

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAĞIN GENEL TANIMI VE ENDÜSTRİYEL ÖNEMİ.....	2
2.1 Kaynağın Tanımı	2
2.2 Kaynağın Gelişim Süreci	2
2.3 Kaynak Yönteminin Diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması	5
2.4 Kaynağın Sınıflandırılması	6
3. DOLGU KAYNAĞI.....	9
3.1 Dolgu Kaynağının Tanımı	9
3.2 Dolgu Kaynağının Yaratdığı Sorunlar.....	12
3.2.1 Isıl gerilmeler	12
3.2.2 Ana metal ve dolgu malzemesinin karışması	13
3.2.3 Pullanma.....	15
3.2.4 Dikiş altı çatlaması	16
3.2.5 Gerilme kırılması.....	16
3.2.6 Kaynak çatlaması.....	17
3.2.7 Distorsiyon	17
4. AŞINMA VE AŞINMA FAKTÖRLERİ	18
4.1 Abrasyon	18
4.1.1 Düşük gerilimli kazıcı abrasyon.....	18
4.1.2 Yüksek gerilimli öğütme abrasyonu.....	19
4.1.3 Oyma abrasyonu.....	20
4.2 Darbe Aşınması	21
4.3 Adhezyon	22
4.4 Yüksek Sıcaklık Aşınması	23
4.5 Korozyon Aşınması	24
5. AŞINMAYA KARŞI YÜZEY DOLGUSU.....	26

5.1	Korozyona Mukavemet İçin Yüzey Dolgusu.....	26
5.2	Abrasyon Mukavemeti İçin Yüzey Dolgusu.....	28
5.3	Darbeye Karşı Yüzey Dolgusu.....	31
6.	DOLGU KAYNAĞI MALZEMELERİ	32
6.1	Dolgu Kaynağında Malzeme Seçimi	32
6.1.1	Demir bazlı dolgu alaşımları	33
6.1.2	Demir dışı dolgu alaşımları	37
6.2	Dolgu Kaynak Malzemelerinin Sınıflandırılması	39
6.2.1	DIN 8555 sınıflandırması.....	39
6.2.1.1	Demir içeren kaynak malzemeleri.....	39
6.2.1.2	Düşük miktarda demir içeren kaynak malzemeleri	43
6.2.1.3	Demir içermeyen kaynak malzemeleri	44
6.2.2	AWS sınıflaması.....	45
6.2.3	TS 9470 sınıflandırması	46
7.	DOLGU KAYNAĞINDA UYGULANAN KAYNAK YÖNTEMLERİ	50
7.1	Dolgu Kaynağında Uygun Yöntem Seçimi.....	50
7.2	Dolgu Kaynağında Kullanılan Yöntemler	51
7.2.1	Oksi-asetilen kaynağı ile yüzey dolgusu.....	52
7.2.2	Isıl püskürtme ile yüzey dolgusu	57
7.2.3	Örtülü elektrodla ark kaynak dolgusu.....	60
7.2.4	MIG/MAG kaynağı ile dolgu	62
7.2.5	TIG/WIG kaynağı ile dolgu	64
7.2.6	Tozaltı kaynağı ile dolgu.....	66
7.2.7	Elektro-cüruf (Elektroslag) tamir kaynağı ve dolgusu	72
7.2.8	Özlü tel elektrod ile dolgu kaynağı.....	75
7.2.9	Plazma ark kaynağı ile dolgu	78
7.2.10	Lazer kaynağı ile dolgu.....	80
8.	DOLGU KAYNAĞININ UYGULANMASI	91
8.1	Hasar Analizi.....	91
8.2	Onarım Planlaması.....	96
8.3	Dolgu Kaynağının Uygulanması	98
8.3.1	Kaynağa hazırlık.....	98
8.3.2	Kaynak işlemi.....	102
8.3.3	Kaynak sonrası işlemler	102
9.	KALIPLARIN BAKIM VE ONARIM KAYNAĞI.....	104
9.1	Kalıpların Tamir Sürecinde Uygulanması Gereken İşlemler.....	105
9.1.1	Kaynak elektrodunun seçilmesi.....	105
9.1.2	Kaynak öncesi hazırlıklar.....	105
9.1.3	Kaynağın uygulanması.....	107
9.1.4	Kaynak sonrası işlemler	107
9.2	Kalıplarda Karşılaşılabilecek Hasarlar ve Çözüm Örnekleri	109
10.	DENEYSEL ÇALIŞMA	115
10.1	Plastik Enjeksiyon Kalıp Malzemesi Üzerinde Deneysel Çalışma	116
10.1.1	Kullanılan malzeme ve yöntemler.....	116
10.2	Seramik Kalıp Malzemesi Üzerinde Deneysel Çalışma	119

10.2.1	Kullanılan malzeme ve yöntemler.....	120
10.3	Mikrosertlik Ölçümü.....	124
10.4	Sonuçlar	125
10.4.1	Makro yapı inceleme sonuçları:	125
10.4.2	Mikrosertlik ölçüm sonuçları	130
10.5	Hasara Uğramış Bir Seramik Kalıbın Onarımı	138
10.5.1	Kalıbın hasar analiz raporunun hazırlaması.....	138
10.5.2	Hasar analiz raporu	139
10.5.3	Kaynaklı onarım planlama formu.....	143
10.5.4	Sonuçlar	148
11.	SONUÇ	150
KAYNAKLAR.....		152
ÖZGEÇMİŞ.....		154

SİMGE LİSTESİ

$C_{eş}$	Karbon eşdeğeri
C_k	Kimyasal karbon eşdeğeri
D	Nokta çapı
e	Parça kalınlığı
E	Birim dikiş enerjisi
I	Akım şiddeti
M_s	Martensit dönüşüm başlama sıcaklığı
η	Kaynak verim katsayısı
P	Çarpan lazer gücü
σ_{ζ}	Çekme dayanımı
$T_{\text{öntav}}$	Öntav sıcaklığı
U	Gerilim
v	Kaynak hızı

KISALTMA LİSTESİ

AFNOR	Association Française de Normalisation
AISI	American Iron and Steel Institute
AWS	American Welding Society
BS	British Standards
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	European Norms
GOST	Gosudarstvennyy Standart
HAZ	Heat Affected Zone
ITAB	Isı Tesiri Altındaki Bölge
JIS	Japanese Industrial Standards
LH	Low Hidrojen
M.Ö.	Milattan Önce
MAG	Metal Active Gas
MIG	Metal Inert Gas
Nd:YAG	Neodymium-doped Yttrium Aluminium Garnet
PMP	Pülverize Metal Püskürtme
TIG	Tungsten Inert Gas
TS	Türk Standardı
UNI	Uniente Nazionale Italiano
UNS	Unified Numbering System
WIG	Wolfram Inert Gas

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Endüstride metallerin birleştirilmesinde kullanılan yöntemler.....	5
Şekil 3.1 Sert dolgu kaynakları	11
Şekil 3.2 Dolgu kaynağında ısı zorlanmalar	13
Şekil 4.1 Düşük gerilimli kazıcı abrazyon ile aşınma.....	19
Şekil 4.2 Yüksek gerilimli öğütme abrazyonu ile aşınma.....	20
Şekil 4.3 Oyma Abrazyonu ile Aşınma	21
Şekil 4.4 Darbe ile aşınma.....	22
Şekil 4.5 Adhezyon ile Aşınma	23
Şekil 4.6 Yüksek Sıcaklık Aşınması.....	24
Şekil 4.7 Sıvı korozyonu nedeniyle aşınma	25
Şekil 5.1 Sert dolgu alaşımlarının sertlik ve aşınma direncine göre karşılaştırılması	29
Şekil 6.1 Yüksek krom-karbürlü alaşımlarda gerilim çatlakları	32
Şekil 6.2 Martensitik alaşım.....	33
Şekil 6.3 Östenitik alaşım	35
Şekil 6.4 Karbürlü alaşım.....	36
Şekil 6.5 Aşınmaya direnç gösteren karbürler	37
Şekil 7.1 Sıcak sistem kaplama yöntemi.....	54
Şekil 7.2 Kaplama metalinin iç yapısı	54
Şekil 7.3 Soğuk sistem kaplama yöntemi	55
Şekil 7.4 Kaplama metalinin iç yapısı	56
Şekil 7.5 Oksi-asetilen kaynağı ile takım çeliğinden imal edilmiş bir kesme kalıp kenarının tamiri	56
Şekil 7.6 Isıl püskürtme teknikleri.....	59
Şekil 7.7 Örtülü elektrod ark kaynağının şematik gösterimi.....	61
Şekil 7.8 Örtülü elektrod ark kaynağı ile H12 takım çeliğinden imal edilmiş bir kalıbın tamiri62	
Şekil 7.9 MIG kaynak yönteminin şematik gösterimi	62
Şekil 7.10 Salınım hareketli çift telli MIG donatımı	63
Şekil 7.11 WIG kaynağında elektrod uç biçimleri	64
Şekil 7.12 TIG kaynağının şematik gösterimi.....	65
Şekil 7.13 D12 takım çeliğinden imal edilmiş kesme bıçağının dolgu kaynağı	66
Şekil 7.14 Şerit bant elektrod ile yatay kaplama	67
Şekil 7.15 Ana malzeme karışım payları-paso sayısı ilişkisi (tek bant ile çalışma).....	69
Şekil 7.16 Gaz soğutucu tabanının Ni - 625 alaşımı ile kaplanması	70

Şekil 7.17 Sürekli döküm merdanelerinin aşınma ve korozyon dirençli malzemelerle kaplanması	71
Şekil 7.18 Dikey band kaynak süreci.....	72
Şekil 7.19 Tozaltı ve Elektro-Cüruf Bant Kaplamada Kullanılan Bant Kafası.....	73
Şekil 7.20 Elektroslag yatay dolgunun şematik gösterilişi	74
Şekil 7.21 Kendi Kendini Koruyan Özlü Telle Açık Ark Kaynak Sürecinin Prensibi.....	77
Şekil 7.22 Yüksek fırın kampanalarının dolgu kaynağı.....	78
Şekil 7.23 Plazma ile dolgu kaynağı için donatım	79
Şekil 7.24 Lazer kaynağı ile dolgu	81
Şekil 7.25 Lazer kaynak uygulaması	83
Şekil 7.26 Lazer kaynak makineleri	84
Şekil 7.27 Lazer kaynak dikişi	85
Şekil 7.28 Lazer kaynak dikişi	86
Şekil 7.29 Lazer ışının ulaşılması güç noktalara odaklanması.....	86
Şekil 7.30 Taşınması imkânsız kalıpların tamirinde kullanılan, elle yönetilen lazer optik.	87
Şekil 7.31 Lazerle kalıp markalama	88
Şekil 7.32 Çok pasolu lazer kaynak dolgusu (solda) ve çok pasolu TIG kaynak dolgusu (sağda)	89
Şekil 7.33 Lazerle kaplama kaynak uygulamaları.....	90
Şekil 7.34 Lazerle kaplama kaynak uygulamaları.....	90
Şekil 8.1 Ürün evreleri	92
Şekil 8.2 Hasar Akış Diyagramı	93
Şekil 8.3 Hasar yolu ve hasar analiz yolu	94
Şekil 8.4 Onarım Analizi akış diyagramı	97
Şekil 8.5 Kaynaklı Onarım akış diyagramı	98
Şekil 9.1 Kaynak öncesi hazırlıklar	106
Şekil 9.2 Dolgu kaynağında ITAB'ın şematik gösterimi.....	106
Şekil 9.3 Dolgu kaynağının uygulanmasında dikkat edilecek noktalar	107
Şekil 9.4 Pasolar arası ön ısıtma uygulanmış numunenin kesit görüntüsü	109
Şekil 9.6 D2 takım çeliği malzemeden imal edilmiş kırık bir kaşık kalıp	110
Şekil 9.7 Kalıbın tamir aşamaları	111
Şekil 9.8 Çökmelerin önlenmesi için uygulanacak işlem sırası	112
Şekil 9.9 Patlayan sıcak yolluk memesi.....	113
Şekil 9.10 Hasarın kalıp üzerinde görünümü	114
Şekil 10.1 Plastik enjeksiyon tezgahı.....	116

Şekil 10.2 Seramik kalıba uygulanan kaynak dikişinin şematik gösterimi.....	119
Şekil 10.3 Dört tarafına dolgu kaynağı uygulanmış 330x330 mm boyutlarında bir seramik kalıbın değişik açılardan görünümü	120
Şekil 10.4 Mikrosertlik ölçümlerinin yapıldığı cihaz.	125
Şekil 10.5 Sertlik ölçüm noktalarının şematik gösterimi.....	125
Şekil 10.6 Seramik kalıp hasar akış diyagramı	138
Şekil 10.7 Hasarlı parçanın görünüşü	140
Şekil 10.8 Seramik kalıbın onarım analizi akış diyagramı	142
Şekil 10.9 Hasarlı kalıpların onarım atölyesinde toplanması.....	144
Şekil 10.10 Hasarlı kalıpların fırında bekletilmesi	144
Şekil 10.11 Hasarlı kalıpların yüzeyindeki plastiklerin sökülmesi	145
Şekil 10.12 Hasarlı kalıplardan dengeleyici metal ve plastik yatakların çıkartılması.....	145
Şekil 10.13 Hasarlı kalıpların kaynak işleminden önce temizlenmesi için fırında bekletilmesi.....	146
Şekil 10.14 Kaynaklı onarım akış diyagramı	147

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 5.1 Abrazif olarak kullanılan malzemeler	30
Çizelge 5.2 Abrazyona dayanıklı malzemeler.....	30
Çizelge 6.1 Alaşım gruplarının kimyasal bileşimi	47
Çizelge 6.2 Alaşım Grupları İçin Kod Numaraları.....	48
Çizelge 6.3 Sertlik seviyeleri.....	49
Çizelge 7.1. Dolgu kaynağında kullanılan yöntemle bağlı olarak değişen bazı değerler	50
Çizelge 7.2. Kaynak Yöntemlerine bağlı ilave malzeme element göçüm oranları	51
Çizelge 7.3 Isıl püskürtme süreçlerinin karakteristikleri ve nitelikleri.....	59
Çizelge 7.4 Farklı Bant Boyutları İçin Tipik Kaynak Akım Değerleri	74
Çizelge 8.1 Karbon eşdeğerine bağlı ön tavlama sıcaklıkları	100
Çizelge 10.1 DIN 1.2738 malzemesinin değişik normlarda gösterilişi	117
Çizelge 10.2 DIN 1.2738 malzemesinin kimyasal bileşimi (%)	117
Çizelge 10.3 DIN 1.2738 malzemesinin mekanik özellikleri	117
Çizelge 10.4 Dolgu elektrodunun kimyasal bileşimi(%)	118
Çizelge 10.5 Uygulama parametreleri	118
Çizelge 10.6 Dolgu elektrodunun kimyasal bileşimi(%) :	118
Çizelge 10.7 Uygulama parametreleri	118
Çizelge 10.8 X210Cr12 malzemesinin değişik normlarda gösterilişi	121
Çizelge 10.9 DIN 1.2080 malzemesinin kimyasal bileşimi (%):	121
Çizelge 10.10 DIN 1.2080 malzemesinin mekanik özellikleri.....	121
Çizelge 10.11 Dolgu elektrodunun kimyasal bileşimi (%)	122
Çizelge 10.12 Uygulama parametreleri	122
Çizelge 10.13 Dolgu elektrodunun kimyasal bileşimi (%)	122
Çizelge 10.14 Uygulama parametreleri	123
Çizelge 10.15 Dolgu elektrodunun kimyasal bileşimi (%)	123
Çizelge 10.16 Uygulama parametreleri	123
Çizelge 10.17 Dolgu tozunun kimyasal bileşimi (%)	124
Çizelge 10.18 Uygulanan yöntemlere göre hesaplanan birim dikiş enerjileri ve ITAB genişlikleri	126
Çizelge 10.19 Uygulanan yöntemlere göre hesaplanan birim dikiş enerjileri ve ITAB genişlikleri	129
Çizelge 10.20 DIN 1.0501 malzemesinin kimyasal bileşimi	139
Çizelge 10.21 DIN 1.0501 malzemesinin mekanik özellikleri (%).....	139

ÖNSÖZ

Hızla değişen teknolojiye bağlı olarak gelişme gösteren endüstriyel yapı içerisinde, işletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri, ağır rekabet koşullarına karşı dayanım gösterebilmeleri ve aynı zamanda kârlılıklarını arttırarak büyüme kaydedebilmeleri için ellerinde bulunan mevcut kaynakları son derece dikkatli ve etkin bir şekilde değerlendirmeleri gerekmektedir. Aşınma sorununun, ülkenin gayri safi milli hâsılasında %5'in üzerinde kayıplara neden olduğu bir dönemde, hammadde, işçilik, zaman ve doğal kaynaklar gibi üretim faktörlerinin uygun kullanımının sağlanması ve maliyetlerin düşürülmesi noktasında bakım ve onarım kaynağının önemi dikkati çekmektedir.

Gelişen teknolojiye ayak uydurarak, üretim süreçlerine en fazla katkı sağlayan sektörlerden biri haline gelen kalıpcılık sektörünün en büyük sıkıntısı, hatalı işlem yapılan veya üretim esnasında hasar gören kalıpların tamiratıdır. Hazırlamış olduğum “Bakım ve Onarım Amaçlı Dolgu Kaynağının Plastik Enjeksiyon ve Seramik Kalıpcılığındaki Uygulamaları” konulu yüksek lisans tez çalışmamın, seramik kalıp ve plastik enjeksiyon kalıp malzemelerinde oluşabilecek hasarların giderilmesinde uygulanacak olan kaynak yönteminin belirlenmesinde bir fikir oluşturacağını düşünmekteyim.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca danışmanlığımı yapan ve çalışmalarım esnasında her zaman yanımda olup, beni destekleyen hocam Sayın Prof.Dr. Selahattin YUMURTACI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen Sayın Prof. Nurullah GÜLTEKİN'e teşekkür ederim. Özellikle deneysel çalışmalarım esnasında benden hiçbir desteği esirgemeyen Sayın Dr. Kemal SÖZEN'e, Kalekalıp Makine ve Kalıp Sanayi A.Ş. Seramik Kalıpları İmalat Şefi Sayın Burak DEDEOĞLU' na ve tüm Kalekalıp çalışanlarına, yine bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan ve deneysel çalışmalarımda desteğini esirgemeyen Sayın Salim AHISKALI'ya teşekkürlerimi sunarım. Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Malzemesi ve İmalat Teknolojisi Anabilim Dalı'ndaki mesai arkadaşlarıma bilgi, tecrübe, destek ve sabırlarından dolayı teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan aileme ve çalışmalarım esnasında benden sevgi ve sabrını esirgemeyen değerli eşime şükranlarımı sunarım.

ÖZET

Gelişen teknoloji ve endüstriyel yapı içerisinde firmaların zorlu rekabet koşullarında varlık gösterebilmelerinde en önemli faktörlerden biri de maliyet olmaktadır. Yaygınlaşan otomasyona karşılık, aşınma nedeni ile tezgâhların durma süreleri, parça değiştirme ve işçilik maliyetleri fiyat faktörünün payını sürekli arttırmaktadır. Aşınmanın daha ileri zaman noktalarına ötelenebilmesi amacıyla yapılacak bakım kaynağı ve hasarlı parçanın yenisi ile değiştirilmesi yerine uygulanacak onarım kaynağı, hammadde, işçilik, zaman ve doğal kaynaklar gibi üretim faktörlerinin etkin kullanımı ile maliyetlerin düşürülmesi açısından son derece önemli olacaktır.

Yapılan bu tez çalışmasında ilk olarak kaynak işlemi hakkında genel bilgi verilmiş, bakım ve onarım amaçlı dolgu kaynağı tanımlanarak, kullanılan malzeme ve yöntemler açıklanmıştır. Kaynaklı onarıma geçmeden önce yapılması gereken analizler belirtilmiş ve hasara neden olan faktörler üzerinde durulmuştur. Deneysel çalışma bölümünde ise 40CrMnNiMo8-6-4 plastik enjeksiyon kalıp malzemesine TIG ve elle örtülü elektrodlarla ark kaynağı, X210Cr12 seramik kalıp malzemesine ise elle MIG, robotla MIG, TIG ve pülverize metal püskürtme yöntemleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar sertlik ve ITAB genişliği yönünden değerlendirilerek, karşılaştırmalar yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Dolgu kaynağı, kalıp malzemesi, kalıp tamiri

ABSTRACT

In developing technology and industrial structure, costs are one of the most important factors to be successful in competition condition. The stopping time of machines, work piece changing and labour costs increase the portion of cost factor. Doing maintenance welding to delay material's wear and doing repair welding instead of changing damaged tool with new ones are very important because they can decrease costs of raw material, labour, time and natural resource usage by using manufacturing factors effectively.

In this study, first of all, general information is given about welding. Maintenance and repair welding are explained and some information is given about materials and methods. Factors which cause failures are mentioned and some analyzes that should be done before repair welding, are explained. In experimental part of the thesis, TIG and manual metal arc welding are used for repairing 40CrMnNiMo8-6-4 plastic injection mould material and manual MIG, robotic MIG, TIG and oxy-acetylene spraying are used for repairing X210Cr12 ceramic mould material. The results are evaluated according to hardness and HAZ width comparisons are done.

Keywords: Filler welding, mould material, mould repair.

1. GİRİŞ

Hızla değişen teknolojiye bağlı olarak gelişme gösteren endüstriyel yapı içerisinde, işletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri, ağır rekabet koşullarına karşı dayanabilmeleri ve aynı zamanda kârlılıklarını arttırarak büyüme kaydedebilmeleri için ellerinde bulunan mevcut kaynakları son derece dikkatli ve etkin bir şekilde değerlendirmeleri gerekmektedir. Hammadde, işçilik, zaman ve doğal kaynaklar gibi üretim faktörlerinin uygun kullanımının sağlanması ve maliyetlerin düşürülmesi noktasında bakım ve onarım kaynağının önemi ortaya çıkmaktadır.

Makine parçalarının ömürleri, takımların ve kalıpların kullanım süreleri, aşınma nedeni ile sınırlıdır. Günümüzde aynı parçanın gittikçe daha büyük sayıda üretilme talepleri yaygınlaşan otomasyona karşılık, aşınma nedeni ile tezgâhların durma süreleri, parça değiştirme ve işçilik maliyetleri fiyat faktörünün payını sürekli arttırmaktadır. Bu nedenle aşınmanın önlenmesi her geçen gün ekonomik anlamda daha büyük önem kazanmaktadır. Aşınmanın ülkenin gayri safi milli hâsılasında %5'in üzerinde kayıplara neden olduğu bilinen bir gerçektir. Bu şartlar altında hasara uğrayan parçaların, daha pahalı yeni parçalar ile değiştirilmesi yerine, yalnız aşınan kısımların onarılması ve dayanımının arttırılması, soruna ekonomik ve pratik bir çözüm sunacaktır.

Hızla gelişen kalıpcılık sektörü, üretim süreçlerine en fazla katkı sağlayan sektörlerden biri haline gelmiştir. Kalıp üretimi ve tamiratiyla uğraşan firmaların en büyük sıkıntısı, hatalı işlem yapılan veya üretim esnasında hasar gören kalıpların tamiratıdır. Kalıplar işlevleri gereği, her kullanımda büyük zorlanmalara maruz kalmakta ve bunun sonucunda ise kalıpta birtakım hasarlar ortaya çıkmaktadır. Hasara uğrayan her kalıp yeni bir maliyet, her yeni maliyet de firma kârlılığını etkileyen bir faktördür.

Tamir işleminin gerçekleştirilmesinde öncelikle ilgili parça üzerinde onarım analizi yapılarak, onarımı gerektiren parçanın özellikleri belirlenmektedir. Daha sonra yapılacak olan hasar analizi ile hasarın oluşumunda etkili olan faktörler ve hasarın boyutu saptanmaktadır. Hazırlanan hasar analizi ile gelecekte oluşabilecek hasarlara karşı önlem alınması da sağlanabilmektedir. Yapılan analizler sonucunda, malzemenin özelliklerine ve hasarın boyutuna uygun olan kaynak yöntemi seçilerek, tamir işlemi gerçekleştirilmektedir.

2. KAYNAĞIN GENEL TANIMI VE ENDÜSTRİYEL ÖNEMİ

2.1 Kaynağın Tanımı

Kaynak, birbirinin aynı veya ergime aralıkları birbirine yakın iki veya daha fazla metalik veya termoplastik parçayı ısı, basınç veya her ikisini birden kullanarak, aynı türden bir malzeme katarak veya katmadan birleştirmektir. (Kaluç, 2004)

Birleştirilmesi öngörülen malzemelerin kaynak bölgeleri plastik veya sıvı duruma getirilebilmekte, eş iki malzemenin birleştirilmesi sonucu oluşan kaynak dikişinin özellikleri de ana malzemeninkine benzemektedir. İşlemin yapılmasında, birleştirilecek malzemelerin özellikleri, yöntemle başvuru amaçlı, kaynak olayındaki oluşumlar ve konstrüksiyonun türü gibi faktörlere göre belirli önlemlere de başvurulması gerekebilmektedir. Ergitme esaslı kaynak uygulamalarında kaynak bölgelerinin genellikle yardımcı malzemelerle korunması gerekmektedir. Seçilen ilave malzemelerin ise, mümkün olduğu kadar birleştirilen ana malzeme ile aynı ergime aralığına sahip olması, işlem emniyeti bakımından gerekli görülmektedir. (Gültekin, 1991)

Günümüz kaynak tekniğinde, metalsel olmayan malzemeler özellikle termoplastikler için de kaynak işlemini tanımlamak mümkündür. Yöntem bu tür malzemeler için, kaynak bölgelerinin plastik duruma getirilmesi ile uygulanmakta, ısı ve basınç yardımıyla yapılan işlem, ilave malzemeli veya malzemesiz olarak gerçekleştirilebilmektedir. (Gültekin, 1991)

2.2 Kaynağın Gelişim Süreci

Kaynağın imalat metodu olarak kabul görmesi her ne kadar geçtiğimiz yüzyılda kaydedilen gelişmelere bağlı olarak ortaya çıkmış bir sonuç olsa da aslında ilk uygulamalar oldukça eski çağlara dayanmaktadır. Günümüzden yaklaşık 3500 yıl kadar önce, insanoğlu iki metal parçasını çekiçleyerek kaynak edip, birleştirmeyi gerçekleştirmiştir. İlk uygarlıklardan kalan eşyalar arasında bulunan altından yapılmış süs eşyaları, mücevherat, bronz vazolar ve kaplar, dini eşyalar, altın ve altın alaşımları kullanılarak lehimle bileştirilmişlerdir. Yaklaşık olarak M.Ö 1000 yıllarına ait çeşitli vazo, kap ve kaşık örnekleri Londra'da British Museum'da sergilenmektedir. (Cary, 1989)

Mısır Firavunları devrinde yapılmış orijinal metal işleri üzerinde de bu tür birleştirmeler ve lehim bağlantılarının izleri görülmektedir. Roma çağında son derece gelişme gösteren metal işçiliği, bu çağa ait pek çok eser üzerinde de bu tür birleştirmeler görmeyi mümkün

kılmıştır.(Anık, Vural, 1993)

Kaynağın tarihsel gelişimine bakıldığında, endüstriyel anlamda ilk gelişmelerin 19. yüzyılda yaşandığı görülmektedir. Oksijenin endüstriyel çapta eldesi, özellikle tamir işlerinde oksiasetilen kaynağının yaygınlaşmasını sağlamıştır. Elektrik arkının 18. yüzyılın son yıllarında Volta tarafından keşfedilmesine rağmen, bu enerjinin kaynak işleminde uygulanması 19. yüzyılın son çeyreğini bulmuştur.

Kaynak tekniğinin yıllara göre gelişim süreci özet olarak şu şekildedir:

- 1802 Elektrik arkı üzerine araştırma
- 1849 Elektrik arkının yardımıyla metallerin kaynağına ait patent alınışı
- 1867 Elektrik direnç kaynağının bulunuşu
- 1885 Metal kaynağında karbon elektrod kullanılışı
- 1889 Kaynak işleminde, iki karbon elektrod arasındaki arkın ısı membaı olarak kullanılışı
- 1891 Metal elektrodla ark kaynağı
- 1895 Alüminotermite kaynağının gelişimi
- 1900 Gaz ergitme kaynağının endüstride uygulanması
- 1908 Örtülü elektrodların elektrik ark kaynağında kullanılması
- 1919 Koruyucu gaz kaynağının ilk uygulaması
- 1920 Tamamen kaynak birleştirmeli ilk gemi teknesi
- 1922 Dikişli boruların direnç kaynağı ile üretimi
- 1925 Ark-Atom kaynağının gelişimi
- 1925 Kalın cidarlı ilk basınçlı kabın kaynak dikişli yapımı
- 1926 Elektrodların ekstrüzyonla kaplanması
- 1930 Tozaltı kaynağının patentinin alınışı
- 1936 Helyum gazı ile koruyucu gaz kaynağının uygulanışı
- 1940 “Liberty” tipi gemilerde kaynak birleştirmeler-gevrek kırılma sorunu
- 1942 Tamamı kaynak birleştirmeli denizaltı yapımı
- 1943 Yarı otomatik tozaltı kaynağının gelişimi
- 1948 Soğuk pres kaynağının yapılışı
- 1951 Elektro-curuf kaynağının ilk uygulanışı
- 1953 CO₂ ile koruyucu gaz kaynağının endüstride uygulanışı
- 1954 Al-Mg alaşımı malzemeden tamamı kaynak birleştirmeli yat yapımı

1957 Elektron ışın kaynağında gelişmeler

1961 Plazma kaynağı uygulaması

Bu gelişim süreci içinde, biryandan yeni esaslara dayalı kaynak yöntemleri ortaya çıkarken, bilinen yöntemlerin de geliştirilmesi ve otomatikleştirilmesi gerçekleştirilmektedir.

Günümüz kaynak tekniğinde, bu yöntemlerden Elektrik Direnç Kaynağı, Örtülü Elektrodla Kaynak, Tozaltı Kaynağı, Elektro-Curuf Kaynağı ve Koruyucu Gaz Kaynağı genel kaynak yöntemleri olarak kabul edilmektedir. Soğuk Pres Kaynağı, Elektron Işın Kaynağı ve Lazer ile kaynak gibi yöntemler ise özel uygulama alanlarına bağlı yöntemler olarak tanımlanmaktadır. (Gültekin, 1991)

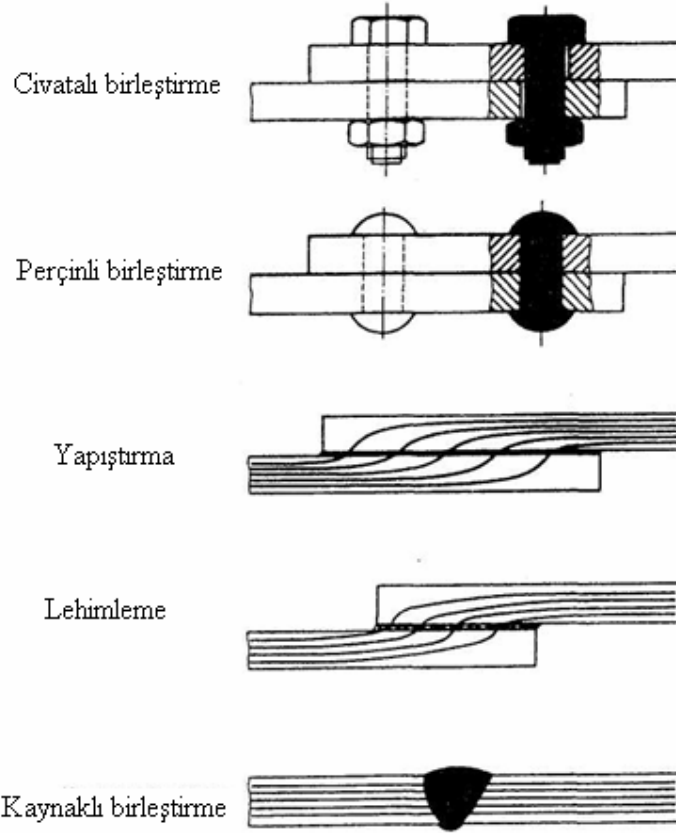
Kaynak yöntemleri; el ile kaynak (manuel), yarı mekanize kaynak, tam mekanize kaynak ve otomatik kaynak olmak üzere dört şekilde uygulanabilir.

El ile kaynakta, kaynak işlemi el ile kullanılan kaynak üfleci, elektrod pensesi veya kaynak torcu yardımıyla gerçekleştirilir.

Yarı mekanize kaynakta, kaynak pensesi, kaynak üfleci ya da torcu kaynak bölgesine yarı mekanize bir ekipman ile iletilerek uygulama yapılır.

Tam mekanize kaynakta ise, kaynak pensesi, kaynak üfleci ya da torcu kaynak bölgesine tamamen mekanize edilmiş bir makine yardımı ile iletilir.

Otomatik kaynak işleminde ise, gerek kaynak işlemi ve gerekse de iş parçasının değiştirilmesi gibi tüm ana ve yardımcı işlemler tam olarak mekanize edilmiştir. (Kaluç, 2004)



Şekil 2.1 Endüstride metallerin birleştirilmesinde kullanılan yöntemler.

(Erdoğan Kaluç, Kaynak Teknolojisi El Kitabı, Cilt 1, Kocaeli, Yayın No: MMO/2004/356, sy.31)

2.3 Kaynak Yönteminin Diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması

Bir ürünün ortaya çıkarılmasında, birçok imal yönteminin payı bulunmaktadır. Bu yöntemlerin seçiminde ve pay oranlarının saptanmasında, teknik, ekonomik ve olabilirlik yönlerinden bir değerlendirme yapılması gerekmektedir. (Gültekin, 1991)

Kaynak – perçin

- Kaynak, ağırlık ve işçilikten ekonomi sağlar,
- Kaynak, perçine göre daha iyi bir sızdırmazlık sağlar,
- Kaynaklı bağlantıların mukavemeti, perçinli birleştirmelerden daha yüksektir,
- Kaynak ile daha ucuz ve kolay konstrüksiyonlar gerçekleştirilebilmektedir. (Kaluç, 2004)

- Üretim aşamasında değişiklik yapılması gerektiğinde, perçinleme ile daha kolay sağlanır.

- Perçinde, kaynaklı birleştirmede ITAB'da ortaya çıkan değişiklikler gözlenmez.

Kaynak-lehim

- Kaynaklı bağlantıların dayanımı daha yüksektir.

- Lehimde sıcaklık ana malzemenin ergime sıcaklığının altında olduğundan, ısısal bir sorun ortaya çıkmamaktadır.

Kaynak-yapıştırma

- Yapıştırma işleminde, birleştirilecek metale göre sıcak veya soğuk yapıştırıcılar seçilebildiğinden, metalsel malzemede ısısal bir sorun ortaya çıkmamaktadır.

- Yapıştırma yoluyla birleştirme, özellikle farklı malzemelerin birleştirilmesinde uygun bir yöntem olarak tanımlanmaktadır. (Gültekin, 1991)

Kaynak-döküm

- Kaynakta model masrafı yoktur.

- Kaynak tamiratta üstünlük sağlar.

- Alışılmış kuma döküm yönteminde 6 mm'den ince parçaların eldesi zor olmasına karşın, kaynakta 6 mm'den ince parçalarla yapılan konstrüksiyonlar bir zorluk göstermez.

- Kaynak perçinde olduğu gibi, dökümde de ağırlıktan ekonomi sağlar.

- Yalnız çok sayıda yapılan üretimlerde, ekonomik açıdan döküm üstünlük gösterir. (Kaluç, 2004)

2.4 Kaynağın Sınıflandırılması

Kaynak yöntemleri, uygulanan enerjinin şiddeti ve türüne göre ergitme kaynağı ve basınç kaynağı olmak üzere sınıflandırılabilirdiği gibi, işlemin amacına göre de birleştirme ve doldurma kaynağı olmak üzere iki grup altında incelenebilir.

Ergitme kaynağı, iki veya daha fazla metalik malzemeyi yalnız sıcaklığın etkisi ile yerel olarak ısıtarak, gerektiğinde ek kaynak metali ile birlikte ergitip birleştirmektir.

Basınç kaynağı, iki veya daha fazla metalik malzemeyi ısıtmadan ya da ısıtarak ek kaynak metali kullanmadan yalnız basınç altında birleştirmektir.

Ergitme kaynağında, kaynak sıcaklığı birleştirilen malzemenin ergime sıcaklığından daha yüksektir; buna karşın basınç kaynağında metal ergimedenden kaynak gerçekleştirilir.

Birleştirme kaynağı, iki veya daha fazla parçayı çözülemez bir bütün durumuna getirmektir.

Dolgu kaynağı ise, bir iş parçasının hacmindeki eksikliği tamamlamak veya hacmini büyütmek, ayrıca korozyon veya aşındırıcı etkilere karşı korumak amacı ile, üzerine sınırlı olarak belirli özelliklere sahip malzeme yığmaktır.

Metalik malzemelere uygulanan ergitme kaynağı, ısı enerjisinin türüne ve kaynak bölgesinin havanın olumsuz etkilerinden korunma biçimine göre, birbirlerinden farklılık gösteren çeşitli yöntemler uygulanarak gerçekleştirilir.(Kaluç, 2004) Günümüz endüstrisinde en sık uygulanan ergitme kaynağı yöntemleri şunlardır:

- Döküm ergitme kaynağı
- Gaz ergitme kaynağı
- Elektrik ark kaynağı
 - Karbon elektrod ile kaynak
 - Çıplak tel elektrod ile kaynak
 - Örtülü elektrod ile kaynak
 - Özlü elektrod ile kaynak
 - Tozaltı kaynağı
 - Koruyucu gaz altında kaynak (gazaltı kaynağı)
 - TIG kaynağı
 - Ark atom kaynağı
 - Normal TIG kaynağı
 - Plazma ark kaynağı
 - MIG/MAG kaynağı
 - Soy gaz korumalı kaynak (MIG kaynağı)

- Aktif gaz korumalı kaynak (MAG kaynağı)
- Özlü tel elektrod ile MIG/MAG kaynağı
- Elektrik direnç ergitme kaynağı (Elektrocuruf)
- Elektron ışıın kaynağı
- Laser ışıın kaynağı
- Termit Kaynağı

Endüstride yaygın kullanılan başlıca basınç kaynağı (katı faz kaynağı) yöntemleri de aşağıda sıralanmıştır:

- Soğuk basınç kaynağı
- Ultrasonik kaynak
- Demirci (ocak) kaynağı
- Döküm basınç kaynağı
- Gaz basınç kaynağı
- Elektrik direnç kaynak yöntemleri
 - Direnç nokta kaynağı
 - Direnç dikiş kaynağı
 - Yakma alın kaynağı
 - Direnç saplama kaynağı
- Yüksek frekans kaynağı
- Sürtünme kaynağı
- Elektrik ark basınç kaynağı
- Difüzyon kaynağı
- Sürtünen elemanla birleştirme kaynağı (Kaluç, 2004)

3. DOLGU KAYNAĞI

3.1 Dolgu Kaynağının Tanımı

Dolgu, istenen özellikleri veya boyutları elde etmek üzere, bir metalin yüzeyine dolgu metali koymak şeklinde tanımlanır. İşlem genellikle, farklı bir mühendislik uygulaması için tüm gerekli niteliklere sahip olamayacak bir parçanın ömrünü uzatmak, gerek duyulan yerde korozyona mukavemet, aşınmaya mukavemet ve sağlamlık gibi özellikler sağlamaktadır. (Oğuz, 1993)

Çalışan her alet veya makine eskiyerek, aşınmaya uğrayacak ve ilk ölçüsünü kaybedecektir. Bu durumda ise dolgu kaynağının önemi ortaya çıkmaktadır. Dolgu kaynağının başlıca faydalarını sıralamak gerekirse;

- Yeni parçanın sadece ihtiyacı olan kısmına, üstün özelliği olan pahalı alaşımları kullanma imkânını vermektedir. Esas parça gövdesinde daha yumuşak ve sünek bir metal kullanmakla da işleme masrafları azalmakta ve darbeye karşı dayanım artmaktadır.
- Parçaların ömrü uzamaktadır.
- Yedek parça temininin zor olduğu durumlarda, eski parça kısa zamanda tekrar işler hale getirilebilmektedir. Eski parçanın dolgu ile tamiri çoğu zaman yeni parçadan çok daha ucuza malolmaktadır.
- Kısmen kırılmış veya hatalı işlenmiş parçalar tamir edilebilmektedir. Örneğin; bir veya birkaç dişi kırılmış bir çarkın dişleri yeniden teşkil edilebilmekte veya döküm parçasının yüzeydeki kusurları giderilebilmektedir. (Oğuz, 1976)

Günümüzde dolgu kaynağı tamir ve bakım işlerinde olduğu gibi imalat sahasında da önem kazanmıştır. Dolgu kaynağında amaç metalsel parçaları birbiri ile birleştirme değil, yüzeylerin bir veya birkaç tabaka eş, benzer veya farklı bir metalle kaplanmasıdır. Parçaların çalışması esnasında meydana gelebilecek karşı dirençlerinin artırılması için yapılabileceği gibi, aşınmış parçaları yeniden çalışabilir duruma getirmek amacıyla uygulanabilen metalsel bir örtme-kaplama işlemidir. Böylece aşınmış, korozyona uğramış veya darbe, iç gerilmeler ve yorulma nedeniyle bir kısmı kırılmış bir parça eski boyutlarına getirilebilmekte, yeni parçaların bazı bölgelerinde ise ana malzemeye oranla daha üstün aşınma, sıcakta oksitlenme, darbe veya korozyona dayanıklılık elde edilerek o bölgenin sürtünme katsayısını yükseltmek mümkün olabilmektedir. Özellikle bazı parçalarda meydana gelen aksaklıkların o parçaları yeniden üretmek yerine dolgu kaynağıyla tamir edilme yoluna gidilmesiyle hem zamandan hem de mali açıdan tasarruf sağlanmaktadır. (Anık, Vural, 1993)

Uluslararası Kaynak Enstitüsü'nün tarifine göre dolgu kaynağı; ergitme kaynağı usulleri, metal püskürtme veya lehimleme ile bir ana metal üzerine bileşimi ve özellikleri verilen bir metalin bir veya birkaç tabaka halinde kaplanması işlemidir. (Anık, Vural, 1993)

Çok geniş olan bu tarif elektrik ark kaynağı, koruyucu gaz kaynak yöntemleri, toz altı, gaz ergitme kaynağı ile metal püskürtme ve lehimleme gibi bütün kaynak yöntemlerini kapsamaktadır. Tamir veya tamamlama amacı ile yapılan dolguda, dolgu malzemesi ana metale çok yakın veya aynı bileşimdedir. İlave edilen dolgu parçaya bir takım yeni özellikler sağlayacaksa ana metalden farklı olarak seçilir.

Dolguda uygulanacak metod, dolgunun konusu, yani tamir veya yeni imalat oluşu, parçanın çalışma koşulları, ana metal ile kaynak metalinin cinsi, kabul edilebilen şekil değişimleri (deformasyon ve distorsiyonlar) ve işlemin süre ve maliyetine göre belirlenir.

Onarım kaynağı, hasar meydana geldikten sonra, işlevini yapamaz hale gelen paçalara uygulanmaktadır. Burada amaç, parçayı hasardan sonra onararak yeniden işlevine kavuşturmadır.

Onarım kaynağı uygulama alanları:

- Kaynaklı konstrüksiyonlarda kaynak hatalarının onarımı,
- Hasara uğramış kaynaksız parçaların onarımı,
- Aşınmış parçaların onarımı şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Bakım kaynağı, parçanın hasara uğramadan işlevine devam etmesini sağlamak amacıyla, işlevini yapmakta olan parçalara (hasar oluşmadan önce) uygulanır. (Eryürek, Dikicioğlu, 2005)

Uygulama, özellikle aşınmaya karşı düzenli yağlama yapmanın parçanın kullanım ömrü açısından mümkün veya uygun olmadığı zamanlar sık sık başvurulmuş bir işlemdir. Aşınmış parçalar değiştirme zorunluluğu doğmadan önce defalarca tamir edilebilir. Yedek parça temini zor olduğu zaman aşınmış parça kısa zamanda tekrar çalışabilir duruma getirilebilmekte böylece aşınmış parçanın dolgu ile tamiri çoğu zaman yeni parçadan çok daha ucuza mal edilebilmektedir. Ayrıca taşınması zor ve ekonomik olmayan büyük ve ağır parçaların taşınabilir cihaz ve donatılarla bulundukları yerlerde kaynak edilerek tamir edilmesi mümkün olabilmektedir.

Dolgunun abrazyon mukavemetine yardımcı olduğu yerlerde işlem genellikle sert dolgu olarak adlandırılır. Bu terim, darbe mukavemeti veya alçak sürtünme nitelikleri için sağlam

bir dolgunun yapıldığı yerlerde kullanılır. “Sert” adı sözlük anlamı yerine, burada dayanıklılığı-kalıcılığı ifade etmektedir. Sert dolgunun amacı çalışma ömrünü uzatmaktır.

Sert dolgu, aşınmaya karşı daha nitelikli yüzeyler oluşturmak veya parçaları orijinal boyutlarına getirilebilmek için metal parçaların yüzeylerinin değişik kaynak yöntemleri kullanarak özel alaşımlı malzemelerle doldurulmasıdır. Metalik malzemeler birçok nedenle aşınırlar. Sert dolgu, metal parçaların çalışma ömürlerini uzatmak için aşınma direnci yüksek yüzey oluşturmakta düşük maliyetli bir metottur. Yararlarının içinde daha az parça değişim ihtiyacı, bakım süresinin azalması, ana parçanın ucuz malzemelerden yapılabilirliği, sökme takma süresinin azalması, stok bulundurma miktarlarının azalması ve genel maliyetlerin azalması vardır.

Temel olarak sert dolgu; aşınan parçaları orijinal boyutlarına getirmek ve yeni fakat aşınmaya hassas metal parçaların hızlı aşınmasını önlemek amacıyla uygulanmaktadır. (Cavcar, 2004)



Sert dolgu parçaları orijinal boyutuna getirmek için yapılır.

Sert dolgu parçaları aşınmaya karşı direncini arttırmak için yapılır.

Sert dolgu ve tampon dolgusu parçaları orijinal boyutlarına getirmek ve aşınmaya karşı direncini arttırmak için yapılır.

Şekil 3.1 Sert dolgu kaynakları

(Melike Mihran Cavcar, Sert Dolgu Rehberi, www.oerlikon.com.tr)

Aşınan parçaların onarımı genellikle şu üç aşamayı içerir (Şekil 3.1)

1. Dolgu: Çok fazla aşınan parçaların (veya bölgeler), tok, çatlama direnci yüksek ve üst üste çok sayıda paso yapılabilen kaynak malzemeleri ile çalışma boyutlarına yakın doldurulmasıdır.

2. Tampon paso: Ana metalin veya kaynak metalinin karbon veya alaşım içeriğini seyreltmek için uygulanır.

3. Sert dolgu: Ana metal ve dolgu kaynakları üzerine ark kaynağı ile oluşturulan aşınmaya dirençli yüzeyler çalışma ömrünü uzatır. Sert dolgu, çoğunlukla bir, iki veya üç paso ile sınırlıdır.

3.2 Dolgu Kaynağının Yarattığı Sorunlar

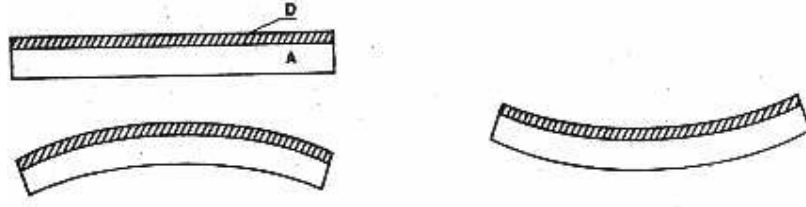
Dolgu kaynağında karşılaşılan sorunlar genel kaynak tekniği ve sorunları ile benzerlik göstermektedir. Bu sorunlar esas itibarıyla kaynağın beraberinde getirdiği ısı etkisiyle ortaya çıkmaktadırlar.

3.2.1 Isıl gerilmeler

Bir yüzey dolgu uygulamasının başarısı bazen iç gerilmeler düzeyinin büyüklüğü ve dış gerilmelerin makaslama, basma veya çekme gerilmeleri olmalarına bağlıdır. Kaynak işleminden arta kalan gerilmeler, çalışma sırasında meydana gelenlere karşı koyabilir ya da bunlara eklenebilirler ki böylece kullanım sırasında çatlağa karşı koyma ya da bunu ağırlaştırma eğiliminde olabilirler.

Dolgular genellikle gerilme giderme işlemine tabi tutulmadıklarından engellenmiş ısıl genleşme ve çekmenin sonucu ortaya çıkan toplam gerilmeler oldukça fazla olabilirler. Bu gerilmelerin çarpılmalar (distorsiyonlar), çatlama ya da başka sıkıntılar yaratıp yaratmaması geniş ölçüde dolgu ile ana metalin mukavemet ve sünekliğine bağlıdır.

Dolgu kaynağında çoğu kez ana metalle dolgu metali birbirinden farklı niteliktedir. Genleşme katsayıları, elastikiyet modülleri değişiktir. Bu nedenle çekme, her iki metalde aynı olmamaktadır (buna ek olarak da dolgunun uygulandığı yüzey derhal ısınıp alt kısım soğuk kalmaktadır). Soğuk bir A ana metali üzerine bir D ergimiş dolgu metali çekildiğinde (şekil 3.2) üst yüzey daha çok genleşecek ve parça, şekilde görülen dış bükey hali alacaktır. Soğumada ise olay tersine dönecektir (alt tabakalar ısınırken üstekiler soğur) ve dolgu tabakasının üstünün çekmesi parçayı iç bükey hale getirir. (Oğuz, 1993)



Şekil 3.2 Dolgu kaynağında ısıl zorlanmalar

(Burhan Oğuz, Dolgu Kaynağı El Kitabı, Oerlikon, sy.4)

Ana parça dolgudan önce bir ön ısıtmaya tabi tutulmuş ise şekil değiştirme daha az olacaktır. Ana parça çok kalınsa, şekil değiştirme azalır veya hiç olmaz, ama parça içinde gerilmeler kalır. (Oğuz, 1976)

Dolgu alaşımları içinde östenitik çelikler en sağlamlarıdır. Çekme ve basmada yüksek süneklik arz ederler. Östenitik malzemenin alaşımsız çelikler gibi düşük ısıl genleşme katsayıları olan malzemeler üzerine kaplanmasıyla, kaplama tabakasında oluşan büyük çekme gerilmeleri östenitin sünekliği yüzünden plastik şekil değişimiyle yok olurlar. Martensitik çelikler süneklik bakımından daha aşağı durumda olsalar da, çekme ve basma mukavemetleri yüksektir. Yüksek karbonlu çelikler ise basmaya kuvvetli ama çekmeye zayıf ve gevreklerir.

Yırtılma tehlikesi en çok, esas malzemeye göre daha büyük genleşme değerine sahip ve şekil değiştirmeye elverişsiz yani sert ve kırılgan olan kaplama malzemelerinde görülür. Esas malzemeye göre ısıl genleşme katsayıları farklı olan kaplama malzemeleri ısı değişimi sırasında özellikle darbeli zorlanma veya basınç altındaysalar çatlamaya veya parçalanmaya meyillidirler. Ana malzeme ve kaplama malzemelerinin arasındaki büyük ısıl genleşme farklarında bu tehlikeye karşı iki tabaka arasına yumuşak bir tampon tabaka gerekir. (Oğuz, 1993)

3.2.2 Ana metal ve dolgu malzemesinin karışması

Sert dolgu kaynağında ana malzeme ile kaynak malzemesinin kimyasal bileşimleri genellikle birbirinden farklıdır. Ana malzeme, parçanın darbeye dayanıklı olması için orta karbonlu bir çelik veya % 14 manganezli östenitik çelik olabilir. Buna karşılık dolgu malzemesi aşınmaya dayanıklı olması gerektiğinden özel bazı elementlerle alaşımlandırılmıştır.

Bir sert dolgu tabakasından beklenen sertlik ve aşınma dayanımı gibi özellikler, ancak bu sert dolgu tabakasının yapımında kullanılan kaynak malzemesinin (örneğin örtülü elektrot)

katalogunda belirtilen kimyasal bileşimine ulaşılması halinde elde edilebilir. Bu ise genellikle üst üste çekilen paso sonunda mümkün olmaktadır. Çünkü kaynak sırasında elektrot çapına, akım şiddetine, ark boyuna, el hareketine bağlı olarak ergiyen belli bir miktar ana malzeme ile elektrot metali karışarak "kaynak metali" adını verdiğimiz yeni bir metal meydana gelir. Bu metal birinci pasoda hem elektrot metalinin hem de ana malzemenin özelliklerini belirli bir oranda taşımaktadır. Üstüne atılan ikinci pasoda ana metalin etkisi azalırken elektrot metalinin etkisi artar. Üçüncü pasoda kaynak metali olarak artık hemen hemen elektrodun özelliklerine sahip olmuştur.

Karışma derecesi, ergimiş ve dolgu malzemesi ile birleşmiş ana metal miktarının toplam olarak ergimiş metal miktarına oranıdır.

Karışma, kullanılan kaynak usulü, çalışma şekli (akım şiddeti, ark uzunluğu, elektroda verilen hareket, dikişlerin şekli vs.), kimyasal bileşim ve tabaka adedine bağlıdır. Bir alaşım elemanının esas malzeme ile ek malzeme arasındaki miktar farkı ne kadar çoksa oluşan karışımın kaynak yapısına etkisi de o kadar büyüktür. Çekilen paso sayısı arttıkça yüzeyin kimyasal bileşimi dolgu metalinin kimyasal bileşimine yaklaşmaktadır. (Oğuz, 1993)

Esas malzemenin kaplama malzemesi tarafından ısıtılır olma kabiliyeti değişkendir. Bazı esas malzemeler kaynak metalinin akmasını zorlaştıran oksitler oluştururlar. Bu durumda alev fazla ısınmaya ve yeterli bir karışmaya neden olacak kadar uzun tutulur. Dolgu malzemesinin ergime noktası esas malzemenin ergime noktasından düşük ise karışım az olur. Ters durumlar da yani esas malzemenin daha düşük sıcaklıklarda ergimesi karışım oranının artmasına neden olur.

Esas malzemenin ısı iletkenliğinin düşük olması kaynak sırasında ısı birikmelerine neden olur. Bu da esas malzemenin ergimesinin artmasına ve ilave malzeme ile iyi bir karışım oluşturamamasına neden olur. Östenitik krom-nikel esaslı malzemenin düşük ısı iletkenliği ve oldukça düşük ergime noktası yüzünden iyi yapılmayan bir kaynak, ana metalinin yanmasına sebep olabilir. Isı iletkenliği düşük olan ilave malzemeler, ergimeyi arttırarak ekonomik olarak avantaj sağlarlar.

Elle yapılmış ark kaynağında birinci tabaka muhtemel olarak %50 ana metal, %50 de dolgu metali içerecektir. Dikkat ve özenle bu oran, %30 ana metal, %70 dolgu metaline indirilebilir. İkinci tabaka böylece ana metalden %25-10, üçüncü tabaka da %12-3 içerecektir. Örneğin, %40 karbonlu bir ana metal üzerine %0,10 karbonlu bir elektrodla dolgu yapıldığında; (Oğuz, 1993)

1. tabaka %0.25 C
2. tabaka %0.17 C
3. tabaka % 0.14 C
4. tabaka %0.12 C
5. tabaka %0.11 C'lu olur.

Görüldüğü gibi ilk pasolarda bileşim, elektrotun bileşiminden hayli değişik olmaktadır. Bu nedenle DIN 8555 normu sert dolguların sertlik ölçüsü için en az üç tabakanın çekilmesini öngörmektedir. Bunu elde etmek için dolgu kaynağı yaparken aşağıdaki hususlara dikkat etmek gerekir. (Oğuz, 1976)

- a) Doğru akımda (redresör veya jeneratör ile) elektrot artı (+) kutup olmalıdır.
- b) Mümkün olduğu kadar küçük elektrot çapı ile çalışılmalıdır.
- c) Seçilen elektrot çapı için elektrot üreticisinin önerdiği akım şiddeti değerlerinden mümkün olan en küçüğü ile çalışılmalıdır.
- d) Kaynak işleminde zigzag el hareketi yapılmalı, düz sıra dikiş esası benimsenmelidir. (Oğuz, 1976)

Sıradan tozaltı ve gazaltı ark kaynakları aynı karışma değerlerini verebilirler. Kısa bir arkla gazaltı kaynağı karışmayı %5'e kadar indirebilir. Bütün yöntemlerde elektrodun salınımı, karışmayı azaltma eğilimi gösterir. Kaynak dikişinin biçimi de karışmayı etkileyebilir. Geniş ve kalın dikişler tercih edilir. (Oğuz, 1993)

TIG, MIG ve oksii-asetilen kaynağı, asgari karışma oranlarının arandığı yerlerde, örneğin çelik üzerinde bazı demir dışı dolguda genellikle tercih edilen yöntemlerdir. Dolgu malzemesinin en düşük ergime noktasına sahip olması halinde oksii-asetilen yöntemi hemen hemen hiç metal karışımı olmadan iyi bir metalurjik bağlantı sağlar, ama bu birleşmede karbürlenme veya karbonca fakirleşme ortaya çıkabilir.

3.2.3 Pullanma

Pullanma, ana metal veya altta yatan sert dolgu tabakalarında kaynak metali parçacıklarının kopup gitmesidir. Kırılan parçalar boyut olarak küçük pullardan, ana metali çıplak bırakan büyük yongalara kadar değişebilmelidir. Pullanmadan kaçınmak için iyi bir yüzey hazırlığı

gerekmektedir. İmalat kaynağında olduğu gibi, sert dolgu kaynakları da ana metalle sağlıklı, çatlaksız bir bağlantı oluşturacaktır. Böyle bağlantılar iş parçası yüzeyinin temiz ve tüm çatlak ve yüzey kusurlarının tamir edilmiş olması halinde elde edilebilir.

Kaynak sıcaklığından itibaren hızlı soğuma bazı ana metallerde gevrek, çatlama duyarlı ısıdan etkilenmiş bölgelerin oluşmasına neden olabilir. Bu bölgeler, çalışma sırasında çatlama eğiliminde olurlar ve böylece de pullanmaya neden olurlar. Bu sorunu çözmenin en emin yolu, uygun bir ön ısıtmanın uygulanmasıdır.

Kalın tabakalar halinde sert dolgu uygulaması, pullanmayı teşvik eden çekme (büzülme) gerilmeleri meydana getirir. Her dolgu tipi için belirtilmiş olandan daha fazla sert dolgu tabakası çekilmemelidir. Daha geniş kaynak gerekiyorsa, sert dolgudan önce ana metal eski ölçülerine getirilmelidir. Bu kalın kaynak sırasında da her tabaka, gerilmeleri gidermek için çekiçlenmelidir. (Oğuz, 1993)

3.2.4 Dikiş altı çatlama

Dikiş altı çatlakları, ana metalin ısıdan etkilenmiş bölgesinde kaynağın altında meydana gelen küçük çatlaklar olup, genellikle yüzeyde görülmezler ama dolgu metalinde pullanma veya çatlama teşvik edebilirler.

Dikiş altı çatlama eğilimi başlıca ana metalin karbon ve alaşım içeriğine bağlıdır. Düşük hidrojen elektrodları (LH) kullanıldığında, terk edilen kaynak tipine bağlı olmazlar. LH olmayan elektrodlarla dolgu, diğer ölçüye getirme veya sert dolgu elektrotlarıyla kaynağa göre 35-150 °C daha yüksek bir ön ısıtmayı gerektirebilir. Bununla birlikte, bu elektrodlarla sıcak ölçüye getirme tabakaları üzerine kaynak, genellikle sorun yaratmaz. Parçayı sıcak tutmak için bütün ölçüye getirme ve sert dolgu işlemleri kısa sürede bitirilmelidir.

Dikiş altı çatlama önleminin en kolay yolu, ön ısıtma ile soğuma temposunu yavaşlatmaktır. Her zaman parçanın kaynaktan önce 20-35 °C oda sıcaklığında bulunduğundan emin olunmalı ve belli bir ana metal için önerilmişse daha yüksek ön ısıtmalar kullanılmalıdır. (Oğuz, 1993)

3.2.5 Gerilme kırılması

Bazı parçalarda eskiden kalma iç gerilmeler bulunabilir. Bunlara kaynak gerilmeleri eklendiğinde parça kırılabilir. Bu tip kırılmalar kaynağın yakınında veya parçanın herhangi bir zayıf noktasında meydana gelirler. Genellikle sert dolgu sırasında; yüksek derecede rijid

parçalar (kütlesel parçalar ve karmaşık şekiller esasen rijiddirler), büzülmüş parçalar, bazı büyük dökümler, özellikle orta ile yüksek karbonlu çelik veya orta karbon düşük alaşımlı çeliklerden yapılmış olanlarda ve ısıtma işlemiyle sertleştirilmiş parçalarda karşımıza çıkmaktadır.

Gerilme kırılması riskini en aza indirmek için:

Belli bir ana metal tipi için belirtilmiş sıcaklık aralığının yüksek tarafına yavaşça ön ısıtma yapılmalıdır. Bu ön ısıtma mümkün olduğu kadar tekdüze (uniform) olmalıdır. Büzülmüş, çekmiş parçalar, gevşeyene kadar ön ısıtılmalıdır.(Manganezli çelik, daha yüksek bir genleşme katsayısına sahip olduğundan, daha alçak bir sıcaklık gerektirir.) Isıl işlemli, sertleştirilmiş parçalar kontrollü atmosferde tavlansak, belirtilmiş ön ısıtma sıcaklığına yavaşça soğutulmalıdır. Kaynak işlemi, uzun süre geçirmeden tamamlanmalıdır. Parça yavaş ve uniform olarak soğutulmalıdır. Bunun için bir asbest, cam elyafı ve benzeri yalıtkan malzeme ile örtülmeli veya bir ocakta soğutulmalıdır. (Oğuz, 1993)

3.2.6 Kaynak çatlaması

Enine çatlama: Ağır abrazyona dayanmak için yapılan sert dolgu kaynakları genellikle enine çatlama gösterir. Bu çatlama faydalıdır şöyle ki, pullanma veya distorsiyon meydana getirebilecek olan gerilmeleri giderir. Çatlama, 650 °C'a ön ısıtılarak asgariye indirgenebilir. Başka terk edilen metal tiplerinde, enine çatlak zararlı olabilir. Büyük kitleli, rijid veya karmaşık şekilli parçalarda meydana gelir.

Uzunlamasına veya orta çizgi çatlaması: Bu tip çatlama kötü dikiş şekline bağlı olup, dikişin çok yassı çekilmesinden ileri gelir. Bazı önlemlerin alınması bu sorundan kaçınmada yardımcı olacaktır. Örneğin, ip dikiş veya en az salıntı tekniği ve alçak akım şiddeti kullanmak, köşe kaynaklarının hafifçe dışbükey olması gibi önlemler çatlak riskini azaltmada etkili olacaktır. (Oğuz, 1993)

3.2.7 Distorsiyon

Birçok halde sert dolgudan meydana gelen iş parçasının distorsiyonunun miktarı ihmal edilebilecek düzeydedir. Dolayısıyla kaynak için parçayı pozisyonda tespit etmek, gerekli tek önlemdir. Bazı hallerde, distorsiyona izin vermek için dolgu gereğinden fazla yapılır. Bundan sonra da talaşlı işleme ya da taşlama ile ölçüye getirilir. Bazen de, çatlamadan eğilebilecek kadar sıcakken parça doğrultulur. (Oğuz, 1993)

4. AŞINMA VE AŞINMA FAKTÖRLERİ

Aşınma koşullarının oldukça çeşitli olması nedeniyle, çalışma ve nitelikler arasında basit bir ilişki kurmak zordur. Bu sebeple, dolgu kaynağı öncesinde çalışma koşulları ve aşınma tipinin saptanması işin en önemli ve en hassas yanını oluşturmaktadır.

Metalik parçaların aşınmaları, metalin korozyona uğraması, orijinal boyutlarını kaybetmesi ya da çatlaması şeklindedir. Deforme olan bu parçalar işlevlerini yerine getiremeyeceğinden değiştirilmeli veya tamir edilmelidir. Bu parçaları orijinal boyutlarına doldururken, sert dolgu alaşımını ve prosedürünü seçerken en önemli konu, aşınma nedenlerini anlamaktır. Metal malzemeler genelde aynı anda iki ya da daha çok aşınma faktörünün bileşimine maruz kalırlar. Bu, dolgu alaşımının seçimini daha karmaşık hale getirmektedir.

Sert dolgu alaşımı çalışma ortamında karşılaşılan her aşınma faktörüne direnç gösterecek şekilde seçilmelidir. İlk dikkat edilmesi gereken nokta, birincil aşınma nedenidir ve daha sonra da ikincil aşınma nedeni gözden geçirilmelidir. Örneğin; aşınan bir parça incelenirken birincil aşınma faktörünün abrazyon ve ikincil aşınma faktörünün de hafif darbe olduğu tespit edilmiştir. Seçilecek sert dolgu alaşımı çok yüksek abrazyon direncine ve orta derecede darbe direncine sahip olmalıdır. (Cavcar, 2004)

Başlıca beş tip aşınma faktörü vardır. Bunlar:

- 1) Abrazyon (Düşük Gerilimli, Yüksek Gerilimli, Oyma Abrazyonları)
- 2) Darbe,
- 3) Adhezyon (metal-metal sürtünmesi),
- 4) Yüksek Sıcaklık,
- 5) Korozyon.

4.1 Abrazyon

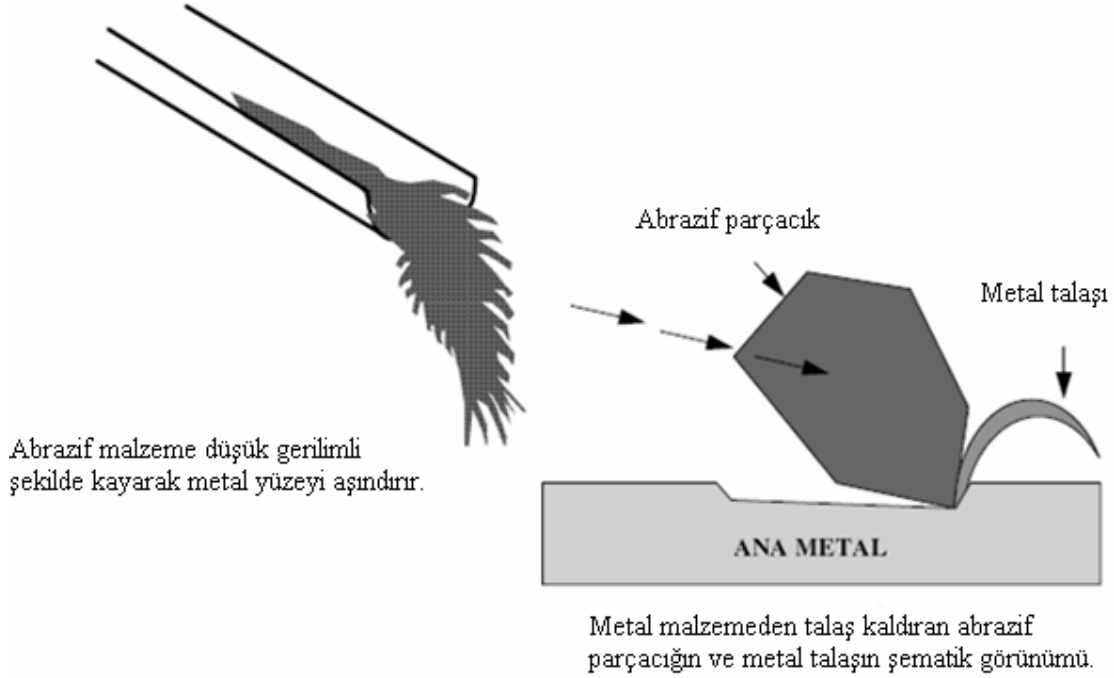
Abrazyon, metal olmayan malzemelerin metalik malzemeleri sürtünme ve ovalama ile aşındırmasıdır. Tüm endüstrilerde kullanılan parçaların % 55 - 60'ı bu şekilde aşınırlar. Abrazyon aslında aşınma problemlerinin yalnızca bir grubudur ve üç ana gruba ayrılabilir.

4.1.1 Düşük gerilimli kazıcı abrazyon

Aşındırıcı parçacık keskin kenarları ile ana malzemeyi şekil 4.1'de görüldüğü gibi aşındırmaktadır. Aşınmanın oranı aşındırıcı parçacığın hızına, büyüklüğüne, sertliğine ve

kenarlarının keskinliğine bağlıdır. Bu tür aşınmalara karşı karbür içeren (krom-karbür) sert dolgu alaşımları yaygın olarak kullanılır. Darbe olmaması nedeniyle kırılgan yapıya sahip olan yüksek karbonlu ve kromlu çelik alaşımları bu tür aşınmalara iyi dayanım gösterirler. (Oğuz, 1993)

Düşük gerilimli kazıcı abrazyon ile aşınan parçalar: Zirai aletler, cevher ayırma makinaları, elekler, sulu karışım pompa hazneleri, kum kepçeleri, olukları v.b.



Şekil 4.1 Düşük gerilimli kazıcı abrazyon ile aşınma

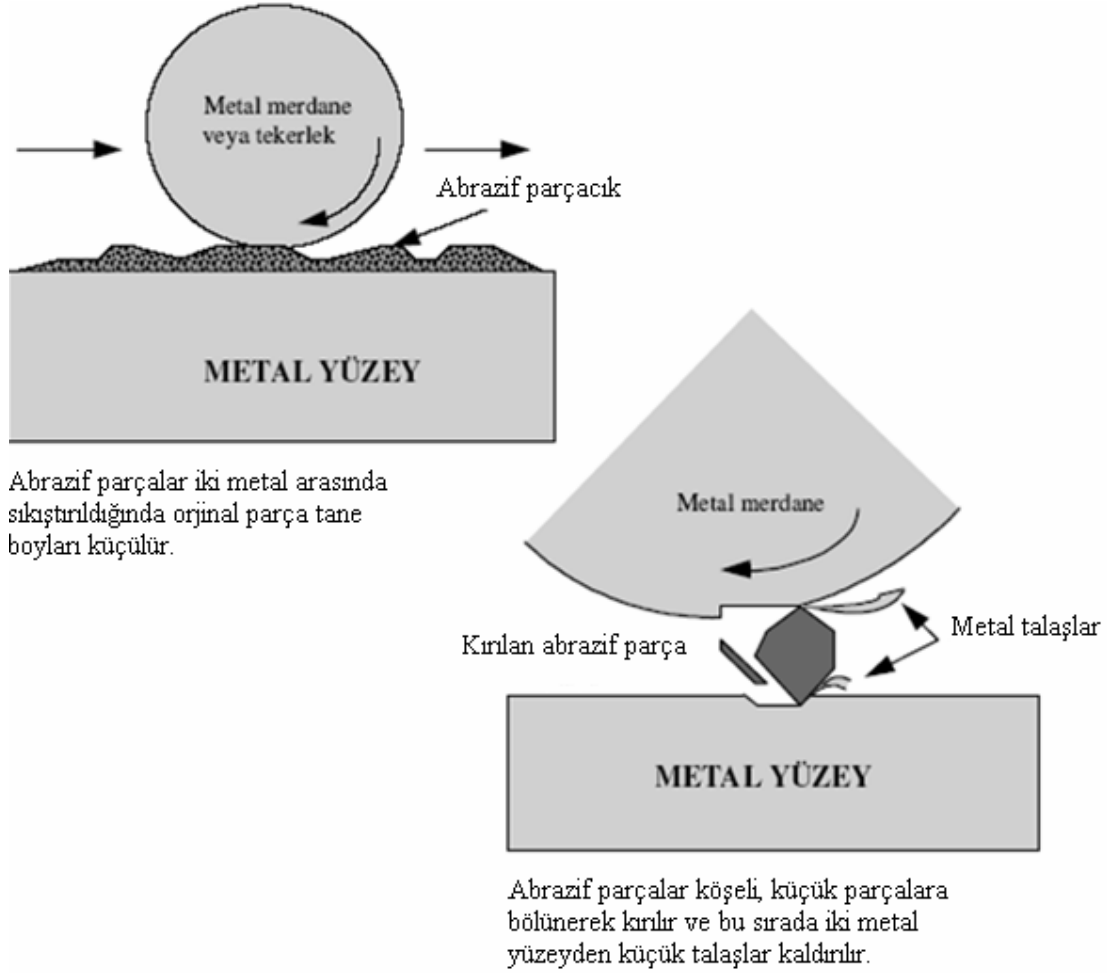
(Melike Mihran Cavcar, Sert Dolgu Rehberi, www.oerlikon.com.tr)

4.1.2 Yüksek gerilimli öğütme abrazyonu

Bu abrazyon türü, birinci tür basit kazıcı abrazyondan daha fazla aşındırır. Metal bir yüzeyle küçük sert aşındırıcı parçalara, parçayı kırarak ve öğütecek kadar yüksek kuvvetin uygulanması ile olur. Sert aşındırıcı parça iki metal yüzey arasına sıkıştırılarak öğütülmekte ve bu sırada parça metal yüzeyleri şekil 4.2’de görüldüğü gibi aşındırmaktadır. Yüzey bozulur ve çatlamar olabilir. Bu tür aşınmalarda sert dolgu alaşımı olarak manganlı östenitik çelikler, martensitik ve bazı karbürli alaşımlar (Ti-karbürler gibi küçük karbürli ana yapılar) başarıyla kullanılır.

Yüksek gerilimli öğütme abrazyonuna maruz kalarak aşınan parçalar: Helezonlar, sıyrıcı

bıçakları, öğütücüler, toplu bilyalı öğütücüler, merdaneli kırıcılar, merdaneler, zincir dişlileri, pervaneli karıştırıcılar v.b. (Cavcar, 2004)



Şekil 4.2 Yüksek gerilimli öğütme abrazyonu ile aşınma

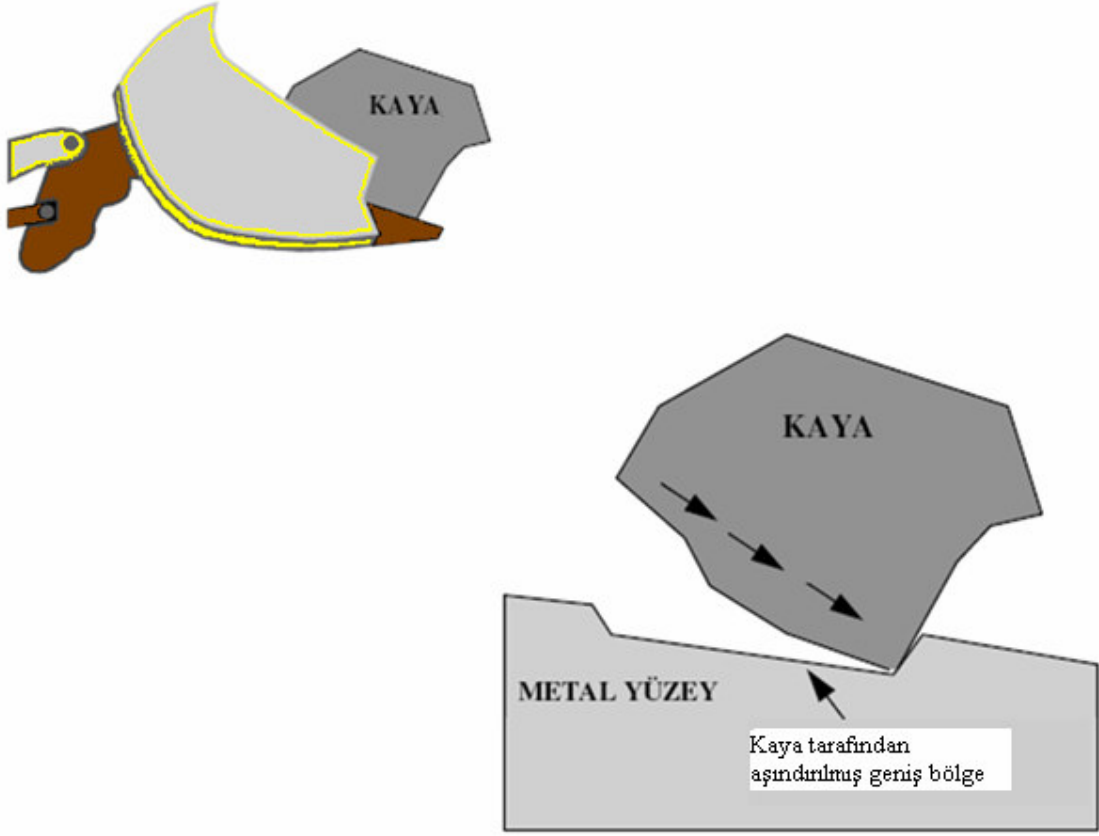
(Melike Mihran Cavcar, Sert Dolgu Rehberi, www.oerlikon.com.tr)

4.1.3 Oyma abrazyonu

Yüksek gerilimli öğütme ve düşük gerilimli kazıcı abrazyonlarının darbe ve parça ağırlığı ile birleştiğinde ortaya çıkan aşınma şeklidir ve aşınma çok yüksek olur. Ağır aşındırıcı parça metal malzeme üzerinde basınçla etki ederek ve metal malzemeyi şekil 4.3’de görüldüğü gibi oyarak aşındırmaktadır. Bu tip aşınmada aşındırıcı parçalar kesme aletleri gibi parçayı aşındırırlar. Bu tür aşınmalara karşı karbür içeren alaşımlar özellikle belli bir tokluğu olan manganlı östenitik çelik matriste dağılmış karbür içerenler başarı ile kullanılır.

Oyma abrazyonuna maruz kalan parçalar: Kazıcı kepçeler, ekskavatör kovaları, döner kaya

kırıcları, silindir kırıcılar, çeneli kırıcılar, konik kaya kırıcıları v.b. (Cavcar, 2004)



Büyük kaya parçasının metal yüzeye nasıl basınç yaptığı ve oyduğu görülmektedir. Büyük oyuk metal yüzeydeki plastik akmanın sonucudur.

Şekil 4.3 Oyma Abrazyonu ile Aşınma

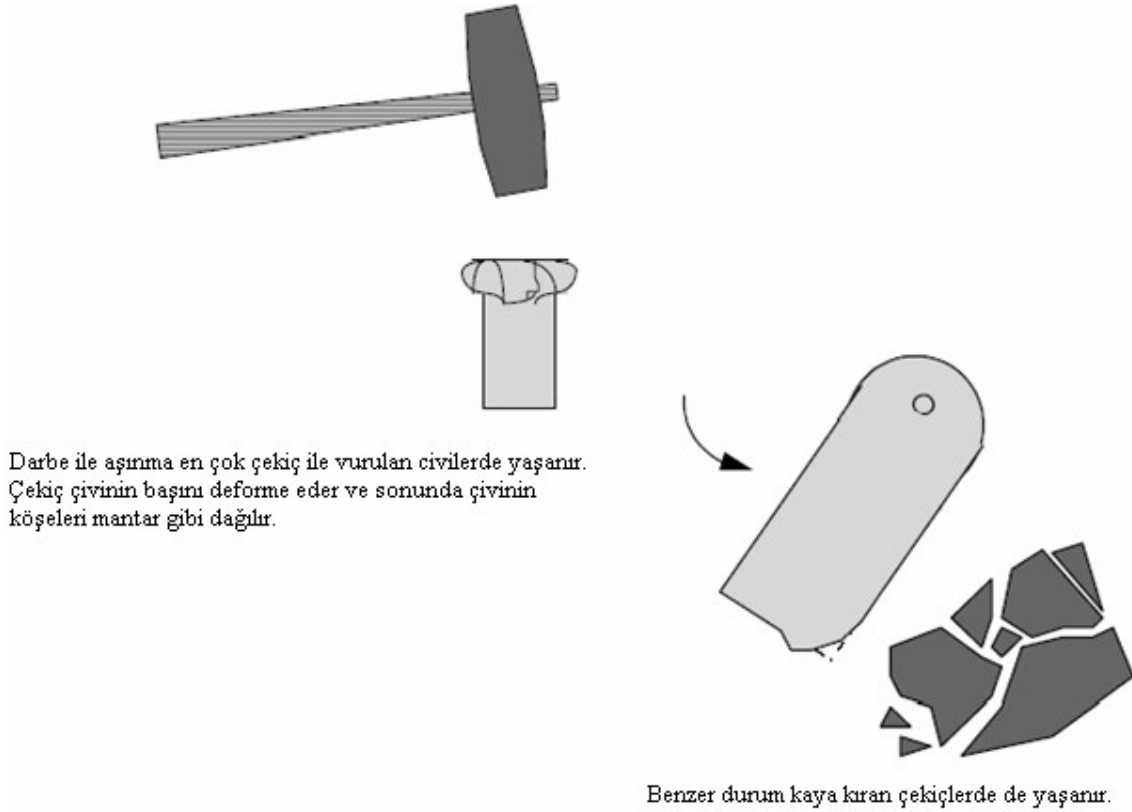
(Melike Mihran Cavcar, Sert Dolgu Rehberi, www.oerlikon.com.tr)

4.2 Darbe Aşınması

Darbe altında çalışan metallerin yüzeylerindeki gerilimler elastik deformasyon sınırını aştığında yüzeydeki metaller deforme olarak yayılır ve zaman içinde koparlar. Çok sert ve gevrek metal yüzeyler kuvvetli darbelerde veya hafif sürekli darbeler sonucu deformasyona uğramadan kırılırlar. Sünek metaller bu darbeler altında kırılmaz fakat şekil 4.4’de görüldüğü gibi darbe altında ya mantar başı gibi şekil alırlar veya keskin kenarları yuvarlanma eğilimi

gösterirler. Bu tür aşınmalara karşı yüksek darbe altında soğuk sertleşme kabiliyeti olan % 11-20 Mn'lı (manganlı) östenitik çelikler en iyi çözümdür. Ayrıca martensitik sert dolgu alaşımları manganlı östenitik alaşımlar kadar olmasa da orta şiddetli darbelere karşı dayanıklıdır.

Darbe aşınmasına maruz kalan parçalar: Bağlantı burçları, kırıcı silindirler (merdaneler), kırıcı çubuklar, çekiçler, demiryolu geçidi, demiryolu makas göbekleri v.b. (Cavcar, 2004)



Şekil 4.4 Darbe ile aşınma

(Melike Mihran Cavcar, Sert Dolgu Rehberi, www.oerlikon.com.tr)

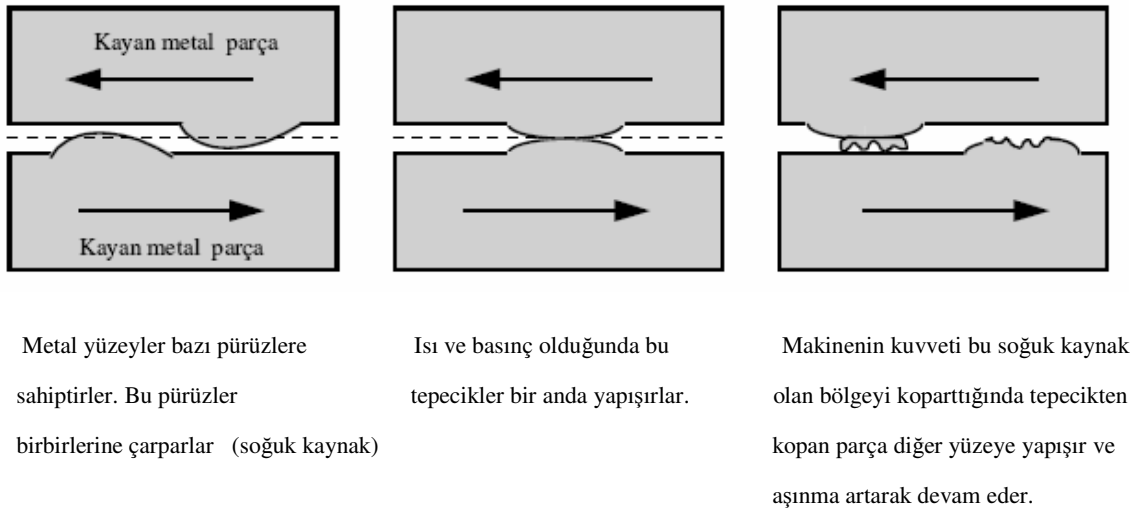
4.3 Adhezyon

Bu tür aşınma metal parçaların yağsız olarak birbirlerine sürtünmesi ile oluşur. Şekil 4.5’de görüldüğü gibi iki metal yüzey birbirine sürtünmekte yüzeydeki pürüzlülük nedeniyle metalden parça kopararak diğer parçaya yapışmaktadır. Bu işlemin devam etmesi sonucu aşınan kısım kopan parçanın yardımıyla daha da çabuk aşınacaktır. Yumuşak ve sert yüzeyler birlikte çalıştığında aşınma çok hızlı olur fakat adhezif direnç açısından çok yakın sertlikteki

yüzeylerin birlikte çalışması da sakıncalıdır. Yumuşak yüzeyler sert yüzeyler ile karşılaşınca daha hızlı aşınacaklarından adhezif aşınma yaşanan parçaları sert dolgu yaparken bir yüzeyin diğerinden daha sert olmamasına dikkat edilmelidir.

Metal-metale (adhezyon) sürtünme aşınması aşınma tiplerinin toplamının % 15'ini oluşturur. Bu tür aşınmalarda martensitik sert dolgu alaşımlarının kullanılması en iyi çözümdür. Manganlı östenitik ve kobalt alaşımları da başarı ile uygulanabilir.

Adhezif aşınmaya maruz kalan parçalar: Çelik hadde merdaneleri, taşıyıcı komponentler, yağlanmamış rulman yüzeyleri, makas ağızları, silindir yatakları v.b. (Cavcar, 2004)



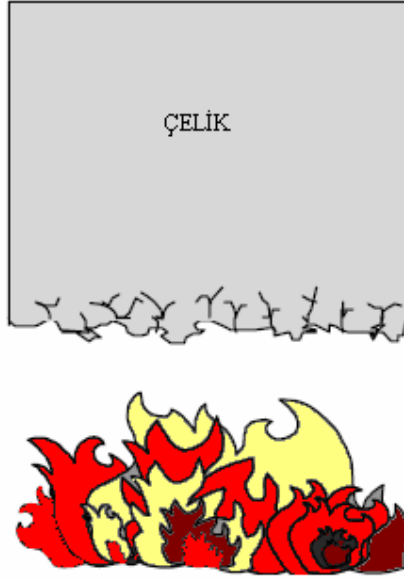
Şekil 4.5 Adhezyon ile Aşınma

(Melike Mihran Cavcar, Sert Dolgu Rehberi, www.oerlikon.com.tr)

4.4 Yüksek Sıcaklık Aşınması

Çelik yüzeyler yüksek sıcaklıklara uzun süre maruz kaldıklarında bozulurlar. Isı metalin mikroyapısını etkileyerek dayanımını düşürür. Metaller yüksek ısı ile karşılaştıklarında yüzeylerinde şekil 4.6'da görüldüğü gibi çatlamlar ve kırılmalar meydana gelir. Yüksek sıcaklıklarda metallerde görünen bu durumun ana nedeni, yoğun bir ısınma ve ardından ani soğumalarla metalin yorulmasıdır. Buna ısı yorulması da denebilir. Tekrarlanan bu durum neticesinde genleşme ve büzüşme sonucu derin çatlaklar oluşur. %5-12 Cr (krom) içeren martensitik çelikler bu tür aşınma durumlarında en çok kullanılan çeliklerdir. Birçok krom-karbür alaşımı da 650°C'ye kadar aşınma dayanımına sahiptir. 650°C'den daha yüksek sıcaklıklar için demir dışı alaşımlar kullanılır.

Yüksek sıcaklık nedeniyle aşınan parçalar: Sürekli döküm merdaneleri, çelik iş merdaneleri, sıcak dövme kalıpları, sinter kırıcılar v.b. (Cavcar, 2004)



Bazı uygulamalarda karşılaşılan yüksek sıcaklıklar yüzeyin çatlamasına ve dökülmesine neden olur.

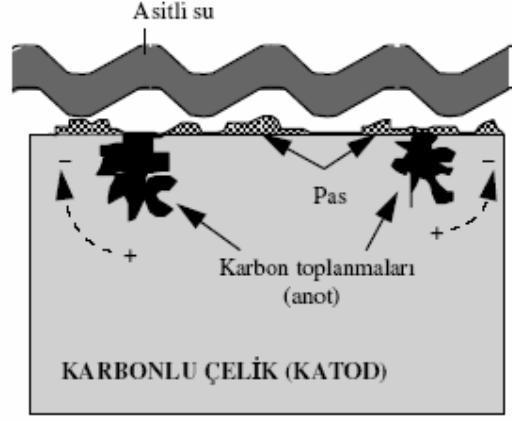
Şekil 4.6 Yüksek Sıcaklık Aşınması

(Melike Mihran Cavcar, Sert Dolgu Rehberi, www.oerlikon.com.tr)

4.5 Korozyon Aşınması

Demir içeren metaller aşınmaya neden olan korozyonun pek çok türüne maruz kalırlar. Bu tip aşınmanın en yaygın olanı paslanmadır. Pas yüzeyin okside dönüşmesidir ve bu oksit tabaka zamanla kalkarak orjinal metal kalınlığını azaltır (şekil 4.7).

Korozyon, aşınma mekanizmasında genellikle ikincil faktör olarak görülür. Sert dolgu alaşımları korozyona karşı dayanım sağlarlarsa da, özel korozif ortamlar için özel sert dolgu alaşımları da seçilebilir.



Şekil 4.7 Sıvı korozyonu nedeniyle aşınma

(Melike Mihran Cavcar, Sert Dolgu Rehberi, www.oerlikon.com.tr)

Su çelik ile temas ettiğinde küçük elektrik pilleri oluşur. Asitli su çelik yüzeyi etkilemeye başlar. Sonuçta yüzeyin oksitlenmesine neden olur. (Cavcar, 2004)

5. AŞINMAYA KARŞI YÜZEY DOLGUSU

Yüzey dolgusu; darbe, erozyon, korozyon, abrazyon vb. aşınma durumlarında, yüzeyin orijinal boyutlarına getirilmesini sağlamak ve dayanımını arttırmak amacıyla yapılır. Kaynak yönteminin ve dolgu malzemesinin seçiminde aşınma faktörleri göz önüne alınmakta ve en uygun yöntem tercih edilmektedir.

5.1 Korozyona Mukavemet İçin Yüzey Dolgusu

Korozyon, metallerde oldukça pahalı ve erken hasarlara yol açan bir faktördür. Korozyonun bu etkisinden korunmanın en etkili yollarından bir tanesi metal yüzeyinin, korozyon direnci daha yüksek dolgu malzemeleriyle kaplanmasıdır. Galvanizli çelikler ve non ferritik yüzey kaplamalı metaller korozyonu azaltmak için uzun zamandır kullanıla gelmiş malzemeler olmuşlardır. (Cary, 1989)

Metal yüzeyinin zarar görmesinde, korozyon ve erozyon, korozyon ve kaviteasyon vb. gibi birden fazla faktör etkili olabilir. Dolayısıyla tamir işlemine karar vermeden önce aşınmanın meydana geliş sebebi analiz edilmeli, uygun dolgu malzemesi ve yöntem belirlenmelidir. Kaynakla yüzey dolgusu yönteminin karbonlu yumuşak çeliklere uygulanmasında bazı metalurjik değişimlerin göz önüne alınması gerekmektedir. (Cary, 1989) Korozyon mukavemeti açısından, karışmanın etkisi, kaynakta metal yığılma hızı gibi faktörler yöntem seçiminde belirleyici faktörler olarak ortaya çıkmaktadır. Örneğin ana metalin karbon oranı elektrodun karbon oranından yüksek ise, bu durumda karışma sonucu kaynak dikişindeki karbon oranı ana metale yakın olacaktır. Karbon oranı yüksek olan bir kaynaklı yapıda ise çatlamların meydana gelme tehlikesi oldukça yüksektir. Ayrıca yapıda bulunan kükürt ve fosfor gibi elementler de kaynaklı yapı için tehdit oluşturmaktadırlar. (Oğuz, 1993)

Uygulamada genellikle büyük tankların içlerinin kaplanması olduğu gibi, çoğu kez büyük alanlar söz konusu olup, bunlar otomatik kaynak yöntemlerinin hız ve ekonomisini gerektirirler. Elle kaynak genellikle yüzeyin bölgesel tamiri veya kaplamalı levhaların birleştirilmeleri işleriyle sınırlı kalır. Çok tabakalı dolgular tek tabakalısına göre daha pahalı olduğundan, çok daha yüksek alaşımlı elektrod seçimiyle karışmanın uygun şekilde telafi edilebilmesi halinde tek tabakalı bir dolgu tercih edilir. Bununla birlikte çok tabaka mecbur kalınan durumlarda ana metalin hemen üstüne bir koruyucu tabaka (tampon) gerekebilir. Korozyona karşı dolguların çoğunda paslanmaz çelik, nikel esaslı alaşımlar ve bakır esaslı alaşımlar kullanılır. (Oğuz, 1993)

Karışmanın kontrolü, seçilen donanım ve kaynak tekniği ile sağlanabilir. Seri bağlanmış ark kaynağı (ark, ana metalle elektrod arasında değil de, iki elektrod arasında tutuşur) ve belki buna ilaveten üçüncü bir dolgu teli, arkın enerjisini ana metalden çok dolgu metalini ergitmeye yoğunlaştırır. %10 kadar aşağı bir karışma elde edilebilir. Oysa tek elektrodlu tozaltı kaynağında bu oran, %30 ile %50 arasındadır. Seri ark kaynağında metal terk etme oranı daha yüksek olur. (Oğuz, 1993)

TIG yönteminin elverişsizliği alçak metal terk etme oranı olmakla birlikte, bu yöntemde karışma oldukça sınırlıdır ve ayrıca sacdan kesilmiş bandların dolgu metali olarak kullanılabilme imkânı bulunmaktadır. Bu durum bazen tel halindeki elektrodla elde edilemeyen dolguya imkân sağlar. Benzer olarak toz altı kaynağında dolgu metali olarak paslanmaz çelik bandlar kullanılabilir. Bu da geniş dikişler ve yüksek metal terk etme oranları elde etmeyi sağlar. (Oğuz, 1993)

Örtülü elektrod kaynağı, pozisyon dışı dolgular ve hacim sınırlamalarının başka yöntem kullanımasına olanak vermediği hallerde geniş ölçüde kullanılır. Dikişler bir öncekinin yarısının üstüne binecek şekilde olup, ark ana metal üzerine değil, kaynak banyosu üzerine yönelecektir.

Bütün teknikler geniş, yassı ve olabildiğince kalın dikişleri amaçlamaktadır. Dikişlerde karışma ve çatlama eğilimine karşı ince kenarlardan ve curuf tutabilecek dik kenarlardan kaçınılmalıdır. Aralıklar ve düşük alaşımlı alanlardan kaçınmak için dikişler bir öncekine bindirilmelidir. (Oğuz, 1993)

Korozyon genellikle küçük kusurların üzerinde belirmeye başlar. Bu nedenle yüzeyin mükemmelliği bir zorunluluktur. Çatlaklardan ve curuf girmelerinden kaçınmak, çoğu abrazyon çalışmadakinden daha önemlidir. Yüzeyin son kontrolü mutlaka yapılmalıdır. (Oğuz, 1993)

Korozyon direnci için kullanılan dolgu malzemeleri oldukça çeşitlidir. Bakır esaslı alaşımlar, bakır-silikon ve bakır-kalay alaşımları korozyona karşı dirençte kullanılan alaşımlardandır.

Östenitik paslanmaz çelikler (standart alaşım tipleri; 308, 309, 310, 316, 347), korozyon direnci için kullanılan alaşım gruplarındandır. Bu alaşımlar ayrıca, yüksek gerilimli abrazyon, oksidasyon ve darbe aşınmasına karşı da etkin rol oynamaktadırlar. (Cary, 1989)

Nikel esaslı, %100 nikel, monel (%67 Ni-%30 Cu) ve inconel (%72 Ni-%7 Fe, %16 Cr) gibi alaşımlar, karbon ve düşük alaşımlı çeliklerin yüzey dolgusunda kullanılabilir. Nikel alaşımlarıyla kaplamada çoğu kez ana metale bileşim bakımından yakın bir dolgu metali

seçilir. Nikel, nikel-bakır, nikel-krom, veya nikel-demir-krom alaşımlarının korozyon mukavemetini eski haline getirmek için genellikle kaynak sonrası ısıt işlemler gerekmez.

Nikel-molibden ve nikel-silisyum alaşımlarının ısıdan etkilenmiş bölgeleri, alaşımların korozyon mukavemetini etkileyebilir. Genellikle ısıdan etkilenmiş bölgenin mukavemetini eski haline getirmek için kaynak sonrası bir tavlama işlemi uygulanabilir. (Cary,1989)

Her türlü kaynak cürufu ve dekapın (fluks) kalıntıları temizlenmelidir. Bu özellikle kaynaklı parçanın yüksek sıcaklıklarda kullanılması halinde önemlidir. Redükleyici atmosferde yüksek sıcaklıklarda kükürt kaynak cürufunda hızla birikir. Oksitleyici ortam ise sıcaklık cürufun ergime noktasını aşınca, ağır korozif etki yaratır. (Oğuz,1993)

5.2 Abrazyon Mukavemeti İçin Yüzey Dolgusu

Abrazyon mukavemeti yüzey dolgusunun ilk ve en önemli uygulamasını oluşturmaktadır. Dolgu metalleri, aşınmaya neden olan koşulların belirlenmesi ve bu metallerin en ekonomik kaynak yöntemine uygunlukları esasına göre seçilmektedirler. Koşulların analiz edilmesinde belirleyici etkenler abrazyon ve darbe faktörleri olup, ısı, korozyon ve bazen yorulma da belirleyici faktörlere dâhil edilebilirler. Analizde, abrazifin mahiyeti, ortaya çıkış nedeni, sertliği, keskinliği, sağlamlığı gibi çeşitli faktörler, gerilme düzeyleri, mevcut olan darbe miktarı, dolgu tabakasına sağlanan desteğin türü, uygulana gerilmenin cinsi (çekme, basma veya makaslama), çalışma sıcaklığı ve diğer görünürde önemli çevresel koşullar ayrıntı bir şekilde saptanıp, bu faktörlere karşı koyma kabiliyetine sahip dolgu alaşımları belirlenmelidir. (Oğuz, 1993)

Sertlik, erozyon koşulları altında, özellikle bir alaşımın bireysel bileşenlerinin mikro sertlikleri değerlendirildiğinde bir fayda unsurudur. Tungsten karbürü, sert, yüksek kromlu dökme demirler ve martensitik dökme demirler bu tür aşınmaya karşı son derece dayanıklıdır. (Oğuz, 1993)

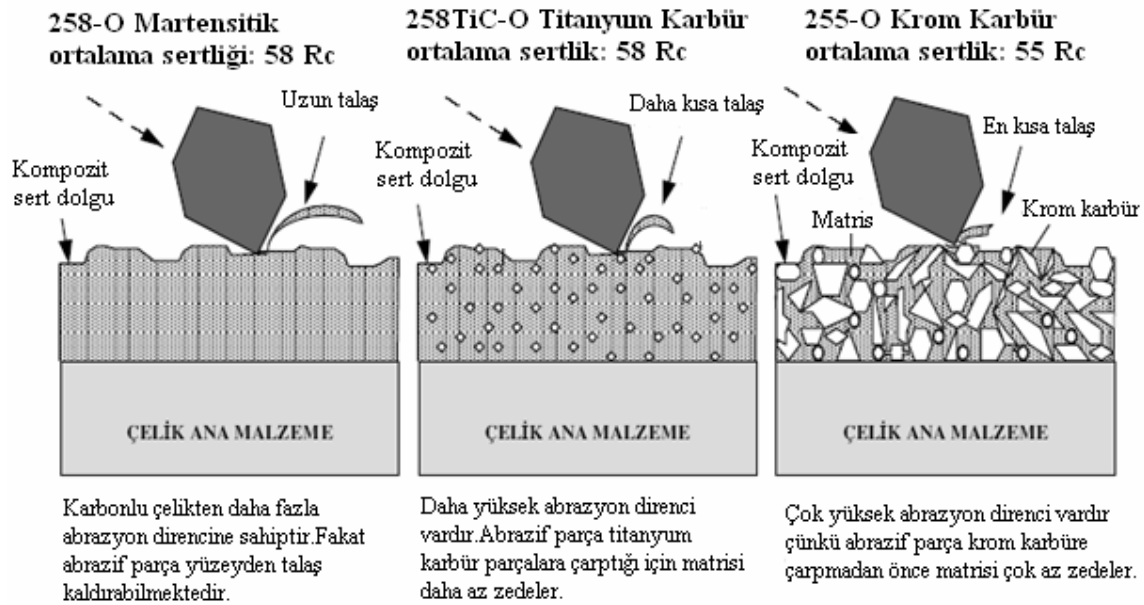
Nispeten yumuşak ama sağlam alaşımların daha sert malzemeleri aşındırdıkları öğütücü abrazyon yanında darbe de olabilir. Bu durumda aşınma ile darbenin çeşitli birleşimlerini karşılamak üzere, sağlam östenitik manganez çeliğinden (hava çelikleri dâhil), martensitik demirlere kadar kullanılmaktadır. (Oğuz, 1993)

Oyma abrazyonunda da belirleyici olan sertlik değil sağlamlıktır. Kitlesel parçalar kırılmaya dayanmak için yeterince sağlam olacak ve yüzeyleri daha yüksek abrazyon dayanımına sahip olacaktır. Bu koşullar altında yüzey dolgusu ekonomik açıdan oldukça yarar sağlayacaktır.

Yüksek derecede sağlamlığı zorunlu kılan ağır koşullar altında, östenitik manganezli çelik tercih edilen alaşım türü olmaktadır. (Oğuz, 1993)

Birbirleri üzerinde kayan sistemlerde abrazif etkilerin önlenmesi konusunda sertlik birinci derecede önem arz etmektedir. Abrazif aşınmaya dayanması gereken yüzeyler, abrazif zerrelerden daha sert olmalıdır. En çok bulunan abrazif, katı cisim olan silisyum taneleridir. Metallerde elde edilen sertliğe yakın sertlikte olup, aşındırmasına dayanacak metal cinsleri ise sayılıdır. (Cavcar, 2004)

Kayan sistemlerde abrazif maddeler yok edilmelidir. Bu da en iyi şekilde devreden yağı filtre ederek elde edilir. Bununla beraber birbirleri üzerinde kayan malzemelerden birisinin sert, diğerrinin yumuşak olması, koruyucu tedbiri arttırır. Çünkü yumuşak malzeme, abrazif zerreyi toplar ve kendi içine gömer. Büyük parça kopması çoğu zaman malzemenin yüzey yorulma kırılmasından meydana gelir. Bu nedenle seçilecek metalin iyi bir yorulma mukavemetine sahip olması gerekmektedir. (Oğuz, 1993)



Şekil 5.1 Sert dolgu alaşımlarının sertlik ve aşınma direncine göre karşılaştırılması

(Melike Mihran Cavcar, Sert Dolgu Rehberi, www.oerlikon.com.tr)

Abrazif aşınma durumunda iki tip malzeme grubunun incelenmesi gerekmektedir. Aşınma istenildiği zaman abrazif olarak kullanılacak malzeme ve abrazyonun önlenmesi gerekip de abrazif maddelerin var olmaları halinde birbirleri üzerinde kayacak malzemeler. (Oğuz, 1993)

Abrazif malzemenin iyi bir kesme yeteneğine sahip olabilmesi için ölçüt, sertlik ve

keskinliktir. Sertlik ölçütü, abrazifin aşındırıcı malzemeden daha sert olması gerektiği anlamına gelmekle beraber, etkili kesme bakımından sertlik farkının çok fazla olması gerekmez. (Oğuz, 1993)

Bir abrazifte aranan ikinci özellik keskin olmasıdır. Dolayısıyla yüksek zorlamalar karşısında keskin nokta ve köşeler göstererek dağılan gevrek abrazifler daha faydalıdır ve bu nitelik, metal olmayan abraziflerin tercih sebebini teşkil eder.

Söz konusu niteliklerin her ikisi de metal olmayan sert malzemelerin abrazif olarak en uygun malzemeler olduklarını gösterir, çünkü bunlar hem en sert olanlardır hem de gevrek kırılma ile dağılırlar. (Oğuz, 1993)

Çizelge 5.1 Abrazif olarak kullanılan malzemeler

(Burhan Oğuz, Aşınma Sorunları ve Dolgu Kaynakları, İstanbul, Oerlikon, 1993, sy.278)

Malzeme	Bileşim	Sertlik (kg/mm ²)
Elmas	C	8000
Bor karbürü	B ₄ C	2750
Karborondum, silisyum karbürü	SiC	2500
Titanyum karbürü	TiC	2450
Korundum, alüminyum oksidi	Al ₂ O ₃	2100
Zirkonyum karbürü	ZrC	2100
Tungsten karbürü	WC	1900
Zımpara taşı	Al ₂ O ₃ .3FeO.3SiO ₂	1350
Zirkonyum oksidi	ZrO ₂	1150
Zirkonyum (silisyum oksidi,kum)	SiO ₂	800
Cam	Silikat	~500

Çizelge 5.2 Abrazyona dayanıklı malzemeler

(Burhan Oğuz, Aşınma Sorunları ve Dolgu Kaynakları, İstanbul, Oerlikon, 1993, sy.279)

Malzeme	Sertlik (kg/mm ²)
Yatak çeliği	700-950
Takım çeliği	700-1000
Krom (elektro kaplama)	900
Semante çelik	900
Nitrürlenmiş çelik	900-1250
Tungsten karbürü (kobalt bağlantılı)	1400-1800

5.3 Darbeye Karşı Yüzey Dolgusu

Darbe, hafif, orta ve ağır olmak üzere üç kademedede sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma dolgu alaşımlarının mantıklı seçimine olanak verir. Martensitik çelikler ve östenitik manganez çeliği darbe sınıflandırmasında aynı mertebede bulunmaktadır. Bazı östenitik demirler (düşük karbonlu çelikler), sağlamlık bakımından martensitik demirlerle martensitik çelikler arasında bulunurlar. Bunlar martensitik demirlerin yüksek basma ve akma mukavemetinden yoksun olup, hafif darbelere daha az uygundur. Buna karşılık ısı gerilme çatlaması ile ılımlı darbeye daha dayanıklıdır.(Oğuz, 1993)

Manganez çeliği, kolayca akar ve akma mukavemetini aşan yükler altında çalışma sertleşmesine uğrar. Kayma her kristal içinde bir veya daha fazla düzlemde meydana gelir, yönü de tane yönelmesi tarafından belirlenir. Manganezli çeliğin korozyona mukavemeti yoktur. Kolaylıkla paslanır ve korozyonla abrazyonun bir arada olmaları halinde çok erken aşınma gösteriler. (Oğuz, 1993)

Östenitik çeliğin çalışma sertleşmesi çoğu kez martensit oluşmasından kaynaklanır. Bu çoğu kez ısı işleminden sonra döğme veya dökme parçalar üzerinde ince şerit şeklinde ortaya çıkar. Bunlar sertleşince, akma öbür tanelere geçer ve bunların her biri kendi yönlerinde hareket eder. İşte bu tane hareketi, ağır, soğuk çalışma altında bulunan dökme östenitik alaşımlara buruşuk bir yüzey verir.(Oğuz, 1993)

Kaynakta ısıdan kaçınmak mümkün değildir. Beceri ve teknik sayesinde bu ısınmanın asgariye indirgenmesi mümkün olabilir ama tamamen yok edilemez. Uygun süreçlerle, örneğin ana metali 300 °C' ın altında tutarak, bu etki azaltılabilir.

Darbe mukavemeti ısı işleminden etkilenmektedir. 38 °C' da dökme manganez çelikleri, oda sıcaklığındaki darbe mukavemetlerinin %50 ile %85'ini korurlar. (Oğuz, 1993)

6. DOLGU KAYNAĞI MALZEMELERİ

6.1 Dolgu Kaynağında Malzeme Seçimi

Her uygulama için ihtiyaçlar değişiktir. Endüstride genellikle uygulamalarda malzeme seçimi, kaynak metalinin sertliğine ve alaşım miktarına göre yapılır. Fakat bu konudaki araştırmalar bunu desteklememektedir. Örneğin, bir parçada yüzey sertliğinin 50-55 Rockwell C olması gerekebilir. Bu martensitik, çalışma ile sertleşmiş östenit veya krom karbür mikroyapı ile sağlanabilir fakat her biri farklı tür aşınmaya direnç gösterirler. Martensit, metal-metal aşınması için en iyi sonucu verirken, krom-karbür abrazyona (mineral aşınmasına) daha yüksek direnç sağlar ve çalışma ile sertleşmiş östenit oyma ve darbe aşındırması için en iyi seçimdir. (Oğuz, 1993)

Sert dolgu kaynağında alaşım seçerken, dolgu yapılmış yüzeyde talaş kaldırılıp kaldırılmayacağı, taşlama, alevle kesme gibi işlemlerin uygulanıp uygulanmayacağı, parçanın ısıtılma tabi tutulup tutulmayacağı gibi bir takım soruların dikkate alınması gerekmektedir. Sert dolgu alaşımları genelde parçaların nihai yüzeyini oluşturur. Eğer düzgün bir yüzey isteniyorsa, taşlama veya talaş kaldırarak işleminin ekonomikliği dikkate alınmalıdır. Bazı alaşımlar kolay işlenebilmek için ısıtılma tabi tutularak yumuşatılabilirler. Sonra tekrar ısıtılma tabi tutularak önceki sertlikleri geri getirilerek, uzun servis ömrü kazandırılabilirler. Bazı karbürli sert dolgu alaşımları çatlama hassasiyetine sahiptir ve kaynak esnasında çatlarlar. Bu çatlaklar pullanarak kalkmamalıdır ve alaşımın direncini azaltacak veya zayıflatacak etkileri olmamalıdır. (Cavcar, 2004)



Şekil 6.1 Yüksek krom-karbürlü alaşımlarda gerilim çatlakları

(Melike Mihran Cavcar, “Sert Dolgu Malzemelerine Genel Bir Bakış”, Oerlikon, 2004)

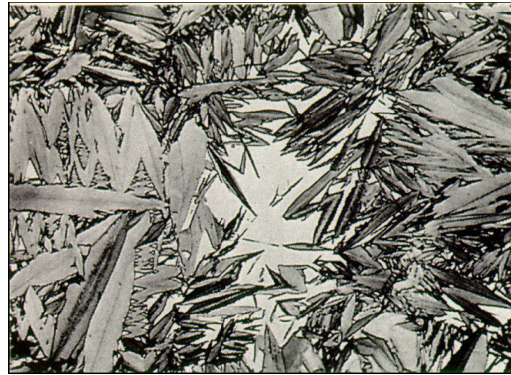
Genelde düşük oranda karbür içeren alaşımlarda daha az gerilim çatlağı oluşma olasılığı

vardır, fakat bu düşük karbür içeriğinden dolayı düşük abrazyon direncine sahip olduğunu da göstermektedir. Sert dolgu alaşımlarının seçiminde kaynak sonrası istenen yüzey kalitesi mekanik olarak işlenebilirlik veya zor işlenebilirlik durumları dikkate alınmalıdır. Yüzeyi mekanik olarak işleyebilmek için aşınma direncinden bir miktar feragat etmek gerekir. Yüzeyde istenen sonucun alınabilmesi için ürün özelliklerinin incelenmesi gereklidir.

Elektrodlardaki gelişmeler, karşılaşılan spesifik aşınma türüne göre, en iyi direç gösterecek malzemenin seçimine olanak sağlamaktadır. Bazı uygulamalarda aşınma türlerinin kombinasyonu etkilidir. Mesela; tek bir örtülü elektrod kullanımı, birincil östenit ile ötektik karbürleri birleştirerek darbe ve aşınma direnci özelliği kazandırabilir. Alternatif olarak, manganlı çelik üzerine veya manganlı dolgu kaynağı üzerine bir paso krom-karbür kaynak metali kaynak yaparak darbe ve aşınma direnci kombine edilebilir. Bileşik elektrod (birincil östenit ile ötektik karbür) darbe direncinin daha önemli olduğu yerde tercih edilebilirken, östenitik manganlı çelik üzerine krom-karbür malzeme de aşınmanın daha önemli olduğu yerde tercih edilebilir. (Cavcar, 2004)

6.1.1 Demir bazlı dolgu alaşımları

Martensitik alaşımlar, havada sertleşen demir esaslı martensitik dolgu metalleri, hem alçak hem de yüksek gerilme abrazyonuna ılımlı mukavemetli kaplamalar oluşturmada kullanılmaktadır. (Oğuz, 1993) Soğuma hızı, sonuçta oluşacak sertliği de etkilediğinden, çatlaksız bir kaynak metali için (120-320°C) arasında bir ön tav uygulanmalı, bu işlem yapılırken ana malzeme de dikkate alınmalıdır. (Cavcar, 2004)



Şekil 6.2 Martensitik alaşım

(Melike Mihran Cavcar, “Sert Dolgu Malzemelerine Genel Bir Bakış”, Oerlikon)

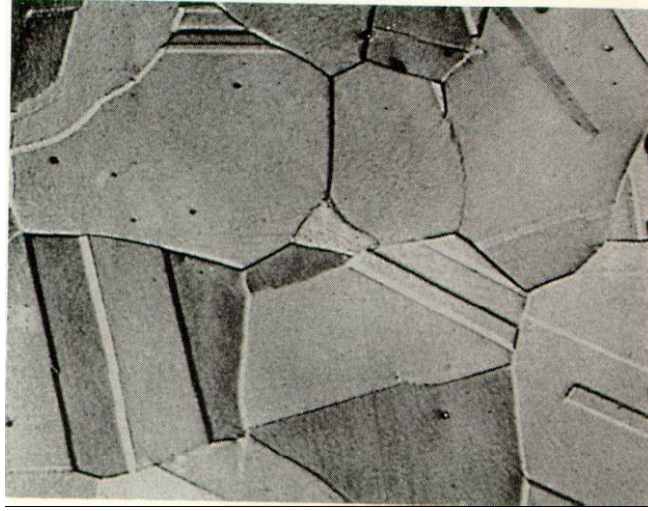
Düşük karbonlu ve % 5’in altında düşük alaşımlı martensitik alaşımlar çeliklerin dolgu

kaynaklarında kullanılmaktadır. Bu tür alaşımlar metal-metal sürtünmesine ve bir miktar da darbe dayanımına sahip olduklarından, dolgu kaynaklarında ve daha sert alaşımlar kullanırken tampon tabaka olarak kullanılabilir.(Oğuz, 1993) Biraz daha yüksek karbonlu ve daha yüksek alaşımlı (% 6-12) martensitik alaşımlar, oldukça yüksek kaynak sonrası sertliğe sahiptir. Bu sertlik bunlara daha iyi metal-metale sürtünme direnci ile abrazyon direnci sağlar, fakat tokluk düşer. Tokluğu arttırmak için temperleme yapılır. Bu alaşımlar daha çok tampon tabaka olarak kullanılır. Diğer grup martensitik alaşımlar da martensitik paslanmaz çeliklerdir. Bu alaşımların ısıl şoklara direnci, yüksektir.(Cavcar, 2004)

Martensitik dökme demirler, esas itibariyle demir ve karbondan oluşmaktadırlar. Mangan, silisyum gibi elementler alaşım elementi olarak bulunabilmektedir. Krom, nikel ve tungsten gibi alaşım elementleri, metal terk edildikten sonra soğuma sırasında oluşan (başlıca martenzit ve karbürler), içyapıyı meydana getiren öğeleri kontrol eder. İstenilen içyapının elde edilmesi için bu elementler dikkatle dengelenmelidir.

Martensitik dökme demirlerin sert birleşik içyapısı her tür abrazyona iyi bir mukavemet verir. Bunun yanında bütün sıradan sert dolgu alaşımları arasında bu grup en yüksek basma mukavemetine sahip olup, böylece hafif, direkt basıcı darbe etkilerine karşı koyacak elastikliğe sahiptir. Erozyon ve çizilme abrazyonuna dayanım, büyük ölçüde karbür bileşenin hacim ve sertliğine bağlıdır. (Oğuz, 1993)

Östenitik alaşımlar, oda sıcaklığında dahi mikroyapıları östenittir. % 0.5-1 karbon ve % 13-20 alaşımlı (başlıca mangan ve çok az oranda nikel ve krom) çelikler östenit manganlı veya “Hadfield Manganlı” çelikler olarak adlandırılır. Bunlar genellikle temiz yüzey elde edilmesi istenen dolgularda ve karbürlü alaşımlarla doldurulacak östenitik manganlı çeliklerde tampon tabaka olarak kullanılır. Östenitik alaşımları % 0.7 karbon ve % 20-30 alaşım elementi (mangan, krom ve nikel) ihtiva edenleri, düşük alaşımlı ve karbonlu çelikler üzerine yapılan ve ana metalden fazla karışma olan durumlarda dahi, tam östenitiklerdir. Bu durum bu tip çeliklerin karbonlu veya düşük alaşımlı çeliklerle manganlı çeliklerin birleştirilmelerinde, ya da karbonlu çeliklerin sert dolgu tabakalarında östenitik manganlı çelikleri çok daha avantajlı kılar. (Oğuz, 1993)

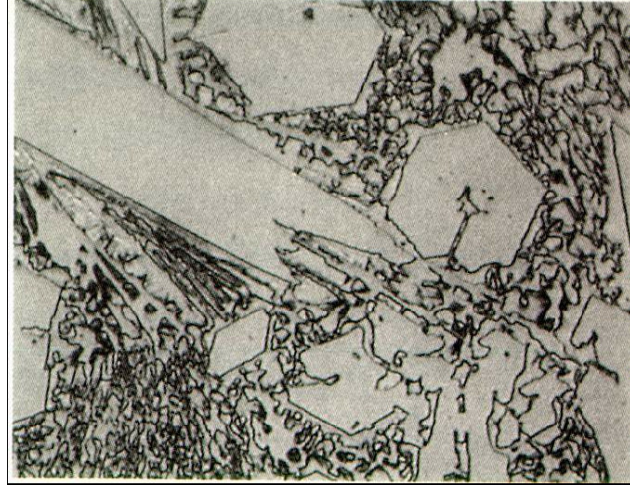


Şekil 6.3 Östenitik alaşım

(Melike Mihran Cavcar, “Sert Dolgu Malzemelerine Genel Bir Bakış”, Oerlikon)

Östenitik dolgu alaşımları oldukça toktur ve soğuk sertleşme (çalışma şartlarında sertleşirler) gösterirler. Aynı zamanda mükemmel darbe, orta abrazyon direnci ve genellikle gerilim çatlakları oluşturmama özellikleri de vardır. Bu tip alaşımlar 50 HRC'ye kadar darbe ile sertleşirler, bu durum onlara darbe direnci yanında iyi bir abrazyon direnci de sağlar. Östenitik dolgu alaşımları aynı östenitik manganlı ana malzeme gibi 260°C'nin üzerine çıkmamalıdır aksi halde gevrekleşir ve çatlayarak kırılır. % 0.03 ile % 1.0 arasında karbon içeren malzeme martensit veya manganlı östenitik yapıdadır. Martensitler (düşük alaşımlı, takım çeliği veya paslanmaz) manganlı östenitiklerden daha serttir. Karbür yapı içermeyen bu iki malzemenin ana fazları aşınmaya direnç gösterir ve martensitler aşınmaya dirençte daha avantajlıdır.(Cavcar, 2004)

Karbürlü sert dolgu alaşımları, mükemmel abrazyon direncine, iyi ısı direncine, orta korozyon direnci ve hafif darbelere karşı orta direnci vardır. Aşınma faktörünün yalnızca abrazyon olduğu hallerde başlıca krom ve diğer karbürleri en az % 12 oranında içeren dolgu alaşımları kullanılır. Karbürler, kendini çevreleyen matristen daha serttir ve mükemmel abrazyon dayanımı sağlarlar. (Cavcar)



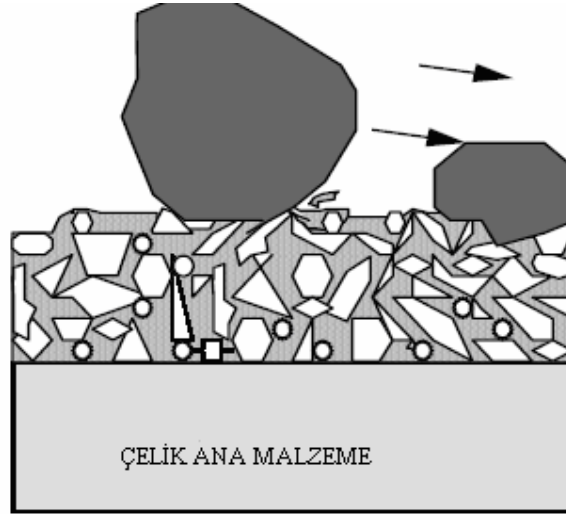
Şekil 6.4 Karbürlü alaşım

(Melike Mihran Cavcar, “Sert Dolgu Malzemelerine Genel Bir Bakış”, Oerlikon)

Abrazyon ve darbenin birlikte olduğu hallerde karbon oranı düşük seviyelerde (% 3’ten az) olmalıdır. % 2 ile % 3 arasında, yapı daha çok birincil östenittir ve daha az östenit karbür ötektiği içerir, bu nedenle aşınma dayanımı bir miktar artar. Karbürler matris içinde az miktarda dağılmıştır ve bunlar iyi tokluk değerinin yanında iyi bir abrazyon direnci sağlarlar. % 3.5 karbon miktarından sonra birincil karbürler görülmeye başlar, fakat aralıklı olarak bulunduğu için aşınma direncini belirlemekte östenit-karbür yapı baskındır. % 4 karbonun üzerindeki malzemenin aşınma direnci, aşınma direnci çok yüksek olan birincil karbürler tarafından belirlenir ve % 5 karbon miktarına kadar aşınma direncinde az bir iyileşme görülür. Abrazyon ve yüksek sıcaklığın birlikte olduğu hallerde, karbon oranı (%7) gibi karbür alaşımı içinde arttığında abrazyon direnci yükselir fakat tokluğu düşer. (Cavcar, 2004)

Tüm yüksek karbürlü sert dolgu alaşımları gerilim nedeniyle oluşan çatlakları ihtiva ederler. Bu tip alaşımlar kesinlikle birleştirme amaçlı kullanılamaz. Karbonlu, düşük alaşımlı, östenitik manganlı çeliklerde ve dökme demirlerde özel kaynak prosedürleri ile kullanılır.

Ana metal hatasız ve tok olmalıdır, aynı zamanda kaynak dikişlerinin pullanıp kalkmasını önlemek için karbürlü sert dolgu alaşımı en fazla 2-4 paso uygulanmalıdır. Çatlaklar ince malzemeye sirayet edebilir. Önce malzemeler üzerinde uygulamada gerilim çatlakları oluşması nedeniyle özel bir dikkat gösterilmelidir. (Cavcar, 2004)



Şekil 6.5 Aşınmaya direnç gösteren karbürler

(Melike Mihran Cavcar, “Sert Dolgu Malzemelerine Genel Bir Bakış”, Oerlikon)

Bazı karbür parçaları abrazif parçanın hareketini kısıtlarken koparlar, geriye kalan karbürler de aşınmayı geciktirirler.

Bir mikroyapı grubunda, krom miktarının aşınma direnci üzerinde etkisi olsa dahi çok azdır. Fakat korozyonun etken olduğu bir aşınma türünde örneğin yaş aşınmada, krom miktarının yüksek olmasının avantajı vardır. Aynı mikroyapı grubu içinde % 16 Cr’lu malzeme, % 32 Cr’lu malzeme kadar aşınma direncine sahiptir. Aşınma direncini mikroyapı belirlemektedir. Mikroyapıyı ise tamamen olmasa da karbon miktarı belirler. (Cavcar, 2004)

6.1.2 Demir dışı dolgu alaşımları

Östenitik, martensitik ve karbürli sert dolgu alaşımları demir dışı sert dolgu alaşımlarına göre çok daha fazla kullanılırlar. Demir dışı sert dolgu alaşımları genel olarak servis sıcaklığının, karbürli alaşımların kullanım sınırlarının üzerine çıktığı durumlarda kullanılırlar. Ni ve Co bazlı olan bu alaşımlar tüm aşınma türlerine iyi direnç gösterirler, ancak yüksek maliyetleri nedeniyle çok özel durumlarda kullanılırlar.

Kobalt (Co) bazlı dolgu alaşımları; kobalt bazlı alaşımlar yüksek sıcaklıklarda kullanılırlar. Tüm düşük gerilimli kazıcı abrazyon kombinasyonlarında yüksek dayanıma ve ihtiyaç duyulan tokluk ve darbe direncine sahiptirler. Ayrıca içerdikleri alaşımlara bağlı olarak metal metale sürtünme, korozyon ve oksidasyona dayanıklıdırlar.

Kobalt 6 (AWS A 5.13 R CoCr-A) alaşımı en çok kullanılan kobalt bazlı sert dolgu

alaşımıdır. Bu alaşım kobalt-krom-tungsten ana yapı içinde dağılmış krom-karbürler içerir. Kobalt 6 alaşımları yüksek sıcaklık, korozyon ve aşırı yüklerdeki metal-metale sürtünmelere (adhezyon) karşı dayanıklıdır.

Kobalt 12 (AWS RCoCr-B) alaşımı, Kobalt 6'ya çok benzer fakat karbür oranı daha fazladır. Kobalt 6'ya göre daha yüksek sertliğe ve daha iyi abrazyon ve adhezyon dayanımına sahiptir, fakat darbe ve korozyon direnci daha düşüktür.

Kobalt 1 (AWS A 5.13 R CoCr-C) alaşımı, Kobalt 6 ve Kobalt 12'ye göre daha yüksek karbür yüzdesine sahiptir. Artan sertlikle birlikte yüksek aşınma direncine sahip olan bu alaşımın darbe ve korozyona dayanımı daha düşüktür ve kaynak sonrası soğuma esnasında gerilim çatlağı oluşma eğilimi daha yüksektir. Bu alaşım ile sert dolgu yapıldığında çatlakları asgariye indirmek için ön tav, son tav ve pasolar arası sıcaklıklara dikkat edilmelidir.

Kobalt 21 (AWS A 5.13 R CoCr-E) alaşımı, mikro yapısında daha düşük karbür içerir. Kobalt 21 kaynak metali 1150°C'de yüksek dayanıma ve sünekliğe sahiptir. Çalışıkça sertleşen kaynak metali ısı şoklara, oksidasyona dayanıklıdır ve erozyondan kaynaklanan aşınmalara mükemmel direnç gösterir.

Nikel (Ni) bazlı dolgu alaşımları; Nikel bazlı sert dolgu alaşımları bazı kobalt bazlı sert dolgu alaşımlarının maliyetini düşürmek için kobalt yerine kullanılır. Nikel, demire göre, yüksek sıcaklıklarda daha mukavemetli matrise sahiptir. Nikel bazlı alaşımlar yüksek sıcaklık uygulamaları için kobalt bazlı alaşımların ucuz alternatifleridir.

6.2 Dolgu Kaynak Malzemelerinin Sınıflandırılması

Dolgu kaynak malzemeleri başlıca DIN 8555, AWS ve TS 9470 tarafından sistemli bir şekilde sınıflandırılmıştır.

6.2.1 DIN 8555 sınıflandırması

6.2.1.1 Demir içeren kaynak malzemeleri

Alaşım grubu 1

% 0,4 C'a kadar alaşımsız veya % 0,4 C'a kadar hafif alaşımlı ve toplam olarak en çok % 5 Cr, Mn, Mo, Ni alaşım elementlerini içermektedir.

Bu tip kaynak malzemeleri, alaşımsız bir çelik üzerine basit dolgu yapıldığında ve az ergitilmiş kaynak malzemesinde özel bir sertliğin aranmadığı işlerde kullanılır. Kaynak malzemesinde özel bir dayanıklılık bulunmaz ve büyük aşınma zorlamalarının bulunmadığı yerlerde kullanılır. Genellikle kaynak malzemesi talaş kaldırarak işlenebilir; işleme kaynaktan sonra veya tavlı halde olabilir. Bundan sonra sertleştirilebilir.

Kullanım alanları; raylar, tarım makineleri parçaları, traktör tekerlek tabanları, yumuşak tamir (eski ölçüye getirme) kaynakları, doldurma kaynakları ve tampon tabakaları.

Alaşım grubu 2

% 0,4 den fazla C'lu alaşımsız veya % 0,4'den fazla C ile alçak alaşımlı ve toplam olarak en çok % 5 Cr, Mn, Ni, Mo alaşım elementlerini içerir.

Kaynak malzemesinde daha yüksek miktarda karbür olması sebebiyle bu alaşım grubunun Grup 1'dekinden daha yüksek aşınma mukavemeti vardır. Bu dolgu malzemeleriyle kaynak edebilmek için ana malzeme 250 ilâ 350°C'a kadar sıcaklıkta bir ön ısıtmaya tabi tutulur. Talaş kaldırma ile işleme her zaman mümkün olmaz.

Kullanım alanları; vidalı nakil konveyörleri, vantilatör fanları, karıştırıcılar, döner tekerlekler.

Alaşım grubu 3

Alaşımlı sıcak işleme çelikleri özelliklerini taşımaktadırlar. Prensip olarak bu kaynak malzemeleri yüksek sertlikte bir dolgunun arandığı yerlerde kullanılır. Kaynak malzemesi, çoğu zaman W, Cr ile ve bazı hallerde de Mo, Ni ve V ile alaşımlıdır. Co da bulunabilir. Çoğu zaman kaynak malzemesi artık östenitle martensit ve ergimemiş karbür dokusuna sahiptir.

Kaynak malzemesi talaş kaldırma ile işlenebilmek için yumuşak tavlana tabi tutulmalıdır. Çoğu zaman sertleştirilmiş ve tavllanmış halde kullanılır. Elde edilen sıcakta sertlik 500°C sıcaklığa kadar muhafaza edilir. Çatlamları önlemek amacıyla kaynaktan önce bir ön ısıtma ile yavaş soğuma tavsiye edilir. Kaynak pozisyonu yatay veya az meyilli olmalıdır.

Kullanım alanları; sıcak iş takımları, kalıplar, bıçaklar, yüksek sıcaklıkta çalışan kütük kısıkaçı ağızları.

Alaşım grubu 4

Alaşımli, hava çelikleri özelliğini taşırlar. Bu grubun dolgu metalleri, yüksek alaşım çeliklerinin bileşimine benzer, yani W, Mo, Cr ve V, birçok durumda Co ile alaşımli bir kaynak metali oluştururlar. Talaş kaldırma ile işleme ancak yumuşak tavlama ile mümkün olup aksi halde sadece taşla işlenebilir. Bir sertleştirmeye gerek yoktur; bununla beraber bir ergitme tavlamasından sonra uygulanabilir. Çoğu zaman kaynak malzemesi bir ila iki defa tavllanır. Böylece bir sertlik yükselmesi ve mukavemet artışı elde edilir, ilk ve son tavlamlar imalatçının tarifine göre uygulanır.

Kullanım alanları; kesme takımları, malafalar, testerele, kalemler, matkap uçları.

Alaşım grubu 5

% 5'ten fazla Cr ile alaşımli ve düşük C'lu (takriben % 0,2'ye kadar C) alaşımlardır. Bu alaşım grubu Cr çeliği karakterli ve düşük C'lu dolgu malzemesini kapsamaktadır. Cr % 5 ilâ % 30 arasında değişmekte, C ise % 0,2'ye kadar bulunmaktadır. Kaynak malzemesinin sertliği martenzit miktarı ile artış gösterir. Dolgu benzer bileşimde çelik veya daha düşük mukavemette imalat çeliği üzerine uygulanabilir. C ve Cr miktarına göre her zaman talaş kaldırma ile işlenemez. Isıl işlem imalatçının tarifine göre uygulanmalıdır.

Kullanım alanları; tava mukavim (kükürt ihtiva eden gazlarla dahi) ve % 12'ye kadar Cr ile paslanmaya mukavim dolgu kaynaklarında, örneğin; vana parçaları, dalma pistonlar, fırın aksamı.

Alaşım grubu 6

% 5'ten fazla Cr ve yüksek C'lu (takriben % 0,2 ilâ % 2,0) alaşımlardır. Bu alaşım grubu Grup 5'e benzemektedir. Ancak yüksek C miktarı sebebiyle sertlik 500 HB'den yüksektir, paslanmaya karşı mukavemeti daha azdır. Dolgu malzemesi havada sertleşir ve çoğu zaman sadece taşla işlenebilir. 200 ilâ 300 °C'lık bir ön ısıtma tavsiye edilir. Kaynak pozisyonu yatay

veya hafif meyilli olmalıdır.

Kullanım alanları; kesme takımları, testereler, soğuk hadde valfleri.

Alaşım grubu 7

% 11 ilâ % 18 Mn ile Mn-östenit ve % 0,5'ten fazla C ve % 3'e kadar Ni içeren alaşımlardır. Bu alaşım grubu mangan sert çeliği tipini kapsayan bir dolgu verir. Yukarıda sözü edilenlerden başka alaşım elementleri de bulunabilir. Karakteristik özelliği soğuk zorlamada mukavemetinin artmasıdır. Böylece sertlik 180'den 550 HB'e kadar yükselebilir. Bu nedenle darbeye soğukta kuvvetlenmesi gereken parçalara uygulanabilir. Buna, karşılık sadece sürtünme aşınmasına karşı koyan parçalara uygun değildir. Dolgu malzemesi genellikle işlenmez. İşleme taşla mümkündür (çatlama tehlikesi). Talaş kaldırma işlemi karbürlü takımlarla mümkün olabilir.

İyi bir mukavemet elde edilebilmesi için üzerine dolgu yapılan ana parça mümkün olduğu kadar soğuk tutulmalıdır. Dolgunun çekişlenmesi faydalıdır. (Bu dolgu malzemesi birleşme kaynağında ve Mn-sert çelikleri üzerinde kullanılmamalıdır. Bu takdirde Grup 8 veya Grup 9'daki Cr-Ni'li austenitik dolgu malzemesi kullanılmalıdır).

Kullanım alanları; aşınma parçaları, konkasör plâkaları, kepçe dişleri, mandallar gibi geniş yüzeyli dolgu kaynakları, öğütücü levhaları, civatalar.

Alaşım grubu 8

8 Cr-Ni-Mn-austenit içeren bir alaşım grubudur. Bu dolgunun kaynak malzemesi Grup 7'nin alaşımlarından daha dayanıklıdır. Soğukta sertleşme artışı daha az olup paslanmaya karşı mukavemeti iyidir. Isıl işlem istemez, talaş kaldırma ile işlenebilir, mıknatıslanmaz.

Kullanım alanları; sert zorlamalara maruz olmayan konkasör parçaları, makas uçları, raylar, su türbin aksamı.

Alaşım grubu 9

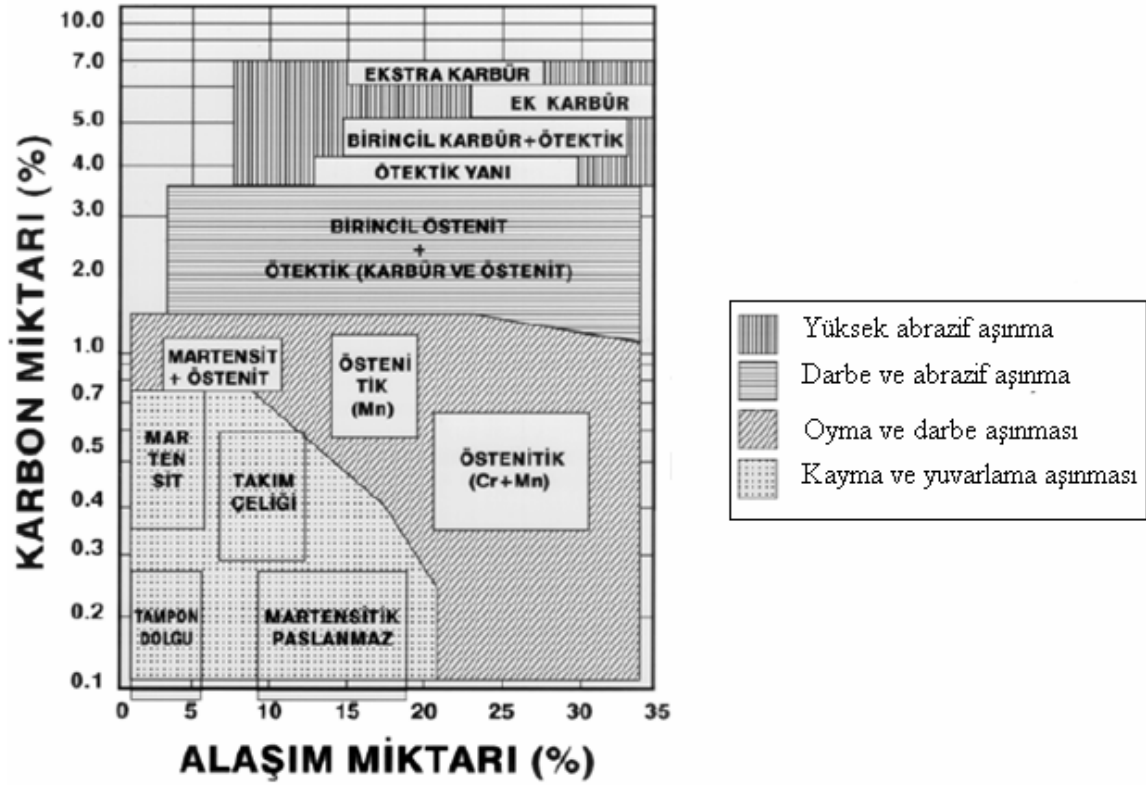
Cr-Ni çelikleridir (paslanmaya, asitlere ve hararete mukavim). Genellikle Cr-Ni-östenit birleştirme kaynağı malzemesi bileşimindedir. Aynı bileşimde alaşımlı çelikler, Cr çelikleri ve imalat çelikleri üzerinde ve korozyona yüksek mukavemetin söz konusu olduğu yerlerde kullanılır. Kaynak malzemesi soğukta sertlik artması ve yüksek dayanıklılık gösterir; talaş kaldırma ile işlenebilir. Bu kaynak malzemesi kavitasyona uğramış Cr ve Cr-Ni çeliklerinin kaynağında geniş ölçüde kullanılır. Kaynak malzemesi tüm östenittir ve mıknatıslanmaz.

Kullanım alanları; korozyona ve hararete mukavim dolgu kaynakları.

Alaşım grubu 10

Yüksek C ve Cr' la alaşımlı çeliklerdir. Co, Mo ve W da bulunabilir. Bu kaynak malzemesi yüksek karbonlu krom çelikleri sınıfındandır. % 35'e kadar Cr'lu bu çeliklerde C % 2 ilâ % 5 arasında değişir. Kaynak malzemesi bir östenitik ana kütle içinde Cr esaslı kompleks karbürdür. Sertlik artışı C miktarının yükselmesiyle az değişir; ısıtılma ile sertlik artmaz. Kaynak malzemesi sadece taşla işlenebilir. Çatlamaya yatkınlık ön ve son ısıtma ile azaltılabilir. Aşınmaya yüksek mukavemeti bu grubun birçok sınaî işlerde kullanılmasını sağlar; bir oran içinde paslanmaya ve kavlanmaya dayanıklıdır.

Kullanım alanları; yol ve toprak makinelerinde ve çelikhane tesislerinde tamirat, tarım ve inşaat makine parçaları üzerine dolgu kaynağı.



Şekil 6.6 Fe-bazlı sert dolgu alaşımlarının mikroyapılarına göre uygulama alanları

6.2.1.2 Düşük miktarda demir içeren kaynak malzemeleri

Alaşım grubu 20

Co esaslı Cr-W ile alaşımlandırılmış, Ni ve Mo de eklenebilen alaşım grubudur. Co-Cr alaşımlı kaynak malzemesi aşınmaya, korozyona ve oksidasyona sıcakta dahi iyi mukavemet göstermektedir. Yüksek sıcaklıklardaki sertliği bu grubun başlıca özelliğidir. 600 °C' ye kadar kullanılabilir.

Yüksek C'lu kaynak malzemesi yüksek sertlikle beraber büyük aşınmaya mukavemetin arandığı yerlerde gereklidir. Sıcakta sertlik, artan Fe miktarı ile azalır. 400 ilâ 600°C'a kadar bir ön ısıtma ve özellikle yavaş soğuma tavsiye edilir. Ayrıca bir ısıl işlem gerekli değildir.

Kullanma örnekleri; her çeşit armatürler, yanmalı motorların supap yatakları, buhar makinesi, büyük korozyon ve erozyona maruz ventil yatakları, pompa krankları ve benzer parçalar.

Alaşım grubu 21

Karbür esaslı alaşımlardır (sinterlenmiş veya dökme). Bu grubun karakteristik özelliği Cr veya W karbürlerinin yüksek miktarda bulunmasıdır. Dolgu malzemesi çok yüksek bir aşınma mukavemetine sahiptir. Dayanıklılığı bir yumuşak bağlayıcı metal ana kütlesi içinde karbür oranına bağlıdır. 400 ilâ 600°C'lık ön ısıtma tavsiye edilir. Ayrıca ısıl işlem gerekmez.

Kullanım alanları; kayada çalışacak takım ve makine parçaları, deliciler ve benzerleri, seramik endüstrisinde salyangoz pres vidaları.

Alaşım grubu 22

Ni esaslı, Cr ve Cr-B ile alaşımlandırılmış alaşımlardır. Ni-Cr-B kaynak malzemesi metallere karşı ve yine çok aşındırıcı olmayan malzemelere karşı iyi bir aşınma mukavemeti gösterir. Bunun dışında korozyona dayanıklıdır ve sıcakta sertliği iyidir. Oda sıcaklığında sertlik, C, Cr ve B miktarlarının artışına paralel olarak artar. Sertlik 30 HRC'in üstündedir. Kaynak malzemesi 500°C'a kadar kullanılabilir. Alaşımına göre kızıl tavrda dövülerek şekillendirmeye uygundur. Yaklaşık olarak 400° C'lık ön ısıtmayı gerektirir, ayrıca ısıl işlem gerekli değildir.

Kullanım alanları; çimento ve diğer pompa valfleri, salyangoz vidaları, krank milleri.

Alaşım grubu 23

Ni esaslı, Mo ile alaşımlandırılmıştır. Kromlu veya kromsuz alaşımlar şeklinde sınıflandırılabilir. Ni-Mo veya Ni-Cr-Mo alaşımlı kaynak malzemesinin değeri, sığa ve

korozyona olan dayanımından gelmektedir. 500 °C' ye kadar mukavemet ve sertlik yüksektir. Klorhidrik ve sülfürik asitlere karşı dahi, yüksek sıcaklıklarda ve yüksek basınçta korozyona mukavemet, bu grubun esas özelliğidir. Ni-Cr-Mo alaşımları yüksek sıcaklıklarda bilhassa iyi sıcak çalışma özelliğine sahiptirler. Belirli ölçüde bir soğuk sertleştirme mümkündür. 400 ilâ 450°C'lık ön ısıtma tavsiye edilir, ayrıca ısıtma işlemi gerekmez.

Kullanım alanları; kimya sanayiinde vana temas yüzeyleri, Ni-Cr-Mo alaşımlarından kesitler üzerinde yüksek sıcaklıkta çalışacak köşelerin doldurulması.

6.2.1.3 Demir içermeyen kaynak malzemeleri

Alaşım grubu 30

Sn ile alaşımlandırılmış Cu esaslı alaşımlardır. Bu kaynak malzemeleri % 6 ilâ 12 Sn'lı ve mutlak % 0,5 fosforlu Sn bronzlarını kapsar. % 10'a kadar Sn'li alaşımlar preslenmeye uygun homojen malzeme ile % 10'dan yukarı homojen olmayan döküm malzemelerini kapsarlar. Dolgu kaynaklarının Brinell sertlikleri 60 ilâ 130 HB kadar olup, Sn içeriğine bağlıdır. Bu alaşımlar kayma aşınmasına çok yüksek mukavemet ve iyi dönme özelliklerine sahiptirler ve çok sayıda tuz eriyiklerine ve asitlere dayanıklıdırlar.

Kullanım alanları; yatak kaplamaları, krank milleri, şaftlar, ventiller, gövdeler, salyangoz dişli çarkları, armatürler.

Alaşım grubu 31

Al ile alaşımlandırılmış Cu esaslı alaşımlardır. Bu kaynak malzemeleri ana alaşım maddesi olarak % 5 ilâ % 15 Al ihtiva ederler. Bu ikili alaşımlar 60 ilâ 100 kp/mm²'lik Brinell sertliği ve iyi kimyasal dayanıklılık gösterirler. Ayrıca Fe, Ni, Mn ve Si gibi alaşım elementlerinin ilâvesi mekanik değerleri, korozyona mukavemeti ve işlenebilme özelliklerini etkiler.

Alaşım elementi Fe: Al'nin yanısıra % 6'ya kadar Fe'nin bulunduğu kaynak malzemesi 90 dan 320 kp/mm²'ye kadar ykselebilen Brinell sertliklerine sahip olurlar.

Alaşım elementi Ni: % 5'e kadar Ni ilâvesi ile bu kaynak malzemeleri 250 kp/mm²'ye kadar Brinell sertliğinde olarak erozyon ve kavitasyona karşı yüksek mukavemet gösterirler.

Alaşım elementi Mn: % 15'e kadar Mn ve Fe ve Ni gibi sair elementleri ihtiva eden kaynak malzemeleri 250 kp/mm² sertlik ve 75 kp/mm²'ye kadar çekme mukavemetinde olan bu kaynak malzemeleri devamlı titreşimlere, erozyon ve kavitasyona karşı dayanıklılıkla

kendilerini gösterirler ve yüksek manganlı bileşimlerde yüksek elektriki dirence sahip olurlar.

Alaşıım elementi Si: % 2,5'a kadar Si'lu kaynak malzemeleri ancak şartlı olarak kaynak edebilir ve 200 kp/mm² 'ye kadar Brinell sertlikleri verir.

Kullanım alanları: Kimya endüstrisinde, gıda maddeleri, kâğıt ve elektrik endüstrilerinde makina parçaları ve armatürler.

Alaşıım grubu 32

Ni alaşıımlı, Cu esaslı alaşıımlardır. Cu-Ni alaşıımlarının kaynak malzemesi % 5 ilâ 45 Ni ve % 1,5'a kadar değişen Fe ve % 3,5'a kadar değişen Mn ihtiva eder. Brinell sertliği 160 kp/mm² 'ye kadar çıkar; kaynak malzemesi, bilhassa deniz suyuna karşı, korozyona dayanıklıdır. Yüksek Ni'li alaşıımlar direnç malzemesi olarak kullanılırlar.

Kullanım alanları; distilasyon aparatları, deniz suyu sevk boruları, kondansatörler, soğutucular, kimya aparatları, ısı taşıyıcıları.

6.2.2 AWS sınıflaması

Burada sert dolgu malzemeleri, toplam alaşıım elementlerinin (demir dışındaki elementler) miktarına göre beş ana gruba ayrılır. Bunlar da, aşağıda gösterildiği üzere, ana alaşıım elementlerine göre bazı alt gruplara ayrılır.

1B grubu, 1B1 ve 1B2; 2A grubu da, 2A1 ve 2A2 gibi alt gruplara ayrılır.

1A grubunda, karbon dâhil toplam alaşıım % 2 ilâ 6 olup bu grup genellikle çok daha yüksek alaşıımlı ve çok daha sert dolgu malzemesinin altına «tampon» olarak kullanılır.

1B1 ve 1B2 grupları 1A ile aynı olup sadece alaşıım elementi miktarı daha yüksektir; 1B2'de karbon miktarı %2 veya daha fazladır. Birçok takım çelikleri bu gruba dâhildir.

Grup1 alaşıımları, bütün sert dolgulardan, östenitik manganez çelikleri (grup 2C ve 2D) dışında, en fazla darbeye mukavemeti olanlarıdır. Ayrıca alçak veya orta karbonlu çeliklerden daha fazla aşınma mukavemetleri olup çoğu zaman bunların üstüne dolgu olarak kullanılırlar.

Grup 2C alaşıımları östenitik manganez çelikleridir. Her ne kadar manganez burada hâkim ise de, östenitik stabilizatörü olarak nikel veya molibden de bulunur.

2A1, 2A2 ve 2B grupları, grup 1 alaşıımlarına kıyasla aşınmaya daha dayanıklı, darbeye daha az mukavim ve daha pahalıdır. Grup 2C ve 2D darbeye çok mukavim olup çalışma esnasında

sertleşmemişse sınırlı bir aşınma dayanıklılığına sahiptirler.

Grup 3'de karbon oranı %1,75'den % 5 fazlaya kadar değişir.

Grup 3A, 3B ve 3C'de geniş ölçüde hiper ötektik alaşım karbürleri bulunur, bu da aşınmaya ve bir dereceye kadar, korozyon ve ısıya mukavemeti sağlar.

Kobalt esaslı alaşımlar (grup 4A) genellikle sert dolgu malzemelerinin en çeşitli özelliklerine sahip olanlarıdır. Bunlar ısıya, abrazyona, korozyona, darbeye, oksitlenmeye, ısıl darbeye, erozyona ve metal-metale, sürtünme aşınmasına dayanıklıdır. Bunlardan bazıları faydalı sertliği 800°C'a kadar muhafaza ederler ve 1100°C'a kadar da oksitlenmeye mukavemet ederler.

Nikel esaslı alaşımlar (grup 4B) korozyonla birlikte aşınmanın söz konusu olduğu hallerde daha çok etkilidirler. Aşınmanın, yataklarda olduğu gibi metal-metale temastan ileri geldiği hallerde, diğer bütün sert dolgu alaşımlarından üstündürler. 650°C'a kadar faydalı sertliği muhafaza ederler ve 870°C'a kadar da oksitlenmeye mukavemet ederler.

Grup 5'in alaşımları, bir metal «yatak» (matris) içine dağıtılmış sert tungsten karbürü taneciklerinden ibarettir. Çeşitli «yatak» cinsleri kullanılır: demir, karbonlu çelik, nikel, kobalt esaslı alaşımlar ve bronzlar bunlara örnek olarak verilebilir.

6.2.3 TS 9470 sınıflandırması

TS 9470 sınıflandırmasında DIN 8555/1- 1983 ve AWS A-3.0- 1980 standartlarından faydalandığından, içerik itibarıyla bezerlik arz etmektedir. Benzer ifadelerin tekrarından kaçınmak amacıyla, TS 9470 standardında bulunan çizelgelere yer verilmiştir.

Çizelge 6.1 Alaşım gruplarının kimyasal bileşimi
(TS 9470/Eylül 1991)

Alaşım Grubu	Kimyasal Bileşim (% Kütle)									
	C	Co	Cr	Fe	Mn	Mo	Ni	W	V	
1	< 0,4	-	0-3	Geri Kalanı	0,5-3	0-1	0-3	-	-	-
2	> 0,4	-	0-5		0,5-3	0-1	0-3	-	-	-
3	0,2-0,5	-	1-5		-	0-4	0-5	1-10	0,15-1,5	-
4	0,6-1,5	0-15	4-6		-	0-10	-	1,5-18	0-3	-
5	En çok 0,2	-	5-30		-	0-2	0-5	-	-	-
6	0,2-2,0	-	5-18		-	0-2	-	-	-	-
7	0,5-1,2	-	0-3		11-18	(Mo) ¹⁾	0-3	-	-	-
8	En Çok 0,25	-	18-20		5-8	(Mo) ¹⁾	5-9	-	-	-
9	En Çok 0,3	-	13-30			0-5	8-25			Nb/Ta 0-1,5
10	1,5-5	0-5	27-35		0-8	0-3	-	0-5	-	-
20	0,7-3	30-70	25-33		-	0-3	0-3	3-25	-	-
21			Cr-Karbür 0-80	Bağlayıcılar Fe, Mo, Co, Ni				W-karbür 0-80		(Ti-karbür) ¹⁾
22	En Çok 1	1-1,5	8-18	-	-	-	65-85	(W)1)	-	B 0.5
23	En Çok 0,12	0-2,5	0-18	4-7	-	8-35	Geri Kalanı	0-20	0,2-0.6	

1) Grup özelliklerini değiştirmeyen ilaveler

Alaşım Grubu	Kimyasal Bileşim (% Kütle)									
	Sn	Al	Fe	Ni	Si	Mn	Cu			
30	6-12				-	-	Geri Kalanı	-	-	-
31	-	5-15	0-6	(Ni) ²⁾	(Si) ²⁾	(Mn) ²⁾		-	-	-
32	-	-	(Fe) ¹⁾	5-45	-	(Mn) ¹⁾		-	-	-

Çizelge 6.2 Alaşım Grupları İçin Kod Numaraları
(TS 9470/Eylül 1991)

Alaşım grubu	Kaynak Metali veya Dolgu Metali Tipi
1	% 0,4 C'lu alaşımsız veya % 0,4 C'lu toplam % 5'e kadar alaşım elementleri (Cr, Mn, Mo, ve Ni) ihtiva eden az alaşımlı çelikler.
2	% 0,4'den fazla C'lu alaşırsız veya % 0,4 C'den fazla C'lu, toplam % 5'e kadar alaşım elementleri (Cr, Mn, Mo, ve Ni) ihtiva eden az alaşımlı çelikler.
3	Sıcak işleme özelliğine sahip alaşımlı çelikler
4	Yüksek hız özelliğine sahip alaşımlı çelikler
5	% 5'den fazla Cr'la alaşımlandırılmış, düşük C'lu (Yaklaşık % 0,2'ye kadar) çelikler
6	% 5'den fazla Cr'la alaşımlandırılmış, daha yüksek C'lu (yaklaşık %0,2-%2,0 kadar) çelikler
7	% 11 - % 18 Mn % 0,5'den fazla C ve % 3'e kadar Ni ihtiva eden Mn-Ostenitik çelikleri
8	Cr-Ni-Mn östenitik çelikleri
9	Cr-Ni çelikleri (paslanmaya asitlere ve ısıya dayanıklı)
10	Karbür yapıcı malzeme ilavesi olmaksızın yüksek C ve yüksek Cr'lu çelikler
20	Co esaslı Ni ve Mo ihtiva ederek veya etmeden Cr-W alaşımlı
21	Karbür esaslı (sinterlenmiş, döküm veya özlü)
22	Ni esaslı, Cr, Cr-B alaşımlı
23	Ni esaslı, Cr'lu veya Cr'suz Mo alaşımlı
30	Cu esaslı, Sn alaşımlı
31	Cu esaslı, Al alaşımlı
32	Cu esaslı, Ni alaşımlı

Çizelge 6.3 Sertlik seviyeleri
(TS 9470/Eylül 1991)

Sertlik Sembolü	Sertlik Aralığı
150	125'den175dahilBSD
200	175'den225dahilBSD
250	225'den275dahilBSD
300	275'den325dahilBSD
350	325'den375dahilBSD
400	375'den450dahilBSD
40	37'den42dahilRSD-C
45	42'den47dahilRSD-C
50	47'den52dahilRSD-C
55	52'den57dahilRSD-C
60	57'den62dahilRSD-C
65	62'den67dahilRSD-C
70	67'denfazla RSD-C
*) On ölçümün ortalama değeri	

7. DOLGU KAYNAĞINDA UYGULANAN KAYNAK YÖNTEMLERİ

7.1 Dolgu Kaynağında Uygun Yöntem Seçimi

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

Dolgu kaynağına uygun yöntemler karşılaştırıldığında, otomatik işlerliği sınırlı olan gaz ergitme kaynağı dışında, en küçük karışım oranları ve nüfuziyet derinliklerine plazma ve bant elektrotla, toz altı kaynak yöntemlerinde ulaşılmaktadır. Toz altı kaynağında, birim zamanda kaplanan yüzeyin büyüklüğü de ayrı bir üstünlük olarak görülmektedir. (Gültekin, 1988)

Çizelge 7.1. Dolgu kaynağında kullanılan yöneme bağlı olarak değişen bazı değerler
(Nurullah Gültekin, “Gazaltı ve Tozaltı Yöntemleri İle Dolgu Kaynağı”, Kaynak Bilimi, Oerlikon Yayını, 1988, sayı 3)

Kaynak Yöntemi	Ergime Verimi (Kg/Saat)	En Küçük Karışım Oranı %	En Küçük Nüfuziyet Derinliği (mm)	İlave Malzeme Şekli
WIG-Kaynağı	2.25	10	2.4	Kaynak elektrod Kaynak teli
MIG-Kaynağı	5.4	30	3.2	Tel elektrod
MIG-Kaynağı	11.3	20	4.8	Tel elektrod Kaynak teli
Plazma	3.15	5	0.25	Metal tozu
Tozaltı	7.0	20	3.2	Tel elektrod
Tozaltı	14.0	15	4.8	Tel elektrod
Tozaltı	14.5	8	0.5	Band elektrod

Uygun yöntem seçiminde önemli bir başka etken de ilave malzemeden dikişe göç ettirilen elementlerin kayıp oranlarıdır. Çizelge 7.2’de ele alınan yöntemlerde kullanılan ilave malzemelerin, kaynak dikişlerine göçmeleri sonucu bileşimlerindeki değişim oranları ölçek olarak verilmektedir. Uygun yöntem seçiminde ulaşılmak istenen dikiş özellikleri, en önemli seçim ölçeği 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 kombinasyon serbestlikleri arttıkça, öngörülen dolgu bileşimine daha kolay ulaşılmaktadır. Bu nedenle, yöntem seçiminde, çok yönlü bakış açısı, vazgeçilmez bir esas olarak kabul edilmelidir. (Gültekin, 1988)

Çizelge 7.2. Kaynak Yöntemlerine bağlı ilave malzeme element göçüm oranları

(Nurullah Gültekin, “Gazaltı ve Tozaltı Yöntemleri İle Dolgu Kaynağı”, Kaynak Bilimi, Oerlikon Yayını, 1988, sayı 3)

Yöntem	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	Al	Ti
Örtülü Elektrod	30	50	60	50	45	90		40	5	5
	75	75	100	95	85	100		50	20	20
Tozaltı	70	100	100	100	75	100	100	75		
	100	200	300		100			100		
CO ₂	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

7.2 Dolgu Kaynağında Kullanılan Yöntemler

Bir kaynak yönteminin dolgu işlemine uygunluğu, ana parça malzemesi, öngörülen dolgu özelliklerine göre seçilen ilave malzeme veya malzeme kombinasyonlarına, 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.

7.2.1 Oksi-asetilen kaynağı ile yüzey dolgusu

Oksi-asetilen kaynağı imalat ve dolgu amaçlı kullanılan bir yöntemdir. Basit ve kolay bulunur olan ekipmanlar, yöntemin ekonomik olmasına olanak sağlamaktadır. Düzgün, pürüzsüz, hassas ve son derece yüksek kalitede dolgu kaynağı için çok elverişli olan yöntem, taşınabilir olmasıyla da pratiklik sağlamaktadır. (Metals Handbook, Vol.6, 1971)

Oksi-asetilen dolgu kaynağı ile yüksek kalitede kaplama elde etmek, kaynakçının yüksek ölçüde becerisine bağlıdır. Çubuk ve üflecin, aynı zamanda ayrı ayrı kontrol edilmesi gerekmektedir. Kaynakçı işlemi büyük dikkatle yakından kontrol etmelidir. Çok küçük alanlar, oluk ve benzeri girintiler hassasiyetle doldurulabilir ve çok ince tabakalar düzgün şekilde uygulanabilir. Son derece aşınma mukavemetli ama gevrek kaplamalarla bile, ön ısıtma ve yavaş soğuma, çatlamayı asgariye indirme eğiliminde olurlar. (Metals Handbook, Vol.6, 1971)

Kaynak işleminden önce, ana metal yüzeyi temizlenmeli, yağ, kir ve oksit tabakalarından arındırılmalıdır. Çünkü kir ve oksit, arzu edilen ısıtma fiiline engel olur. Eğer yüzey temiz ve kuru ise çoğu zaman dekapan kullanılmaz fakat çok kirli ve zor temizlenen yüzeylerde dekapan kullanımı zorunlu hale gelir.

Yöntemin uygulanmasında, yüzey temizleme işleminden sonra öncelikle gerekiyorsa, oksi-asetilen alevi kullanılarak ön ısıtma işlemi yapılır. Redükleyici alev yüzeyi karbürler, ergime noktasını düşürür ve yüzey üzerinde bir film ergitilmiş olur. Alevin kenarında önceden ısıtılmış olması gereken dolgu çubuğunun ucu, alevin sıcak merkezine taşınıp ergir ve dolgu çubuğu ergidikçe yüzeyi ısıtıp, ısıtılmış ana malzeme üzerinde düzgünce yayılır. Alev ve çubuk, yüzeyin ısıtılması ve çubuğun ergimesi arasında bir dengeyi sağlayabilmek üzere salıntı verilerek hareket ettirilebilir.

Oksijen ve asetilen regülatörleri, kaynak torcu ve kaynak çubuğu, işlemin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan temel ekipmanlardır. Uygulamanın başarısında etkili olan uygun gaz karışımı, gaz basıncı, hız ve alev karakteristikleri uygulanacak olan malzeme ve yüzeye göre belirlenmelidir. (Metals Handbook, Vol.6, 1971)

Gerekli ergime davranışını ve beklenen dolgu metali niteliklerini sağlamak için alev ayarı, çubuk imalatçısının talimatı gereğince yapılacaktır. Yüzey dolgu metallerinin çoğu bir redükleyici alevle uygulanır; bu alev karbon kaybını önler.

Redükleyici alev fiilen, terk edilen metale bir miktar karbon da ekleyebilir. Alevin, terk edilen

metalin bileşimi üzerindeki etkisi, imal sırasında kaynak çubuğunun bileşiminin tasarımında peşinen hesaba katılır.

Oksi-asetilen yöntemi daha çok küçük yüzey alanlarının dolgusunda başarı sağlamaktadır. Örneğin buhar valfları, otomotiv ve dizel motor supapları, odun ve plastik için kesme bıçakları, zincir testere çubukları, saban demirleri ve benzeri tarım aletlerinin dolgusu için en tatminkâr olanıdır. Parçaların çalışma yerinde kolaylıkla kullanılabilir. Dişli çarkların kırılmış uçları, makine parçalarının uyumsuz yüzeyleri, Monel gibi demir dışı alaşımlardan yapılmış parçalar, ana metalle bileşim olarak aynı veya farklı bir metalle eski ölçülerine getirilebilir. (Oğuz, 1993)

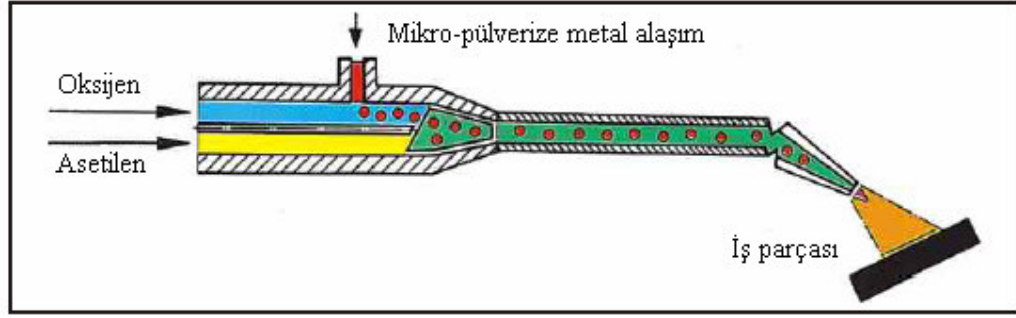
Tozlu dolgu metali ile el oksi-asetilen yüzey dolgusu

Oksi-asetilen kaynağının bir uygulaması olan bu yöntemde, bir toz hunisi ve toz sürme kontrolü donatılmış olan bir oksi-asetilen üfleci kullanılır. Bu dolgu tozu gaz akımı tarafından emilir ve kendi içinde gaz ile birlikte üflecın ucundan dışa sevk edilir. Bunun sonucunda, yüzeye sadece mekanik olarak bağlantılı püskürtülmüş toz tabakası meydana gelir. Bununla birlikte uygun teknikle, ana metalin terlemesi ve dolgu alaşımının uygulanmasıyla bir ergime bağlantısı elde edilebilir. Yüzey dolgu alaşımının ana metalle ergimesi tek bir işlemde olur.

Yöntemin avantajı kolaylıkla çubuk ve tel haline getirilemeyen birçok alaşım, uygun tozlar halinde elde edilebilir. Düzgün, ince, gözeneksiz kaplamalar yapılabilir; bunların kalınlıkları birkaç binde bir inçten 1/8 inç'e kadar olabilir. Metal terk etme temposu, üflecın boyuna bağlıdır. Kalınlık, tozun akış debisi ve üflecın hareketiyle denetlenir.

Sıcak sistem kaplama yöntemi:

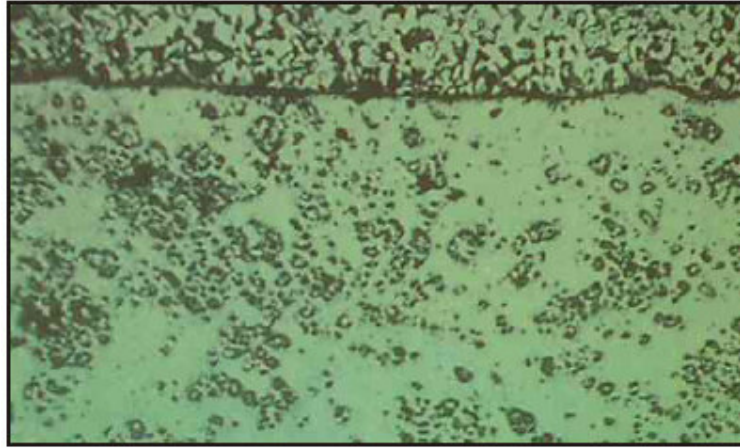
Bu yöntemde, toz metal alaşımları (mikro-pülverize kaplama tozları) kaplama yapılacak yüzeye oksi-asetilen alevi ile püskürtülmektedir. Oksi-asetilen alevinin içinden geçen metal alaşımları 3100 °C civarındaki alevin etkisi altında yaklaşık 1110 °C sıcaklığa ulaşır ki bu sıcaklık değeri alaşımın ergime sıcaklığına yakındır. Önceden tavlanmış metal yüzeyin üzerinde bu şekilde yapılan püskürtme işlemi yöntemin ilk aşamasıdır. Kaplama operasyonunun ikinci aşamasında, yüzeye püskürtülen metal alaşımları ergime sıcaklığına getirilir. Bu sıcaklık, ergimenin başlangıç ve bitiş sıcaklıkları arasındadır. (Askaynak, 2005)



Şekil 7.1 Sıcak sistem kaplama yöntemi

(Askaynak Ürün Kataloğu, 2005, sy 276)

Ana metal ile dolgu metali arasındaki tutunma difüzyon aracılığı ile gerçekleşmekte, dolayısıyla ana metal ile dolgu metali arasında herhangi bir dilüsyon oluşmamaktadır. Difüzyon sıcaklığı ise, kullanılan dolgu metalinin cinsine bağlı olarak 900-1000 °C arasında değişmektedir.



Şekil 7.2 Kaplama metalinin iç yapısı

(Askaynak Ürün Kataloğu, 2005, sy.277)

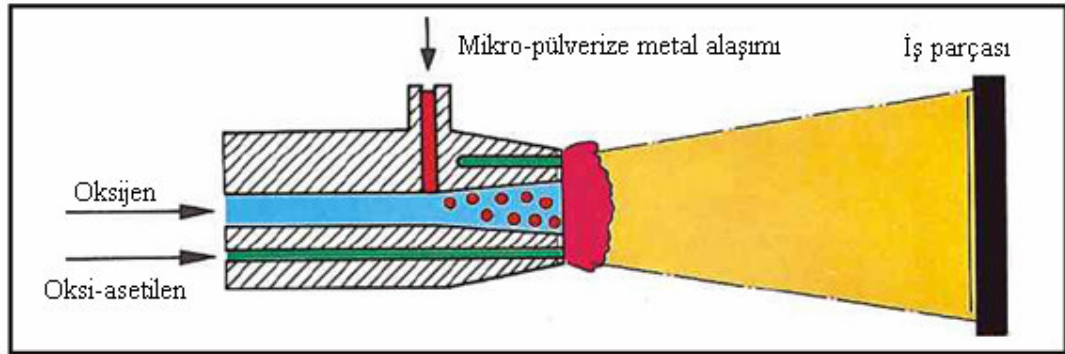
Yöntem, toz metal alaşımının kendi difüzyon sıcaklığından daha yüksek ergime sıcaklığına sahip metal yüzeylere kaplanması işlerinde kullanılır. Çelikler, CrNi'li paslanmaz çelikler, Ni alaşımları, dökme demirler ve belirli bakır alaşımları üzerine kaplama yapılabilir.

Soğuk sistem kaplama yöntemi:

Bu yöntem, fiziko- kimyasal esaslı, egzotermik reaksiyona dayanmakta olup, toz metal alaşımları, oksit, yağ ve nemden arındırılmış yüzeye ergime noktasına yakın bir sıcaklıkta püskürtülür. Belirli bir hızla yüzeye çarpan partiküllerin yüzeyde oluşturduğu mikro-kaynaklar sırasında kaplama işleminin uygulandığı parçanın ısısı en fazla 200 °C'a ulaşır. (Askaynak, 2005)

Kaplama işlemi esnasında parçada yüksek ısı artışları ile karşılaşılması sayesinde aşağıda belirtilen iki temel avantaj elde edilmektedir.

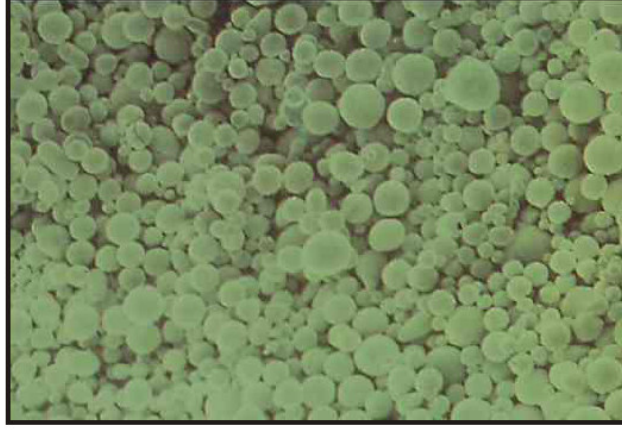
1. Bu yöntemle ince kesitli parçalar herhangi bir deformasyona ve metalürjik değişikliğe uğramadan kaplanabilmekte, böylece işlem sonrasında deformasyon giderme ek işlemi uygulanmaksızın parçanın hemen servise alınması mümkün olmaktadır.
2. Su verilerek sertleştirilmiş malzemelerde herhangi bir sertlik düşüşü ile karşılaşılmamakta ve kaplanan parçanın mekanik özelliklerinde olumsuz bir değişiklik meydana gelmemektedir.



Şekil 7.3 Soğuk sistem kaplama yöntemi

(Askaynak Ürün Kataloğu, 2005, sy. 292)

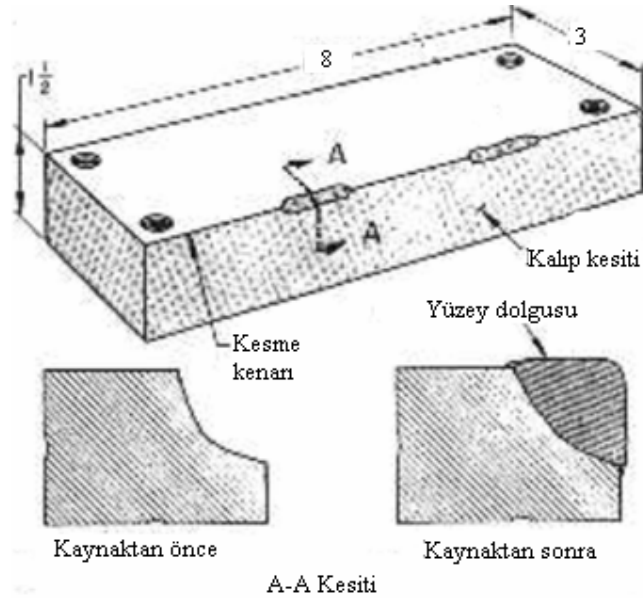
Yöntem için gerekli olan ısı enerjisi oksii-asetilen alevi ile elde edilirken, kaplama işlemi için seçilen toz metal alaşımları oksijen kanalı aracılığı ile emilmekte ve alev oluşturan oksii-asetilen karışımından bağımsız olarak alev huzmesinin ortasından parça yüzeyine püskürtülmektedir. Bu işlem yatay düzlemle minimum 75° açı yapan konumlar dâhil olmak üzere her pozisyonda rahatça uygulanabilir. (Askaynak, 2005)



Şekil 7.4 Kaplama metalinin iç yapısı

(Askaynak Ürün Kataloğu, 2005, sy.292)

Yöntemin soğuk iş kalıplarında uygulanması kesme kenarlarının doldurulması, gerekli yüzeylerin kaplanması şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Yöntemin genellikle kaynak öncesi ve kaynak sonrası tavlama işlemlerinin gerekliliğini ortadan kaldırması zaman açısından tasarruf sağlamaktadır. (Metals Handbook, Vol.6, 1971)



Şekil 7.5 Oksi-asetilen kaynağı ile takım çeliğinden imal edilmiş bir kesme kalıp kenarının tamiri

(Metals Handbook, Welding and Brazing, Vol.6, 8th.edition, sy. 587)

7.2.2 Isıl püskürtme ile yüzey dolgusu

Isıl püskürtme, ince öğütülmüş metal, metalik oksit veya plastikleri, ergimiş veya yarı ergimiş koşullarda, uygun bir altyapı üzerinde, yapışma kaplama teşkil etmek veya bir yapısal şekil meydana getirmek üzere terk etme sürecidir. Süreç, kullanılan membaa göre; yanma alevi, plazma, elektrik arkı veya patlatma tabancası süreci olarak tanımlanır. (Oğuz, 1993)

Kaplama metali başlangıçta toz ve tel ya da çubuk (metal, seramik) halinde bulunabilir. Yöntemi bu bakımdan da kategorilere ayırmak mümkündür. Özel bir tabanca içinden beslenen toz veya tel, alev içinde ergitildikten sonra basınçlı hava yardımıyla atomize edilerek, kaplanacak yüzeye püskürtülür. (Welding Theory, 1993)

Yöntemle, 0,076 mm'den istenilen kalınlığa kadar kaplama elde etmek mümkündür. Ayrıca kolay taşınabilir ve ucuz olması diğer tamir kaynak yöntemlerine göre üstünlük sağlamaktadır. (Welding Theory, 1993)

Toz püskürtmede ince parçacıklar bir çok yüksek ısı membanın içinden sevk edilirken ergimiş ya da yarı ergimiş hale gelirler; bir altyapıya çarptıklarında yassılırlar ve ince plaket veya lamel haline gelerek yüzeyin herhangi bir düzensizliğine uyum gösterirler. Yüzey, bu iş için önceden pürüzlendirildiğinde, bu düzensizlikler, terk edilen parçacıklara takılma ("demirleme") yeri olurlar. Bu parçacıklar, bu kez, arkadan gelenlere takılma yeri teşkil ederler ki böylece bir yapışmış dolgu meydana gelir. Bu mekanik bağlantı boyunca parçacıkların bazı nokta nokta ergimesi ve bazı oksit okside bağlantısı meydana gelirse de esas bağlantı mekanizması mekaniktir. (Oğuz,1993)

Tel veya çubuk püskürtmede, katı malzeme yüksek basınçlı hava ile çevrili bir ısı membanın içine sürülür. Malzemenin yüzeyi alevin ısısı tarafından ergitilince hava akımı tarafından ince damlacıklar halinde atomize edilir, bunlar altyapı üzerine sevk edilir. Uygun oksijen-yakıt kombinasyonu kullanıldığında ergime noktası 5000 °F'ın altında bulunan az çok tüm metal ve seramikler bu yolla terk edilir. (Oğuz,1993)

5000 °F'ın üstünde ergime noktalı malzemeler için ısı membaı olarak plazmaya başvurmak gerekir. Kendi ergime noktalarına varmadan buharlaşmayan veya ayrışmayan bütün bilinen malzemeler plazma ile püskürtülebilirler. Tungsten karbürü, tantal ve tungsten gibi bazı malzemeler, patlatma ve plazma süreçleriyle terk edilebilirler.

Isıl püskürtme süreciyle terk edilen metaller esas itibariyle ilk kimyasal bileşimlerini muhafaza ederler ama alaşımları, kullanılan sürece göre önemli ölçüde değişebilir. Plazma ve

elektrik arkı süreçlerinde önemli düşük ergime noktalı bileşen kaybı meydana gelebilir. Terk edilen metallerin ve bunları alaşımlarının fiziksel ve mekanik nitelikleri, ilk malzemelerinkinden hayli fark edebilir. Meydana gelen içyapı, lameller ve homojen olmayan bir içyapıdır; ince oksit okside bağlantı ile mekanik kenetlenme suretiyle olur. Aynı malzemenin çekilmiş (profil ve sac) haldeki çekme mukavemetine göre terk edileninki düşük olur. Her ne kadar basma mukavemeti oldukça yüksek ise de süneklik düşük olup bütün terkedilmiş metaller, ilk malzemedenden daha az yoğun olurlar. (Oğuz,1993)

Seramiklerde oksitler, terk edildiklerinde kimyasal özelliklerini muhafaza ederler. Bununla birlikte, bazı durumlarda kristal içyapıda bir değişme olabilir. Karbürler, silisüzler, borürler gibi reaktif seramikler, havada yanma alevi veya plazma ile püskürtüldüklerinde ilk kimyasal bileşimlerini koruyamazlar çünkü önemli miktarda sırasıyla karbondioksit, silisyum karbürü püskürtüldüğünde sadece silisyum dioksiti terkedilmiş olur. Bu malzemelerle plazma püskürtülmesi, ilk bileşimdeki değişmeyi asgariye indirmek için özel çevresel odalar ve özel uygulama tekniklerini veya her ikisini birden gerektirir. Plastikler de, yukarıdaki süreçlerin biri ya da birkaçı ile terk edilmektedir. (Oğuz, 1993)

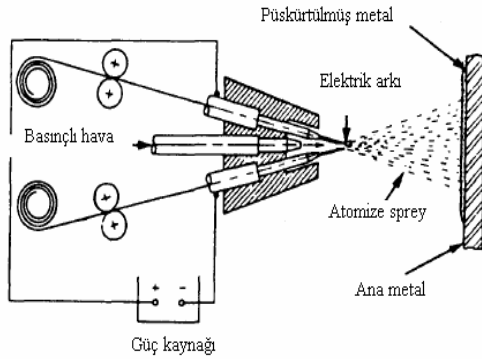
Patlama tabancasıyla yapılan kaplama sürecinde, içinde ölçülü miktarlarda oksijen, asetilen ve azotta süspansiyon halinde kaplama malzemesi toz taneciklerinin bulunduğu hücrede bir özel namlu kullanılır. Saniyede dört kez bir kıvılcım karışımı patlatır ve tanecikleri plastik duruma getirecek sıcak ve yüksek hızlı bir gaz akımı meydana getirir. Taneciklerin ısınması, tabanca namlusunun içinden 750 m/sn hızla geçerken meydana gelir. Bu ergimiş tanecikler iş parçasının yüzeyine çarpar ve burada bir mikroskobik kaynama etkisi, hem metalürjik hem de mekanik türden bir bağlantı meydana gelir. Birbiri ardında patlamalar, kaplama malzemesini özel uygulama için öngörölmüş kalınlığa getirir. (Oğuz, 1993)

Patlama tabancasıyla uygulanmış kaplamaların niteliğinin esası, toz taneciklerinin ana malzemeye çarptıkları yüksek hızda yatar. Kinetik enerji hızın karesinin bir fonksiyonu olduğundan tanecikler, bir oksi-asetilen püskürtme tabancasından çıkan enerjinin en az 25 katı enerjiyle ana metala çarpılmaktadırlar. Sadece % 0,25 ilâ 1,0 gözenekli kaplamalar, tungsten karbürü ve krom karbürü malzemelerde sürekli uygulanmaktadır; bağlantı mukavemeti 56 ilâ 175 kg/mm² mertebelerindedir. (Oğuz,1993)

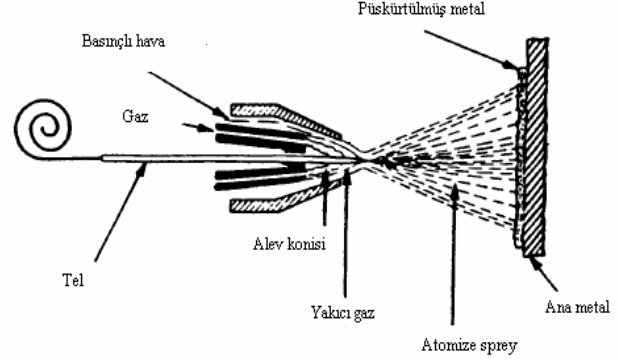
Çizelge 7.3 Isıl püskürtme süreçlerinin karakteristikleri ve nitelikleri

Burhan Oğuz, Aşınma Sorunları ve Dolgu Kaynakları, Oerlikon, İstanbul, 1993, sy266

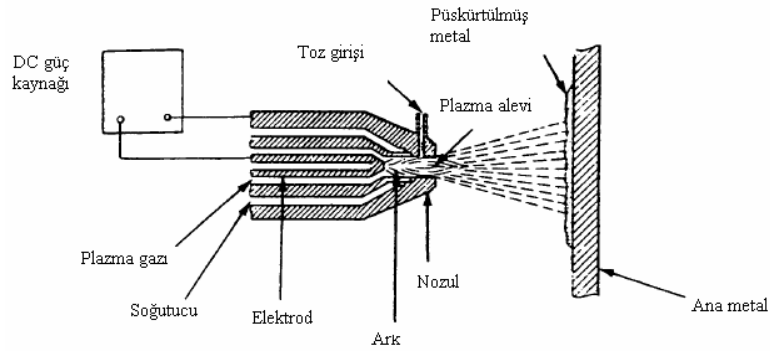
	Alevle püskürtme	Patlatma tabancası	Plasma ark	Elektrik ark
Yakıt	Oksijen+propan, asetilen, hidrojen	Oksijen+asetilen	Elektrik+asal gaz	Elektrik
Ergitilen malzemeler	Metaller,seramikler, kompozitler, seçilmiş polimerler ve seçilmiş sermetler	Başlıca oksit ve karbür seramikler ve sermetler	Metaller, seramikler, sermetler, kompozitler	Metaller, seçilmiş kompozitler



Elektrik ark püskürtme



Alevle püskürtme



Plazma püskürtme

Şekil 7.6 Isıl püskürtme teknikleri

(Welding Theory and Application, Department of the Army, Washington, DC, 7 May, 1993, sy.12-6)

Isıl püskürtme kaplamalarında az ya da çok gözenek oluşabilmektedir. Bunları tıkamak, kaplamanın ömrünü uzatmak, ana metala korozif atağı önlemek için kullanılır. Alüminyum ve çinko kaplamaları demir ve çeliğin atmosfer, tuzlu su, tatlı su ve bazı kimyasalların korozyonundan korumak için geniş ölçüde kullanılır.

İnce alüminyum kaplamaları, 870°C a kadar sıcak gazların korozif etkisinden çelik veya alaşımlı ana metali korumak için difüze ettirilebilir. Püskürtmeden sonra parça bir alüminyum tıkayıcı veya başka uygun bir malzemeyle kaplanır. Bu tıkama kaplaması alüminyum yüzeyin oksitlenmesini önler ve ana metala difüze olmasına (içine yayılmasına) zaman verir. Parça, difüzyonun oluşması için gerekli bir süre 788°C'da ısıtılma işlemine tâbi tutulur. Pratik olarak bu süre 25 mm kesit kalınlığı başına bir saattir.(Oğuz, 1993)

Son işlem taşlama, talaşlı işleme, tel fırça, honlama, lepleme veya parlatma şeklinde olabilir. Yüzey pürüzlülüğü geniş ölçüde söz konusu metale bağlıdır.

Püskürtülmüş kaplamaların tekdüze olmayan içyapısı bunları, dökme ya da biçimlendirilmiş hallerindekinden daha az sert kılmaktadır. Bununla birlikte, kaplamayı teşkil eden bireysel parçacıkların sertliği, bütünüyle kaplamanın sertliğinden çok daha yüksektir.(Oğuz, 1993)

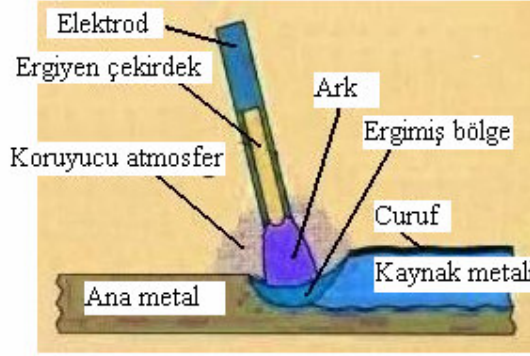
Isıl püskürtmenin en geniş kullanım alanı, makine parçaları alanıdır. Aşınmış veya hatalı işlenmiş parçalar, söz konusu olan özel hizmete göre seçilmiş metal püskürtülerek eski ya da gerekli ölçülerine getirilebilir. Son zamanlarda, uçak motoru parçalarında plazma püskürtme kaplamasının kullanımı büyük gelişme kaydetmiş olup sürekli olarak genişlemektedir. (Oğuz, 1993) Yöntem dayanım, korozyon ve ısı direncini arttırmada, termal ve elektrik iletkenliği arttırmada ve dekoratif kaplamaların elde edilmesinde kullanılmaktadır. (Welding Theory, 1993)

7.2.3 Örtülü elektrodla ark kaynak dolgusu

Elle yapılan örtülü elektrod ark kaynak dolgusunda, düşük donanım maliyeti, her işe yatkınlık, yöntemi oldukça yaygın kılmıştır. Kaynak az çok her pozisyonda ve durumda çok küçük işlerden büyük alanlara kadar her boyutta yapılabilir. Birçok uygulamada tek çözüm yolu olup birçoklarında da, özellikle sürekli yöntemlerin önemli fayda sağlamadıkları hallerde, ekonomik çözüm olmaktadır. (Metals Handbook, Vol.6, 1971)

İşlem kaynakçının gözetim ve denetimi altında yürütülmektedir. Kaynakçının, çatlamayı asgariye indirmek üzere ark gücünü aşağıda tutması, dolgu malzemesinde pahalı alaşım elementi kaybını azaltmak için kısa arkla çalışması, aynı nedenle aşırı kaynak banyosundan

kaçınması, ana metalle karışmayı asgaride tutması ve özellikle alçak hidrojen (LH) elektrodlarıyla rutubet girişini sınırlaması gibi önlemleri çok faydalı olmaktadır. (Oğuz, 1993)



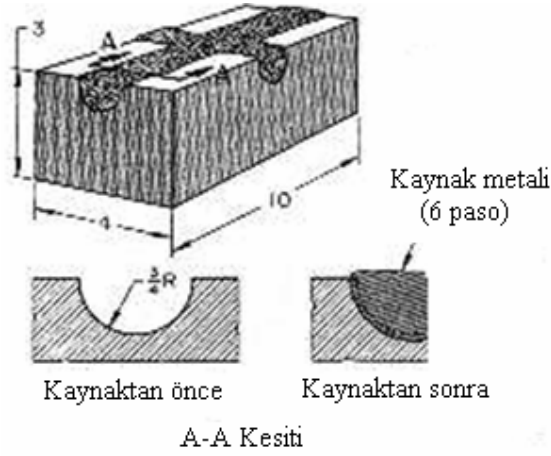
Şekil 7.7 Örtülü elektrod ark kaynağının şematik gösterimi

(<http://www.weldingengineer.com/1stick.htm>)

Yöntemin başlıca dezavantajları ise, sürekli elektrod değişimi gerektirdiğinden zaman kaybının oluşması, yüzeyde oluşan curuf tabakasının temizlenme gerekliliği ve düşük yığma hızıdır. (Metals Handbook, Vol.6, 1971)

Yarı-otomatik ark kaynağı ile dolgu yönteminin çoğu kez diğer elle kaynak yöntemlerine göre avantajları vardır. Şöyle ki durmadan uzun süre devam edebilir ve böylece de ark süresi yüzdesi ve dolgu temposu yüksek olabilir. Donanım masrafı, diğer otomatik süreçlere göre daha azdır. Çünkü güç membranının yanı sıra sadece bir tel sürme tertibatına gerek vardır.

Bu yöntemde bir çıplak elektrod kullanılır. Bu nedenle de bir koruyucu gaz sağlanmadıkça arkla kaynak banyosu hava ile temastadır. Oksitlenmeye bağlı sorunları önlemek üzere bazı elektrodlar, desoksidasyonu sağlayan componentler içerirler. Dolguların çoğu boru şeklinde “açık ark” elektrodlarıyla yapılır ki böylece tozaltı ark yöntemlerine göre kaynak banyosunun iyi görülebilirliği, ana malzemeye daha düşük ısı girdisi, daha az nüfuziyet, karışma ve daha az distorsiyon sağlanır.

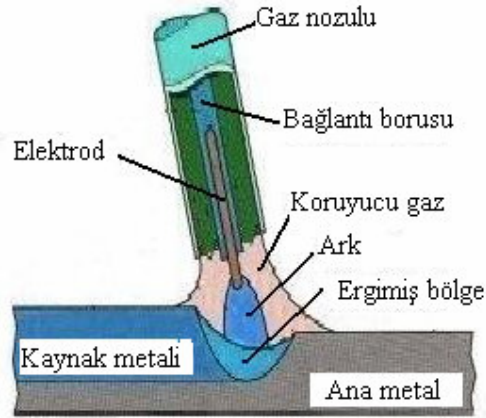


Şekil 7.8 Örtülü elektrod ark kaynağı ile H12 takım çeliğinden imal edilmiş bir kalıbın tamiri

(Metals Handbook, Welding and Brazing, Vol.6, 8th.edition, sy. 163)

7.2.4 MIG/MAG kaynağı ile dolgu

Gaz altı kaynak yöntemleriyle yapılan dolgu kaynağında ark ve kaynak alanı koruyucu gaz olan ve saf veya karışım halinde bulunan karbondioksit, argon ve helyum gazlarıyla korunmaktadır. Koruyucu gaz kullanımı dolgu sürecinin maliyetini arttırsa da yüksek kalitede dolgu yüzeylerinin elde edilmesinde son derece etkili olmaktadır. (Metals Handbook, Vol.6, 1971)

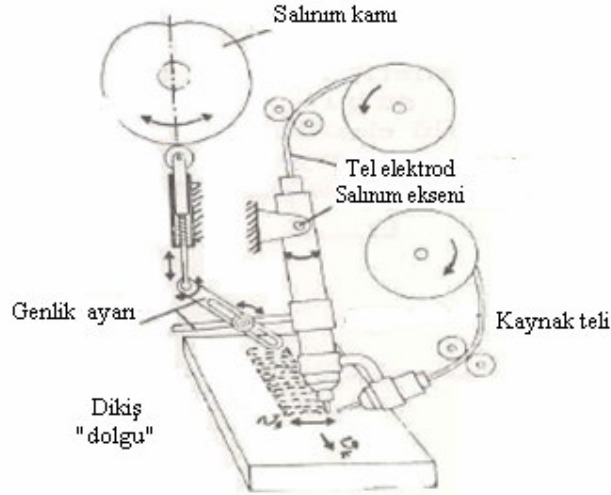


Şekil 7.9 MIG kaynak yönteminin şematik gösterimi

(<http://www.weldingengineer.com/1mig.htm>)

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 donanımları, genellikle salınım hareketi yapan elektrot sevk edicilerine sahip bulunmaktadır. Bu tür uygulamada, ark ısısı ile çift tel ergitildiğinden, ısı bilançosunda ilave malzeme daha büyük pay sahibi olmaktadır. (Gültekin, 1988)



Şekil 7.10 Salınım hareketli çift telli MIG donatımı

(Nurullah Gültekin, "Gazaltı ve Tozaltı Yöntemleri İle Dolgu Kaynağı", Kaynak Bilimi, Oerlikon Yayını, 1988, sayı 3)

Farklı bir uygulama olan, parça ilerlemesi esasına göre salınım hareketli MIG-dolgu işleminde ana malzemedan ergime oranı %5'e 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.

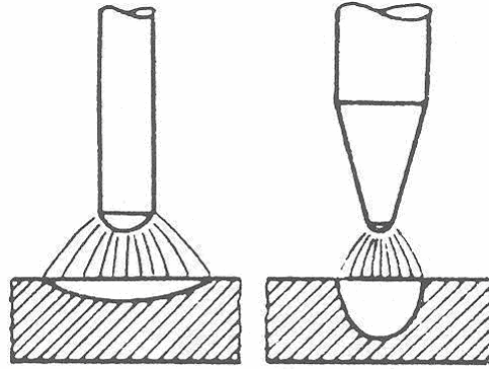
MIG-yöntemi ile parça ilerlemeli uygulamanın üstün görülen bir başka yönü ise, paso geçişlerinde sağlanan süreklilik olarak gözlenmektedir.

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 CO₂ tüketilmektedir. Bu şekilde elde edilen dikiş yüzeylerinde 57-62 sertlik değerlerine ulaşılmaktadır. Yüksek alaşımlı 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. (Gültekin, 1988)

7.2.5 TIG/WIG kaynağı ile dolgu

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

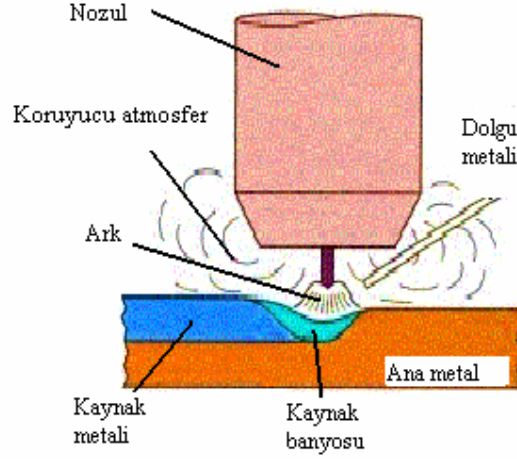
Yöntem genellikle onarım ve düzeltme amaçlı dolgularla, Al-, Mg-, Ni-, Cu- ve bunların alaşımları gibi malzemelerle uygulanmaktadır. İşlemden derin nüfuziyet öngörülmemesi nedeni ile elektrot uç biçiminin geniş yüzey oluşturacak şekilde seçilmesi gerekmektedir.(Gültekin, 1998)



Şekil 7.11 WIG kaynağında elektrod uç biçimleri

(Nurullah Gültekin, “Gazaltı ve Tozaltı Yöntemleri İle Dolgu Kaynağı”, Kaynak Bilimi, Oerlikon Yayını, 1988, sayı 3)

WIG-yöntemi ile dolgu işleminde özellikle dalgalı akım kullanılır. Sola veya sağa kaynak yönü seçilebilir. Sola kaynak işleminde nüfuziyet derinliği artar ve metalsel banyo daha büyük olur. Koruyucu gaz tüketimi ise azalır. Aynı bileşimdeki malzemeler için, ulaşılan sertlik yönünden sağa kaynağa kıyasla daha düşük değerler ortaya çıkar. (Gültekin, 1988)

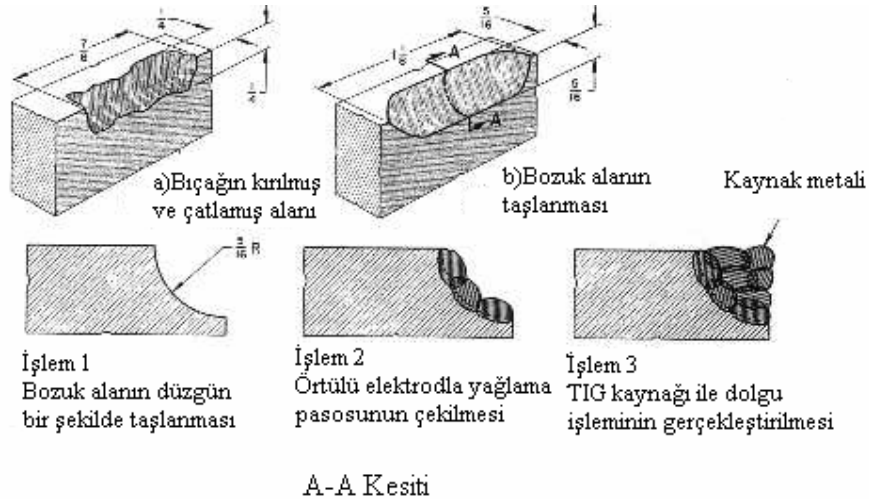


Şekil 7.12 TIG kaynağının şematik gösterimi

(<http://www.weldingengineer.com/1tig.htm>)

Yöntem, düşük yığma hızı nedeniyle yüzey kaplama işlemlerinden ziyade, küçük ve daha hassas tamir işlerinde tercih edilmektedir. (Metals Handbook, Vol.6, 1971) Örneğin, kalıp tamiri gibi dar toleranslar altında yapılacak olan bir tamir işleminde, düşük nüfuziyet derinliği ve dar ITAB bölgesi elde etmek amacıyla tercih edilen ve diğer özel kaynak yöntemlerine göre daha ekonomik olan bir yöntem olmaktadır. (Preciado, Bohorquez, 2006)

Şekil 7.13’de görülen kesme bıçağının tamirinde, öncelikle daha yumuşak ve sünek bir alaşımla ilk “yağlama” pasosu gerekmektedir. Bu paso örtülü elektrod ark kaynağı ile paslanmaz çelik elektrod kullanılarak yapılmıştır. Böylece hem maliyetin düşürülmesi hem de dolgu kaynağının özelliklerinin iyileştirilmesi sağlanmış olacaktır. Yağlama pasolarının ardından sıcak çekileme yapılmış ve ardından TIG kaynak yöntemi ile yüksek hız çeliği dolgu çubuğu kullanılarak sert dolgu işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler sırasında kesme bıçağı pasolar arası sıcaklıkta tutulmuştur. (Metals Handbook, Vol.6, 1971)



Şekil 7.13 D12 takım çeliğinden imal edilmiş kesme bıçağının dolgu kaynağı

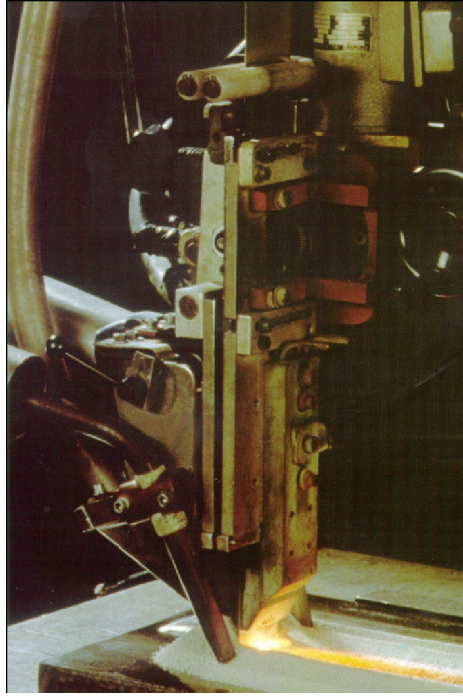
(Metals Handbook, Welding and Brazing, Vol.6, 8th.edition, sy. 163)

7.2.6 Tozaltı kaynağı ile dolgu

Birleştirme ve dolgu kaynak uygulamalarında oldukça avantajlı bir yöntem olan tozaltı kaynağında, elektrod bir dolu ya da boru şeklinde sürekli tel olup ark bölgesi taneli (granular) flux (toz) ile korunur. Yüksek akım şiddetleri kullanıp çok yüksek metal terk etme temposu avantajına sahiptir. Terk edilen metaller yüksek kaliteli olup birçok dolgu metaliyle pratik olarak boşluksuz dolgu elde edilebilmektedir. (Metals Handbook, 1971)

Yöntem yüksek ergime verimi nedeni ile rölatif büyük boyutlu yüzeylerin dolgu işlemlerinde yaygın uygulanma özelliğine sahip bulunmaktadır. (Gültekin, 1988) Ancak bu yöntemin, görelî derin nüfuziyeti ve koruyucu flux kaplamasıyla, öbür ark kaynağı süreçlerine göre iş parçasına çok daha fazla ısı ithal ettiği unutulmamalıdır. Yer alan karışma, ergimiş flux'tan (tozdan) çeşitli elementlerin kazancı veya kaybı nedeniyle dolgu metalinin tüm niteliklerine, iki ya da daha çok tabaka terk edilmeden varılamaz. (Oğuz, 1993)

Toz altı kaynağı ile dolgu işlemlerinde, tek tel, çift tel indirekt ark, tek bant, çift bant gibi birçok türev usulden yararlanmak suretiyle, yatay ve dikey kaplama işlemlerini gerçekleştirmek mümkün olmaktadır. (Gültekin, 1988)



Şekil 7.14 Şerit bant elektrod ile yatay kaplama

(Melike Mihran Cavcar, “Hızlı Sert Dolgu Kaynak Yöntemleri, Oerlikon)

Ark bölgesine fazladan dolgu metali süren yöntemler, ark ısısından daha verimli faydalanma ve bu arada metal terk etme temposunu artırırken ana metalle karışmayı azaltma avantajlarını sağlarlar. Bu fazladan dolgu metali bir ya da daha çok tel veya şerit olabilir; şeritler başlıca paslanmaz çelikler ve nikel esaslı alaşımlar için kullanılır. (Oğuz, 1993)

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.(Cavcar, 2002)

Büyük alanların kaplanmasında kullanılan şerit (band) elektrodla tozaltı dolgu yöntemi başlıca şu avantajları sergiler;

- Gerekli donanım çok basit olup esas itibariyle telle tozaltı kaynağındakinin aynıdır; sadece bir band kaynak kafası gerekir.
- Band kaplamada denetlenmesi gereken parametreler az olup mutlak tozaltı kaynağına göre daha azdır.

- Az yanma kertiği ve az karışma miktarı, bu sürecin belirgin özelliği olmaktadır; bu nedenle de çoğu kez tek bir tabaka ile kaplamadan beklenen nitelikler elde edilir.
- Kaynak dikişlerinin şekli ve kristalleşme türü itibarıyla kaynak metalinde alaşım elementlerinin çok homojen dağılımı ve orta katılaşma çizgisinden sıcak çatlama eğiliminin çok önemsiz oluşu belirgindir.
- Büyük ergitme gücü itibarıyla büyük alanların dolgusu ekonomik açıdan da yöntemi ideal kılmaktadır.

İyi sonuçlar, özenle imal edilmiş, sadece bandı sürmekle kalmayıp aynı zamanda eşit kaynak akımı dağılımını sağlayan ve sürekli kaynak sırasında aşırı ısınmayı önlemek üzere meydana gelen ısıyı dağıtan bir kaynak kafasıyla elde edilir. (Oğuz, 1993)

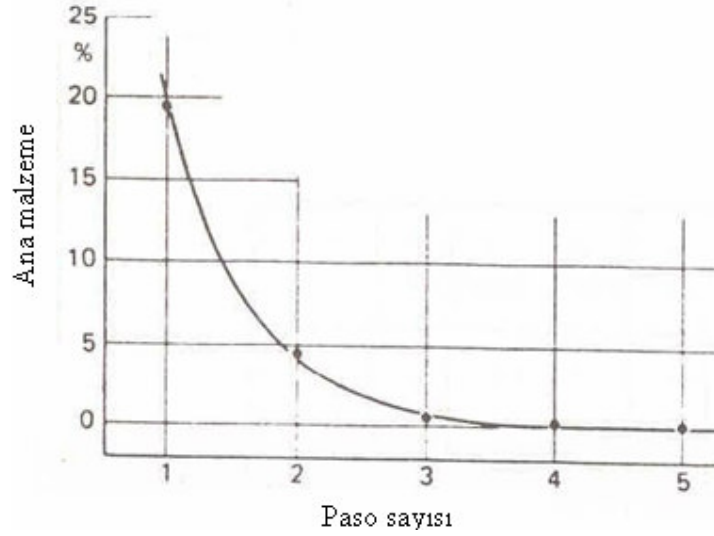
Birden fazla elektrod kullanılması, metal terk etme oranını artırır. Altıya kadar elektrod kullanılabilir. Elektrodlar tek bir güç membına bağlıdır. Elektrod ya da elektrodların, kaynak ilerleme yönüne 90^0 salınması, daha geniş bir dikiş sağlayıp nüfuziyeti azaltır. Her elektrodda 50 mm'ye kadar geniş dikiş elde edilebilir. Birden çok elektrodla çalışıldığında bunlar, birinin dikişinin, ona komşu elektrodunkine bindirecek ve onda ergiyecek şekilde tertipleneceklerdir. (Oğuz, 1993)

Toz veya özle kaynak bölgesine sert metal karbürü taşımak mümkün olabilmektedir. Elde edilen kaynak dikiş matrisi içinde metal karbürü oluşturulması da mümkündür.(Gültekin, 1988) Alaşım tozları, tozaltı kaynağı süreciyle sert dolguda, terk edilen metale istenen alaşım bileşimini vermek için yumuşak çelik veya alaşımlı elektrodlarla kullanılabilir. Çeşitli alaşım tozlarını çeşitli elektrod tipleri ile terkiyerek ve ergitme oranı ve nüfuziyeti değiştirmek üzere süreç değişkenleriyle oynayarak dolgu metalinde geniş bir nitelik yelpazesi geliştirilebilir. Bir alaşım tozunun kullanımı en esnek ve en ucuz kaynak kimyasını denetleme yolunu sağlar.

Kullanılan alaşım tozları, “aglomere” alaşım tozları olarak anılırlar. Aglomerasyon, uygun şekilde formülü saptanmış, ince öğütülmüş taneciklerin bir bağlayıcı ile birlikte karıştırılıp bir homojen kitle elde edecek şekilde kurutulmasıdır. Bu kitleden uygun granülometride yapılan “toz”ların her taneciği tamamen aynı kimyasal bileşime sahip olup, alaşım unsurları bundan hiçbir surette ayrılamaz. Aglomere sert dolgu alaşım tozları alçak alaşım, orta-yüksek alaşım ve yüksek alaşım ve tozları olarak imal edilirler. (Oğuz, 1993)

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 aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Şekil 7.15 Ana malzeme karışım payları-paso sayısı ilişkisi (tek bant ile çalışma)

(Nurullah Gültekin, “Gazaltı ve Tozaltı Yöntemleri İle Dolgu Kaynağı”, Kaynak Bilimi, Oerlikon Yayını, 1988, sayı 3)

Şekilde verilen karakteristik eğri, östenitik çelik bant elektrotla gerçekleştirilmiş, 2 pasolu bir kaynak işlemine aittir. Verilen eğride bant bileşimine 4. Pasoda ulaşılmaktadır. Değişik bileşimde toz kullanılarak 2. pasoda bant bileşimine ulaşılması da mümkün görülmektedir. (Gültekin, 1988)

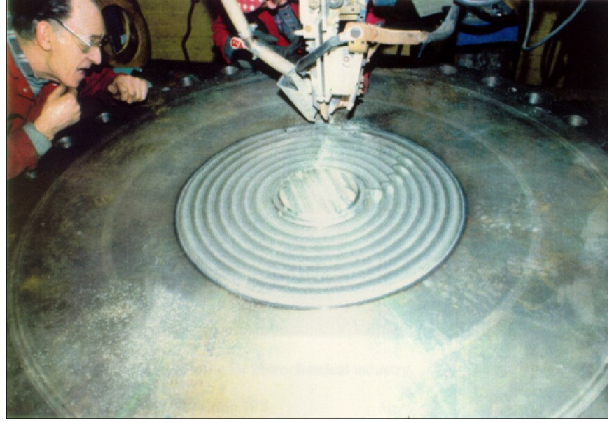
Her ne kadar gözeneklik ve cüruf ceplerinin yokluğu anlamında kalite sağlanıyorsa da, yüksek ısı gradien çatlamaya neden olabilir. Çatlaktan kaçınma, genellikle özel donanımlı ön ve son ısıtmayı gerektirebilir. Yüksek karbon, kromlu dökme demirler gibi bazı dolgularda, geniş ve büyük gerilmelere maruz parçalar üzerinde bir ince çatlama modeli normaldir. Bu davranış gevrek sert yüzey dolgu alaşımlarında karakteristik bir özellik olup her zaman istenmeyen bir şey değildir.

Genel olarak tozaltı kaynağı ile dolguda çatlamlar (uzunlamasına veya merkez çizgisi çatlaması), salıntı tekniği de kullanılarak önlenmekte olup sürecin yüksek ısı girdisi yeterince yavaş soğumayı sağladığından merkez çizgisi çatlaması çoğu kez meydana gelmez. (Oğuz, 1993)

Yine tozaltı dolgu kaynağında çatlamları önlemenin bir yolu da, dikişlerin birbiri üzerine

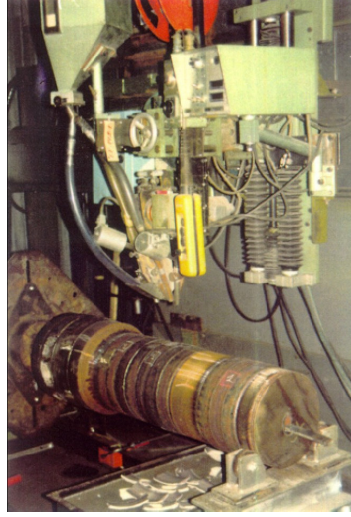
bindirmelerinin, bir önceki dikişin merkezinin yeniden ergitilmesine yetecek kadar artırılmasıdır.

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 dönel parçaların dolgusunda daha çok yararlanılabilen bir yöntem olarak ele alınması uygun görülmektedir. (Gültekin, 1983)



Şekil 7.16 Gaz soğutucu tabanının Ni - 625 alaşımı ile kaplanması

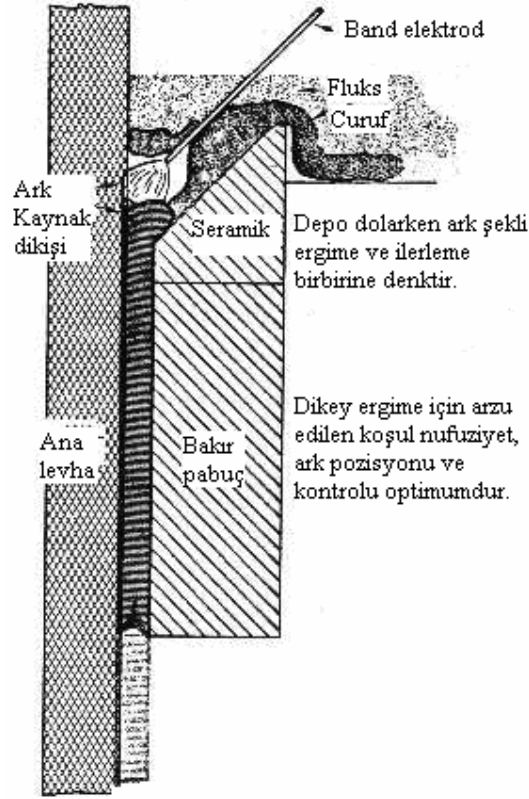
(Melike Mihran Cavcar, “Hızlı Sert Dolgu Kaynak Yöntemleri”, Oerlikon,2002)



Şekil 7.17 Sürekli döküm merdanelerinin aşınma ve korozyon dirençli malzemelerle kaplanması

(Melike Mihran Cavcar, “Hızlı Sert Dolgu Kaynak Yöntemleri”, Oerlikon,2002)

Tozaltı kaynağının bir başka uygulaması da dikey band kaplaması şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Bu süreçte özel bir kaynak pabucu, kaynak yeri donanımını tamamlarken, terk edilen alaşım metalini kalıplayıp, soğutmaktadır. Yöntem bir dikey yüzeye uygulanmış ve özel bir soğutucu pabuçla tutulmuş bir sıvı kaynak metali deposu olarak betimlenebilir. Yöntemin prensibi, pabucun dikey hareketini, önceden saptanmış bir kaynak banyosu düzeyini idame ettirmek için gerekli band elektrod miktarına uydurma prensibine dayanır. Pabuç, fluks ve ergimiş kaynak metali için bir depo, kaynak dikişinin istenen şekli için bir tekne ve banyonun katılaşması için bir soğutucu görevi görmektedir. (Oğuz, 1993)



Şekil 7.18 Dikey band kaynak süreci

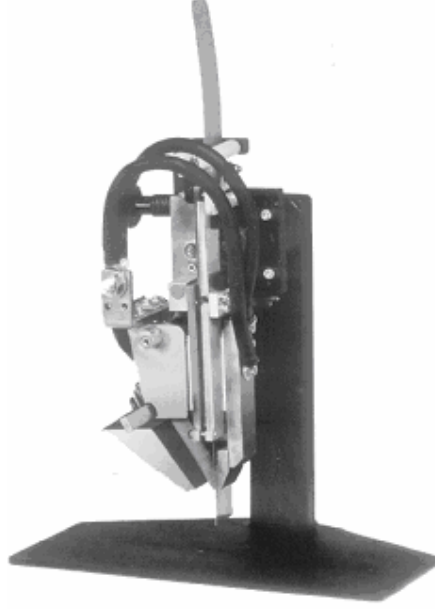
(Burhan Oğuz, Aşınma Sorunları ve Dolgu Kaynakları, Oerlikon, İstanbul, 1993, sy.547)

7.2.7 Elektro-cüruf (Elektroslag) tamir kaynağı ve dolgusu

Elektroslag kaynağı, bir elektrik akımının bir ergimiş dekapan (flux) ya da cüruf arasından geçerken hasıl ettiği ısıyı kullanan bir ergitme kaynağı sürecidir. Bir "kök" aralığı ile birbirlerinden ayrılmış birleştirme kenarları ergime noktasına getirilir ve aralık ergimiş ilâve metalle doldurulur. Topraklanmış iş parçasına akımı taşıyan cürufun direnci, elektrod telini (ilâve metali) ve işparçasının o anda tekabül eden bölümlerini ergiten ısıyı meydana getirir. (Oğuz, 1989)

Kaynak akımı banttıan elektriksel olarak iletken olan ve özel olarak geliştirilen yüksek floritli aglomera tozdan oluşan sıvı cüruf tabakasına iletilir. Elektro-cüruf bant kaplama yönteminin özelliğı işlem sırasında elektrik arkının olmayışdır. Elektrik arkı yöntemin başlangıcında ateşleme için kullanılır ve söner. Yöntemi kararlı tutabilmek için cüruf banyosunun kalınlığı ve yüzeyi sabit tutulmalıdır. Bunlar yalnızca banttıan etkilenir. Arkın ana ısı kaynağı olduğı tozaltı yönteminin tersine elektrocüruf yönteminde bandı ve ana metali ergiten cüruf, direnç

ile ısıtılır.(Cavcar, 2002)

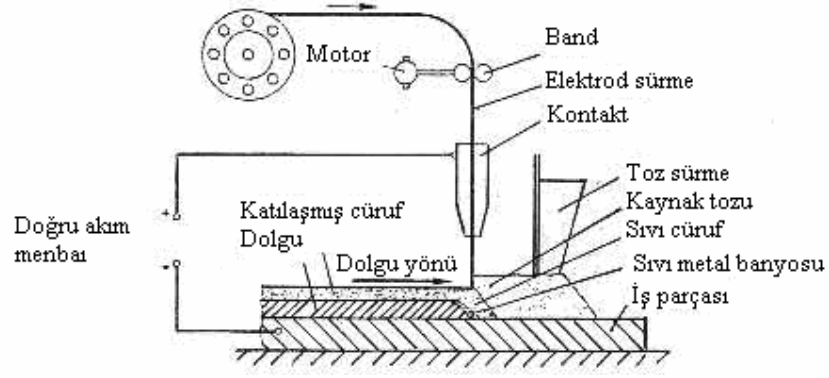


Şekil 7.19 Tozaltı ve Elektro-Cüruf Bant Kaplamada Kullanılan Bant Kafası

(Melike Mihran Cavcar, “Hızlı Sert Dolgu Kaynak Yöntemleri, Oerlikon.)

Elektro-cüruf bant kaplama yönteminin tozaltı bant kaplamaya göre ana avantajları şu şekilde sıralanabilir;

- 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 operasyonu, çok düşük kaynak hata riski ile beraber elde edilebilir.
- Daha düşük toz tüketimi söz konusudur.(Cavcar, 2002)



Şekil 7.20 Elektroslag yatay dolgunun şematik gösterilişi

(Burhan Oğuz, Aşınma Sorunları ve Dolgu Kaynakları, Oerlikon, İstanbul, 1993, sy.647)

Çizelge 7.4 Farklı Bant Boyutları İçin Tipik Kaynak Akım Değerleri

(Melike Mihran CAVCAR, Hızlı Sert Dolgu Kaynak Yöntemleri, Oerlikon, 2002)

Bant Boyutu mm,(inch)	Tipik Kaynak Akımları (A)
30 x 0.5 (1.18x0.02)	700
60 x 0.5 (2.36x0.02)	1250
90 x 0.5 (3.54x0.02)	1700
120 x 0.5 (4.72x0.02)	2300
150 x 0.5 (5.90x0.02)	2800

Elektroslag kaynağında cüruf, elektrik enerjisini ısıya dönüştürmektedir. Dolayısıyla bir cürufun başlıca nitelikleri, elektriksel iletkenlik ve sıcaklık direnç katsayısıdır. Cürufun bütün sıcaklıklarda sabit bir elektriksel iletkenliğe sahip olması beklenir ama gerçekte böyle olmayıp, cüruflar ergimiş halde, yükselen sıcaklıkla, keskin şekilde artan bir elektriksel iletkenliğe sahiptirler. Bunun yanında belli bir sıcaklığın altında cüruflar pratik olarak elektrik akımını geçirmezler. Bu durum sürecin stabilize edilmesini karmaşık hale getirmektedir. Ergimiş cüruf, ergimiş metali havanın oksijen ve azotundan korur ve gerektiğinde de ana metalin kimyasal bileşimine ilâvede bulunur. (Oğuz, 1989)

Elektroslag kaynağı özellikle büyük çelik döküm parçaların tamiri için ideal olmaktadır

(çekme çukurları, çatlaklar, gözenekler vb.). Bu kusurlar genellikle büyük hacimde olduklarından bunların ark kaynağı ile tamiri her zaman mümkün olmaz veya çok pahalı olur. Elektroslag tamiri, yorulma nedeniyle kırılmış parçalara uygulanamaz.

Bir çatlağın iş parçasının sınırlı bir alanı içinde ilerlemesi ya da parçanın sadece bir kısmının kırılmış olması halinde, elektroslag kaynağında parça sıkı bir basınç altına alınır. İlk adım olarak 50-70 mm çapında delikler, bütün çatlak derinliğince delinir, deliklerin arasında 20-25 mm bırakılır. Sonra delikler birbiri arkasına sarf olan tüp gaydla kaynak edilir.

Büyük dişli çarkların kırılmış dişleri, dişin şeklinde kalıpların yardımıyla elektroslag dolgusuyla tamir edilebilir. Genellikle kırık diş, alev kesmesi ile kaldırılır. Dişler, dikey pozisyonda ve sarf olan gayd kullanılarak oluşturulur. (Oğuz, 1993)

7.2.8 Özlü tel elektrod ile dolgu kaynağı

Örtülü elektrod ile dolgu kaynağının büyük parçalarda, düşük dolgu hızı ve verimi nedeniyle ekonomik olmaması, tozaltı kaynağının ise hızlı ve verimli bir yöntem olmasına rağmen, parça geometrisi ve kaynak pozisyonu açısından sınırlı kalması, alaşımlandırılmış masif gazaltı kaynak elektrodu üretiminin de bazı teknik ve mali sakıncalarının bulunması çeşitli alaşım elemanlarının ilavesi ile aranan özellikleri verebilecek özlü elektrodların kullanımını gündeme getirmiştir. (Oğuz,1988)

Özlü elektrodlar, tel halinde çekilmesi mümkün olmayan alaşımları meydana getirmek üzere, dolu kesitli masif tip elektrodların aksine, "zarf" adı verilen boru şeklindeki metalik malzemenin içine "öz" adı verilen toz halindeki maddenin yığılması veya doldurulması ile elde edilmektedir. (Gülbahar, 1991)

Örtülü elektrodlardaki örtünün, tozaltı kaynağındaki örtünün veya tozaltı kaynağındaki tozun yapısına, özelliklerine ve görevlerine sahip öz maddesi, cüruf ve koruyucu gaz oluşturan elementler, arkı stabilize eden maddeler, kaynak metalini dezokside eden ve alaşımlandıran ferro bileşikleri ve elementlerden oluşmaktadır. Kaynaktan sonra elektrodun özü nedeniyle dikişin yüzeyinde ince ve kolayca kalkan bir cüruf tabakası oluşur, bu tabaka örtülü elektrod ve tozaltı kaynağında görülen cüruf tabakasından ince, masif elektrodla MAG kaynağında oluşan oksit filminden biraz daha kalındır.(Gülbahar, 1991)

Sert dolgu amacı ile kullanılan özlü elektrodlar;

a) Kesitleri açısından; boru tipi (kapalı kesitli), kenetli tip (açık kesitli), band tipi (kapalı

kesitli, yassı şekilli)

b) Uygulama yöntemi açısından; kendinden korumalı (açık ark), gaz korumalı, toz korumalı olarak sınıflandırılmaktadır.

Band tipi özlü elektrodlar, genellikle dolgu veya kaplama kaynağı amacıyla tozaltı kaynak yönteminde kullanılan ve özel alaşımlı öz içeren özlü elektrodlardır.

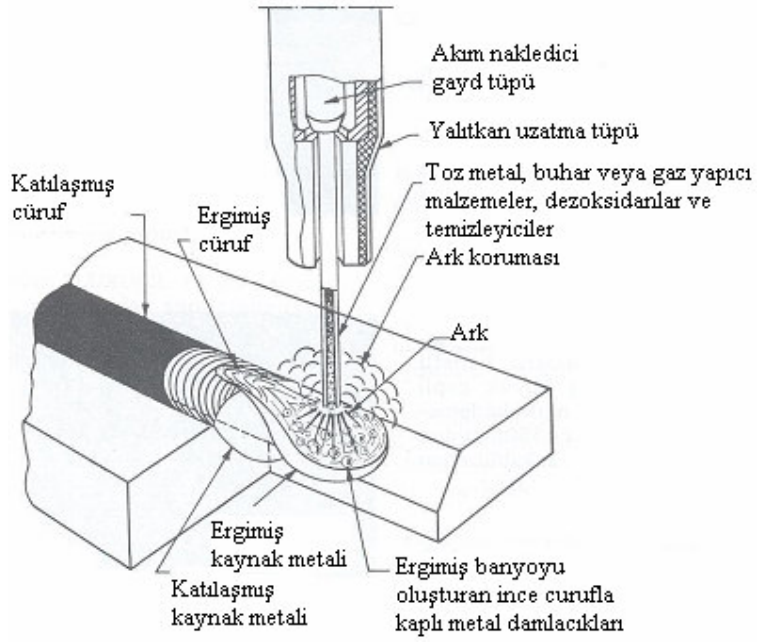
Kenetli tip elektrodlar, zarfı oluşturan metalik şeridin içine öz maddesinin yığılması ve şeridin mekanik olarak kıvrılıp, sıkıştırılması, yani "kenetlenmesi" ile elde edilir.

Boru tipi özlü elektrodlar ise, büyük çaplı boru olarak hazırlanan zarfın, içine özün uygun bir metod ile doldurulmasını takiben kalibrasyon ve bakır kaplama işlemlerinden geçirilmesi ile üretilmektedir. (Gülbahar, 1991)

Özlü elektrodların, sarf malzemeleri, yumuşak karbonlu çelik, nikel veya kobalt esaslı metallerden yapılırken, öze katılan alaşım elementleri de ferro bileşikleri halindeki manganez, krom, molibden, wolfram, vanadyum ve boron gibi karbür yapıcı elemanlardır.

Gaz korumalı özlü elektrodlar, aynı masif MAG kaynağı elektrodları gibi CO₂ veya karışım gaz (Ar + CO₂) koruyuculuğu altında çalışılır. Bu nedenle bu elektrodlara “özlü tip MAG kaynak elektrodları” adı da verilmektedir. Fakat genellikle, özdeki alaşım elementlerinin yanmaması için çoğunlukla saf Argon gazı kullanılmaktadır, çünkü CO₂ gazının ark ortamında ayrışması ile ortaya çıkan oksijen, alaşım elementlerinin yanarak eksilmesine ve dolgu metalinin gerekli özellikleri sağlayamamasına neden olur. (Gülbahar, 1991)

Kendinden korumalı özlü elektrodlarda, örtülü elektrodlarda olduğu gibi, öz kaynak esnasında yanarak banyoyu havanın zararlı tesirlerinden koruyacak gazı sağlayan bazı maddeleri içermektedir, dolayısı ile bir harici koruyucu gaz gerektirmezler. (Gülbahar, 1991)



Şekil 7.21 Kendi Kendini Koruyan Özlü Telle Açık Ark Kaynak Sürecinin Prensibi

(Burhan Oğuz, Kaynak Bilimi, Oerlikon, 1988, sayı 3)

Toz korumalı özlü elektrodlar da, tozaltı kaynak yöntemindeki masif tozaltı kaynak elektrodları yerine, özellikle hafif alaşımlı yüksek dayanımlı çeliklerin kaynak işlerinde kullanılmaktadır. Bu yöntemde kaynak dikişine ana malzemeye uygun kimyasal bileşim ve mekanik özellikler özlü elektrodun özünün alaşımlandırılması ile kazandırılır. Toz ise genellikle bazik karakterde ve alaşımsız olup, sadece koruyucu görevi yapar. (Gülbahar, 1991)

Sert dolgu kaynağında, birim zaman diliminde mümkün olduğu kadar çok kaynak metali yığılabilmesi amacı ile birleştirme kaynağında kullanılanlara göre daha büyük çaplı özlü elektrodlar kullanılır. Nitekim; kendinden korumalı özlü elektrodlarda, 1.6-3.2 mm. çaplar, tercihen 2.8. mm., gaz korumalı özlü elektrodlarda, 1.6-2.4 mm. çaplar, toz korumalı özlü elektrodlarda, 3.2 ve 4 mm. çaplar söz konusu olmaktadır. (Gülbahar, 1991)

Sert dolgu yapılacak parçanın miktarına, geometrisi ve boyutlarına, kaynak işleminin yapılacağı ortamın durumuna ve dolgu işleminin aciliyetine göre kendinden korumalı, gaz korumalı veya toz korumalı özlü elektrodlardan biri seçilebilir. (Oğuz, 1988)

Açık havada veya acil dolgu işlerinde, örneğin harfiyat sahasında, iş makinasının aşınan kepçe ağız, kazıcı uç, palet tırnaklarını, makineyi en az süre ile durdurup, sahada dolgu

kaynağı yapma zorunluluğu varsa, bu kaynak işleminden en uygun özlü elektrod tipi kendinden korumalı özlü elektrodlardır. Buna karşılık atölye içinde uygun çalışma olanağı olduğu takdirde gaz korumalı özlü elektrodlar yarı mekanize veya mekanize yöntemler ile kullanılabilir. Örneğin, ülkemizde uygulandığı gibi demiryolu araç tekerlerinin (bedenlerin), vana klape yuvalarının dolgu kaynağında, büyük veya küçük dönel parçaların, büyük ve düzlemsel karbonlu çelik saçların hızlı ve ekonomik kaynağı için ise bir tozaltı kaynak tesisinde toz korumalı yuvarlak veya bant tipi özlü elektrod ile dolgu yapmak en uygun çözüm yoludur. Hadde merdanelerinin, rollerin, iş makineleri istikamet ve avare tekerlerinin, yüksek fırın çan eteklerinin piston kafa ve segman yuvalarının dolgu kaynaklarında yöntemin kullanılması uygun olacaktır. (Gülbahar, 1991)



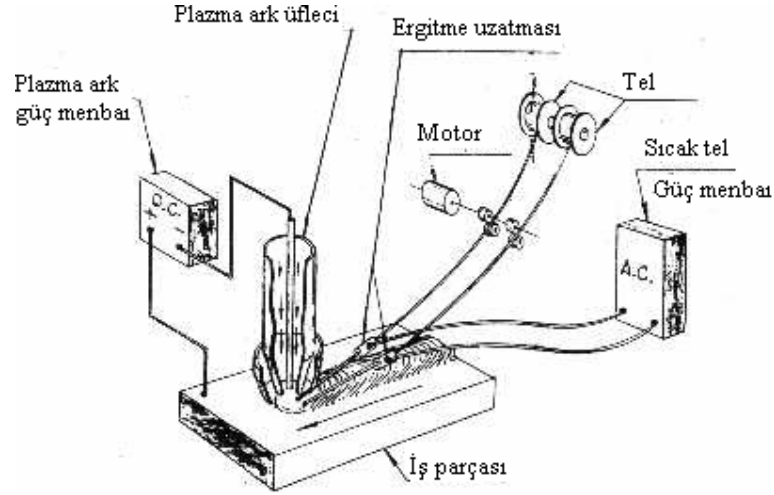
Şekil 7.22 Yüksek fırın kampanalarının dolgu kaynağı

(Burhan Oğuz, “Özlü Tel Elektrodla Birleştirme ve Dolgu Kaynakları”, Kaynak Bilimi, 1988, sayı 3)

7.2.9 Plazma ark kaynağı ile dolgu

Plazma ile dolgu kaynağı, toz formunda olan dolgu malzemesinin koruyucu soygaz akımı yardımı ile ana parça yüzeyine taşınması ana prensibi ile gerçekleştirilmektedir. (Gültekin, 1988) Plazma, bir gazı elektrik arkından geçirerek elde edilen ışıklı gaz olarak tanımlanabilir. Kaynak tekniğinde ise elde edilen bu plazmadan yararlanılarak, yüksek ergime sıcaklığına sahip metallerin plazma durumuna sokulup, yüzeye püskürtme yoluyla kaplama işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Kaplama amaçlı plazma kaynak yönteminde, iki ark bir arada kullanılmaktadır. Bu tür uygulamalarda, düşen akım-gerilim karakteristikli ve her biri bağımsız, iki doğru akım membaı kullanılmaktadır. Birinci akım üretici elektrod ile bakır meme arasında, ikincisi ise elektrod ile iş parçası arasında düzenlenmektedir. Elektrod negatif, meme ve iş parçası pozitif kutuplanır. Ark işlem süresi boyunca devam etmekte, başlangıç aşamasındaki ark tutuşturulması yüksek frekans devresi ile sağlanmaktadır. (Gültekin, 1991)



Şekil 7.23 Plazma ile dolgu kaynağı için donatım

(Burhan Oğuz, Aşınma Sorunları ve Dolgu Kaynakları, Oerlikon, İstanbul, 1993, sy.614)

Uygulamalarda plazma arkının ayarlanması ile ana ve ilave malzemelerden ergiyen oranlar değiştirilebilmekte, dolayısıyla dikiş bileşimi öngörülen oranda tutularak, nüfuziyet derinliği ayarlanabilmektedir.

Yöntemde kullanılan ilave malzemeler metalsel toz formunda olup, Ni, Co, ostenitik esaslı olmak üzere üç grupta toplanmaktadır. Toz formundaki kaplama malzemesi, gaz akımı ile kaynak cihazına beslenmekte, plazma demetinde ergiyip, taşıyıcı ark yardımı ile ana malzemeye kaynak edilmiş olmaktadır. Plazma-arkla alüminyum dışında her dolgu metali, sıcak tel dolgu tekniği ile terk edilebilir. (Oğuz, 1993)

Yöntem, çok değişik alaşımlarla ekonomik olarak yüksek nitelikli dolgular yapma olanağını sağlamaktadır. Özellikle ana metalde nüfuziyetin sıkı denetiminin ve asgari karışmanın arandığı durumlarda iyi sonuç vermektedir. Yöntemle genel olarak, demir, nikel, kobalt esaslı alaşımların yüzeysel kaplaması gerçekleştirilir. Bu yüzeyler sayesinde, parçaların aşınma ve korozyon dayanımları arttırılmaktadır. (Oğuz, 1993)

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 ergiyen metaller ve sert yüzeyler için öngörülen karbürlerin kaplanmasına daha yatkın bulunmaktadır.(Gültekin, 1988)

Dolgu oluşturma ince tabakalar halinde gerçekleştirildiğinden, ara sertlikler veren geniş bir geçiş bölgesi ortaya çıkmamaktadır.

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 tavlama gerekli bulunmaktadır.

Dolgu işlemlerinde yararlanılan kaynak yöntemleri içinde, en düşük ana malzeme ergime oranı ve nüfuziyet derinliği bu yöntemin bir özelliği olarak bilinmektedir. (Gültekin, 1988)

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

Yöntem için tipik uygulama alanları olarak, çeşitli miller, supaplar, vana yatakları, küçük yufkaçlar, taşıyıcı ve ezici elemanların yüzeyleri, kimya sanayinde yüzey koruma işlemleri verilebilir. (Gültekin, 1988)

7.2.10 Lazer kaynağı ile dolgu

Lazer, tek renkli, oldukça düz, yoğun ve aynı fazlı paralel dalgalar halinde genliği yüksek bir ışık demeti şeklinde tanımlanır. Başka bir ifade ile yapay radyasyon tetiklemesiyle gerçekleştirilen ışık kuvvetlendirilmesi şeklinde de ifade edilebilir. (Uzun, Durmuş, Meriç,

2004)

Yapay bir sözcük olan Lazer, "Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation" deyimindeki kelimelerin baş harflerinden oluşmaktadır. Bu ifade "uyarılmış atomlardan salınan radyasyonlar yardımı ile ışık amplifikasyonu" anlamına gelmektedir. (Gültekin, 1991)



Şekil 7.24 Lazer kaynağı ile dolgu

(TRUMPF Laser, Katalog, <http://www.trumpf-laser.com/>)

Lazerin meydana geleceği ortamda optik bakımdan saydam, bir ucunda tam sırlı yansıtıcı ayna ve diğer ucunda da yarı sırlı kısmen yansıtıcı ayna bulunan cam bir tüp bulunmaktadır. Bu bölüme sıvı veya katı haldeki maddeler yerleştirilmektedir. Dışarıdan ışık verme, ortamdaki elektrik akımı geçirme metotları gibi yöntemlerden birine başvurulmuş elde edilen veya kimyasal bir yolla kazanılan enerji ortamdaki atomlara ulaşmaktadır. Atomların bir kısmı bu enerjiyi emmektedir. Emilen enerji doyuma ulaştıkça atomlar kararsız hale gelirler.

Bu kararsız atomlara çarpan fotonlar sayesinde atomlar kendilerinden foton yayarlar. Böylece, emdikleri fazla enerjiyi püskürterek kararlı hale geçmeye çalışırlar. Atomların hepsi foton yaymaya başlayınca meydana gelen foton enerjisi yoğunluğuyla kuvvetlenen ışık, yarı sırlı uçtan dışarıya çıkar. Fotonların atomlara ulaşarak foton yayılımını sağladıkları bu yöntemle elde edilen ışık "lazer ışını" olarak adlandırılır. (Uzun, Durmuş, Meriç, 2004)

Lazer'in CO₂ lazeri, katı hal (Nd:YAG) lazeri, iyon lazeri, He-Ne lazeri ve excimer lazeri gibi çeşitleri bulunmaktadır. Karbon dioksit (CO₂) lazeri maddi değeri en yüksek olarak lazer çeşitlerinin başında yer almaktadır. YAG, Yttrium Alüminyum Garnet kelimelerinin baş harflerinden oluşur. YAG kristali enerjiyi absorbe eder ve bunu birkaç mm çapındaki tek dalga boylu kızılötesi ışık demetine dönüştürür. Lazer kaynağı, son zamanlarda sanayide hızla

gelişen bir uygulama olarak görülmekte, endüstriyel gaz (karbondioksit) ve Nd:YAG (katı hal lazeri) şeklinde yer almaktadır. (Uzun, Durmuş, Meriç, 2004)

Lazer kaynağı bir sıvı hal kaynak yöntemidir. Diğer yöntemlerden farkı enerjinin dozajlanabilmesidir. Işın demetinin milimden çok çok az bir çapa odaklanması ve çok az süren kaynak zamanı malzemeyi ertitmesi için az bir ısı etkisi yaratır. Kaynak darbesinin süresi saniyede binde birden biraz fazladır. Bir sonraki darbe malzemeye ulaşmadan önceki ertiyen malzeme donmuş olur. Bu arka arkaya oluşan küçük kaynakların her birinin şu avantajları vardır:

- Çok az bir hacim ertilir, bunda oluşan gerilmeler önemsiz olacak kadar küçüktür. Ekstra bir ısı işlem gerekmeden deformasyonsuz ve çatlaksız kaynak yapılabilir.
- Isının etkin olduğu bölge onda bir milimetreden biraz fazladır. Çok az olan doku değişikliğinin hiçbir etkisi yoktur. Doğru dolgu malzemesi seçilirse parlatma ve desenleme yapılabilir.
- Malzemenin sertliğinde ve dayanımında azalma olmaz. İri taneli bölge ve çentik oluşmaz.
- Ekstra ısı işlem gerektirmez. Kaynatılan malzemenin sertliği kaynak telinden oluşur.
- Kaynak kalitesi kontrollüdür ve tekrarlanabilir.

Bu özelliklerden dolayı kritik kalıp çelikleri, bakır ve alüminyum başarıyla kaynak olur. (Trumpf Laser, Katalog, 2006)

Lazer kaynağı yüksek kaynak ilerleme hızı, derin nüfuziyet, düşük distorsiyon ve düşük toplam ısı girdisi dolayısıyla ark kaynağı gibi klasik ertitme kaynaklarına göre daha üstündür. Ayrıca, lazer ışınının hassas olarak odaklanabilmesi ve belirli bir açıyla kaynak bölgesine yönlendirilebilmesi; kaynak dikişinin ark kaynağına nazaran çok dar olmasını sağlamaktadır. Buna ilaveten, toplam ısı girdisinin düşük olması mikroyapıda değişimlerin azalmasını ve dolayısıyla mekanik özelliklerdeki değişimin daha düşük mertebelerde olmasını ve kaynak yapılan levhalarda oluşan distorsiyonun (çarpılmaların) daha düşük mertebede olmasını sağlamakta ve bu da lazer kaynağını avantajlı kılmaktadır. (Pakdil, Çam, Erim, 2005)



Şekil 7.25 Lazer kaynak uygulaması

(TRUMPF Laser, Katalog, <http://www.trumpf-laser.com/>)

Lazer ile dolgu kaynağı, özellikle kalıp sektöründeki üretici ve kullanıcılara büyük avantajlar sunmaktadır:

- Birçok durumda lazerle kaynak yeniden üretimi gerektirmez. Bunun sebebi lazerin çok hassas kaynak yapabilmesidir. Kaynak tellerinin çapının 0,6mm ile 0,15mm arasında olması kaynak dikişinin genişliğinin 1mm'den çok az olmasını sağlar. Çentikler ve çöküntüler oluşmaz. Bu hassasiyet bütün geometrik yüzeylerde kullanılır. İnce veya geniş yüzeylerde ya da soğutucu kanalların üzerinde olması fark etmez.
- Elektrik kaynağındaki ışık dalgası gibi yakınındaki metallere sapmaz. Işın demetinin ulaşabildiği tüm noktalar kaynak olabilir. Örneğin; zor ulaşılan derin kaviterler ve kolayca ulaşılamayan açık geometriler. (Trumpf Laser, Katalog, 2006)
- Kalıp tamirinden önce herhangi bir işleme gerek duyulmaz. Kalıbın ön ısıtmaya tabii tutulması gerekmez.
- Büyük parçalar forklift ile doğrudan optiğin altına yerleştirilebilir. 600kg a kadar olan

parçalar için ise masa opsiyonu vardır. Parçaları yerleştirirken düzenlemeye çoğu zaman gerek yoktur.

- Tekrarlanan kaynaklar için geometri kolayca programlanabilir. Parça koordinatlarıyla çalışıldığında kaynak optiği işlem seviyesini her zaman takip eder. Devamlı bir çalışma mesafesi (odak noktası) ayarı gerekmez. Belirlenmiş olan çalışma seviyesinin içerisinde istenildiği kadar profil belirleyip, joystik ile onu izlemek mümkündür. Görüş optiği mafsal ile çalışma seviyesine ayarlanır. Böylece parçanın makine eksenlerine ayarlanması ortadan kalkar. (Trumpf Laser, Katalog, 2006)



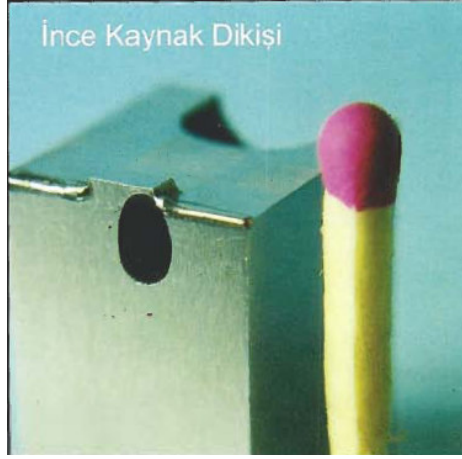
Şekil 7.26 Lazer kaynak makineleri

(TRUMPF Laser, Katalog, <http://www.trumpf-laser.com/>)

- Kalıbın cinsine ve sertliğine (25–64 HRC) uygun teller ile dolgu yapılmaktadır. Bu nedenle, kalıbın metalik özellikleri dolgu yapılan bölgede de korunmuş olur.
- Lazer ışının mikronluk çapı ve milisaniyelik atışları sayesinde ısı tesiri alanı oldukça küçüktür. Metalin aşırı ısınmasıyla ortaya çıkabilecek çarpılma, eğrilme vb. sorunlar ile karşılaşılmaz. Kalıbın ısınması ve soğuması çok hızlı şekilde olur. (Trumpf Laser, Katalog, 2006)
- Lazer ışınının gücü sayesinde, kalıbın metalik özelliklerini taşıyan dolgu teli ve kalıp ergiyerek birbirine tam olarak karışır. Böylece, yapılan kaynağın atması, kopması veya kırılması söz konusu olmaz. Dolgu teli ve metal % 100 birleştiği için kalıp ilk günkü

sağlamlığına kavuşur.

- Kaynak atışlarının senkronizasyonu sayesinde, katmanlar arası boşluklar söz konusu olmaz. Yan yana yapılan kaynaklar birbirinin üzerine bindirilerek yapıldığından kaynak hatları arasında doğabilecek boşluklar da engellenmiş olur. (Türkmen, 2005)
- Maksimum 0,5 mm kalınlığındaki dolgu telleri ile yapılan kaynak sonrasında, kalıbın tekrardan işlenmesi süreci çok daha kısa sürer. Kaynak cürufu yok denilebilecek kadar azdır. Kaynak sağlamlığı da buna eklenince istenilen herhangi bir metotla kalıp üzerinde işlem yapılabilir.



Şekil 7.27 Lazer kaynak dikişi

(BH Işık Parlatma ve Lazer Teknik, Katalog)

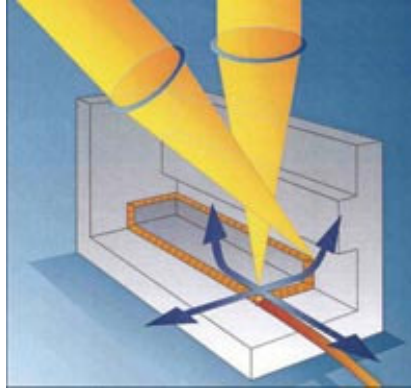
- Kalıp üzerinde bulunan çeşitli şekillerde kaynak yapılabilir. Çatlak, kırık veya aşınmış yüzeyin geometrisi nasıl olursa olsun kaynak işlemleri istenildiği gibi uygulanabilir. (BH Işık Parlatma ve Lazer Teknik, Katalog)



Şekil 7.28 Lazer kaynak dikişi

(BH Işık Parlatma ve Lazer Teknik, Katalog)

- Optik sistem sayesinde, diğer tamirat yöntemlerinin ulaşamayacağı yerlere ulaşabilir ve kaynak yapılacak kalıbın sürekli olarak hareket ettirilmesine gerek duyulmaz.
- Kalıbın çatlak bölgelerinde, lazer kaynağı ile çatlakın sonuna kadar inilerek en sağlam kaynağın yapılabilmesi mümkündür. Çatlakın tamamen dibine inilmesi sayesinde, yapılan dolgu kalıp ile daha rahat birleşir.



Şekil 7.29 Lazer ışının ulaşılması güç noktalara odaklanması

(Merter Türkmen, “Lazer Dolgu Kaynağı İle Kalıp Tamiri”, Lazer Metal L.t.d.Ş.t.i.,2005)

- Taşınması imkânsız veya zor olan kalıplar, taşınabilir lazer kaynak robotu sayesinde bulundukları yerde tamir edilebilmektedir. Bu sayede hem zamandan hem de çalışma

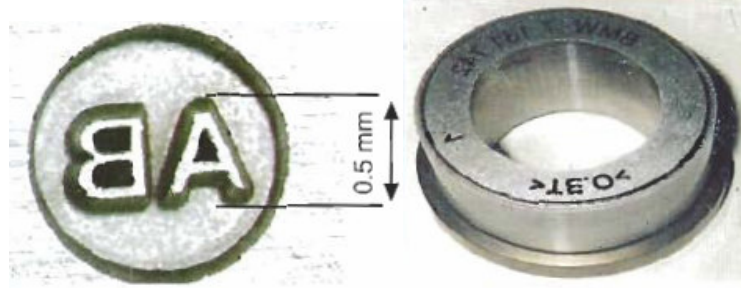
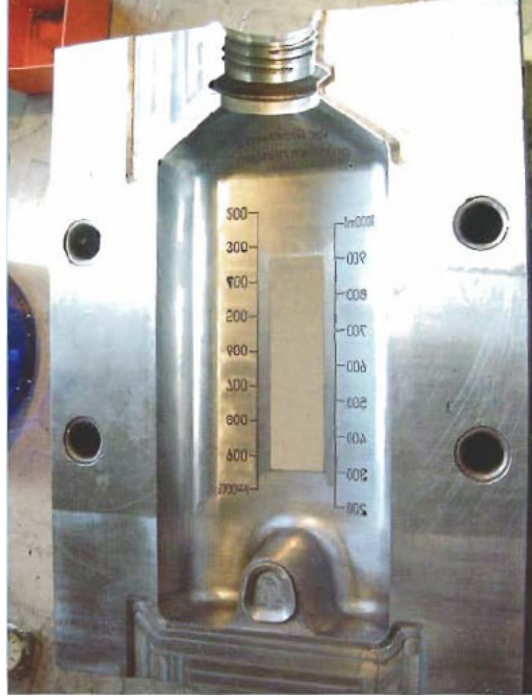
gücünden tasarruf etme olanağı doğmaktadır. Gerektiğinde üretimin aksamaması için, kalıbın kullanıldığı makine üzerinde de müdahale edilebilir.



Şekil 7.30 Taşınması imkânsız kalıpların tamirinde kullanılan, elle yönetilen lazer optik.

(TRUMPF Laser, Katolog, <http://www.trumpf-laser.com/>)

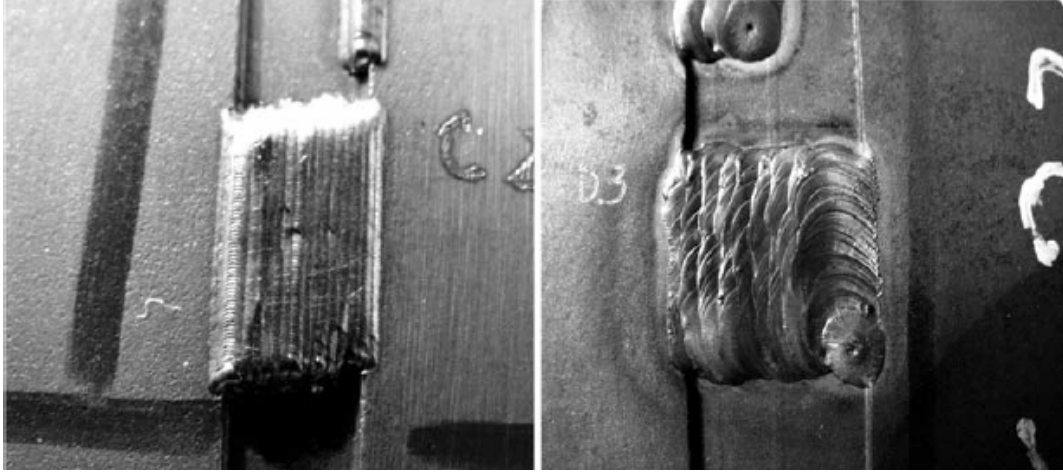
- Lazer kaynağı, kalıp dolgularında kullanılabileceği gibi birleştirme işlemlerinde de kullanılabilir. Alın kaynağı, köşe kaynağı ve bindirme kaynağı gibi birleştirme kaynakları kolay ve hızlı şekilde yapılabilir. Güvenilir bir kaynak işlemi için en önemli gereklilik, birleştirme yüzeylerindeki formdur. Çünkü lazer birleştirme kaynağında gerekmedikçe dolgu maddesi kullanılmaz. Eğer kaynak yüzeyleri birbirinden uzak ise, dolgu teli olmadan boşluğu doldurmak ya imkânsız ya da yetersiz olacaktır. Bu aralık en ince malzemenin kalınlığından % 10 daha fazla olmamalıdır. (Türkmen, 2005)
- Lazer kaynak yöntemiyle kalıpların yüzeyinde doğrudan sert çeliğe markalama yapılabilmektedir. Bu yöntem talaşlı markalamadan ya da elektrod ve asit gibi tekniklerden çok daha üstündür. (BH Işık Parlatma ve Lazer Teknik, Katalog)



Şekil 7.31 Lazerle kalıp markalama

(BH Işık Parlatma ve Lazer Teknik Katalog)

Lazer kaynağı, 64 HRC sertliğe kadar temel metaller ile uyumludur. Bölgesel aşınmaları tamir edebilir ve sadece lazer kaynağı ile elde edilebilen kalite ile üretim hataları düzeltiler. Mikro yapısal değişim, diğer sistemlere göre yok denilebilecek kadar azdır. Yüksek erime noktası olan dolgu tellerinin kullanımıyla, daha iyi bir kaynak katmanı elde edilir. (BH Işık Parlatma ve Lazer Teknik, Katalog)



Şekil 7.32 Çok pasolu lazer kaynak dolgusu (solda) ve çok pasolu TIG kaynak dolgusu (sağda)

(M. Vedani, Microstructural evolution of tool steels after Nd-YAG laser repair welding, Journal of Materials Science 39, 2004, sy 241– 249)

Çok sayıda metal birleşimleri kaplanabilir ancak bunun koşulu, kaplama malzemesinin, mesela alüminyumun paslanmaz çelikle kaplanması olduğu gibi, ana malzemeninkinden önemli ölçüde yüksek ergime noktasına sahip olmamasıdır. Aksi halde karma katılma yönü, yüzey arası gözenekliğe neden olur.



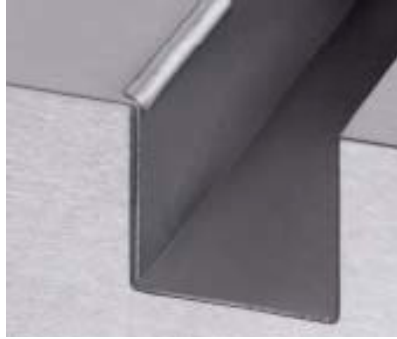
Berilyum Bakir üzerine
Mn- Bronz kaplama kaynağı



Aluminyum 7075 üzerine AlSi5 tadilat kaynağı

Şekil 7.33 Lazerle kaplama kaynak uygulamaları

(TRUMPF Laser, Katolog, <http://www.trumpf-laser.com/>)



Dayanımı arttırmak için 1.2379 üzerine Kobalt alaşımı kaynağı

Şekil 7.34 Lazerle kaplama kaynak uygulamaları

(TRUMPF Laser, Katolog, <http://www.trumpf-laser.com/>)

Lazerle uniform kaplama tabakaları elde etmenin temel tekniği, tek kaplama şeritlerini bindirmektir. Belli bir toz yoğunluğu için bir optimum toz kitle akışı vardır. Daha yüksek bir kitle akışı, kitle terk etme temposunu azaltacak ve daha aşağı bir akış da aşırı karışmaya neden olacaktır. Optimum toz kitle akışı, kaplama hızından bağımsız olup P/D oranıyla orantılıdır; burada P, çarpan lazer gücü, D de nokta çapıdır. (Oğuz, 1993)

8. DOLGU KAYNAĞININ UYGULANMASI

Aşınmış ve hasar görmüş parçalar işlevini yapamaz hale gelirler. Çoğu zaman bu parçaların değiştirilmesi mümkün olmayabilir. İşte böyle durumlarda hasar görmüş parçanın onarımı yoluna başvurulur ve kaynaklı onarım en hızlı aynı zamanda en güvenilir yöntemdir. Hasar görmüş parçanın yenisiyle değiştirilmesi çok zaman alıcı ve maliyetli olabilir. Kaynakla onarım ise çoğunlukla daha ekonomik bir yoldur. Parçanın boyutuna ve karmaşıklığına göre değişen tamir zamanları, birkaç dakika ile birkaç hafta arasında değişebilir. (Cary, 1989)

Dolgu amacı ile yapılacak kaynak işlemlerinde, uygulama öncesi, bazı ön seçimlerin yapılması gerekmektedir. Bunlar;

- a) Kaplanacak parça ve yüzeyler için gerekli ön işlemlerin belirlenmesi,
- b) Uygun ilave malzeme veya malzeme kombinasyonlarının seçimi,
- c) Gerekli ısı işlemlerin tespit edilmesi,
- d) İşlerliği olan bir kaynak yöntemi ve aşamalarının saptanması,
- e) Kaynak sonu yapılması gerekli işlemlerin tasarlanmasıdır.(Gültekin, 1988)

Bu seçimlerin yapılabilmesi için ise “onarım analizi” adı verilen bir seri işlemin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Birinci aşama; Onarım gerektiren parçanın özelliklerini tanımaya ve hasara neden olan hatanın ne olduğunu ortaya çıkarmaya yönelik “Hasar Analizi” aşamasıdır. Bu aşamada “Hasar Analizi Raporu” hazırlanır.

İkinci aşama; İlk aşamada kaynaklı onarıma karar verilmiş ise onarım kaynağında alınması gerekli tedbirler sıralanır. Bu faaliyete “Onarım Planlaması” adı verilir. Bunun için “Kaynaklı Onarım Planlama” formu doldurulur. (Cary, 1989)

Üçüncü aşama; bu aşamada “Kaynaklı Onarım”a geçilir.

8.1 Hasar Analizi

Hasar, bir ürünün aşırı zorlanması sonucunda meydana gelen ve ürünün işlevinde başarısızlığa uğramasına neden olan bir durumdur. Aşırı zorlanma, ürünün taşıyabileceği zorlanmaya, teknolojik hatalar (ürünün tasarımı, üretilmesi, montajı ve kullanılması sırasında yapılan hatalar) nedeniyle ortaya çıkan zorlanmanın da eklenmesiyle oluşur.

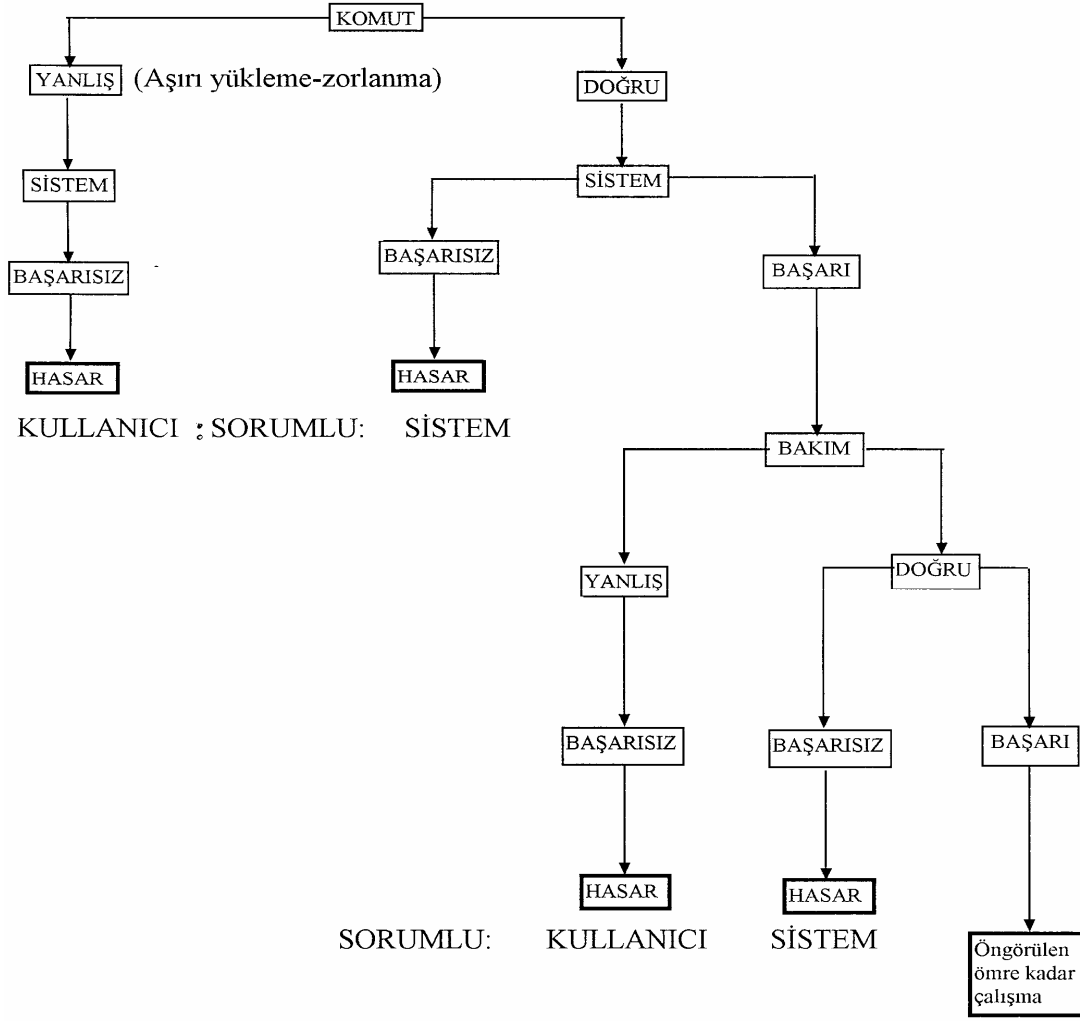
Hasar ürünün tasarım, üretim, montaj ve kullanım evrelerinden birinde yapılan bir veya birkaç hata nedeniyle ortaya çıkar ve hasarın kırılma, yorulma, sürenme, korozyon, aşınma, sıkışma, gevşeme, gürültülü çalışma gibi hasar türlerinden biriyle veya birkaçıyla meydana gelmesi sonucunu doğurur. (Eryürek, Dikicioğlu, 2005)



Şekil 8.1 Ürün evreleri

(Barlas Eryürek, Adnan Dikicioğlu, “Onarım Kaynağında Hasar Analizinin Önemi”,Metal Makine, 2005)

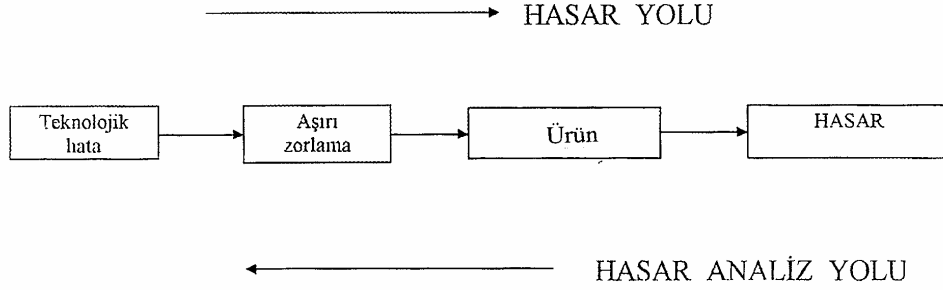
Hasarın meydana geliş sebebini anlayabilmek için hasarlı parçanın veya yapının incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Parçanın kullanım süresi, hasarın meydana geldiği çalışma şartları, maruz kaldığı yükler gibi tüm faktörler dikkate alınarak bir değerlendirme yapılmalı ve hasarın ortaya çıkış sebebine karar verilmelidir. Hasarın ortaya çıkışı ile ilgili olarak elde edilen bulgular, tasarım, imalat ve uygulama aşamalarında benzer hataların tekrarlanmasını da engelleyecektir. (Cary, 1989)



Şekil 8.2 Hasar Akış Diyagramı

(Barlas Eryürek, Adnan Dikicioğlu, “Onarım Kaynağında Hasar Analizinin Önemi”,Metal Makine, 2005)

Hasar analizinin amacı hasara uğramış ürün üzerinde ve bu ürünün geçirdiği safhalar üzerinde geriye doğru (üretim evrelerinin tersine doğru) araştırma yaparak hasarın türünü, hasara neden olan teknolojik hatanın cinsini ve dolayısıyla da teknolojik hatanın hangi evrede oluştuğunu ortaya çıkarmak ve gelecekteki tasarım ve üretim faaliyetlerinde bu hatanın oluşumunu önleyici tedbirleri önermektir. (Eryürek, Dikicioğlu, 2005)



Şekil 8.3 Hasar yolu ve hasar analiz yolu

(Barlas Eryürek, Adnan Dikicioğlu, “Onarım Kaynağında Hasar Analizinin Önemi”, Metal Makine, 2005)

Teknolojik hatalar iki genel sınıfa ayrılabilirler:

1. İşletmeye bağlı teknolojik hatalar: Aşırı yükleme ve yanlış bakım.
2. Ürüne bağlı teknolojik hatalar: Ürünün geçirdiği evrelerden birinde veya birkaçında yapılan hatalardır.

Tasarım evresinde aşağıda verilen her adımda hata yapılabilir:

- a) Sistemin çalışma koşullarının saptanması: Çalışma ortamıyla (korozyon, sıcaklık) ve yüklemeyle ilgili (mekanik, ısı, zamanla değişim, şiddeti, yükleme şekli) bilgilerin saptanması,
- b) Şekil seçimi, malzeme ve imalat yöntemi seçimi,
- c) Mukavemet hesapları ve boyut seçimi,

İmalatta kullanılan malzeme içinde hata olabileceği gibi imalatın her evresinde hata yapılabilir:

Montaj: Ürünlerin alt sistemleri, alt sistemlerin de ana sistemi oluşturması faaliyetleri. Sık rastlanan hatalar genellikle; eksen kaçıklıkları, somunların uygun torkta ve üniform biçimde sıkılmaması ve kaynak hatalarıdır. (Eryürek, Dikicioğlu, 2005)

Teknolojik hataların özellikleri farklı olduğundan, hasara uğramış kaynaklı bir yapının onarım planını etkilemektedir. Örneğin, tasarım sırasında yapılan bir hata nedeniyle hasara uğrayan bir parça kaynakla onararak orijinal durumuna benzer hale getirilse bile, tasarım

sırasında yapılan hatanın etkisi nedeniyle servis sırasında yeniden hasara uğrayacaktır. Bu nedenle böyle bir parçanın kaynaklı onarımından yarar sağlamak mümkün değildir.

Parçanın imalatında kullanılan malzeme içinde başlangıçta hatalar mevcutsa parça serviste iken bu hatalardan gelişen hasarlar meydana gelebilir. Böyle bir durumda kaynakla onarım malzeme içindeki hataların tümünü ortadan kaldıramayacağı için bu hatalar parçanın çalışması sırasında potansiyel tehlike noktaları olarak kalırlar. Böyle bir parçayı onararak kullanmanın riski çok yüksektir. Bu nedenle hata içermeyen malzemeden yeni parça kullanmak gerekir. (Eryürek, Dikicioğlu, 2005)

İmalat, montaj ve işletme hatalarına da benzer örnekler vermek mümkündür. Bu nedenle, kaynakla onarım kararının doğru bir şekilde verilebilmesi için parçada oluşan hasarın hangi teknolojik hatadan kaynaklandığının bilinmesi gerekir.

Teknolojik hatanın ne olduğunu tespit için hasarın orijininin yani hasara neden olan veya hasarı başlatan bölgenin bulunması gerekir.

Benzer hasarları önlemek için eleman daha iyi bir şekilde tasarlanabilir mi; şu anda çalışmakta olan benzer elemanlarda da hasar oluşma olasılığı var mıdır; bunların hasarının engellenmesi için ne yapılabilir gibi soruların cevaplarının aranması gerekir. (Eryürek, Dikicioğlu, 2005)

Hasar analizinde, hasarın sebebini belirleyebilmek için ilk olarak bir ön inceleme yapılmalıdır. Bu aşamada hasarın olduğu parça tüm yönleriyle incelenmeli, fotoğrafı çekilmeli, varsa gözle görülebilir renk, yapı ve yüzey farklılıkları not edilmelidir. Bu işlemler hasarın meydana gelmesinin ardından en kısa sürede gerçekleştirilmelidir. (Cary, 1989)

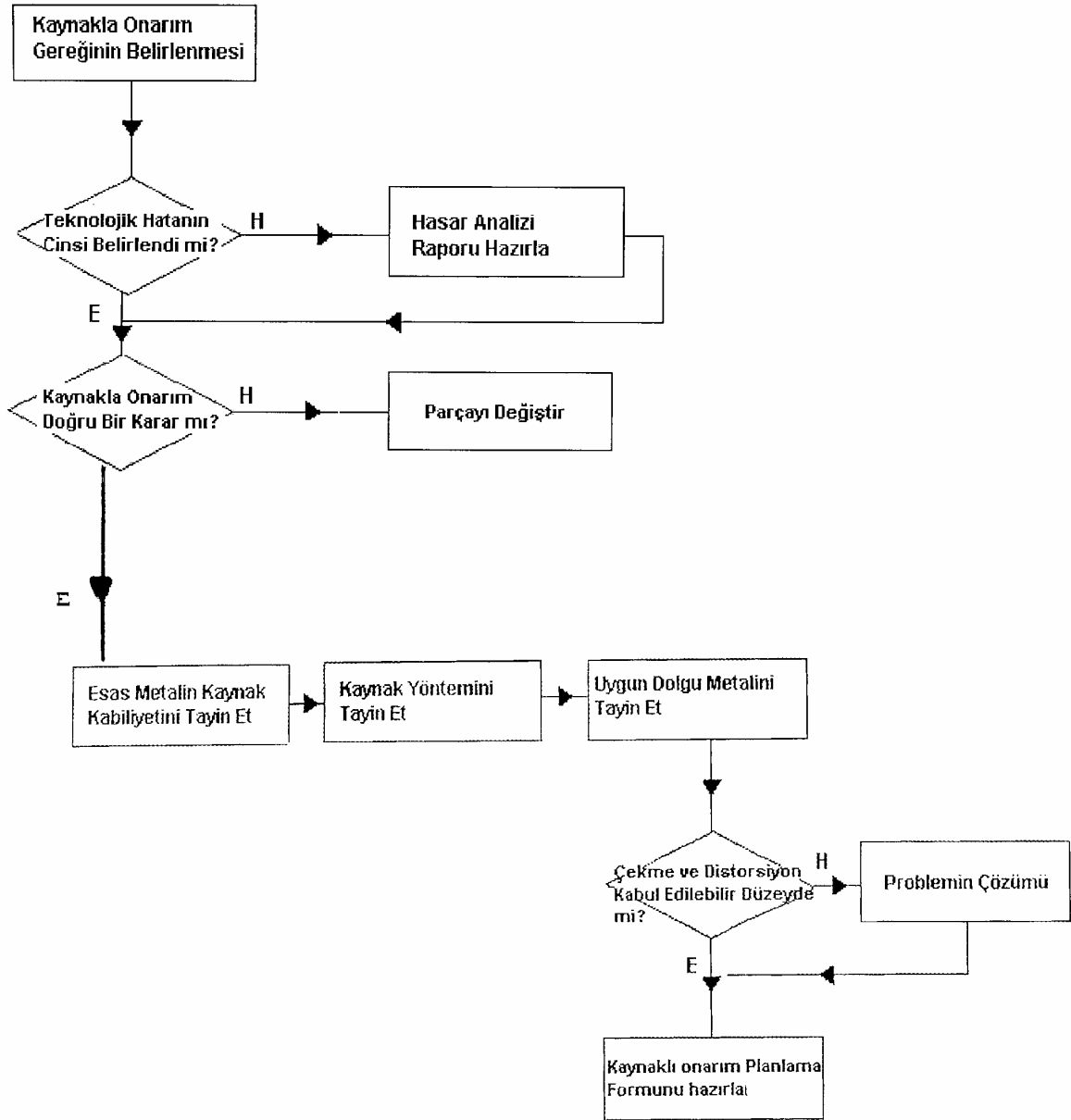
İkinci aşama ürünün tasarım, bileşim, imalat ve servis ömrünün incelendiği aşamadır. Bu noktada parçanın imalatında ve tasarımında kullanılan kaynak yöntemleri, varsa tamir işlemleri ve buna benzer her türlü geçmiş verileri toplanarak bir değerlendirme yapılır. (Cary, 1989)

Üçüncü aşama laboratuvar çalışmalarından oluşmaktadır. Bu aşamada hasarlı olan parçanın boyutları kontrol edilir, mikro yapı ve sertlik değerleri ölçülür. Bileşimi ve varsa göze çarpan diğer farklılıklar not edilerek parçanın hasar görmeden önceki özellikleriyle kıyaslanmalıdır.

Son olarak dördüncü aşamada, elde edilen tüm veriler birleştirilerek, hasarın meydana gelmesine neden olan faktör veya faktörler belirlenir. (Cary, 1989)

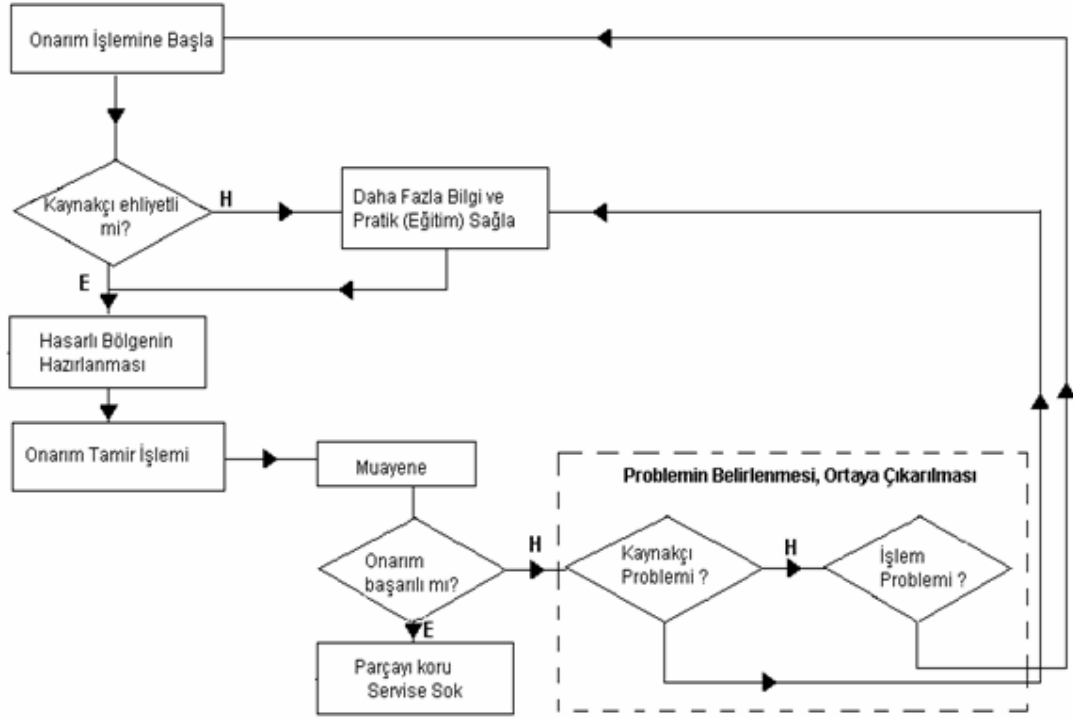
8.2 Onarım Planlaması

Hasarın giderilmesinde uygulanacak olan en uygun yöntemi seçmek için hasarın ortaya çıkış nedeninin bilinmesi gereklidir. Bu amaçla yapılan hasar analizinde görülebilir ki, parçanın hasara uğramasına veya aşınmasına neden olan faktörler; kaza, yanlış uygulama, kötü kullanım, aşırı yüklenme, yanlış tasarım, yanlış malzeme kullanımı olabilir. Bu durumların hepsinde kaynaklı bakım ve onarım yöntemleri uygulanabilir. Kaynaklı onarımın planlanması aşamasında, tamir edilecek parçanın bileşimi, mekanik özellikleri laboratuvar analizleri ile saptanmalıdır. Bu analiz sonuçları hasar analizi sonuçlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Çünkü yöntemin ve dolgu malzemesinin seçiminde malzemenin bileşimi, kalınlığı, kaynak pozisyonu gibi özelliklerin yanında, çalışma ortamı, aşınma faktörü gibi etkenler belirleyici rol oynayacaktır. Bütün değerlendirmelerin ardından, herkesçe anlaşılabilir, uygulanabilir bir onarım planı oluşturulmalıdır. Bu plan hem ileride aynı parçada oluşabilecek hasarların giderilmesinde hem de karşılaşılması muhtemel olan hasarların önlenmesinde etkili olacaktır. (Cary, 1989)



Şekil 8.4 Onarım Analizi Akış Diyagramı

(Barlas Eryürek, Adnan Dikicioğlu, “Onarım Kaynağında Hasar Analizinin Önemi”,Metal Makine, 2005)



Şekil 8.5 Kaynaklı Onarım Akış Diyagramı

(Barlas Eryürek, Adnan Dikicioğlu, “Onarım Kaynağında Hasar Analizinin Önemi”,Metal Makine, 2005)

8.3 Dolgu Kaynağının Uygulanması

Hasar analizi ve onarım planlamasının ardından, hasara yol açan etkenler ve hasarlı parçanın tüm özellikleri elde edilmiş olmaktadır. Bu aşamada sıra kaynağın uygulanmasına gelmiştir. İşlemin gerçekleştirilmesinde şu üç adım izlenir;

- 1) Kaynağa hazırlık,
- 2) Kaynak işlemi,
- 3) Kaynak sonrası işlemler.

8.3.1 Kaynağa hazırlık

Güvenlik: Öncelikle kaynak işleminin yapılacağı ortamda ihtiyaç duyulacak olan güvenlik önlemlerinin alınması gereklidir. Örneğin tehlike yaratacak elektrik kabloları, toksik maddeler veya yanıcı gaz tüpleri varsa ortamdaki uzaklaştırılmalıdır.

Temizlik: Hangi parçaların yenilenmesi gerektiği ve hangi parçaların biraz daha

kullanılabileceği belirlenmeli ve onarım gerektiren parçalar uygun yöntemler ile temizlenmelidir. Parçalarda dolgu yapılmayacak yerler (anahtar yerleri, yataklar, kaldırma yerleri vb.) uygun bir kaplama malzemesi ile örtülmeli ve bu bölümler oksitlenmeden korunmalıdır. Kaldırma ve tutma aparatlarının kullanıldığı yerlerde parçaların hasar görmemesi için koruma yapılmalıdır.(Cary, 1989)

Gres ve yağ uygun bir çözücüyle, pas ve kirler ise tel fırçayla temizlenmelidir. İyi temizlenmemiş kirlilikler gözeneklilik, çatlama ve düşük dolgu kalitesine neden olurlar. Ana metal ile kaynak arasında iyi bir bağlantı için çatlaklar, eski yüksek alaşım sert dolgu artıkları veya çalışma sertleşmesine uğramış ya da şeklini bozmuş yüzeyler ark oluk açısı elektrodları veya taşlama ile yok edilmelidir. El kaynağı ile çatlaklar, oluklar ve yüzey çöküntüleri doldurulmalıdır. (Oğuz, 1993)

Ön tavlama: Parçayı 20-35 °C'lik bir oda sıcaklığına getirme dışında sert dolguların çoğu ön ısıtmayı gerektirmez. Orta ile yüksek karbon ve alçak alaşım çelikleri, dikiş altı çatlamasını, kaynak çatlamasını, pullanmayı ve gerilme kırılmasını önlemek üzere daha yüksek bir sıcaklığa ön ısıtmayı gerektirebilir. Daha yüksek ön ısıtma da iri veya rijid parçalarda ve fiilen çatlama ile karşılaşıldığı hallerde gereklidir.

Kaynağa başlamadan önce, doldurulacak alanın belirlenmiş ön ısıtma sıcaklığında bulunduğundan emin olunması gerekmektedir. Bazen kaynak sırasında parçanın sıcaklığını kontrol etmek ve soğuyup soğumadığına bakmak önerilir. Pasolar arası sıcaklık (birincisi dışında bütün tabakaların kaynağı sırasında yüzeyin sıcaklığı), ön ısıtma sıcaklığı kadar önemli olup genellikle ön ısıtma kadar yüksek olur. (Oğuz, 1993)

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.

Çizelge 8.1 Karbon eşdeğerine bağlı ön tavlama sıcaklıkları

$C_{eş}$	Ön tavlama ($^{\circ}C$)
0,45'den küçük	Gerekmez
0,45-0,60	100-200
0,60'dan büyük	200-350

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

$$T_{\text{öntav}} (^{\circ}C) = 350 \sqrt{[C_{eş}] - 0.25} \quad (8.1)$$

$$[C_{eş}] = [C_k] (1 + 0.005.e) \quad (8.2)$$

$$[C_k] = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (8.3)$$

$[C_{eş}]$: Karbon eşdeğeri (%)

$[C_k]$: Kimyasal karbon eşdeğeri (%)

e : Parça kalınlığı (mm)

$T_{\text{öntav}}$: Öntav sıcaklığı ($^{\circ}C$)

Ana malzemede çatlamaya 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, verilen sınır değerlerini aşmaması, gerekli bir ön koşul olarak belirtilmektedir. (Gültekin, 1988)

Bazı durumlarda parça, kaynak sonrasında gerekiyor ise mekanik işleme tabi tutulabilir. Bu tür işlemlerden önce de gerilim giderme/temperleme ısı işlemi yapma yaygın bir uygulamadır. Gerilim giderme sıcaklığı ana malzemenin orijinal temperleme sıcaklığının yaklaşık $50^{\circ}C$ altında tutulmalıdır. Bu ısı işlem yalnızca parça içindeki karmaşık yapıları gidermez aynı zamanda yüzey sertliğini pahalı kesici uçlara veya zaman kaybına neden olacak özel mekanik işleme uygulamalarına ihtiyaç duyulmayacak düzeylere düşürür. Gerilim giderme sıcaklığı ana malzemenin kimyasal kompozisyonuna ve kütlesine bağlıdır. Isıl işlem süresi parça kalınlığının her inç için 1/2 saat olmalıdır. Yaklaşık $250^{\circ}C$ 'ye kadar saatte 50-

100 °C ısıtma hızı önerilir. 250 °C'nin üzerine ısıtırken saatte 40-70 °C'lık ısıtma hızı kullanılmalıdır. Soğutmada, işlem tersine döner. 150-200°C'ye soğutma fırında yapılmalıdır. (Cavcar, 2004)

Yağlayıcıların çoğu, kaplama malzemeleri ve diğer birikintiler ısıtma işlemi süresince rahatlıkla yanarak uçar. Özellikle eski parçaların yüzeylerindeki dolgu kaplamasının tümü aşınmamış ise bu operasyon gereklidir. (Cavcar,2004)

Önerilen ön ısıtmalar:

Düşük karbonlu çelik; yaklaşık %0,10-0,30 karbon içerikli malzemeler ancak hafifçe sertleştirilebilir, dolayısıyla oda sıcaklığının üstünde bir ön ısıtma nadiren gerekebilir. Hacimli veya rijid ve %0,20'den fazla karbon içeren parçalara, 35-150 °C'ye kadar ön ısıtma uygulanmalıdır.

Orta karbonlu çelik; %0,30-0,45 karbonlu malzemeler, özellikle iri parçalar ve büyük kesitlerde, ılımlı ölçüde sertleştirilebilirler. Daha yüksek karbon içerikli ve iri, rijid veya karmaşık parçalar için 150-275 °C'lık ön ısıtma önerilmektedir. (Oğuz, 1993)

Yüksek karbonlu çelik; yaklaşık %0,45-0,80 karbonlu malzemeler yüksek derecede sertleştirilebilirler. Her boyut ve şekilde çatlamaya duyarlıdırlar. 275-425 °C arasında ön ısıtma önerilmektedir.

Düşük alaşımlı çelik; bu çelikler karbon ve alaşım elementi içeriğine göre orta derece sertleşebilirlikten yüksek derece sertleşebilirliğe değişirler. En yüksek sıcaklıklar en yüksek karbon ve alaşım içeriklerine ve iri, rijid veya karmaşık şekilli parçalara uygulanmak üzere 35-275 °C'de ön ısıtma yapılmalıdır. Karbon oranı %0,35'in üstünde ise 425 °C'a kadar ön ısıtma gerekebilir. (Oğuz, 1993)

Manganezli çelik; %12-14 manganezli çelikler sertleşebilir veya çatlamaya hassas türden değildir. Ön ısıtma çoğu kez gerekmez. Ancak parçanın iri ve rijid olması halinde 35-95 °C'de ön ısıtma uygulanmalıdır. 250 °C'nin üstünde uzun süre ısıtma gevreklemeye götüreceğinden, yüksek ısıtmadan kaçınılmalıdır.

Dökme demir; bu malzeme son derece çatlamaya duyarlıdır. 650-750 °C ön ısıtmaya rağmen ısıdan etkilenmiş bölgede çok sayıda çatlak gözlenebilir. Bu nedenle dökme demirin sert dolgusu genellikle ekonomik değildir. (Oğuz, 1993)

Taşıma ve temizleme: Dolgu yapılacak yüzeydeki pasın, karbür malzemelerin, çatlakların ve

mekanik olarak yorulmuş yüzeylerin işlenerek kaynağa hazır hale getirilmesi gerekir.(Cary,1989)

8.3.2 Kaynak işlemi

Kaynağa hazırlık işlemlerinin tamamlanmasının ardından, sıra işlemin uygulanmasına gelmiştir. Burada uygulanacak yöntem, kullanılacak donanım ve malzemeler kolay bulunur, ekonomik ve son derece güvenilir olmalıdır. Hasar analizinden elde edilmiş verilere göre seçilmiş olan yöntem, donanım ve malzemeler, işlemin uygulanması esnasında veya sonrasında karşılaşılabilecek sorunları en aza indirgeyecek şekilde belirlenmelidir. Örneğin parçada oluşabilecek distorsiyonların önlenmesi ve boyutsal değişimin kontrol edilebilmesi için pozisyonun gerektirdiği şekilde, düz, kesikli veya geri adım yöntemleri tercih edilebilir. (Cary, 1989)

Kaynak operasyonun zamanında ve eksiksiz tamamlanabilmesi için yeterli sayıda insan gücü hazır bulundurulmalıdır. Kaynak operatörlerinin uzun saatler çalışıp, yorgun düşmesini engellemek amacıyla operatörler dönüşümlü olarak çalıştırılmalıdır. (Cary, 1989)

8.3.3 Kaynak sonrası işlemler

Kaynak işleminin tamamlanmasının ardından, parçanın yavaş soğuması sağlanmalıdır. Kesinlikle rüzgâr veya herhangi bir hava akımına maruz bırakılmamalıdır. Kaynaklı bölgenin sıcaklığı normal sıcaklık değerine ulaşmadan önce, talaşlı işlem uygulanmamalıdır.

Kaynak işleminin tamamlanmasının ardından, kaynaklı bölgenin sertliği ve kalitesi kontrol edilmelidir. Bu kontroller sırasında uygulanacak olan muayene yöntemleri, parçaya zarar vermeyecek şekilde seçilmelidir. Kaynak işleminin amacı, parçayı tamir etmek ve daha dayanıklı hale getirmek olduğundan, kaynak dikişi ana metale göre daha kaliteli olmalıdır. (Cary, 1989)

Kaynak işleminin ardından mutlaka uygulanması gereken bir diğer işlem de temizlik operasyonudur. Kaynak dikişinde düz bir yüzey elde etmek için bazen talaşlı işlem proseslerine gerek duyulabilir. Bu tür operasyonların ardından kaynak bölgesinin temizlenmesine özellikle dikkat edilmelidir. Örneğin taşlama işlemi uygulanmış yüzeyde bulunan metal kalıntıları iyi temizlenmediği takdirde, parçada abrazyon aşınmasına bağlı birtakım sorunlara neden olacak, bu da ileride parçanın işlevini yapamaz hale gelmesine neden olacaktır. Ayrıca kaynak işlemi esnasında koruyucu ve destek amacıyla kullanılan malzemelerle, kaynak sırasında oluşan, sıçrama, curuf ve diğer kalıntıların da kaynak

bölgesinden temizlenmesi gerekmektedir. (Cary, 1989)

Temizlik işleminin ardından tamir edilmiş olan parça, önceden çalıştığı yere uygun olarak tekrar boyanır, gerektiği şekilde yağlanır ve tekrar montajı gerçekleştirilir. Montaj işleminden sonra birkaç deneme yapılarak parçanın işlerliği test edilir. Uygunluğuna karar verilmiş ise parça işlevine başlayabilecektir. (Cary, 1989)

9. KALIPLARIN BAKIM VE ONARIM KAYNAĞI

Hızla gelişen kalıp sektörü, üretim süreçlerine en fazla katkı sağlayan sektörlerden biridir. Kalıp üretimi ve tamiratıyla uğraşan firmaların en büyük sıkıntısı, hatalı işlem yapılan veya üretim esnasında hasar gören kalıpların tamiratıdır. Şekillendirme, delme, kesme veya metal döküm kalıpları her kullanımda büyük bir zorlamaya tabi olmaktadır. (Türkmen, 2005) Bu zorlanmaların etkisiyle kalıpların yüzeylerinde aşınma ve çatlama gibi hasarlar ortaya çıkmakta ve ürün toleransları bu aşınma veya hasardan dolayı değişmektedir. Bu noktada kalıpların kaynaklı tamiri son derece önemli bir rol oynamaktadır. Kalıp tamirinde kaynağın kaliteli olması yeterli bir kriter değildir, aynı zamanda kaynak boyutunun kontrol edilebilir olması gereklidir. (Sun, 2002)

Çeliğin kaynaklanabilirliği, karbon eşdeğerine bağlı olup, basitçe %0,2'den daha fazla C içeren çeliklerin kaynaklanabilirliği zayıftır denebilir. Kalıp üretiminde kullanılan takım çelikleri ise neredeyse her zaman %0,2'den fazla karbon ihtiva ederler ve dolayısıyla kaynaklanabilirlikleri oldukça düşüktür ve kaynak işlemleri oldukça zordur. Takım çeliklerinin karbonun yanı sıra içerdikleri diğer alaşım elementleri, çeliğin sertleşebilirliğini arttırmakta ve kaynak sırasında ısınan bölgeler yumuşarken, soğuma evresinde de belli bölgeler sertleşmektedir. Böylece kaynaklı bir parçada yumuşaktan sertte doğru bir sertlik değişimi görülür. Bu gerilmeli, durum çoğu zaman parçaların çatlamasına yol açar. Ancak son yıllarda hem kaynak yöntemlerindeki ve elektrodlardaki/tellerdeki gelişmeler hem de takım çeliklerinin tasarımı aşamasında kaynaklanabilirliği yüksek çeliklerin düşünülmesi ve ona göre hareket edilmesi bu zorluğu önemli ölçüde azaltmıştır. (Ahıskalı Kaynak, Katolog)

Günümüzde kalıplar üzerinde kaynak kullanımı giderek yaygınlaşan ve sonuçları itibarıyla da olumlu gelişmeler içeren bir uygulamadır. Kalıplarda kaynak uygulamalarına şu nedenlerden dolayı ihtiyaç duyulabilir:

- Tasarımda değişiklik talepleri,
- Çatlayan ya da aşınan kalıpların onarımı,
- Dökülen ya da aşınan kenarların yenilenmesi,
- Kesici kenarların ya da boşluk yüzeylerinin sert dolgu ile doldurulması,
- Kalıpların işlenmesinde meydana gelen hataların düzeltilmesi.

Literatüre baktığımızda, kalıplarda karşılaşılan sorunların giderilmesinde TIG kaynak

yönteminin sıklıkla tercih edildiğini görmekteyiz. Çok dar ve kompleks geometrilerin, çok az miktarlarda malzemeyle, sıçrama olmadan ve dar bir ITAB bölgesi oluşumuyla tamir edilebilmesi TIG kaynağının tercih edilmesinde etkili olmaktadır. (Preciado,Bohorquez, 2006)

Bir kalıbın tamirinde kullanılan dolgu metalinin özellikleri, ana metalin özellikleriyle (kimyasal bileşim ve mekanik özellikler) uyumlu olmak durumundadır. Aksi takdirde kaynaktan sonra uygulanan yüzey bitirme işlemlerinde (zımparalama, parlatma) kaynaklı bölge ile ana malzemenin farklı miktarlarda aşınmasına bağlı olarak yüzeyde pürüzlülük farklılıkları oluşacaktır. Bu durum yüzey hassasiyeti son derece önemli olan kalıplarda sorun teşkil edecektir. (Preciado,Bohorquez, 2006)

Preciado ve Bohorquez'in yaptığı bir çalışmada P20 enjeksiyon kalıp malzemesinden hazırlanmış numunelere, ana metalden farklı özelliklere sahip bir dolgu metali kullanılarak, değişik ısı girdileriyle TIG doldu kaynağı uygulanmış ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Aynı işlem, yine kalıp malzemesi olan VP50IM malzemesine de birisi ana metalle benzer özellikte, diğeri ise ana metalden farklı özelliklerde olan iki ayrı dolgu malzemesi kullanarak uygulanmıştır. Sonuçta ise yüzey pürüzlülüğünün ısı girdisiyle çok belirgin bir değişim göstermediği saptanmış, pürüzlülük değerinin 0,45 ve 0,80 μm arasında değişiklik gösterdiği, bunun da yüzey taşlama ve parlatma işlemleri için kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir. Ana metalden farklı bileşimde dolgu metallerinin kullanılmasıyla ortaya çıkan sertlik değişimlerinin ise yüzey parlatma işlemlerinde hissedilir farklılıklara neden olduğu görülmüştür.(Preciado,Bohorquez, 2006)

9.1 Kalıpların Tamir Sürecinde Uygulanması Gereken İşlemler

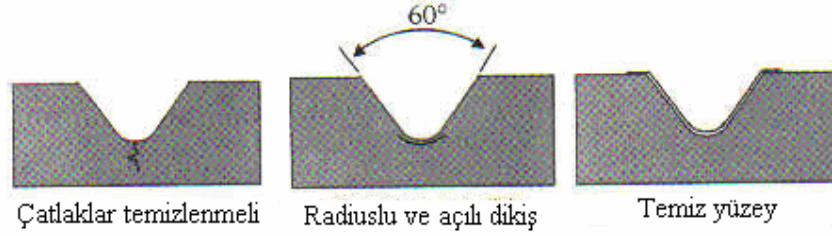
9.1.1 Kaynak elektrodunun seçilmesi

Kaynak yapılacak kalıp çeliğinin bileşimine ve daha önce görmüş ise ısıl işlemine uygun bir kaynak elektrodunun seçilmesi çok önemlidir. Bu seçim için takım çeliği üreticilerinin önerileri dikkate alınarak, kaynağı uygulayan operatörlerin deneyimleri çerçevesinde seçim yapılmalıdır.

9.1.2 Kaynak öncesi hazırlıklar

Kaynak edilmesi tasarlanan bölgenin etrafı, kalıp yüzeyi ve birleşme yüzeyinin tamamı temizlenmeli, kaynak dikişi hasarsız bölgeye ulaşınca kadar inmelidir. Kaynak dikiş dibi

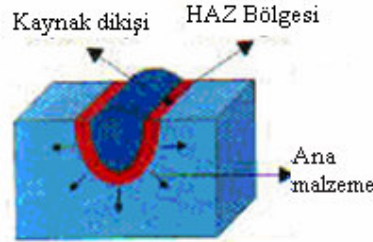
yuvarlaklaştırılmalı ve birleşme yüzeyinin bir kenarı dikeyle en az 30^0 açı yapacak şekilde olmalıdır. Kaynak işlemine başlamadan önce taşlanmış bölgeler, bütün hataları giderildiğinden emin olmak için sıvı penetran testiyle kontrol edilmelidir.



Şekil 9.1 Kaynak öncesi hazırlıklar

(Ahıskalı Kaynak, Katolog)

Kaynak öncesi kalıbın tümü ön ısıtma işlemine tabi tutulmalıdır. Kaynak eğer soğuk durumdaki bir takım ile yapılırsa, kaynak dolgusu ve kalıptaki ısı etkileşim bölgesi (HAZ) çok hızlı soğuyacaktır. Martensite dönüşüm ve katılaşma sırasında oluşan gerilmeler, ısı etkileşim bölgesinde ya da dolguda çatlaklara yol açabilir. Bu yüzden sertleştirilebilir bir çelik için ön ısıtma sıcaklığı martensite dönüşüm başlangıç sıcaklığından (M_s) $50-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ fazla olmalıdır.



Şekil 9.2 Dolgu kaynağında ITAB'ın şematik gösterimi

(Ahıskalı Kaynak, Katolog)

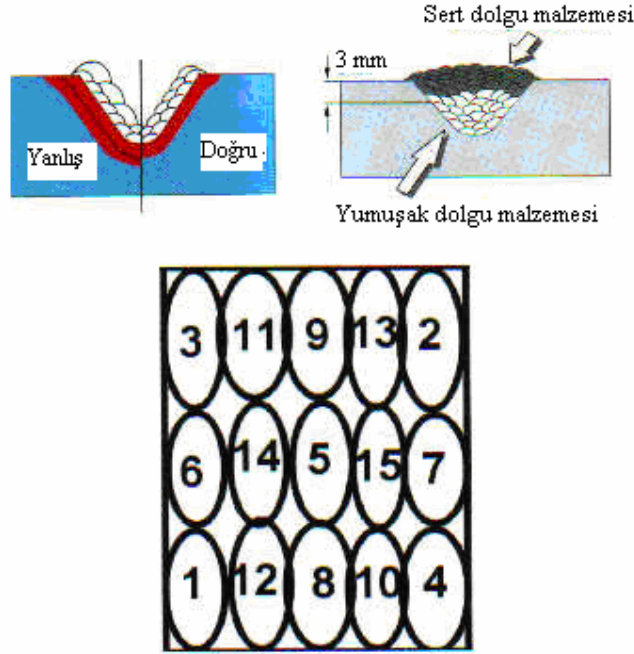
Sertleştirilmiş ve menevişlenmiş bir çelik için normalde ön ısıtma sıcaklığı sertlik kaybına uğramamak için menevişleme sıcaklığından daha fazla olmamalıdır. Bazı durumlarda, takım eğer düşük sıcaklıkta menevişlenmiş ise takımın sertliğini düşürmeden, martensit dönüşüm başlangıç sıcaklığının (M_s) üzerindeki bir sıcaklıkta ısıtma yapmak mümkün değildir. Bu yüzden sertlikteki az bir miktar azalma kabul edilmek zorundadır.

Ön ısıtmanın, kalıbın üzeri iyi yalıtılmak koşuluyla, sıcak yüzey üzerinde yapılması en uygun yöntemdir. Böylece sıcaklık kaynak sırasında da sabit tutulabilir. Alevle bölgesel ön ısıtma

tavsiye edilmez çünkü bu kalıbın bozulmasına ya da daha kötüsü, çatlaklara neden olabilir. (Ahıskalı Kaynak, Katolog)

9.1.3 Kaynağın uygulanması

Tabana atılan ilk tabaka pasolar küçük çaplı elektrodla ve düşük ısı girdisi ile kalıp metalini çok fazla etkilemeden yapılmalıdır. Bu işlemten sonra, geriye kalan aşamalar daha büyük çaplı elektrodla ve daha büyük ısı girdisi ile yapılabilir. Son aşamada kalıp yüzeyini geçecek şekilde bir katman oluşturulmalıdır. Küçük çaplı kaynaklar bile en az iki tabakalı olmalıdır.



Şekil 9.3 Dolgu kaynağının uygulanmasında dikkat edilecek noktalar

(Ahıskalı Kaynak, Katolog)

Büyük hasarların tamirinde, büyük kaynak dikişlerinin dibini yumuşak, kalanını ise sert dolgu malzemesi ile doldurmak kaynak sonrasında gerilmeleri azaltacağı için tercih edilmelidir.

Geniş yüzeylerin ya da uzun kaynak dikişlerinin kaynağında olabildiğince ince ve kısa pasolarla çalışmak uygun olup, çaprazlama yöntemiyle dikişler yüzeye tatbik edilerek, olabildiğince homojen bir sıcaklık dağılımı yaratılmalıdır. (Ahıskalı Kaynak, Katolog)

9.1.4 Kaynak sonrası işlemler

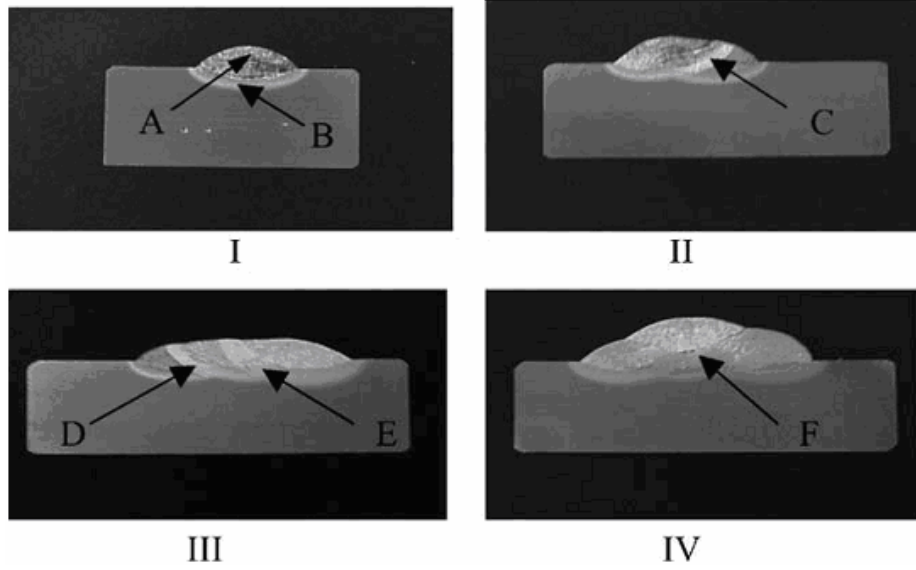
Kaynak işlemi, kalıbı ısı etkisi altında bırakan bir işlemdir ve kalıbın farklı bölgeleri bu ısıya

farklı şiddetlerde maruz kalmaktadır. Bu da kaynak öncesi ister sertleştirilmiş, ister yumuşak tavlı olsun, kalıbın mikroyapısında değişikliklere neden olacaktır. Kaynak sonrasında yapılacak bir ısıtma işlemi ile kalıp çeliğinin eski mikroyapısal özelliklerinin geri kazanılması gerekmektedir. Sertleştirilmiş bir kalıpta bu işlem bir menevişleme olup, son meneviş sıcaklığının 15-20 °C altında yapılmalıdır. Eğer kaynak öncesi kalıp sertleştirilmemiş ise uygun bir sıcaklık ve süre tespiti ile kalıba yumuşak tavlama ısıtma işlemi uygulanmalıdır. (Ahıskalı Kaynak, Katolog)

Tamir kaynağında, kaynak işleminden sonra yapıda oluşan gerilmeler kalıbın ömrü için tehdit oluşturmaktadırlar. Bu artık gerilmelerin kaynak sonrası uygulanacak gerilme giderme tavlamalarıyla uygun bir şekilde giderilmesi gerekmektedir. Bu uygulamalar çoğu zaman atölye şartlarında rahatlıkla yapılabilir. Fakat özellikle büyük kalıpların tamirinden sonra bu tür işlemlerin uygulanması hem çok zor olabilir hem de oldukça maliyetli ve zaman alıcıdır. (Aloraier, Ibrahim, Ghojel, 2004)

Artık gerilmeler genellikle, kaynak sırasında yoğun bir ısı etkisi altında kalan malzemenin eski, gerilmesiz haline geri dönememesinden kaynaklanır. Kaynak işlemi esnasında lokal olarak ısınan parçada, soğuma sırasında distorsiyonların oluşumuna neden olan bir takım çekmeler meydana gelir. Bu distorsiyonlar, boyuna, enine, açısal veya bunların kombinasyonu şeklinde olabilir. (A.S. Aloraier, R.N. Ibrahim, J.Ghojel, 2004)

Aloraier, Ibrahim ve Ghojel yaptıkları bir çalışmada, oluşabilecek bu tür distorsiyonların en aza indirilmesi ve kaynak sonrası uygulanacak gerilme giderme tavlama işlemine alternatif oluşturması bakımından, “pasolar arası sıcak tutma yöntemini” önermektedirler. Bu yöntemde tamir edilecek bölgeye uygulanan ilk kaynak pasosu bir sonraki paso için tavlama niteliği taşımaktadır.



Şekil 9.4 Pasolar arası ön ısıtma uygulanmış numunenin kesit görüntüsü

(A.S. Aloraier, R.N. Ibrahim, J.Ghojel, “Eliminating post-weld heat treatment in repair welding by temper bead technique:role bead sequence in metallurgical changes”, 2004)

Yukarıdaki şekilde görülen uygulamada özlü tel elektrod kullanılarak uygulanan tamir işleminde, öncelikle I. paso uygulanmış, ardından II. paso birincinin %50’sini kaplayacak şekilde çekilmiş ve III. paso da ikinci pasonun %50’sini kaplayacak şekilde yan tarafına çekilmiştir. Bu üç paso kaynağın birinci katmanını oluşturmaktadır. Son olarak temperleme görevi üstlenecek olan IV. Paso da birinci katmanın üzerine çekilmiştir. (Aloraier, Ibrahim, Ghojel, 2004)

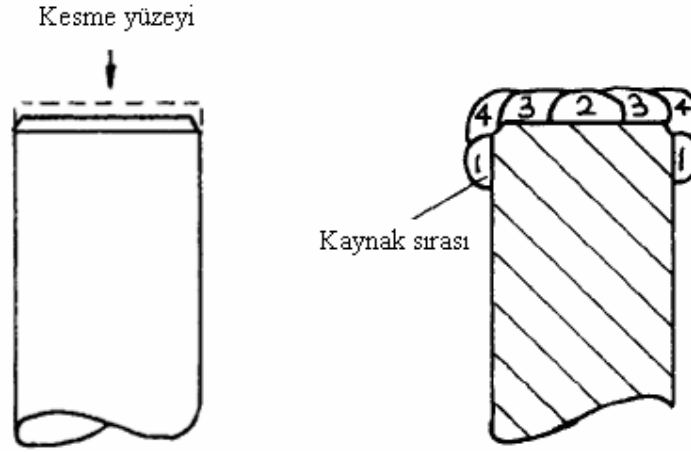
Yapılan çalışma sonucunda, pasolar arası sıcak tutma yönteminin uygulanmasıyla, ilk pasodan sonra oluşmuş olan martensitik yapının, ardından gelen pasonun etkisiyle temperlendiği görülmüş, ayrıca birinci pasodan sonra oluşan iri taneli bölgenin, ikinci pasonun etkisiyle tane yapısında incelme olduğu gözlenmiştir. Bu değişim diğer pasoların uygulanmasıyla aynı şekilde devam etmiştir. Sertlik dağılımında diğer yöntemlere göre düşüş gözlenmiş olup, ITAB’ın genişliğinde ise %15’lik bir daralma tespit edilmiştir. (Aloraier, Ibrahim, Ghojel, 2004)

9.2 Kalıplarda Karşılaşılabilecek Hasarlar ve Çözüm Örnekleri

Aşağıda kalıplarda karşılaşılabilecek bazı sorunlar ve bu sorunların tamir kaynağı ile çözümüne ilişkin örnekler verilmiştir.

H12 (takım çeliği; %0,35 C, %5 Cr, %1,5 Mo, %1,5 W, %0,40 V) malzemeden imal edilmiş bir takımın kesme yüzeyinin tamiri:

Şekilde görülen takımın (H12) kesme yüzeyinde sürekli çalışmaya bağlı olarak çukurcuklar oluşmuştur. Bu problemin giderilmesi için, gerekli ön ısıtma ve hazırlık işlemlerinin ardından, aşınmış olan yüzey taşlanarak temizlenir ve daha sonra TIG kaynak yöntemi ile yüzey eski ölçüsüne getirilmek üzere tamir edilir. (Thompson)

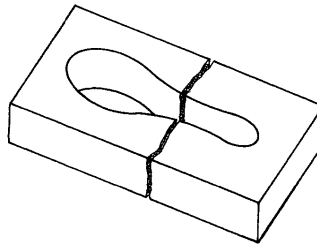


Şekil 9.5 Kesme takımının tamiri

(Steve Thompson, Handbook of Mold, Tool and Die Repair Welding, sy 59.)

Kaynak işlem sırası, oluşabilecek gerilme ve distorsiyonların engellenmesi amacıyla, şekilde gösterilen sırada uygulanmalıdır.

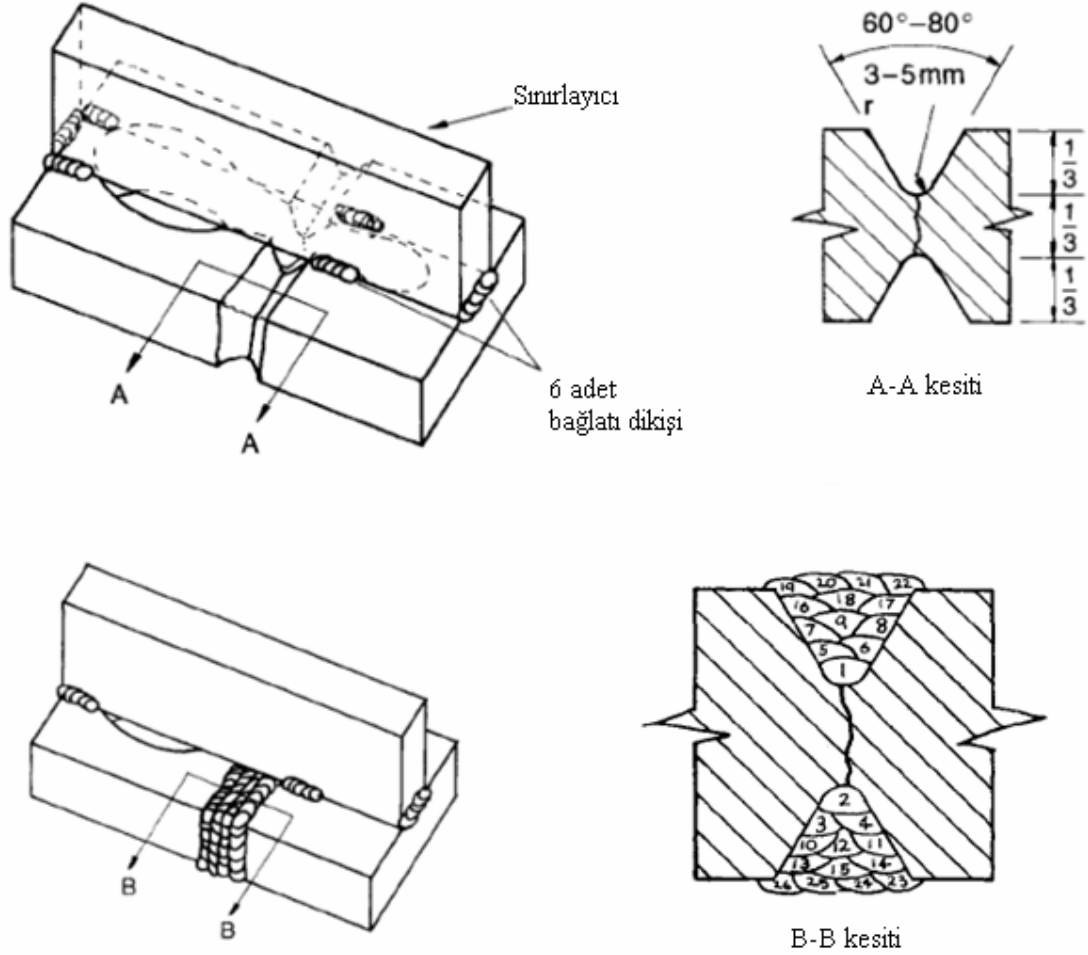
D2 (takım çeliği; %1,5 C, %12 Cr, %1 Mo) malzemeden imal edilmiş, kırık bir kaşık kalıbının tamiri:



Şekil 9.6 D2 takım çeliği malzemeden imal edilmiş kırık bir kaşık kalıp

(Steve Thompson, Handbook of Mold, Tool and Die Repair Welding)

Bu tip bir kalıbın tamirinde, malzeme bütünlüğünün korunması bakımından kaynak metalinin mümkün olduğunca az olması tercih edilir. Böylelikle kaynak metalinin yol açacağı çekme ve distorsiyonların minimum düzeyde tutulması amaçlanmaktadır. Distorsiyonların ortaya çıkışını önlemek için alınan bir diğer tedbir de sınırlayıcı (sabitleyici) kullanmaktır.(Thompson) Sınırlayıcı kullanımıyla, kaynak işlemi sırasında oluşabilecek gerilmelere karşı mekanik yükleme oluşturularak, distorsiyonları önlemek amaçlanmaktadır. (Aloraier, Ibrahim, Ghojel, 2004)

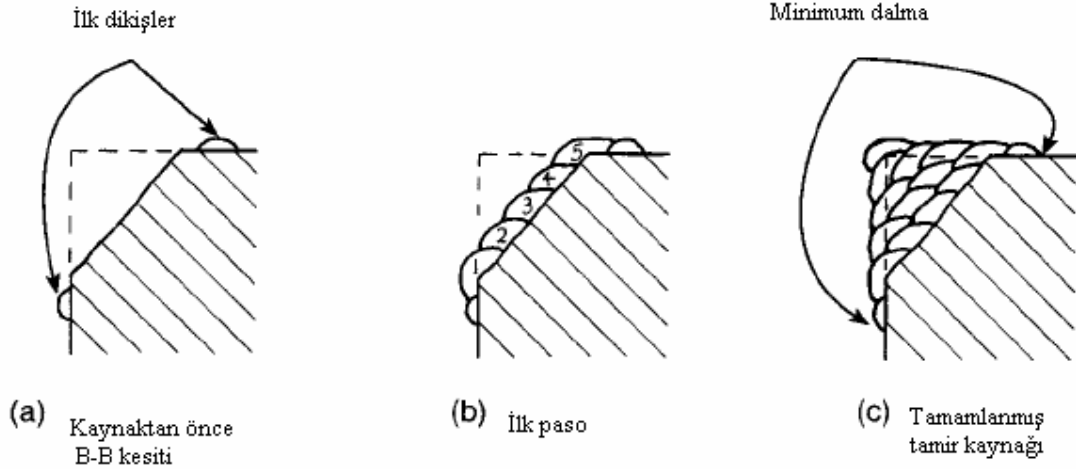


Şekil 9.7 Kalıbın tamir aşamaları

(Steve Thompson, Handbook of Mold, Tool and Die Repair Welding, sy 59.)

Kalıp ve sınırlayıcı birleştirilmeden önce aynı sıcaklığa kadar ısıtılmalıdırlar. Böylelikle her iki parça tek bir parçaymış gibi davranacak, ısı transferinden doğacak sorunlar ortadan kalkmış olacaktır. Eğer kaynak işleminden sonra sınırlayıcının çıkartılması gerekiyorsa, bu durumda parça 150 °C' ye kadar soğutulmalı daha sonra sınırlayıcı ayrılmalıdır. (Thompson)

Kalıpların kaynaklı tamirinde, özellikle standart bir yöntem olan TIG kaynağının kullanılması halinde bile kaynak dikişine komşu olan bölgede bir takım çökmeler (dalmalar) ortaya çıkabilir. Bunların oluşması önlenemese de, alınacak olan birtakım önlemlerle bu tip şekil değişimleri en az düzeye indirgenebilir. (Thompson)



Şekil 9.8 Çökmelerin önlenmesi için uygulanacak işlem sırası

(Steve Thompson, Handbook of Mold, Tool and Die Repair Welding, sy 59.)

TIG kaynağında kaynak dikişine komşu bölgelere düşük akım değerleriyle ilk kaynak dikişi atılır. Daha sonra dolgu işlemi gerçekleştirilecek olan bölgede sırayla gerekli sayıda paso atılarak parçanın ölçüye getirilmesi sağlanır. (Thompson)

1.2767 Malzemedan imal edilmiş, patlayan sıcak yolluk (Hot-Runner) memesinin lazer kaynak yöntemiyle tamiri:



Bozulma nedeni: Malzemenin yorulması



Şekil 9.9 Patlayan sıcak yolluk memesi

(TRUMPF Laser, Katolog)

Hazırlık: Bozulan bölgede mikro çatlaklar oluşabildiği için hasarlı bölge taşlanır ve temizlenir. İşlem süresi 5 dakikadır. (TRUMPF Laser, Katolog)



(a)

(b)

(c)

Şekil 9.10 Hasarın kalıp üzerinde görünümü

(TRUMPF Laser, Katolog)

- a) *Kaynak*; lazer kaynak yöntemi kullanıldığından, ısııl işleme gerek duymadan bozulan bölge kaynak edilir. İşlem süresi 30 dakikadır.
- b) *Bitiş*; hassas bir şekilde kaynak edilen malzeme hemen erozyonla işlenebilir. İşlem süresi 120 dakikadır.
- c) *Sonuç*; üretilen plastik parçada tadilat izleri belli değildir. Tadilat olan parçanın kalitesi ve dayanma süresi yenisiyle eşdeğerdedir. (TRUMPF Laser, Katolog)

10. DENEYSEL ÇALIŞMA

Plastik enjeksiyon kalıplarında ve fayans imalatında kullanılan seramik kalıplarında, imalat aşamasında karşımıza çıkabilecek hatalardan birisi olan takım dalması hatasının, kaynaklı tamirine yönelik olarak yapılan bu çalışmada, oluşan hasarın boyutları için uygun kaynak yöntem ve parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Deneysel çalışmada plastik enjeksiyon kalıp malzemesi olarak DIN 1.2738 40CrMnNiMo8-6-4, seramik kalıp malzemesi olarak da DIN 1.2080 X210Cr12 takım çeliği kullanılmıştır. Malzemeler, söz konusu kalıpların imalatında, işletmelerde sıkça kullanılan malzeme türlerinden seçilmiştir. Her bir malzemenin kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri ilgili uygulama bölümünde verilmiştir.

Her iki malzemedan, 95x55x25 mm boyutlarında hazırlanan deney numunelerinin ortasında, takım dalması hasarını temsil etmek üzere, freze ile 2 mm derinliğinde kanallar açılmıştır. Bu kanallar, değişik dolgu kaynak yöntemleri kullanılarak, tamir edilmiş ve yönteme bağlı olarak değişen sertlik dağılımları incelenmiştir. Her bir yöntemin birim dikiş enerjisi hesaplanarak, ısı tesiri altındaki bölgenin genişliğine etkisi değerlendirilmiştir. Birim dikiş enerjisi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$E = \eta \frac{I.U.60}{v.1000} = \text{KJ/cm} \quad (10.1)$$

Burada;

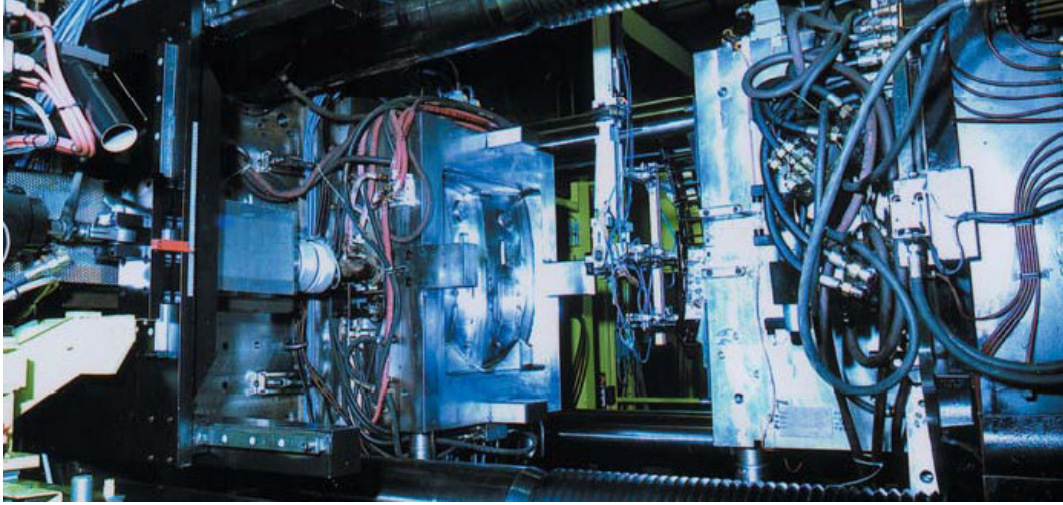
I: Akım şiddeti (A), U: Gerilim (V), v: Kaynak hızı (cm/sn), η : Yönteme bağlı kaynak verim katsayısıdır.

Uygulamada ilk olarak plastik enjeksiyon kalıp malzemesi ve ardından seramik kalıp malzemesi üzerinde, değişik yöntem ve parametrelerle çalışılarak, sonuçlar her bir malzeme için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Son olarak, kullanılmakta olan bir seramik kalıbın işletme evresinde ortaya çıkan bir teknolojik hasar türü olan aşınma sorunun giderilmesi amacıyla, ürüne ait hasar analiz raporu hazırlanarak, kaynaklı onarım akış diyagramı ve kaynaklı onarım planlama formu oluşturulmuş, bu plan doğrultusunda kalıbın onarımı gerçekleştirilmiştir.

10.1 Plastik Enjeksiyon Kalıp Malzemesi Üzerinde Deneysel Çalışma

Plastik enjeksiyon kalıplama yönteminde; ergitilmiş sıcak polimer (reçine), istenen şekle sahip soğuk bir oluğa basılır ve yüksek bir sıkıştırma basıncı altında katılaşmaya bırakılır. Karmaşık şekilli plastik parçaların doğru boyutlarda ve çok kısa zamanda üretilmesinden dolayı plastik endüstrisinde tercih edilen bir yöntemdir. Enjeksiyon kalıplama yöntemi; plastik malzemelerin ve enjeksiyon kalıplama makinelerinin çok çeşitli olmasından dolayı plastik malzeme teknolojisinin birçok alanını içeren karmaşık bir prosestir. Enjeksiyon basıncı, sıkıştırma basıncı, basılacak malzemenin ağırlığı vb. gibi üretilcek parçaların kalitesini ve çalışma ömrünü etkileyen birçok parametre mevcuttur. (Bozdanal, Yılmaz, Yılmaz, Eyercioğlu, 2006)



Şekil 10.1 Plastik enjeksiyon tezgahı

10.1.1 Kullanılan malzeme ve yöntemler

Uygulamada, plastik kalıp çeliği olarak DIN 1.2738 malzemesinden, 95x55x25 mm boyutlarında, dört adet deney numunesi kullanılmıştır. Numuneler yukarıda açıklandığı şekilde hazırlanmış ve kalıp tamirinde, endüstride sıkça kullanılan yöntemlerden olan TIG kaynağı ve elle örtülü elektrod ark kaynak yöntemleri kullanılarak tamir edilmiştir.

Her bir deney numunesi, sertlik ile ITAB genişliği yönünden değerlendirilmiş ve yöntemler birbirleriyle kıyaslanmıştır. TIG yöntemi, değişik parametrelerde üçer numuneye uygulanmış ve ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çizelge 10.1 DIN 1.2738 malzemesinin değişik normlarda gösterilişi

TS/DIN	EN	AISI	AFNOR
1.2738 40CrMnNiMo8-6-4	40CrMnNiMo8-6-4	~P20+Ni	40CMND8

Çizelge 10.2 DIN 1.2738 malzemesinin kimyasal bileşimi (%)

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	P	S
0.38	0.3	1.5	2	0.2	1.1	0.010	<0.002

Çizelge 10.3 DIN 1.2738 malzemesinin mekanik özellikleri

Sertlik (HRC)	Çentik darbe Dayanımı [J (20 °C)]	Kopma uzaması (%)	Elastisite modülü (N/mm ²)
32-35	22	17	205000

Özellikleri: Ön sertleştirilmiş plastik kalıp çeliğidir. İşlenebilirliği iyi olmakla beraber % 1 Ni ihtiva ettiği için parlatılabilirliği de son derece iyidir. Ayrıca yapısında düşük miktarda (S < % 0.002) kükürt içermesinden dolayı sürtünme mukavemeti yüksektir. Yapıda bulunan % 1 Ni sayesinde yüzeyden çekirdeğe kadar olan sertlik değişimi (özellikle blok malzemelerde) minimum düzeyde meydana gelmektedir.

Yüksek gerilmelerin bulunduğu büyük plastik kalıplarında, parlaklığın şart olduğu plastik kalıplarında tercih edilmektedir.

Dolgu kaynağının uygulanması:

Dolgu işlemlerinde yöntem olarak, kalıp tamirinde endüstride yaygın olarak kullanılan TIG ve elle örtülü elektrodlarla yapılan ark kaynak yöntemleri seçilmiş ve uygulamalar “AHISKALI KAYNAK ATÖLYESİ” inde gerçekleştirilmiştir. TIG kaynağı üç numuneye farklı parametrelerle uygulanmış ve numuneler, TIG-1, TIG-2, TIG-3 şeklinde adlandırılmıştır. Uygulamalarda ön ısıtma yapılmamış olup, dolgu işlemi iki pasolu olarak gerçekleştirilmiştir. Kaynak işlemleri yatay pozisyonda ve doğru akımda ters kutuplama uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

TIG kaynağının uygulanması:

Kullanılan ilave metal : DIN 8555 WSG 3-GZ-40-T

Çizelge 10.4 Dolgu elektrodunun kimyasal bileşimi(%)

C	Si	Mn	Cr	W
0.2	0.2–0.4	0.3	2.2–2.8	4–5

Çizelge 10.5 Uygulama parametreleri

Parametreler	TIG-1	TIG-2	TIG-3
Akım (A)	150	120	180
Gerilim (V)	20	20	20
Gaz debisi (lt/sa)	11	11	11
Koruyucu gaz	Argon	Argon	Argon
Elektrod çapı (mm)	1.6	1.6	1.6
Kaynak hızı (cm/dk)	8.6	6.2	10.6
Enerji (KJ/cm)	8.37	9.28	8.15

$$E_1 = \eta \frac{I.U.60}{v.1000} = 0.4 \frac{150 \times 20 \times 60}{8.6 \times 1000} = 8.37 \text{ KJ/cm}$$

$$E_2 = \eta \frac{I.U.60}{v.1000} = 0.4 \frac{120 \times 20 \times 60}{6.2 \times 1000} = 9.28 \text{ KJ/cm}$$

$$E_3 = \eta \frac{I.U.60}{v.1000} = 0.4 \frac{180 \times 20 \times 60}{10.6 \times 1000} = 8.15 \text{ KJ/cm}$$

Örtülü elektrod ark kaynağının uygulanması:

Kullanılan ilave metal: Böhler UTP 73 G 4

DIN 8555 E 3-UM-40-PT

Çizelge 10.6 Dolgu elektrodunun kimyasal bileşimi(%) :

C	Si	Mn	Cr	Mo
0.15	0.5	0.6	6.5	3.5

Çizelge 10.7 Uygulama parametreleri

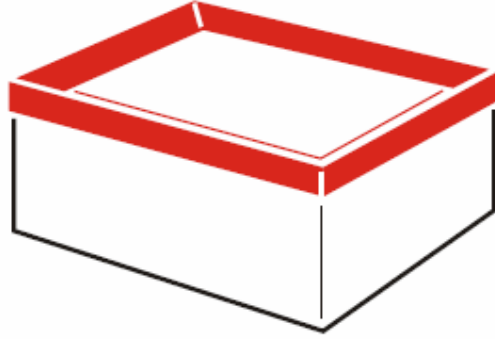
Parametreler	E1
Akım (A)	113
Gerilim (V)	20
Elektrod çapı (mm)	3.25
Kaynak hızı (cm/dk)	12.8
Enerji (KJ/cm)	7.42

$$E = \eta \frac{I.U.60}{v.1000} = 0.7 \frac{113 \times 20 \times 60}{12.8 \times 1000} = 7.42 \text{ KJ/cm}$$

10.2 Seramik Kalıp Malzemesi Üzerinde Deneysel Çalışma

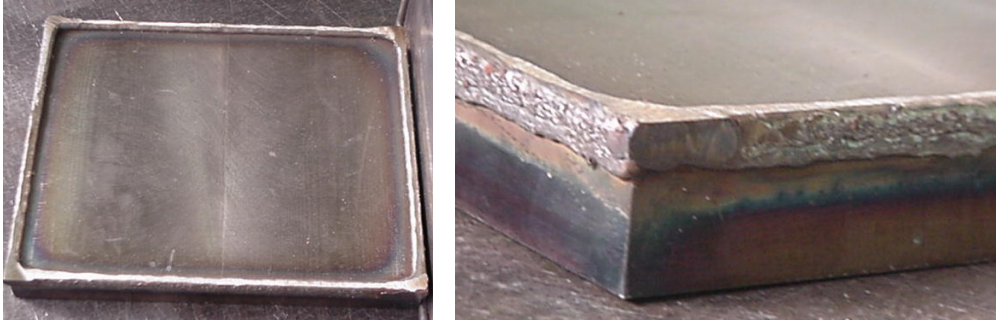
Fayans imalatında kullanılan ve forma olarak da adlandırılan seramik kalıplarda kaynak işlemi kalıbın, seramik hammaddesinin aşındırıcı etkisine karşı korunması amacıyla yapılmaktadır. Burada iki temel amaç bulunmaktadır. Bunlardan birincisi; kalıbın seramik tozuyla birlikte çalışan ve aşınabilecek yüzeyini güçlendirmek, diğeri ise; kaynak aşındığında, kaynaklı bölgenin temizlenip, tekrar kaynak edilerek, kalıbın tekrarlı kullanımını mümkün kılmaktır.

Seramik kalıp malzemesi olarak, üretilecek fayansın kullanım amacına göre, takım çeliği veya imalat çeliği kullanılmaktadır. Ürün yer döşemelerinde kullanılacak bir yer karosu olacak ise, kalıp malzemesi olarak takım çeliği kullanılmaktadır. Zemine döşenecek olan yer karosu çok yüksek basınçlara maruz kalacağından, kalıplama işlemi de yüksek basınç altında gerçekleştirilir. Dolayısıyla kalıp malzemesinden de bu denli yüksek çalışma basınçlarına dayanım beklendiğinden, uygulamada genellikle takım çelikleri tercih edilir. Şayet imal edilen fayans, duvar döşemesinde kullanılacak olan bir duvar karosu ise bu durumda daha düşük basınç değerleri söz konusu olacağından, imalat çeliklerinin kullanımı yeterli olacaktır.



Şekil 10.2 Seramik kalıba uygulanan kaynak dikişinin şematik gösterimi

Seramik kalıplarda, kaynak işlemi kalıbın dörtkenarında da uygulandıktan sonra, kalıplar, dikişlerin ve kalıp yüzeyinin freze tezgâhında işlenmesiyle ölçüye getirilir. Ölçüye getirilmiş kalıplar, yüzeylerine plastik veya reçine kaplanması suretiyle fayans imalatına hazır hale getirilir.



Şekil 10.3 Dört tarafına dolgu kaynağı uygulanmış 330x330 mm boyutlarında bir seramik kalıbın değişik açılardan görünümü

(Kalekalıp Makine ve Kalıp San A.Ş.' de yapılmış bir uygulama)

Seramik kalıplarda karşılaşılan sorunlardan bazıları ise kalıbın freze ile ölçüye getirilmesi sırasında ortaya çıkmaktadır. Bu noktada daha çok operatöre bağlı olarak ortaya çıkan takım dalması ya da elektriğin ani kesintisine bağlı olarak takımın kalıp yüzeyinde oluşturduğu darbeden kaynaklanan sorunlar ön plana çıkmaktadır. Bu sorunların giderilmesinde ise kaynak yöntemlerinden faydalanılmaktadır. Her ne kadar kalıp yüzeyi plastik ya da reçine ile kaplanacak olsa da yapılan işlem kalıp yüzeyi tamiri olduğundan, son derece hassas bir çalışma gerektirmektedir.

10.2.1 Kullanılan malzeme ve yöntemler

Uygulamamızda yer karosu imalatında kullanılan bir seramik kalıp malzemesi olan, DIN 1.2080 X210Cr12 takım çeliği kullanılmıştır. Daha önce belirtilen şekilde 95x55x25 mm ebatlarında deney numuneleri hazırlanmıştır.

Hazırlanan bu numuneler; robotla MIG, elle MIG, TIG ve pülverize metal püskürtme yöntemleri kullanılarak tamir edilmiştir. Bu yöntemler, uygulamanın yapıldığı Kalekalıp Makine ve Kalıp Sanayi A.Ş. firmasının kalıp tamirinde başvurduğu yöntemlerdir. Firma hasarın boyutuna göre kaynak yöntemine karar vermekte, genellikle robotla yapılan gazaltı kaynak uygulamasını tercih etmektedir.

Her bir numunenin mikrosertlik değerleri ve ITAB genişlikleri ölçülmüş ve yöntemler birbirleriyle kıyaslanarak uygun yöntemin belirlenmesine çalışılmıştır. Robotla MIG, elle MIG ve TIG kaynak yöntemleri üçer farklı numuneye değişik parametrelerle uygulanmış ve yöntemler kendi içlerinde de kıyaslanmıştır.

Çizelge 10.8 X210Cr12 malzemesinin değişik normlarda gösterilişi

EN/DIN	BS	AFNOR	UNI	UNE	AISI	UNS	JIST	GOST
1.2080 X210Cr12	~BD3	Z200C12	X205Cr12KU	F5212 X210Cr12	~D3	~T30403	~SKD1	~Ch12

Çizelge 10.9 DIN 1.2080 malzemesinin kimyasal bileşimi (%):

C	Si	Mn	Cr
2.0	0.25	0.30	11.50

Çizelge 10.10 DIN 1.2080 malzemesinin mekanik özellikleri

Sertlik (HRC)	Çentik darbe Dayanımı [J (20 °C)]	Kopma uzaması (%)	Elastisite modülü (N/mm ²)
64-66	28	5	207000

Yapısında yüksek oranda karbon ve krom bulunan X210Cr12 malzemesi, son derece yüksek aşınma dayanımına sahip bir takım çeliğidir. Deforme olmaması, kesme kabiliyetinin yüksek oluşu, sürtünmeye dayanıklılığından dolayı fazla darbe olmayan her türlü kesme, bükme ve şekillendirme işlemlerinde bu malzemedan yararlanılmaktadır.

Dolgu kaynağının uygulanması:

Dolgu işleminin gerçekleştirilmesinde, robotla MIG, elle MIG, TIG ve pülverize metal püskürtme yöntemleri kullanılmıştır. Numuneler; MIG-robot-1, MIG-robot-2, MIG-robot-3, MIG-el-1, MIG-el-2, MIG-el-3, TIG-1, TIG-2, TIG-3, metal püskürtme (pülverize metal püskürtme) şeklinde adlandırılmıştır.

Uygulamalarda ön ısıtma yapılmamış olup, dolgu işlemi iki pasolu olarak gerçekleştirilmiştir. Kaynak işlemleri yatay pozisyonda ve doğru akımda ters kutuplama yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Robotla MIG kaynağının uygulanması:

Kullanılan elektrod: Gridür S-600, DIN 8555-83

Çizelge 10.11 Dolgu elektrodunun kimyasal bileşimi (%)

C	Si	Mn	Cr
0.5	3	0.4	9

Çizelge 10.12 Uygulama parametreleri

Parametreler	MIG-robot-1	MIG-robot-2	MIG-robot-3
Akım (A)	220	240	200
Gerilim (V)	20	20	20
Tel hızı (m/dk)	25	23	23
Gaz debisi (lt/sa)	10	10	10
Koruyucu gaz	Ar+%18 CO ₂	Ar+%18 CO ₂	Ar+%18 CO ₂
Elektrod çapı (mm)	1.2	1.2	1.2
Kaynak hızı (cm/dk)	37.2	38.6	35
Enerji (KJ/cm)	4.38	4.46	4.59

$$E_1 = \eta \frac{I \cdot U \cdot 60}{v \cdot 1000} = 0.65 \frac{220 \times 20 \times 60}{39 \times 1000} = 4.38 \text{ KJ/cm}$$

$$E_2 = \eta \frac{I \cdot U \cdot 60}{v \cdot 1000} = 0.65 \frac{240 \times 20 \times 60}{42 \times 1000} = 4.46 \text{ KJ/cm}$$

$$E_3 = \eta \frac{I \cdot U \cdot 60}{v \cdot 1000} = 0.65 \frac{200 \times 20 \times 60}{34 \times 1000} = 4.59 \text{ KJ/cm}$$

Elle MIG kaynağının uygulanması:

Kullanılan elektrod: Oerlikon SG2 DIN 8559

Çizelge 10.13 Dolgu elektrodunun kimyasal bileşimi (%)

C	Si	Mn	P	S
0.1	0.9	1.45	<0.025	<0.025

Çizelge 10.14 Uygulama parametreleri

Parametreler	MIG-el-1	MIG-el-2	MIG-el-3
Akım (A)	120	100	140
Gerilim (V)	20	20	20
Tel hızı (m/dk)	4.2	4.2	4.2
Gaz debisi (lt/sa)	10	10	10
Koruyucu gaz	Ar + %18 CO ₂	Ar + %18 CO ₂	Ar + %18 CO ₂
Elektrod çapı (mm)	1.2	1.2	1.2
Kaynak hızı (cm/dk)	20	19.4	20.6
Enerji (KJ/cm)	4.68	4.75	4.55

$$E_1 = \eta \frac{I.U.60}{v.1000} = 0.65 \frac{120 \times 20 \times 60}{20 \times 1000} = 4.68 \text{ KJ/cm}$$

$$E_2 = \eta \frac{I.U.60}{v.1000} = 0.65 \frac{100 \times 20 \times 60}{16.4 \times 1000} = 4.75 \text{ KJ/cm}$$

$$E_3 = \eta \frac{I.U.60}{v.1000} = 0.65 \frac{140 \times 20 \times 60}{24 \times 1000} = 4.55 \text{ KJ/cm}$$

TIG kaynağının uygulanması:

Kullanılan elektrod: Oerlikon A1002 DIN 8559 WSG-2

Çizelge 10.15 Dolgu elektrodunun kimyasal bileşimi (%)

C	Si	Mn	P	S
0.08	0.80	1.45	<0.025	<0.025

Çizelge 10.16 Uygulama parametreleri

Parametreler	TIG-1	TIG-2	TIG-3
Akım (A)	150	180	120
Gerilim (V)	20	20	20
Gaz debisi (lt/sa)	13	13	13
Koruyucu gaz	Ar + %20 CO ₂	Ar + %20 CO ₂	Ar + %20 CO ₂
Elektrod çapı (mm)	2.4	2.4	2.4
Kaynak hızı (cm/dk)	7.4	9.2	5.4
Enerji (KJ/cm)	9.73	9.38	10.66

$$E_1 = \eta \frac{I.U.60}{v.1000} = 0.4 \frac{150 \times 20 \times 60}{7.4 \times 1000} = 9.73 \text{ KJ/cm}$$

$$E_2 = \eta \frac{I.U.60}{v.1000} = 0.4 \frac{180 \times 20 \times 60}{9.2 \times 1000} = 9.38 \text{ KJ/cm}$$

$$E_3 = \eta \frac{I.U.60}{v.1000} = 0.4 \frac{120 \times 20 \times 60}{5.4 \times 1000} = 10.66 \text{ KJ/cm}$$

Oksi-asetilen toz püskürtme yönteminin uygulanışı:

Bu uygulamada sıcak sistem kaplama yöntemi kullanılmıştır. Yüzeye kaplanacak olan metal tozları oksii-asetilen alevi ile püskürtülmüştür.

Kullanılan toz: Kobatek 5162 W

Çizelge 10.17 Dolgu tozunun kimyasal bileşimi (%)

C	Si	B	Fe	Cr	Ni
0.7	4.2	3.2	3	14	Kalan

Gaz karışımı: Oksii-asetilen

Alev ayarı: Normal alev

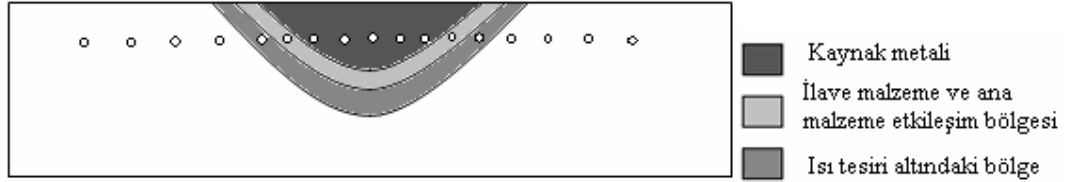
Ön ısıtma: Oksii-asetilen aleviyle yüzeysel bir ön ısıtma (300-400 °C) yapılmıştır.

10.3 Mikrosertlik Ölçümü

Numunelerin sertlik profilini belirlemek için her bir numunenin kaynak yönüne dik olan yüzeyleri seçilmiştir. Söz konusu yüzeyler makroyapı incelemesi için önceden parlatılmış ve dağlanmış, gerekli fotoğrafların çekilmesinin ardından sertlik ölçümüne geçilmiştir. Doğru ve hassas ölçüm sonuçları elde etmek amacıyla, numunelerin ölçüm cihazına yerleştirilecek olan yüzeyleri taşlanmış ve böylece sertlik ölçümünün yapılacağı yüzeyle paralel olması sağlanmıştır. Sertlik ölçümleri Shimadzu Vickers mikrosertlik cihazı ile yapılmış, 1 kg kuvvetlik yük 10 saniye süreyle uygulanarak, kaynak bölgesinde sertlik taraması yapılmıştır.



Şekil 10.4 Mikrosertlik ölçümlerinin yapıldığı cihaz.



Şekil 10.5 Sertlik ölçüm noktalarının şematik gösterimi

Sertlik ölçümleri şekilde gösterilen bölgelerden, her bir ölçüm aralığı 1 mm olacak şekilde, aynı hat üzerinden yapılmıştır. Bir noktanın sertlik değerinin belirlenmesi için üç farklı sertlik ölçümü yapılmış, okunan değerlerin ortalaması söz konusu noktanın sertlik değeri olarak kaydedilmiştir. Yukarıdaki şekil şematik bir gösterimdir, ölçülü bir çizim değildir. Sertlik ölçümleri 20 mm'lik yüzey genişliği olan bir numune üzerinde 1mm arayla, 17 farklı nokta üzerinde yapılmıştır.

10.4 Sonuçlar

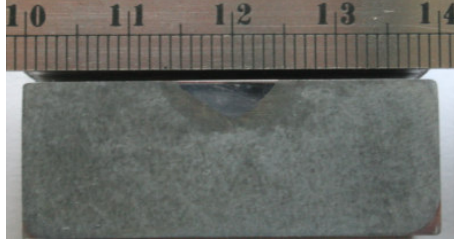
10.4.1 Makro yapı inceleme sonuçları:

Dolgu işlemi gerçekleştirilmiş olan numuneler, sertlik ölçümü ve makroyapı incelemesi amacıyla, kaynak dikiş kesitini, ITAB'ı ve ana malzemeyi görebilecek şekilde freze tezgâhında, 40x18x15 mm ve 20x12x9 mm boyutlarına getirilmiştir.

Makro yapı incelemesi için öncelikle 320, 400, 600 ve 800'lik zımparalarla numuneler zımparalanmış ve ardından keçede parlatma işlemi yapılmıştır. Kaynak dikişinin ve ısı tesiri altındaki bölgenin görülebilmesi amacıyla, numuneler %3'lük Nital (%97 etil alkol ve %3

HNO₃) çözeltisiyle dağlanmış ve Canon marka digital fotoğraf makinesiyle fotoğrafları çekilmiştir.

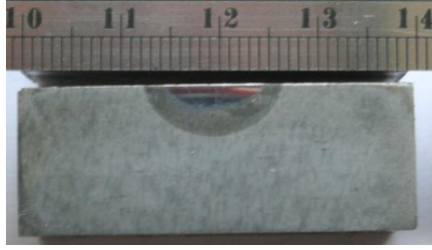
Plastik enjeksiyon kalıp numunelerine (DIN 1.2738) ait ITAB genişliklerinin karşılaştırılması:



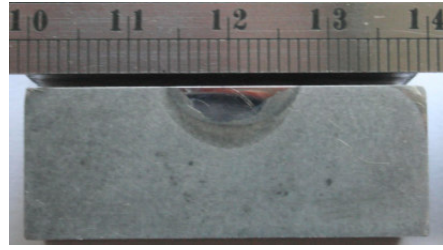
TIG-1



TIG-2



TIG-3



Örtülü Elektrod

Çizelge 10.18 Uygulanan yöntemlere göre hesaplanan birim dikiş enerjileri ve ITAB genişlikleri

Yöntem	Birim Dikiş Enerjisi (KJ/cm)	ITAB Genişliği (mm)
TIG-1	8.37	2.1
TIG-2	9.28	2.3
TIG-3	8.15	1.8
Örtülü elektrod	7.42	1.1

Numune fotoğraflarına ve ölçüm sonuçlarına bakıldığında en düşük ITAB genişliğinin elektrik ark kaynağında olduğu görülmektedir. Yöntemlere göre birim dikiş enerjileri

hesaplandığında TIG kaynak uygulamasında ısı girdisi, elektrik ark kaynağına göre daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Bunun sebebi ise TIG kaynak uygulamasında kullanılan elektrod ve seçilen parametreler ile numunelerde bulunan bu boyutlarda bir hasarın giderilmesi için, gerekli olan dolgu miktarının sağlanması amacıyla kaynak hızının son derece düşük tutulmuş olmasıdır. Kaynak işlemi esnasında hızın düşük tutulması, birim boya yığılan kaynak metalini artırırken kaynak banyosunun da büyümesine sebep olmaktadır. Kaynak banyosunun büyümesi ve ısı girdisinin artmasıyla akışkan hale gelen sıvı metal, kaynak ağzı içinde arkın önüne doğru akarak düzgün ark oluşumunu etkilemektedir.

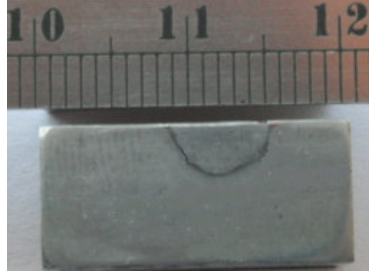
TIG kaynağının uygulandığı numunelerin ITAB genişliklerini kıyasladığımızda, artan ısı girdisiyle ITAB genişliğinin arttığını görmekteyiz. Yapılan uygulamalarda TIG kaynak yöntemi üç farklı akım değerinde uygulanmıştır. Kaynak işlemi elle yapıldığından, kaynak hızı sabit tutulamamış ve artan akım değeriyle de hızın arttığı gözlenmiştir. Sonuç olarak, daha yüksek akım değeriyle onarılmış olan numunede, kaynak hızının da artmasıyla birlikte, birim dikiş enerjisi azaldığından, düşük akım değeriyle onarılmış olan numuneye göre daha dar bir ITAB elde edilmiştir.

Elektrik ark kaynağında ise gerekli dolgu miktarı daha kısa sürede, yani daha hızlı bir şekilde sağlanabilmiştir. Hızın artmasıyla birlikte, birim boya verilen kaynak ısısı ve ana metalde ergime miktarı azalmış ve bunların sonucu olarak da daha dar bir ITAB elde edilmiştir.

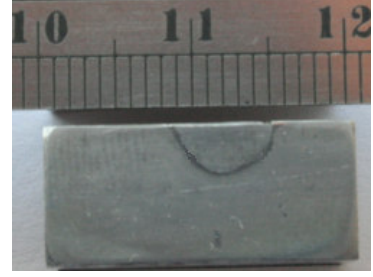
Seramik kalıp numunelerine (DIN 1.2080) ait ITAB genişliklerinin karşılaştırılması:



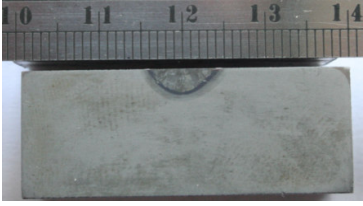
MIG-robot-1



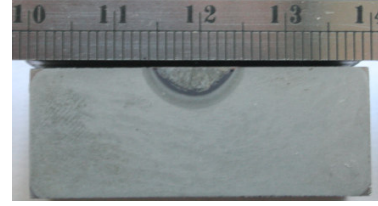
MIG-robot-2



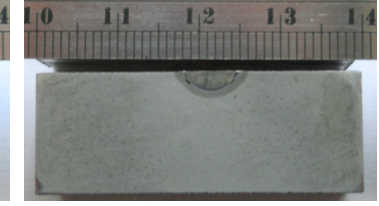
MIG-robot-3



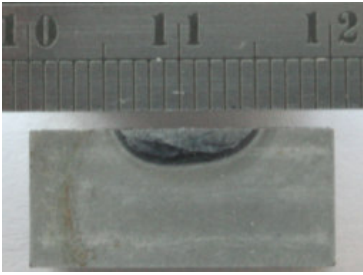
MIG-el-1



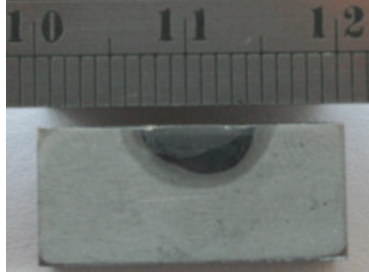
MIG-el-2



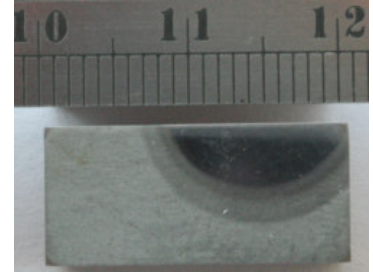
MIG-el-3



TIG-1



TIG-2



TIG-3



Pülverize metal püskürtme

Çizelge 10.19 Uygulanan yöntemlere göre hesaplanan birim dikiş enerjileri ve ITAB genişlikleri

Yöntem	Birim Dikiş Enerjisi (KJ/cm)	ITAB Genişliği (mm)
MIG-robot-1	4.38	0.8
MIG-robot-2	4.46	1.1
MIG-robot-3	4.59	1.5
MIG-el-1	4.68	1.3
MIG-el-2	4.75	1.8
MIG-el-3	4.55	1.2
TIG-1	9.73	2.1
TIG-2	9.38	1.8
TIG-3	10.66	3.2
PMP*		5.9

* Oksi-asetilenle pülverize metal püskürtme kaynağı

Çizelgede görülen değerlere baktığımızda, en düşük ITAB genişliğinin robotla uygulanan MIG kaynak yönteminde, en yüksek ITAB genişliğinin ise oksi-asetilen aleviyle uygulanan pülverize metal püskürtme yönteminde ortaya çıktığını görmekteyiz.

Robotla ve elle uygulanan MIG kaynak yöntemlerinde genel olarak birim dikiş enerjileri birbirine yakın değerlerde olmakla birlikte, robotla yapılan uygulamalarda kısmen daha düşük enerji değerleri göze çarpmaktadır. Bunun sebebi robotta daha yüksek akım değerleri ve kaynak hızlarında çalışılmış olmasıdır. Elle yapılan uygulamaya baktığımızda, daha düşük akım değerinde çalışılmış olan MIG-el-2 numunesinin birim dikiş enerjisinin daha yüksek bir değerde olduğu ve buna bağlı olarak da ITAB'ın MIG-el-3 ve MIG-el-1 numunelerine nazaran daha geniş olduğunu görmekteyiz. Bu durum bir önceki uygulamada açıklandığı gibi, azalan akım değeriyle birlikte kaynak hızında da azalma olması, buna bağlı olarak da birim dikiş enerjisinin artmasıyla birlikte daha geniş bir ITAB'ın elde edilmiş olmasıyla açıklanabilir. Genel olarak değerlendirildiğinde, gerek robotla gerekse elle yapılan her iki

uygulama sonuçlarında birim dikiş enerjisinin artmasıyla ITAB genişliklerinin de artış gösterdiği söylenebilir.

TIG yönteminin uygulandığı numunelere baktığımızda ise, daha yüksek akım değerinde çalışılmış olan 2 nolu numunenin ITAB genişliğinin 1 ve 3 nolu numunelerden daha dar olduğunu görmekteyiz. Burada özellikle düşük akım değerinde yapılan uygulamada birim dikiş enerjisinin oldukça yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Plastik enjeksiyon kalıp malzemesinde olduğu gibi, gerekli dolgu miktarının sağlanabilmesi için, düşük hızla yapılan uygulamada, yığılan kaynak metalinin artmasıyla kaynak banyosunda da büyüme olmuş ve daha geniş bir ITAB oluşumu ortaya çıkmıştır.

Oksi-asetilen aleviyle pülverize metal püskürtme yöntemine baktığımızda ise, ITAB genişliğinin 5.9 mm' ye ulaştığı görülmektedir. Yöntemin uygulanması aşamasında, gerekli dolgu miktarının sağlanabilmesi oldukça uzun zaman almış ve malzeme yüzeyden itibaren çok uzun süre oksi-asetilen alevine maruz kalmıştır. Her ne kadar yöntem için birim dikiş enerjisi matematiksel olarak hesaplanamasa da, işlem hızının çok düşük olması nedeniyle malzemeye oldukça yüksek miktarda ısı girişi olmuştur. Bu nedenle de en geniş ITAB bu numene üzerinde gözlenmiştir. Dolayısıyla denilebilir ki; yöntem yüksek miktarlarda dolgu malzemesinin yığılmasını gerektiren bu boyutlardaki bir hasarın giderilmesinde pek de uygun olmamaktadır. Daha çok, küçük çaplı hasarların giderilmesinde ya da yüzey kaplama işlemlerinde tercih edilmelidir.

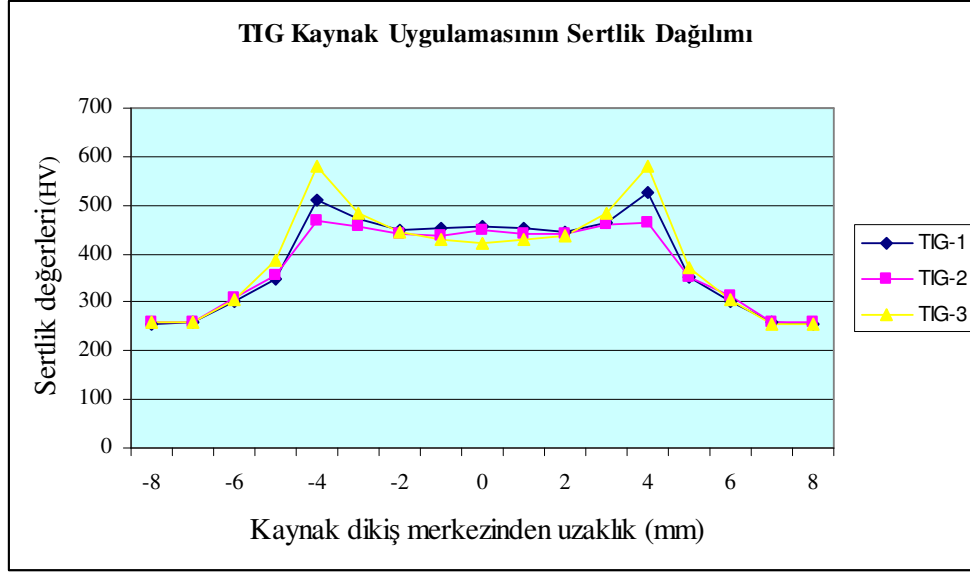
10.4.2 Mikrosertlik ölçüm sonuçları

Ark kaynak uygulamalarında, yöntemin karakterine bağlı olarak kaynak metalindeki özellikler de değişmektedir. Kaynak hızı, kaynak metalinin mikro yapısına ve nüfuzuyetine önemli ölçüde etki etmektedir. Kaynak hızının artması veya azalması durumlarında kaynak edilen malzemeye değişik oranlarda ısı girdisi uygulanmaktadır. Isı girdisinin bir sonucu olarak mikroyapıda ve bunun sonucunda da sertlik değerlerinde değişiklikler ortaya çıkmaktadır.

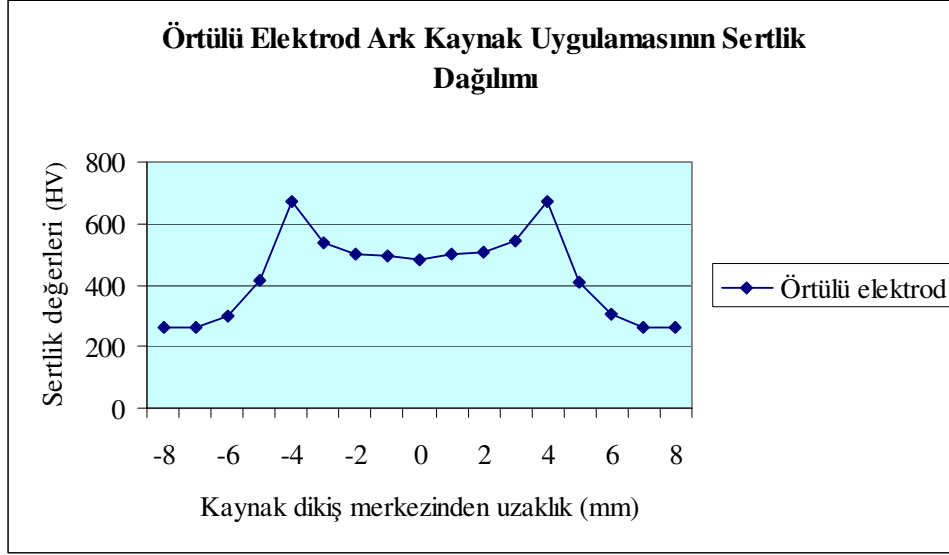
Kaynak işlemi sonunda katılaşmış durumdaki kaynak metalinin mikroyapısı incelendiğinde iki değişik bölge ile karşılaşılır. ITAB a yakın olan kaynak metali kolonsal bir tane yapısı, kaynak merkez çizgisine yakın olan kaynak metali ise ısı dağılımının karmaşıklığından dolayı eşeksenel ve dendiritik taneler içerir. (Durgutlu, Gülenç, Tülbentçi, 1998) Kaynak metali içerisindeki farklı fazların miktarı sertlik özelliklerine etki etmektedir.(Yılmaz, Barlas, 2004)

Plastik enjeksiyon kalıp numunelerine ait sertlik dağılımları:

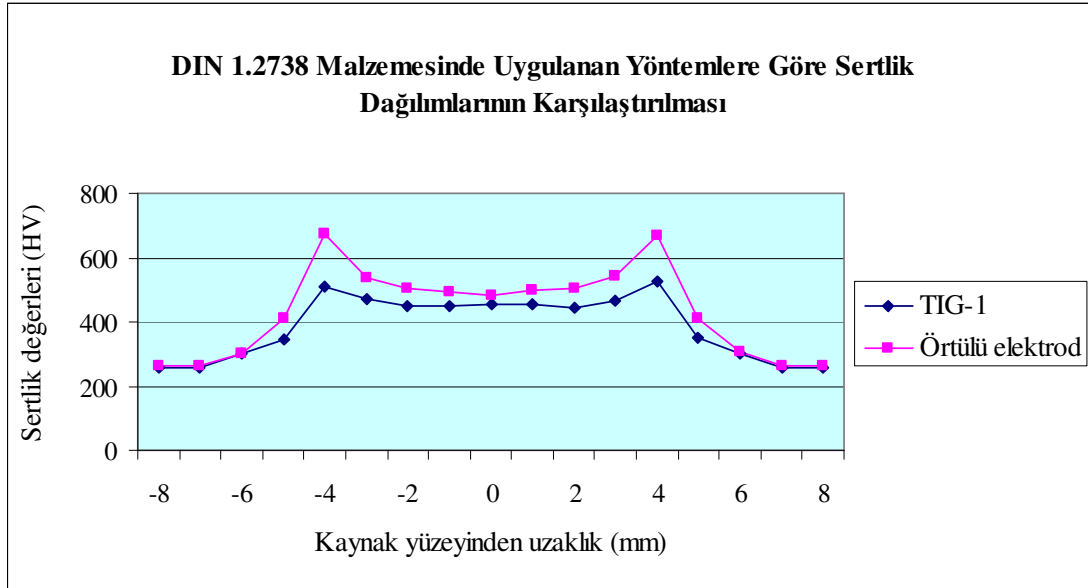
Plastik enjeksiyon kalıp malzemesine (DIN 1.2738), TIG ve örtülü elektrod ark kaynak yöntemlerinin uygulanmasının ardından, yapılan sertlik ölçümlerinde, grafiklerde görülen şekilde sertlik dağılımları elde edilmiştir.



TIG kaynak uygulamasının sertlik dağılımına baktığımızda her üç numunenin de sertlik dağılım profillerinin aynı olduğunu görmekteyiz. Kaynak metalinde 450 HV civarında olan sertlik değerleri, ITAB'da ergimiş metal yönündeki bölgede en yüksek değere ulaşmıştır. Kaynak bölgesine uygulanan ısı miktarının sıcaklık dağılımı ve soğuma hızını etkilediği, dolayısıyla kaynak bölgesindeki sertlik değerlerinin de değiştiği bilinen bir gerçektir. TIG-1, TIG-2 ve TIG-3 numunelerini kıyasladığımızda, yüksek akım değeriyle yapılan TIG-3 uygulamasına ait sertlik değerlerinin, ITAB'da ergimiş metal yönündeki bölgede 582 HV değerlerine kadar ulaştığını görmekteyiz. Bu durum, ısı girdisi düşük olan TIG-3 numunesin daha hızlı soğumuş olmasıyla açıklanabilir. Şöyle ki, daha hızlı soğumanın gerçekleştiği durumda tanelerin irileşmesi için yeterli süre olmadığından daha ince taneli bir yapı oluşumu söz konusudur. Tane boyutunun küçülmesi ile birim hacimdeki tane sınırı artmakta ve buna bağlı olarak da sertlikte bir artış gözlenmektedir. Daha yüksek ısı girdisinin söz konusu olduğu TIG-2 numunesinde ise, soğuma daha yavaş gerçekleştiğinden, tanelerin irileşmesi için gerekli zaman sağlanabilmiş ve daha düşük sertlik değerleri elde edilmiştir.



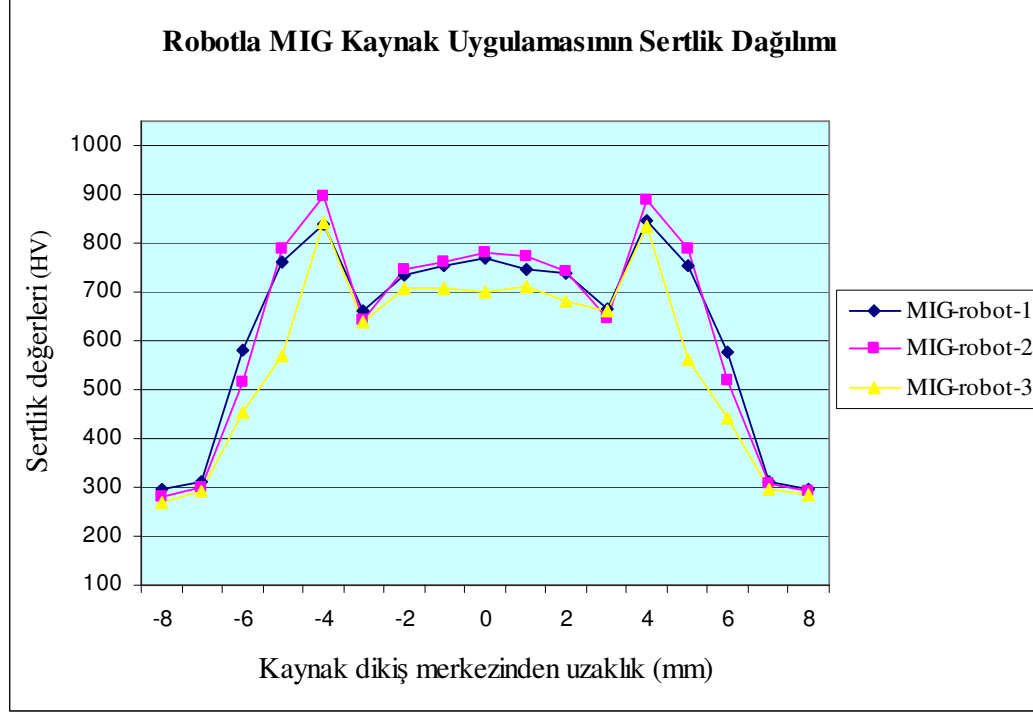
Elle uygulanan elektrik ark kaynak yönteminin sertlik dağılımına baktığımızda sertlik dağılım eğrisinin bir önceki grafikte benzer özellikte olduğu görülmektedir. En yüksek sertlik değeri 674 HV ile ITAB'da ergimiş metal yönündeki bölgede görülmüştür. Kaynak metalinde 500 HV değerinde olan sertlik, ITAB'da değişime uğramamış bölge yönünde 442 HV değerinde ölçülmüştür. Ama malzemede ise sertlik değeri 262 HV değerindedir.



DIN 1.2738 malzemesine uygulanan her iki yonteme ait sertlik dağılımlarını karşılaştırdığımızda, örtülü elektrodla yapılan kaynak uygulamasına ait sertlik değerlerinin TIG-1 uygulamasına göre oldukça yüksek değerlerde olduğunu görmekteyiz. TIG-1 uygulamasında en yüksek sertlik değeri 527 HV değerindeyken, aynı noktada örtülü elektrodla yapılan uygulamada 671 HV değerine ulaşılmıştır. İki yöntem arasındaki sertlik

farkı ise örtülü elektrodla yapılan uygulamanın birim dikiş enerjisinin daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Düşük ısı girdisi nedeniyle soğuma daha hızlı gerçekleşmiş ve daha yüksek sertlik değerlerine ulaşılmıştır.

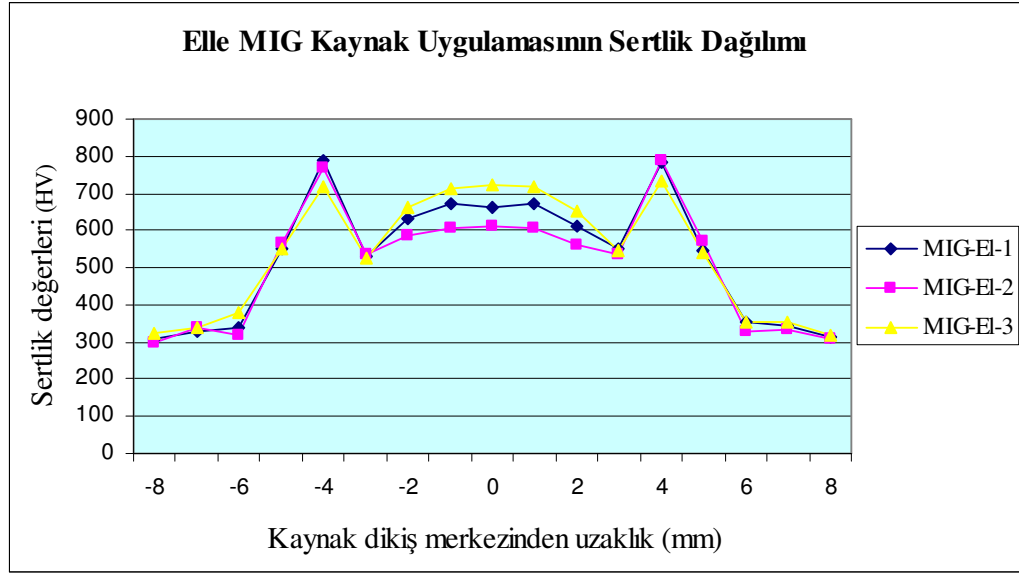
Seramik kalıp (DIN 1.2080) numunelerine ait sertlik dağılımları:



Robotla yapılan MIG kaynak uygulamasının sertlik dağılımına bakıldığında, kaynak dikişinde sertliğin 780 HV değerinde olduğu, ana metal ve dolgu malzemesinin karışım bölgesinde 660 HV değerine düşüp, ITAB'da ergimiş metal yönündeki bölgede ise 890 HV değerlerine kadar ulaştığı görülmektedir. Ana malzemede ise sertlik değeri, ortalama 290 HV olarak ölçülmüştür. Kaynak dikişi iki pasolu olduğundan, kaynak bölgesinin özellikleri seyrelmenin kısmen azalmasıyla, dolgu elektrodunun özelliklerine yakın bir seyir izlemektedir. Dolayısıyla kaynak bölgesinde ölçülen sertlik değerleri, dolgu elektrodunun bileşimindeki %1.45'lik mangan ile açıklanabilir. Anametal ve dolgu malzemesinin karışım bölgesinde soğuma hızının düşük olmasına bağlı olarak ortaya çıkabilecek olan tane irileşmesinin bu bölgenin sertlik değerlerinde düşüşe neden olabileceği düşünülmektedir. ITAB'da ergimiş metal yönündeki bölgede ise daha hızlı gerçekleşen soğuma sonucu oluşan ince taneli yapının yanında ana metalde bulunan %11.5'lik krom, %0.3'lük manganın oluşturabileceği karbürler nedeniyle bu denli bir sertlik artışının gözlenebileceği düşünülmektedir. (Sertliğin tane yapısına bağlı olarak dağılımı hakkında kesin ifadelerin kullanılabilmesi için mikroyapı incelemesinin

yapılması gerekmektedir.)

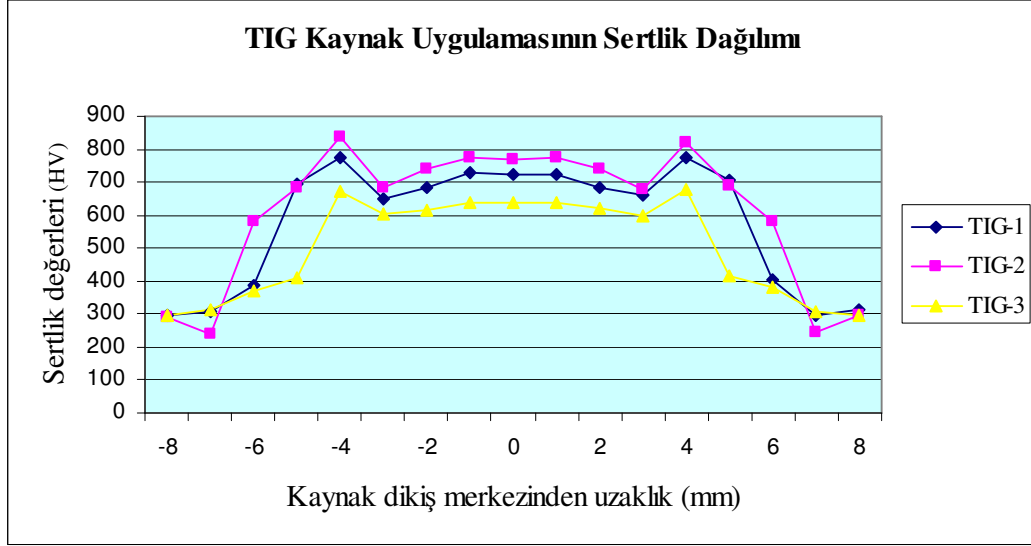
Yöntemi kendi içinde değerlendirmek gerekirse, düşük akım değeriyle çalışılmış ve daha yüksek ısı girdisine bağlı olarak düşük soğuma hızına maruz kalmış olan MIG-robot-3 numunesinin sertlik değerleri diğer numunelere nazaran daha düşüktür. Bunun sebebi de daha önce belirtildiği gibi, yüksek ısı girdisinin soğuma hızını yavaşlatması ve tanelerin irileşmesine bağlı olarak sertlik değerlerinde düşüş gözlenmesidir. Her üç numunenin birim dikiş enerjisi birbirine çok yakın değerler olduğundan, sertlik değerleri arasında da çok belirgin farklılıklar gözlenmemiştir.



Elle uygulanan MIG kaynak yönteminde, kaynak merkezinde sertlik, ortalama 660 HV olarak ölçülmüştür. Anametal ve dolgu malzemesinin karışım bölgesinde ortalama 545 HV değerine düşen sertlik, ITAB'da ergimiş metal yönündeki bölgede ortalama 780 HV değerine ulaşmıştır. Ana malzemede ise sertlik değeri ortalama 300 HV olarak ölçülmüştür. Bu uygulamada sertlik dağılım eğrisi robotla uygulanan MIG kaynak uygulaması ile benzer karakteristik göstermektedir. Aynı dolgu elektrodunun ve aynı ana malzemedan hazırlanmış numunelerin kullanılmış olduğu bu yöntemdeki sertlik dağılımını, robotla yapılan uygulamanın sertlik dağılımını değerlendirirken yapılan açıklamalarla izah etmek mümkündür. Burada dikkat edilecek nokta, robotla yapılan uygulamada daha yüksek sertlik değerlerine ulaşılmış olmasıdır. Bunun sebebi de robotla yapılan uygulamada daha yüksek akım değerleri ile çalışılmış olması ve birim dikiş enerjisinin daha düşük olmasıdır.

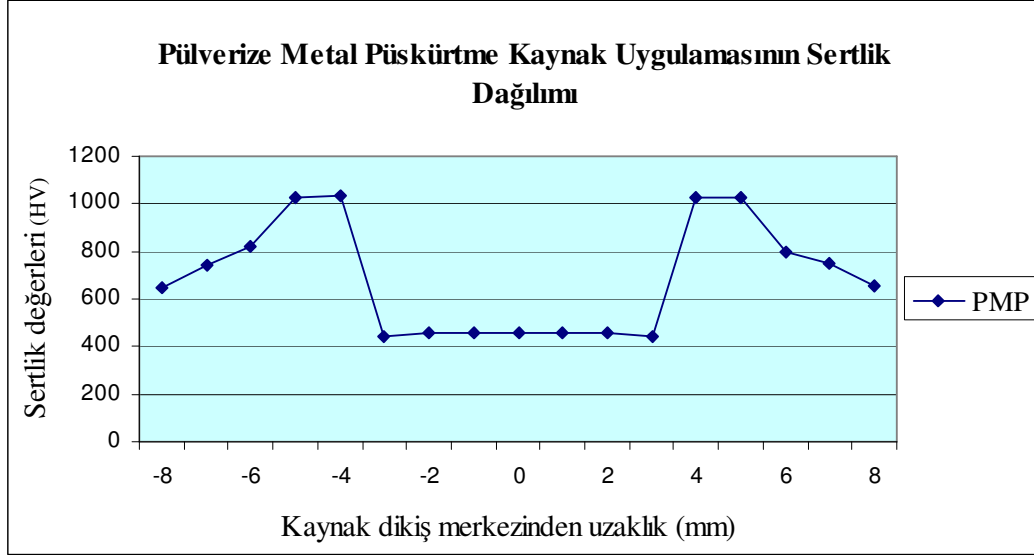
Grafiğe baktığımızda, yine daha düşük birim dikiş enerjisine sahip MIG-El-3 numunesinin sertlik değerinin en yüksek, düşük akımda çalışılmış ve yüksek birim dikiş enerjisine sahip

olan MIG-El- 2 numunesinin sertlik değerinin ise en düşük olacak şekilde bir dağılım sergilediği gözlenmektedir.

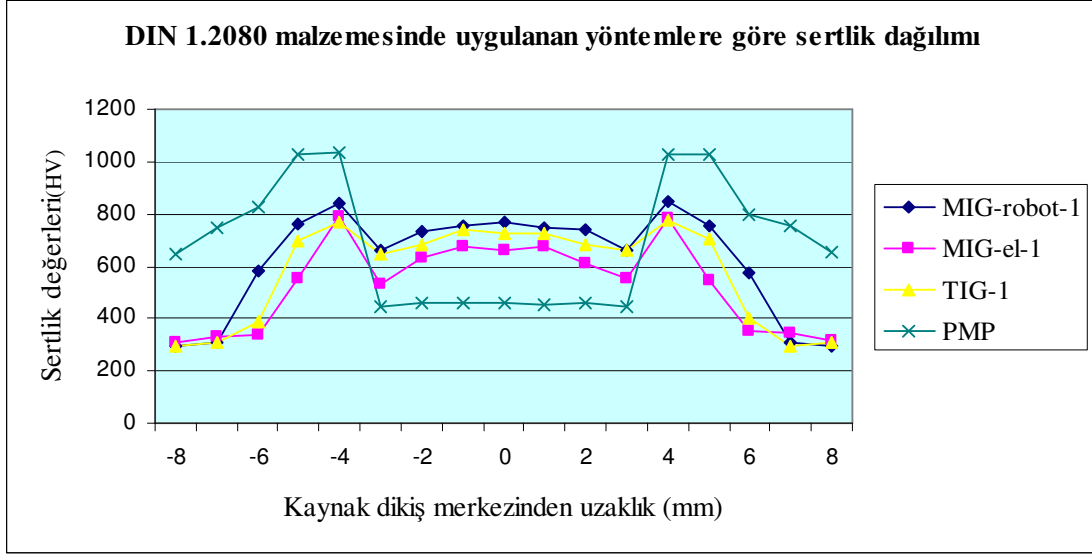


TIG kaynak uygulamasının sertlik dağılımına baktığımızda, genel olarak MIG uygulamalarının sertlik dağılım eğrilerine benzer karakteristikte olduğunu fakat kaynak metalinden uzaklaştıkça kararsız bir tutum sergilediğini görmekteyiz. En yüksek ısı girdisinin söz konusu olduğu TIG-1 numunesinde sertlik değerleri diğer iki numuneye oranla oldukça düşük ölçülmüştür. Kaynak dikişinde ortalama 725 HV ölçülen sertlik değeri, abametal ve kaynak metalinin girişim bölgesinde ortalama 650 HV değerine düşmüş ve ITAB'ın ergimiş metal yönündeki bölgesinde ise 772 HV değerine ulaşmıştır. TIG-3 numunesinde ise daha da yüksek değerler kaydedilmiştir. Ana metalin sertlik değeri ise ortalama 300 HV olarak ölçülmüştür.

Kaynak metalinden uzaklaştıkça sertlik dağılımında az da olsa bir kararsızlık göze çarpmaktadır. Bu kararsızlığın yüksek ısı girdisine bağlı olarak geniş ITAB oluşumundan kaynaklandığı düşünülebilir. Soğuma esnasında oluşan mikroyapılar, yüksek birim dikiş enerjisinin etkisiyle düşük soğuma hızlarında önceki uygulamalara nazaran farklılık arz etmiş olabilir. Mikroyapıdaki değişiklikler ise sertlik dağılımını etkileyecektir. Bu konu da kesin bir yargıya varılabilmesi için mikroyapı incelemesinin yapılmış olması gerekir.



Oksi-asetilen şalımosuyla gerçekleştirilen bu yöntemde sertlik dağılımının oldukça farklı olduğu görülmektedir. Kaynak metalinde 455 HV olarak ölçülen sertlik değeri, ITAB'da 1028 HV değerlerine ulaşmaktadır. Kaynak dikişinden uzaklaştıkça bir miktar düşüş gösteren sertlik değeri, ölçüm yapılan en uzak noktada ise ortalama 650 HV olarak ölçülmektedir. Uygulanması esnasında gerekli dolgu miktarının sağlanabilmesi için çok uzun zaman gerektiren yöntem oldukça yüksek ısı girdisine neden olmuştur. Uygulamanın yapıldığı numune yüzeyi tamamıyla oksi-asetilen alevine maruz kaldığından çok geniş bir ITAB elde edilmiştir. Kullanılan tozun kimyasal bileşiminde demirin bir alaşım elementi olarak bulunması ve alaşım elementlerinin dışarıda kalan miktarın nikel olması, kaynak bölgesinde görülen düşük sertlik değerini açıklamaktadır. Bunun yanında kimyasal bileşimde bulunan krom, bor ve silisyum gibi elementlerin oranlarının yüksek olması ölçülen sertlik değerlerinin elde edilmesinde etkili olmuştur. Numunede değişik bölgelerden alınan sertlik ölçümleri, yüzeyden inildikçe sertlik değerlerinde azalma olduğunu göstermiştir. Bu da kullanılan oksi-asetilen alevinin bir çeşit yüzey sertleştirme etkisi yarattığını göstermektedir. Bu sonuçlara bakıldığında, bu tür bir hasarın onarımı için yöntemin pek de uygun olmadığı görülmektedir. Elde edilen sertlik değerlerinden yola çıkarak yöntemin daha çok dayanımı arttırmak için uygulanacak olan yüzey kaplama işlemlerinde tercih edilmesinin daha doğru olacağı görülmektedir.



DIN 1.2080 malzemesine uygulanan kaynak yöntemlerine baktığımızda robotla uygulanan MIG kaynak yöntemine ait sertlik değerlerinin diğer gazaltı kaynak yöntemlerine ait sertlik değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. En düşük birim dikiş enerjisinin söz konusu olduğu bu yöntemde, böyle bir sonucun ortaya çıkması, soğuma hızının diğer uygulamalara nazaran daha düşük olmasıyla açıklanabilecek niteliktedir. TIG yönteminde ise birim dikiş enerjisi daha yüksek olmasına rağmen, elle yapılan MIG kaynak uygulamasından daha yüksek sertlik değerleri elde edilmiştir. Ayrıca pülverize metal püskürtme yönteminde ise gazaltı kaynak yöntemlerinden çok daha farklı sertlik değerlerine ulaşılmıştır. Kaynak bölgesinde diğer yöntemlere göre daha düşük sertlik değerleri ölçülürken, kaynak dikişinin hemen yanında ölçülen sertlik değerleri ise diğer yöntemlerin oldukça üzerindedir. Bu farklılıklar, ilave malzemelerin kimyasal bileşiminde bulunan Cr, Mn gibi elementlerin karbür oluşturması veya ilave tozun bileşiminde bulunan borun sıcaklık etkisiyle tane sınırlarında birikmesi sonucu oluşmuş olabilir. Ayrıca, ölçümlerde elde edilen sonuçlardaki farklılıkların, ölçüm hatalarından da kaynaklanmış olabileceği ihtimali unutulmamalıdır.

10.5 Hasara Uğramış Bir Seramik Kalıbın Onarımı

Uygulamanın bu aşamasında endüstride kullanılmış ve hasara uğramış bir kalıbın öncelikle hasar analiz raporu hazırlanmış, kaynaklı onarıma karar verilmesinin ardından onarım planlaması yapılmıştır. Yapılan plan doğrultusunda gerekli adımlar izlenmiş ve kalıbın kaynaklı tamiri yapılmıştır. Tamir edilen bölgenin sertliği ve makro yapısı incelenmiştir. Uygulamada DIN 1.0501 C35 malzemeden imal edilmiş bir izostatik seramik kalıp kullanılmıştır.

10.5.1 Kalıbın hasar analiz raporunun hazırlaması

Kalıpta oluşan hasar parçanın işletme evresinde ortaya çıkmıştır. Gerekli bakımın zamanında yapılmamış olmasına bağlı olarak ortaya çıkan hasarın akış diyagramı aşağıdaki gibidir:



Şekil 10.6 Seramik kalıp hasar akış diyagramı

10.5.2 Hasar analiz raporu

Parça adı: İzostatik seramik kalıp

1 – Parça Tanımı

Parçanın fonksiyonu (işlevi): Seramik duvar karosu imalatında kalıp olarak kullanılmaktadır. İzostatik olma özelliği kalıbın, baskı sırasında basıncı eşit olarak dağıtmasını sağlamaktadır. Kalıp yüzeyinde kaplanmış bulunan termoset plastiğin altında yuvalarına yerleştirilmiş, dengeleyici metaller bulunmaktadır. Kalıbın içinde bulunan kanallarda dolaşan yağ, baskı esnasında dengeleyici metalleri yukarıya doğru iterek, basıncın yüzeyde eşit oranda dağılımını sağlamakta ve böylece daha düzgün bir yüzey elde edilmektedir.

Parçanın imalat yöntemi: Dört tarafı kaynak edilmiş olan 330x330 mm ebadındaki seramik kalıp formaların yüzeyi daha sonra frezeleme yöntemiyle ölçüye getirilmiştir.

Parça malzemesi ve malzeme adı: DIN 1.0501 C35

Çizelge 10.20 DIN 1.0501 malzemesinin kimyasal bileşimi

C	Si	Mn	P	S
0.35-0.44	0.10-0.30	0.60-0.90	< 0.040	<0.050

Çizelge 10.21 DIN 1.0501 malzemesinin mekanik özellikleri (%)

Sertlik (HV)	Kopma Dayanımı (N/mm ²)	Akma Sınırı (N/mm ²)	Kopma Uzaması %
149	620	280	22

2 – Hasar Analizi:

Parça hasar görene kadar geçen çalışma süresi: Kalıp 10.11.2006 tarihinde işletmeye alınmış ve 22.12.2006 tarihinde kenarlarında oluşan aşınma sorunları nedeniyle onarılmak üzere kaynak atölyesine getirilmiştir. Kalıp 30 iş günlük servis süresince 349700 baskı yapmıştır. Kalıp için öngörülen ömür 389940 baskıdır.

Benzer koşullarda çalışan diğer benzer parçalarda hasar : Var () Yok (X)

Parça hasar öncesi bakım veya onarım gördü mü?

Evet () Hayır (X)

Hatanın parçadaki yeri: Köşeler daha fazla olmak üzere tüm kenarlarda aşınma gözlenmiştir.



Şekil 10.7 Hasarlı parçanın görünüşü

Hatanın parçadaki yerinin belirlenmesi için seçilen muayene yöntemi:

Gözle (X) Sıvı Penetran () Manyetik Toz () Radyografi () Ultrason ()

Hasar tipi: Çatlama () Kırılma () Yorulma () Korozyon () Aşınma (X)

Teknolojik hatanın oluştuğu evre: Tasarım () Malzeme () İmalat () Montaj () İşletme (X)

Teknolojik hatanın cinsi: İşletmeye bağlı bir teknolojik hatadır Kalıbın uzun süreli çalışmasına ve aşırı yüklenmesine bağlı olarak söz konusu hasar ortaya çıkmıştır.

3 –Onarım Hazırlık Planı

Parça olduğu gibi kullanılmalı mı ?

Evet () Hayır (X)

Kalıbın olduğu gibi kullanılması halinde, devam eden baskı süreçlerinde kalıp seramik karoların kenarlarında çapak oluşumu gözleneceğinden kalıbın onarılması gerekmektedir.

Parça onarılmalı mı?

Evet (X) Hayır ()

Kalıp mevcut haliyle işlevini sürdüremeyeceğinden, onarılması gerekmektedir.

Parça yenisi ile değiştirilmeli mi ?

Evet () Hayır (X)

Parça maliyeti ile onarım maliyetinin karşılaştırılması:

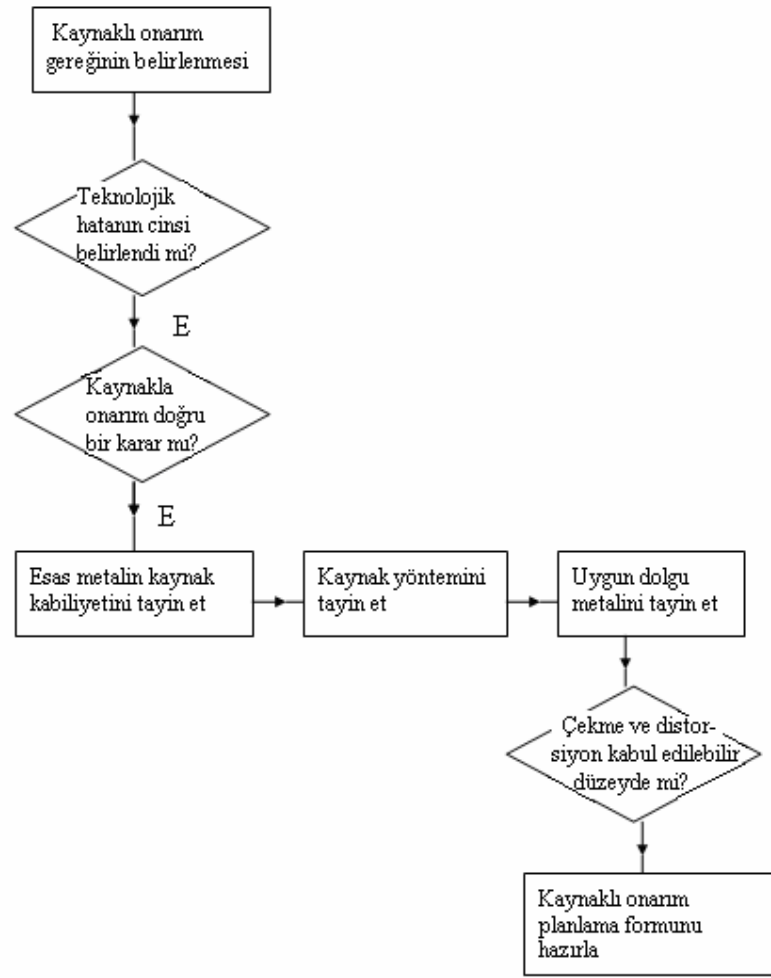
a) Parça maliyeti: 605 Euro

b) Onarım maliyeti: 394 Euro

Parça maliyeti ile onarım maliyeti karşılaştırıldığında görölmektedir ki, parçanın maliyeti onarım maliyetinden yaklaşık % 40 oranında daha fazladır. Parçanın onarılması yenisi ile değıştirilmesinden çok daha ekonomik olacaktır. Bu bakımdan parçanın onarılması gerekmektedir.

Kaynakçı onarım alanına ulaşabilir mi? Evet (X) Hayır ()

Üretici tarafından belirtilen bakım ve onarımla ilgili özel talimatnameler ve standartlar var mı? Evet () Hayır (X)



Şekil 10.8 Seramik kalıbın onarım analizi akış diyagramı

10.5.3 Kaynaklı onarım planlama formu

Parça Adı: İzostatik seramik kalıp

1. Esas metalin kaynak kabiliyeti:

$$T_{\text{öntav}} (^{\circ}\text{C}) = 350 \sqrt{[C_{\text{eş}}] - 0.25}$$

$$[C_{\text{eş}}] = [C_k] (1 + 0.005.e)$$

$$[C_k] = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}}{5} + \frac{\text{Ni} + \text{Cu}}{15}$$

$$[C_k] = 0.35 + \frac{0.6}{6} = 0.45$$

$$[C_{\text{eş}}] = [0.45] (1 + 0.005.60) = 0.45$$

$$T_{\text{öntav}} (^{\circ}\text{C}) = 350 \sqrt{[0.45] - 0.25} = 160 ^{\circ}\text{C}$$

C35 malzemenin karbon eşdeğeri 0.45 olduğundan kaynak kabiliyeti orta derecededir. İşlem öncesinde 160 °C civarında ön tavlama yapılmalıdır.

2. Kullanılacak kaynak yöntemi: Robotla MIG kaynak yöntemi uygulanacaktır. Yöntem ön tavlama ihtiyacını ortadan kaldırmakta ve zaman açısından tasarruf sağlamaktadır.

3. Onarım şekli, boyutları ve yeri: Robot ile gazaltı kaynağı yapılacaktır. İşlem 330x330 mm ebadındaki izostatik bir formanın dört kenarına, iki paso olarak uygulanacaktır

4. Dolgu metalinin cinsi ve boyutları: Dolgu malzemesi olarak, 1.2 mm çapında, Gridür S 600 kaynak teli kullanılacaktır.

5. Koruyucu gaz cinsi: Krysler %12 CO₂ + Ar gazı kullanılacaktır.

6. Kaynak parametreleri:

Akım (Amper) : 200 Gerilim (Volt): 23

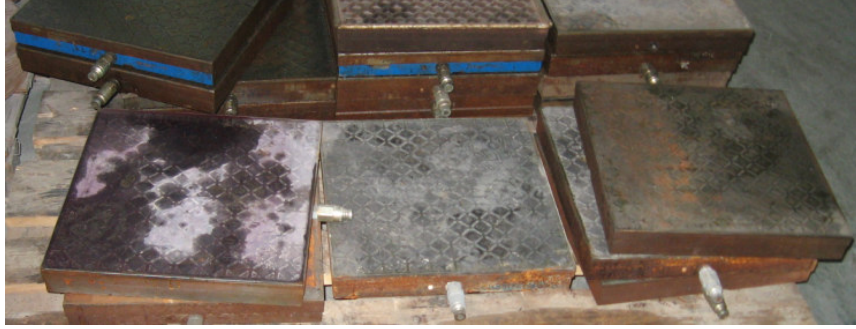
7. Kaynak öncesi malzeme kaldırma (işleme) yöntemleri: Hasarlı kalıpta aşınmış halde bulunan eski kaynak dikişi freze tezgâhında kaldırılır ve yeni kaynak dikişi için kaynak ağızı açılır.

8. Kaynak sonrası malzeme kaldırma (talaşlı işleme) yöntemleri: Kaynak sonrasında ilk olarak frezeleme işlemi ile kaynak yüzeyi temizlenir ve kaba ölçüye getirilir. Ardından

uygulanan taşlama işlemi ile kaynak yüzeyi ölçüye getirilir ve kalıp yüzeyi termoset plastik kaplanmak üzere preshaneye gönderilir.

9. Kaynaklı onarımdan önce ve onarım sonrası temizlik:

İşletmeye getirilen hasarlı kalıplar öncelikle kayıt altına alınır.



Şekil 10.9 Hasarlı kalıpların onarım atölyesinde toplanması

Kalıpların kaynak işlemine hazırlanması aşamasında ilk olarak yüzeylerinde bulunan termoset plastik kaplamanın çıkarılması gerekmektedir. Bunun için kalıplar 280 °C sıcaklıktaki fırında, 20-30 dakikalık süre ile bekletilmektedir.



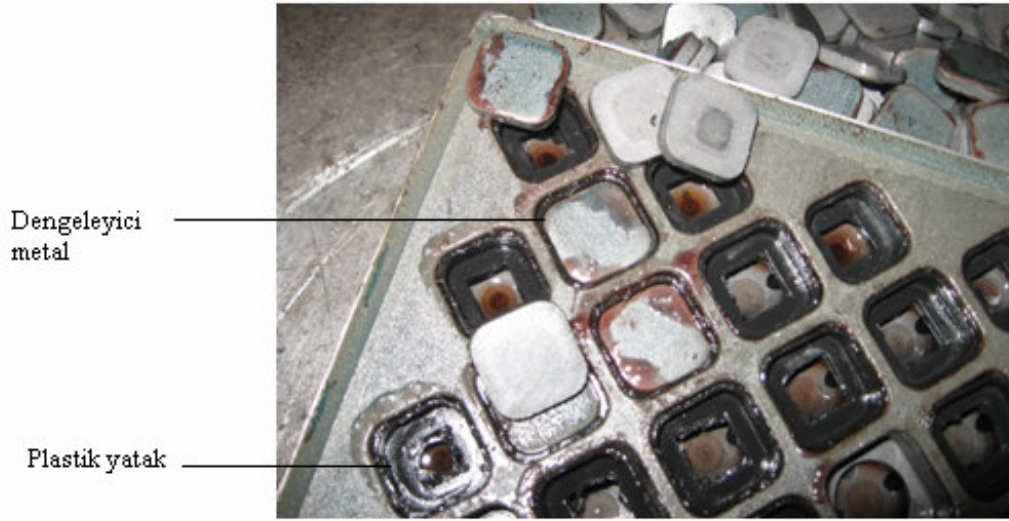
Şekil 10.10 Hasarlı kalıpların fırında bekletilmesi

Fırında bekleyen kalıpların üzerindeki termoset plastik kaplama sökülür ve kalıp, yüzeyinde bulunan diğer aparatların çıkartılması için başka bir tezgâh üzerine alınır.



Şekil 10.11 Hasarlı kalıpların yüzeyindeki plastiklerin sökülmesi

Kare şeklindeki dengeleyici metallere yuvalarından çıkartılır ve bu metallerin yerleştirilmesi için kullanılan plastik yataklar sökülür.



Şekil 10.12 Hasarlı kalıplardan dengeleyici metal ve plastik yatakların çıkartılması

Kalıplar, üzerlerinde bulunan yağdan ve diğer kirliliklerden arındırmak amacıyla 340-350 °C sıcaklıkta 6-7 saat süre ile bekletilir.



Şekil 10.13 Hasarlı kalıpların kaynak işleminden önce temizlenmesi için fırında bekletilmesi

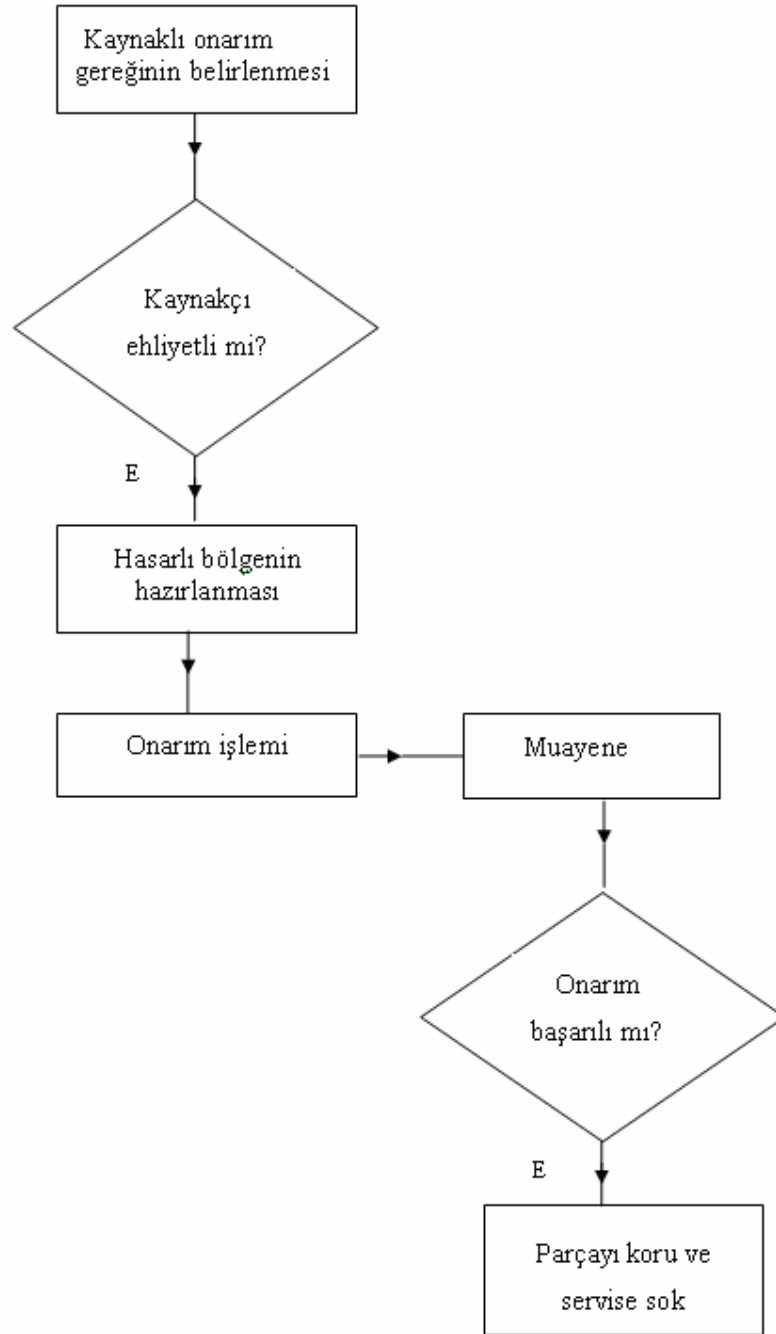
Fırından çıkartılan malzemeler yüzeylerindeki kalıntıların giderilmesi amacıyla basınçlı hava ile temizlenir ve eski kaynaklı bölgenin temizlenmesi amacıyla freze tezgâhına alınır.

10. Distorsiyonu engelleme teknikleri: Robotla yapılan kaynak işleminde distorsiyon riski elle yapılan kaynak işlemine nazaran daha düşüktür. İşlem esnasında izlenen kaynak yolu karşılıklı kenarların kaynak edilmesi şeklinde, sıralı kaynak yöntemine programlanarak distorsiyon ve çekme riski daha da azaltılmaktadır.

11. Ön tavlama: 150 °C' de ön tavlama uygulanmaktadır.

12. Kaynak sonrası ısıtılma işlemi uygulanmamaktadır.

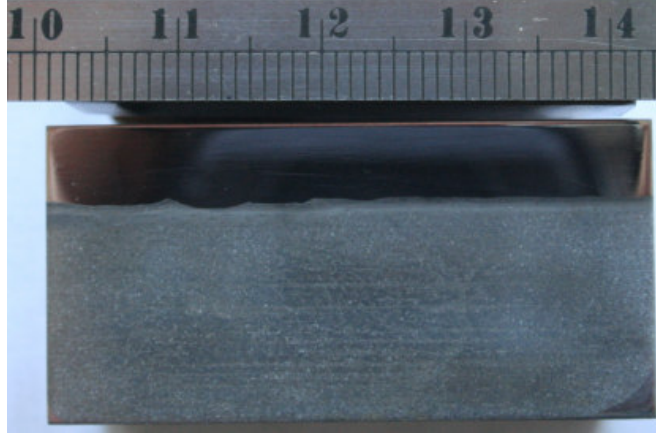
13. Onarım sonrası muayene: Onarım sonrası gözle muayene ve sertlik ölçümleri yapılmaktadır.



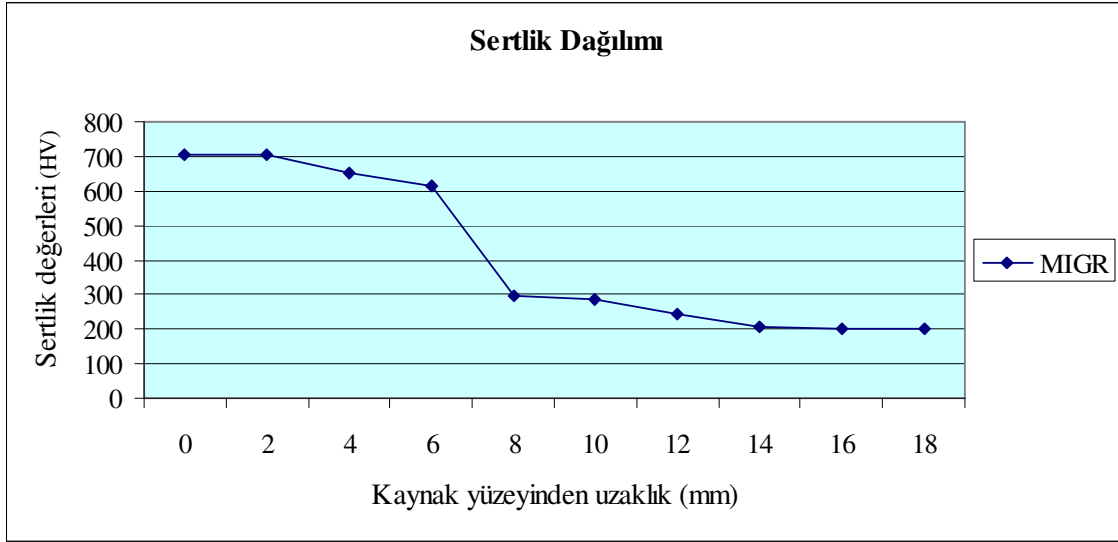
Şekil 10.14 Kaynaklı onarım akış diyagramı

10.5.4 Sonuçlar

Hazırlanan hasar analiz raporu ve onarım planlama formu doğrultusunda gerçekleştirilmiş olan seramik kalıbın tamirinden sonra, kaynak bölgesinin digital fotoğraf makinesiyle çekilen fotoğrafı aşağıda görüldüğü gibidir.



Yapılan uygulama sonucunda son derece düzgün bir kaynak dikişi elde edilmiştir. Kaynak dikişi boyunca çatlak kontrolü yapılmış ve herhangi bir çatlığa rastlanmamıştır. Şekilde görüldüğü gibi, son derece dar bir ITAB oluşmuştur.



Numune yüzeyinden başlayarak 2mm arayla yapılan Vickers sertlik değerleri grafikte görüldüğü gibidir. Yüzeyde 700 HV değerine ulaşan sertlik değeri, ısı tesiri altındaki bölgede 600 HV, ana malzemede ise 200 HV olarak ölçülmüştür. Dolgu elektrodunun kimyasal bileşiminde bulunan yüksek orandaki C, Cr ve Si elementlerinin etkisiyle yüzeyde beklenen sertlik değerlerine ulaşılmıştır. Malzeme kalınlığının da etkisiyle daha yavaş soğumanın

gerçekleştigi ITAB bölgesinde sertlikte bir miktar düşüş gözlenmiştir. Bu noktada yaşanan sertlik düşüşünün, alaşım elementleri oranı daha düşük olan ana malzeme ile dolgu elektrodunun karışımına bağlı seyrelmeden de kaynaklanmış olabileceği unutulmamalıdır.

11. SONUÇ

- Uygulama sonuçlarına bakıldığında, plastik enjeksiyon kalıp malzemesinde (DIN 1.2738) uygulanan yöntemlerden, örtülü elektrodla yapılan dolgu kaynak dikişinin özelliklerinin TIG kaynak yöntemine nazaran daha iyi olduğu görülmektedir. Düşük ısı girdisine bağlı olarak dar bir ITAB oluşumu ve daha yüksek sertlik değerlerinin elde edilmesi bu boyutlardaki bir hasarın giderilmesi için örtülü elektrod kullanımının daha uygun olacağını göstermektedir.
- Seramik kalıp malzemesi (DIN 1.2080) için ise birim dikiş enerjisi, ITAB genişlikleri ve sertlik değerlerine bakıldığında robotla uygulanan MIG kaynak yönteminin daha sağlıklı sonuçlar verebileceği görülmektedir. Küçük çaplı hasarların giderilmesinde kullanılan TIG kaynak yöntemi ve yüzey kaplama amacıyla kullanılan pülverize metal püskürtme yöntemi, her ne kadar amacına uygun kullanıldığında çok iyi sonuçlar verse de, bu boyutlardaki bir hasarın giderilmesinde, ITAB'ın geniş olması sebebiyle pek uygun yöntemler olmamaktadırlar. Kalıp tamirinde özellikle çok dar bir ITAB oluşumu ve yüksek sertlik değerleri istenen dikiş özelliklerindendir. Bu durumda, uygulanan yöntemler arasında bu boyutlardaki bir hasar için MIG kaynak uygulamasının daha doğru bir seçim olacağı söylenebilir.
- Literatüre bakıldığında, kalıpların kaynaklı tamiri için TIG, Lazer ve Plazma kaynak yöntemlerinin sıkça kullanıldığı görülmektedir. Buna karşın yapılan uygulama sonuçlarında da görüldüğü gibi TIG kaynak uygulaması böyle bir hasarın giderilmesi için pek de uygun bir yöntem olmamaktadır. Tamir işlemine geçmeden önce hasarın nedeninin ve boyutlarının kesin bir biçimde belirlenmesi ve bu bilgiler ışığında yöntem seçimine gidilmesi gerekmektedir. Tam bu noktada hasar analizinin önemi karşımıza çıkmaktadır. Şüphesiz ki, kalıpta oluşabilecek çok küçük boyutlardaki aşınma veya çatlakların tamirinde lazer kaynak yönteminin, ya da plazma ve TIG kaynak yöntemlerinin üstünlükleri tartışılmaz. Düşük ısı girdisiyle, çok küçük miktarlarda malzemenin, kaynak bölgesine aktarılmasını sağlayan bu yöntemler aynı zamanda dar bir ITAB oluşumuyla kaynak metalinin özelliklerindeki değişimi minimumda tutmaktadır. Bütün bu üstünlüklere rağmen amacına uygun olarak seçilmeyen yöntem, sonuçları olumsuz yönde etkileyebilmektedir.
- Endüstride son derece önemli bir yere sahip olan kalıpcılık sektöründe, kalıpların kaynaklı tamiri, maliyetleri yarı yarıya düşürme imkânı sağlayan çok önemli bir

uygulamadır. Hasarın giderilebilmesi için öncelikle hasar analiz raporunun hazırlanması gerekmektedir. Burada hasarlı parçanın özellikleri incelenmeli, hasarın boyutu ve ortaya çıkış sebebi araştırılmalı ve kaynaklı onarımın gerekliliğine karar verdikten sonra, hasarın boyutu ve malzemenin özelliklerine uygun kaynak yöntemi seçilmelidir.

- Ülkemizde yapılan çalışmalara bakıldığında, özellikle küçük ölçekli atölyelerde bu tarz kaynak öncesi hazırlık işlemleri bir külfet olarak görülmekte, çoğu kez usta çırak ilişkisiyle edinilmiş tecrübeler doğrultusunda hareket edilmektedir. Tecrübenin önemi tartışılmayacak kadar büyüktür, fakat gelişen teknolojiye ayak uydurmak ve bilimin gerekliliklerini yerine getirerek daha verimli işler yapmak üzere teorik ve pratik eğitime de önem verilmelidir. Sertifikalı kaynakçılarla, hazırlanan analiz raporları ve onarım planları doğrultusunda gerçekleştirilecek onarım işlemleri, tamir işlemini yapan atölyeden başlayarak, tüm ülke ekonomisine katkı bulunacaktır.

KAYNAKLAR

- Aloraier A. S., Ibrahim R.N., Ghajel J., (2004) “Eliminating post-weld heat treatment in repair welding by temper bead technique:role bead sequence in metallurgical changes”,
- Anık S., Anık E.S., Vural M., (1993), 1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El Kitabı, İstanbul, Birsen Yayın Evi, sy.7
- Askaynak Ürün Kataloğu, 2005, sy 291
- Basu B., Raman R., (2002), “Microstructural Variations in a High-Strength Structural Steel Weld under Isoheat Input Conditions”, Welding Journal, November, 2002, 239-248
- BH Işık Parlatma ve Lazer Teknik, Katalog
- Bozdana1 A.T., Yılmaz O., Yılmaz Ü., Eyercioğlu Ö., (2006) “Plastik Enjeksiyon Kalıplama Yöntemi İçin Geliştirilen Etkileşimli ve Modüler Bir Uzman Sistem (EX-PIMM) ve Endüstriyel Uygulaması”, Makine Tek, Mart 2006,sayı 101.
- Capello E., Previtali B., “ The Influence of Operator Skills, Process Parameters and Materials on Clad Shabe in Repair Using Laser Cladding by Wire”, Journal of Materials Processing Technology, 174 (2006), 223-232
- Cary H.B., (1989) Modern Welding Technology, Prentice Hall, New Jersey
- Cavcar M. M., (2003), “Sert Dolgu Rehberi”, Oerlikon, İstanbul
- Cavcar M. M., (2004), “Sert Dolgu Malzemelerine Genel Bir Bakış”, Oerlikon, İstanbul
- Cavcar M.M., (2002), “Hızlı Sert Dolgu Kaynak Yöntemleri”, Oerlikon, İstanbul
- Dixon B., Hakansson K., (1995) “Effects of welding parameters on weld zone toughness and hardness in 690 MPa steel”, Welding Journal, 74:44, 122-132, Aeronautical maritime res. lab., Melbourne Victoria, Australia
- Eryürek B., Dikicioğlu A., (2005), “Onarım Kaynağında Hasar Analizinin Önemi”, İTÜ Makina Fakültesi Makine Malzemesi ve İmalat Teknolojisi A.B.D., Metal Makine, sayı 154
- Grum J., Slabe J.M., “Possibility of Inroducing Lazer Surfacing into Maintenance Service of Die-Casting Dies” Surface and Coatings Technology, 180-181, (2004), 596-602
- Gülbahar B., (1991), “Özlü Elektrodlar ve Uygulama Alanları”, Mühendis ve Makina Cilt: 32 Sayı : 374, Mart 1991
- Gültekin N., (1991), Kaynak Tekniği, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayını, İstanbul
- Gültekin N., (1988) “Gazaltı ve Tozaltı Yöntemleri İle Dolgu Kaynağı”, Kaynak Bilimi, Oerlikon Yayını, sayı 3
- Kaluç E., (2004), Kaynak Teknolojisi El Kitabı, Cilt 1, Yayın No: MMO/2004/356,31 Kocaeli
- Kahraman N., Gülenç B., Durgutlu A., (2005), “Tozaltı Ark Kaynağı İle Kaynaklanan Düşük Karbonlu Çeliklerde Serbest Tel Uzunluğunun Mikroyapı ve Mekanik Özelliklere Etkisinin Araştırılması” G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 18(3):473-480,

Kökemli K., Kaçar R., (2005), "Kontrollü Atmosferin Gaz Altı Ark Kaynak Bağlantılarının Isı Tesiri Altındaki Bölgelere Etkisi", G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 18(4):671-680

Metals Handbook, Welding and Brazing, Vol.6, 8th.edition, 1971, sy. 587

Oğuz B., (1993), Aşınma Sorunları ve Dolgu Kaynakları, Oerlikon Yayınları, İstanbul

Oğuz B., (1976), Dolgu Kaynağı El Kitabı, Oerlikon, İstanbul

Oğuz B., (1989), "Ark Kaynağı", Oerlikon Yayını, İstanbul

Oğuz B., (1988) "Özlü Tel Elektrodla Birleştirme ve Dolgu Kaynakları", Kaynak Bilimi, sayı 3, İstanbul

Preciado W. T., Bohorquez C. E. N, (2006), "Repair welding of polymer injection molds manufactured in AISI P20 and VP50IM steels", Mechanical Engineering Department, Federal University of Santa Catarina - UFSC, Brazil

Pakdil M., Çam G., Erim S, (2005) "Lazer Kaynağının Avantajları", DEÜ Mühendislik Fakültesi, Makine Tek, sayı 95

Sun Z., (2002) International Journal for the Joining of Materials. Vol. 14, no. 3-4, pp. 56-61. Dec.

Thompson S., Handbook of Mold, Tool and Die Repair Welding, sy 58

TRUMPF Laser, Katalog, 2006

Türkmen M., "Lazer Dolgu Kaynağı İle Kalıp Tamiri", Lazer Metal L.t.d.Ş.t.i.,2005 http://www.emomakinemarket.com/haber_detay.asp?id=130

Uzun R. O., Durmuş H. K., Meriç C., (2004) "Lazer Kaynağı ve Gelişimi", Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü

Vedani M., (2004) Microstructural evolution of tool steels after Nd-YAG laser repair welding, Journal of Materials Science 39, 2004, 241– 249

Welding Theory and Application, Department of the Army, 7 May, 1993, sy.12-6, Washington DC

Yılmaz R., Gedikli M., Barlas Z., (2005), "Hardox 400 Çeliğinin Sert Dolgu Kaynağında Paso Sayısının Sertliğe, Aşınmaya ve Mikroyapıya Etkisi", Teknoloji, Cilt 8, Sayı 1, 57-64

İNTERNET KAYNAKLARI

<http://www.quantum.com.tr/urun/plastk.htm>

<http://www.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=NINDUST53>

<http://www.weldingengineer.com/1stick.htm>

<http://www.bilesim.com.tr/tr/yayincilik/otomasyon>

<http://www.trumpf-laser.com/>

http://www.emomakinemarket.com/haber_detay.asp?id=130

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	01.04.1980	
Doğum yeri	Çanakkale	
Lise	1994-1998	İbrahim Bodur Lisesi Yabancı Dil Ağırlıklı Bölüm
Lisans	2001-2004	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2004-	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı

Çalıştığı kurum

2005-Devam ediyor YTÜ Makine Fakültesi Araştırma Görevlisi

