekil 6.64: K₅ partikül boyu ve partikül boyut dağılımı ölçümü.



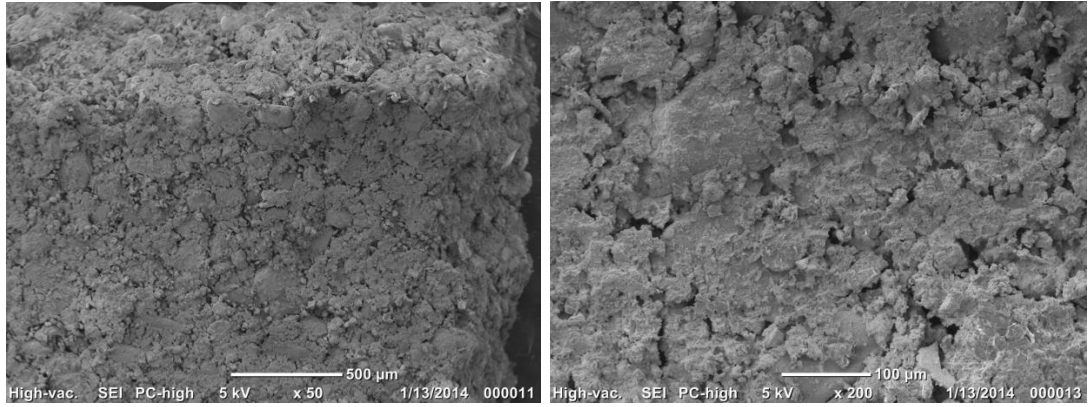
Şekil 6.65: Zirkonyum Silikat partikül boyu ve partikül boyut dağılımı ölçümü.



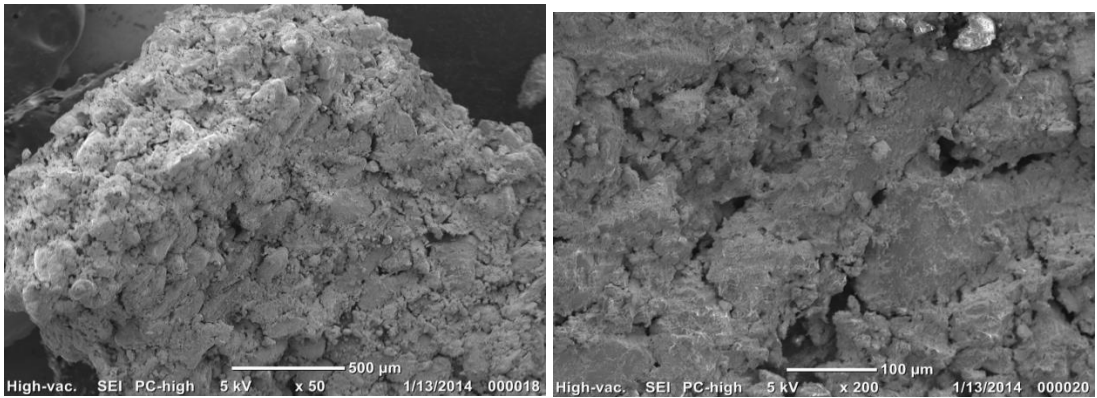
Şekil 6.66: Vollastonit partikül boyu ve partikül boyut dağılımı ölçümü.

6.5 Mikroyapı Gözlemleri

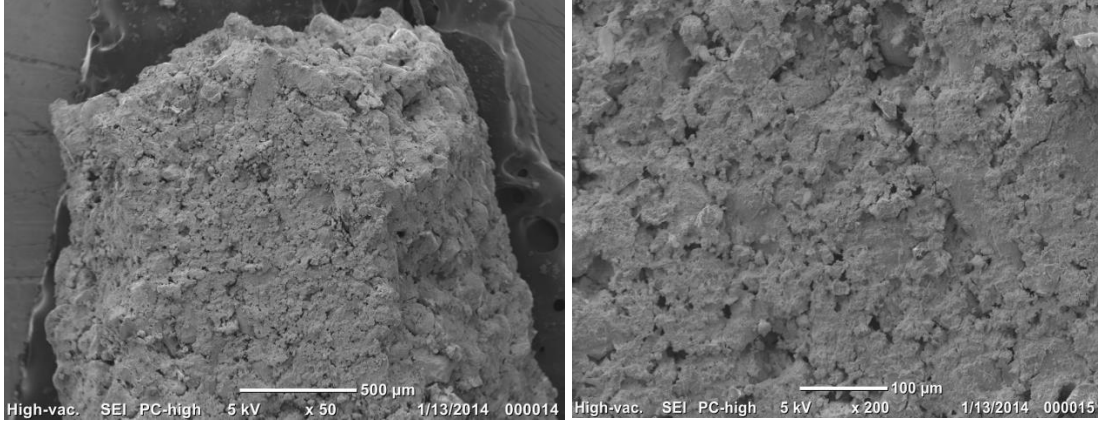
Deneme numunelerinin örtü ve curuflarının mikro yapıları incelenmiştir. Örtülerin 50x ve 200 x büyütmedeki SEM görüntüleri Şekil 6.67, 6.68, 6.69, 6.70, ve 6.71 de görülmektedir.



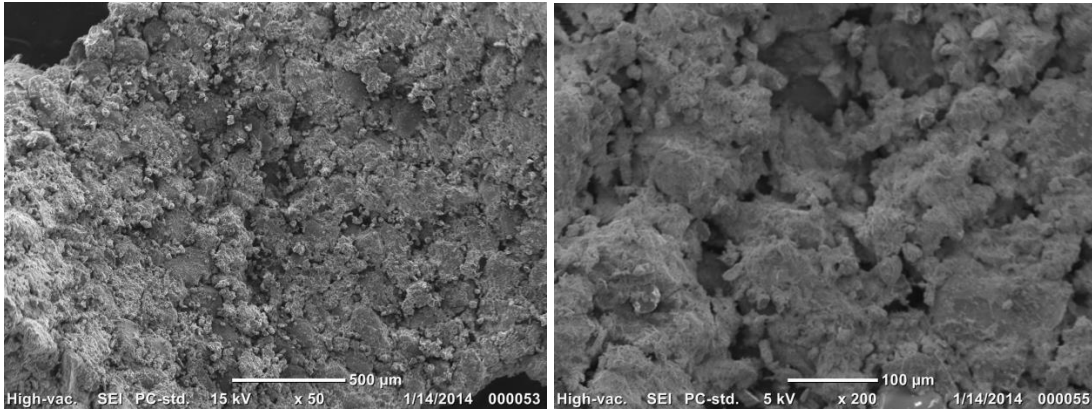
Şekil 6.67: Referans numune örtüsünün 50x ve 200x büyütmedeki SEM görüntüleri.



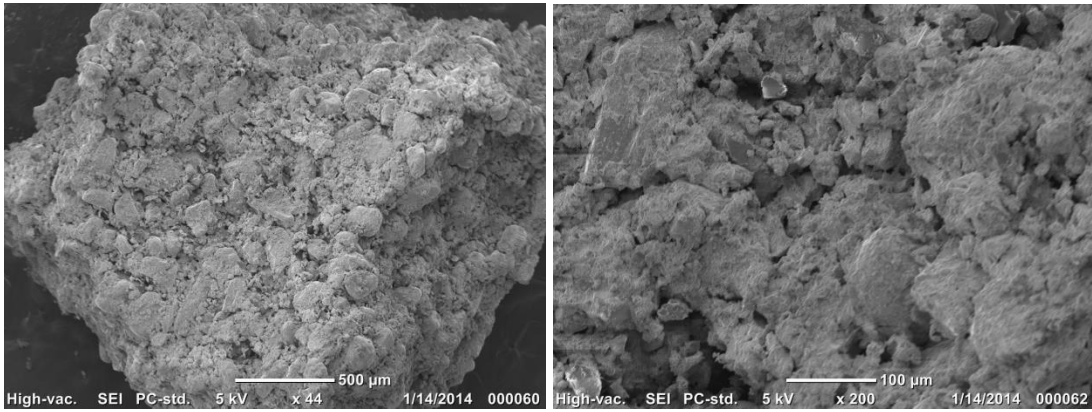
Şekil 6.68: B₅ kodlu numune örtüsünün 50x ve 200x büyütmedeki SEM görüntüleri.



Şekil 6.69: C₅ kodlu numune örtüsünün 50x ve 200x büyütmedeki SEM görüntüleri.



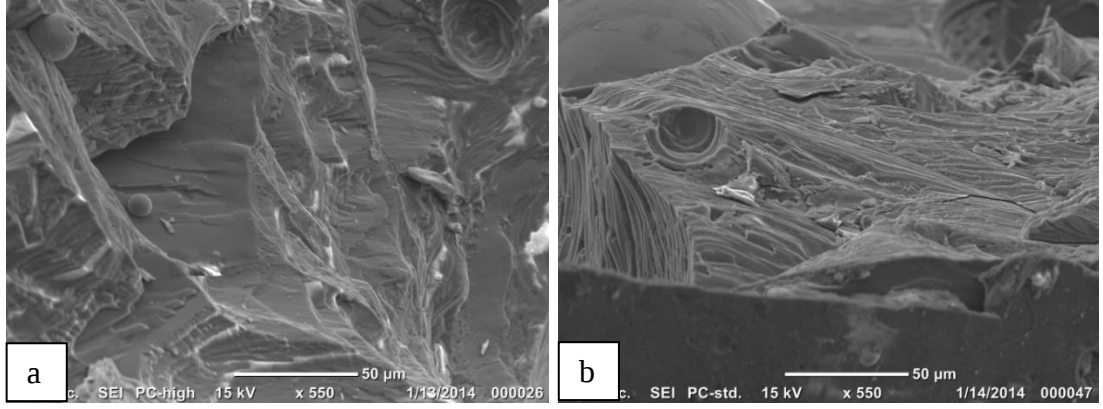
Şekil 6.70: D₅ kodlu numune örtüsünün 50x ve 200x büyütmedeki SEM görüntüleri.



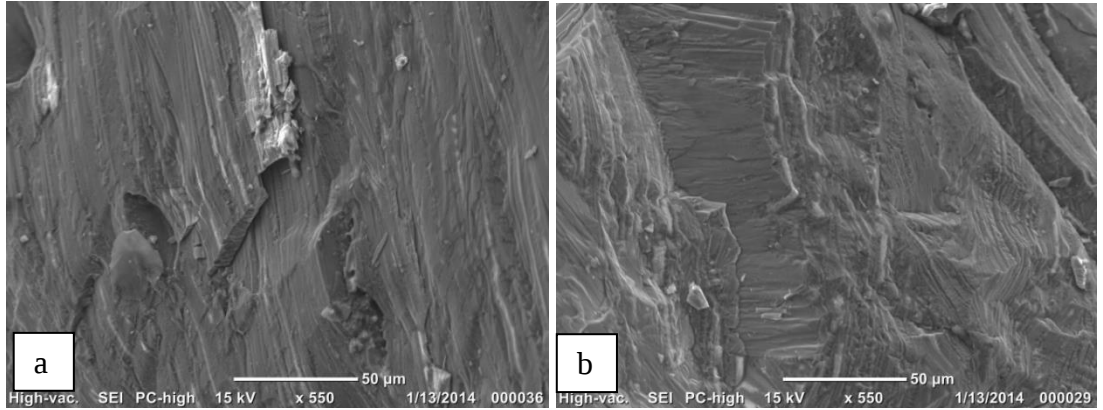
Şekil 6.71: F₁ kodlu numune örtüsünün 44x ve 200x büyütmedeki SEM görüntüleri.

Üretilen deneme serilerindeki elektrodların referans ile benzer yapıda olduğu ve ekstrüzyondan kaynaklı preslenme, paketlenme problemlerinin olmadığı görülmüştür. Kaynak sonrası toplanan curufların taramalı elektron mikroskobu yardımıyla 15 kv'de 550X büyütmede mikro yapıları gözlemlenmiştir. Curufların

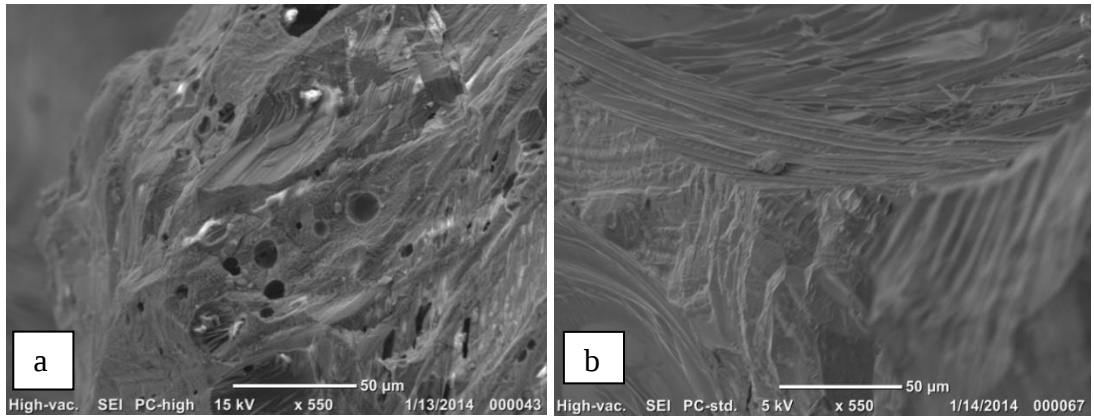
genel olarak tabakalı yapıda olduğu ve homojen olmadıkları gözlemlenmiştir. Curufların 550X büyütmedeki görüntüleri Şekil 6.72, Şekil 6.73, Şekil 6.74 ve Şekil 6.75'te görülmektedir.



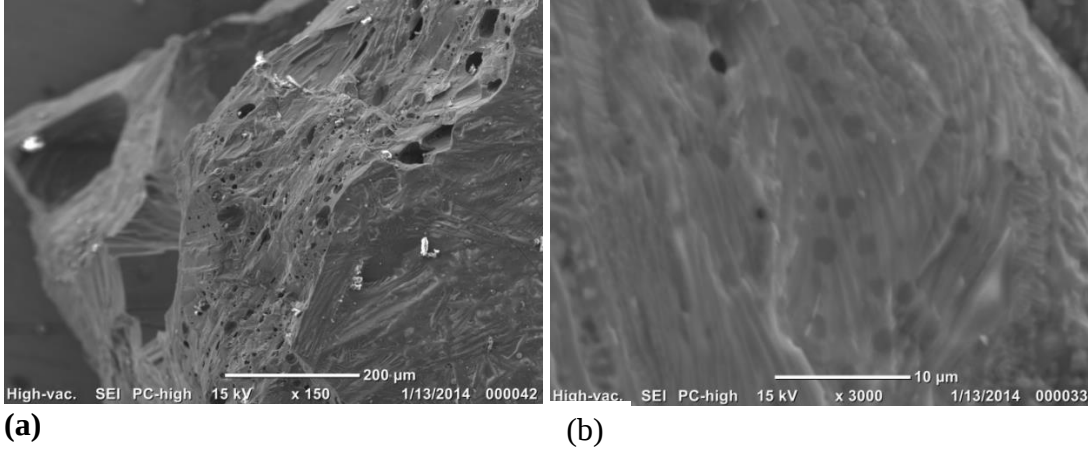
Şekil 6.72: Referans numune (a) ve A₃ kodlu (b) numunenin 550x büyütmede mikroyapıları.



Şekil 6.73: B₅ kodlu (a) ve C₅ kodlu (b) numunenin 550x büyütmede mikroyapıları.

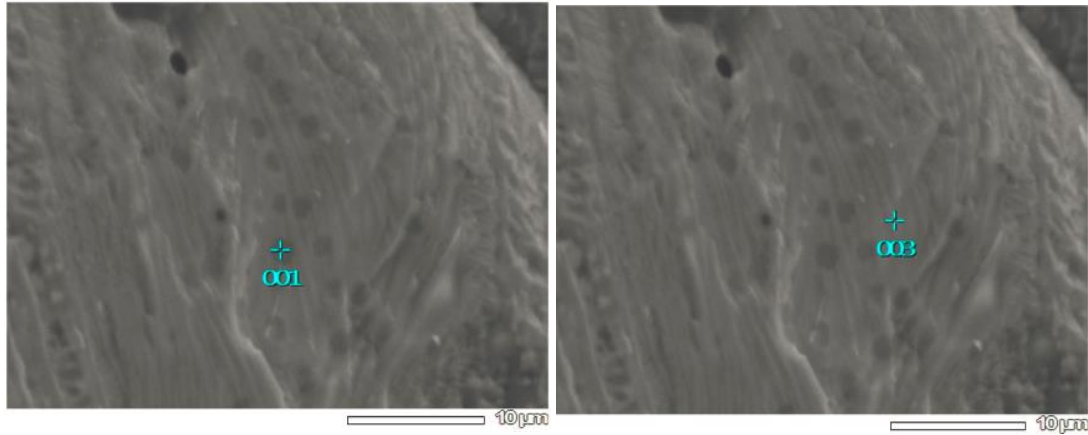


Şekil 6.74: D₅ kodlu (a) ve F₁ kodlu (b) numunenin 550x büyütmede mikroyapıları.



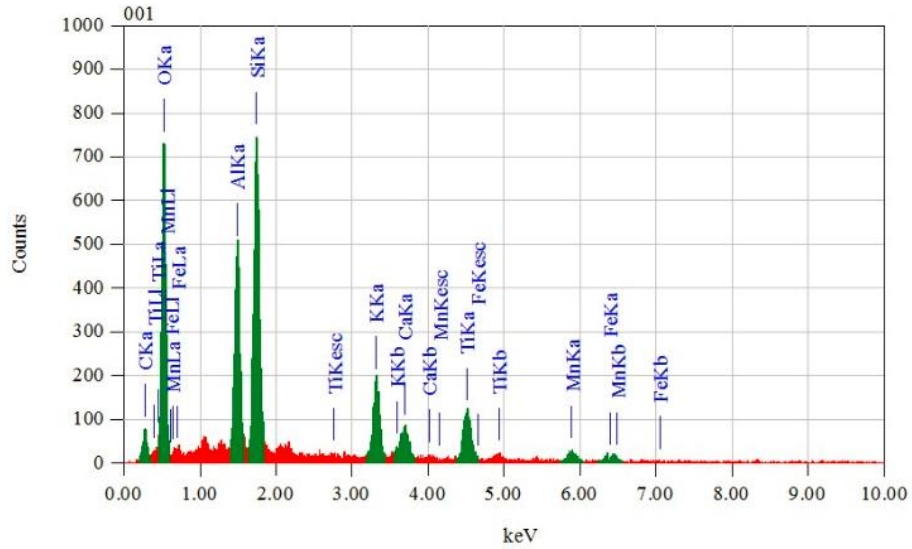
Şekil 6.75: D₅ kodlu numunenin (a) 150x ve C₅ kodlu numunenin (b) 3000x büyütmedeki mikroyapı görüntüleri.

D₅ kodlu denemenin porlu bir curuf yapısına sahip olduğu gözlemlenmiştir. C₅ kodlu numunenin curufunun mikroyapısında 3000 büyütmede yaklaşık 1 mikron boyuta sahip siyah benekler görülmüştür. Nokta EDS alındığında siyah beneklerde SiO₂ ve Alüminyumoksit oranının yüksek olduğu görülmüştür. Yapılan EDS çalışmalarında alınan noktaların görüntüleri Şekil 6.76’ da verilmiştir.



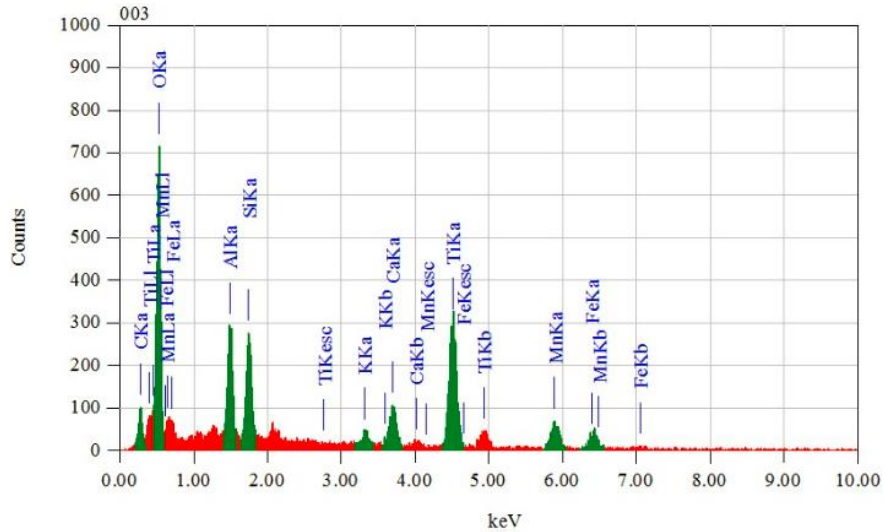
Şekil 6.76: C₅ kodlu numunenin 3000x büyütmedeki mikroyapı görüntülerinde yapılan nokta EDS çalışmaları, 001 numaralı nokta (a) ve 003 numaralı nokta (b) EDS analizlerinin alındığı noktalar.

C₅ kodlu numunenin taramalı elektron mikroskobunda 3000x büyütmedeki mikroyapı görüntülerinde 001 noktasında yapılan nokta EDS çalışması patternleri ve elementel analiz sonuçları Şekil 6.77’de 003 noktasında yapılan nokta EDS çalışması Şekil 6.78’de görülmektedir.



Element	(keV)	Mass%	Sigma	Mol%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	15.67	0.36	52.74	C	15.67	0.00	2.9912
O		36.73						
Al K	1.486	10.13	0.39	7.59	Al ₂ O ₃	19.14	3.92	15.7825
Si K	1.739	16.94	0.58	24.38	SiO ₂	36.25	6.31	28.5152
K K	3.312	6.27	0.20	3.24	K ₂ O	7.55	1.68	16.6656
Ca K	3.690	2.99	0.18	3.02	CaO	4.19	0.78	8.3032
Ti K	4.508	7.07	0.34	5.97	TiO ₂	11.80	1.54	17.3061
Mn K	5.894	2.68	0.23	1.97	MnO	3.46	0.51	6.6157
Fe K	6.398	1.50	0.19	1.09	FeO	1.94	0.28	3.8205
Total		100.00		100.00		100.00	15.02	

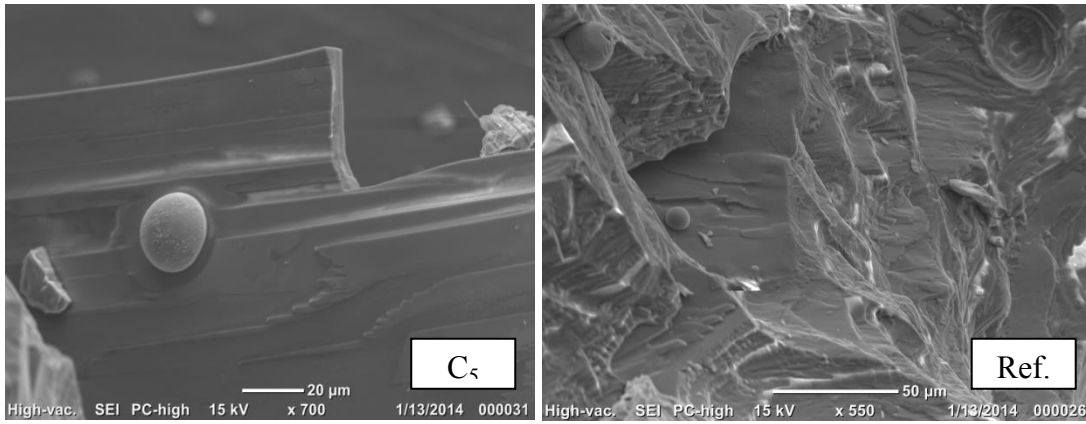
Şekil 6.77: C₅ kodlu numunenin 3000x büyütmedeki mikroyapı görüntülerinde 001 noktasında yapılan nokta EDS çalışması patternleri (üstte) ve elementel analiz sonuçları (altta).



Şekil 6.78: C₅ kodlu numunenin 3000x büyütmedeki mikroyapı görüntülerinde 003 noktasında yapılan nokta EDS çalışması patternleri ve elementel analiz sonuçları.

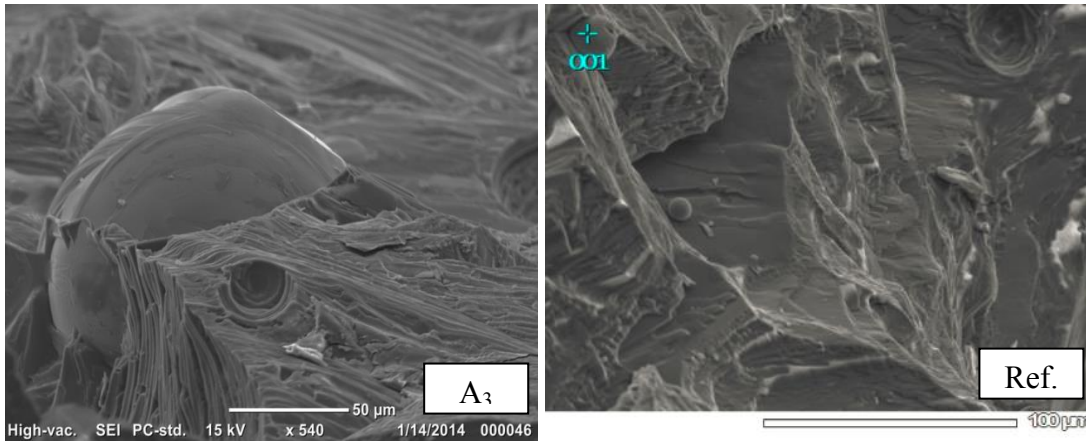
Element	(keV)	Mass%	Sigma	Mol%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	16.22	0.32	54.71	C	16.22	0.00	3.8046
O		32.78						
Al K	1.486	7.50	0.39	5.63	Al ₂ O ₃	14.17	3.26	8.2666
Si K	1.739	6.79	0.42	9.79	SiO ₂	14.53	2.83	8.8610
K K	3.312	1.31	0.10	0.68	K ₂ O	1.58	0.39	3.0431
Ca K	3.690	3.71	0.20	3.75	CaO	5.19	1.08	9.2957
Ti K	4.508	19.69	0.57	16.66	TiO ₂	32.85	4.82	41.9757
Mn K	5.894	6.68	0.37	4.92	MnO	8.62	1.42	13.5738
Fe K	6.398	5.32	0.34	3.86	FeO	6.84	1.12	11.1796
Total		100.00		100.00		100.00	14.92	

Şekil 6.79: C₅ kodlu numunenin 3000x büyütmedeki mikroyapı görüntülerinde 003 noktasında yapılan nokta EDS çalışması elementel analiz sonuçları.

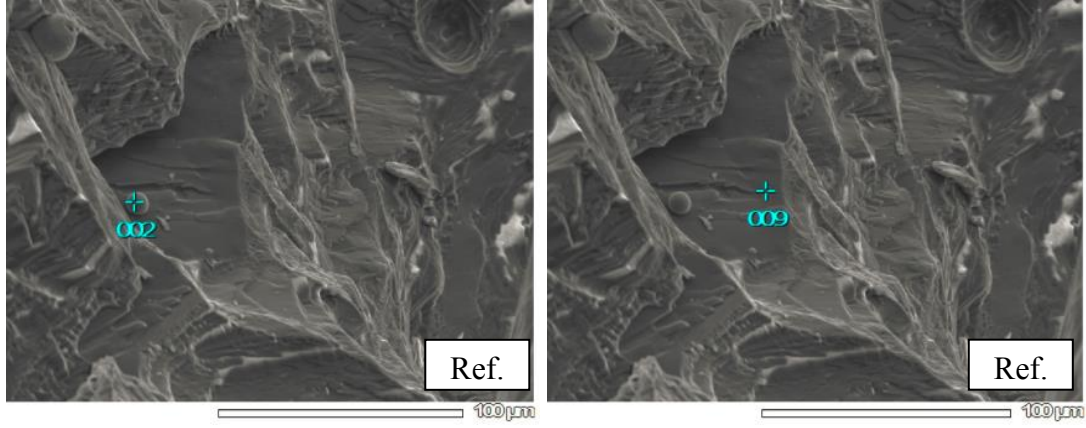


Şekil 6.80: C₅ ve Referans curuflarında görülen küre şeklindeki oluşumlar.

Farklı deneme curuflarında ve referans curuflarında küre şeklinde çeşitli boyutlarda oluşumlar gözlemlenmiştir. Bu oluşumların SEM görüntüleri Şekil 6.81de verilmiştir. Referans curufu SEM görüntülerindeki küreciklere yapılan nokta EDS çalışması ise 6.82’de görülmektedir.

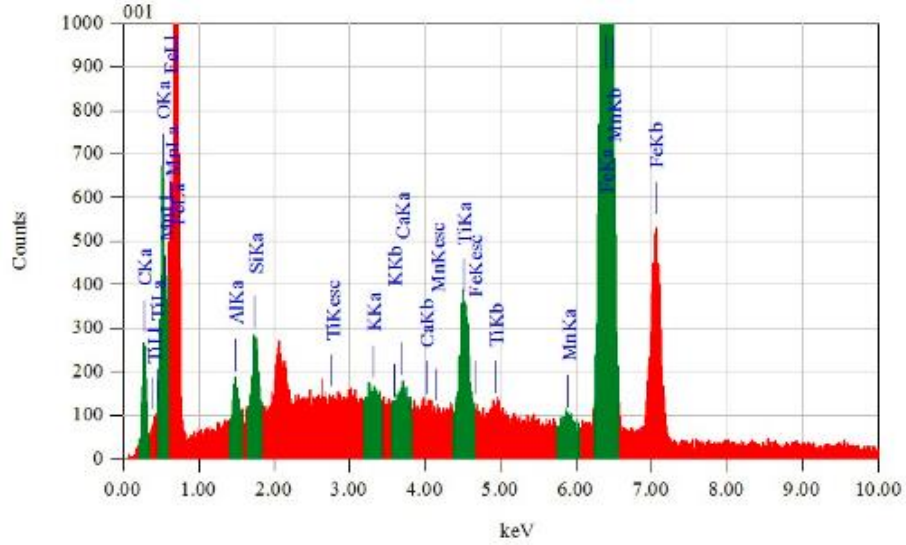


Şekil 6.81: A₃ kodlu denemenin 540X büyütmede curufunda görülen küre şeklindeki oluşum ve referans curufunda EDS alınan 001 noktası görüntüsü.



Şekil 6.82: Referans curufunda görülen küre şeklindeki oluşumlarda (002) ve çevresinde (009) EDS ünitesiyle elementel analiz yapılan noktaların görünümü.

001 noktasında alınan elementel analiz verilerine bakıldığında 001 noktasında FeO oranının bir hayli yüksek olduğu, TiO₂ ve SiO₂ oranının ise düşük olduğu gözlenmiştir. EDS çalışmasının pikleri ve elementel analiz verileri 001 noktası için Şekil 6.83'te 002 noktası için ise Şekil 6.84' te verilmiştir.



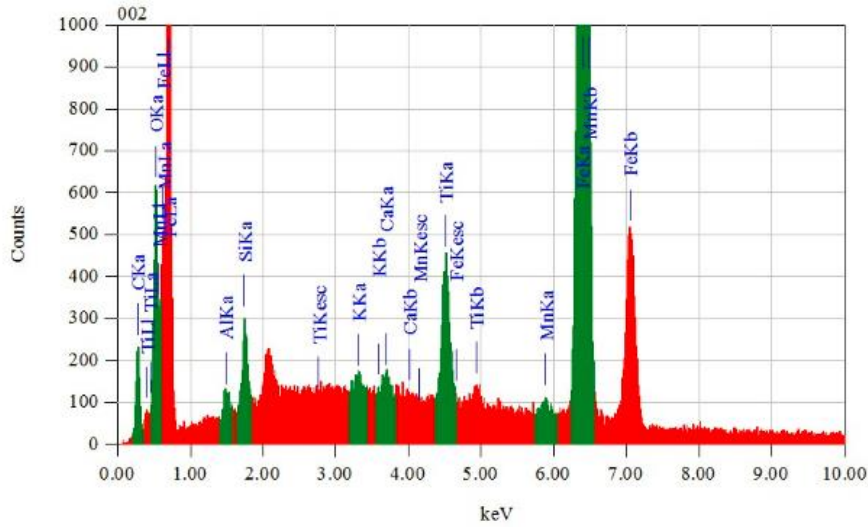
Element	(keV)	Mass%	Sigma	Mol%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	5.72	0.07	26.66	C	5.72	0.00	0.8251
O		22.41						
Al K	1.486	0.49	0.06	0.51	Al ₂ O ₃	0.93	0.31	0.2209
Si K	1.739	0.78	0.07	1.55	SiO ₂	1.66	0.47	0.4959
K K	3.312	0.05	0.02	0.04	K ₂ O	0.06	0.02	0.0732
Ca K	3.690	0.20	0.03	0.28	CaO	0.28	0.08	0.3048
Ti K	4.508	2.20	0.08	2.57	TiO ₂	3.66	0.79	3.0583
Mn K	5.894	0.39	0.05	0.40	MnO	0.50	0.12	0.5283
Fe K	6.398	67.78	0.39	68.00	FeO	87.19	20.80	94.4935
Total		100.00		100.00		100.00	22.60	

Şekil 6.83: EDS ünitesiyle 001 noktasında elde edilen elementel analiz pikleri ve elementel analiz verileri.

Element	(keV)	Mass%	Sigma	Mol%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	5.39	0.02	25.48	C	5.39	0.00	0.7819
O		22.60						
Al K	1.486	0.33	0.04	0.35	Al ₂ O ₃	0.63	0.21	0.1508
Si K	1.739	0.86	0.06	1.74	SiO ₂	1.84	0.52	0.5524
K K	3.312	0.19	0.02	0.14	K ₂ O	0.23	0.08	0.2690
Ca K	3.690	0.30	0.03	0.42	CaO	0.41	0.13	0.4540
Ti K	4.508	2.67	0.05	3.16	TiO ₂	4.45	0.95	3.7080
Mn K	5.894	0.39	0.05	0.40	MnO	0.51	0.12	0.5320
Fe K	6.398	67.26	0.19	68.31	FeO	86.52	20.46	93.5520
Total		100.00		100.00		100.00	22.47	

Şekil 6.84: EDS ünitesiyle 002 noktasında elde edilen elementel analiz verileri.

002 noktasında da 001 noktası ile neredeyse aynı olan benzer sonuçlar görülmüştür. 009 yani kürecikler üzerinde olmayan noktada yapılan nokta EDS sonucu elde edilen elementel analiz verilerinde ise FeO oranının 001 ve 002 noktalarındakine göre çok düşük olduğu görülmüştür. TiO₂ ve SiO₂ oranlarının da referans curufu elementel analizlerindeki benzer olduğu görülmüştür. Bu küreciklerin kaynak uygulaması esnasındaki sıçrama kayıplarından kaynaklanabileceği düşünüldüğü gibi çekirdek filmaşinden curufa geçmiş ya da örtüdeki demir tozu içerikli hammaddelerden ortaya çıkmış olabileceği de göz önünde bulundurulmaktadır.



Element	(keV)	Mass%	Sigma	Mol%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	8.64	0.11	36.08	C	8.64	0.00	1.7293
O		36.29						
Al K	1.486	3.32	0.12	3.08	Al ₂ O ₃	6.27	1.30	3.3441
Si K	1.739	11.79	0.23	21.05	SiO ₂	25.22	4.44	15.0907
K K	3.312	2.54	0.06	1.63	K ₂ O	3.06	0.69	5.4471
Ca K	3.690	3.50	0.09	4.38	CaO	4.90	0.92	8.0624
Ti K	4.508	21.57	0.26	22.59	TiO ₂	35.99	4.77	42.6610
Mn K	5.894	7.30	0.17	6.66	MnO	9.43	1.41	13.7883
Fe K	6.398	5.05	0.15	4.53	FeO	6.49	0.96	9.8771
Total		100.00		100.00		100.00	14.48	

Şekil 6.85: EDS ünitesiyle 009 noktasında elde edilen analiz pikleri ve elementel analiz verileri.

7. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Bu tez kapsamında çalışılan SiO_2 içeren farklı hammaddelerin rutil elektrod örtüsüne olan etkileri gerek elektrod üretimi ve gerekse üretilen örtülü elektrodların kaynak performansı dikkate alınarak incelenmiştir. Bu süreçte yaş karışım süreleri, örtü presleme koşulları kaynak uygulama performansları, cüruf ve mikroyapı incelemeleri dikkate alındığında hammadde farklılıklarının kaynak performans değerlendirme kriterlerine doğrudan etkisi olduğu gözlenmiş olup elde edilen genel sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- 1- Yaş karışım sürelerine bakıldığında, B_5 ve C_5 kodlu reçetelerde K_5 hammaddesi yokluğunda yaş karışım sürelerinin pastanın kıvam almamasına bağlı olarak uzadığı görülmüştür. Bu hammaddenin miktarının arttığı reçetelerde ise yaş karışım sürelerinin kısaldığı görülmüştür. Diğer hammaddelerin yokluğunda ya da miktarının fazlalığında buna benzer bir etkiye rastlanmamıştır ve bu reçetelerin presleme işlemleri referans ile benzer yaş karışım süreleri sonunda gerçekleştirilmiştir.
- 2- Presleme işleminde B_1 reçetesinde K_1 hammaddesinin çıkarılmasıyla K_2 ve K_3 kodlu tabakalı yapıya sahip hammaddelerin reçetede miktarının artması sonucu presleme mümkün olmamıştır. Reçetede bulunan diğer SiO_2 içeren hammaddelerin presleme açısından bu tür bir etkisi gözlemlenmezken reçeteye ikame olarak katılan zirkonyum silikat ve vollastonitin rutil elektrod reçetesinde kuvars yerine kullanılması ile de preslemede herhangi bir problem yaşanmadığı görülmüştür.
- 3- Kaynak performansı değerlendirilmesinde, Feldspat yokluğunun aşırı sıçramaya neden olduğu gözlemlenmiştir. Elementel analizlerde C_1 kodlu numunede alkali oksit miktarının düştüğü görülmektedir. Alkali oranı ile paralel iyonizasyon potansiyelinin düşmesinden dolayı bu durumun yaşandığı düşünülmektedir.

- 4- Zirkonyum silikatın K_1 yerine kullanılmasıyla özellikle kaynak dikişinin yayılmasında iyi performans elde edilmiştir. Düşük amper değerlerinde aşağıdan yukarıya pozisyonda referanstan daha iyi yanış sergilemesi referansa tercih edilebileceği gözlemlenmiştir
- 5- Vollastonit katılması ile birlikte elektrodun yanış sırasında yanma zorluğu yaşandığı ve daha yüksek akım istediği bunun AC de daha net fark edildiği ve ark kesikliklerinin net olduğu görülmüştür. Ayrıca sert bir yanış ile iri sıçramalara sebebiyet veren bir etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Elektrod yanış karakterinde bazik tipe yönelme gözlemlenmiştir.
- 6- K_5 arttığında dikiş görünümünün düzeldiği, eksiltildiğinde ise bozulduğu görülmüştür. E_1-E_2 deneme setinde ve $D_5 - C_5$ deneme setinde ve B_5 kodlu denemede bu durum gözlenmektedir.
- 7- D_1 ve D_2 kodlu numunelerde sırasıyla potasyum feldspat ve mikanın miktarlarının iki katına çıkarılmasıyla akımın yeterli gelmediği ve ergime zorluğu yaşandığı gözlemlenmiştir.
- 8- K_3 ün olmadığı B_3, C_3 ile kuvarsın olmadığı B_4 ve C_4 denemeleri diğer hammadde yokluğu etkisi incelenen denemelere göre özellikle PB pozisyonunda daha yumuşak bir yanış sergilemektedir.
- 9- Mikro yapı gözlemlerinde D_5 kodlu numunede K_5 hammdesinin artışının curufta porlu bir yapı meydana getirdiği görülmüştür.
- 10- C_5 kodlu numunenin 3000x büyütmedeki curuf mikroyapı görüntülerinde yaklaşık bir mikron boyutlarında çok sayıda siyah benek şeklinde oluşumlar gözlemlenmiştir. Bu oluşumlarda SiO_2 ve Al_2O_3 miktarlarının aynı bölgedeki beneksiz kısımlar ve referans numune curufuna göre yüksek oldukları gözlemlenmiştir.
- 11- Curuf ve örtü yoğunlukları karşılaştırıldığında curufun yoğunluğunun fazla olduğu görülmüştür. Sıçramalardan veya çekirdekten cürufa demir oksit geçişi olduğu düşünülmektedir. Nitekim curuf elementel analiz sonuçları da bu durumu doğrulamaktadır.
- 12- Örtü mikro yapılarında bazılarının paketlenmelerinde boşluklar olduğu görülmüştür. Nem alma gibi özellikleri bu tez kapsamında incelenmemiştir ancak daha detaylı olarak bu konunun da incelenebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Kaluç, E**, 2004. Kaynak Teknolojisi El Kitabı Cilt 1, Makine Mühendisleri Odası, Yayın No:MMO/2004/356, Kocaeli.
- [2] **Anık, S**, 1980, Kaynak Tekniği, İstanbul, İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Ofset Atölyesi, 358s.
- [3] **Balık Çelenk, G**. Kaynak Elektrodunun Yanma Hızının Termodinamik Analizi Konulu Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Temmuz 2006.
- [4] **Balan, A**, “Endüstriyel Hammaddeler ve Özelliklerine Bağlı Zenginleştirme Yöntemleri” Dokuz Eylül Üniversitesi, Bitirme Ödevi,1987, İzmir.
- [5] **Gambogi, J.**, 'Titanium U.S Department of the Interior Bureau of Mines Annual Report, 1991.
- [6] **TS, 1991 b**. Mermer, Kalsiyum Karbonat Bileşimli Yapı ve Kaplamataşı olarak kullanılan; GTİP-2515.11, 2515.12, UDK-691: 214.8, 8 s.
- [7] **Devlet Planlama Teşkilatı, 2001**, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Toprak sanayii hammaddeleri II (Refrakter Killer ve Şiferton, Manyezit-Dolomit-Olivin, Zirkondisten, Sillimanit, Andaluzit) Çalışma Grubu Raporu 2001, Ankara
- [8] **Devlet Planlama Teşkilatı, 2001**,Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri IV(Bentonit, Barit, Diatomit, Aşındırıcılar) Çalışma Grubu Raporu 2001, Ankara
- [9] **Devlet Planlama Teşkilatı, 2001**,Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri II (Mika-Zeolit-Lületaşı) Çalışma Grubu Raporu 2001, Ankara
- [10] **Devlet Planlama Teşkilatı, 2001**,Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri

- I (Seramik Killeri-Kaolen-Feldspat-Pirofillit-Vollastonit-Talk) Çalışma Grubu Raporu 2001, Ankara
- [11] **Devlet Planlama Teşkilatı, 2001**, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri I (Asbest-Grafit-Kalsit-Fluorit-Titanyum)
- [12] **Devlet Planlama Teşkilatı, 2001**, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Seramik-Refrakter-Cam Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu Cilt- 3 (Kuars, Kuvarsit, Kuars Kumu, Döküm Kumu) 1995, Eylül
- [13] **Askaynak 2013**, Teknik Eğitim El Kitabı s.3
- [14] **Özdemir E.** “Örtülü Elektrolarda Gaz ve Partikül Emisyonunun İncelenmesi” İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2006
- [15] **Ekici M.** MIG/MAG ve Elektrik Ark Kaynağı ile Birleştirilmiş Mikro Alaşımlı Çeliklerin Mekanik Özellikleri “ Yüksek Lisans Tezi Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aralık 2009.
- [16] **Oğuz B.**, “Ark Kaynağı”, Oerlikon, İSTANBUL, 1989
- [17] **TS 593**, Elektrotlar, “Örtülü, Alaşımsız Ve Düşük Alaşımlı Çeliklerin Ark Kaynağı İçin”, 1989
- [18] **Y.T.Ü.** , Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Makine Malzemesi ve İmalat Teknolojisi Ana Bilim Dalı, Makine Tasarımı III Dersi Ark Kaynak Makinesi Seçim Kriterleri İSTANBUL, 2000
- [19] **Durgutlu A.**, “Ark Kaynağında Kaynak Hızının Mikroyapı Ve Nüfuziyete Etkisinin İncelenmesi”, Y. Lisans Tezi, G.Ü.F.B.E., ANKARA, 1987
- [20] **Tülbentci K.**, “MIG/MAG Eriyen Elektrot ile Gaz Altı Kaynağı, Gedik Holding Yayını
- [21] **Eryürek, E.İ.**, “Çelikler için Örtülü Elektrod Seçimi” ASKAYNAK, Kaynak Tekniği ve Sanayii Tic. A.Ş. İSTANBUL, 2007
- [22] http://www.mta.gov.tr/v2.0/default.php?id=maden_kullanım Alındığı tarih:13.12.2013
- [23] <http://www.du-co.com/products/custom-applications/>. Alındığı tarih: 14.12.2013
- [24] <http://www.micromeritics.com/product-showcase/accupyc-ii-1340.aspx> Alındığı tarih:15.12.2013.

EKLER

EK A: Tablolar

EK A: Tablolar

ÜRÜN TİPİ

ÖRTÜ TİPİ

Örtülü Elektrod
(Elektrik Ark Kaynağı)

A	asit
C	selülozik
R	rutil
RR	rutil (kalın)
RC	rutil+sel.
RA	rutil+asit
RB	rutil+bazik
B	bazik

MEKANİK ÖZELLİKLER

Elektrod Tanımı	Akma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Uzama (%) (L=5d)
35	min. 355	440 - 570	min. 22
38	min. 380	470 - 600	min. 20
42	min. 420	500 - 640	min. 20
46	min. 460	530 - 680	min. 20
50	min. 500	560 - 720	min. 18

ÇENTİK DARBE

Sembol	47 J Darbe Dayanımı İçin Sıcaklık Değeri (°C)
Z	-
A	+20
0	0
2	- 20
3	- 30
4	- 40
5	- 50
6	- 60

VERİM / AKIM TİPİ

Sembol	Elektrod Verimi (%)	Akım Tipi
1	≤ 105	DC / AC
2	≤ 105	DC
3	> 105 ≤ 125	DC / AC
4	> 105 ≤ 125	DC
5	> 125 ≤ 160	DC / AC
6	> 125 ≤ 160	DC
7	> 160	DC / AC
8	> 160	DC

E 46 3 1Ni B 5 4 H5

KİMYASAL BİLEŞİM DEĞERLERİ

Sembol	Mn	Mo	Ni
-	2	-	-
Mo	1.4	0.3 - 0.6	-
MnMo	1.4 - 2	0.3 - 0.6	-
1Ni	1.4	-	0.6 - 1.2
2Ni	1.4	-	1.8 - 2.6
3Ni	1.4	-	2.6 - 3.8
Mn1Ni	1.4 - 2	-	0.6 - 1.2
1NiMo	1.4	0.3 - 0.6	0.6 - 1.2

HİDROJEN İÇERİĞİ

(maks. ml/100 gr)	
H5	5
H10	10
H15	15

KAYNAK POZİSYONU

1	bütün pozisyonlar
2	yukarıdan aşağı hariç bütün poz.
3	düz alın, yatay-düşey köşe
4	düz alın, düz köşe
5	3. madde, yukarıdan aşağı

Z diğer kompozisyonlar

Tablo A1: TE 563 EN 499'a Göre Alaşımlı ve Düşük Alaşımlı Çeliklerin Kaynağında Kullanılan Elektrodların Gösterilişi

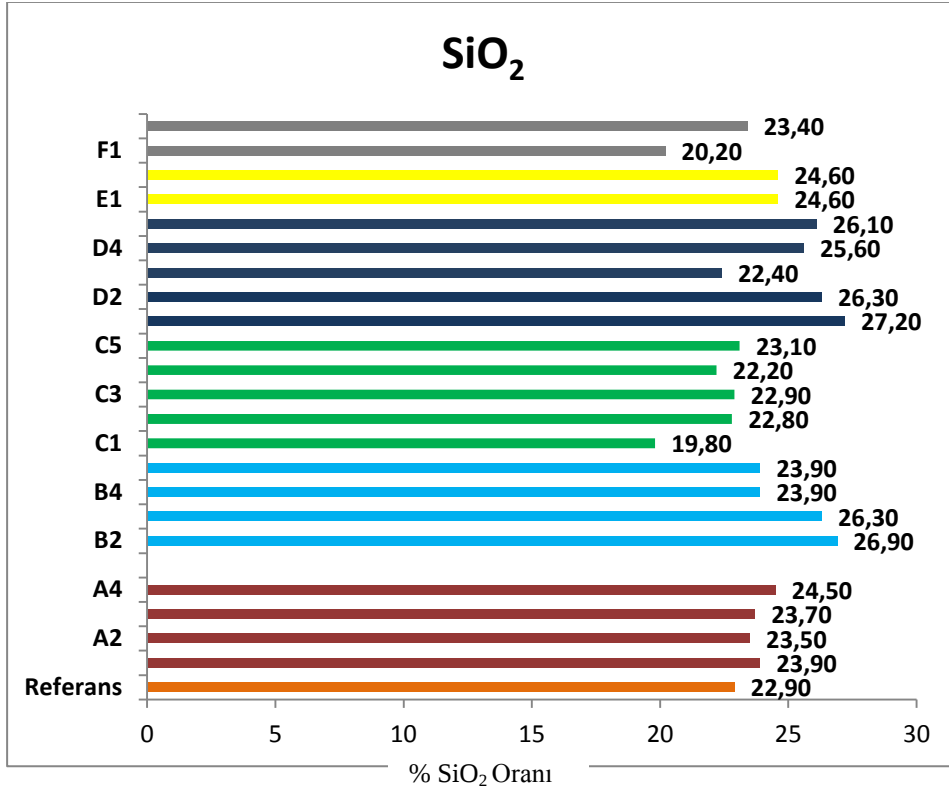
Ek Tablo-3 AWS'ye Göre Örtülü Karbon Çeliği Ark Kaynağı Elektrodları (AWS A5.1-81)

Sınıfı	Örtü Tipi	Kaynak Pozisyonu *	Akım Tipi ve Kutup	Çekme Dayanımı Psi	Çekme Dayanımı N/mm ²	Akma Dayanımı Psi	Akma Dayanımı N/mm ²	Uzama min. %	V - Çentik Darbe Enerjisi
E6010	Selülozik, Sodyum	F, V, OH, H	DC (+)	62000	430	50000	340	22	- 29°C'da 27 J
E6011	Selülozik, Potasyum	F, V, OH, H	AC, DC (+)	62000	430	50000	340	22	- 29°C'da 27 J
E6012	Rutil, Sodyum	F, V, OH, H	AC, DC (-)	67000	460	55000	380	17	-
E6013	Rutil, Potasyum	F, V, OH, H	AC, DC (+/-)	67000	460	55000	380	17	-
E6020	Demir oksit	H-4ç köşe	AC, DC (-)	62000	430	50000	340	25	-
E6022	Demir oksit	F	AC, DC (+/-)	67000	460	-	-	-	-
E6027	Demir oksit, Demir tozu	H-4ç köşe, F	AC, DC (-)	62000	430	55000	340	25	-
E7014	Rutil, Demir tozu	F, V, OH, H	AC, DC (+/-)					17	-
E7015	Bazik, Sodyum	F, V, OH, H	DC (+)					22	- 29°C'da 27 J
E7016	Bazik, Potasyum	F, V, OH, H	AC, DC (+)					22	- 29°C'da 27 J
E7018	Bazik, Demir tozu, Potasyum	F, V, OH, H	AC, DC (+)					22	- 29°C'da 27 J
E7024	Rutil, Demir tozu	H-4ç köşe, F	AC, DC (+/-)	72000	500	60000	420	17	-
E7027	Demir oksit, Demir tozu	H-4ç köşe, F	AC, DC (-)					22	- 18°C'da 27 J
E7028	Bazik, Demir tozu, Potasyum	H-4ç köşe, F	AC, DC (+)					22	- 18°C'da 27 J
E7048	Bazik, Demir tozu, Potasyum	F, OH, H, V-aşağıya	AC, DC (+)					22	- 29°C'da 27 J

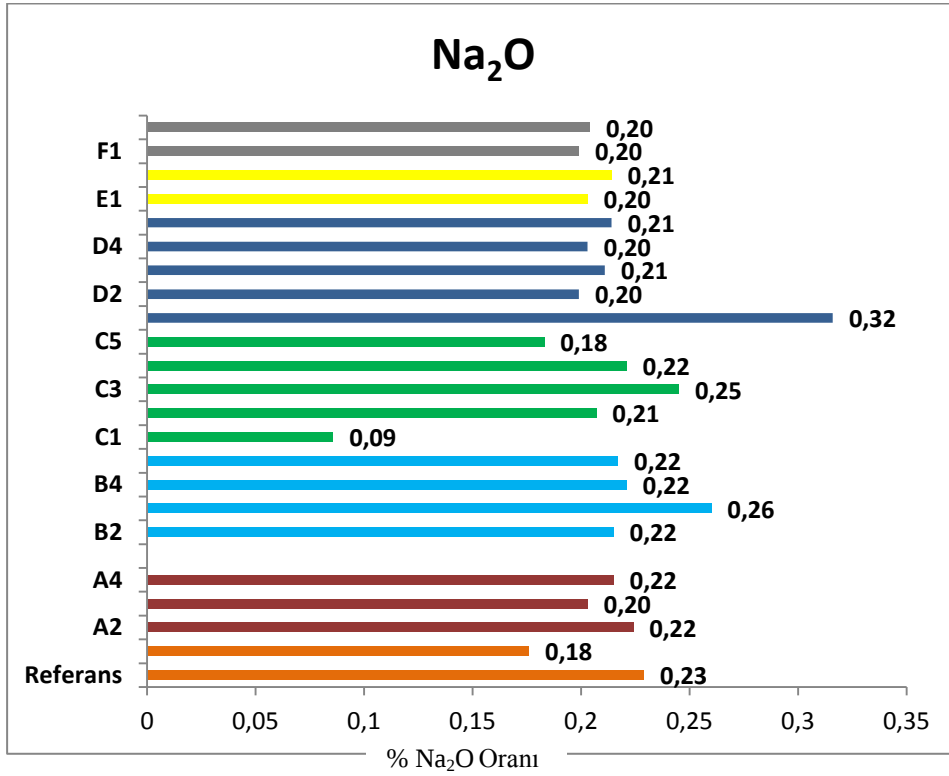
*) **Kaynak Pozisyonları :**

F : Oluk pozisyonu, **H :** Yatay pozisyon, **H-4ç köşe :** Yatay 4ç köşe pozisyon, **V :** Düşey pozisyon, **V-aşağıya :** Yukarıdan aşağıya düşey pozisyon, **OH :** Tavan pozisyonu

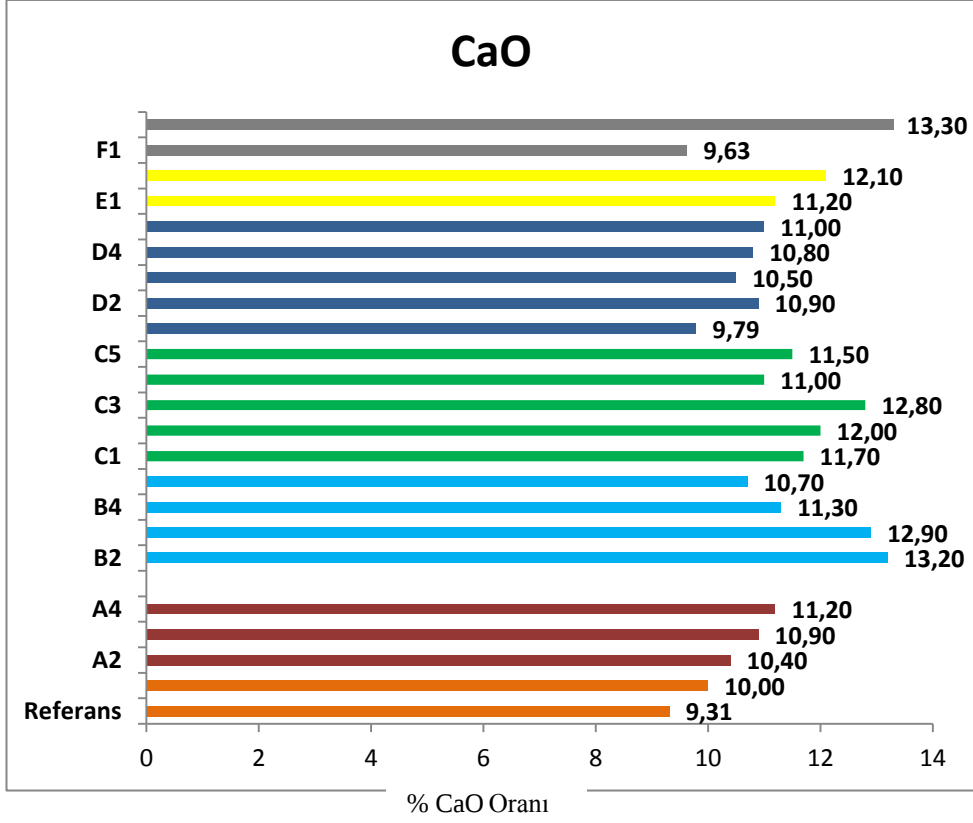
Tablo A2: AWS'ye göre örtülü karbon çeliği ark kaynağı elektrodları [21].



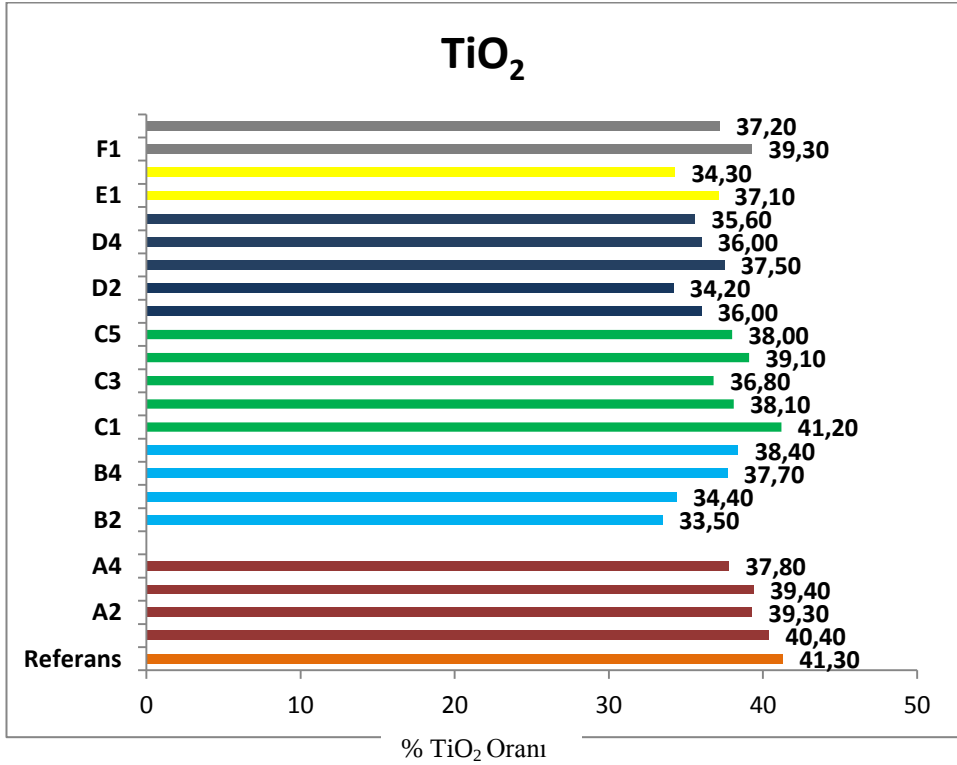
Şekil A1: Numunelerin elementel analizlerindeki referansa göre SiO₂ değişimleri.



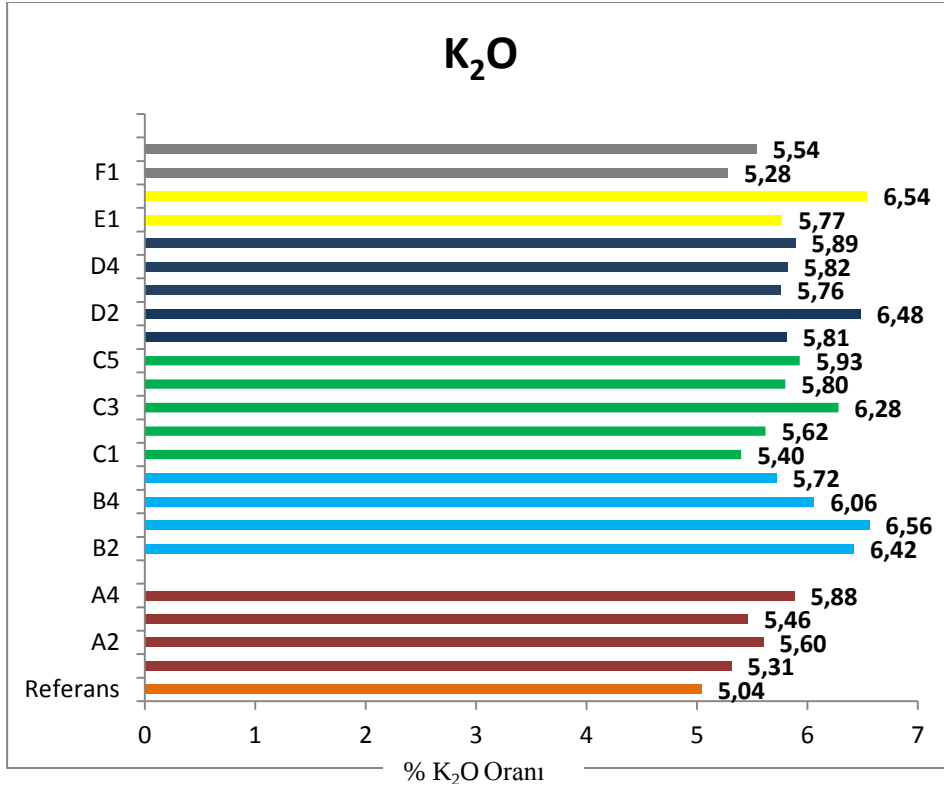
Şekil A2: Numunelerin elementel analizlerindeki referansa göre Na₂O değişimleri.



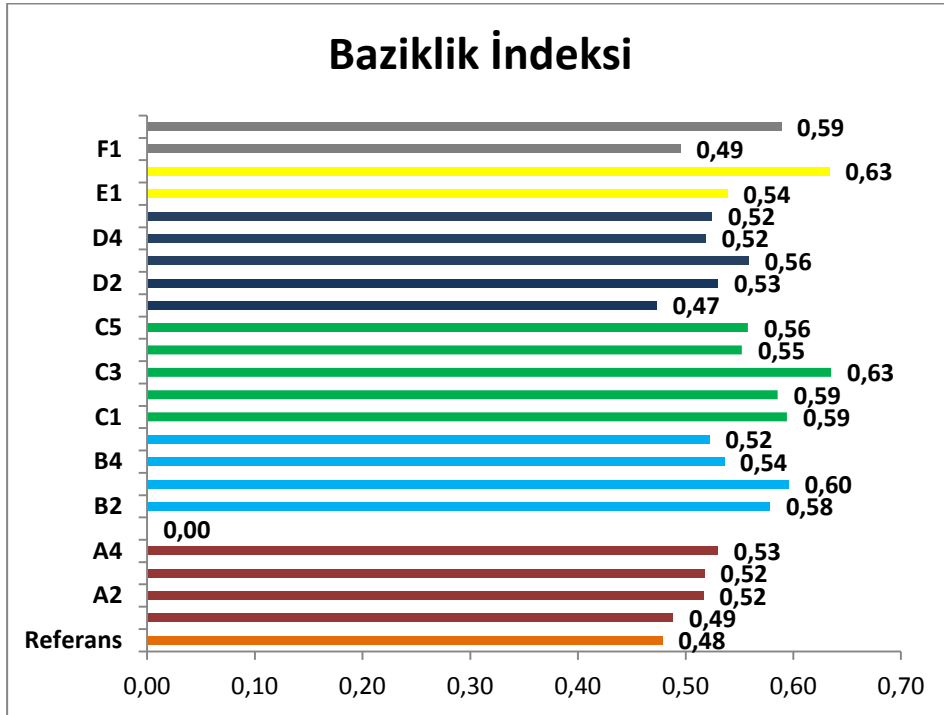
Şekil A3: Numunelerin elementel analizlerindeki referansa göre CaO değişimleri.



Şekil A4: Numunelerin elementel analizlerindeki referansa göre TiO₂ değişimleri.



Şekil A5: Numunelerin elementel analizlerindeki referansa göre K₂O değişimleri.



Şekil A6: Numunelerin elementel analizlerindeki referansa göre baziklik indeksi değişimleri.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Hüseyin Sadri İÇER
Doğum Yeri ve Tarihi: Çanakkale/Biga 21.06.1989
E-Posta: sadricer@hotmail.com
Lisans: Dumlupınar Üniversitesi Seramik Mühendisliği

Mesleki Deneyim :

Eczacıbaşı & Lincoln Electric Askaynak

Pozisyon: Proje Stajeri
Departman: Kalite-Ar-Ge
22/04/2013-Halen

Kil&Taş Refrakter Malzeme San. ve Tic. Ltd. Şti.

Pozisyon: Proje ve Satış Mühendisi
Departman: Proje ve Satış
09/04/2012-09/04/2013

Akçansa Çimento San. ve Tic A.Ş. (Çanakkale Fabrikası)

Pozisyon: Stajyer
Departman: Üretim
01/06/2011 – 01/07/2011

Fix-Kim Yapı Kimyasalları

Pozisyon: Stajyer
Departman: Laboratuvar
15/01/2010 – 01/02/2010

Güral Vitrifiye San. Tic.A.Ş.

Pozisyon: Stajyer
Departman: Ar-Ge ve Üretim.
15/06/2009 – 15/07/2009