

# ***SERT DOLGU ALAŞIMLARI***

*Ürün Seçimi ve Uygulama*



## ***SERT DOLGU REHBERİ***

OERLIKON KAYNAK ELEKTRODLARI VE SANAYİ A.Ő.

[www.oerlikon.com.tr](http://www.oerlikon.com.tr)

# İÇİNDEKİLER

SERT DOLGUNUN YARARLARI.....	2
SERT DOLGUNUN UYGULANDIĞI YERLER.....	2
AŞINMA VE AŞINMA FAKTÖRLERİ.....	3
1. ABRAZYON.....	4
a) Düşük Gerilimli Kazıcı Abrazyon (Serbest Düşme).....	5
b) Yüksek Gerilimli Öğütme Abrazyonu .....	6
c) Oyma Abrazyonu .....	7
2. DARBE AŞINMASI.....	8
3. ADHEZYON.....	9
4. YÜKSEK SICAKLIK AŞINMASI .....	10
5. KOROZYON AŞINMASI.....	10
SERT DOLGU İÇİN ANA METALLER.....	11
1. KARBONLU VE DÜŞÜK ALAŞIMLI ÇELİKLER.....	11
2. MANGANLI ÖSTENİTİK ÇELİKLER.....	12
SERT DOLGU KAYNAK YÖNTEMLERİ.....	13
KAYNAK YÖNTEMİNİN SEÇİMİ.....	14
ÖRTÜLÜ ELEKTROD KAYNAĞI.....	15
ÖZLÜ TEL KAYNAĞI.....	17
TOZALTI KAYNAĞI.....	18
KAYNAK SONRASI İSTENEN YÜZEY KALİTESİ.....	19
SERT DOLGU ALAŞIMLARININ SINIFLANDIRILMASI.....	20
1. ÖSTENİTİK SERT DOLGU ALAŞIMLARI.....	20
2. MARTENSİTİK SERT DOLGU ALAŞIMLARI.....	22
3. KARBÜRLÜ SERT DOLGU ALAŞIMLARI.....	24
DEMİR DIŞI SERT DOLGU ALAŞIMLARI.....	26
KOBALT BAZLI SERT DOLGU ALAŞIMLARI.....	26
NİKEL BAZLI SERT DOLGU ALAŞIMLARI.....	26
SERT DOLGU VE AŞINMA DİRENCİ.....	27
SERT DOLGU KAYNAKLARINDA SEYRELME VE BİNDİRME FAKTÖRÜ.....	27
OERLIKON SERT DOLGU ALAŞIMLARI.....	28
SERT DOLGU KAYNAĞINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKENLER.....	28
PARÇALARIN HAZIRLANMASI VE MUAYENESİ.....	29
1. BAŞLANGIÇTA GÖZLE MUAYENE.....	30
2. TEMİZLEME VE KORUMA.....	30
3.KAYNAĞA HAZIRLIKTAKİ MEKANİK İŞLEME ÖNCESİ GERİLİM GİDERME.....	31
4. MEKANİK İŞLEME.....	31
5. MUAYENE.....	32
ÖN TAV VE PASOLAR ARASI SICAKLIK KONTROLÜ.....	32
ÖN TAVIN YARARLARI.....	
PASOLAR ARASI SICAKLIK KONTROLÜ.....	
SİLİNDİRİK PARÇALARDA DÖNDÜRME HIZI.....	
KAYNAK İŞLEMİ SIRASINDA SICAKLIK KONTROLÜ.....	
KAYNAK SONRASI ISIL İŞLEM.....	
1. YAVAŞ SOĞUMA.....	
2. GERİLİM GİDERME (TEMPERLEME).....	
MEKANİK İŞLEME.....	
SON MUAYENE.....	
KAYNAK VE SERT DOLGU MALİYETLERİNİN HESAPLANMASI.....	
KAYNAKÇA.....	

## SERT DOLGUNUN YARARLARI

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 met oddur. 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. Sert dolgu işlerinin çoğu tamir veya bakım operasyonunun bir parçasıdır, fakat en etkili sonuca ulaşmak, istenen sertlikteki kaynak metalini yığmaktan daha fazlasını gerektirir.

Sert dolgu alaşımları, tüm metal malzemelerin ihtiyaç duyduğu aşınma dayanımını karşılayacak geniş bir yelpazeye sahiptir. Bazı sert dolgu alaşımları çok serttir, bazıları ise yumuşak bir matrise ve bu matris içinde abrazyon dayanımı sağlayacak parçacıklara sahiptir. Bazı alaşımlar sert dolgu tabakası sağlamak, bazıları ise parçaları orijinal boyutlarına getirmek amacı ile geliştirilmiştir.

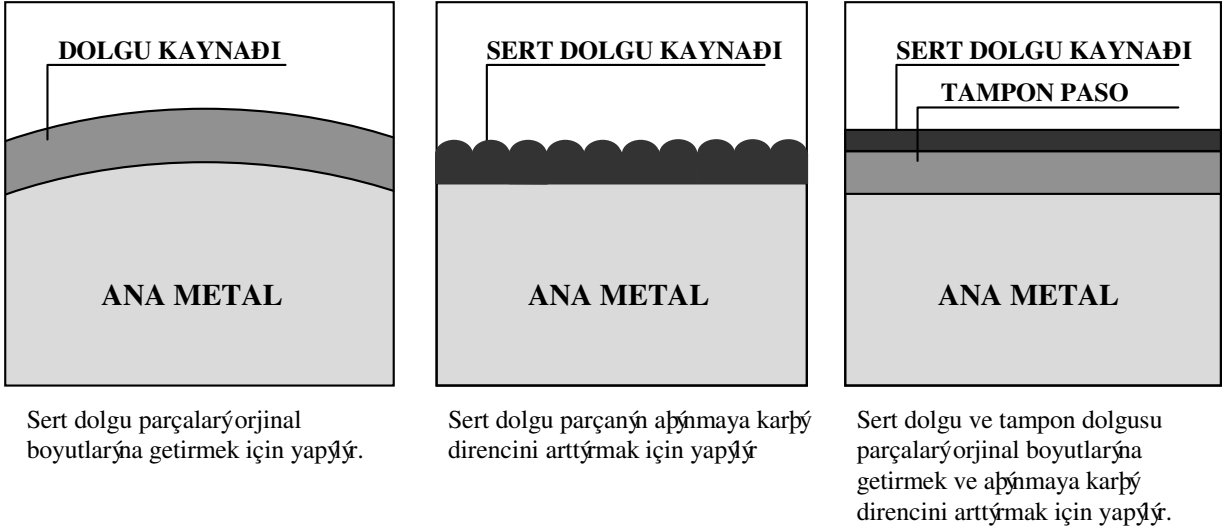
Aşınan parçaların onarımı genellikle aşağıdaki üç aşamayı içerir (Şekil 1a, b, c) :

- 1. Dolgu :** Çok fazla aşınan parçalar (veya bölgeler), tok, çatlama direnci yüksek ve üst üste çok sayıda paso yapılabilecek kaynak malzemeleri ile çalışma boyutlarına yakın doldurulmasıdır.
- 2. Tampon Paso :** Ana metalin veya kaynak metalinin karbon veya alaşım içeriğini seyreltmek için.
- 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. Sert dolgu, metal-metale sürtünme, abrazyon, darbe, darbe artı abrazyonu içeren ciddi aşınma şartlarında parçaları korumak ve ömürlerini uzatmak için uygulanabilir. Sert dolgu çimento sanayiden çelik sanayiye kadar pek çok alanda kullanılmaktadır.

## SERT DOLGUNUN UYGULANDIĞI YERLER

Temel olarak sert dolgunun uygulandığı iki alan vardır:

- 1. Aşınan parçaları orijinal boyutlarına getirmek :** Bu işlem sert dolgu kaynağı veya sert dolgu + tampon pasoları olarak yapılabilir. Doğru kaynak prosedürü uygulandığı takdirde aşınmış parçalar defalarca doldurularak kullanılabilir.
- 2. Yeni ve aşınmaya hassas metal parçaların hızlı aşınmasını önlemek :** Bu yöntem ile parçaların servis ömrü en az iki kat artar. Her ne kadar kaynak malzemesi parçaların maliyetini arttıracak yönde etki etse de ana malzemenin ucuz malzemelerden seçilmesi ile bu maliyet düşürülebilir.



**Şekil 1. Sert Dolgu Kaynakları**

## **AŞINMA VE AŞINMA FAKTÖRLERİ**

Metalik parçaların aşınmaları, metalin çürümesi, bozulması, orijinal boyutlarını kaybetmesi ya da çatlaması şeklindedir. Deforme olan bu parçalar işlevlerini yerine getiremeyeceğinden değiştirilmeli veya doldurulmalıdır. Bu parçaları orijinal boyutlarına doldururken, sert dolgu alaşımını ve prosedürünü seçerken en önemli konu, aşınma nedenlerini anlamaktır. Metal malzemeler tek bir yolla aşınsaydı, sert dolgu malzemelerini seçmek kolay olurdu fakat, metal malzemeler genelde aynı anda iki ya da daha çok aşınma faktörünün bileşimine maruz kalırlar. Bu sert dolgu alaşımının seçimini daha da karmaşık hale getirir.

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.

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.

## 1. ABRAZYON :

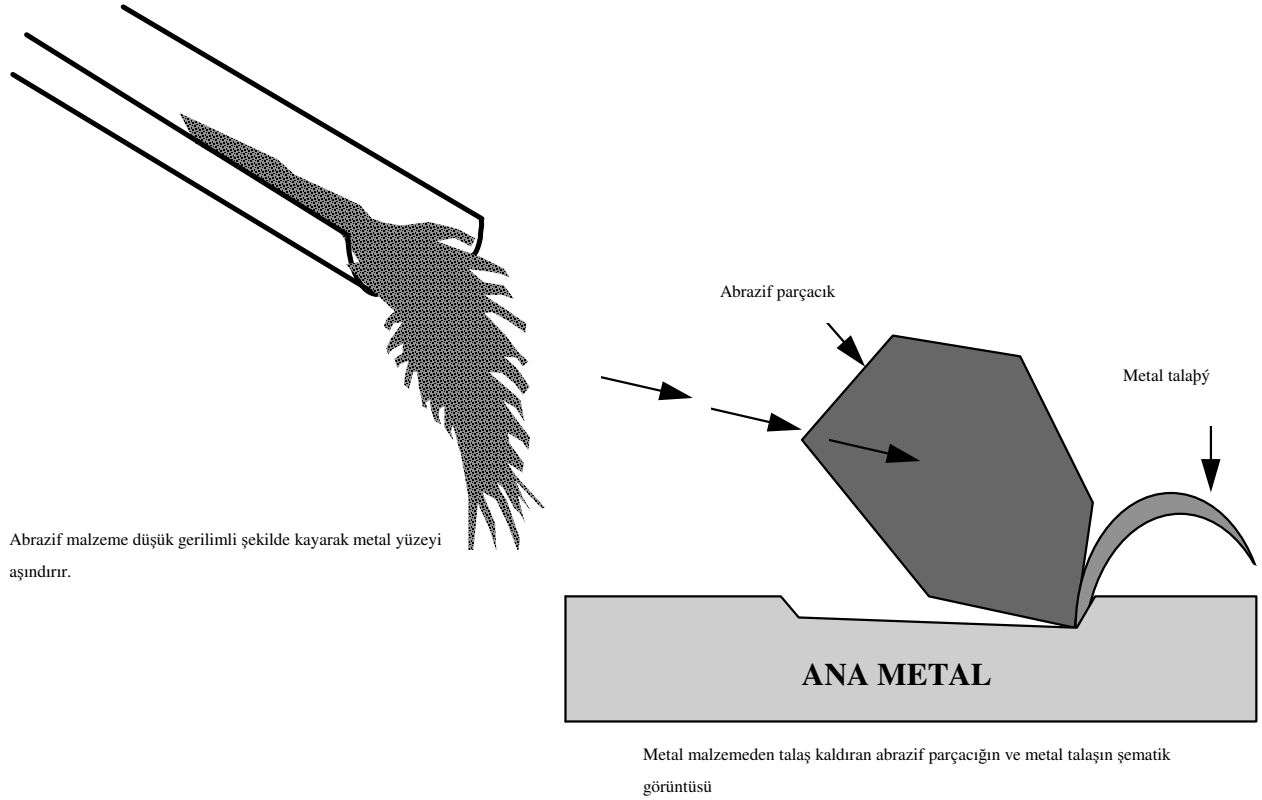
Abrazyon, metal olmayan malzemelerin metalik malzemeleri sürtünme ve ovalama ile aındırmasıdır. Tüm endüstrilerde kullanılan parçaların % 55 - 60'ı bu Şekilde aınırlar. Abrazyon aslında aşınma problemlerinin yalnızca bir grubudur ve  ana gruba ayrılabilir.

### a) Düşük Gerilimli Kazıcı Abrazyon (Serbest Düşme) :

Aşındırıcı parçaçık keskin kenarları ile ana malzemeyi Şekil 2'de görüldügü gibi aındırmaktadır. Aınmanın oranı aşındırıcı paraığın hızına, byklgne, sertliğine ve kenarlarının keskinliğine bağlıdır.

Bu tür aınmalara karşı karbür içeren (krom-karbür) sert dolgu alaşımları yaygın olarak kullanılır. darbe olmaması nedeniyle kırılğan yapıya sahip olan yüksek karbonlu ve kromlu elik alaşımları bu tür aınmalara iyi dayanım gösterirler.

Düşük gerilimli kazıcı abrazyon ile aınan parçalar : Zirai aletler, cevher ayırma makinaları, elekler, sulu karıŐım pompa hazneleri, kum kepçeleri, olukları v.b.



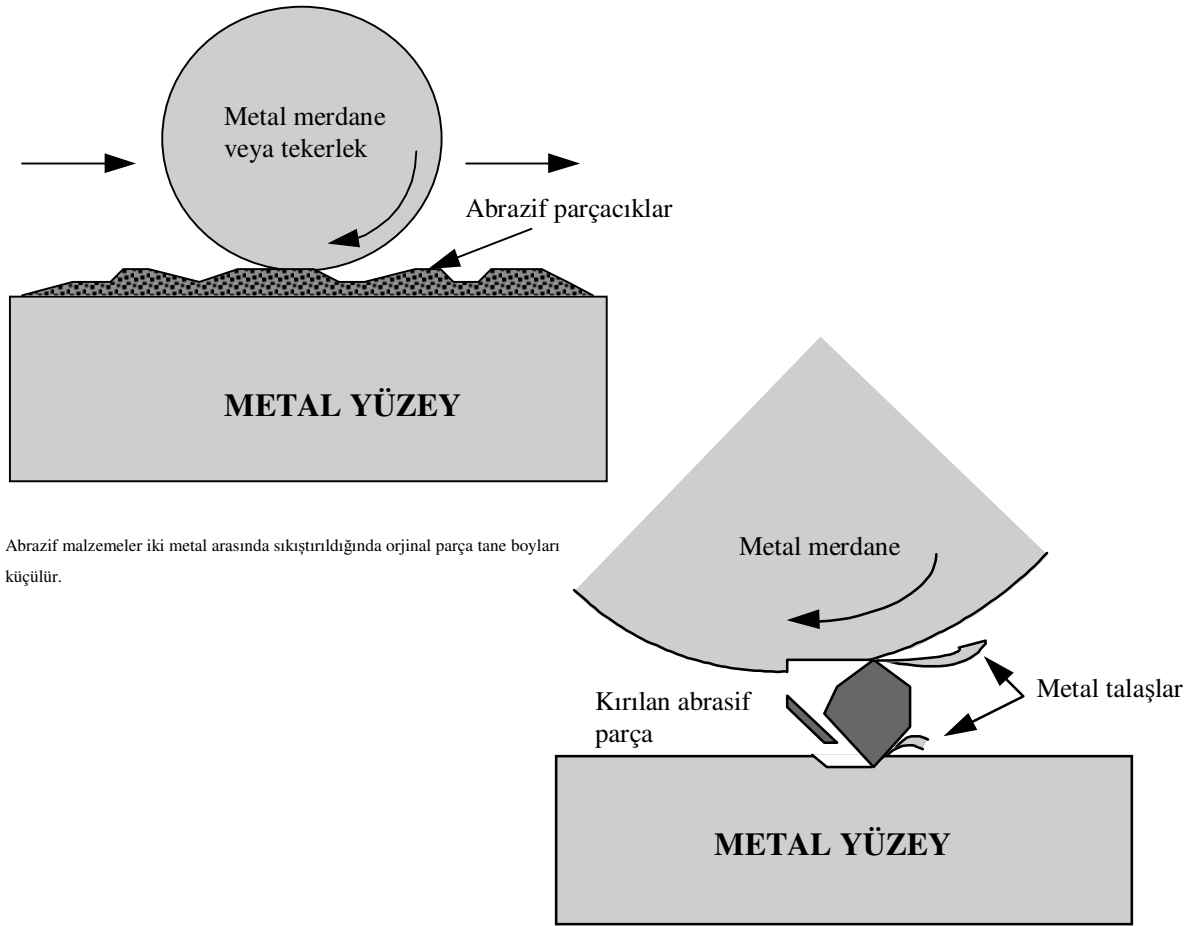
**Şekil 2. Düşük Gerilimli Kazıcı Abrazyon ile Aşınma**

### b)Yüksek Gerilimli Öğütme Abrasyonu :

Bu abrazyon türü, birinci tür basit kazıcı abrazyondan daha fazla aşındırır. Metal bir yüzeye küçük sert aşındırıcı parçalara parçayı kırarak ve öğütecek kadar yüksek kuvvetin uygulanması ile olur. Sert aşındırıcı parça iki metal yüzey arasına sıkışarak öğütülmekte ve bu sırada parça metal yüzeyleri Şekil 3’de görüldüğü gibi aşındırmaktadır. Yüzey bozulur ve çatlamlar olabilir.

Bu tür aşınmalarda sert dolgu alaşımı olarak manganlı östenitik çelikler, martensitik ve bazı karbürü alaşımlar (Ti-karbürler gibi küçük karbürü ana yapılar) başarıyla kullanılır.

Yüksek gerilimli öğütme abrazyonuna maruz kalarak aşınan parçalar : Helezonlar, sıyırıcı bıçakları, öğütücüler, toplu-bilyalı öğütücüler, merdaneli kırıcılar, merdaneler, zincir dişlileri, pervaneli karıştırıcılar v.b.



Abrazif malzemeler iki metal arasında sıkıştırıldığında orjinal parça tane boyuları küçülür.

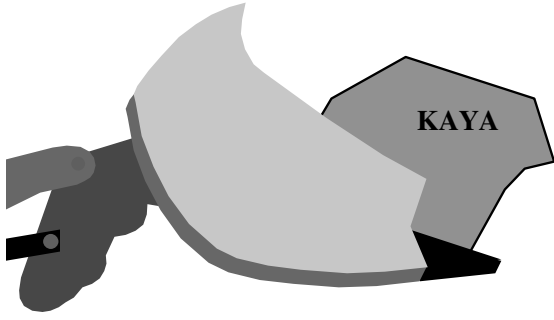
Abrazif parçaların köşeli küçük parçalara bölünerek kırılmasını ve bu sırada iki metal yüzeyden küçük talaşlar kaldırmasını göstermektedir.

**Şekil 3. Yüksek Gerilimli Öğütme Abrasyonu ile Aşınma**

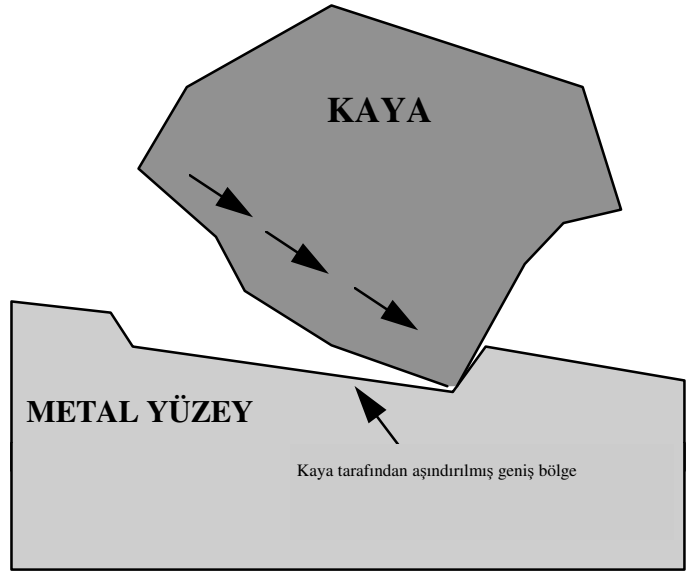
### c) Oyma Abrazyonu :

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’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 kırıcıları, silindir kırıcılar, çeneli kırıcılar, konik kaya kırıcıları v.b.



Düşük hız ve kuvvetle kaya ağırlığının metale darbesi ve kayanın metal yüzeyi oyarak aşındırması.



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

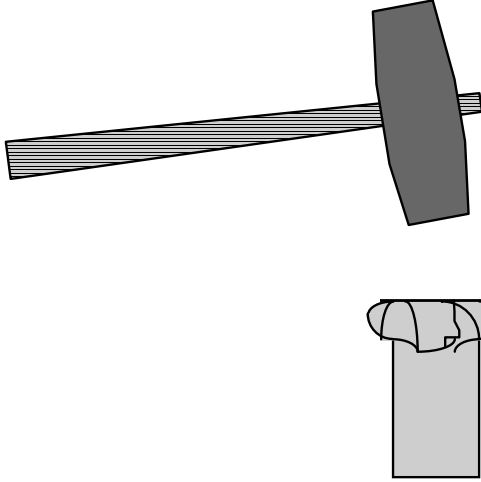
**Şekil 4. Oyma Abrazyonu ile Aşınma**

## 2. DARBE AŞINMASI :

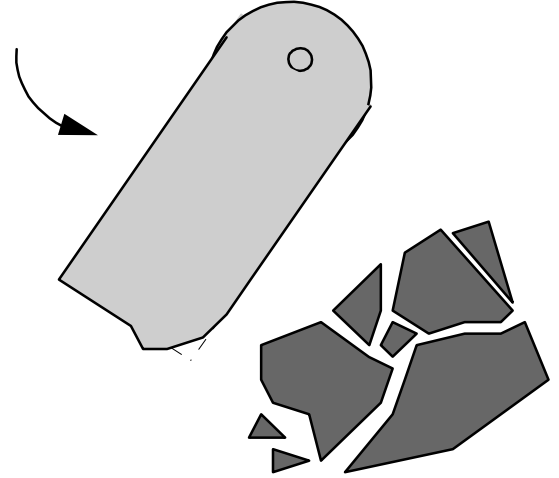
Darbe altında çalışan metallerin yüzeylerindeki gerilimler elastik deformasyon sınırını aştığında yüzeydeki metal deforme olarak yayılır ve zaman içinde koparlar. Çok sert ve gevrek metal yüzeyler kuvvetli darbelerde veya hafif sürekli darbeler sonucu deformasyona uğramadan kırılırlar. Sünek metaller bu darbeler altında kırılmaz fakat, Şekil 5’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 darbelerle karşı dayanıklıdır.

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



Darbe ile aşınma en çok çekiç ile defalarca vurulan çivilerde yaşanır. Çekiç çivinin başını deforme eder ve sonunda çivinin köşeleri mantar gibi dağılır.



Benzer mantar gibi olma kaya kıran çekiçlerde olur, kayaya çarpan uç deforme olur.

**Şekil 5. Darbe ile Aşınma**

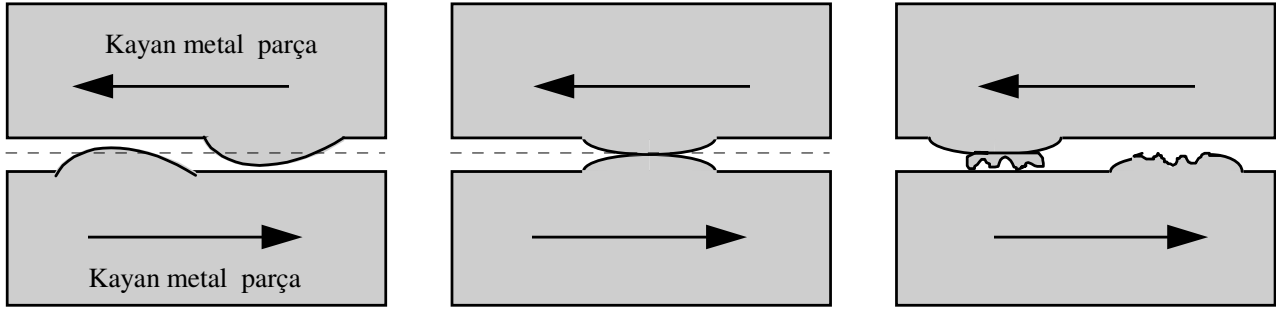


### 3. ADHEZYON :

Bu tür aşınma metal parçaların yağsız olarak birbirlerine sürtünmesi ile oluşur. Şekil 6'da 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 karşılaşıncaya 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.



Metal yüzeylerde bazı pürüzlere sahiptir. Bu pürüzler birbirlerine çarparlar.

Isı ve basınç olduğunda bu tepcikler bir anda yapışır. (Soğuk kaynak)

Makinanın kuvveti bu soğuk kaynak olan bölgeyi koparttığından tepcikten kopan parça diğer yüzeye yapışır ve aşınma artarak devam eder.

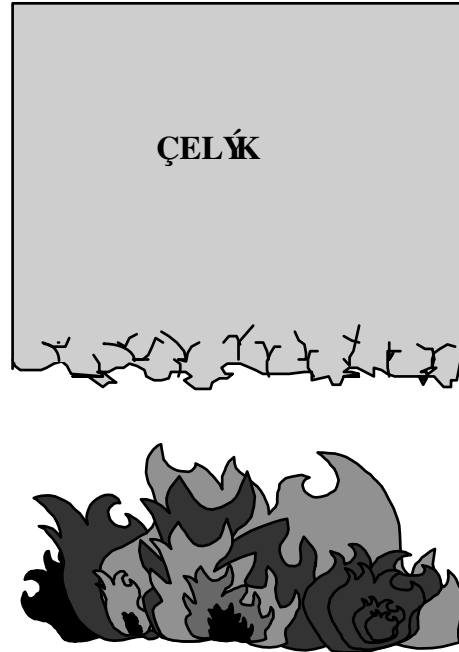
**Şekil 6. Adhezyon ile Aşınma**

#### 4. YÜKSEK SICAKLIK AŞINMASI :

Çelik yüzeyler yüksek sıcaklıklara uzun süre maruz kaldıklarında bozulurlar. Isı metalin mikro-yapısını etkileyerek dayanımını düşürür. Metaller yüksek ısı ile karşılaştıklarında yüzeylerinde Şekil 7’de 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. Bir çok 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.



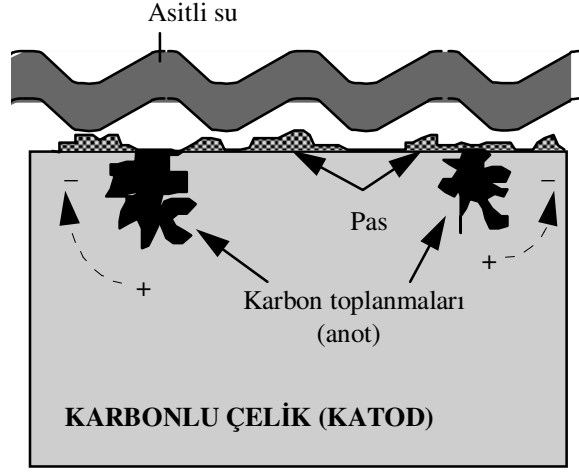
Bazı uygulamalarda karşılaşılan yüksek sıcaklıklar yüzeyin çatlamasına ve dökülmesine neden olur.

**Şekil 7. Yüksek Sıcaklık Aşınması**

## 5. KOROZYON AŞINMASI :

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 8).

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



Su çelik ile temas ettiğinde küçük elektrik pilleri oluşur. Asitli suçelik yüzeyi etkilemeye başlar. Sonuçta yüzeyin oksitlenmesine neden olur.

**Şekil 8. Sıvı Korozyonu Nedeniyle Aşınma**

## SERT DOLGU İÇİN ANA METALLER

Sert dolgu yapılan ana metaller başlıca iki gruptur :

1. Karbonlu ve düşük alaşımlı çelikler,
2. Manganlı östenitik çelikler.

### 1. KARBONLU VE DÜŞÜK ALAŞIMLI ÇELİKLER :

Karbonlu ve düşük alaşımlı çelikler çok çeşitlidir. Bunların kaynakları için belirlenmiş genel bir prosedür yoktur. Ana malzemedeki karbon ya da alaşım elementlerinin miktarı arttıkça kaynak öncesinde dikkat edilmesi gereken noktalar artar. Ön tav, son tav, yavaş soğutma ve gerilim giderme gerekebilir. Demir bazlı sert dolgu alaşımlarıyla, karbonlu ya da düşük alaşımlı çelikler üzerine yapılan kaynaklarda dikkat edilecek hususlar gevreklik ve çatlama hassasiyetidir.

## **2. MANGANLI ÖSTENİTİK ÇELİKLER :**

Tok ve dayanımlı olan bu tür alaşımlar aynı zamanda darbe altında sertleşebilme özelliklerinden dolayı genellikle aşınma dayanımı istenen yerlerde kullanılır. Ana metal, koruyucu sert tabakanın altında tok ve dayanıklı kalır. Bu tür malzemeler aynı zamanda gevrek ve yüksek krom-karbürlü alaşımlar için mükemmel bir yapı oluşturur. Genellikle mıknaıslanma özelliğine sahip değildir fakat, soğuk sertleşmiş olanlar bir miktar mıknaıslanma özelliği gösterirler. Isı, manganlı östenitik çeliklerde negatif etki yapar. Ana malzeme 10°C'nin altında olmadıkça ön tav yapılmamalıdır. Ön tav 70°C'yi geçmemeli, kaynak sırasında ise ana malzemedeki ısı 250°C'yi geçmemelidir.

## **SERT DOLGU KAYNAK YÖNTEMLERİ**

Sert dolgu alaşımları herhangi bir kaynak yöntemiyle uygulanabilir. Seçilen yöntem uygulanabilirlik ve ihtiyaçlara cevap verme açısından en akılcı yöntem olmalıdır. Sert dolguda en sık kullanılan yöntemler şunlardır :

- Örtülü elektrod kaynağı,
- Gazaltı kaynağı,
- Özlü tel kaynağı,
- Tozaltı kaynağı,
- Oksi-Asetilen kaynağı,
- TIG kaynağı.

Oksi-Asetilen ve TIG kaynağı sert dolguda kullanılmakla beraber düşük metal yığıma oranları nedeniyle uygulama alanları kısıtlıdır.

Metal yığıma hızını arttırabilmek için çeşitli uygulamalar yapılabilir. Örneğin otomatik yöntemlerde salınımlı (osillasyonlu) kaynak yapmak veya tozaltı veya elektro-cüruf (electro-slag) bant kaplama yöntemlerini uygulayarak metal yığıma yığıma hızı 4-6 kez arttırabilir. Bu yöntemlerin kendilerine özgü avantajları ve sınırlamaları mevcuttur, bu nedenle sert dolgu yapılacak parçaya ve uygulamaya en uygun yöntem seçilerek başarıyla uygulanabilir.

## **KAYNAK YÖNTEMİNİN SEÇİMİ**

Kaynak yönteminde göz önünde tutulması gereken noktalar şunlardır :

- Mevcut kaynak ekipmanları,
- Kaynak operatörünün tecrübesi,
- Doldurulacak parçaların şekli ve ebatları,
- Doldurulacak parçaların bulunduğu ortam,
- Mevcut sert dolgu kaynak malzemeleri.

## ÖRTÜLÜ ELEKTROD KAYNAĞI

<b>AVANTAJLARI</b> Alaşım bulunabilirliği: Malzeme kalınlığı: Kaynak pozisyonu: Çok yönlülük:	Çoğu sert dolgu alaşımı örtülü elektrod olarak bulunabilir. Ekonomik olması koşulu ile çoğu parçalar kaynak yapılabilir. Her pozisyon için sert dolgu elektrodları mevcuttur. Açık havada ve her türlü işilmesi zor alanda kullanılabilir.
<b>DEZAVANTAJLARI</b> Seyrelme: Verimlilik, metal yığıma hızı:	Yüksek aşınma direnci için 2-3 paso sert dolgu yapılmalıdır. Koçan kaybı ve 0.5-3 kg/saat metal yığıma hızı nedeniyle düşük verimlidir.

## ÖZLÜ TEL KAYNAĞI

<b>AVANTAJLARI</b> Alaşım bulunabilirliği: Yüksek metal yığıma: Metal yığıma bütünlüğü: Çalışma kolaylığı: Çok yönlülük:	Örtülü elektrodlarda olduğu gibi istenen özlü tel kolayca bulunabilir. Miktarlar yeterli olduğu sürece özel alaşımlı özlü tel sipariş edilebilir. Yüksek metal yığıma hızına sahiptir, 2-11 kg/saat. Alaşım elementlerinin ark boyunca kararlılığı iyidir. İstenen alaşımlama sağlanır. Operatör eğitimi için harcanan süre çok kısa ve kolaydır. Açık havada açık ark özlü telleri ile kaynak yapılabilir.
<b>DEZAVANTAJLARI</b> Seyrelme: Kaynak pozisyonu:	Yüksek aşınma direnci için 2-3 paso sert dolgu yapılmalıdır. Her pozisyon için üretilebilseler de çoğu düz ve yatay kaynaklar için uygundur.

## TOZALTI KAYNAĞI

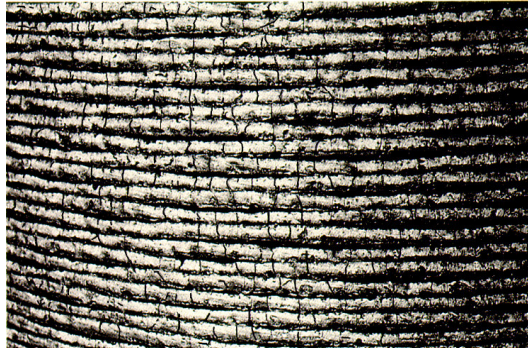
<b>AVANTAJLARI</b> Otomasyon: Metal yığıma: Çalışma kolaylığı: Kaynak metali: Uygulama alanı:	Otomatik bir yöntemdir. Büyük ve aşınmış parçaların doldurulması ekonomik ve kolaydır. Operatör eğitimi için geçen süre kısa ve kolaydır. Kaynak dikişi düzgün, temiz ve sağlamdır. Arki toz çevrelediğinden ışınların rahatsız edici etkisi yoktur.
<b>DEZAVANTAJLARI</b> Alaşım temini: Kaynak pozisyonu: Malzeme kalınlığı: Yüksek seyrelme: Yüksek ısı girdisi: Çok yönlülük: Toz ihtiyacı:	Dolgu kaynaklarında kullanılan alaşımlar sınırlıdır. Kaynak, tozun altında yapıldığından düz ve silindirik parçalarla sınırlıdır. Belli büyüklükteki ve kalınlıktaki malzemeler kaynak yapılabilir. Yüksek seyrelme nedeniyle aşınma direnci sağlayabilmek için çok pasolu kaynak yapılmalıdır. Yüksek ısı girdisi nedeniyle parça deformasyona uğrayabilir. Otomatik olması nedeniyle kullanımı sınırlıdır. Özel kaynak ekipmanına (toz besleme ünitesine) ihtiyaç vardır.

## KAYNAK SONRASI İSTENEN YÜZEY KALİTESİ

Sert dolgu kaynağında alaşım seçerken şu soruları cevaplandırmak gerekir : Dolgu yapılmış yüzey talaş kaldırarak işlenecek mi ?, Taşlanacak mı ?, Alevle kesilecek mi ?, Parça ısıl işleme tabi tutulacak mı ?, Gerilim çatlaklarına izin verilecek mi ?.

Sert dolgu alaşımları genelde parçaların nihai yüzeyini oluşturur. Eğer düzgün bir yüzey isteniyorsa, taşlama veya talaş kaldırarak işlemenin ekonomikliği dikkate alınmalıdır. Bazı alaşımlar işleyebilmek için ısıl işleme tabi tutularak yumuşatılabilirler. Sonra tekrar ısıl işleme tabi tutularak önceki sertlikleri geri getirilerek, uzun servis ömrü kazandırılabilirler. Bazı karbürü sert dolgu alaşımları çatlama hassasiyetine sahiptir ve kaynak esnasında çatlaklar (Şekil 9). Bu çatlaklar pullanarak kalkmamalıdır ve alaşımın direncini azaltacak veya zayıflatacak etkileri olmamalıdır.

Genelde düşük oranda karbür içeren alaşımlarda daha az gerilim çatlak 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.



Şekil 9. Yüksek Krom-Karbürlü Alaşımlarda Gerilim Çatlakları

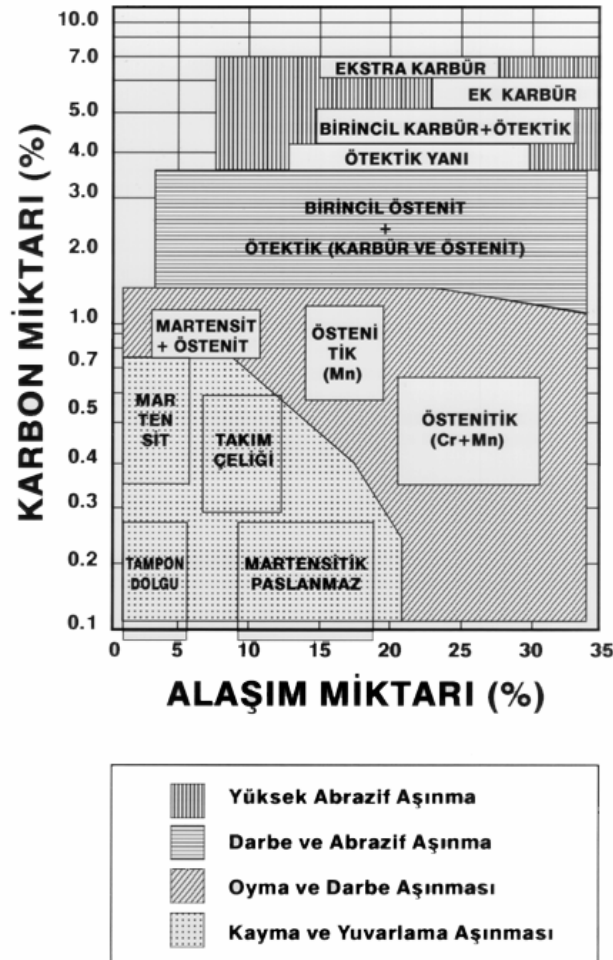
## SERT DOLGU ALAŞIMLARININ SINIFLANDIRILMASI

Demir bazlı sert dolgu alaşımları metalurjik fazlarına veya mikroyapılarına göre alt gruplara bölünebilir ve her biri belli bir aşınma türüne diğerlerine göre daha fazla direnç gösterir. Basitleştirmek amacıyla bu alaşımlar üç ana grupta toplanabilir:

1. Östenitik alaşımlar,
2. Martensitik alaşımlar,
3. Karbürü alaşımlar.

Elektrodlardaki gelişmeler, karşılaşılan spesifik aşınma türüne göre, en yüksek direnç gösterecek malzemenin seçimine olanak sağlamaktadır. Bazı uygulamalarda aşınma türlerinin kombinasyonu etkilidir. Mesela; tek bir örtülü elektroda, birincil östenit ile ötektik karbürleri birleştirerek, darbe ve aşınma direnci özelliği kazandırılabilir. Alternatif olarak, manganlı çelik üzerine veya manganlı dolgu kaynağı üzerine bir paso krom-karbür kaynak metali yığılarak darbe ve aşınma direnci birleştirilebilir. 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.

Çeşitli elektrodların mikroyapıları Kotecki Diyagramında verilmiştir. Karbon miktarı bir eksen ve alaşım miktarı da diğer eksende gösterilmiş ve diyagram mikroyapı ve alaşım türüne göre bölünmüştür. Sert dolgu ürününün mikroyapısal özelliği ve direnç göstereceği aşınma türü diyagramdan bulunabilir. Pek çok ürün burada birbiri ile kıyaslanabilir ve uygulama için en iyi ürün seçilebilir. Bazı Oerlikon ürünleri, iki veya daha fazla aşınma faktörüne direnç gösterebilmesi için birden fazla mikroyapı grubunun karışımından oluşur.



Şekil 10. KOTECKI DİYAGRAMI

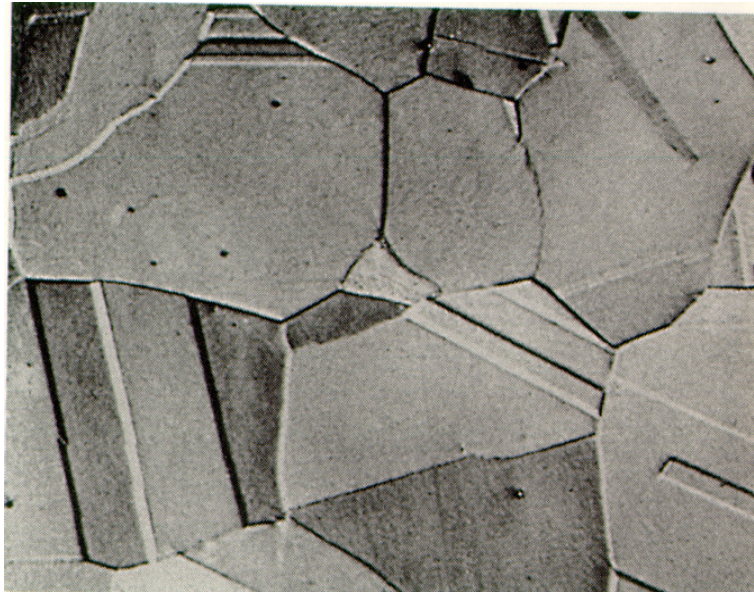
## 1. ÖSTENİTİK SERT DOLGU ALAŞIMLARI :

- Mükemmel darbe direnci
- Orta abrazyon direnci
- Dolgu amaçlı kullanımı iyi sonuç verir.

Bu tip alaşımlar mikro yapılarının oda sıcaklığında dahi östenit olması sebebiyle böyle adlandırılırlar (Şekil 10). % 0.5-1 karbon ve % 13-20 alaşımlı (başlıca mangan ve çok az oranda nikel ve krom) çelikler manganlı östenitik çelikler veya 'Hadfield Çelikler' olarak adlandırılırlar.

Bu alaşımlar genellikle temiz bir yüzey elde edilmesi istenen dolgularda ve karbürü alaşımlarla doldurulacak manganlı östenitik çeliklerde tampon tabaka olarak kullanılırlar. Östenitik alaşımların % 0.7 karbon ve % 20-30 alaşım elementi (eşit miktarlarda mangan, krom ve nikel) içerenleri, düşük alaşımlı ve karbonlu çelikler üzerine yapılan ve ana metalden fazla karışma olan durumlarda dahi tam östenitiklerdir. Bu durum bu tip sert dolgu alaşımları karbonlu yada düşük alaşımlı çeliklerin manganlı çeliklerle birleştirmelerinde yada karbonlu çeliklerin sert dolgusunda manganlı östenitik çeliklerden daha avantajlı kılar.

Östenitik sert dolgu alaşımları oldukça tokurlar ve soğuk sertleşme gösterirler. Aynı zamanda mükemmel darbe, orta abrazyon dayanımı ve gerilim çatlakları oluşturmama özellikleri vardır. Bu tip alaşımlar 50 HRC'ye kadar darbe ile sertleşirler, bu durum onlara darbe dayanımı yanında iyi bir abrazyon dayanımı da sağlar. Östenitik sert dolgu alaşımları aynı manganlı östenitik manganlı ana malzeme gibi 250°C'nin üzerine çıkmamalıdır aksi halde gevrekleşir ve kırılır.



Şekil 10. Östenitik bir Alaşımın Mikroyapı Fotoğrafi



## 2. MARTENSİTİK SERT DOLGU ALAŞIMLARI :

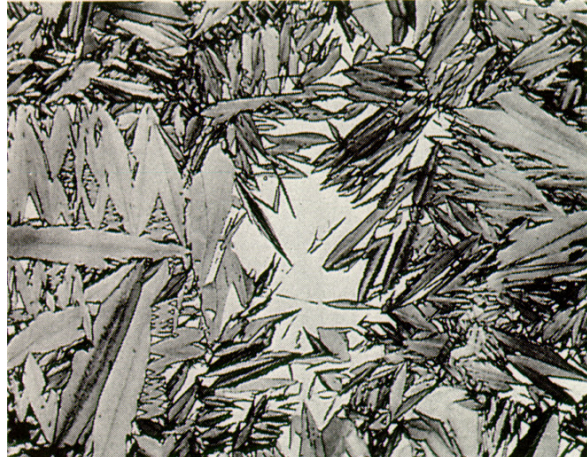
- Orta darbe dayanımı,
- Orta abrazyon dayanımı,
- İyi adhezyon (metal-metale) sürtünme dayanımı.

Martensit, çeliklerin hızlı soğuması sonucu oluşan bir fazdır. Martensitik alaşımlar havada sertleşebildiklerinden soğuma hızı sonuçta oluşacak sertliği etkiler.

Çatlaksız bir kaynak metali için 100-350°C arasında bir ön tav uygulanmalı ve bu işlem yapılırken ana malzemede gözönüne alınmalıdır. Düşük karbonlu ve düşük alaşımlı (%5'in altında) martensitik alaşımlar çeliklerin sert dolgu kaynaklarında kullanılır. Bu tür alaşımların tokluk, sıkışabilme dayanımı ve metal-metale sürtünme dayanımları iyi olduğundan sert dolgu kaynaklarında ve daha sert malzemelerde tampon tabaka olarak kullanılırlar.

Biraz daha yüksek karbonlu ve daha yüksek alaşımlı (% 6-12) martensitik alaşımlar, oldukça yüksek kaynak sonrası sertliğe sahiptirler. Bu sertlik, bunlara daha iyi metal-metale sürtünme ile abrazyon dayanımı sağlar, fakat tokluk düşer. Bunların toklukları temperleme ile yükseltilebilir. Sert dolguda daha çok tampon olarak kullanılırlar.

Diğer bir grup martensitik alaşımlar da martensitik paslanmaz çeliklerdir. % 0.25'e kadar karbon, % 18 alaşım elementi (başlıca krom) ihtiva ederler. Bu grup alaşımlar ısıl şoklara karşı çok iyi dayanım gösterirler. Bu alaşımlar iyi metal-metale sürtünme ve orta seviyede korozyon direncine sahiptirler. Doğru kaynak prosedürü ile merdanelerin sert dolgu kaynaklarında başarıyla kullanılırlar. Martensitik sert dolgu alaşımları darbe ve adhezyon dirençleri yanında, uygun karbon ve krom miktarı seçimi ile iyi abrazyon, darbe ve adhezyon direncine de sahip olabilirler. Bu daha iyi çalışma koşulları sağlar. Bu alaşım grubu birleştirme kaynaklarında ve östenitik ana metallerde kullanılamaz.



**Şekil 11. Martensitik Bir Alaşımın Mikroyapı Fotoğrafı**

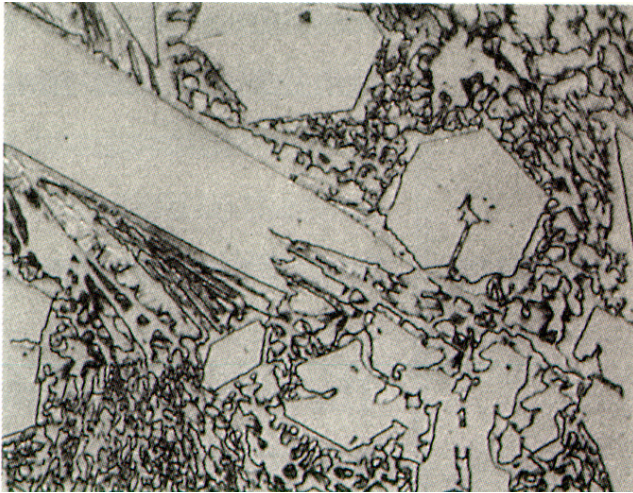
### 3. KARBÜRLÜ SERT DOLGU ALAŞIMLARI :

- Mükemmel abrazyon dayanımı,
- İyi ısı dayanımı,
- Orta korozyon dayanımı,
- Orta, hafif darbe dayanımı.

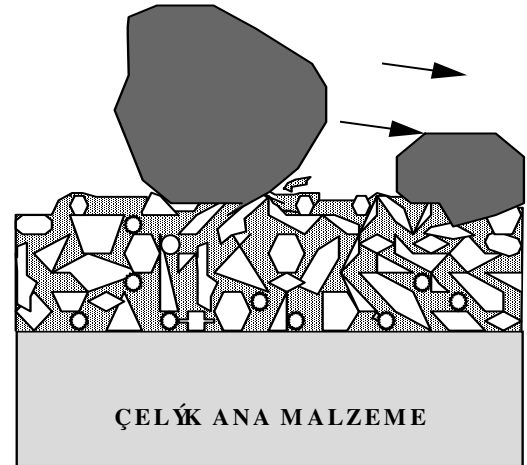
Aşınma faktörünün yalnızca abrazyon olduğu hallerde : Başlıca krom ve diğer karbürleri en az % 12 oranında içeren dolgu alaşımları kullanılır. Karbürler, kendilerini çevreleyen matristen daha serttir ve mükemmel abrazyon dayanımı sağlar (Şekil 12, 13).

Abrazyon ve darbenin birlikte olduğu hallerde : Karbon oranı düşük seviyelerde (%3'ten az) olmalıdır, karbürler matris içinde az miktarda dağılmıştır ve bunlar iyi tokluk değerinin yanında iyi bir abrazif direnç de sağlarlar.

Abrazyon ve yüksek sıcaklığın birlikte olduğu hallerde : Karbür alaşım içinde karbon oranı (%7 gibi) arttığında abrazyon direnci yükselir, fakat tokluk düşer. Tüm yüksek karbürü sert dolgu alaşımları gerilim nedeniyle oluşan çatlakları ihtiva ederler. Bu tür alaşımlar birleştirme kaynaklarında kullanılmamalıdır. Karbonlu, düşük alaşımli, manganlı östenitik çeliklerle ve dökme demirlerde özel kaynak prosedürleri ile uygulanabilir. Ana metal hatasız ve tok olmalıdır. Kaynak dikişinin pullanıp dökülmesini önlemek için karbürü sert dolgu alaşımları 2-4 paso ile sınırlandırılmalıdır. Çatlaklar ince malzemeye sirayet edebilir. İnce malzemeler üzerine sert dolgu yaparken gerilim çatlaklarının oluşmaması için özel dikkat sarf edilmelidir. Bu tür alaşımlar 650°C'ye kadar yüksek sıcaklıklarda da abrazyon direncine sahiptirler ve mekanik yöntemlerle işlenemezler.



**Şekil 12. Karbürü Ötektik Matriste Büyük Karbürlerin Mikroyapı Fotoğrafi**



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

**Şekil 13. Aşınmaya Direnç Gösteren Karbürler**

## DEMİR DIŞI SERT DOLGU ALAŞIMLARI

Östenitik, martensitik ve karbürlü sert dolgu alaşımları demir dışı sert dolgu alaşımlarına göre çok daha fazla kullanılırlar. Demir dışı sert dolgu alaşımları genel olarak servis sıcaklığının karbürlü 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) BAZLI SERT DOLGU ALAŞIMLARI:**

Kobalt bazlı alaşımlar yüksek sıcaklıklarda kullanılırlar. Tüm düşük gerilimli kazıcı abrazyon kombinasyonlarında yüksek dayanıma ve ihtiyaç duyulan tokluk ve darbe direncine sahiptirler. Ayrıca içerdikleri alaőımlara bağlı olarak metal-metale sürtünme, korozyon ve oksidasyona dayanıklıdırlar.

**Kobalt 6 (AWS A 5.13 R CoCr-A) :** Bu alaşım en çok kullanılan kobalt bazlı sert dolgu alaőımıdır. Bu alaşım kobalt-krom-tungsten ana yapı içinde dağılmış krom-karbürler içerir. Kobalt 6 alaşımları yüksek sıcaklık, korozyon ve yüksek yüklerdeki metal-metale sürtünmelere (adhezyon) karşı dayanıklıdırlar.

**Kobalt 12 (AWS RCoCr-B) :** Kobalt 12 alaşımını Kobalt 6'ya çok benzer karbür oranı daha fazladır. Bu alaşım 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) :** Kobalt 1 alaşımını, 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 azdır 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) :** Kobalt 21 alaşımını mikroyapısında daha düşük karbür içerir. Kobalt 21 kaynak metali 1150°C'de yüksek dayanıma ve sünekliğe sahiptir. Çalıştığıca sertleşen kaynak metali ısıl şoklara, oksidasyona dayanıklıdır ve erozyondan kaynaklanan aşınmalara mükemmel direnç gösterir.

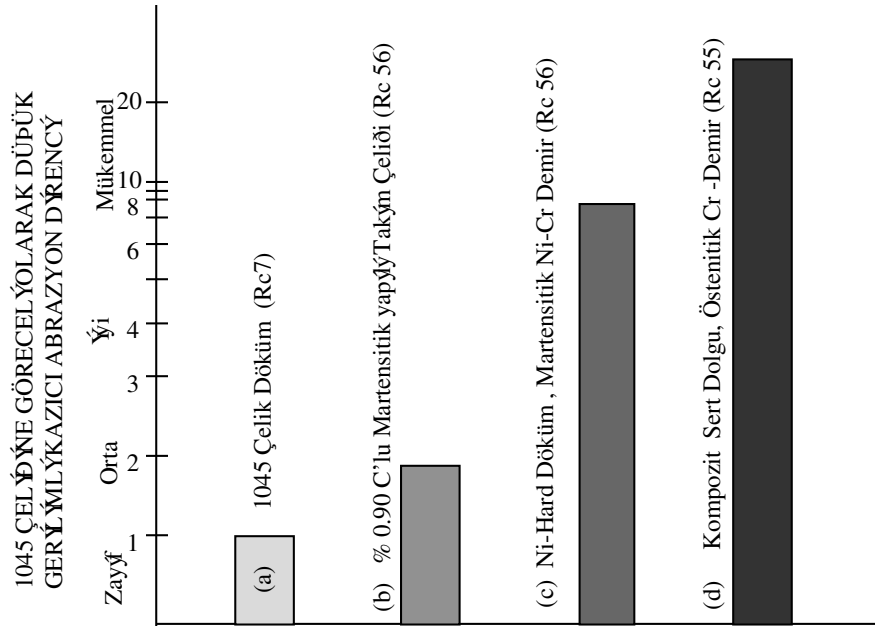
### **NİKEL (Ni) BAZLI SERT DOLGU ALAŞIMLARI :**

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.

## SERT DOLGU VE AŞINMA DİRENCİ

Günümüzde yüksek sertliği olan malzemelerin aşınma direncinin de yüksek olduğu düşünülmektedir, fakat bu doğru değildir. Değişik alaşımlar aynı sertliğe sahip olmalarına karşı aşınma direnci açısından farklılık gösterebilirler. Bir çok sert dolgu alaşımı aşınma dirençlerini daha yumuşak ana yapıda dağılmış sert karbür tanelerinden sağlarlar. Sertlik testleri ana yapı ve karbürlerin sertliğini çok geniş bir alan içinde ölçerler. Karbür içeren sert dolgu alaşımları daima çok iyi abrazyon direncine sahiptirler. Şekil 14’de şematik olarak malzeme ve dayanımları gösterilmiştir. Bu test sonuçlarında görünen son üç malzemenin sertlik değerleri aynı ancak aşınma dirençleri farklıdır.

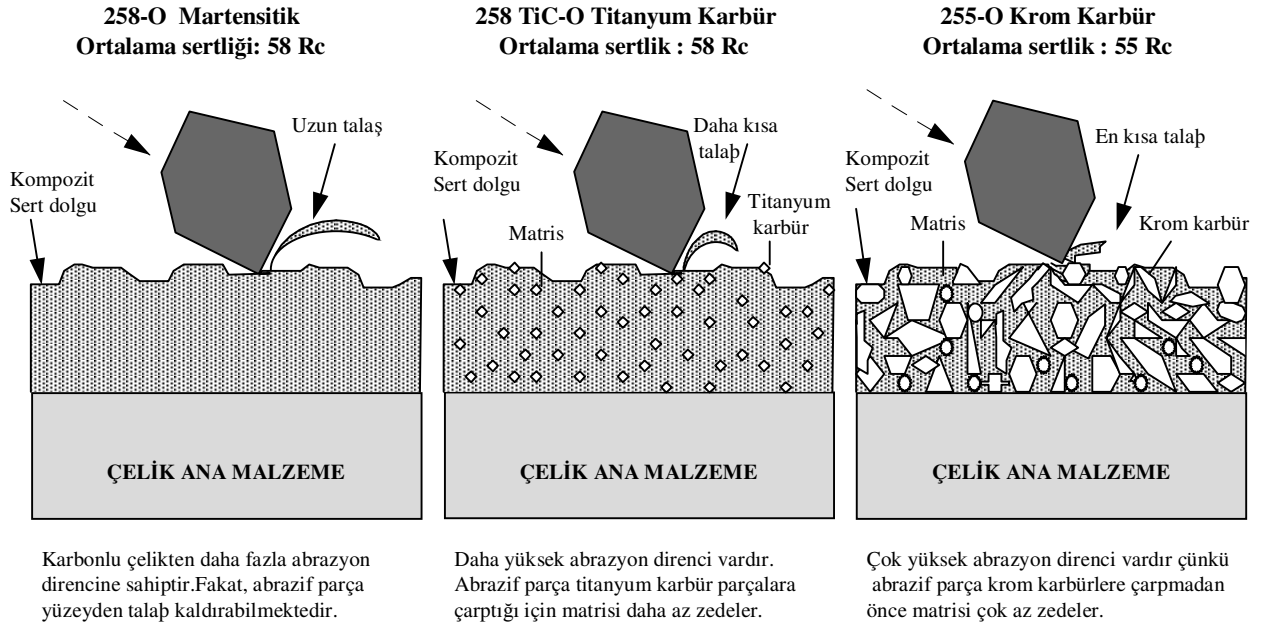
Şekil 15’te farklı sert dolgu alaşımları karşılaştırılmalarında da görüldüğü gibi, aşınma sertlik değerlerine bağlı değildir, özellikle düşük ve yüksek gerilmeli abrazyon gibi durumlarda alaşımın metalurjik mikroyapısına bağlıdır. Alaşımların mikro-yapıları ise ana yapıdaki karbür oranına ve karbür tipine bağlıdır.



Bu test sonuçları aynı sertliğe sahip son üç metal için kazıya abrazyon dirençlerinin ne kadar farklı olduğunu göstermektedir.

- 1045 çeliði göreceli olarak karşılaştırmak için kullanılmıştır.
- Takım çeliðinin abrazyon direnci 1045 çeliðinden yalnızca  $1 \frac{3}{4}$  daha fazladır.
- Ni-Hard metali 1045 çeliðinden 8 kez daha dirençlidir.
- Kompozit sert dolgu 1045 çeliðinden 20 kez daha dirençlidir.

**Şekil 14. Aşınma Direncinin Sertlik ile Karşılaştırılması**



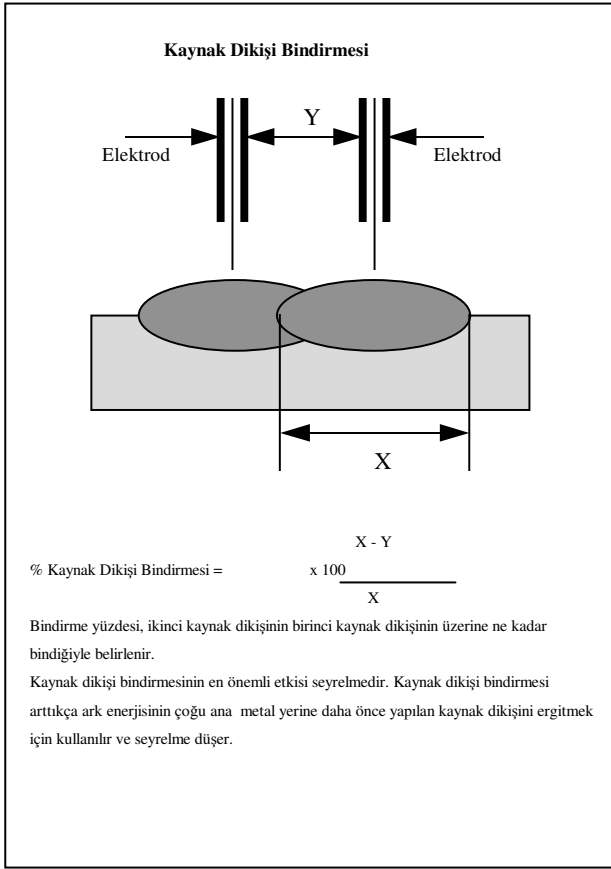
**Şekil 15. Sert Dolgu Alaşımlarının Sertlik ve Aşınma Direncine Göre Karşılaştırılması**

### SERT DOLGU KAYNAKLARINDA SEYRELME VE BİNDİRME FAKTÖRÜ

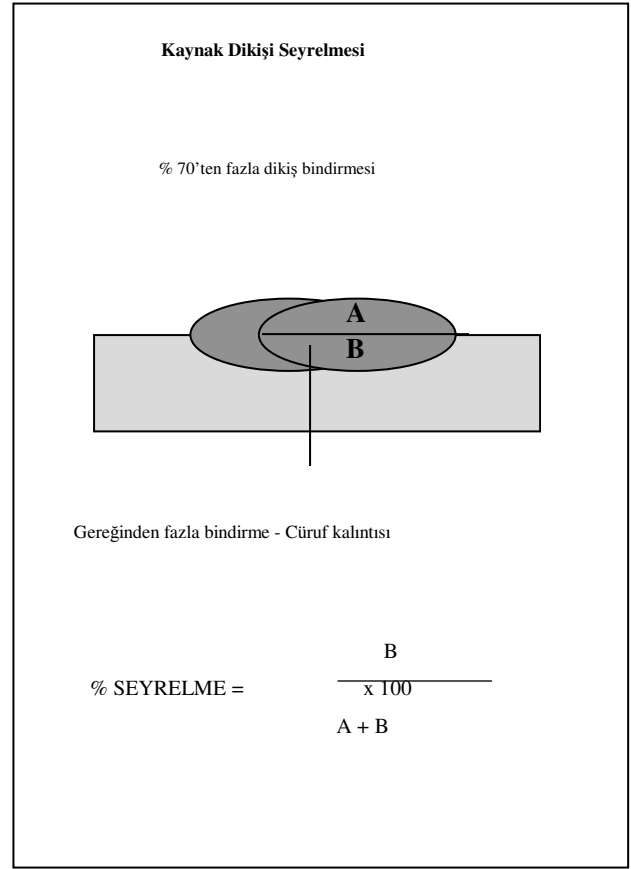
Seyrelme kaynak malzemesinin kimyasal kompozisyonunun ana metal (malzeme) ile karışması sonucu alaşımın ve yapının değişmesi anlamını taşır, birleştirme kaynaklarında dayanım, nüfuziyet ve seyrelme miktarıyla orantılıdır. Sert dolgu işleminde yüksek nüfuziyete ihtiyaç yoktur. Yalnız kaynak metalinin ana metali iyi tutması ve yapışması önemlidir. Sert dolgu kaynak metalinin kimyasal kompozisyonu ve özellikleri ana metalden farklıdır, yüksek seyrelme sert dolgu metalinin özelliklerini bozar. Sert dolgu alaşımlarından beklenen özellikler en az kaynak pasosu sayısı ile işlemin bitmesi düşünülerek yapılmalıdır. Kaynak işlemlerinde seyrelmeye etki eden faktörler şunlardır.

- Ön tav sıcaklığı : Yüksek ön tav sıcaklığı, yüksek kaynak metali transferi ve yüksek seyrelme demektir. Ön tav sıcaklığı tavsiye edilen değerlerde tutulmalıdır.
- Kaynak akımı : Kaynak akımı ne kadar yüksekse seyrelme de o kadar yüksek olur.
- Kaynak kutupları : Doğru akım negatif (-) kutup az seyrelme,doğru akım pozitif (+) kutup yüksek seyrelme fakat daha iyi ark özelliği sağlar.
- Kaynak pozisyonu : Seyrelme oranının azalması için, sırasıyla aşağıdan yukarı yüksek seyrelme, oluk yatay düz, aşağıya yatay kaynak, yukarıya yatay kaynak ise düşük seyrelme sağlar.
- Kaynak tekniği : Elektrodun salınımı arttıkça seyrelme azalır. Salınım yapılmadığında seyrelme artar. Önceden yapılmış sert dolgu yada birbiri üzerine bindirilen kaynaklar seyrelmeyi azaltır.

- Paso sayısı : Paso sayısı arttıkça seyrelme azalır.
- Serbest tel boyu : Serbest tel boyu arttıkça seyrelme azalır.



Şekil 16



Şekil 17

Seyrelmenin etkisinin azaltmak için en fazla dört paso kaynak yapılması tercih edilir. Genellikle % 30 - 50 kaynak dikişi bindirmesi kullanılır. İlk pasalarda % 50'ye yakın bindirme seyrelmeyi azaltır. Çok fazla bindirme (% 70 ve daha fazla gibi) dikişin yana yatmasını ve cüruf kalıntısına neden olabilir. (Şekil 16, 17)

Sert dolgu alaşımını seçerken dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta da ana metalle yapılan seyrelmedir. Seyrelme nedeniyle kaynak metalinin alaşım miktarı düşer. Bu nedenle son pasoda istenen sert dolgu metalini elde edebilmek için, seyrelme nedeniyle alaşım miktarındaki düşüş kaynak malzemeleri tarafından karşılanmalı veya uygun kaynak malzemeleri ile tampon paso yapılmalıdır. Seyrelme etkisini azaltmak için yapılabilecek diğer bir uygulama da ilk pasoda daha yüksek alaşımli kaynak malzemelerinin kullanılmasıdır.

## OERLIKON SERT DOLGU ALAŞIMLARI

Oerlikon uzun yıllardır parçaların servis ömrünü uzatacak ve maliyetleri önemli ölçüde düşürecek en yüksek özellikli sert dolgu alaşımlarının üretilmesi için araştırmalar ve geliştirmeler yapmıştır. Bu araştırmaları yaparken Dünya’da bu konuda uzmanlıkları olan firmalarla ve tüketicilerle birlikte çalışmıştır. Geliştirilen bu alaşımlarla (elektrodlarla) çok önemli endüstriyel tecrübeler de kazanılmıştır.

Türkiye’de kaynak konusunda pek çok ilke imzasını atan, gıda sanayinden, demir-çelik sanayinine, çimento sanayinden, enerji sanayine kadar tüm endüstri dallarındaki aşınan parçalar için en uygun ürünü üreten Oerlikon, sert dolgu alaşımları için de çok geniş bir ürün yelpazesine sahiptir. Aşınma faktörlerine ve kullanılacak kaynak yöntemine göre en uygun Oerlikon ürünü ile sert dolgu kaynağını başarıyla sonuçlandırabilir.

Aynı endüstri dalında, parçalardaki aşınma miktarları kullanılan hammaddelerdeki aşındırıcı parça miktarının oranına, kullanılan su (sıvı) cinsine, kullanılan yöntemlere göre bir üreticiden diğer bir üreticiye değişmektedir. Oerlikon, parçaların çalıştıkları ortama ve kullanıcıların sert dolgu ürünlerinden beklentilerine göre yeni alaşımlar geliştirmekte ve üretmektedir.

Yukarıda bahsedilen alaşım türlerine, bunların alt gruplarına ve kullanılan kaynak yöntemlerine göre en çok kullanılan Oerlikon Sert Dolgu Alaşımları aşağıda verilmiştir. Bu ürünleri kullanırken kaynakta dikkat edilmesi gereken kurallara ve önerilen kaynak prosedürüne uyulması gereklidir.

Aşağıda verilen ürünlerde yöntemlere göre bir muadiliyet karşılaştırılması ve sıralaması yapılmamıştır.

<b>ÖSTENİTİK YAPILI OERLIKON SERT DOLGU ÜRÜNLERİ</b>		
<b>Örtülü Elektrod Kaynağı</b>	<b>Özlu Tel Kaynağı</b>	<b>Tozaltı Kaynağı Telleri / Tozları</b>
CITROCHROMAX	AP-O	AP-S/RECORD SA/RECORD SR
CITROCHROMAX-N	218-O	219-S/RECORD SA
CITOMANGAN	219-O	
E-106	402-O	
PANZERCORD-Mo		
PANZERCORD-Mn		
FERINOX Serisi Elektrodlar		
INOX Serisi Elektrodlar		

**MARTENSİTİK YAPILI OERLIKON SERT DOLGU ÜRÜNLERİ**

Örtülü Elektrod Kaynağı	Özlu Tel Kaynağı	Tozaltı Kaynak Telleri / Tozları
CITROCHROMAX 13/1	BU-O (Beynit yapılı)	BU-S / VULCAIN SL 50 (Beynit yapılı)
CITROCHROMAX 13/4	258-O	258-SA/RECORD SA/RECORD SR
CITORAIL	258 L-O	258 L-SA /RECORD SA/RECORD SR
	242-O	242-S / VULCAIN SL 50
	246-G	245 -SA/RECORD SA/RECORD SR
	A-12-O	252-S / VULCAIN SL 50
	FLUXODUR 225/1	FLUXODUR TC 41 NiMo / OP 90 Cr*
	FLUXODUR 300	410 NiMo SA / RECORD SA
	FLUXODUR BODEN	FLUXODUR PL-42 / OS 1150
	FLUXODUR 410	FLUXODUR PL-47 / OS 1150
	252-O	255-S / RECORD SA/ RECORD SR
	255-O	

\* Martensitik yapı

**KARBÜR YAPILI OERLIKON SERT DOLGU ÜRÜNLERİ**

Örtülü Elektrod Kaynağı	Özlu Tel Kaynağı	Tozaltı Kaynağı Telleri / Tozları	
ABRASODUR 40	240-O	502-O	A 43-S / RECORD SA/RECORD SR
ABRASODUR 43	258 TIC-O	460-O	A 45-S/RECORD SA/RECORD SR
ABRASODUR 45	A 40-O	275-O	255-S/ RECORD SA/RECORD SR
CITODUR 600	A 43-O	255-O	
CITODUR 600 B	A 43 -OB	256-O	
CITODUR V 1000	A 45-O	403-O	
E 731	A 46-O	624-O	
	FLUXODUR 600	795-O	
	A 83-O	866-O	
	785-O	820-O	
	674-O	162-O	

**KOBALT BAZLI OERLIKON SERT DOLGU ÜRÜNLERİ**

Örtülü Elektrod Kaynağı	Gazaltı Kaynağı	Oksi-Asetilen/ TIG Kaynağı
SOUDOSTEL 1 AP	STELKAY 1G	STELCORD 1C
SOUDOSTEL 6 AP	STELKAY 6G	STELCORD 6C
SOUDOSTEL 12 AP	STELKAY 12 G	STELCORD 12C

**NİKEL BAZLI OERLIKON DOLGU ÜRÜNLERİ**

Örtülü Elektrod Kaynağı	Özlu Tel Kaynağı	Püskürtme Tozları
CITOMONEL	-	22 KX
CITONEL 600		35 KX



# SERT DOLGU KAYNAĞINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKENLER

## PARÇALARIN HAZIRLANMASI VE MUAYENESİ

### 1. BAŞLANGIÇTA GÖZLE MUAYENE

Hangi parçaların yenilenmesi gerektiği ve hangi parçaların biraz daha kullanılabileceğinin belirlemek için uygun bir personel başlangıçta gözle değerlendirme yapmalıdır.

### 2. TEMİZLEME VE KORUMA

Kirli parçalar uygun bir yöntemle temizlenebilir. Parçalarda sert dolgu yapılmayacak yerlerin (anahtar yerleri, yataklar, kaldırma yerleri) uygun bir kaplama malzemesi ile örtülmesi ile bu bölümler oksitlenmeden korunabilir. Kaldırma ve tutma aparatlarının kullanıldığı yerlerde parçaların hasar görmemesi için koruma yapılmalıdır.

### 3. KAYNAĞA HAZIRLIKTA MEKANİK İŞLEME ÖNCESİ GERİLİM GİDERME

Bazı atelyelerde mekanik işleme ve yüzeyde sert dolgu öncesi gerilim giderme/temperleme ısıl işlemleri yaygın bir uygulamadır. Gerilim giderme sıcaklığı ana malzemenin orjinal temperleme sıcaklığının yaklaşık 50°C altında tutulmalıdır.

Bu ısıl işlem yalnızca parça içindeki karmaşık ısıl işlemleri 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 bağlıdır. Isıl işlem süresi parça kalınlığının her inçi için 1/2 saat olmalıdır.

Yaklaşık 250°C'ye kadar saatte 50-100°C ısıtma hızı önerilir. 250°C'nin üzerine ısıtırken saatte 40-70°C'lik ısıtma hızı kullanılmalıdır. Soğutmada, işlem tersine döner. 150-200°C'ye soğutma fırında yapılmalıdır. Mekanik işleme ile kaldırılacak sert dolgu kaynak metalinin yüzey sertliği istenen sertlik düzeylerine düşmelidir.

Yağlayıcıların çoğu, kaplama malzemeleri ve diğer birikintiler ısıl işlem süresince rahatlıkla yanarak uçar. Özellikle eski parçaların yüzeylerindeki sert dolgu kaplamasının tümü aşınmamış ise bu operasyon gereklidir.

Tecrübelerle dayanarak bazı atelyelerde parçaların mekanik işleme gerilim giderme ısıl işlemleri yapılmadan gerçekleştirilmektedir. Fakat, bazı durumlarda, mekanik işlemeden sonra, muayene, tampon paso uygulaması ve gerilim giderme işlemi sert dolgu işleminden hemen önce yapılabilir. Bazı sert dolgu alaşımları ile kaynak yapıldığında yüzeyde gerilim çatlakları oluşur. Fakat bu çatlakların boyutlarının küçük ve dağılımının da homojen olması gereklidir. Bunu sağlayabilmek

için parçalarda malzemenin karbon ve alaşım içeriğine göre kaynak öncesi ön tav yapılabilir. Eski sert dolgu tabakası karbon elektrodlarla kaldırılmalı ve bu tabakanın altındaki malzemeye göre gerekirse gerilim giderme yaparak taşla veya talaş kaldırarak işlenmelidir.

#### **4. MEKANİK İŞLEME**

Sert dolgu yapılacak yüzeydeki pasın, karbür malzemelerin, çatlakların ve mekanik olarak yorulmuş yüzeyin mekanik olarak işlenerek veya karbon elektrodlarla çıkartılması gerekir. İşleme derinliği 1/8" ile 1/4" arasında değişebilir, derin çatlakların oluşması durumunda bu derinlik 2"e kadar çıkabilir.

#### **5. MUAYENE**

Manyetik parça, penetrant boya veya ultrasonik muayene ile parça üzerindeki veya içindeki hatalar kontrol edilmelidir. Çatlaklar çıkartılmalı ve sağlamlığı kontrol etmek için tekrar muayene edilmelidir.

#### **ÖN TAV VE PASOLAR ARASI SICAKLIK KONTROLÜ**

Karbonlu ve düşük alaşımlı çelikleri martensitik alaşımlarla sert dolgu yaparken : Kaynak öncesi ve kaynak sırasında ön tav ve pasolar arası sıcaklıkların kontrol edilmesi, düzgün kaplama sertliği, ısdan etkilenen bölgede kaynak altında çatlak oluşumunun engellenmesi ve hidrojen çatlağının geciktirilmesi için gereklidir. Bazı atelyelerde ön tav planlı olarak yerleştirilen brülörlerle yapılır, böylece silindirik parçalar sürekli olarak dönerken ısı iş parçasına doğrultulabilir. Fakat, ideal ön tav, sıcaklık kontrollü fırında ana malzemenin alaşımı ve kütlesi için uygun ısıl işlem sıcaklığında ve sürede yapılmalıdır. 260°C'nin üzerine ısıtırken saatte 40-70°C'lik ısıtma hızı kullanılmaktayken, 250°C'nin altında saatte 50-100°C'lik ısıtma hızı kullanılabilir.

Sıcaklık, parçayı fırından alıp kaynak bölümüne getirene kadar soğuyacak kadar düşük olmalıdır. Isıl işlem süresi parçanın alaşımına da bağlı olarak parça kalınlığının veya çapının her inçi için 1/4 ile 1/2 saat arasında olmalıdır. Bu, 20" çapında bir merdane için ısıl işlem sıcaklığında bekleme süresi 5 - 10 saate ihtiyaç olduğunu gösterir.

Östenik ana malzemeleri östenitik alaşımlarla sert dolgu yaparken : Östenitik malzemeler yüksek sıcaklıklarda gevrekleşme hassasiyeti gösterir. Yani gevrekleşerek kırılır. Bu nedenle bu ana metallerin sıcaklığı 10°C'nin altında olmadıkça ön tav yapılmamalı ve ön tav sıcaklığı 70°C'yi geçmemelidir. Kaynak sırasında da pasolar arası sıcaklık çok dikkatli kontrol edilmeli ve 250°C'yi geçmemelidir. Kaynak sonrasında parçanın yavaş soğumasına izin verilmemeli, mümkün olduğunca hızlı soğutulmalıdır.

## ÖN TAVIN YARARLARI

Daha önceki bölümlerde de açıklandığı gibi ön tavin yararları şunlardır :

1. Çatlak oluşumunu engeller : Elektrodun örtüsünden veya tozdan kaynak metaline geçen nemi azaltır, böylece nemden dolayı oluşan hidrojenin kırılma bölgelerindeki etkisini yok eder. Ayrıca ön tav yapılan malzeme yavaş soğuyacağından hidrojenin diffüzyon yoluyla malzemeden çıkışını sağlar.
2. Katılma gerilimlerinin oluşmasını engeller : Ergimiş kaynak metali soğurken hacmi küçülür, bu kaynak metali ile soğuk ana malzeme arasında gerilimlere yol açarak, kaynak sonrasında çatlak ve kırılmanın oluşumuna neden olur. Kaynak metali ile ana metal arasında ki sıcaklık farkını azaltmak ve çatlak oluşumunu engellemek için ön tav yapılır.
3. Gözenekleri yok eder : Kaynak yapılacak ana malzeme üzerinde nem olabilir. Bu nem kaynak esnasında hidrojenin kaynak metali içine hapsolmesine ve katılma devam ettikçe gözenek oluşumuna neden olabilir.
4. Isıdan etkilenen bölgenin azaltılması : Bazı alaşımlı çelikler, ısıdan etkilenen bölgenin çabuk soğuması sonucu sertleşmeye ve çatlak oluşumuna eğilimlidirler. Ön tav soğuma hızını yavaşlatır ve daha sünek bir mikroyapı sağlar.
5. Malzemedeki tahribatı engeller : Soğuk ana malzeme üzerine yapılan kaynakta, sıcak kaynak metali ana malzemedeki gerilimlere yol açarak, ana malzemedeki çatlak oluşumuna neden olabilir.

### Ön tav sıcaklığı nasıl tespit edilir ?

Ana malzemenin kimyasal kompozisyonu bilinirse ön tav sıcaklığı doğru olarak tespit edilebilir.

Ana malzemelerde karbon ve alaşım element içeriği ön tav sıcaklığına etki eder :

1. Karbon ve yüksek alaşım elementi içeren malzemelerde ön tav sıcaklığı yüksektir.
2. Ön tav sıcaklığı ana malzeme kalınlığına bağlıdır. Ana malzeme kalın ise daha yüksek ön tav sıcaklığına ihtiyaç vardır. Genel olarak ön tava tabi tutulan tüm malzemeler yavaş soğutulmalıdır.

### PASOLAR ARASI SICAKLIK KONTROLÜ

Karbonlu ve düşük alaşımlı çeliklere martensitik alaşımlar ile sert dolgu yaparken : Pasolar arası sıcaklık ön tav sıcaklığının altında olmalı ve bu sıcaklıktan 10 ile 40°C'den daha fazla sapma olmamalıdır. Eğer kaynak sırasında parçanın ön tav sıcaklığının altına soğumasına izin verilirse, martensite dönüşüm olabilir, ve eğer bu olursa, daha sonraki kaynak pasoları, bu martensiti farklı derecede sertliklere temperleyerek mekanik işleme sırasında sert noktalarla karşılaşmaya ve en son pasoda yumuşak noktalara neden olur. Kaynak sırasında parçalarda düşük sıcaklığın olması,

çalışma sırasında parçada eşit olmayan aşınmanın gelişmesine neden olur. Bu nedenle, kaynak boyunca malzemenin sıcaklığını, sert dolgu alaşımının martensit başlama sıcaklığının (Ms) üzerinde tutmak zorunludur. Çoğu durumda sıcaklığı 300-400°C'de tutmak bu amacı gerçekleştirir. Sert dolgu alaşımının dönüşümü (manyetik olmayan östenitin manyetik martensite dönüşümü) böylece geciktirilebilir ve dönüşüm olduğunda daha sonraki kaynakların ısı ile oluşan temperleme engellenir.

Östenitik çelikler üzerine östenitik alaşımlar ile sert dolgu yaparken : Östenitik malzemelerin yüksek sıcaklıklarda gevrekleşme hassasiyeti gösterdikleri için pasolar arası sıcaklıklara da özel dikkat sarf edilmelidir. Bu gevrekleşme hassasiyetinden dolayı kaynak sırasında pasolar arası sıcaklıklar 250°C'yi geçmemelidir.

## **SİLİNDİRİK PARÇALARDA DÖNDÜRME HIZI**

Silindirik parçaların sert dolgu kaynağı, çoğu durumda otomatik kaynak yöntemleri ile dairesel yönde yapılır. Fakat, bazı durumlarda da uzunlamasına kaynak tercih edilir. Bunun nedeni sıcaklık çatlaklarının oluşum yönünün dairesel değil de uzunlamasına olmasıdır. Bu tür bir yönelme çatlak büyüme hızı ve muhtemel parçanın kırılması açısından daha az kritiktir. Fakat, bunda alaşım türünün daha önemli bir role sahip olduğu görülmektedir. Dairesel olarak sert dolgu yapılan parçaların çoğu ısı çatlama hızında, tercihi yönde gelişme modeli göstermemektedir. Düşük döndürme hızı daha geniş kaynak dikişi oluşturur. Eğer döndürme hızı arttırılırsa daha ince bir kaynak dikişi elde edilir. Sert dolgu sürekli spiral şeklinde yapılabildiği gibi en çok kullanılan yöntemlerden biri de dikiş üzerinden kontrollü geçerek atlama ile yapılmasıdır. Bölgesel ısınmadan kaçınmak için kaynak aynı yerde başlamalı ve bitirilmelidir.

Silindirik ve düz parçalarda metal yığıma hızını artırma için çeşitli uygulamalar yapılabilir. Bunlar; salınımlı (osillasyonlu) kaynak, çift tel ile kaynak, elektro-cüruf (electro-slag) ve tozaltı bant kaplama yöntemleridir. Bu yöntemlerle metal yığıma hızı 4-5 kat arttırılabilir. Bu yöntemler uygulandığında kaynak hızı veya silindirik parçaları döndürme hızı istenen kaynak metali dikiş formunu sağlayacak şekilde seçilmelidir.

Silindirik parçaları kaynak yaparken, granül tozların kaynak bölgesinden zamanından önce dökülmesi engellenmelidir. Kontak nozuluna yanmayan bir malzemedan bir destek yapılmalı veya tozu iş parçasında tutacak bazı aparatlar kullanılmalıdır. Kenarları kaynak yaparken de toz desteklenmelidir. İş parçasının sonlarına metal ringlerin punta ile kaynaklanması veya ergimiş metal banyosunun arkasından tozu tutacak yanmayan fırça veya sacların kullanımı da bu desteği sağlar.

Toz kaynak yapılacak yüzeye, arkın önünden beslenmelidir ve ark bölgesine dönen bir parça ile taşınmalıdır. Küçük çaplı parçalar sert dolgu yapılacağı zaman toz arka daha yakından beslenmelidir. Granüle toz arkın önüne yeteri kadar uzaktan beslendiğinde, toz ergimiş cürufun akmasını ve tozu tutan bölümün yanmasını engeller. Eğer toz ark bölgesine çok yakından beslenirse, tozu tutan bölüm yanar, sıvı cüruf sızarak kaynak dikişini çok iyi örtmez.

Tozun akıp gitmesini önlemek için toz beslemeyi sağlayan toz tutucu bölüm kaynak dikişinin üzerine hafifçe dokunmalıdır.

## **KAYNAK İŞLEMİ SIRASINDA SICAKLIK KONTROLÜ**

Kaynak işlemi sırasında, cürufu temizlemek giderek zorlaşıyorsa, bu parçanın kaynak bölgesinin çok fazla ısındığını gösterir. Eğer bu yaşıyorsa, kaynak birkaç dakikalığına durdurulmalı veya arkı (arkları) buldukları yerden 12” uzağa götürülmelidir. Sıcaklık her zaman eşit tutulmalıdır. Kaynak bölgesinde sıcaklık periyodik olarak kontrol edilmeli, pasolar arası sıcaklık önerilen en düşük ön ısıtma ve pasolar arası sıcaklığın üzerinde olmalıdır.

## **KAYNAK SONRASI ISIL İŞLEM**

Sert dolgu yapılan ana metale ve sert dolgu alaşımına bağlı olarak kaynak sonrasında soğuma ve ısıtma işlemi önerilen şekilde yapılmalıdır. Eğer yavaş soğuma, gerilim giderme gerekiyorsa aşağıda önerilen şekilde ve malzemeyi bozunmaya uğratmadan uygulamak gerekir. Aşağıda verilen tavsiyeler bilgi amacı ile verilmiş olup her parça için uygun olmayabilir.

### **1. YAVAŞ SOĞUTMA**

Eğer kaynak sonrasında yavaş soğuma gerekiyorsa, sert dolgu yapılmış parçalar kaynak tamamlandıktan sonra fırına veya yalıtılmış kapalı bir bölmeye yerleştirilmeli ve saatte 40°C’den daha az hızla, sert dolgu alaşımının Ms sıcaklığının altına soğutulmalıdır ve parçanın içi ile dış yüzeyi arasında sıcaklık farkı kalmayana kadar bir kaç saat bu sıcaklıkta tutulmalıdır. Koruyucu uygulama, Ms sıcaklığının altına yavaş soğuma işleminden önce 1 ile 2 saat boyunca pasolar arası sıcakta kalınmasını gerektirir.

Östenitik ana malzemelere, östenitik sert dolgu alaşımları ile kaplama yapılmışsa kaynak sonrasında çok hızlı soğutulmalı, yavaş soğumasına izin verilmemelidir.

### **2. GERİLİM GİDERME (TEMPERLEME)**

Karbonlu ve düşük alaşımlı çeliklerde kaynak yaparken çıkılan sıcaklıklardan soğuma sert dolgu tabakasında gerilimler yaratabilir. Parçanın alaşımına da bağlı olmak üzere önerilen genel temperleme ısıtma işlemi şöyledir ;

- A.** Parça kaynak sıcaklığından Ms sıcaklığının 50°C altına saatte 40°C hızla soğutulmalıdır. İş parçasının içi ile dış yüzeyi arasında ısı farkını en aza indirmek için burada bir kaç saat tutulmalıdır. Soğutma, yalıtkan bir örtü ile sararak, kumla dolu çelik kutuya koyarak veya sıcaklık kontrollü bir fırında yapılabilir.
- B.** Fırına yüklenmeli ve gerekli sayıda termokupl yerleştirilmelidir.
- C.** Genelde, sert dolgudan sonra parçalar temperleme sıcaklığında 2 saat kaynak sonrası ısıl işleme tabi tutulurlar. Saatte 65-90°C hızla temperleme sıcaklığının 50°C altına kontrollü olarak ısıtılmalıdır.
- D.** Temperleme sıcaklığı eşitlenmeli ve iş parçasının çapının her inç için 1/2 saat bu sıcaklıkta tutulmalıdır.
- E.** Saatte 100°C'yi geçmeyecek hızla 150°C'ye fırında soğutulmalıdır.
- F.** Fırından çıkartılmalı ve havada soğutulmalıdır.
- G.** Yukarıdaki önerilen temperleme ısıl işlemi yalnızca rehberlik etmesi için verilmiştir, çalışma şartlarına, ana malzemeye ve kullanılan sert dolgu alaşımlarına göre gerekiyorsa uygun sıcaklıkta temperleme ısıl işlemi yapılabilir.

## **MEKANİK İŞLEME**

İstenen yüzey kalitesine ve yapılan sert dolgunun alaşım içeriğine göre gerekiyorsa mekanik işleme veya taşlama yapılabilir. Mekanik işleme yapılıyorsa işleme izlerinin yorulma çatlak başlangıcı gibi davranmasını önleyebilmek için yüzey pürüzlülüğü 63 mikrondan az olması önerilir.

## **SON MUAYENE**

Sertlik, gerilim giderme ve son işlemeden sonra, portatif bir sertlik cihazı yardımıyla ile ölçülmelidir. Son muayene, cüruf kalıntısı, çatlak gibi hataları veya karbürlü sert dolgu tabakalarında çatlak boyutlarının çok fazla olup olmadığını kontrol etmek için gereklidir. Muayene manyetik parça, ultrasonik veya sıvı penetrant yöntemleri ile yapılabilir. Küçük hatalar taşla işlenerek uygun şekilde tekrar doldurulabilir. Büyük hataların temizlenmesi ve tamiri sert dolgu sırasında nasıl yapılıyorsa aynı şekilde yapılmalıdır.

## KAYNAK VE SERT DOLGU MALİYETLERİNİN HESAPLANMASI

Kaynak ve sert dolgu yaparken kaynak metali maliyetleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

**A** = 1 kilogram elektrodun fiyatı, TL/kg elektrod, \$/kg elektrod.

= 1 kilogram açık ark özlü tel fiyatı.

= 1 kilogram tozaltı özlü tel fiyatı.

**B** = 1 kilogram tozaltı tozu fiyatı, TL/kg, \$/kg toz.

**C** = Elektrodun verimi (%),

Kullanılan ürünün verimi Ürün Bilgi Formları'ndan veya üreticiden öğrenebilirsiniz.

Kullanılan elektrod türüne göre bu değer yaklaşık :

Örtülü elektrod için = % 60

Açık ark özlü teli için = % 90

Tozaltı özlü teli için = % 95

**D** = 1 kilogram kaynak metali için kullanılan toz miktarı, kg.toz/kg kaynak metali.

**E** = 1 saat kaynak işçilik maliyeti ve genel gideri, TL/saat, \$/saat.

**F** = 1 saatte yığılabilecek kaynak metali ağırlığı, kg kaynak metali/saat.

**G** = Kaynak süresi, operasyon süresi, saat.

$$\frac{A}{C} + B \times D + \frac{E}{F \times G} = \text{1 kilogram kaynak metali yığmak için işçilik ve malzeme maliyeti}$$

\*\*\*\*\*

### KAYNAKÇA :

1. Welding Handbook, Chapter 7, Surfacing, Volume 4, Materials and Applications-Part 2, 8th Ed.

1. Hardfacing, Soudokay Dökümanları

2. Kaynakla Tamir Bakım, Ark Magazin, Oerlikon Yayınları, Yıl: 3 Sayı: 1

3. Aşınma Sorunları ve Dolgu Kaynakları, Oerlikon Yayınları, Mak. El. Y. Müh.Burhan Oğuz

4. Hardfacing Benefits Maintenance and Repair Welding, D.J. Kotecki, Welding Journal, Vol :71

No: 11, 51-53, 1992