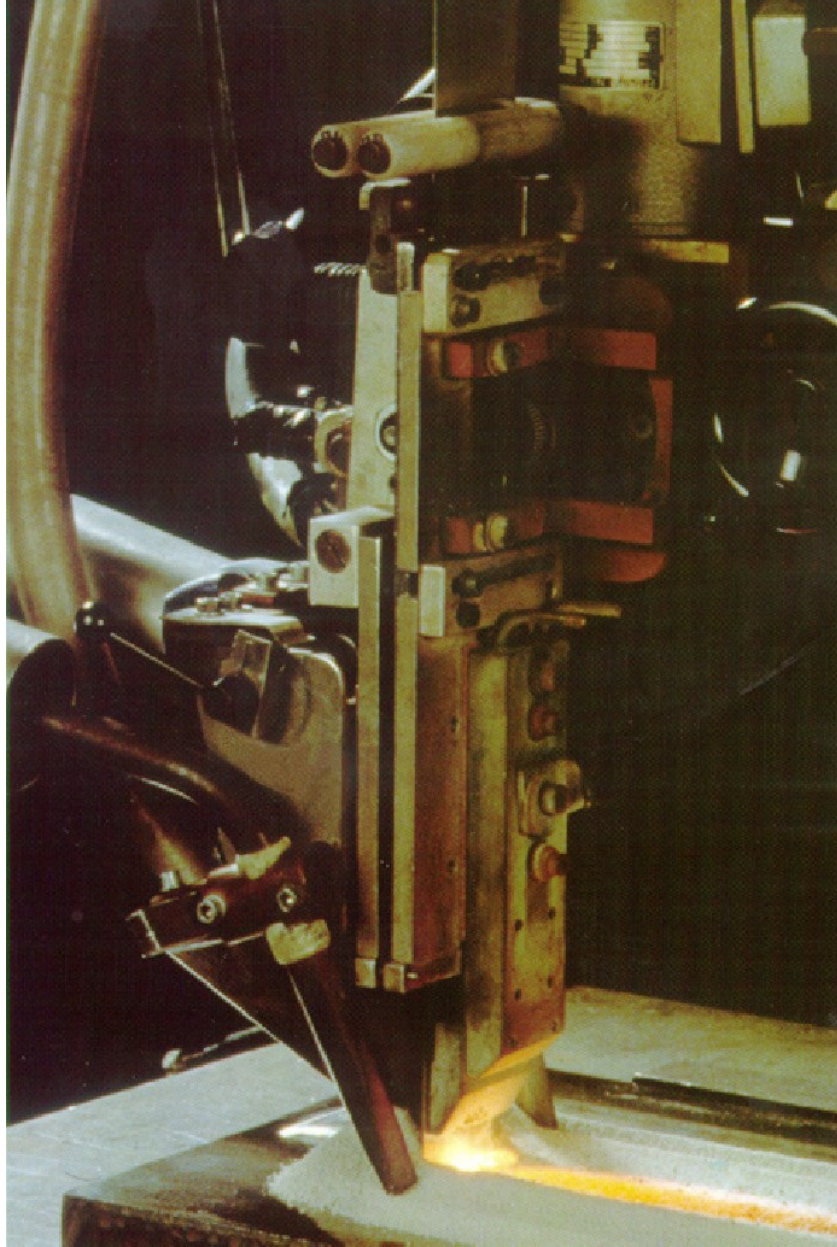


**HIZLI SERT DOLGU
KAYNAK YÖNTEMLERİ**



**TOZALTI VE ELEKTRO-CÜRUF BANT
KAPLAMA YÖNTEMLERİ**

İÇİNDEKİLER

TOZALTI VE ELEKTRO-CÜRUF (ELECTRO-SLAG) KAPLAMA YÖNTEMLERİ.....	3
1. GİRİŞ.....	3
2. TOZALTI BANT KAPLAMA YÖNTEMİ.....	5
2.1. Prensip ve Ana Avantajları.....	5
2.2. Kaynak Ekipmanı.....	5
2.2.1. Güç Kaynağı.....	5
2.2.2. Kaynak Kafası.....	6
2.2.3. Bant Sürme Nozulu.....	6
2.3. Kaynak Tozu.....	6
2.4. Kaynak Bantları.....	8
2.5. Ana Parametreler ve Tipik Değerler.....	10
2.5.1. Kaynak Akımı.....	10
2.5.1.1. Kaynak Akım Kutubu.....	10
2.5.1.2. Kaynak Akım Yoğunluğu.....	10
2.5.2. Ark Voltajı.....	10
2.5.3. Kaynak Hızı.....	10
2.5.4. Isı Girdisi.....	10
2.5.5. Serbest Bant Boyu.....	11
2.5.6. Kaynak Dikişi Bindirmesi.....	11
2.5.7. Toz Yanması.....	11
2.6. Kaynak Metalinin Yapısı ve Kimyası.....	12
2.6.1. Kaynak Metali Kimyası	12
2.6.2. Kaynak Metalinin Katılaşma Yapısı.....	12
2.6.3. Kaynak Metalinin Homojenliği.....	13
2.7. Kaynak Malzemeleri.....	13
2.7.1. Karbonlu ve Düşük Alaşımli Çeliklerin Kaplanması İçin Bant-Toz Kombinasyonları.....	13
2.7.2. Sert Dolgu İçin Bant-Toz Kombinasyonları.....	13
2.7.3. Paslanmaz Çelikler İçin Bant-Toz Kombinasyonları.....	13
2.7.4. Nikel Alaşımları Kaplanması İçin Bant-Toz Kombinasyonları.....	14
2.7.5. Ni-Cu ve Cu-Ni Alaşımları İçin Bant Toz Kombinasyonları.....	14
2.7.6. Kobalt Alaşımları İçin Bant-Toz Kombinasyonları.....	14
2.7.8. Özel Uygulamalar ve Teknikler.....	15
3. ELEKTRO-CÜRUF (ELECTRO-SLAG) BANT KAPLAMA YÖNTEMİ.....	16
3.1. Elektro-Cüruf Bant Kaplama Yönteminin Tanımı.....	16
3.2. Bant Kaplamamın Avantajları.....	16
3.3. Yöntem Parametreleri.....	17
3.3.1. Kaynak Akımı ve Yoğunluğu.....	17
3.3.2. Voltaj (Gerilim).....	18
3.3.3. Kaynak Hızı.....	18
3.3.4. Serbest Bant Boyu	18
3.3.5. Dikiş Bindirmesi.....	18
3.3.6. Toz Yanması.....	19

3.3.7. Kaynak Pozisyonu.....	19
3.3.8. Manyetik Alan.....	20
3.4. Elektro-Cüruf ve Tozaltı Bant Kaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	21
3.5. Ekipman.....	21
3.6. Elektro-Cüruf Bant Kaplama Ürünleri.....	21
3.6.1. Kaynak Bandı.....	21
3.6.2. Kaynak Tozları.....	21
3.7. Ayrılma.....	25
3.8. Uygulamalar.....	25
KAYNAKÇA.....	25

EKLER:

- EK 1. EN ÇOK KULLANILAN KAPLAMA MALZEMELERİ**
- EK 2. DOLGU VE SERT DOLGU İÇİN ALAŞIMSIZ VE DÜŞÜK ALAŞIMLI BANTLAR**
- EK 3. DÜŞÜK ALAŞIMLI, YUMUŞAK ÇELİK SERT DOLGU ALAŞIMLARI**
- EK 4. 400 SERİSİ PASLANMAZ ÇELİKLER**
- EK 5. 300 SERİSİ PASLANMAZ ÇELİKLER**
- EK 6. ÖZEL TAM ÖSTENİTİK VE DUBLEKS FERRİTİK-ÖSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİKLER**
- EK 7. NİKEL BAZLI ALAŞIMLAR**
- EK 8. NİKEL-BAKIR VE BAKIR-NİKEL ALAŞIMLARI**
- EK 9. KOBALT ALAŞIMLARI**
- EK 10. ELEKTRO-CÜRUF BANT KAPLAMA KAYNAĞI İÇİN BANT/TOZ SEÇİM ÇİZELGESİ**

Derleyen : Melike Mihran CAVCAR

OERLIKON Kaynak Elektrodları ve Sanayi A.Ş.
Halkalı Cad. No : 99, 34630, Sefaköy - İSTANBUL
Telefon : 0.212.5993010 - (10 hat) Faks : 0.212.5989279-5400261

TOZALTI VE ELEKTRO-CÜRUF BANT (ELEKTRO-SLAG) KAPLAMA YÖNTEMLERİ

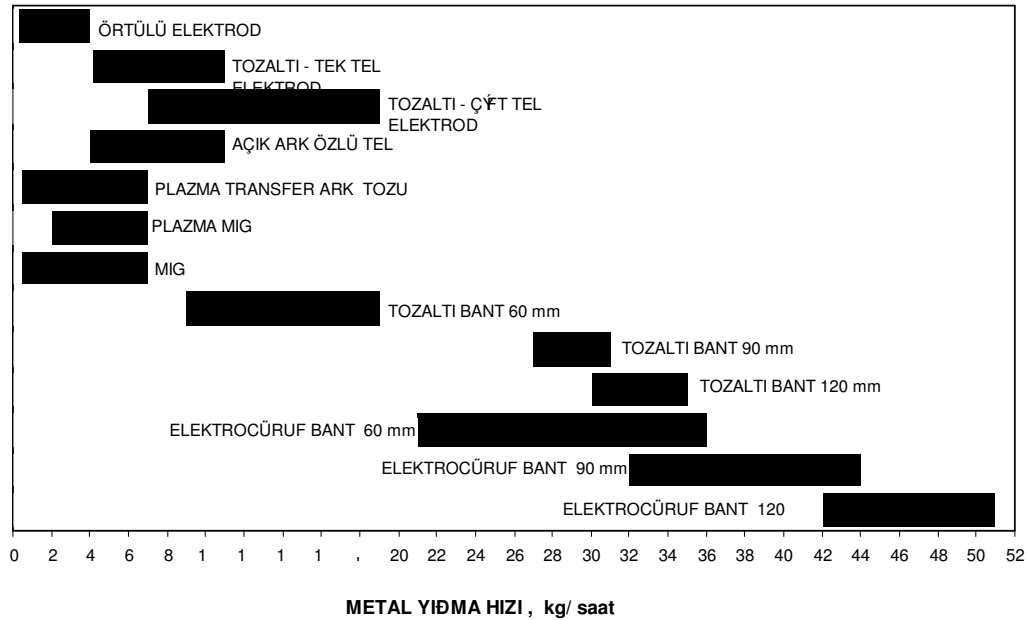
1. GİRİŞ :

Kaplama veya sert dolgu, ana metal üzerine istenen özelliklerdeki malzemelerin yığılması için yapılan kaynak yöntemlerine verilen isimdir. Çok sık kullanılan C/Mn veya düşük alaşımlı ucuz ana metallerin ana fonksiyonu yük taşımaktır. Yığılan karmaşık malzemeler ana malzemenin yüzeyine korozyon direnci, aşınma direnci, v.b. özellikler kazandırır.

Yüzey kaplama teknikleri basınçlı kap üreticileri için de her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Parçalar öyle boyutlara ulaşmaktadır ki kaplama yapılması zorunlu hale gelmektedir. Kaplama malzemesi elde edebilmek için farklı yöntemler kullanılmaktadır :

- Daha çok standart boyutlar ve kaliteler için kullanılabilen döndürerek kaplama plakaları,
- Patlama ile kaplanan kaplama plakaları,
- Kaynak ile yapılabilen kaplama malzemeleri.

Tüm kaynak yöntemleri içinde tozaltı ve elektro cüruf (electo-slag) kaynak yöntemleri en yüksek metal yığıma hızına, daha iyi kaynak dikişi özelliklerine ve karmaşık olmayan kaynak ekipmanı kullanarak hatasız kaynak yapma imkanına sahiptir (Şekil 1). Bant kaplama yöntemi çok esnek bir yapıya sahip olduğu için uygulanabilir malzeme aralığı çok geniştir.



Şekil 1. Değişik Kaynak Yöntemlerinin Metal Yığıma Hızlarının Karşılaştırılması, kg/saat.

Genellikle bitmiş parçalar üzerinde uygulandığı için soğuk veya sıcak şekillendirme sırasında ortaya çıkan problemleri ortadan kaldırır. Bant kaplama yönteminin prensibi bundan 70 yıl önce geliştirilmiştir (ilk patent 1920’lerde ABD’de alınmıştır) fakat 1950’lerin sonlarında Avrupa’da nükleer endüstri başladığı zaman önem kazanmıştır. Nükleer enerji endüstrisi kalın duvarlı basınçlı kapların iç yüzeylerini korozyona dirençli yapmak için yeni yöntemlere ihtiyaç duymuştur. Tozaltı bant kaplama yönteminde daha yüksek kaplama kapasitelerine ulaşabilmek için pek çok modifikasyon yapılmıştır. Elektro-cüruf bant kaplama bu kaplama tekniklerindeki en son gelişmedir. Bu yazının ilk bölümünde Tozaltı Bant Kaplama Yöntemi tartışılacak, ikinci bölümünde de Elektro-Cüruf (Electro-Slag veya Cüruf-Altı diyebileceğimiz) bant kaplama tekniği açıklanacaktır. Yöntem parametrelerinin etkisi, ana avantajları ve sınırlamaları açıklanacaktır.

2. TOZALTI BANT KAPLAMA YÖNTEMİ:

2.1. Prensip ve Ana Avantajları:

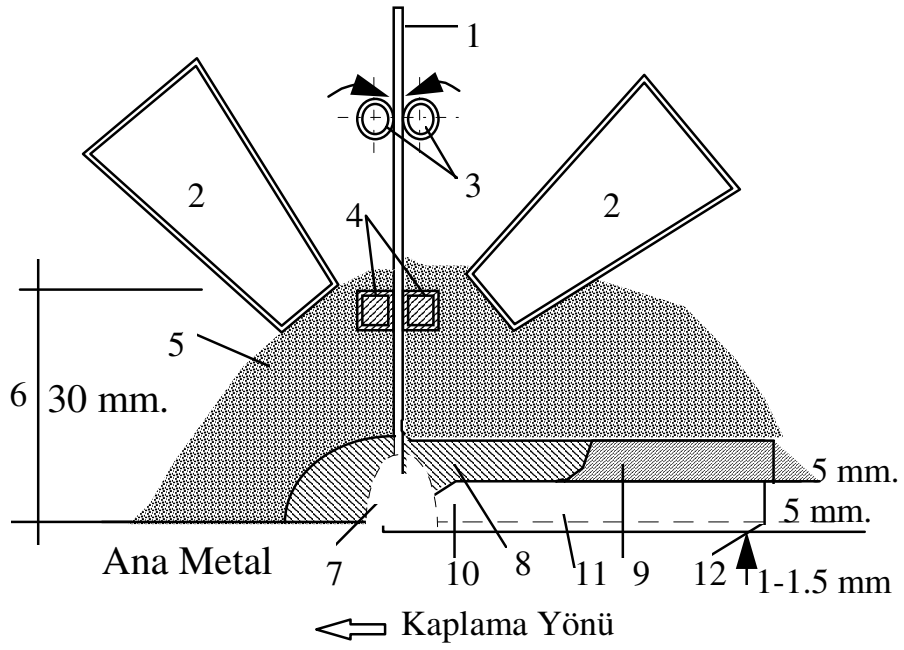
Tozaltı bant kaplama ile tozaltı kaynak yöntemi tel kullanımı arasında prensip olarak hiç bir fark yoktur. Konvansiyonel tozaltı kaynak ekipmanı aynı zamanda bant kaplama için de uygundur, temel olarak bant telin yerini alır (Şekil 2). Kaynak kafası, kontakt kafalaları ve besleyici makaralar tel yerine bantı alabilecek şekilde olması için değiştirilmiştir. Bant ve ana metali ergitmek için gereken enerji kaynak bantı ile ana metal arasında ve kaynak tozunun koruması altında yaratılan elektrik arkı sayesinde elde edilir. Toz bantın iki tarafına da akar. Bu işlem sırasında ergimiş toz altında bant ve ana metal sürekli olarak ergir. Yığılan kaynak metalini katılaştıran ince bir cüruf tabakası sarar. Bant kaplama kaynak yönteminin tel ile kaynak yöntemine göre en önemli avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Çok düzgün nüfuziyet,
- Yüksek metal yığıma hızı,
- İstenen özellikleri sağlamak için yapılması gereken paso sayısını azaltan dolayısı ile düşük düzeyde nüfuziyet ve seyrelme,
- Yüksek ve tekrarlanabilir kaynak metali kalitesi,
- Klasik sıcak çatlağa hassas malzemelerle kıyaslandığında, merkezi soğuma çizgileri olmadığı için çok düşük sıcak çatlak hassasiyetinin olması,
- Sınırlı sayıda kaynak dikişi bindirmesi ile çok düzgün yüzey elde edilebilmektedir,
- Telden bant geçmek için çok az yatırım gerekmektedir,

2.2. Kaynak Ekipmanı:

2.2.1. Güç Kaynağı :

Güç kaynağı bant boyutlarına göre yüksek akım sağlayabilecek kapasitede olmalıdır. En çok kullanılan ve standartlaşan 60 x 0.5 mm bant boyutları düşünüldüğünde, güç kaynağı % 100 çalışmada 600 ile 1000 A doğru akım sağlayabilmelidir. Ark voltajı $\pm 1V$ 'dan fazla dalgalanmamalıdır. Sabit gerilimli güç kaynakları bu süreç için idealdir. Bant sürme mekanizması ise, hızı ayarlanabilir olmalı ve ayarlandığı değerde sabit kalmalıdır.



Şekil 2. Bant Elektrod ile Tozaltı Bant Kaplama Yönteminin Şematik Gösterimi

2.2.2. Kaynak Kafası (motor ve dişli kutusu):

Tozaltı tel mekanizmalarının pek çok tipi bant kaplama için de kullanılabilir. Ana faktör, bant nozulunun bağlanabilirliğidir. Bant sürme nozuluna uyması için her tür kaynak kafasına uygun adaptör plakaları ve sürme makaraları mevcuttur. (Resim 1).

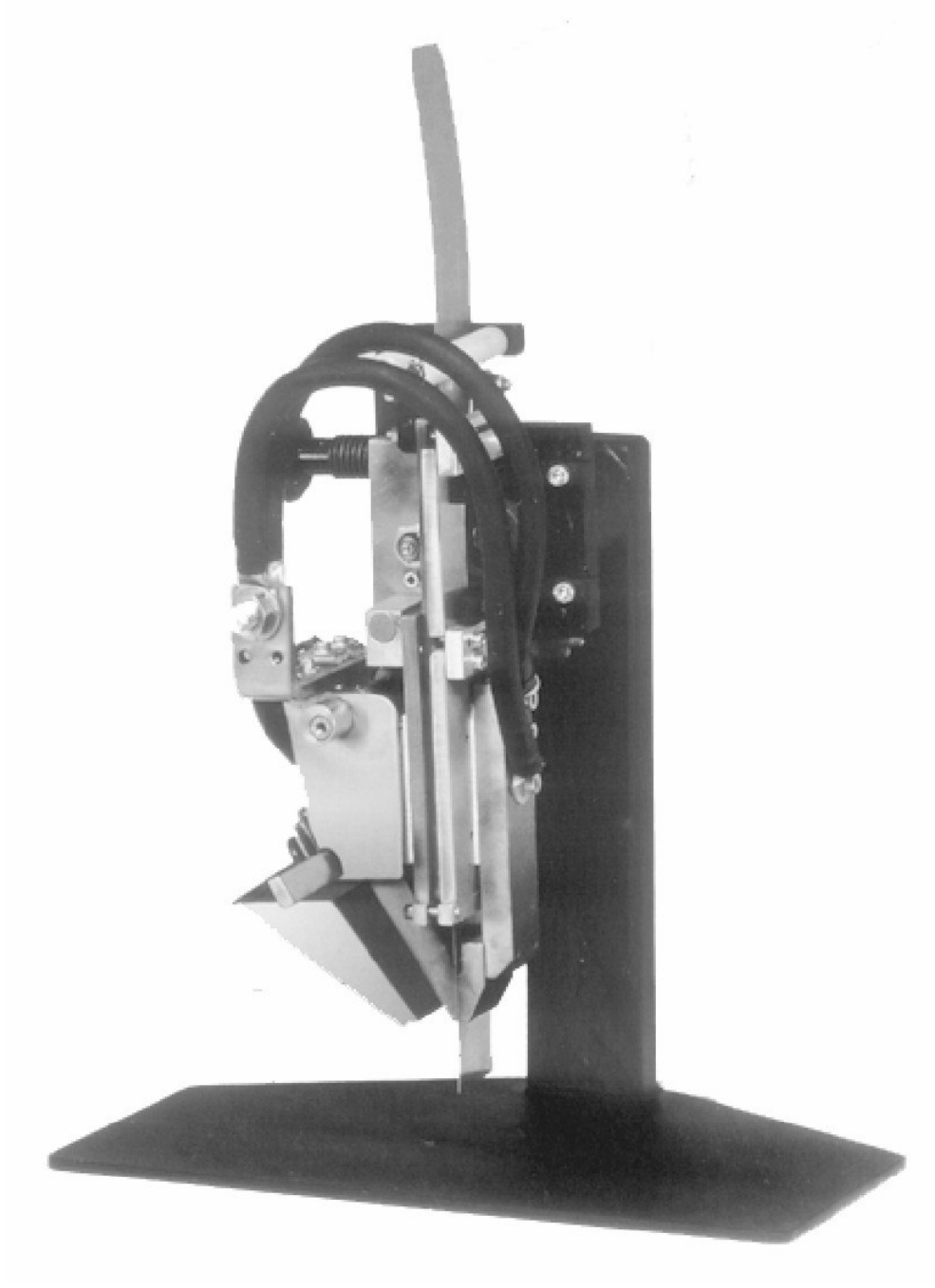
2.2.3. Bant Sürme Nozulu :

Bant sürme nozulu bant kaplama yönteminde çok önemli rol oynar. Nozul banda rehberlik eder, kaynak akımının bant genişliği boyunca eşit dağılımını sağlar, sürekli operasyon sırasında fazla ısınmaya karşı ısıya dayanıklıdır ve ısıyı hemen bertaraf eder. Tablo 1, standard Soudometal bant sürme nozullarını ve özelliklerini göstermektedir.

2.3. Kaynak Tozu:

Tozaltı bant kaplama için kaynak tozu formülasyonu yapılırken bazı faktörler dikkate alınmalıdır, örneğin: baziklik, oksitleme gücü, vizkozitesi, ergime sıcaklığı, katılma sıcaklığı, yüzey gerilimi genişleme ve çekme katsayıları, analizler, tane boyutları, v.b. Bu faktörler toz formülasyonunda ve üretiminde dikkate alınması gereken toz ve cüruf özellikleridir. Bu faktörler pek çok metalurjik ve teknolojik özellikleri kontrol ederler :

Resim 1. Tozaltı ve Elektro-Cüruf Bant Kaplamada Kullanılan Bant Kafası 125-ES1-300



- Ark kararlılığı,
- Dikiş profili,
- Islatabilme (yayılabilme),
- Cüruf temizleme,
- Hatasız bindirme,
- Düzgün nüfuziyet,
- Cüruf ve gaz kalıntısının olmaması,
- Yığılan metalin alaşımlandırılması,
- Kaynak metali kimyasal kompozisyonu,
- Seyrelme miktarı,
- Toz tüketimi.

Bu özelliklerden bazıları tam tersine uzun yıllar çalışmalar sonucunda oluşan tecrübeler sayesinde kontrol edilebilmiş ve geniş bir alanda yapılan toz geliştirme çalışmaları sonunda optimum özellikler elde edilebilmiştir. Tozaltı bant kaplama için kullanılan tozların çoğu aglomere tozlardır. Bant kullanırken özel ihtiyaç duyulan bir kaynak metali kompozisyonu isteniyorsa ve bu alaşım bant ile sağlanamıyorsa, bu tür alaşımları elde etmek için bazen alaşımlı tozlar da kullanılmaktadır. Bu alaşımlı tozların kullanımında tozun korunmasına ve tekrar kullanılmasında özel dikkat sarf edilmelidir.

Son günlerde daha fazla bant türü bulunabilmektedir ve alaşımlı toz kullanımı sınırlı bir kaç uygulamayı geçmemektedir. Pek çok bant kaplama tozu ya tamamen alaşımsızdır veya kaynak sırasında alaşım elementi (özellikle Cr) yanmasını karşılayabilmek için çok az alaşımlıdır. Tozların “alaşımlı veya dengeleyici” özelliklerini belirlemek için “Alaşımlama Vektörü” dikkate alınmalıdır. Tablo 2, en çok kullanılan tozları, bant ile kullanıldığında elde edilen kimyasal analizlerini ve tipik alaşımlama vektörlerini vermektedir.

2.4. Kaynak Bantları:

Tozaltı bant kaplama yönteminde kullanılan bantlar 20 ile 180 mm genişliğinde, 0.4 ile 0.5 mm kalınlığında masif türde bantlardır. Tipik boyutlar: 30, 60, 90, 120 ve 150 mm'dir ve en çok kullanılanı 60 mm genişliğindedir. Son yıllarda 10 ile 40 mm genişliğinde ve 1 ile 3 mm kalınlığında özlü bantlar ve sinterlenmiş kaynak bantları geliştirilmiş ve kullanılmaktadır. Bunların uygulamaları masif bantların bulunmadığı bazı çok özel uygulamalarla sınırlıdır.

TABLO 1. STANDARD TOZALTI BANT KAPLAMA NOZULU

Kaplama Nozul Tipi	60 DF 2 Ar			120 DF1 Ar	
Uzunluk (mm)	218	315	720	350	720
Pozisyon Sol (L)	L	L*	L	L*	L*
Sağ (R)	R	R	R	R	R
*= Standard					
İzin verilebilir bant genişliği (mm)	min.	25		25	
	max.	60		120	
Bant Genişliğine göre Maksimum Kaynak Akımı	30	750A		750A	
	60	1500A		1500A	
	90			1850A	
	120			2200A	

TABLO 2. TOZALTI BANT KAPLAMA KAYNAĞINDA KULLANILAN TOZLARIN KİMYASAL ANALİZLERİ

	OT INT 109	OT 152	OT NFT 201
SiO ₂	30	40	20
MgO+CaO+CaF ₂	35	40	45
Al ₂ O ₃	25	6	6
FeO+ MnO	4	2	5
K ₂ O+ NaO	3	2	5
Diğerleri(metalik)	3	10	2
Bant ile Alaşım Vektörü	309L	430	625
C	+0.01	0	+0.005
Si	+0.5	+0.5	+0.15
Mn	-0.3	0	+1.0
Cr	0	-0.2	-0.9
Ni	0	-	0
Nb	-	-	-0.45

TABLO 3. BANT KUTUP DURUMUNUN DİKİŞ KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİSİ

(OT INT 101 + OB 309L 60x0.5 mm.)

DC +/- (1)	Akım Amper	Gerilim Volt	Kaynak Hızı cm/dak	Dikiş genişliği (mm)	Seyrelme kalınlığı (mm)	%	Not
Sabit kaynak parametrelerinin etkisi							
+	800	26	11	67.5	5.2	20.6	
-	800	28	11	64.5	6.0	15.4	(2)
Sabit dikiş kalınlığının etkisi							
+	800	26	10		5.3	19	
-	800	28	11.5		5.5	22	
Düşük seyrelme kaynak parametreleri							
+	650	27	8	65	5.5	12.2	(3)
-	800	28	9	68	7.2	9.5	(3)

(1) Bant kutubu

(2) İyi kaynak profili elde edebilmek için yüksek voltaj gereklidir.

(3) Yalnız bilgi için: Dikiş kalınlığı çok fazla bindirme problemlerine neden olabilir.

2.5. Ana Parametreler ve Tipik Değerler:

2.5.1. Kaynak Akımı

2.5.1.1. Kaynak Akım Kutubu (Bant Kutubu)

Bant kaplama işlemi hemen hemen her zaman bant pozitif (+) kutupta olacak şekilde yapılır. Negatif (-) kutup ile nüfuziyet daha düşük ve kaynak dikişi daha kalın olma eğilimi göstermektedir. Kalın kaynak dikişlerinde daha dik kenarlar olacağı için bindirme bölgelerinde kaynak hatası riski artacaktır. Aynı zamanda negatif kutup ile ergime düzgün olmaz. Tablo 3, negatif ve pozitif kutup kullanımını hakkında bazı bilgiler vermektedir.

2.5.1.2. Kaynak Akım Yoğunluğu :

Elektrik arkı bandın uç kenarında dolaşmaktadır. Aynı bant genişliği için kullanılan kaynak akım yoğunluğu geniş bir aralıkta değişebilmektedir. Gerçekte akım yoğunluğu akımdan daha önemlidir. Tozaltı bant kaplama yönteminde tipik akım yoğunluğu 20 ile 25 A/mm² arasında değişmektedir.

2.5.2. Ark Voltajı:

Kullanılacak optimum ark voltajı, kaynak tozu, kaynak pozisyonu ve kaynak akımı gibi faktörlere bağlıdır. Ark voltajının değişimi, toz tüketiminde değişime neden olur. Optimum kaynak davranışına sahip olabilmek için ark voltajı +/- 1 Volt sabit tutulmalıdır. Kullanılan voltaj bant sürme nozulu ile iş parçası arasından ölçülmesine dikkat edilmelidir.

2.5.3. Kaynak Hızı:

Kaynak hızı kaynak akımı ile ilişkilendirilmelidir. Bu iki parametre verilen bir uygulamadan kaynak dikişi kalınlığı ve yığılan metal özellikleri istendiğinde kaynak işleminin optimize edilmesini sağlar.

2.5.4. Isı Girdisi:

Isı girdisi aşağıdaki formülle hesaplanabilir :

$$\text{Isı Girdisi} = I \text{ (A)} \times U \text{ (volt)}$$

Tel ile veya örtülü elektrod ile kaynak yaparken ısı girdisi ise şu formülle hesaplanabilir :

$$\text{Isı Girdisi} = \frac{I \text{ (A)} \times U \text{ (V)} \times 60}{V \text{ (cm/dak.)}} = J / \text{cm}$$

Bant kaplamada ısı girdisinin daha geniş bir yüzey üzerine dağıldığı açıktır ve bu faktör etkili ısı girdisini hesaplarken dikkate alınmalıdır. Isı girdisi hakkında daha iyi yorum yapabilmek için yüzey faktörünü de dikkate alacak formül ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bunu elde edebilmek için kaynak dikiş genişliği yukarıdaki formüle eklenmiştir.

$$\text{Isı Girdisi} = \frac{I \text{ (A)} \times U \text{ (V)} \times 60}{V \text{ (cm/dak)} \times W \text{ (cm)}} = J/\text{cm}^2$$

I = Kaynak akımı (amper)
 U = Kaynak Gerilimi (volt)
 V = Kaynak hızı (cm/dak)
 W = Kaynak dikiş genişliği (cm)

Bu formül ısı girdisini daha iyi açıklar ve diğer kaynak teknikleri ile karşılaştırma yapabilmeyi sağlar.

2.5.5. Serbest Bant Boyu:

Serbest bant boyu bant elektrodun ark oluşumu öncesindeki ısınmayı belirler. Serbest bant boyu artınca elektrodun ark öncesinde ısınması artar ve bu daha yüksek metal yığılma hızına ve nüfuziyetin (seyrelmenin) azalmasına neden olur. Tablo 4, serbest bant boyunun seyrelme üzerine etkisini göstermektedir. Serbest bant boyu genellikle 20 ile 35 mm. arasındadır.

TABLO 4. SERBEST BANT BOYUNUN SEYRELME MİKTARINA ETKİSİ

SERBEST BANT BOYU	SEYRELME
30 mm	% 25
35 mm	% 22
40 mm	% 20

(60 x 0.5 mm bant/ 750 A-26 V- 12 cm/dak)

2.5.6. Kaynak Dikişi Bindirmesi :

İki kaynak dikişi arasında çok yumuşak bir geçiş ve düzgün bir kaplama yüzeyi elde edebilmek için iki kaynak dikişi arasındaki bindirme çok dikkatli kontrol edilmeli ve ayarlanmalıdır. Bindirme bandın kenarı ile daha önceki kaynak dikişinin kenarı arasındaki mesafe olarak tanımlanabilir. Bindirme, yığılan kaynak metaline (akışkanlığına), toz türüne ve dikiş kalınlığına göre ayarlanmalıdır. Bindirme normalde 5 ile 10 mm arasında değişir.

2.5.7. Toz Yanması:

Toz yanmasının derinliği toz besleyicilerin yerlerini değiştirerek ayarlanabilir. Normal toz yanması bant elektrodun serbest bant boyundan daha yüksektir ve 5 mm civarındadır. Toz

tabakasının kalınlığı çok az ise elektrik arkı kararsızlaşır ve sıçrama artar. Bu şekilde gözenek riski de artar. Toz tabakasının kalınlığı çok fazla ise tozun ağırlığı nedeniyle kaynak metalinde iz kalır. Dikiş kenarları dikleşir ve sıvı metalden gaz çıkışı artar, bu da gözeneğe neden olur.

2.6. Kaynak Metalinin Yapısı ve Kimyası:

2.6.1. Kaynak Metali Kimyası:

Kaynak bandının, tozun ve ana metalin kalitesi kaynak metali kimyasal kompozisyonu üzerinde çok önemli etkiye sahiptir. Seyrelme miktarını ve dikiş özelliklerini (genişlik ve yükseklik) etkileyen kaynak parametreleri gibi diğer faktörler de önemlidir. Kaynak metali kimyasal kompozisyonunu tahmin etmek ve bunu etkileyen farklı faktörlerin birbirleri ile ilişkisini tahmin etmek için aşağıda verilen formülasyon kullanılabilir:

$$C_d = (C_b \times \frac{D}{100}) + C_s \times T \times (\frac{100-D}{100}) + A_f \times P \times (\frac{100-D}{100})$$

C_d = Elementin kaynak metalindeki konsantrasyonu,

C_s = Aynı elementin kaynak bandındaki konsantrasyonu,

T = Banttan element elde oranı (hızı),

C_b = Aynı elementin ana metalde veya bir önceki pasodaki konsantrasyonu,

A_f = Verilen bant ile kaynak yapıldığında bu element için alaşımlama vektörü,

P = Toz tüketim oranı,

D = % olarak seyrelme.

2.6.2. Kaynak Metalinin Katılaşma Yapısı:

Bant kaplamada kaynak dikişinin şekli isoterml çizgiler hemen hemen ana metal yüzeyine paralel olacak şekildedir. Sonuçta katılaşma yüzeye dik yönde olur ve katılaşma eğrisi dikişin dış yüzeyinin şeklinde olur.

Önemli bir sonuç da hiç bir merkezi birikim çizgisinin oluşmayışıdır. Bu gerçek istenen artık gerilim miktarı ile birleştiğinde neden sıcak çatlak hassasiyetinin az olduğu açıklanabilir. Sıcak çatlığa hassas malzemeler bile (östenitik paslanmaz çelikler) geniş bantlarla ve yüksek kaynak akımlarında hiç bir problem yaşanmadan kolaylıkla bant kaplama yapılabilir.

2.6.3. Bant Kaynak Metalinin Homojenliği:

Kaynak kalınlığı boyunca metalin homojenliğini tespit edebilmek için pek çok araştırma yapılmıştır. Çok karmaşık analiz yöntemleri örneğin elektron mikroprob analizi kaynak metali kalınlığınca homojenliği değerlendirmekte kullanılmaktadır. Paslanmaz elik bant kaynak metalinde, ergime çizgisinin 250 mikron üzerinde kimyasal kompozisyon kararlılığı sağlanır ve kaynak metali yüzeyine kadar bu sabit kalır. Tüm genişlik boyunca nüfuziyet çok düzgün olduğu ve bant çok düzgün ergidiği için kaynak metali kompozisyonunun homojenliği tel ile yapılandan daha iyidir.

2.7. Kaynak Malzemeleri:

Tozaltı bant kaplama için en klasik kaynak malzemeleri (toz+bant) Ek 1'de verilmiştir. Bant ve toz kombinasyonları uygulama alanlarına göre sınıflandırılmaktadır.

2.7.1. Karbonlu ve Düşük Alaşımlı eliklerin Kaplanması için Bant-Toz Kombinasyonları:

Bu kombinasyonlar daha çok doldurma amacı ile kullanılmaktadır. Bu bant normal alaşımsız karbonlu çeliktir (OB 46) . Toz nötr olabilir veya çok az miktarda alaşım elementleri (Cr ve Mo) içerebilir (OT CrMo 15 T) . Nötr tozlar, rneğin, OT S46T veya OT146'dır. Ek 2, bu kombinasyonların özetini ve tipik analizlerini vermektedir.

2.7.2. Sert Dolgu için Bant-Toz Kombinasyonları:

Bu kombinasyonlar pek çok durumda karbonlu elik bant (OB 46) ve istenen alaşım miktarını sağlayacak şekilde alaşımlı toz kullanılabilir. Bu tipin OB 46 bandı ile kullanılabilen tozları OT 250, OT 350 ve OT 400D'dir. Bazı durumlarda alaşımlı bant nötr tozlarla da kullanılabilir, rneğin; OB 258 / OT 258. İstenen zellikleri elde etmek için hem alaşımlı bant hem de alaşımlı toz kullanmak mümkündür, rneğin; OB 420 / OT 159. Alaşım elementlerinin tozdan eklenmesinin nedeni, özel kaynak metali analizlerinin yalnız kaynak bandından elde edilememesidir.

Ek 2 ve 3, sert dolgu için en çok kullanılan bant-toz kombinasyonlarının en son pasoda verdiği kaynak metali kompozisyonlarını ve sertliklerini göstermektedir.

2.7.3. Paslanmaz elikler için Bant-Toz Kombinasyonları:

Tüm paslanmaz elik tipleri için çok çeşitli paslanmaz kaynak bandı (OB 308L, OB 316L, OB 309, OB 347...) retilmiştir. Bu standard uygulamalarda nötr tozlarla (OT INT 101 ve 109) kaplama yapılabileceği anlamına gelir. Bazı uygulamalarda kullanılan bant, yanma nedeni ile

kaybolan alaşım elementlerini kısmen veya tamamen dengeleyen “dengeleyici” tozlara ihtiyaç duyar. Bu tür tozlar OT INT 102 ve OT 13BLFT’dir. Çok az durumda uygun bant bulunmaması nedeni ile alaşımlı toz kullanımı gerekmektedir. Bu tür tozlara OT 6 B 317 T2, OT 1 V 318 T1 ve OT 6 B 318 T2 rnek olarak gösterilebilmektedir. Bu tozlar klasik bantlarda birlikte kullanılır ve istenen miktarda Mo ve Ni gibi alaşım elementini içerirler.

Ek 4, 5 ve 6 en çok kullanılan kombinasyonların kaynak metali analizlerini gösterir.

2.7.4. Nikel Alaşımları Kaplaması için Bant ve Toz Kombinasyonları:

Kaplama malzemesi olarak kullanılan çoğu nikel alaşımları için uygun bant mevcuttur, bu nedenle alaşımsız toz kullanılabilir. Bu tür kaynak malzemelerinin sıcak çatlak hassasiyetinden dolayı bazikliği yüksek ve Si için alaşımlama vektörü çok düşük tozlar geliştirilmelidir. Bu türe örnek toz: kaynak metalinde çok düşük Si sağlayan ve çok iyi cüruf kalkışı, (temizliği) zelliği de olan OT NFT201’dir. Ek 7 (bölüm 1 ve 2) bu kombinasyonlar hakkında genel bilgi vermektedir.

2.7.5. Ni-Cu ve Cu-Ni Alaşımları için Bant-Toz Kombinasyonları:

Bant ile kaplama için %70Ni / %30Cu ve %70 Cu / %30 Ni olmak üzere iki ana grup bant mevcuttur. %70 Ni / % 30 Cu bandı yaklaşık % 70 nikel, yaklaşık % 30 bakır içermektedir ve nötr tozlarla kullanılmaktadır (OB NiCu 7 ile OT NiCuT) .

% 70 Cu / %30 Ni bandı yaklaşık % 70 bakır, yaklaşık % 30 nikel içermektedir ve nötr bir toz ile kullanılmaktadır. (OB CuNi30 ile OT CuNi30T) Bakır-nikel alaşımlarının sıcak çatlak hassasiyetinden dolayı, demir ile seyrelmeye uğradığında (elik üzerine kaplama yapıldığında) Cu-Ni kaplamadan önce, araya bir tampon paso yapılması önemlidir. %70Ni/%30Cu veya saf Ni tampon malzemesi olarak kullanılabilir.

Ek 8, bu bant-toz kombinasyonlarını göstermektedir.

2.7.6. Kobalt Alaşımları için Bant-Toz Kombinasyonları :

Son yıllarda kobalt alaşımlarını kaplayabilmek için sinterlenmiş kaynak bantları geliştirilmiştir. (1, 6, 12 ve 21 tipleri) Bu bantlarla (kobalt 6 alaşımı için OB SCoCr6) kaynak yapabilmek için kullanılan toz OT NiCrT’dir. Bu bantlar ile en iyi kaynak görünüşü elde etmek için optimum kaynak karakteristiklerini sağlayan bu toz kullanılabilir.

Ek 9, bu kombinasyonların en önemli özellikleri gösterir.

2.8. Özel Uygulamalar ve Teknikler:

Tozaltı bant kaplama yöntemi çok uzun bir süreden beri kullanılmakta ve özel bazı uygulamalar için de adapte edilmektedir. Tipik bir uygulama da kaplama plakalarının kaplanmasıdır. Bu durumda açılan kaynak ağzının genişliğini karşılayabilmek için bant açısı ayarlanabilir.

Metal yığılma hızını arttırmak için çift bant kaplama yöntemi geliştirilmiştir, seyrelmeyi ve yığılma hızını kontrol etmek için kaynak kafası eğilmiştir. Eğimli parçaların iç ve dış yüzeylerini bant ile kaplarken kaynak kafasının yeri çok önemlidir.

3. ELEKTRO-CÜRUF (ELECTROSLAG) BANT KAPLAMA YÖNTEMİ :

3.1. Elektro-Cüruf Bant Kaplama Yönteminin Tanımı:

Elektro-cüruf bant kaplama yöntemini en iyi açıklamanın yolu; çok iyi bilinen tozaltı bant kaplama yöntemi ile karşılaştırılmasıdır. Elektro-cüruf bant kaplama yöntemi tozaltı bant kaplama yönteminden ayıran en önemli nokta; elektro-cüruf bant kaplama yönteminde ana metal ile bant elektrodu ergitmek için gerekli ısı elektrik arkı ile değil de Joule etkisi ile yaratılmasıdır. Kaynak akımı banttaki elektriksel olarak iletken olan ve özel olarak geliştirilen yüksek floritli aglomera tozdan oluşan sıvı cüruf tabakasına iletilir. Elektro-cüruf bant kaplama yönteminin özelliği işlem sırasında elektrik arkının olmayışıdır. Elektrik arkı yöntemin başlangıcında ateşleme için kullanılır ve söner. Yöntemi kararlı tutabilmek için cüruf banyosunun kalınlığı ve yüzeyi sabit tutulmalıdır. Bunlar yalnızca banttaki etkilenir. Arkın ana ısı kaynağı olduğu tozaltı yönteminin tersine elektro-cüruf yönteminde bant ve ana metal ergiten cüruf, direnç ile ısıtılır.

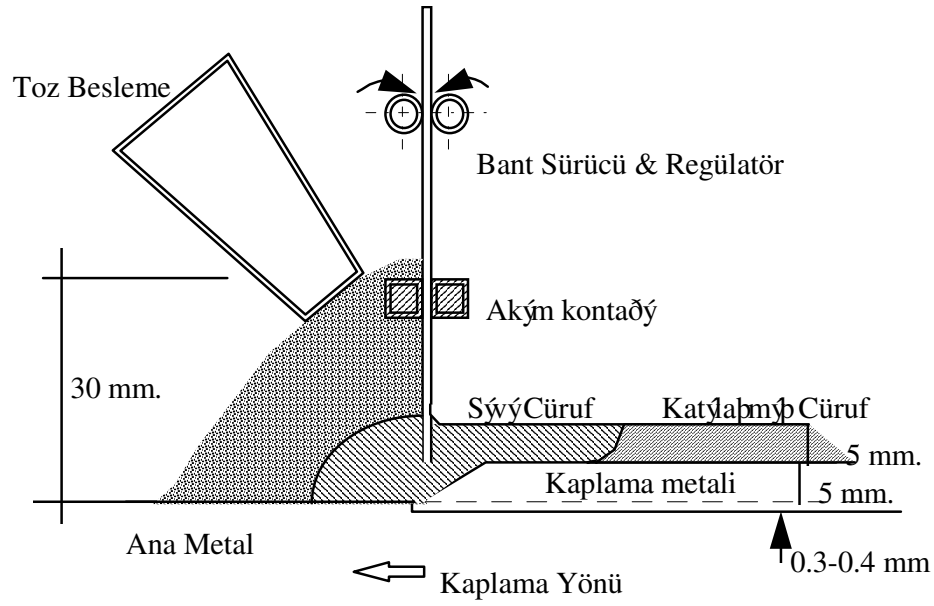
Şekil 3. Elektro-cüruf kaynak kaplama yönteminde bant elektrod kullanımının prensibini göstermektedir.

3.2. Bant Kaplamanın Avantajları:

Bant kaplamanın tel kullanımına göre ana avantajları şu şekilde özetlenebilir:

- Çok düzgün nüfuziyet,
- Düşük nüfuziyet düzeyi ve sonuçta istenen özellikleri elde etmek için gerekli kaynak pası sayısını azaltacak düşük seyrelme düzeyi,
- Yüksek ve tekrarlanabilir kalitede kaynak metal eldesi. Kaynak dikişinin tipik soğuma eğrileri alaşım elementlerinin homojen dağılımını sağlayacak şekilde olması,
- Sınırlı dikiş bindirmesi yapıldığında çok düz bir yüzey elde edilebilmesi,
- Merkezi soğuma çizgisinin olmaması nedeniyle, klasik sıcak çatlak hassasiyeti olan malzemelere göre çok düşük sıcak çatlak hassasiyetinin olması,
- Yüksek metal yığılma hızı. (Şekil 2),
- Yüksek tekrarlanabilirlik.

Şekil 3, elektro-cüruf bant kaplama yönteminin tozaltı bant kaplamaya göre ana avantajları şu şekilde sıralanabilir:



Şekil 3. Bant Elektrod ile Elektro-Cüruf Bant Kaplama Yönteminin Şematik Gösterimi

- Basitlik. Prensipte iki kaplama tekniğinde de aynı tür aletler gereklidir.
- Elektro-cüruf tekniği tozaltı ile kıyaslandığında aynı ısı girdisinde ve benzer dikiş kalınlığında daha yüksek metal yığıma hızı sağlar.
- Ana metal ile seyrelme çok daha düşüktür. Tipik seyrelme değerleri % 7 ile 10 civarındadır.
- İstenen kimyasal analizi elde etmek için daha az kaynak paso sayısı gerekebilir (ör: düşük karbonlu çeliklerde tek pasoda)
- Çok kararlı ve düzgün kaynak operasyonunu çok düşük kaynak hata riski ile beraber elde edilebilirliği ; cüruf kalıntısı, düşük nüfuziyet
- Düşük toz tüketimi.

Tablo 5, Tozaltı ve Elektro-cüruf bant kaplama teknikleri arasındaki ana özelliklerin ve farkların karşılaştırılması kısaca verilmiştir.

3.3. Yöntem Parametreleri:

3.3.1. Kaynak Akımı - Akım Yoğunluğu:

Elektro-cüruf bant kaplama yöntemi de doğru akım elektrod pozitif (+) (ters kutup) gerektirir. Negatif kutupun kullanılması (-) (doğru kutup) kararsız ve düzensiz kaynağa neden olur. Kararlı ve sessiz elektro-cüruf kaynağı, bant boyutuna göre akım seçilmesi ile sağlanabilir.

**TABLO 5. TOZALTI VE ELEKTRO-CÜRUF BANT KAPLAMA KAYNAK YÖNTEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

	TOZALTI	ELEKTRO-CÜRUF
Bant Boyutları (mm) (inch)	60 x 0.5 (1) (2.36 x 0.02)	60 x 0.5 (1) (2.36 x 0.02)
Bandın Karbon İçeriği (%)	0.015	0.015
Parametreler (2)		
-akım (A)	750	1250
- voltaj (V)	26	24
- hız (cm/dak) (inch/dak)	10 (3.9)	16 (6.3)
Akım Yoğunluğu (A/mm ²)	25	42
Elektrik Arkı	evet	hayır
Manyetik Kontrol	hayır (3)	evet (4)
Isı Girdisi kJ / cm	117	112.5
Dikiş/ kaplama kalınlığı (mm) (inch)	4.5 (0.18)	4.5 (0.18)
Seyrelme (%)	18	9
Metal Yığıma Hızı (kg/saat) (lbs/saat)	14 (31)	22 (48)
Toz Tüketim Oranı (kg toz / kg bant)	0.7	0.5
%0.18 C'lu çelik üzerinde 1. Paso paslanmaz çelikteki C miktarı (%)	0.045	0.030

(1) Bant boyutları 20 ile 180 mm genişliklerde kullanılabilir. Bant kalınlığı 0.4 ile 0.5 mm kullanılabilir.

(2) Tipik kaynak parametreleri

(3) Büyük bantlar için manyetik karıştırma aparatının kullanılması önerilir (90 mm ve üzeri)

(4) 30 mm bant için gerekli değildir.

TABLO 6. FARKLI BANT BOYUTLARI İÇİN TİPİK KAYNAK AKIM DEĞERLERİ

BANT BOYUTU mm, (inch)	TİPİK KAYNAK AKIMLARI
30 x 0.5 (1.18 x 0.02)	700 A
60 x 0.5 (2.36 x 0.02)	1250 A
90 x 0.5 (3.54 x 0.02)	1700 A
120 x 0.5 (4.72 x 0.02)	2300 A
150 x 0.5 (5.90 x 0.02)	2800 A

Tozaltı bant kaplama kaynağı için 20 ile 25 A/mm² akım yoğunluğu kullanırken, elektro-cüruf bant kaplama kaynağı için 40 ile 45 A/mm² akım yoğunluğu tipik değerlerdir.

Tablo 6, farklı bant boyutları için tipik kaynak akım değerlerini vermektedir. Kaynak akımının kaynak hızına bağlı olduğu açıktır. İkisi de dikiş kalınlığını ve belli bir seyrelme oranını sağlar.

3.3.2. Voltaj (Gerilim) :

Elektro-cüruf bant kaplama kaynağında voltajın dar bir aralık içinde (± 1 Volt) tutulması çok önemlidir. Optimum voltaj, kullanılan toza göre ayarlanmalı ve ± 1 Volt sabit tutulmalıdır, bandın içinde kalması gereken ergimiş cüruf tabakası sıg tutulmalıdır. Eğer voltaj çok düşük ise bandın ana

metale yapışarak kısa devre yapma riski ortaya çıkar. Eğer voltaj çok yüksek ise sıçrama olur ve kaynak banyosu kararsız davranır. Cüruf sıçraması daha fazla toz eklenmesi ile önlenebilir fakat gaz çıkışını sağlamak için ergimiş metalin üzeri bir miktar açık olmalıdır. Bant sürme nozulu ile iş parçası arasındaki voltajın hassas bir düzenle kontrol edilmesi önemlidir.

3.3.3. Kaynak Hızı:

Kaynak hızı istenen kaplama kalınlığına ve kaynak akımına bağlıdır. Kaplama kalınlığı pratikteki uygulama şartlarına ve kaynak metali özelliklerine bağlı olarak, genellikle 3.5 ile 5.5 mm (0.13 ile 0.21 inch) arasında değişmektedir. Kaplamanın kalınlığının kaynak hızını arttırarak nasıl azaltılacağı yüksek kaynak hızlarında ortaya çıkan arklar ve düzensizlikler nedeniyle sınırlıdır. Toz geliştirmedeki son ilerlemeler 3.0 mm dikiş kalınlığı verebilecek 35 cm/dak gibi yüksek hızlarda kaynak yapmaya imkan tanır.

3.3.4. Serbest Bant Boyu:

Serbest bant boyu, bandın ucundan kontakt pabuçlarına kadar olan bandın boyudur. Bu parametre çok kritik değildir. Pratikte serbest bant boyu 25 ile 40 mm arasında değişmektedir ve tipik değer de 35 mm'dir.

3.3.5. Dikiş Bindirmesi:

Bindirme bant elektrodun yanı ile daha önce yapılmış kaynak dikişi kenarı arasındaki uzaklıktır. Bindirme daha önceki kaynak dikişi kalınlığına bağlı olarak genelde 5 ile 10 mm arasında değişmektedir. Prensip olarak kaynak dikişi ne kadar kalınsa bindirme de o kadar az olur. Pratikte 4.5 mm civarındaki dikiş kalınlıklarında bindirme 8 ile 10 mm arasındadır. Manyetik karıştırma

düzgün bindirme bölgeleri eldesini ve dikişler arası yükseklik uyumsuzluğunun en az olmasını sağlar.

3.3.6. Toz Yanması :

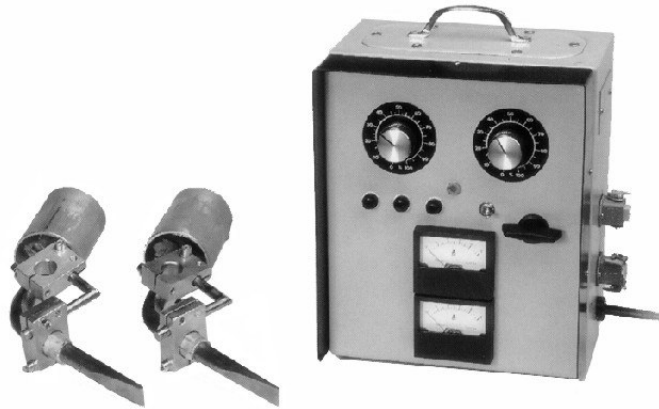
Ergiyen toz serbest bant boyundan daha yüksek ve genellikle 5 mm'dir. Daha derin toz yanması toz tüketim hızının artmasına, bandın arkasına giden ve ergimiş cüruf banyosunu saran toz miktarının

artmasına neden olur. Bu gaz çıkışını azaltır ve kaynak yüzeyinde istenmeyen izler bırakabilecek gözenekli cüruf katılaşmasına (gaz düzleşmesine) neden olur.

Geniş bant ile kaynak yapıldığı veya dairesel kaplama yapıldığı bazı durumlarda bandın yüzeylerine daha fazla toz gitmesi sağlanmalı veya bandın arkasına bir miktar daha toz eklenmelidir. Bunun yararlı etkileri daha az sıçrama, ergimiş cüruf ve dikişin daha iyi kontrolüdür. Fakat, ergimiş metal banyosundan uygun gaz çıkışına izin vermek için gerekli dikkat gösterilmelidir.

3.3.7. Kaynak Pozisyonu:

Bandın pozisyonunun, kaynak yapılış yönünün aşağıya doğru, düz veya yukarı doğru olması dikiş profilini ve seyrelme düzeyini etkiler. Eğimli yüzeylerde (içten veya dıştan) kaynak yaparken kaplama nozulunun pozisyonu çok önemlidir.



Resim 2 : Manyetik Karıştırma Ünitesi

3.3.8. Manyetik Alan :

Dikiş geometrisi kaynak akımının yarattığı manyetik alandan ters yönde etkilenir. Genellikle kaynak bindirme bölgelerinde kaynak hatasına neden olan bu manyetik üfleminin üstesinden

gelebilmek için manyetik karıştırma ünitesi kullanılabilir. (Resim 2). Manyetik kutupların uygun şekilde ayarlanması dikiş şeklini etkilemektedir. Bu tekniğin kullanılması ile dikiş kenarları optimize edilir ve dikiş daha geniş ve düz olur. Karıştırma ünitesi daha çok 60 mm (2.36 inch) ve daha geniş bantlar için kullanılır.

3.4. Elektro - Cüruf ve Tozaltı Bant Kaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması :

Tablo 5, iki klasik bant kaplama yönteminin kıyaslanmasını kısaca vermektedir. Karşılaştırma 4.5 mm (0.17 inch) kalınlığındaki tek paso kaynak dikişi dikkate alınarak yapılmıştır. Elektro-cüruf bant kaplama kaynağının sunduğu düşük seyrelme sayesinde tozaltı kaynağında istenen analiz için yapılan paso sayısından bir paso daha az kaynak yapma avantajı elde edilir.

3.5. Ekipman:

Kaynak makinası olarak, sabit gerilimli, yatay karakteristikli ve doğru akım veren bir güç kaynağı kullanılmalıdır. Ağır kaynak şartlarına ve elektro-cüruf bant kaplama yönteminin yarattığı radyan ısıya dayanacak özel bant sürme nozulu dizayn edilmiştir. Aynı nozul tozaltı bant kaplama yönteminde de kullanılabilir. Dikiş düzgünlüğünü sağlayabilmek için için 60 mm ve daha geniş bantlarla kaynak yaparken manyetik karıştırma aparatı (Resim 2) kullanılmalıdır.

3.6. Elektro-Cüruf Bant Kaplama Ürünleri:

3.6.1. Kaynak Bandı:

Kimyasal kompozisyona çok yakın toleranslarla üretilen standart ve özel bantlar mevcuttur. Bazı bantlar Ek 10'da sıralanmıştır. Standard boyutlar 30 x 0.5 mm (1.18 x 0.02'), 60 x 0.5 mm (2.36 x 0.02') ve 90 x 0.5 mm (3.54 x 0.02')'dir. Diğer bant boyutları özel uygulamalarda da kullanılabilir. Kaplama metalde istenen kompozisyonu elde edebilmek için ana metal ile birlikte bant ve toz kombinasyonu dikkate alınmalıdır.

3.6.2. Kaynak Tozları :

Elektro-Cüruf bant kaplama yönteminde kullanılan tozlar, cürufta yeteri kadar elektriksel iletkenlik sağlayarak ark oluşumunu engelleyebilmek için yüksek miktarda florit içerirler. Bir kaç toz çeşidi ile paslanmaz çeliklerin tüm çeşitleri, nikel alaşımları ve kobalt alaşımları ile metal dolgular oluşturulabilir. Son zamanlarda elektro-cüruf tozları alaşımlanabildiği için belli miktarda metalik elementler içeren tozlar geliştirilmiştir. Bu teknik özellikle sert dolgu kaplama kaynakları için çok ilgi çekicidir. Kaynak hızlarını 35 cm/dakika hızlara çıkartabilecek kaynak tozu

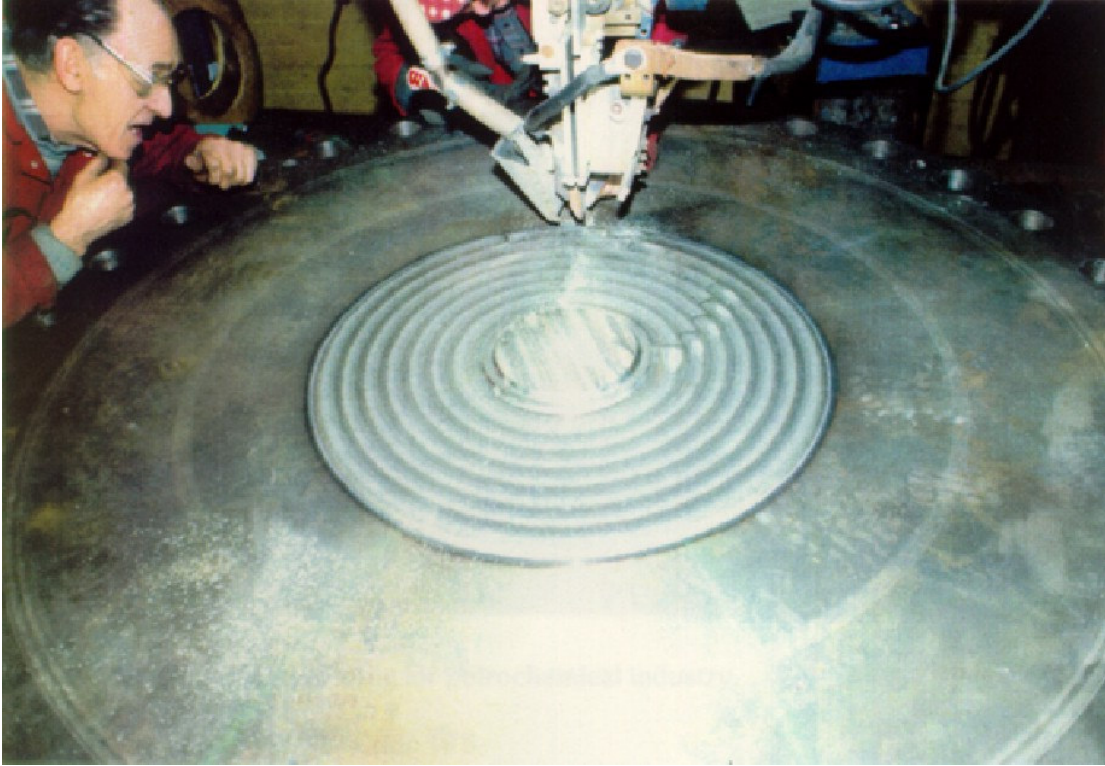
Resim 3. Offshore sanayi kaplarının 625 alaşımı ile kaplanması

Parça adı	:	Offshore Sanayi Kapları
Boyutları	:	$\phi = 2.5 \text{ m.} \times 8 \text{ m}$
Ana metal	:	StE 355
Çalışma Ortamı	:	Deniz suyu
Kaplama	:	Bant Elektrod : OB 625 (60 x 0.5 mm) Toz : OET 201
Kaynak Parametreleri	:	1125 A/24V/15 cm/dak. 1100A/24V/16cm/dak.
Toplam Kaplama Kalınlığı	:	5-8 mm
Kullanıcı	:	Belleli SFA, İtalya



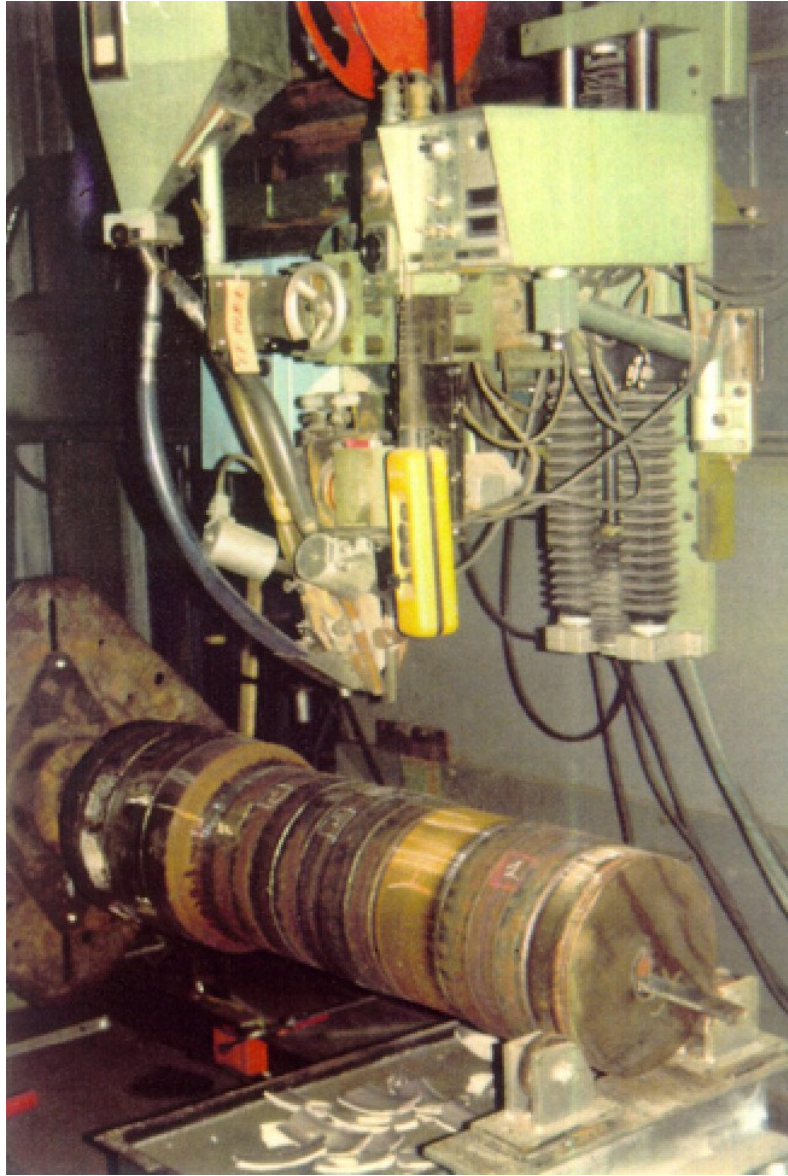
Resim 4. Gaz soğutucu tabanının Ni - 625 alaşımı ile kaplanması

Parça adı	: Gaz soğutucusunun tabanı
Boyutları	: $\phi = 2000$ mm. x 400 mm kalınlık
Ana metal	: 15 Mo 3
Kaplama	: Bant Elektrod : OB 625 (60 x 0.5 mm) Toz : OET 201
Kaynak Parametreleri	: 2 paso 1200 A/24V/18 cm/dak.
Toplam Kaplama Kalınlığı	: 8.5 mm
Kullanıcı	: Strachen & Henshaw, İngiltere



Resim 5. Sürekli döküm merdanelerinin 420 alaşımı ile kaplanması

Parça adı	:	Sürekli döküm merdanelerinin aşınma ve korozyon dirençli malzemelerle kaplanması
Boyutları	:	yaklaşık $\phi = 300$ mm.
Ana metal	:	13 CrMo 44
Kaplama	:	Bant Elektrod : OB 420 Toz : OET 420
Kullanıcı	:	Hoogovens, Hollanda



üretebilmek için araştırma-geliştirmeler yapılmıştır. Tüm bu tozlar ile cürufu kendiliğinden temizlenen, mükemmel kaynak kalitesinin elde edilmesi, düzgün kaynak yüzeylerinin elde edilmesi, hatasız bindirme bölgelerinin eldesi garanti edilmiştir. Ek 10'da çok sayıda toz listelenmiştir.

3.7. Ayrılma :

Paslanmaz çelik kaplama yüzeylerin kükürten arındırma reaktöründe hidrojen nedeniyle ayrılması sulu kırıcıların sert dolgu kaplamaları konusunda karar verirken ortaya çıkan tartışma konularına tipik bir örnektir. İki yöntemi ve paso sayısının etkisini kıyaslamak için hem çift ve tek tozaltı hem de çift ve tek elektro-cüruf bant kaplamanın yapıldığı bir araştırma programı yapılmıştır.

Ayrılma test numuneleri 2.25 Cr-1 Mo çeliğine 347-tip malzeme ile kaplanarak yapılmıştır. Numuneler 150 bar basınçta 482 °C (900F)'de otoklava yüklenmiştir. 40 saat hidrojene maruz kaldıktan hemen sonra hidrojen ortamdan emilmiş, otoklav açılarak soğumaya bırakılmıştır.

Tamamen aynı olan numunelerle testler tekrarlanmıştır. Kaplamaların yüzeyden ayrılmasını sağlamak ve farklı pasoların sıralanışını değerlendirmek için soğuma hızı 675°C/dak'ya kadar yükseltilmiştir. Tüm sonuçlar hemen hemen tüm pasoların aynı olduğunu ve düşük ayrılma oranının olduğunu göstermiştir. Elektro-cüruf bant kaplama tozaltı bant kaplamaya göre ayrılmaya karşı bir miktar daha fazla direnç göstermiştir. Tek pasolu kaplamalar çift pasolu kaplamalara göre daha düşük ayrılma oranına (ayrılmaya daha fazla direnç göstermiştir.) sahiptir. Fakat yinede tüm numunelerde ayrılma oranı aynı sapağa sahiptir ve hepsi kabul edilebilir düzeydedir.

3.8. Uygulamalar:

Resim 3, 4 ve 5'de elektro-cüruf bant kaplama ile yapılan uygulamalardan ilginç bazı örnekler gösterilmiştir.

KAYNAKÇA :

1. Electroslag and Submerged Arc Strip Cladding, Soudometal Dökümanları
2. Electroslag and Submerged Arc Strip Cladding and Applications on Surfacing Continuous Casting Mill Rollers, Soudometal Seminer Notları, 1997_

EK 1. EN ÇOK KULLANILAN KAPLAMA MALZEMELERİ

BANT KAPLAMA		
	TOZALTI	ELEKTRO-CÜRUF (ELEKTRO-SLAG)
KARBONLU ÇELİKLER	OT 46 + OB 46 OT 146 + OB 46, OB 146	
NİKEL ALAŞIMLARI	OT NFT 201 + OB NiCr3, OB 625 OT NiCr3T + OB NiCr3 OT NiCrT + OB NiCr3 OT NiT + OB NiTi OT NiCuT + OB NiCu7	OET 201 + OB NiCr3, OB 625, OB NiCu7, OB 825 OET 201-C + OB NiCrMo7, OB NiCrMo59 OB NiCrMo4, OB NiCrMo22
BAKIR ALAŞIMLARI	OTCuNi30T + OB CuNi30	
PASLANMAZ ÇELİKLER	OTINT 109 + OB 24.12Nb, OB 309L, OB 347, OB 410L, OB 420, OB 430L, OB 308L, OB 316, OB 21.11.LNb, OB 23.11.LNb OTINT 101 + OB 308L, OB 309L, OB 316L, OB 410L, OB 430L, OB 22.9.3L OB 20.25.5LCu, OB 27.31.4LCu OTINT 102 + OB 347, OB 24.12Nb, (OB 308L, OB 309L) OT13BLFT + OB 310MM, OB LF, OB S26.22Mn	OET 122 + OB 22.11L,OB 21.13.3L OB 21.11LNb,OB 23.11.LNb, OB 309LNb OB 410L, OB 430L, OB 310MM OB 20.25.5LCu,OB 27.31.4LCu, OB 22.9.3L OB 308L, OB 316L, OB 347
DOLGU VE SERT DOLGU ALAŞIMLARI	OT SMoT + OB 46 OT CrMo15T + OB 46 OT 250 + OB 46 OT 350 + OB 46, OB 146 OT 400D + OB 46 OT 157 + OB 410L OT 152 + OB 430, OB 430L OT 151 + OB 430L OT 159 + OB 410, OB 410L, OB 420, OB 430, OB 430L, OB 309L, OB 309LNb, OB 258 OT 155 + OB 420, OB 430 OT 258 + OB 258	OET 122 + OB 258-OB 420 OB 430L-OB 430 OET 420 + OB 410, OB 420 OET 126 + OB SCoCr6, OB SCoCr21

EK 2. DOLGU VE SERT DOLGU İÇİN ALAŞIMSIZ VE DÜŞÜK ALAŞIMLI BANTLAR

BANT	ASME 5.13 ASME 5.9	DIN 8557 DIN 8556	W Nr	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	W	Fe	KULLANILACAK TOZLAR
OB 46				0.03	0.20	0.02					kalan	OT 46, OT 146, OT CrMo15T OT 250, OT 350, OT 400D
OB 146		Si		0.07	0.45	0.04					kalan	OT 350, OT 400D
OB 258				0.29	1.65	0.45		6.3	1.40	1.65	kalan	OT258, OET122
OB 410L	ER 410	(UPx8Cr14)	(1.4009)	0.03	0.30	0.35	0.10	12.3				OT INT 109, OT157, OT159, OET122
OB 420	ER 420			0.33	0.30	0.35	0.10	13.2				OT INT 109, OT 159, OET 122
OB 430	ER 430	(UPx8Cr18)	(1.4015)	0.06	0.45	0.35	0.10	16.3				OT İNT 109, OT 152, OT 159, OT 162, OET 122
OB 430L	ER 430	(UPx8Cr18)	(1.4015)	0.02	0.40	0.40	0.10	16.8				OT INT 109, OT 159, OT 152, OET 122

EK 3 . DÜŞÜK ALAŞIMLI VE YUMUŞAK ÇELİK SERT DOLGU ALAŞIMLARI

ALAŞIM TİPİ	YÖNTEM	BANT	TOZ	PASO	KAYNAK METALİ ANALİZİ (2)						SERTLİK
	TA/EC (1)	OERLIKON	OERLIKON		C	Si	Mn	Cr	Mo	W	
Yumuşak Çelik	TA	OB 46	OT 46	4	0.04	0.5	1.0	-	-	-	150 HB
Yumuşak Çelik	TA	OB 46	OT 146	4	0.04	0.5	1.0	-	-	-	150 HB
0.5 Mo	TA	OB 46	OT Mo T	2	0.06	0.4	0.6	-	0.6	-	175 HB
1.5 Cr-0.5 Mo	TA	OB 46	OT Cr Mo 15 T	2	0.05	0.4	0.8	1.5	0.6	-	250 HB
200 HB	TA	OB 46	OT 200 T	2	1.0	-	-	-	-	-	220 HB
250 HB	TA	OB 46	OT 250	3	0.08	0.7	0.8	3.0	0.4	-	290 HB
350 HB	TA	OB 46	OT 350	3	0.08	0.5	1.5	4.9	0.8	-	360 HB
400 HB	TA	OB 46	OT 400 D	2	0.17	1.0	1.1	4.7	1.0	-	390 HB
50 HRC	TA	OB 258	OT 258	2	0.2	0.8	0.9	5.9	1.5	1.4	47 HRC
50 HRC	EC	OB 258	OET 122	2	0.3	0.5	0.9	5.8	1.4	1.5	50 HRC

(1) : TA = Tozaltı Bant Kaplama Kaynağı / EC = Elektro-Cüruf Bant Kaplama Kaynağı

(2) : Tipik değerler

EK 4. 400 SERİSİ PASLANMAZ ÇELİKLER

ALAŞIM TİPİ	YÖNTEM	BANT	TOZ	PASO	KAYNAK METALİ ANALİZİ (2)								SERTLİK (2)
	TA/EC (1)	OERLIKON	OERLIKON		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	Nb	
410 L	TA	OB 410 L	OT 159	3	0.03	0.8	0.1	11.1	-	-	-	-	265 HB
410 L	EC	OB 410 L	OT 122	1	0.04	0.6	0.5	11.0	-	-	-	-	300 HB
410	TA	OB 430	OT 154	3	0.15	1.0	0.5	13.9	-	-	-	-	45 HRC
410 Mo	TA	OB 430	OT 156	3	0.16	0.8	0.4	13.5	1.1	-	-	-	46 HRC
410 NiMo	TA	OB 430 L	OT 152	3	0.02	0.9	0.4	14.0	4.0	0.9	-	-	330 HB
410 NiMo	TA	OB 430	OT 152	3	0.06	0.8	0.4	13.4	3.9	0.8	-	-	370 HB
410 NiMoV Nb	TA	OB 410 L	OT 157	3	0.14	0.9	0.4	11.8	2.6	1.4	0.3	0.3	44 HRC
420	TA	OB 420	OT 159	3	0.20	0.8	0.1	11.2	-	-	-	-	48 HRC
420	TA	OB 420	OT 155	3	0.23	1.0	0.3	12.2	-	-	-	-	52 HRC
420	ES	OB 420	OET 420	3	0.32	0.4	0.3	12.5	-	-	-	-	52 HRC
420	SA	OB 420	OT 356	2	0.33	0.7	0.6	13.3	-	-	-	-	54 HRC
420	TA	OB 420	OT 357	2	0.43	0.7	0.6	14.0	-	-	-	-	51 HRC
430	SA	OB 430	OT 155	3	0.06	0.8	0.4	15.0	-	-	-	-	230 HB
430	TA	OB 430 (L)	OT 159	3	0.04	0.9	1.8	14.8	-	-	-	-	225 HB
430	EC	OB 430 (L)	OET 122	2	0.04	0.6	0.5	15.3	-	-	-	-	(220 HB)

(1) : TA = Tozaltı Bant Kaplama Kaynağı / EC = Elektro-Cüruf Bant Kaplama Kaynağı

(2) : Tipik değerler

EK 5 . 300 SERİSİ ÖSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİKLER

ALAŞIM TİPİ	YÖNTEM	BANT	TOZ	PASO	KAYNAK METALİ ANALİZİ (2)						
					TA/EC (1)	OERLIKON	OERLIKON	C	Si	Mn	Cr
308 L	TA	OB 309 L	OT INT 101/109	1	0.045	0.8	1.4	19.5	11.0	-	-
		OB 308 L	OT INT 101/109	2	0.025	0.8	1.2	19.1	10.6	-	-
	EC	OB 23.11 L	OET 122	1	0.030	0.6	1.4	19.2	10.5	-	-
	EC	OB 309 L	OET 122	1	0.035	0.6	1.3	21.1	11.4	-	-
347	TA	OB 309 Lnb	OT INT 102/109	1	0.060	0.8	1.1	18.5	10.5	-	0.6
			OT INT 102/109	2	0.035	0.9	1.0	19.1	10.3	-	0.6
	EC	OB 21.11 LNb	OET 122	1	0.047	0.6	1.5	16.6	9.3	-	0.6
		OB 347	OET 122	2	0.018	0.5	1.4	19.9	10.0	-	0.5
EC	OB 24.11 LNb	OET 122	1	0.036	0.5	1.6	21.5	11.5	-	0.6	
316 L	TA	OB 309 L	OT INT 101/109	1	0.045	0.8	1.6	19.5	11.0	-	-
		OB 316 L	OT INT 101/109	2	0.025	0.8	1.6	20.0	12.0	2.1	-
317 L	TA	OB 21.13.3 L	OT 6/63	1	0.041	0.7	1.4	17.9	11.5	2.	-
		OB 316 L	OT 6B317T2	2	0.025	0.7	1.4	18.6	12.6	3.1	-
	EC	OB 21.13.3 L	OET 6/64	1	0.02	0.5	1.5	19.2	12.8	3.3	-
318	TA	OB 309 LNb	OT 1B318T1	1	0.050	0.8	1.6	18.6	11.4	2.3	0.7
		OB 316 L	OT 6B318T2	2	0.019	0.8	1.7	17.7	12.0	2.7	0.7
310	TA	OB 32.27	OT NiCrT-S	1	0.11	0.6	2.5	25.1	22.6	-	-
	EC	OB 32.27	OET 201	1	0.11	0.3	2.5	25.0	20.4	-	-

(1) : TA = Tozaltı Bant Kaplama Kaynağı / EC = Elektro-Cüruf Bant Kaplama Kaynağı

(2) : Tipik değerler

EK 6 . ÖZEL TAM ÖSTENİTİK VE DUBLEKS FERRİTİK-ÖSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİKLER

ALAŞIM TİPİ	YÖNTEM	BANT	TOZ	PASO	KAYNAK METALİ ANALİZİ (2)						
	TA/EC (1)	OERLIKON	OERLIKON		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu
21.17.3	EC	OB 21.17	OET 122	1	0.03	0.4	4.6	19.4	16.9	2.4	-
		OB 21.17	OET 122	2	0.02	0.4	1.7	20.4	18.1	2.6	-
25.22.2	TA	OB 310 MM	OT 13 BLFT	1	0.040	0.6	3.2	21.0	19.2	1.8	-
		OB 310 MM	OT 13 BLFT	2	0.034	0.6	3.2	24.0	20.7	2.0	-
	EC	OB 310 MM	OET 122	1	0.024	0.5	3.6	22.3	20.6	1.9	-
		OB 310 MM	OET 122	2	0.023	0.5	3.7	24.0	21.9	2.0	-
20.25.5 LCu	TA	OB20.25.5 LCu	OT INT 101/109	3	0.024	0.8	1.6	24.2	19.3	4.7	1.5
	EC	OB20.25.5 LCu	OET 122	1	0.033	0.6	1.3	17.3	22.9	4.1	1.3
			OB20.25.5 LCu	OET 122	2	0.023	0.6	1.4	18.8	24.9	4.4
27.31.4 LCu	EC	OB27.31.4 LCu	OET 201	1	0.021	0.2	0.2	24.9	30.3	3.0	1.1
		OB27.31.4 LCu	OET 201	2	0.014	0.2	0.1	25.9	31.0	3.2	1.2
22.6.3 L	TA	OB 22.6.3 L	OT INT 110	1	0.040	0.8	0.7	17.0	4.5	2.3	-
			OT INT 110	2	0.030	0.8	0.7	21.0	5.5	2.7	-
	EC	OB 22.6.3 L	OET 122	1	0.031	0.5	1.3	20.5	5.1	2.5	-
			OET 122	2	0.018	0.4	1.2	21.5	5.4	2.7	-
22.9.3 L	TA	OB 22.9.3 L	OT INT 109/110	3	0.020	0.9	1.6	22.5	7.9	2.7	-
	EC	OB 22.9.3 L	OET 122	1	0.030	0.6	1.3	20.5	7.3	2.6	-
		OB 22.9.3 L	OET 122	2	0.021	0.6	1.3	21.5	7.6	2.8	-
25.6.3 LCu	EC	OB 25.6.3 LCu	OET 122	1	0.038	0.6	1.1	23.5	5.4	2.9	1.1
		OB 25.6.3 LCu	OET 122	2	0.027	0.6	1.0	25.3	5.8	3.1	1.2

(1) : TA = Tozaltı Bant Kaplama Kaynağı / EC = Elektro-Cüruf Bant Kaplama Kaynağı

(2) : Tipik değerler

EK 7 . NİKEL BAZLI ALAŞIMLAR (BÖLÜM 1)

ALAŞIM TİPİ	YÖNTEM	BANT	TOZ	PASO	KAYNAK METALİ ANALİZİ (2)									
	TA/EC (1)	OERLIKON	OERLIKON		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	Fe	Nb	
800 H	EC	OB 800 H	OET 122	1	0.11	0.5	0.6	18.6	29.7	-	-	48.5	-	
		OB 800 H	OET 122	2	0.07	0.5	0.6	19.1	31.0	-	-	46.0	-	
825	EC	OB 825	OET 201	1	0.028	0.6	-	18.2	37.2	2.5	-	38.8	-	
		OB 825	OET 201	2	0.018	0.6	0.7	9.7	39.9	2.7	1.9	33.8	-	
600	TA	OB NiCr3	OT NFT 201	1	0.028	0.3	4.4	17.3	kalan	-	-	10.7	1.8	
		OB NiCr3	OT NFT 201	2	0.019	0.3	4.5	18.9	kalan	-	-	4.6	1.9	
	TA	OB NiCr3	OT NiCrT	1	0.040	0.6	2.5	17.5	kalan	-	-	14.8	2.0	
		OB NiCr3	OT NiCrT	2	0.030	0.6	2.6	19.0	kalan	-	-	3.6	2.2	
		OB NiCr3	OT NiCrT	3	0.020	0.6	2.6	19.5	kalan	-	-	1.4	2.3	
	EC	OB NiCr3	OET 201	1	0.020	0.4	2.7	17.5	kalan	-	--	8.9	1.9	
		OB NiCr3	OET 201	2	0.010	0.4	2.8	19.0	kalan	-	-	3.5	2.1	
	625	TA	OB 625	OT NFT 201	1	0.035	0.3	1.3	17.3	kalan	7.5	-	15.5	2.3
OB 625			OT NFT 201	2	0.025	0.3	1.3	19.0	kalan	8.5	-	6.5	2.6	
TA		OB 625	OT NiCrT	1	0.045	0.6	0.2	19.8	kalan	7.7	-	15.0	2.6	
		OB 625	OT NiCrT	2	0.039	0.7	0.1	21.3	kalan	8.4	-	7.4	2.7	
		OB 625	OT NiCrT	3	0.027	0.7	0.1	21.4	kalan	8.5	-	1.8	2.7	
TA		OB 625 (*)	OT NiCr3T	1	0.048	0.4	0.9	19.9	kalan	7.8	-	14.5	2.6	
		OB 625 (*)	OT NiCr3T	2	0.037	0.4	0.9	21.9	kalan	8.6	-	7.5	2.7	
		OB 625 (*)	OT NiCr3T	3	0.032	0.4	1.0	21.9	kalan	8.6	-	2.5	2.6	
EC		OB 625	OET 201	1	0.039	0.2	0.3	18.8	kalan	7.9	-	8.9	2.5	
		OB 625	OET 201	2	0.027	0.1	0.2	20.7	kalan	8.8	-	1.5	2.9	
ALAŞIM TİPİ		YÖNTEM	BANT	TOZ	PASO	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	Fe	Nb
C4		EC	OB NiCrMo-7	OET 201-C	1	0.027	0.4	0.3	13.3	kalan	14.2	-	12.6	-
	OB NiCrMo-7		OET 201-C	2	0.010	0.3	0.1	14.8	kalan	15.8	-	2.4	-	
C276	EC	OB NiCrMo-4	OET 201-C	1	0.024	0.2	0.4	11.9	kalan	14.1	-	15.1	3.10	
		OB NiCrMo-4	OET 201-C	2	0.012	0.2	0.3	13.2	kalan	15.1	-	8.7	3.5	
C22	EC	OB NiCrMo-22	OET 201-C	1	0.030	0.3	0.3	18.9	kalan	12.6	-	13.9	2.8	
		OB NiCrMo-22	OET 201-C	2	0.014	0.3	0.2	20.6	kalan	13.9	-	4.9	3.1	
59	EC	OB NiCrMo-59	OET 201-C	1	0.023	0.3	0.2	20.3	kalan	14.5	-	11.5	-	
		OB NiCrMo-59	OET 201-C	2	0.015	0.3	0.2	21.8	kalan	15.8	-	2.4	-	

(1) : TA = Tozaltı Bant Kaplama Kaynağı / EC = Elektro-Cüruf Bant Kaplama Kaynağı

(2) : Tipik değerler

(*) : Yalnızca 30 mm'lik bantlarla

EK 8 . NİKEL-BAKIR VE BAKIR-NİKEL ALAŞIMLARI

ALAŞIM TİPİ	YÖNTEM	BANT	TOZ	PASO	KAYNAK METALİ ANALİZİ (2)					
					TA/EC (1)	OERLIKON	OERLIKON	C	Si	Mn
NiCu (400)	TA	OB NiCu-7	OT NiCu-T	1	0.035	0.9	2.7	24.2	18.8	kalan
				2	0.025	0.9	3.0	27.0	6.7	kalan
				3	0.010	0.9	3.6	27.3	2.2	kalan
	EC	OB NiCu-7	OET 201	1	0.035	0.5	2.6	25.0	10.0	kalan
				2	0.020	0.5	2.8	28.0	3.0	kalan
CuNi (3) (70/30)	TA	OB NiCu-7	OT NiCuT	1	0.035	1.0	2.7	24.2	15.0	kalan
		OB CuNi30	OT CuNi30T	2	-	-	1.0	kalan	4.5	38
		OB CuNi30	OT CuNi30T	3	0.020	0.25	1.0	kalan	2.0	34

(1) : TA = Tozaltı Bant Kaplama Kaynağı / EC = Elektro-Cüruf Bant Kaplama Kaynağı

(2) : Tipik değerler

(3) : CuNi kaplamaların çatlamasını önlemek için ilk pasoda %70 Ni-%30Cu alaşımı kullanılmalıdır.

EK 9 . KOBALT ALAŞIMLARI

ALAŞIM TİPİ	YÖNTEM	BANT	TOZ	PASO	KAYNAK METALİ ANALİZİ (2)									SERTLİK (2)
					TA/EC (1)	OERLIKON	OERLIKON	C	Si	Mn	Cr	W	Mo	
Co-alaşımı 6	TA	OB SCoCr6	OT NiCrT	1	0.87	0.7	0.7	22.9	3.2	-	20.4	-	kalan	30
				2	0.98	0.6	0.7	26.2	4.6	-	8.0	-	kalan	40
				3	0.99	0.6	0.7	26.3	4.5	-	5.8	-	kalan	40
	EC	OB SCoCr6	OET 126	1	1.25	0.5	0.6	26.6	4.6	-	5.5	-	kalan	44
			OET 126	2	1.27	-	-	26.8	5.1	-	3.3	-	kalan	47
Co-alaşım 21	TA	OB SCoCr21	OT NiCrT	1	0.23	0.8	0.7	23.1	-	4.8	25.4	1.5	kalan	23
				2	0.25	0.6	0.7	24.5	-	5.2	10.1	2.7	kalan	28
	EC	OB SCoCr21	OET 126	1	0.26	0.4	0.2	24.4	-	5.3	9.9	1.5	kalan	30
		OB SCoCr21	OET 126	2	0.26	0.4	0.3	25.5	-	5.3	3.1	3.1	kalan	31

(1) : TA = Tozaltı Bant Kaplama Kaynağı / EC = Elektro-Cüruf Bant Kaplama Kaynağı

(2) : Tipik değerler

(3) : Diğer Co-alaşimleri (1,12,...) aynı toz kullanarak bant kaplama yapılabilir.

EK 10 . ELEKTRO-CÜRUF BANT KAPLAMA KAYNAĞI İÇİN BANT/TOZ SEÇİM ÇİZELGESİ**1. Östenitik ve Duplex Paslanmaz Çelikler**

ALAŞIM TİPİ	OERLIKON BANT	OERLIKON TOZ	PASO SAYISI
308L	309 L	OET 122	1
	308 L	OET 122	2
	22.11 L	OET 122	1
347	23.11 LNb	OET 122	1
	347	OET 122	2
	21.11 LNb	OET 122	1
316L	309 L	OET 122	1
	316 L	OET 122	2
	21.13.3 L	OET 122	1
317L	21.13.3 L	OET 6/64	1
310	SCrNi 32.27 Mn	OET 201	1
25.2.2	310 MM	OET 122	2
20.25.5 LCu	20.25.5 LCu	OET 122	2
22.6.3 l	22.6.3 L	OET 122	2

2. Nikel Alaşımları

ALAŞIM	OERLIKON BANT	OERLIKON TOZ	PASO SAYISI
600	NiCr3	OET 201	2
625	625	OET 201	2
C4	NiCrMo7	OET 201-C	2
C22	NiCrMo22	OET 201-C	2
C276	NiCrMo4	OET 201-C	2
59	NiCrMo59	OET 201-C	2
200	NiTİ	OET 201	2
NiCu (400)	NiCu7	OET 201	2

3. Sert Dolgu Alaşımları

ALAŞIM	OERLIKON BANT	OERLIKON TOZ	SERTLİK
15 Cr-0.04 C	430	OET 122	220 HB
11 Cr-0.02 C	410 L	OET 122	250 HB
12 Cr-0.3 C	420	OET 420	50 Rc
6Cr-1.4Mo-1.6W-0.3 C	S 258	OET 122	48 Rc
Co-alaşım 6	SCoCR 6	OET 126	40Rc
Co-alaşım 21	SCoCr 21	OET 126	30 Rc