

# GAZALTI VE TOZALTI YÖNTEMLERİ İLE DOLGU KAYNAĞI

## 1. Giriş

Dolgu kaynağı uygulaması, parçaların değişik amaçlarla yüzeylerinin aynı veya farklı ilave malzemelerle kaplanması olarak tanımlanabilir.

Bu işleme, mekanik aşınmalar veya kimyasal etkiler sonunda gerek duyulabileceği gibi, bu tür zorlama ve etkilere maruz kalacağı önceden bilinen parçaların, dayanımlı farklı malzemelerle örtülmesi amacıyla dönük olarak da başvurulabilir.

Bilindiği gibi teknik ihtiyaçlardan dolayı, aynı parçadan ancak farklı malzemelerin sahip olduğu özellikler, birarada beklenebilmektedir. Örneğin bir taş kırma çenesinden, işlevsel özelliği nedeni ile, dinamik zorlamalara karşı dayanım, yani süneklik ile aşınmaya karşı uzun ömür birarada istenmektedir.

Diğer yönden bir bütün olarak yapımı büyük maliyetlere ulaşan parçaların, sadece aşınan kısımlarının tamamlanması da işletme mühendisliği açısından büyük bir anlam taşımaktadır. Bu tür uygulama ile maliyetten sağlanan tasarruf dışında, zaman açısından da kazanç ortaya çıkarılmaktadır. Bu duruma da aşınan bir yufkaç, krank mili veya bir lokomotif tekerleği tipik örnek olarak verilebilir. Bu yolla eski işlevsel özelliklerini kazanan elemanlar, yeniden kazanılan parçalar olarak tanımlanmaktadır.

## 2. Genel Esaslar

Koruyucu gaz altı ve toz altı yöntemleri ile dolgu kaynağı işlemlerini ele almadan önce, bu tür uygulamalarda da geçerli olan, bazı genel esaslara temas etmek gerekmektedir.

Dolgu amacı ile yapılacak kaynak işlemlerinde, uygulama öncesi, bazı ön seçimlerin yapılması gerekmektedir. Bunları ana başlıklar altında,

- a. Kaplanacak parça ve yüzeyler için gerekli ön işlemler,
- b. Uygun ilave malzeme veya malzeme kombinasyonları seçimi,
- c. Gerekli ısı işlemlerinin tespit edilmesi,
- d. İşlerliği olan bir kaynak yöntemi ve aşamalarının saptanması,
- e. Kaynak sonu yapılması gerekli işlemlerin tasarlanması, şeklinde özetlemek mümkündür.

Dolgu veya yüzeysel kaplama amaçlı kaynak işlemleri aşağıda belirtilen isteklere cevap vermesi için yapılmaktadır.

1. Kimyasal etkilere karşı çalışma ortamları da göz önünde bulundurularak dayanımlı yüzeyler oluşturma,
2. Aşınmaya karşı sert yüzeyler oluşturma,
3. İşlevsel özelliklerini kaybetmiş elemanların ilk biçimlerine veya boyutlarına getirilmesi.

Bunlara ilave olarak estetik ya da şekilsel korunma düşüncesinden gidilerek yapılan, kaplama işlemlerinin de varlığı bilinmektedir.

## 2.1 Dolgu Kaynağında İlave Malzemeler

Dolgu kaynağında kullanılan malzemeleri ortaya çıkarılan kaynak dikişlerinin, iç yapılarına (matrislerine) göre aşağıda belirtilen şekillerde gruplandırmak mümkündür.



c e t v e l I	
alaşım gurubu	ilave malzeme çeşidi ve alaşım elemanları
1	alaşım ve az alaşımlı çelik $C \leq 0,4$ alaşım elemanları toplamı $Cr, Mn, Mo, Ni < \% 5$
2	alaşım ve az alaşımlı çelik $C > \% 0,4$ alaşım elemanları toplamı $Cr, Mn, Mo, Ni < \% 5$
3	alaşımlı, sıcak iş çelikleri
4	alaşımlı, hızlı çelikleri
5	$C < \% 0,2$ , $Cr > \% 5$ içeren çelikler
6	$C = \% 0,2-2,0$ , $Cr > \% 5$ içeren çelikler
7	östenitik Mn-çeliği, $Mn = \% 11-18$ , $C \% 0,5, Ni > \% 3$
8	Cr-Ni-Mn östenitik çelik
9	Cr-Ni çeliği (pas, asit ve ateşe dayanıklı)
10	yüksek C- ve/veya Cr-lu alaşım (Co, Mn, W 'li veya değil)
20	Co-esaslı, Cr-, W-alaşımlı, Ni-, Mo-li veya değil
21	karbür esaslı (sinterlenmiş veya ergimiş)
22	Ni-esaslı, Mo-alaşımlı, Cr-lu veya değil
23	Ni-esaslı, Mo-alaşımlı, Cr-lu veya değil
30	Cu-esaslı, Sn-alaşımlı
31	Cu-esaslı, Al-alaşımlı
32	Cu-esaslı, Ni-alaşımlı

c e t v e l II			
sertlik Brinel	sertlik aralığı	sertlik Rockwell C	sertlik aralığı
150	125 - 175	40	37 - 42
200	175 - 225	45	42 - 47
250	225 - 275	50	47 - 52
300	275 - 325	55	52 - 57
350	325 - 375	60	57 - 62
400	375 - 450	65	62 - 67
500	450 - 530	70	68

Şekil 1: DIN 8555 e göre dolgu malzemelerinin sembolik gösterilişi ve alaşım gruplaması

- a. *Düşük ve orta alaşım elemanları içeren ilave malzemeler.* Kaynak dikişi matris yapısında martenzit hakim. Düşük alaşımlı çelikler (karbür yok), orta alaşımlı çelikler (karışık karbürler).
- b. *Yüksek alaşımlı malzemeleri içeren ilave malzemeler.* Kaynak dikişinde östenitik yapı hakim. Aşınma dayanımı için soğuk şekil verme ve/veya yüzey tabakasında martenzitik yapı oluşturulması, soğuk çekilebilir Mn-lı çelikler, CrNiMo alaşımlarında olduğu gibi.
- c. *Yüksek alaşımlı malzemeleri içeren ilave malzemeler.* Kaynak dikişi matris yapısı karışım durumunda (östenit+martenzit). Dikişlerde istenen sertliğin Cr-, W-, Mo-, V- vb ile tek veya çok cins karbürlerin oluşturulması ile sağlanması.

İlave dolgu malzemeleri için Uluslar arası Kaynak Enstitüsü (IIW), Alman Endüstri Normları (DIN), Amerikan Kaynak Cemiyeti (AWS) gibi kuruluşlar standartlar oluşturmuşlardır. Şekil 1’de DIN 8555’e göre sembolik gösteriliş ile alaşım grupları örnek olarak verilmektedir.

Dolgu malzemelerinin yardımı ile kimyasal etkilere karşı dayanımlı yüzeylerin oluşturulmasında, öngörülen dikiş çatlama emniyetinin sağlanması için, paslanmaz çeliklerin kaynağında olduğu gibi, Ni ve Cr, eşdeğerlerinden gidilerek ilave malzeme seçilmesi uygun görülmektedir.

Malzemeler için sertlik kavramının, aşınma dayanımı ile eş anlamda tutulmaması gerekmektedir.

Aşınma dayanımı, yapısal durum, kayma, yuvarlanma, sürtünme, ısıl, korozyon, erozyon, basma, çarpma gibi etkilere göre bir anlam kazanmaktadır.

Aşınma direnci, parça yüzeylerinin etki altında bulunduğu basınç ve darbelere uygun olarak, bir matris içerisinde oluşturulan sertliğe bağlı olarak ortaya çıkarılmaktadır.

Sert yüzeylerin oluşturulmasında en uygun sonuç, daha yumuşak bir matris içerisinde karbürlerin homojen dağılımı, fakat makro yapıda uniform olmayan oluşumlar ile elde edilmektedir.

Aşınmaya dayanım sert bileşimlerin oran ve özelliklerine, darbelere dayanım ise matris oran ve özellikleri ile sert bileşimlerin şekil, boyut ve dağılımlarına bağlı olarak ortaya çıkmakta, ayrıca dolgu nüfuziyeti ve yüksekliği her iki dayanım için de etki faktörü görünümünde bulunmaktadır.

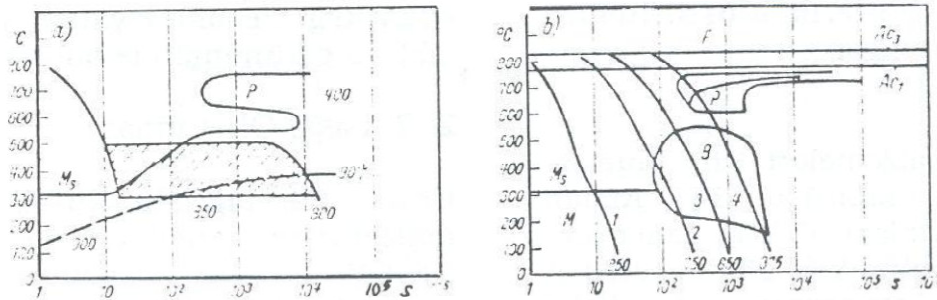
## 2.2 Isısal Oluşumlar

Dolgu kaynağında kullanılan ilave malzemeler genellikle sertleşebilme özelliğine sahip bileşimlerdir. Ayrıca kaynak işleminin doğal özelliğinden ana parçada, ısı etkisi altındaki bölgede de farklı yapısal değişimler ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle ana ve dolgu malzemelerinde, ısı ve soğuma hızı etkisi ile ortaya çıkabilecek oluşumları, ayrı ayrı değerlendirmek gerekmektedir.

Birçok dolgu malzeme yapımcısı, bu malzemelere ait Zaman Sıcaklık Dönüşüm (ZSD/TTT/ZTU) diagramlarını vermektedir. Bu diagramlar yardımı ile ön tavlama seviyesi saptanabilmekte, böylece soğuma sürecinde, ana ve dolgu malzemelerinde östenitik, martenzitik veya arzu edilen diğer yapılara kararlı bir şekilde ulaşılması mümkün olabilmektedir. Diagramlarda  $M_s$  noktası, yapının martenzit yapıya dönüşüm sıcaklığını vermektedir. Ön tavlama yapılmadıkça, bu sıcaklığın en fazla  $200^{\circ}\text{C}$  üstüne çıkılması sınırlamasının dikkate alınması görülmektedir.

İzotermik (Sabit sıcaklık) diagramları yatay okumalarda, sürekli soğuma diagramları ise farklı soğuma hızlarını tanımlayan eğrilerden gidilerek yapılan değerlendirmelerde kullanılmaktadır.

Aynı tür ana ve dolgu malzemelerinin pay sahibi olduğu dolgu kaynaklarına ait sürekli soğuma eğrileri yardımı ile, soğuma hızı farklılığını ortaya çıkardığı, yapısal dönüşümler ve sertlik değişimleri şekil 2/b'de görülmektedir.



Şekil 2: a. İzotermik (sabit sıcaklık) Zaman Sıcaklık Dönüşüm diagramı  
b. Sürekli soğuma Zaman Sıcaklık Dönüşüm diagramı  
1. dar dikiş, büyük parça, çok hızlı soğuma (850 Vickers)  
2. geniş dikiş, büyük parça, hızlı soğuma (750 Vickers)  
3. geniş dikiş, küçük parça, yavaş soğuma (650 Vickers)  
4. çok geniş dikiş, küçük parça, çok yavaş soğuma (375 Vickers)

Genel bir kural olarak, ön tavlama yapılmış büyük iş parçalarında Sabit Sıcaklık, küçük ön tavlama yapılmış parçalarda ise Sürekli Soğuma diagramlarından yararlanılmaktadır.

### 2.3 Dolgu Kaynağında Ön Tavlama

Dolgu kaynağında uygulanan ön tavlama ile ana malzemedeki istenmeyen dönüşümlerin kontrol altında tutulmasının dışında, çarpılma eğilimi ve iç gerilmeler de azaltılmaktadır. Ön tavlama, ana malzeme ve kaynak dolgusundaki çatlama eğilimi ile geçiş bölgesindeki çözülme olasılığını da düşürmektedir.

Ön tavlama yapılma gereği ve sıcaklık seviyesi, ana ve ilave malzeme tür ve boyutları ile uygulanan kaynak yöntemine göre ortaya çıkarılmaktadır. Bu konuda genel bir kural belirtilmesi mümkün değilse de,

$$\% C \leq 0,25 \text{ veya } \sigma_c \leq 450 \text{ daN/mm}^2$$

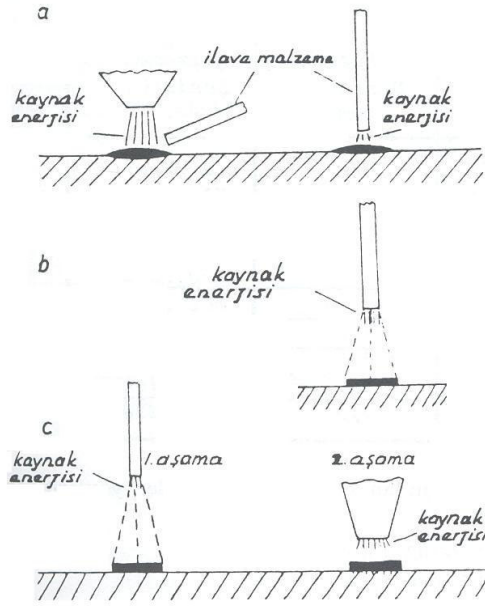
koşullarında ana malzemesi genel yapı çeliği olan küçük parçalar için veya kenar köşe dolgu işlemlerinde ön tavlama gerekmebilmektedir.

Ana malzeme için ön tavlama sıcaklığının seçiminde karbon eşdeğeri ( $C_{eş}$ ) esas alınmaktadır.

$$C_{eş} = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cr+\%Mo+\%V}{5} + \frac{\%Ni+\%Cu}{15}$$

$C_{eş}$	Ön Tavlama (°C)
0,45 den küçük	gerekmez
0,45 - 0,60	100 - 200
0,60 dan büyük	200 - 350

Ana malzemede çatlama karşı yeterli bir emniyetin sağlanabilmesi için kaynak parametrelerinin uygun seçilmesi gerekmektedir. Bu açıdan bir ölçek olarak kabul edilen, kalınlık eşdeğerlerinin de dikkate alınması, örneğin % 0,45  $C_{eş}$  olan bir malzemenin kalınlık eşdeğerlerine bağlı birim dikiş enerjilerinin,



Şekil 3: Kaynak enerjisinin kullanım şekline bağlı kaplama modelleri

verilen sınır değerlerini aşmaması, gerekli bir ön koşul olarak belirtilmektedir.

### 3. Dolgu Kaynağı-Kaplama Modelleri

Dolgu tekniğinde kaynak enerjisinin kullanım şekline bağlı olarak, iki temel bir karma modelden yararlanılmaktadır.

1. Ana ve ilave malzemeler yüzeysel ergir. (MMA, MIG, WIG, Tozaltı).
2. İlave malzeme enerji demeti içinde ergir. Birleşme adhezyon tipidir (Plazma,alevle yüzeysel örtme).
3. Dolgu olayı iki aşamalıdır. Birinci aşamada ana parçada ön tavlama, ikinci aşamada ilave malzemede ergime ortaya çıkarılır. Dolgu yüzeysel difüzyon esaslıdır.

### 4. Dolgu Kaynağına Uygun Yöntem Seçimi

Dolgu kaynağını birleştirme kaynağından ayıran en kesin fark, bu uygulamada nüfuziyet derinliğinin düşük, kaynak yüzeyinin geniş, kaynak dikişi ana malzeme payının küçük olarak öngörülmesidir.

Dolgu kaynağına uygun yöntemlerin karşılaştırılmasında görüldüğü gibi, otomatik işlerliği sınırlı olan gazergitme kaynağı dışında, en küçük karışım oranları nüfuziyet derinliklerine plazma ve bant elektrotla tozaltı kaynak yöntemlerinde ulaşılmaktadır. Toz altı kaynağında, birim zamanda kaplanan yüzeyin büyüklüğü de ayrı bir üstünlük olarak görülmektedir.

Kaynak Yöntemi	Ergime Verimi Kg/Saat	En Küçük Karışımı Oranı %	En Küçük Nüfuziyet Derinliği mm	İlave Malzeme Şekli
WIG-Kay	2,25	10	2,4	Kay.Elekt. KAY.Teli
MIG-Kay.	5,4	30	3,2	Tel Elekt.
MIG-Kay.	11,3	20	4,8	Tel Elekt. Kay.Teli
Plazma	3,15	5	0,25	Met.Toz
Tözaltı	7,0	20	3,2	Tel Elekt.
Tozaltı	14,0	15	4,8	Tel Elekt. Tel Elekt.
Tozaltı	14.5	8	0,5	Band Elekt.

Uygun yöntem seçiminde önemli bir başka etken de ilave malzemeden dikişe göç ettirilen elementlerin kayıp oranlarıdır. Şekil 5’de ele alınan yöntemlerde kullanılan ilave malzemelerin, kaynak dikişlerine göçümleri sonu bileşimlerindeki değişim oranları ölçek olarak verilmektedir.

Uygun yöntem seçiminde ulaşılmak istenen dikiş özellikleri, en önemli seçim ölçüğü olarak görülmektedir. Bu, ana malzeme ile ilave malzemenin eş, benzer veya farklı öngörülmesi ile ortaya çıkar. İlave malzemeyi oluşturan tel, bant, toz, öz, örgü, örtü gibi elemanlarla sağlanabilen kombinezon serbestlikleri arttıkça, öngörülen dolgu bileşimine daha kolay ulaşılmaktadır. Bu nedenle, yöntem seçiminde, çok yönlü bakış açısı, vazgeçilmez bir esas olarak kabul edilmelidir. Şekil 6’da uygulamalardan alınmış örnekler bir ölçek olarak verilmektedir.

Yöntem	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	Al	Ti
Örtülü Elektrod.MMA	30	50	60	50	45	90	-	40	5	5
	75	75	100	95	85	100	-	50	20	20
	70	100	100	100	75	100	100	75		
Tozaltı	100	200	300		100			100		
Co <sub>2</sub>	50	50	60	100	100	100	100	60	20	20
	200	60	70							
WIG/TIG	70	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Şekil 5 : Kaynak yöntemlerine bağlı, ilave malzeme element göçüm oranları

sert kaplama	G	E	WIG	ÖE	MAG	TA
kren tekerleği		x		x	x	x
tekerlek sürtünme yüzü		x			x	x
raylar		x		x	x	
yufkaçlar						x
özel biçimli yufkaçlar		x		x	x	
tahrik tekerlekleri		x		x	x	x
kepçe tarama dişleri		x		x	x	
kırıcı çeneler		x		x	x	
kırıcı koniler		x		x	x	
ezici tokmaklar		x		x	x	
gaz çıkış sürgüsü						x
iletme helozonu				x	x	
koler merdanesi		x		x	x	
kariştirici kanadı		x		x	x	
kalıplar		x				
kesme kalıbı onarımı			x			
çekmiş sirtı		x	x			
sondaj burgusu	x		x			
tarak kepçesi		x		x	x	
matkap, burgu ucu	x		x			

Şekil 6 : Dolgu kaynağı-uygulama örnekleri.

G: gaz ergitme E: örtülü elektrot WIG: ergimeyen elektrot ile koruyucu gaz  
 ÖE: örgülü elektrot MAG: özlü elektrotla koruyucu aktif gaz TA: toz altı

## 5. Dolgu Kaynağı Koruyucu Gaz Kaynağı Uygulamaları

### 5.1 WIG – Kaynağı

Koruyucu soygaz (Ar) altında ergimeyen elektrotla gerçekleştirilen bu yöntemin seçimine ana neden, kaynak işlemine katılan malzemelerin oksidasyona karşı olan yüksek duyarlılıklarıdır.

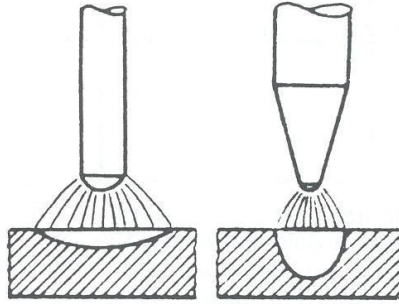
Yöntem genellikle onarım ve düzeltme amaçlı dolgularla, Al-, Mg-, Ni-, Cu- ve bunların alaşımları gibi malzemelerle uygulanmaktadır. Ayrıca şekil 7’de verilen cetvelde görüldüğü gibi birçok malzeme kombinezonlarına yatkın bir yöntem özelliğine de sahip bulunmaktadır.

		dolgu malzemesi											
		Al-ve ala.	Mg-ve ala.	C-çelikleri	Fe-çelikler	bakır	Sn-bronzu	Al-bronzu	Sn-bronzu	princ	Cu-Ni ala.	Nikel	kuruşun
ana malzeme	Al-ve ala.	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mg-ve ala.	3	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	C-çelikleri	3	3	-	1	1	1	1	1	2	1	2	1
	Cr-Ni çelikleri	3	3	2	-	2	2	2	2	3	2	2	2
	bakır	3	3	2	2	-	1	1	1	1	1	2	2
	Al-bronzu	3	3	2	2	1	-	1	1	1	2	2	2
	Al-bronzu	3	3	2	2	1	1	-	1	1	2	2	2
	Sn-bronzu	3	3	2	2	1	1	1	-	1	2	2	2
	princ	3	3	3	3	2	2	2	2	-	2	3	-
	Cu-Ni ala.	3	3	2	2	1	1	1	1	2	-	1	-
	Nikel	3	3	2	1	2	2	2	2	2	1	-	-
	kuruşun	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-

Değerlendirme; 1-uygun  
 2-şartlı  
 3-önerilmez



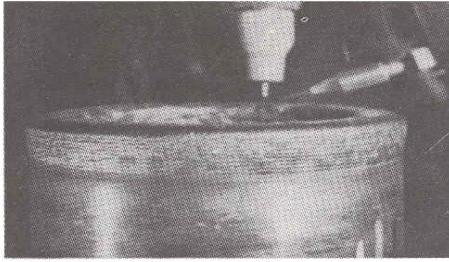
İşlemede derin nüfuziyet öngörülmemesi nedeni ile elektrot uç biçiminin geniş yüzey oluşturacak şekilde seçilmesi gerekmektedir (şekil 8).



Şekil 8 : WIG kaynağında elektrod uç biçimleri

WIG-yöntemi ile dolgu işleminde özellikle dalgalı akım kullanılır. Sola veya sağa kaynak yönü seçilebilir. Sola kaynak işleminde nüfuziyet derinliği artar ve metelsel banyo daha büyük oluşur. Koruyucu gaz tüketimi ise azalır. Aynı bileşimdeki malzemeler için, ulaşılan sertlik yönünden sağa kaynağa kıyasla daha düşük değerler ortaya çıkar.

WIG-yöntemi ile de, MIG-yönteminde olduğu gibi salınım uygulaması yapılabilmektedir. Bu şekilde tek pasoda genişlik 20-300 mm'ye ulaşılabilmekte, ana parçadan ergime payı % 5-15 arasında bulunmaktadır. WIG-yöntemi salınım uygulaması ile gerçekleştirilen dolgular şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9 : Otomatik, salınlı WIG-dolgu kaynağı örnekleri. Et kalınlıklı bir borunun alın kısmının dolgu kaynağı (solda), yüksek ısı dayanımlı ana malzeme üzerine dolgu kaynağı-ön tavlama 400°C (sağda).

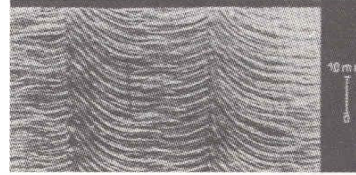
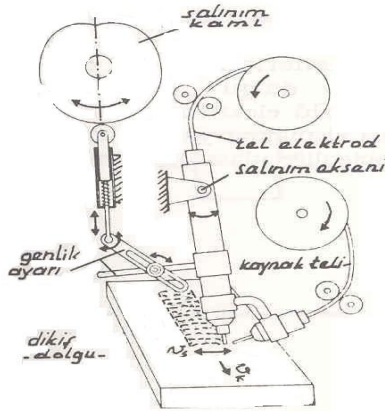
## 5.2 MIG ve MAG Kaynağı

MIG-yönteminden genellikle aşınma ve korozyon dayanımlı yüzeyler elde edilmesinde yararlanılmaktadır.

Dolgu malzemesi, sürekli beslenen ergiyen bir elektrod ile ayrıca ark ortamına sevk edilen ilave malzemenin toplamından oluşmaktadır. Bu uygulamada kullanılan kaynak donatımları, genellikle salınım hareketi yapan elektrot sevk edicilerine sahip bulunmaktadır. Şekil 10'da

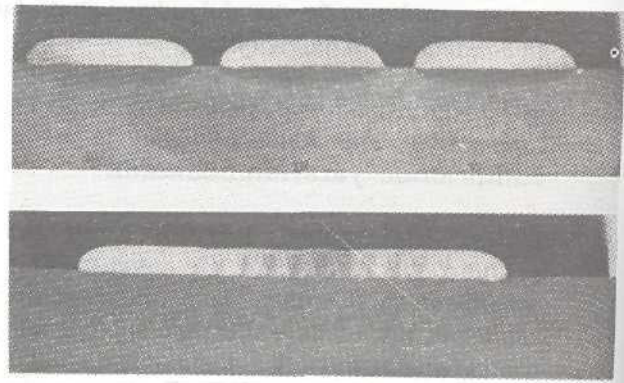
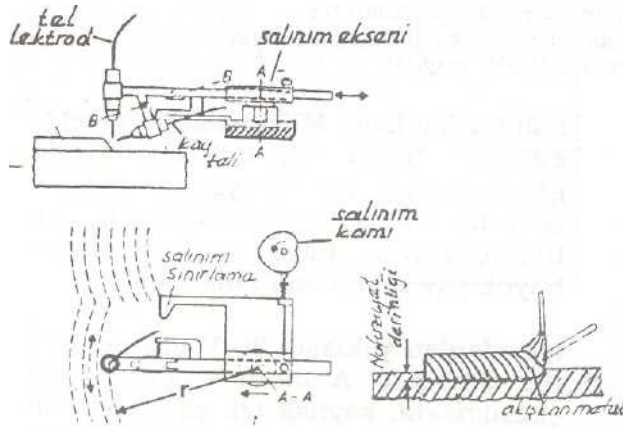
ilave kaynak teli bir kaplama MIG-donatımı ve elde edilen dolgu dikişi bir arada görülmektedir. Bu tür uygulamada, ark ısısı ile çift tel ergitildiğinden, ısı bilançosunda ilave malzeme daha büyük pay sahibi bulunmaktadır.

İşlemlerden yaklaşık 30 V ark gerilimi ile 260-310 A akım şiddetleri ile çalışılmakta, kaynak teli çapı / elektrod çapı oranının 1,8'den küçük olması, ön koşuluna uyulması gerekli görülmektedir.



Şekil 10: Salınım hareketli çift telli MIG- donatımı (solda), CrNi-alaşımılı ilave malzeme yüzey, pürüzlülük  $\pm 0,2$  mm (sağda).

Farklı bir uygulama olan, parça ilerlemesi esasına göre salınım hareketli MIG-dolgu işleminde ana malzemeden ergime oranı %5' kadar düşürülmektedir. Bu uygulamada salınım hızı 4-6 m/dak, dikiş genişliği 40-60 mm sınırları arasında bulunmaktadır. 4 mm'den küçük salınım hızlarında ise nüfuziyet derinliklerinde ani artmalar görülmektedir.



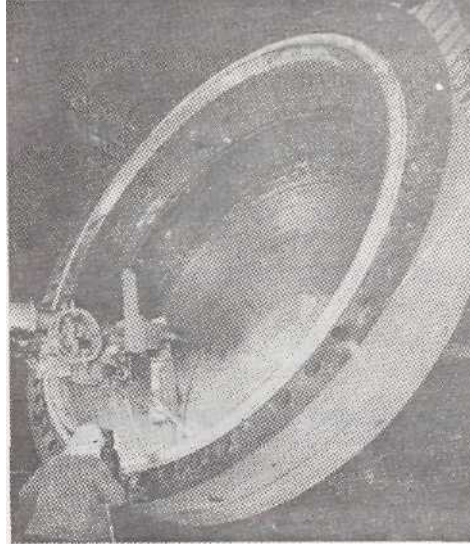
Şekil 11 : Parça hareketli MIG-dolgu uygulaması (solda), tek tek ve ard arda üç paso çekilmiş, sürekli geçişli dikiş kesitleri (sağda).

MIG-yöntemi ile parça ilerlemeli uygulamanın üstün görülen bir başka yönü ise, paso geçişlerinde sağlanan süreklilik olarak gözlenmektedir.

Şek 12’de yaklaşık 4 m çapında basınca maruz reaktör kazanına ait iç kaplama işlemi ile çalışma koşulları verilmektedir. Kaynak işleme tabi tutulan ana malzeme bileşimi 0.20 %C, 0,6 %Si, 1,2 %Mn içermekte, iki pasoda 7 mm dolgu ve 0,5 mm nüfuziyet derinliği ile tamamlanan dolgu işlemi için 1. Pasoda x4CrNi 25 13, 2. Pasoda x4 CrNi 19 9 ostenitik çelik kaplanmış bulunmaktadır.

Dolgu ve kaplama işlemlerinde koruyucu eleman olarak aktif gaz kullanılan MAG-yönteminden de yararlanılmaktadır. Çelikler için eş malzeme ve yüksek C- içeren bileşimlerin kaplanmasında koruyucu gaz olarak sadece CO<sub>2</sub> tüketilmektedir. Bu şekilde elde edilen dikiş yüzeylerinde 57-62 sertlik değerlerine ulaşılmaktadır.

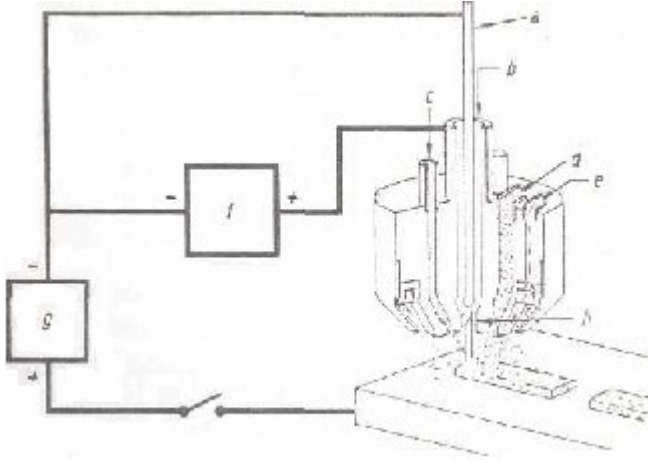
Yüksek alaşımli ilave malzeme örtme, örneğin yüksek Cr-lu malzeme kaplama işlemlerinde ise özlü elektrotlarla dolgu gerçekleştirilmektedir. Özlü elektrodun taşıdığı stabilize edici elemanlar yardımı ile öngörülen homojenliğe ulaşmak mümkün olmaktadır.



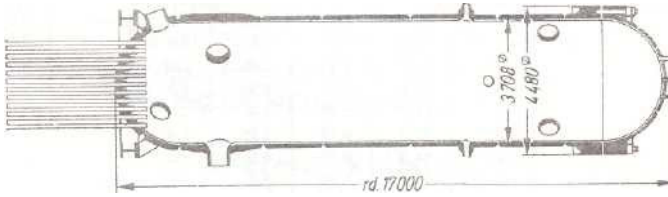
### **5.3 Plazma Kaynağı**

Plazma ile dolgu kaynağı, toz formunda olan dolgu malzemesinin koruyucu soygaz akımı yardımı ile ana parça yüzeyine taşınması ana prensibi ile gerçekleştirilmektedir.

Yöntemde kullanılan ilave malzemeler metalsel toz formunda olup, Ni-, Co- ostenitik esaslı olmak üzere üç grupta toplanmaktadır. Şekil 14’de dolgu işlemlerinde kullanılan tozların kimyasal bileşimleri ve dolgu yüzeylerinde ulaşılan sertlik değerleri verilmektedir.



Şekil 13:  
Plazma ile dolgu kaynağı için donatım,  
a. W-elektrod,  
b. plazma gazı,  
c. gaz+toz ilave malzeme,  
d. gaz+volfram karbür ilave malzeme, e. koruyucu gaz,  
f. g. akım memesi, h. büzme memesi



Şekil 12:  
Salınım esası MIG-donatımı ile bir kazan bombesini iç kısmının dolgu kaynağı. Kaynak akımı 280 A, ağırlık gerilimi 30V, kaynak hızı 95 cm/dak, salınım hızı 2,8-3,2 m/dak, salınım genliği 26 mm.

	Cr	C	Si	Mn	Mo	Fe	Ni	Co	B	W	HRC
1	30,0	2,4	1,0	0,5	—	3,0	3,0	.....	—	12,5	48
2	28,0	1,0	1,0	1,0	—	3,0	3,0	.....	—	4,0	37
3	30,0	1,4	1,45	1,0	—	3,0	3,0	.....	—	8,25	41
4	25,0	1,7	0,95	1,0	—	1,1	22,0	.....	—	12,0	35
5	21,0	0,07	1,6	—	—	—	—	.....	2,4	4,5	52
6	26,0	0,75	1,25	1,0	—	0,75	—	.....	0,7	5,5	43
7	14,0	0,75	4,0	1,0	—	4,0	.....	1,0	3,25	—	54
8	17,0	0,95	3,9	0,5	—	2,0	.....	1,0	3,3	—	54
9	9,0	0,45	3,0	1,0	—	3,75	.....	1,0	2,0	—	40
10	27,0	2,75	1,0	1,0	—	.....	—	—	—	—	52
11	1,5	3,75	1,0	1,0	10,0	.....	—	—	—	—	60
12	26,0	2,65	1,3	1,0	—	.....	—	3,0	0,75	—	63

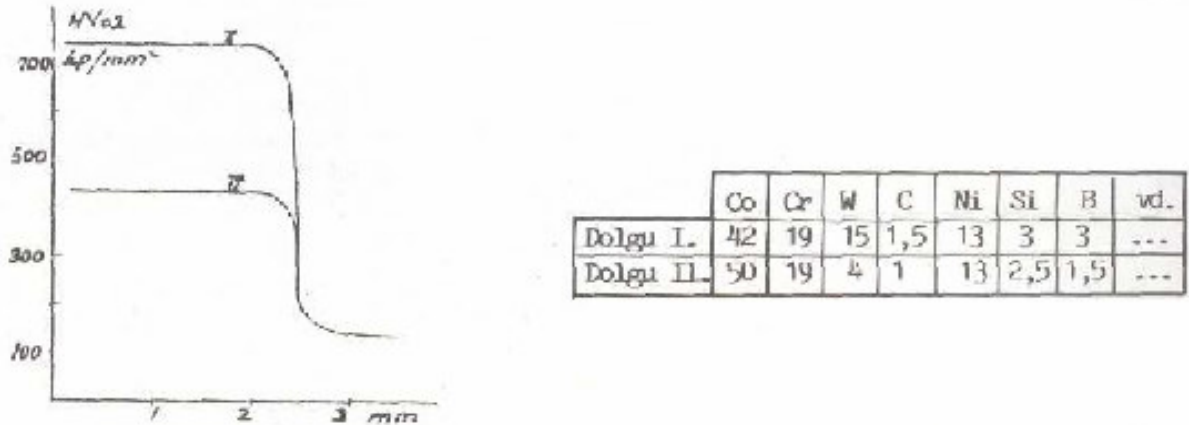
Şek. 14.- Dolgu için kullanılan metelsel tozların bileşimleri ve ulaşılan sertlikler (... geri kalan)

Plazma yöntemi ile dolgu işleminde ana parça yüzeyinin diğer yöntemlere kıyasla daha özenle hazırlanmış olması gerekmektedir. Temizleme işlemleri mekanik yöntemlerle yapılmaktadır.

Uygulamalarda genellikle parça hareketli düzenlerden yararlanılmaktadır. Yöntem, kalınlıklar yönünden ince tabakaların, metalurjik yönden ise yüksek sıcaklıklarda eriyen metaller ve sert yüzeyler için öngörülen karbürlerin kaplanmasına daha yatkın bulunmaktadır.

Dolgu oluşturma ince tabakalar halinde gerçekleştirildiğinden, ara sertlikler veren geniş bir geçiş bölgesi ortaya çıkmamaktadır. Şekil 15'de farklı iki dolgu malzemesi ile yapılan dolgu işlemlerine ait mikro sertlik-dikiş derinliği ilişkisi ile dolgu tabakalarının bileşimleri verilmektedir.

Toz bileşimlerindeki düşük orandaki Bor, bileşimin ergime noktası ile yüzey gerilimini düşürmektedir. Dikiş yüzeyinde oluşan Bor Karbürü ise sertliği arttırarak dolguyu gevrek hale getirmektedir. Bu nedenle de çatlama emniyeti yönünden soğuma hızını düşürecek bir ön avlama gerekli bulunmaktadır.



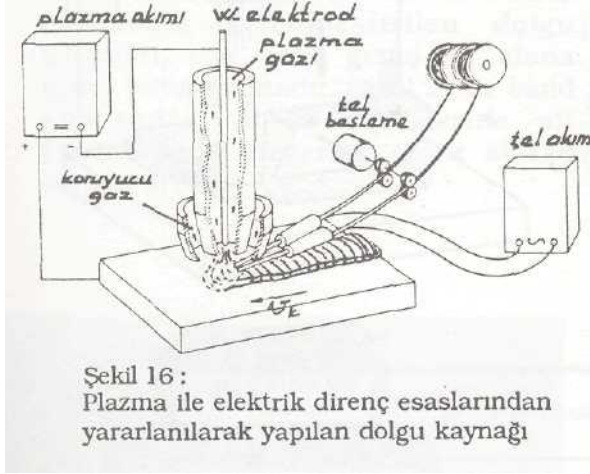
Şekil 15 : Plazma ile dolgu, sertlik-derinlik ilişkisi (solda), ana malzeme ergime oranı ve nüfuziyet derinliği bu yöntemin bir özelliği olarak bilinmektedir.

Dolgu işlemlerinde yararlanılan kaynak yöntemleri içinden, en düşük ana malzeme ergime oranı ve nüfuziyet derinliği bu yöntemin bir özelliği olarak bilinmektedir.

Plazma yöntemi ile kalın dolguların ortaya çıkarılması da mümkün olabilmektedir. Bu tür uygulamalar türev bir yöntem olarak geliştirilen Plazma-Sıcak Tel kombinezonu ile gerçekleştirilmekte, gerektiğinde salınım prensibinden de yararlanılmaktadır. Bu uygulama ile özellikle nükleer enerji ve petrol endüstrilerindeki donatımların dolgusu yapılabilmektedir, 1,6-3,0

mm kalınlıktaki paslanmaz çelik, Ni-alaşımları, Cu-alaşımları ilave malzeme kaynak telleri ile tek pasoda 5 mm kalınlık ve 25 kg/h ergime güçlerine ulaşılmaktadır. (şekil 16).

Yöntem için tipik uygulama alanları olarak, çeşitli miller, supaplar, vana yatakları, küçük yufkaçlar, taşıyıcı ve ezici elemanların yüzeyleri, kimya sanayiinde yüzey koruma işlemleri verilebilir. Şek. 17'de plazma yöntemi ile bir motor supabı dolgu işlemi görülmektedir.

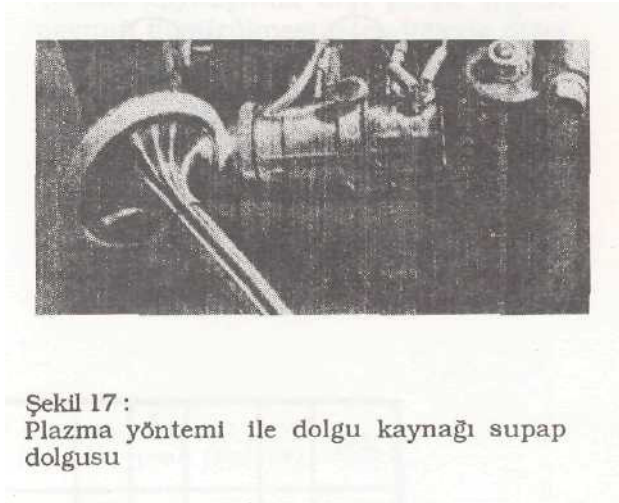


Şekil 16 :  
Plazma ile elektrik direnç esaslarından yararlanılarak yapılan dolgu kaynağı

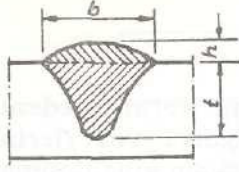
## 6. Toz altı Kaynağı

Yöntem yüksek ergime verimi nedeni ile relatif büyük boyutlu yüzeylerin dolgu işlemlerinde yaygın uygulanma özelliğine sahip bulunmaktadır.

Tel elektrot kullanılarak yapılan uygulamalar ile nüfuziyet derinliğinin 8-10, dikiş yüksekliğinin 6-13 katı seviyelerinde dikiş genişliklerine ulaşmak mümkün olabilmektedir (şekil 18). Bant elektrot kullanılması ile ise, bu sınırlar çok daha genişlemektedir.



Şekil 17 :  
Plazma yöntemi ile dolgu kaynağı supap dolgusu



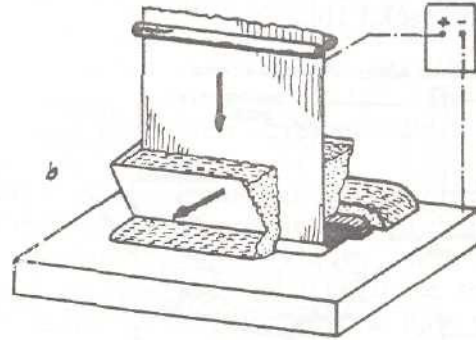
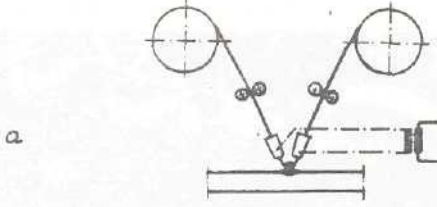
$$\text{iç dikis biçim oranı: } \psi = \frac{b}{L}$$

$$\text{dış dikis biçim oranı: } \varphi = \frac{b}{h}$$

	$\psi$	$\varphi$
birleştirme kaynağı	1,3 – 2,0	7,0 – 12,0
kaplama-dolgu kaynağı	8,0 – 10,0	6,0 – 12,0

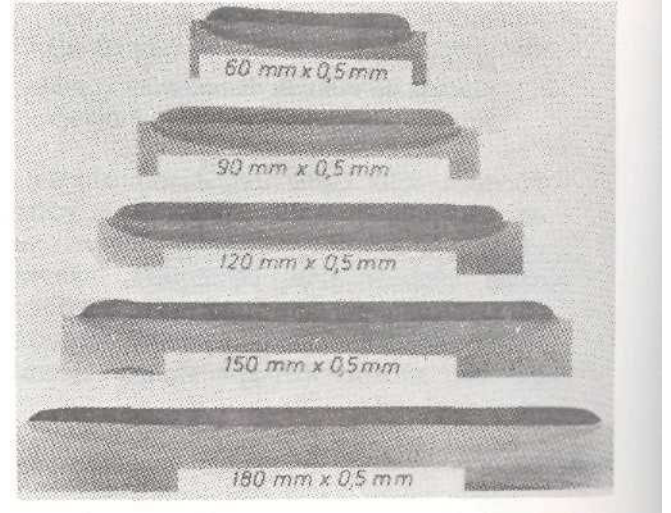
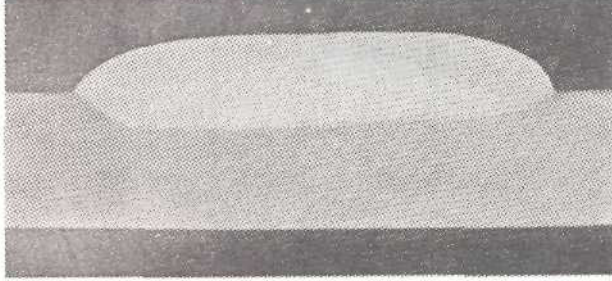
Şekil 18:  
Tozaltı kaynağı  
iç ve dış dikis  
biçim oranları

Toz altı kaynağı ile dolgu işlemlerinde, tek tel, çift tel indirekt ark, tek bant, çift bant gibi birçok türev usulden yararlanmak mümkün görülmektedir. Şek 19'da dolgu işlemlerine daha yatkın olan çift tel-indirekt ark ve bant elektrotla işlem prensipleri ile elde edilen dolgu dikişlerinin dolgu kesitleri görülmektedir.



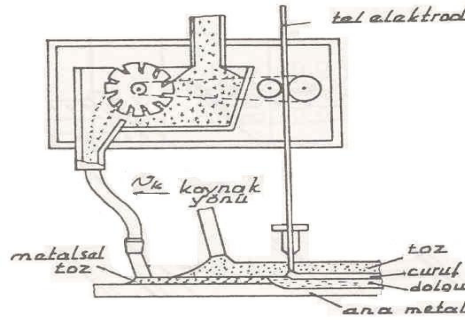
Bu usulde de ana malzemeden eriyen oranı % 7-8'e kadar indirmek mümkün olabilmektedir. Uygulamalarda ilave malzeme kısmını, daima çift olarak düşünmek gerekmektedir. İlave malzeme çiftleri şu şekillerde oluşturulmaktadır.

- alaşımli tel veya bant – normal toz
- alaşımli tel veya bant – alaşımli toz
- alaşımli tel veya bant – alaşımli toz
- alaşımli özlü elektrot – normal toz
- alaşımli özlü elektrot – alaşımli toz



Şekil 19 : Çift tel ile dolgu kaynağı ve dikiş kesiti (solda), band elektrotla yüzey kaplama ve dikiş kesitleri (sağda) band genişliği x band kalınlığı

Verilen bu kombinezonlardan da anlaşıldığı gibi, toz veya özle kaynak bölgesine sert metal karbürü taşıma mümkün olabilmektedir. Elde edilen kaynak dikiş matrisi içinde metal karbürü oluşturulması da mümkündür. Ba amaca dönük olarak, metalsel tozkaynak teli kombinezonuna göre düzenlenmiş uygulama esası şekil 20’de görülmektedir.



Şekil 20: Çift toz beslemeli toz altı kaynağı, ilave malzeme metalsel toz+kaynak teli

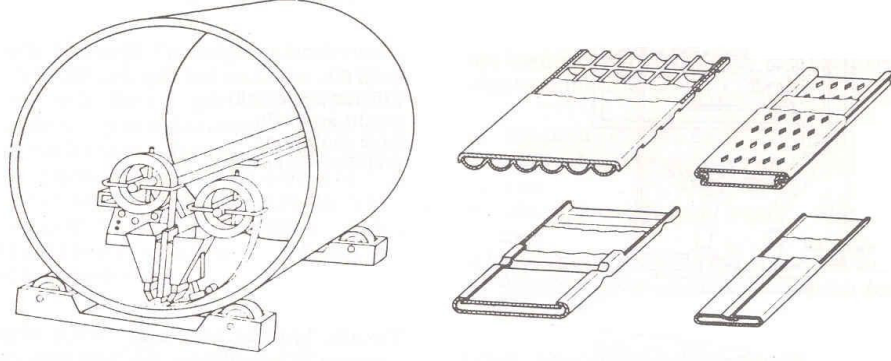
Toz altı kaynağı uygulamalarında, bant elektrotla gerçekleştirilen dolgu işlemleri, çok daha geniş bir alana sahip bulunmaktadır. Şekil 21’de bant elektrotla dolgu işlemlerine ait karakteristik değerler ölçek olarak verilmektedir.

İlave malzeme Band kesiti	$v_k = 10 \text{ cm/dak.}$	$I$ (A)	$U$ (V)	$t_d$ (mm)	$b$ (mm)	$v$ (%)	$L_{er}$ (Kg/h)
60mmx0,5mm		650	29	0,2	64	7	13,5
90mmx0,5mm		1050	27	0,3	93	13	22,0
120mmx0,5mm		1400	25	0,4	122	9	29,5
150mmx0,5mm		1700	26	0,5	148	8	34,5
180mmx0,5mm	 (1.08m / h 10mm)	2200	27	0,5	180	10	42,7

Şekil 21 : Band elektrotla çalışma değerleri, ana malzeme ergime payı (V), dolgu genişliği (b), ergime verimleri ( $L_{er}$ ) (tüm işlemlerde kaynak hızı 10 cm/dak)



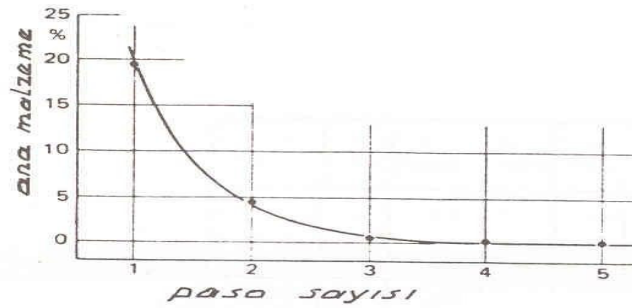
Şekil 22’de ise tek pasoda 4-5 mm dolgu kalınlığı, 45 kg/h ergitme gücüne ulaşılan çift bant sistemi ile çalışma ve bu tür uygulamalar için geliştirilmiş özel bant elektrotların çeşitleri görülmektedir.



Şekil 22 : Çift bant uygulaması ile dolgu işlemi (solda), özel biçimli bant elektrotlar (sağda)

Toz altı kaynağında ana parça ergime payının düşürülmesi istendiğinde diğer yöntemlerde olduğu gibi, paso sayısının artırılması yeterli olmaktadır. Bu amaca ulaşmada bant elektrot için çıkarılmış ana malzeme karışım payları-paso sayısı ilişkisi şekil 23’de görülmektedir.

Şekil 23’de verilen karakteristik eğri ile ilgili, östenitik çelik bant elektrotla gerçekleştirilmiş, 2 pasolu bir kaynak işlemine ait 1. Ve 2. Paso kimyasal bileşimleri şekil 24’de ayrıca görülmektedir. Verilen egride bant bileşimine 4. Pasoda ulaşılmaktadır. Değişik bileşimde toz kullanılarak 2. pasoda bant bileşimine ulaşılması da mümkün görülmektedir.



Şekil 23: Ana malzeme karışım payları-paso sayısı ilişkisi (tek bant ile çalışma)

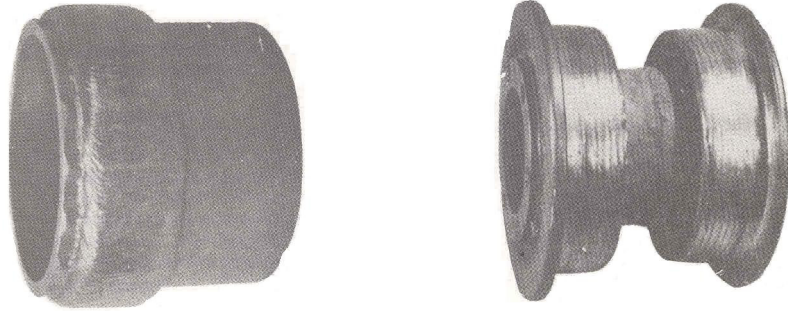
Toz altı kaynağı genel olarak uzun, sürekli dikişlere yatkın bir yöntem olarak bilinmektedir. Bu karakteristik özelliği, dolgu kaynağı içinde geçerli bulunmaktadır. Bu nedenle uygulamalarda aynı tanımlamaya uyan dönел parçaların dolgusunda daha çok yararlanılabilen bir yöntem olarak ele alınması uygun görülmektedir.

		KİMYASAL BİLEŞİM (%)						
MALZEME		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
Ana Malzeme		0,16	0,05	0,89	0,025	0,035	-	-
Band		0,51	0,80	0,62	0,012	0,010	18,5	11,2
Kaynak Dikişi	1.Paso	0,074	0,52	0,82	0,01	0,019	12,8	6,8
	2.Paso	0,060	0,60	0,82	0,008	0,016	17,4	9,0

Şekil 24 : Band elektrod ile iki pasolu kaynak işlemi-kaynak dolgusu kimyasal bileşimleri

Şekil 25’de tel elektrotla bir zincir makarasının ve bant elektrotla bir borunun dolgu kaynaklarına ait tipik iki örnek verilmektedir.

Toz altı kaynak donatılarını, seri olarak yapılması düşünülen dolgu işlemlerine dönük olarak düzenlemek de mümkün görülmektedir. Şekil 26’da dönel bir ayna üzerine bağlanan elemanların çift tel elektrot ve toz besleme ile seri dolgu kaynağı örnek olarak verilmektedir.

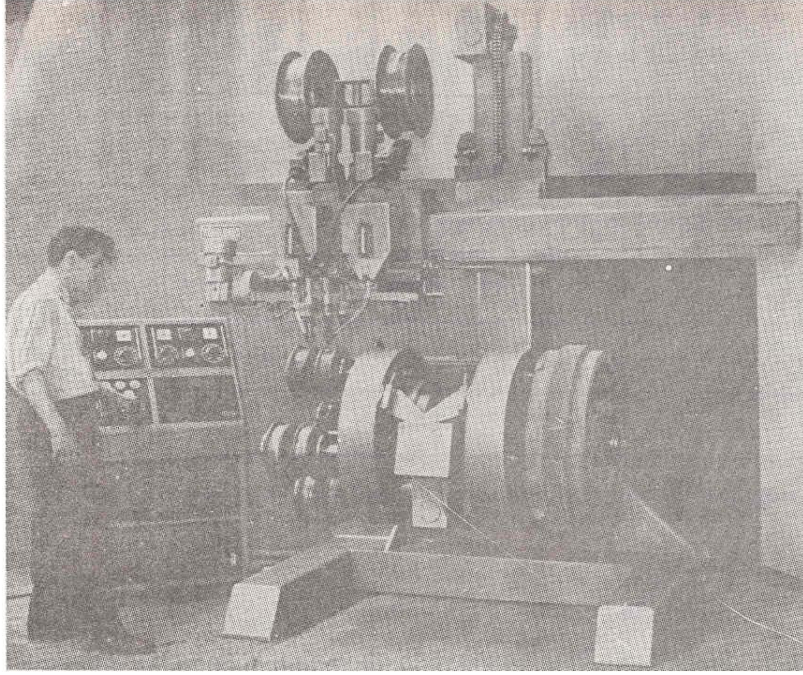


Şekil 25: Toz altı kaynağı ile dolgu örnekleri tel elektrot ile (solda), bant elektrot ile (sağda)

## 7. Sonuç

Ele alınan konu içinde, koruyucu gaz altında WIG, MIG, MAG, Plazma ve Toz altı kaynak yöntemlerinin dolgu ve kaplama amaçlı uygulamalara yatkınlıkları incelenmiştir.

Bir kaynak yönteminin dolgu işlemine uygunluğu, ana parça malzemesi, öngörülen dolgu özelliklerine göre seçilen ilave malzeme veya malzeme kombinezonlarına, dolgu kalınlığı ve nüfuziyet derinliğine, birim zamanda öngörülen dolgu miktarına, dolgu yapılacak kısım veya parçasının şekline, dolayısıyla yöntemin işlerliğine ve maliyet sınırlaması gibi etkenlere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bunların dışında özellikle ülkemizde, işyeri olanakları, kaynakçı, yönlendirici eleman faktörlerinin de göz ardı edilmemesi gerekmektedir.



**Şekil 26: Toz altı kaynağı ile seri dolgu kaynağı uygulaması**

Ele alınan yöntemler içinde, istisnalar dışında, genel bir karşılaştırma yapıldığında, düşük nüfuziyet, yüksek sıcaklıkta ergiyen veya karbür oluşturan elemanlar ile dolgu öngörüldüğünde plazma uygulaması, büyük ergitme güçleri, sürekli dikişler, geniş yüzeyler öngörülmesinde toz altı uygulaması, küçük parçaların yüksek alaşımlı çelikler ile dolgusu ve diğer malzeme kombinezonlarında WIG-uygulaması, standart ilave malzemelerle çalışmada ise MIG ve MAG uygulamalarının daha geniş işlerliklere sahip oldukları gözlenmektedir.