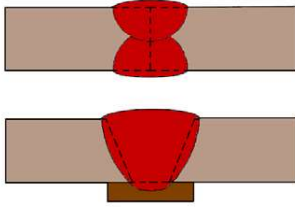


Eritme Kaynağında Seyrelme

- İlave metalin özellikleri, kaynak metalinin özelliklerini etkiler.
- Şekil 35-11, küt alın ve V-alın kaynaklarında, kaynak banyosunun esas metalle seyrelme oranlarını karşılaştırmaktadır.



Şekil 35-11. İki küt alın kaynak tasarımının karşılaştırılması; üstte kaynak banyosunun büyük yüzdesi esas metalden oluşmaktadır; altta ise kaynak banyosu büyük oranda ilave metalden oluşmaktadır.

21

Yaygın Kaynak Yöntemlerinin Isı Girdisi Hızına Göre Sınıflandırılması

Tablo 35-1

Düşük Isı Girdisi Hızı	Yüksek Isı Girdisi Hızı
Oksi-asetilen kaynağı	Plazma ark kaynağı
Elektrocuruf kaynağı	Elektron ışın kaynağı
Yakma alın kaynağı	Laser ışın kaynağı
Orta Isı Girdisi Hızı	Nokta ve direnç kaynağı
Elektrik ark kaynağı	Perküsyon kaynağı
Özlü telle ark kaynağı	
MIG/MAG kaynağı	
Tozaltı ark kaynağı	
TIG kaynağı	

22

Soğuma Hızı ve Ön ve Son Tavlama

- Ön tavlama, parça sıcaklığını yükselterek hızlı soğumayı ve istenmeyen sertleşmeleri engeller; ayrıca hidrojenin yapıdan çıkışını kolaylaştırır
- Kaynak yapılan çeliğin *karbon eşdeğeri* % 0,3'ten yüksekse, ön tavlama uygulamak gerekir.

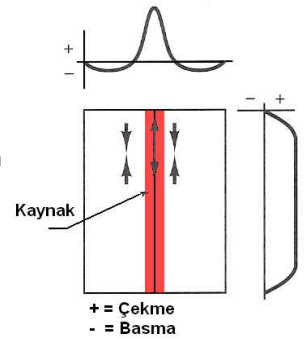
$$C_{es} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$$

- Genellikle ön tavlama sıcaklıkları 100°C-200°C arasındadır. Bu sıcaklığın tespiti için değişik yöntemler mevcuttur
- Çelik dışındaki metallerde de ısı etkisiyle yapısal dönüşümler meydana gelir.

23

Isının Neden Olduğu Artık Gerilmeler

- Kaynakta en çok, maksimum ısının olduğu eritme kaynağında artık gerilmeler oluşur
- Artık kaynak gerilmeleri, kaynak yapılan parçalardaki ısı genleşme ve büzülmenin sınırlanmasıyla oluşur

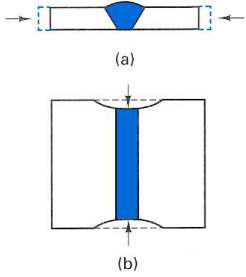


Şekil 35-13. Bir eritme kaynaklı küt alın dikişinde boylanması artık gerilmelerin şematik görünüşü

24

Kaynak Artık Gerilmeleri

Artık gerilmeler, kaynak hattına hem paralel hem de dik yönde oluşur.



Şekil 35-14. Malzemenin etkiyen gerilmelere cevap vermesi sırasında, tipik bir küt kaynağın (a) enine ve (b) boylamasına büzülmesi. Sınırlanan enine hareket, tüm dikişte enine gerilmeye neden olur.

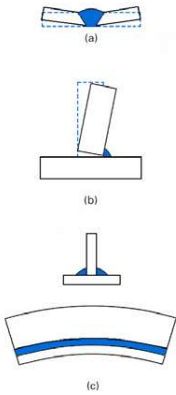
25

Isıl Gerilmelerin Etkileri

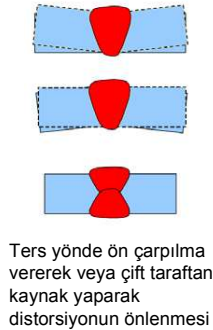
- Kaynağın neden olduğu ısı gerilmelerin en yaygın sonucu parçanın **distorsiyon**'udur.
- Distorsiyonların en düşük seviyede tutulması için:
 - Kaynak işlemi en az ısıyla yapılmalıdır
 - Kaynaklar, birleşimi oluşturacak en az miktarda olmalıdır
 - Kaynak sırasında paso sayısı düşük tutulmalıdır
 - Kaynak işlemi, sınırlanmış bölgelerden serbest bölgelere doğru yapılmalıdır
 - Ters distorsiyon uygulanmalıdır
 - Kaynaktan hemen sonra çekileme uygulanmalıdır
 - Kaynak dikişleri simetrik düzenlenmelidir

26

Distorsiyon Türleri



Şekil 35-15. Distorsiyonlar kaynak işleminin sonucu olarak oluşabilir: (a) Kapak bölgesi kök bölgesine göre daha çok büzülen V-küt alın dikişi; (b) Tek taraflı içköşe dikişi; (c) Bir dikey web'te çift taraflı içköşe dikişleri



27

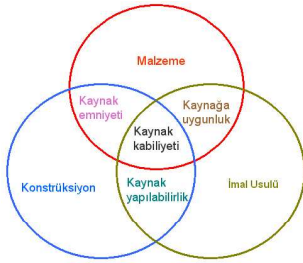
Artık Gerilmelerin ve Distorsiyonların Etkileri

- Artık gerilmeler ve distorsiyonlar, kaynaklı parçanın performansını olumsuz etkiler. Özellikle çentikli bölgelerde kırılmalar görülebilir.
- Gözenek ve aşırı yüzey girintileri gibi kaynak hataları da çentik etkisi yapar.
- Artık gerilmeler ve distorsiyonların olumsuz etkilerinden, uygun kaynak prosedürleri, kaliteli işçilik ve sıkı denetim ile kaçınılabılır
- Yüksek hidrojen seviyeleri de kırılganlığı artırır
- Dikişin boyutları gerekli değerlerde olmalıdır

28

Kaynak Kabiliyeti

- Çoğunlukla bir malzemenin kaynağa uygunluğunu ifade eder. Ancak parça şekli, kalınlığı, kaynak pozisyonu ve kullanılan kaynak yöntemi de kaynak kabiliyetine etki yapar



29

Oksi-Yanıcı Gaz Kaynağı

Oksijenle karıştırılmış değişik yanıcı gazları yakan eritme kaynak yöntemleri

- Oksi-yanıcı gaz kaynağı, bu grubun üyeleri arasında temel farkı oluşturan değişik gaz türlerini kullanır
- Oksi-yanıcı gaz, ayrıca metal levhaları ve diğer parçaları kesmek ve ayırmak için alevle kesme işleminde de kullanılır
- En önemli oksi-yanıcı gaz kaynak yöntemi oksi-asetilen kaynağıdır

30

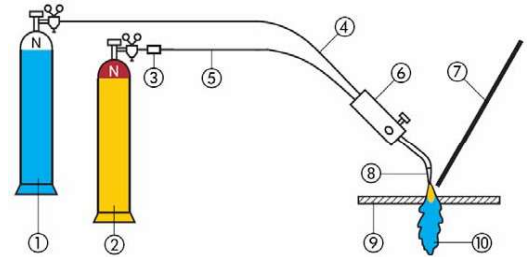
Oksi-Asetilen Kaynağı

Asetilen ve oksijenin yanmasıyla elde edilen yüksek sıcaklıkta bir alevle yapılan eritme kaynağı

- Alev bir üfleç ile yönlendirilir
- Bazen ilave metal kullanılır
 - Bileşimi esas metale benzemelidir
 - İlave çubuk, yüzeyleri temizlemek ve oksitlenmeyi önlemek için çoğunlukla dekapanla kaplıdır

31

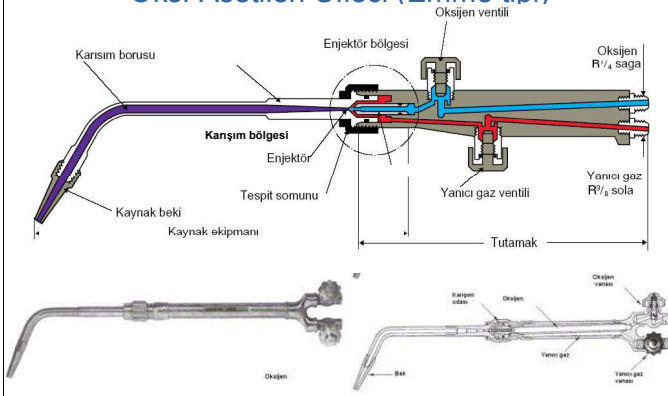
Oksi-Asetilen Kaynak Ekipmanı



1. Oksijen tüpü; 2. Asetilen tüpü; 3. Geri tepme emniyet valfi; 4. Oksijen hortumu; 5. Asetilen hortumu; 6. Üfleç; 7. Kaynak teli; 8. Bek; 9. Parça; 10. Kaynak alevi

32

Oksi-Asetilen Üfleci (Emme tipi)



Şekil 36-1. Oksi-asetilen kaynak üfleci ve kesiti

33

Asetilen (C_2H_2)

- Oksi-yanıcı gaz kaynak grubu içinde, diğerlerine oranla en yüksek sıcaklıkları oluşturma kapasitesi nedeniyle en yaygın yanıcı gaz - 3480°C'ye kadar
- Asetilen ve oksijenin iki kademeli kimyasal reaksiyonu:
 - Birinci kademe reaksiyonu (iç alev konisi):

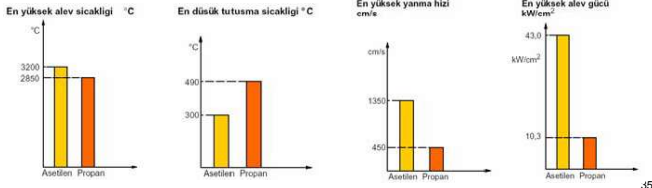
$$C_2H_2 + O_2 \rightarrow 2CO + H_2 + ısı$$
 - İkinci kademe reaksiyonu (dış zarf):

$$2CO + H_2 + 1.5O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O + ısı$$

34

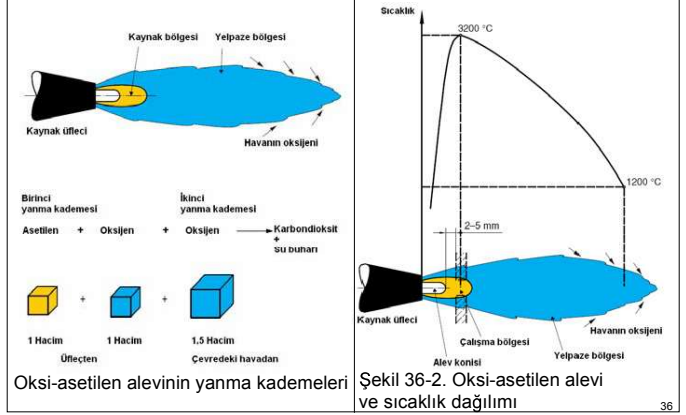
Oksi-Yanıcı Gaz Kaynağı için Alternatif Gazlar

- Metilasetilen-Propadien (MAPP)
- Hidrojen
- Propilen
- Propan
- Doğal Gaz

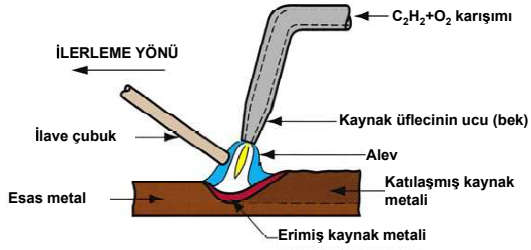


35

Oksi-Asetilen Alevi



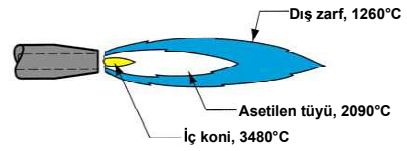
36



Tipik bir oksii-asetilen kaynak işleml

37

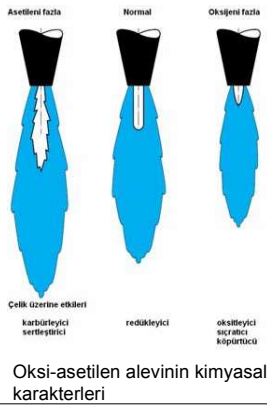
- Maksimum sıcaklığa, iç koninin ucunda ulaşılır
- Dış zarf parça yüzeyine yayılır ve kaynak bölgesini, çevreleyen atmosferden korumak üzere örter



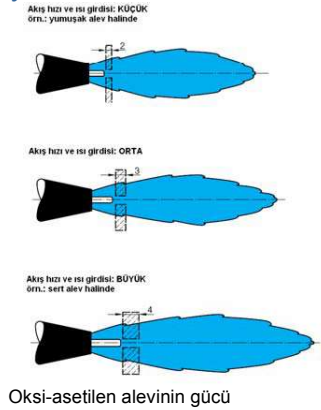
Ulaşılan sıcaklıkları gösteren, bir oksii-asetilen üflecinden nötr alev

38

Alev Ayarı



Oksii-asetilen alevinin kimyasal karakterleri

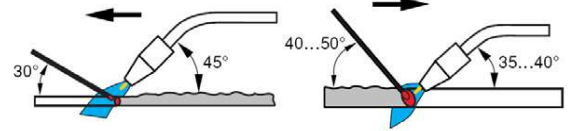


Oksii-asetilen alevinin gücü

39

Oksii-Asetilen Kaynak Tekniğı

- Oksii-asetilen kaynağında iki kaynak tekniğı vardır: Sola Kaynak ve Sağa Kaynak teknikleri



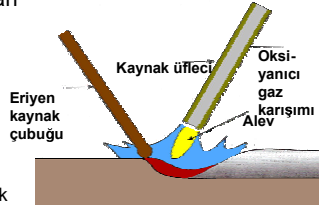
Sola kaynak tekniğı

Sağa kaynak tekniğı

40

Oksi-Asetilen Kaynağının Uygulamaları

- Parçalar arasında aralık olduğundan, genellikle ilave çubuk (kaynak çubuğu) kullanılır.
- Bağ oluşumunu desteklemek için bazen **dekapan** kullanılır.
- Tüm pozisyonlarda kullanılabilir
- Isıl gücü düşük olduğundan geniş bir alanın ısıtılması gerekir ve dolayısıyla distorsiyon fazladır

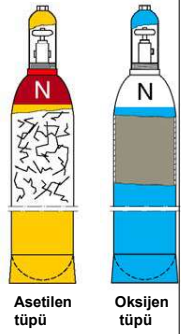


Şekil 36-3. Eriyen kaynak çubuğu ile birlikte, oksi-asetilen kaynağının şematik görünüşü

41

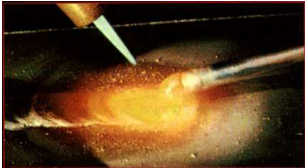
Oksi-Asetilen Kaynağında Güvenlik Konuları

- Karışım halindeyken asetilen ve oksijen yüksek derecede yanıcıdır
- C_2H_2 renksiz ve kokusuzdur
 - Bu nedenle karakteristik bir sarımsak kokusu katılır
- C_2H_2 , 1 atm'nin üzerindeki basınçlarda fiziksel olarak kararsızdır
 - Depolama tüpleri, aseton (CH_3COCH_3) emdirilmiş (asbest gibi) gözenekli maddeyle doludur
 - Aseton, asetilenin kendi hacminin 25 katını çözer
- C_2H_2 ve O_2 tüpleri ve hortumları üzerinde, hatalı gaz bağlantılarından kaçınmak için farklı yönlerde kapanan dişler bulunur



42

Oksi-Asetilen Kaynağının Yapılışı



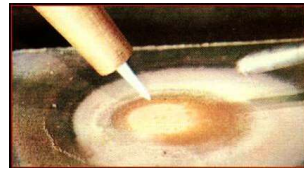
Notr alev, parlak bir kaynak banyosu ve hiç veya çok az kıvılcım oluşturur.



Asetileni fazla (karbürleyici) alev, daha karışıklı bir banyo oluşturur.



Oksijeni fazla (oksitleyici) alev, erimiş kaynak banyosunun üzerinde bir köpük oluşturur ve daha fazla kıvılcım çıkarır.

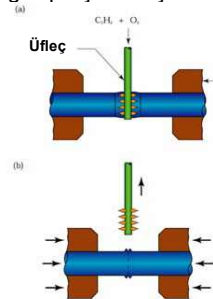


Kaynağın başlangıcında, metal eriyene kadar ısıtılır.

43

Gaz Basınç Kaynağı

- Gaz basınç kaynağı, oksi yanıcı gaz işlemleriyle benzer ekipmanı kullanan ve çubuk, boru veya ray gibi parçaları uç uca birleştiren bir kaynak yöntemidir.



Gaz basınç kaynağının bir uygulaması: (a) iki parçanın ısıtılması; ve (b) kaynağı oluşturmak üzere basıncın uygulanması

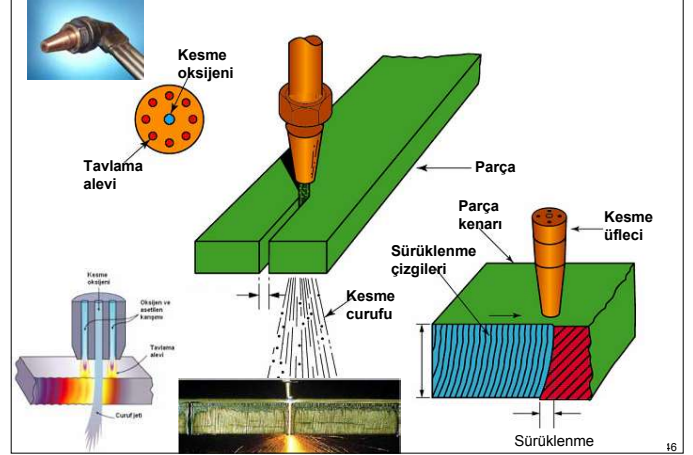
44

Alevle Kesme (Yakarak Kesme)

- En yaygın kesme yöntemidir
- Demirin oksijenle yakılması esasına dayanır
- Öncelikle çeliğin tutuşma sıcaklığına kadar tavlama gerekir. Bu bölge saf oksijenle temas ettiğinde yanmaya başlar (alevle yakarak kesme)
- Tutuşma sıcaklığına ulaşan çelik ile oksijen arasında, aşağıdaki reaksiyonlardan biri veya birkaçı meydana gelir:
 - $Fe + O \rightarrow FeO + ısı$
 - $3Fe + 2O_2 \rightarrow Fe_3O_4 + ısı$
 - $4Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + ısı$
- Şekil 36-4'te gösterildiği gibi, bir yarık veya kanal meydana gelir

45

Alevle Kesmenin Esasları



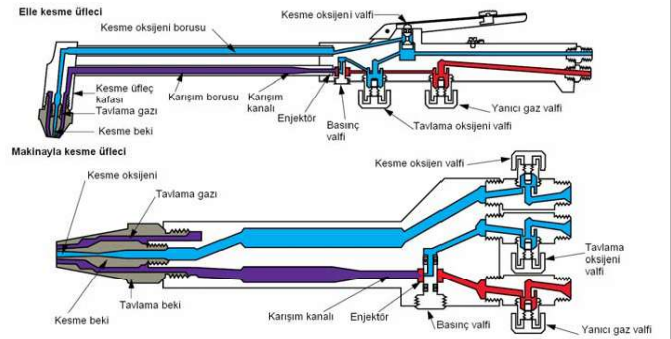
46

Alevle Kesme Tekniğinde Kullanılan Gazlar

- En önemli ve en yaygın kullanılan yanıcı gaz Asetilen (C_2H_2)'dir.
- Asetilenin dışında doğalgaz (CH_4) ve propan kullanılmaktadır. Belirli uygulamalarda Hidrojen de kullanılabilir.
- Kesmede kullanılacak yakıcı gaz olan Oksijen gazının saflığının az % 99,5 olmalıdır. Saflık % 98,5'e düşerse, kesme hızı % 15 azalır; oksijen tüketimi ise % 25 artar; kesme kalitesi ise bozulur.

47

Alevle Kesme Üflecinin Yapısı



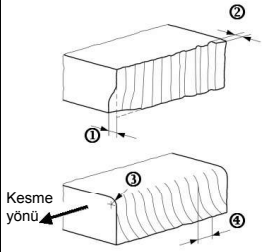
Şekil 36-5. Oksi-asetilen kesme üfleçlerinin kesitleri (üstte makinayla altta ise elle kesme üfleci)

48

Kesme Yüzeyinin Kalitesi

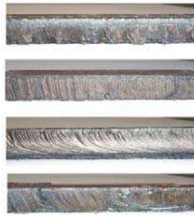
Kesme yüzeyi aşağıdakiler bakımından değerlendirilir:

- ① Diklik ve eğiklik toleransları
- ② Pürüzlülük derinliği
- ③ Erime
- ④ Sürüklenme izlerinin genişliği



Kesme yüzeyinin kalitesi aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Kesme bekinin büyüklüğü
- Kesme bekinin temizliği
- Tavlama alevinin ayarı ve kesme oksijeninin basıncı
- Süpürme gazlarının basınç ve debisi
- Kesme hızı
- Parça yüzeyinin temizliği
- Üfleç ilerlemesinin düzgünlüğü



49

Alevle Kesme Uygulamaları



Makinayla kesim



Üç üfleç yardımıyla X kaynak ağzının açılması

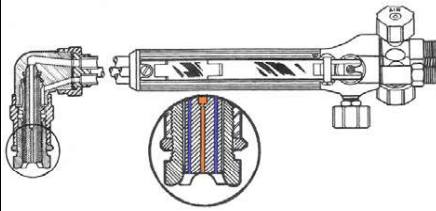


Elle kesim

50

Alevle Kesme Yöntemleri

- Metal tozuyla kesme ve kimyasal tozlarla kesme yöntemleri, alevin içine egzotermik reaksiyon oluşturacak kimyasal tozların katılması ile yapılır. Ancak bu yöntemler son yıllarda plazma ark kesme yöntemiyle yer değiştirmiştir.
- Sualtında alevle kesme işleminde özel üfleçler kullanılır

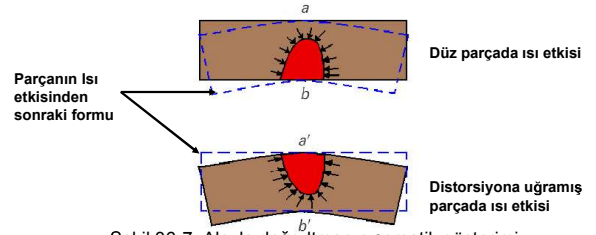


Şekil 36-6. Sualtı kesme üfleci. Sıkıştırılmış havanın akışını sağlamak ve bunu kontrol etmek için ilave valfli üflecin nozulunda havanın çıkacağı ilave kanal bulunur.

51

Alevle Doğrultma

Alevle doğrultma, distorsiyona uğramış levhaların doğrultulması için, yerel olarak ve kontrollü yığma işlemidir (Şekil 36-7). İşlem sırasında faz dönüşümlerine dikkat edilmelidir



Şekil 36-7. Alevle doğrultmanın şematik gösterimi

52

Ark Kaynağı

Metallerin birleştirilmesinin, bir elektrod ile parça arasındaki elektrik arkının ısısı ile oluşturulduğu bir eritme kaynak yöntemi

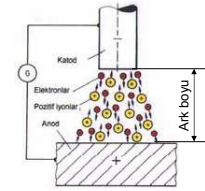
- Arkın ürettiği elektrik enerjisi, herhangi bir metali eritmeye yeterli sıcaklıklar oluşturur: $\sim 5500^{\circ}\text{C}$
- Çoğu ark kaynak yöntemlerinde kaynaklı bağlantının hacmini ve dayanımını arttırmak için dolgu (ilave) metal eklenir
- Bazı temel yöntemler, arkla kesmede de kullanılmaktadır

53

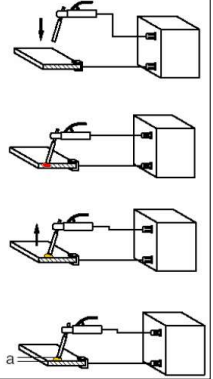
Elektrik Arkı Nedir?

Elektrik arkı = bir devredeki aralıktan geçen elektrik akım deşarjı

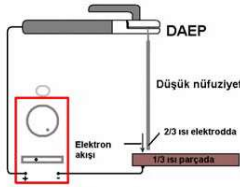
- Akımın aktığı bir iyonize gaz demeti (plazma) tarafından sürdürülür



- Ark kaynağında arkı başlatmak için, elektrod parça ile temas haline getirilir ve hemen ayrılarak kısa bir mesafede tutulur



Kutuplamanın Etkileri



DAEP: Doğru Akım Elektrod Pozitif
(Ters Kutuplama)



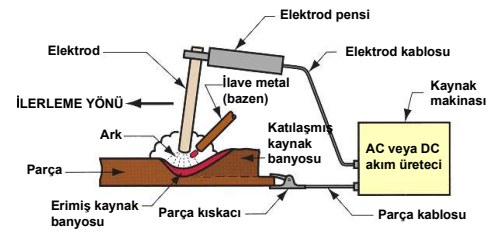
DAEN: Doğru Akım Elektrod Negatif
(Düz kutuplama)

DOĞRU AKIMLA KAYNAKTA KUTUPLAMANIN ETKİSİ

55

Ark Kaynağı

- Elektrod ucunun yakınında bir erimiş metal banyosu oluşturulur
- Elektrod bağlantı boyunca ilerlerken, erimiş metal kendi kanalında katılaşır



Şekil 37-1. Bir ark kaynak yönteminin temel konfigürasyonu ve elektrik devresi

56

Elle Ark Kaynağı ve Ark Süresi

- Elle kaynakta problemler:
 - Kaynak bağlantı kalitesi
 - Üretkenlik
- Ark Etki Süresi = (Ark süresi)'nin (çalışma saati)'ne oranı
 - Diğer adı "ark-on time"
 - Tipik değerler:
 - Elle kaynak ark süresi = % 20
 - Makinayla kaynakta artırılmış ark süresi ~ % 50

57

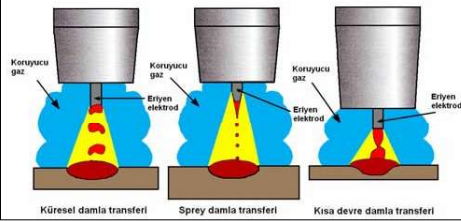
Ark Kaynak Elektrodlarının İki Temel Türü

- Eriyen – kaynak sırasında tüketilen
 - Ark kaynağında ilave metalin menbaı
- Erimeyen – kaynak işlemi sırasında tüketilmeyen
 - Herhangi bir ilave metalin ayrıca eklenmesi gerekir

58

Eriyen Elektrodlar

- Eriyen elektrodların biçimi
 - (Örtülü elektrod olarak da bilinen) Kaynak çubukları, 22,5 mm'den 45 mm'ye kadar uzunlukta ve 9,5 mm veya daha küçük çaplıdır ve periyodik olarak değiştirilmeleri gerekir
 - Kaynak telleri, sık sık kesintilerden kaçınmak üzere, uzun tel boylarına sahip makaralardan sürekli olarak beslenebilir
- Hem tel hem de çubuk formundaki elektrod, ark içinde tüketilir ve ilave metal olarak kaynağa eklenir



Şekil 37-2. Eriyen elektrodla ark kaynağında uç metal transfer modu

59

Arkta Metal Transferi



Kısa devre ark Küresel ark Darbeli ark Sprey ark

60

Erimeyen Elektrodlar

- Erimeye dirençli Tungsten'den yapılır
- Kaynak sırasında yavaş yavaş tükenir (buharlaşıma temel mekanizmadır)
- Ayrıca tel şeklindeki bir ilave metalin, kaynak banyosuna sürekli olarak beslenmesi gerekir



Tungsten elektrodlar, aşım durumuna göre değişik renklerde kodlanılmışlardır

61

Arkın Korunması

- Ark kaynağındaki yüksek sıcaklıklarda, metaller havadaki oksijen, azot ve hidrojene karşı kimyasal olarak reaktiftir
- Bağlantının mekanik özellikleri, bu tür reaksiyonlar sonucu ciddi şekilde bozulabilir
 - İşlemi korumak için, tüm ark kaynak yöntemlerinde arkın çevresindeki havadan korunması gerekir
 - Argon, Helyum ve CO₂ gibi koruyucu gazlar
 - Dekapan

62

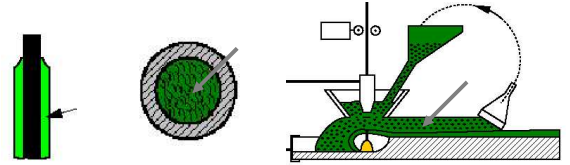
Dekapan (Örtü veya Toz)

- Kaynak sırasında oksitlerin ve diğer kirliliklerin oluşumunu engelleyen veya bunları çözerek uzaklaştıran bir madde
- Kaynak için koruyucu atmosfer oluşturur
 - Arkı kararlı hale getirir
 - Sıçramayı azaltır

63

Değişik Dekapan Uygulama Yöntemleri

- Toz halindeki dekapanın kaynak işlemine beslenmesi
- Kaynak sırasında işlem bölgesini örtmek üzere eriyen dekapan maddesiyle kaplanmış çubuk elektrodlar (örtülü çubuk elektrodlar)
- Dekapanın öz halinde içine doldurulduğu ve elektrod erirken açığa çıkan tüp şeklindeki elektrodlar (özlü elektrodlar)



64

Eriyen Elektrodları Kullanan Ark Kaynak Yöntemleri

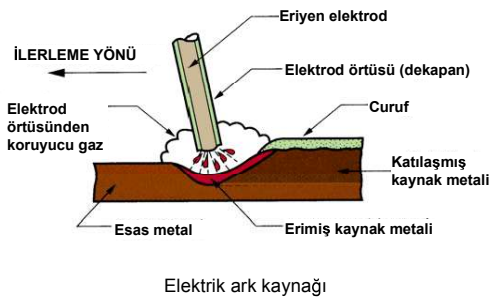
- Elektrik ark kaynağı
- Özlü telle ark kaynağı
- Eriyen elektrodla gazaltı ark kaynağı (MIG/MAG kaynağı)
- Tozaltı ark kaynağı
- Saplama ark kaynağı

65

Elektrik Ark Kaynağı

- Dekapan ve koruma sağlayan kimyasallarla kaplı bir ilave metal çubuktan oluşan bir eriyen elektrod kullanır
- Bazen "Örtülü çubuk elektrod kaynağı" olarak da adlandırılır
 - Güç üretici, bağlantı kabloları ve elektrod pensi birkaç bin YTL'ye elde edilebilir

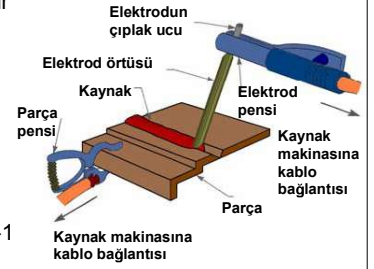
66



67

Elektrik Ark Kaynağı

- Elektrik ark kaynağı, yüksek bir kaynakçı becerisi gerektirir
- Kaynakçılar özel kurslara devam eder ve sınav sonucunda sertifika alırlar
- Pek çok kaynaklı imalatta sertifikalı kaynakçıların çalıştırılmaları gerekir
- Sertifika sınavları çelik kaynakçıları için TS 6868-1 EN 287-1'e göre yapılır



Şekil 37-4. Elektrik ark kaynağı

68

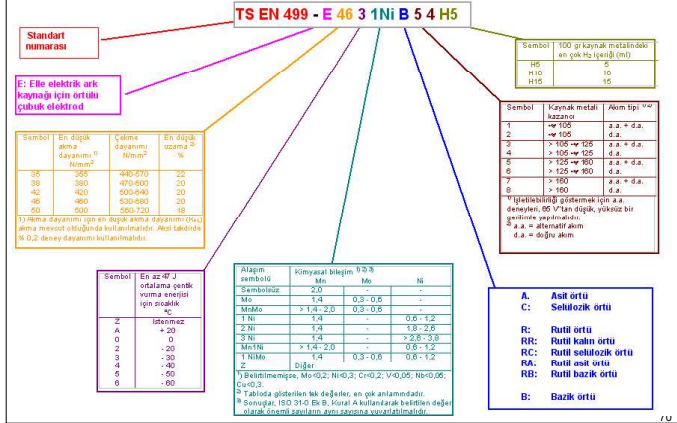
Elektrik Ark Kaynağında Çubuk Elektrod

- İlave metalin bileşimi genellikle esas metale yakındır
- Örtü, bir silikat bağlayıcıyla bir arada tutulan, oksit, karbonat ve diğer katkılarla karıştırılmış toz halindeki selülozdan oluşur.
- Kaynak çubuğu, akım üreticisine bağlı elektrod penci tarafından sıkıştırılır
- Örtülü çubuk elektrodla kaynağın zayıflıkları:
 - Çubukların periyodik olarak değiştirilmesi gerekir
 - Yüksek akım seviyeleri, örtünün erken erimesine neden olabilir



69

TS 563-EN 499'a göre Örtülü Elektrodlar

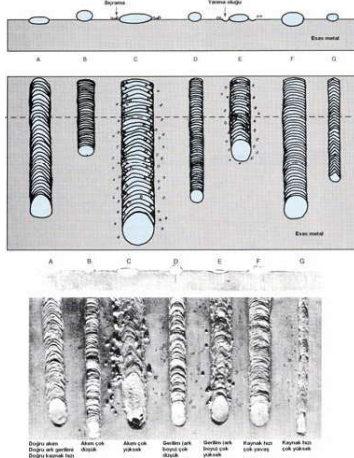


Kaynak Parametrelerinin Etkileri

Ark kaynağında kaynak bölgesine ısı girdisi:

$$Q = \frac{U \cdot I}{v} \eta$$

Q: Isı girdisi
U: Ark gerilimi
I : Kaynak akımı
v : Kaynak hızı
η : Verim



73

Elektrik Ark Kaynağının Uygulamaları

- Çelikler, paslanmaz çelikler, dökme demirler ve bazı belirli demirdışı alaşımlarda kullanılır
- Alüminyum ve alaşımlarında, bakır alaşımlarında ve titanyumda hiç kullanılmaz veya nadiren kullanılır.



74

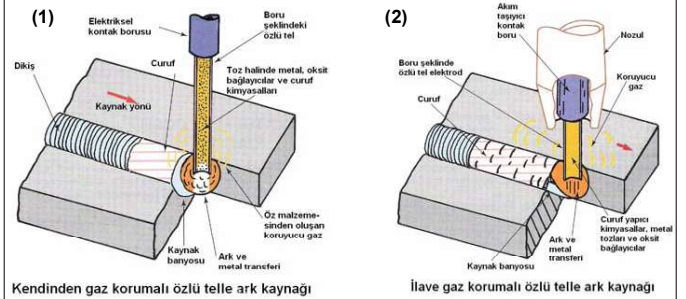
Özlü Telle Ark Kaynağı (ÖTAK)

Çubuk elektrodun sınırlamalarının üstesinden gelmek için örtülü çubuk elektrodla ark kaynağının geliştirilmiş hali

- Elektrod, özünde dekapan ve diğer katkı maddeleri (örn. Deoksidanlar ve alaşım elementleri) içeren sürekli bir eriyen tüptür
- İki türü:
 - Kendinden gaz korumalı ÖTAK – Öz, koruyucu gaz içeren bileşenleri de barındırır
 - İlave gaz korumalı ÖTAK – Dış bir koruyucu gaz uygulanır

75

Özlü Telle Ark Kaynak Yöntemleri



Özlü telle ark kaynağı. Dışarıdan sağlanan koruyucu gazın varlığı veya yokluğu, iki tür oluşturur: (1) koruyucu gaz bileşenleri sağladığı kendinden gaz korumalı, ve (2) dış koruyucu gazların kullanıldığı ilave gaz korumalı

76

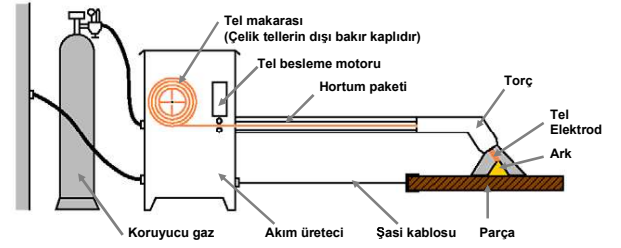
Eriyen Elektrodla Gazaltı Ark Kaynağı (MIG/MAG=Metal Inert Gaz / Metal Aktif Gaz Kaynağı)

Elektrod olarak çıplak bir eriyen metal tel kullanır ve ark, dış bir koruyucu gazla korunur

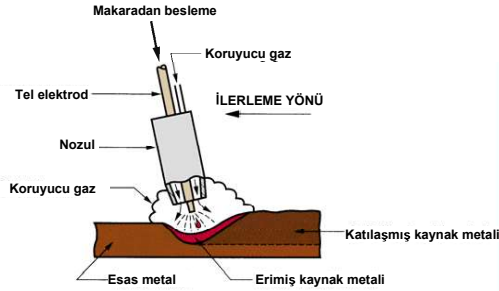
- Tel, bir makaradan kaynak tabancasına (torch) sürekli ve otomatik olarak beslenir
- Koruyucu gazlar, alüminyum için Argon ve Helyum gibi soy gazlardan (MIG), çelik kaynağı için CO₂ gibi aktif gazlardan (MAG) oluşur
- Koruyucu gaz ve çıplak tel elektrod, kaynak banyosu üzerindeki curuf örtüsünün oluşmamasını sağlar – curufun elle taşlanmasına veya temizlenmesine ihtiyaç duyulmaz

77

MIG/MAG Kaynak Donanımı



78



Eriyen elektrodla gazaltı ark kaynağı (MIG/MAG kaynağı)

79

MIG/MAG Kaynağının Elektrik Ark Kaynağına Göre Üstünlükleri

- Sürekli tel elektrod sayesinde daha iyi ark süresi
 - Elektrik ark kaynağında (EAK) çubuk elektrodların periyodik olarak değiştirilmesi gerekir
- EAK'na göre ilave tel elektrodun daha iyi kullanımı
 - EAK'nda çubuk elektrodun koçan kısmı kullanılamaz
- Yüksek yığma hızları
- Curuf uzaklaştırma problemi ortadan kalkar
- Kolayca otomatikleştirilebilir



MIG/MAG kaynağının robotla uygulaması

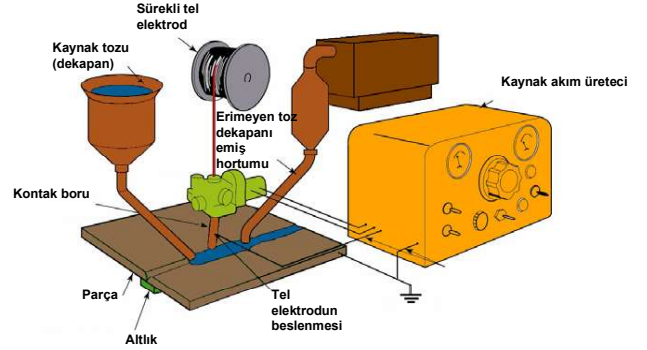
80

Tozaltı Ark Kaynağı

Arkı koruyan toz halindeki bir dekapan ile sürekli, eriyen çıplak tel elektrod kullanır

- Tel elektrod, bir makaradan otomatik olarak beslenir
- Bir huniden yerçekimi etkisiyle arkın önüne yavaşça beslenen toz dekapan, sıçramaları, kıvılcımları ve radyasyonu önleyecek şekilde arkı tamamen örter

81



Tozaltı ark kaynağının şematik görünümü

82

Tozaltı Ark Kaynağının Uygulamaları

- Yapısal çelik profillerin imalatı (Örn. I-profiller)
- Büyük çaplı boruların, depolama tanklarının ve basınçlı kapların dikişleri
- Ağır makine imalatı için kaynaklı parçalar
- Çoğu çelikler (Yüksek C-çelikleri hariç)
- Demirdışı metallere uygun değildir

83

Tozaltı Ark Kaynağının Uygulama Örnekleri



Kalın levhaların yatay pozisyonda küt alın kaynağı



Köşe kaynağı



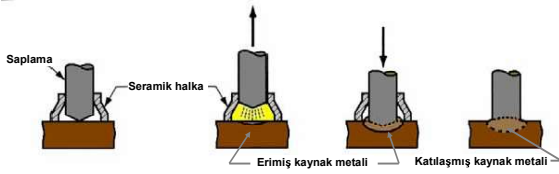
Fikstür yardımıyla büyük çaplı boru kaynağı



Band elektrodla tozaltı ark kaplama

84

Saplama Ark Kaynağı



Saplama ark kaynağı: (a) saplama yerleştirilir; (b) akım tabancadan akar ve saplama, ark ve erimiş banyo oluşturmak üzere çekilir; (c) saplama erimiş banyo içine daldırılır, ve (d) katılaşma tamamlandıktan sonra seramik halka uzaklaştırılır

85

Saplama Kaynağında İşlem Adımları



Şekil 37-10. (Solda) Saplama kaynağında kullanılan saplama türleri; (ortada) Saplama ve seramik halka; (sağda) Kaynaktan sonra saplama ve kesiti

86

Erimeyen Elektrod Kullanılan Ark Kaynak Yöntemleri

- Tungsten Inert Gaz (TIG) Kaynağı
- Plazma Ark Kaynağı
- Karbon Ark Kaynağı

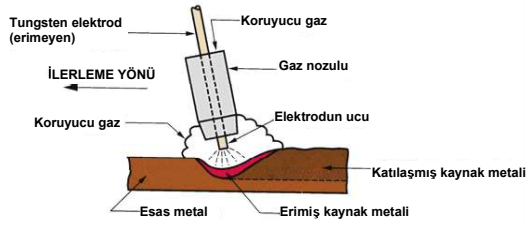
87

Tungsten Inert Gaz (TIG) Kaynağı

Erimeyen bir Tungsten elektrod ve arkın korunması için bir soy (inert) gaz kullanılır

- Tungsten'in erime sıcaklığı = 3410°C
 - Avrupa'da, "WIG (Wolfram Inert Gas) kaynağı" olarak da adlandırılır
- Bir ilave metal de kullanılabilir
 - Kullanıldığında, ilave metal çubuk veya tel halinde kaynak banyosuna ayrıca beslenir
- Uygulamaları: alüminyum ve paslanmaz çelik en yaygınıdır

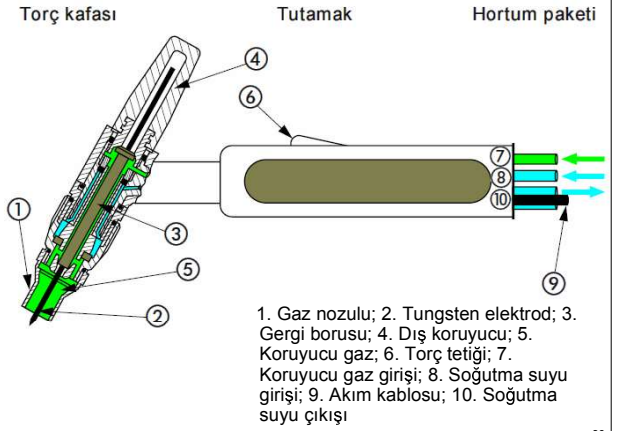
88



Tungsten Inert Gaz (TIG) kaynağı

89

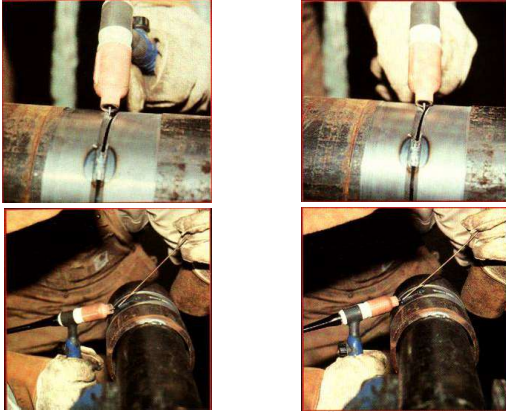
TIG Kaynak Torcunun Yapısı



1. Gaz nozulu; 2. Tungsten elektrod; 3. Gergi borusu; 4. Dış koruyucu; 5. Koruyucu gaz; 6. Torç tetiği; 7. Koruyucu gaz girişi; 8. Soğutma suyu girişi; 9. Akım kablosu; 10. Soğutma suyu çıkışı

90

TIG Kaynağının Uygulanması



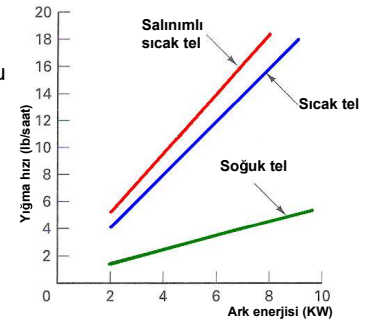
Elektrodun tutuluşunun önden ve yandan görünüşü

Kaynağın yapılışı sırasında torcun tutuluşu

91

Değişik TIG Kaynaklarında Kaynak Verimleri

İlave bir direnç devresiyle ısıtılan dolgu teli kullanarak birim zamanda yığılan kaynak metali miktarı artırılabilir



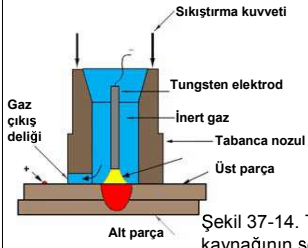
Şekil 37-13. Soğuk, sıcak ve salımlı sıcak telli TIG kaynağında metal yığılma oranlarının karşılaştırılması

92

TIG Nokta Kaynağı

İnce bir sacın kalın bir levhaya birleştirilmesinde, birleşim bölgesine tek taraftan ulaşılması durumunda TIG kaynağının nokta kaynakları oluşturmak için kullanılan şeklidir

- Modifiye bir TIG kaynak torcu kullanılır



Şekil 37-14. TIG nokta kaynağının şematik görünüşü



Şekil 37-15. TIG nokta kaynağının uygulaması

TIG Kaynağının Uygulamasına Örnek



Uzay mekiğinin kaynakla imal edilen dış yakıt tankları. 2219 alüminyum alaşımından oluşturulan bu tankların imalinde hem TIG hem de plazma ark kaynağı kullanılmaktadır.

94

TIG Kaynağının Üstünlükleri ve Eksiklikleri

- Üstünlükleri:
 - Uygun uygulamalar için yüksek kaliteli kaynaklar
 - İlave metal ark'ı oluşturmadığından sıçrama oluşmaz
 - Curuf olmadığından kaynaktan sonra temizleme gerekmez veya çok az gerekir
- Eksiklikleri:
 - Eriyen elektrod kullanan ark kaynaklarına göre genellikle daha yavaş ve daha pahalıdır

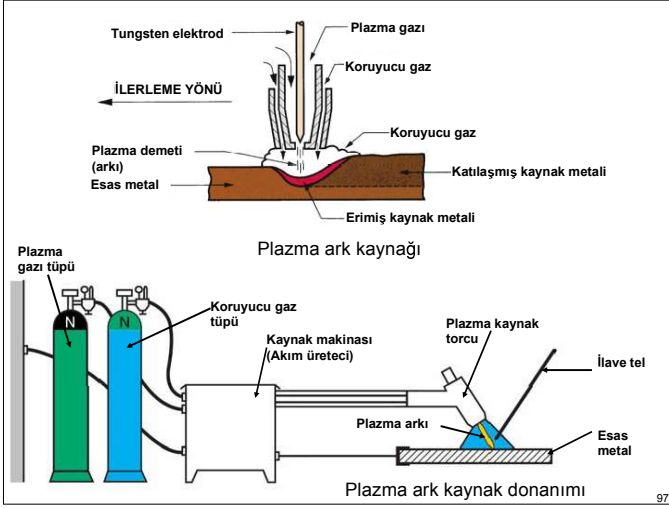
95

Plazma Ark Kaynağı (PAK)

Sınırlanmış bir plazma arkının kaynak bölgesine yönlendirildiği, TIG kaynağının özel bir şekli

- Tungsten elektrod, yüksek hızlı bir inert gaz (Argon) demetinin, yoğun sıcak bir ark demeti oluşturmak üzere ark bölgesine odaklandığı bir nozul içinde kullanılır
- PAK içindeki sıcaklıklar, küçük çaplı ve yüksek enerji yoğunluğuna sahip bir plazma jetinin oluşturduğu sınırlanmış ark sayesinde 28000°C'ye ulaşır

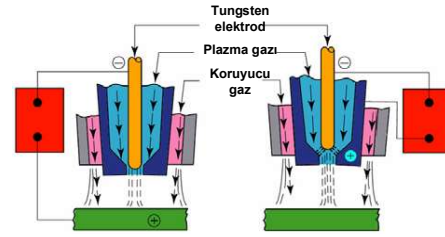
96



97

Plazma Ark Kaynak Torçlarının Türleri

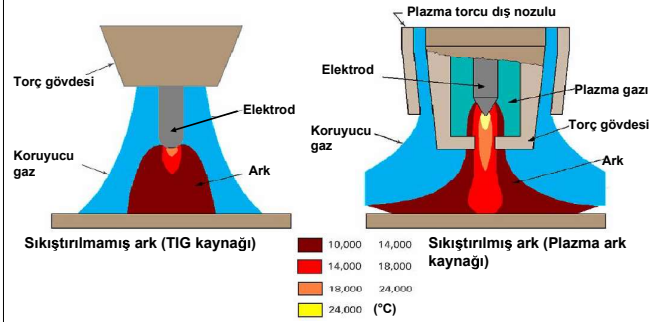
Çoğu plazma ark kaynak torcunda, torç içindeki plazma gazını ısıtan ve iyonize eden küçük bir indirekt ark (pilot ark) kullanılır. İyonize olan gaz, esas direkt ark için iyi bir iletken yol oluşturur. Bu tür ark, çok daha kararlıdır



Şekil 37-16. İki plazma ark torç türü. (Solda) direkt ark (Sağda) indirekt ark

98

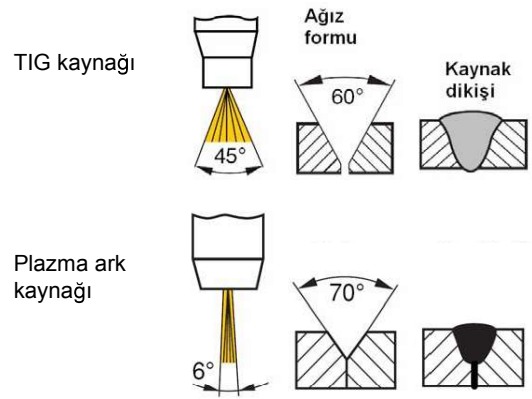
TIG Arkı ile Plazma Arkının Karşılaştırılması



Şekil 37-17. Sıkıştırılmamış TIG kaynak arkı ile sıkıştırılmış plazma arkının karşılaştırılması.

99

TIG Kaynağı ile Plazma Ark Kaynağının Karşılaştırılması



100

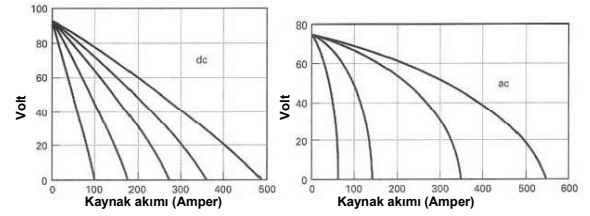
Plazma Ark Kaynağının Üstünlükleri ve Eksiklikleri

- **Üstünlükleri:**
 - İyi ark kararlılığı
 - Ark kaynağına göre daha iyi nüfuziyet kontrolü
 - Yüksek ilerleme (kaynak) hızları
 - Mükemmel dikış kalitesi
 - Hemen tüm metallerin kaynağında kullanılabilir
- **Eksiklikleri:**
 - Yüksek ekipman maliyeti
 - Diğer ark kaynak yöntemlerine göre daha büyük torç boyutu
 - bazı bağlantı konfigürasyonlarına ulaşmayı zorlaştırma eğilimi taşır

101

Ark Kaynağındaki Akım Üreteçleri

Ark kaynağı, 100 ila 1000 A'lık bir aralıkta elektrik akımına ihtiyaç duyar. Gerilim ise 20-50 V arasındadır. Bu özelliklere sahip akım üreteçlerine ihtiyaç duyulur



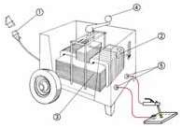
Şekil 37-18. Tipik ark kaynağı akım üreteçlerinin düşen gerilim karakteristikleri

102

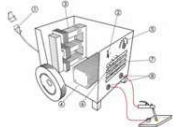
Ark Kaynağındaki Akım Üreteçleri-devam

Doğru akım (DC) veya Alternatif akım (AC)

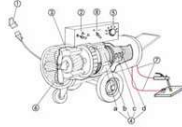
- AC makineleri satın alma ve işletme bakımından daha ucuzdur ancak genellikle demir esaslı metallerle sınırlıdır
- DC ekipman tüm metallerde kullanılabilir ve genel olarak ark kontrolü için daha avantajlıdır



Transformatör (AC)



Redresör (DC)

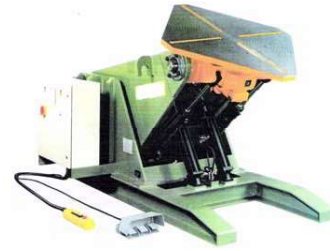


Jeneratör (DC)

103

Jigler ve Fikstürler

Jig ve fikstürler (pozisyonier olarak da adlandırılırlar) imalat sırasında parçayı en uygun ve en kolay kaynak pozisyonunda tutmak veya döndürmek için kullanılırlar



Üniversal bir kaynak pozisyonieri

104

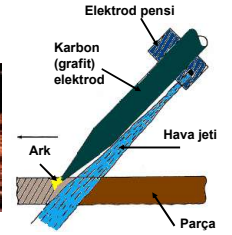
Elektrik Arkı ile Kesme

- Teorik olarak elektrik arkı ile tüm metaller kesilebilir. Bu yöntemlerin tümünde malzeme, arkın yoğun ısısı ile eritilir ve kesme yarığında veya kanalından atılır.
- Başlıca arkla kesme yöntemleri:
 - Karbon ark ve elektrik ark kesme yöntemi
 - Havalı karbon ark kesme (Arcair)
 - Oksijen ark kesme
 - MAG kesme
 - TIG kesme
 - Plazma ark kesme

105

Havalı Karbon Ark Kesme

- Ark, karbon elektrod ile parça arasında tutuşturulur; yüksek hızlı hava jeti, elektrod pensindeki delikten kesme kanalına üflenir

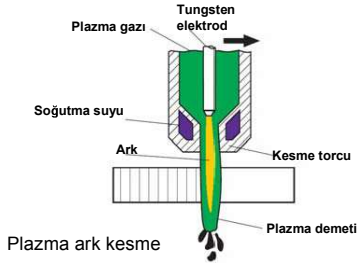


Şekil 37-20. Havalı karbon ark kesme yönteminde kullanılan tabanca. Elektrodu çevreleyen hava kanalından hava üflenir

106

Plazma Ark Kesme

- Plazma ark kesmede indirekt ark türü torçlar tercih edilir. Sıcaklık 16.500 °C civarındadır. Her türlü metal ve alaşımı eriterek kesilebilir
- Diğer kesme yöntemlerine göre daha ekonomiktir. Mekanikleştirilebilir veya robotla uygulanabilir



107

Sualtında Plazma Ark Kesme

- Özel torç kullanımıyla, plazma ark kesme işlemi sualtında da uygulanabilir
- Gürültü, arktaki ışımlar, tozlar ve parçada ısı birikmesi önlenir

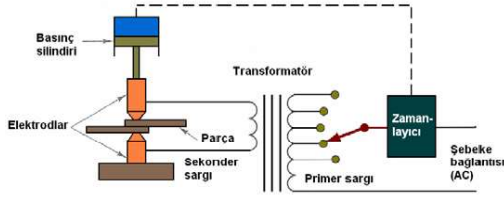


108

Direnç Kaynağı

Birleştirmeyi oluşturmak için ısı ve basıncı birlikte kullanan bir eritme kaynak yöntem grubu

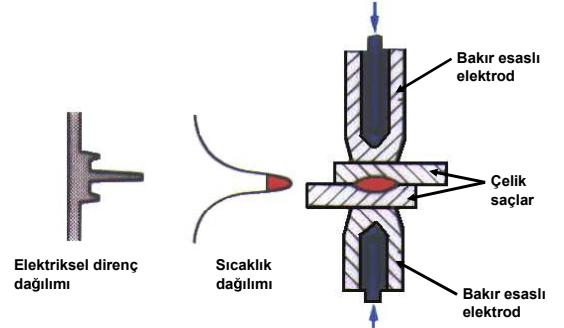
- Isı, kaynak yapılacak bağlantıda elektrik akımının geçişine gösterilen dirençle üretilir
- Temel direnç kaynak yöntemi = direnç nokta kaynağı



Şekil 38-1. Elektrik direnç kaynağının temel devresi

109

Direnç Kaynağında Elektriksel Direnç ve Sıcaklık Dağılımı



Şekil 38-2. Direnç kaynağında elektrodlar ve parçalar boyunca istenen sıcaklık dağılımı

110

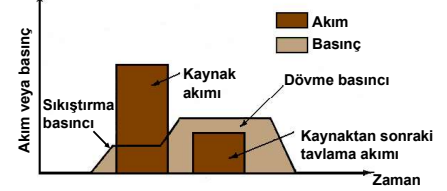
Direnç Kaynağında Parametreler

- **Basınç:** Direnç kaynağındaki basıncın bir dövme etkisi oluşturması nedeniyle, diğer yöntemlerde oluşturulanlara göre daha düşük sıcaklıklarda kaynak yapılabilir
 - Eğer aşırı basınç uygulanırsa, erimiş ve yumuşamış metal, arayüzeyden fişkirabilir
- **Akım ve Akım Kontrolü:** Yüzey koşulları ve basınç önemli parametrelerse de, direnç kaynağı esas olarak akımın büyüklüğü ve geçiş süresi tarafından oluşturulur
 - Yüksek akımlar ve kısa kaynak süreleri sayesinde bitişik metale dağılan ısı miktarı düşük seviyede tutulabilir ve istenen sıcaklıklara çıkılabilir

111

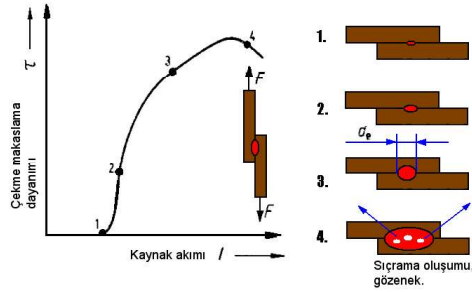
Direnç Kaynağında Parametreler - devam

- **Akım üretici:** Kaynak devresinin genel direnci düşük olduğundan, bir direnç kaynağı oluşturmak için yüksek akımlara gerek duyulur. Güç transformatörleri kaynak için gerekli yüksek akımları (100 KA'e kadar) sağlar



Şekil 38-3. Direnç kaynağında tipik akım ve basınç çevrimi. Çevrimde dövme ve kaynaktan sonraki tavlama işlemleri de dahil edilmiştir.

112



Direnç nokta kaynağında kaynak akımının bağlantının çekme-makaslama dayanımına etkisi

113

Direnç Kaynağının Üstünlükleri ve Eksiklikleri

- Üstünlükleri:
 - İlave metal gerekmez
 - Yüksek üretim hızlarına erişilebilir
 - Mekanizasyonu ve otomasyonu kolaydır
 - Operatör beceri seviyesi, ark kaynağına oranla daha düşüktür
 - İyi tekrarlanabilirlik ve güvenilirlik
- Eksiklikleri:
 - Yüksek ilk ekipman maliyeti
 - Çoğu direnç kaynağı için bindirme bağlantılarıyla sınırlı

114

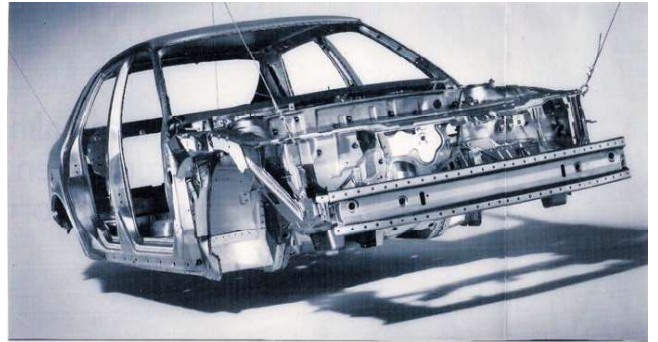
Direnç Nokta Kaynağı

Bir bindirme bağlantıda temas eden yüzeylerin eritildiği direnç kaynak yöntemi, karşılıklı elektrodların yerleştirilmesiyle sağlanır

- Bir seri nokta kaynağı kullanarak saç metallerin birleştirilmesinde kullanılır
- Saç metalden imal edilen otomobil, ev aletleri ve diğer ürünlerin seri imalatında yaygın şekilde kullanılır
- Tipik bir araç gövdesinde ~ 5.000 nokta kaynağı vardır
 - Tüm dünyada yıllık otomobil üretiminde on milyonlarca nokta kaynağı yapılmaktadır

115

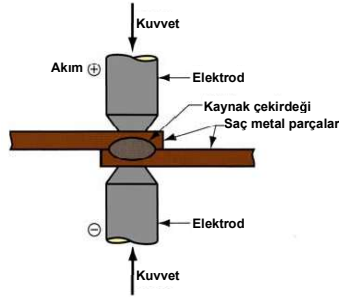
Bir Otomobil Gövdesindeki Nokta Kaynakları



116

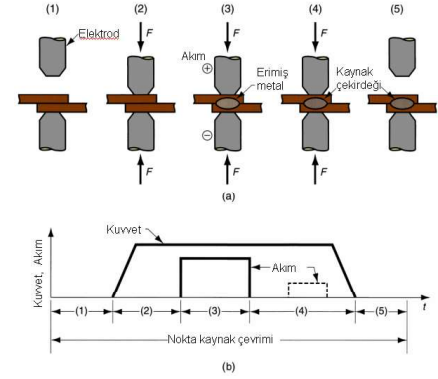
Direnç Nokta Kaynağındaki Bileşenler

- Kaynak yapılacak parçalar (genellikle saç metal)
- Karşılıklı iki elektrod
- Parçaları elektrodlar arasında sıkıştırmak için basınç uygulama aparatları
- Belirli bir süre için kontrollü bir akım uygulayabilen güç üretici



Şekil 38-4. Direnç kaynağı grubunun en yaygın uygulaması olan nokta kaynağındaki bileşenler

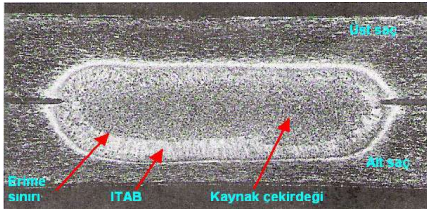
117



(a) Nokta kaynak çevrimi, (b) Sıkıştırma kuvveti ve çevrimdeki akımın grafiği
(1) elektrodlar arasına yerleştirilen parçalar, (2) elektrodların kapatılması, kuvvetin uygulanması, (3) akımın akışı, (4) akımın durdurulması, (5) elektrodların açılması, kaynaklı parçanın çıkarılması

118

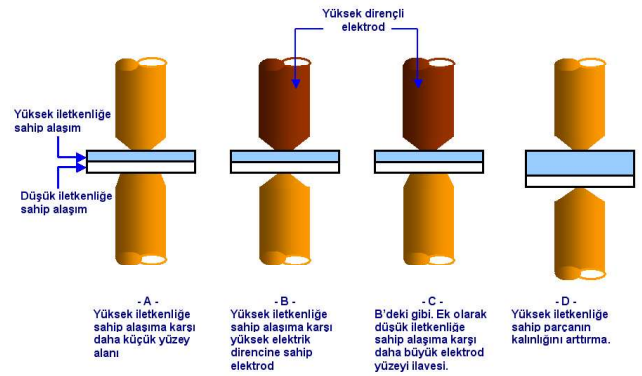
Direnç Nokta Kaynağının Kesiti



Şekil 38-5. 1,3 mm'lik iki alüminyum alaşımı saç arasındaki bir nokta kaynak çekirdeği. Üst elektrodun çapı alttakinden daha büyük olduğundan, çekirdek simetrik değildir

119

Direnç Nokta Kaynağında Isıl Denge



120

Direnç Nokta Kaynağının Muayenesi

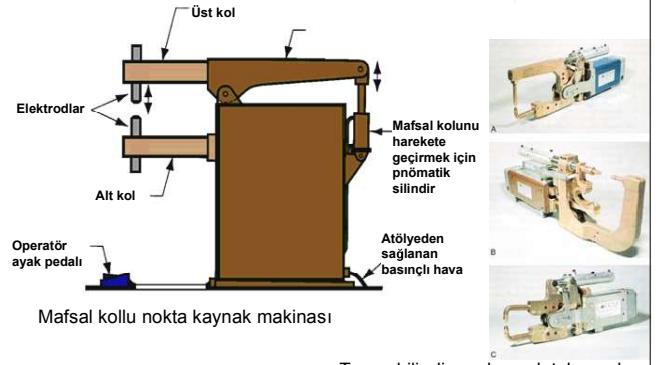
Şekil 38-5'teki gibi tatminkar bir nokta kaynağı, arayüzeyde bulunan bir çekirdekten oluşur. Elektrodların malzeme yüzeyine çok az girmesi gerekir. Şekil 38-6'da gösterildiği gibi kaynağın dayanımı, bir çekme veya sıyırma testi uygulandığında, arayüzeyden değil çekirdeği çevreleyen ITAB'dan ayrılma ile ispat edilir.



Şekil 38-6. Tatminkar bir nokta kaynağının sıyırma testi. Hasar, kaynağın dışında meydana gelmiştir

121

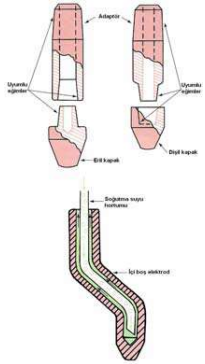
Nokta Kaynağı Ekipmanı



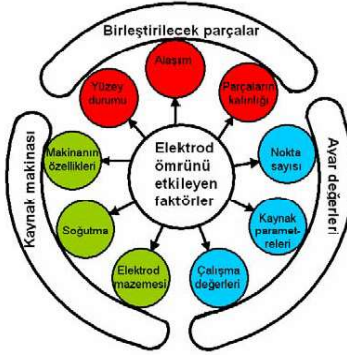
Taşınabilir direnç kaynak tabancaları

122

Nokta Kaynak Elektrodları



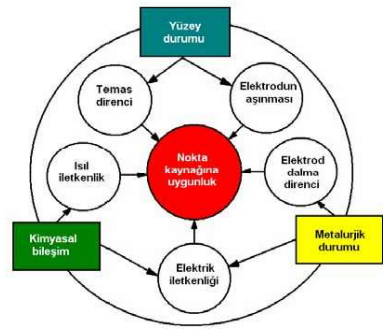
Nokta kaynak elektrod örnekleri



Direnç nokta kaynağında elektrod ömrünü etkileyen faktörler

123

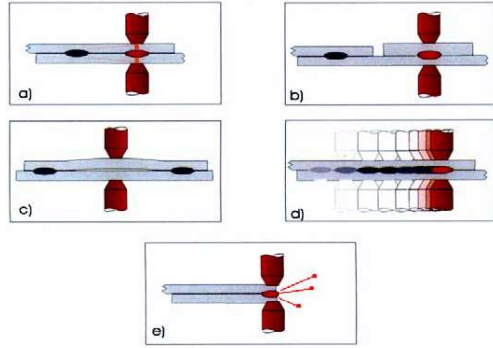
Direnç Nokta Kaynak Kabiliyeti



Direnç nokta kaynağına uygunluğu etkileyen faktörler

124

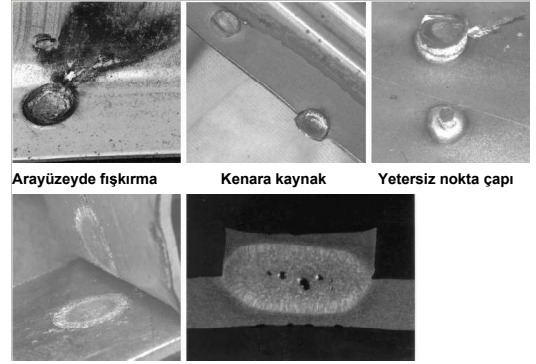
Direnç Kaynağında Kaynak Hataları



a) Şönt (kaçak) akım; b) Saç kalınlığının değişmesi; c) Saçların aralık kalması; d) Elektrodların aşınması; e) Saç kenarında kaynak

125

Direnç Nokta Kaynak Hataları



Soğuk yapışma (erimeme)

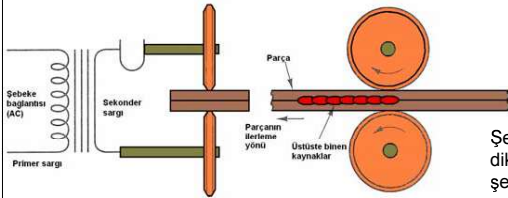
Gözenek

126

Direnç Dikiş Kaynağı

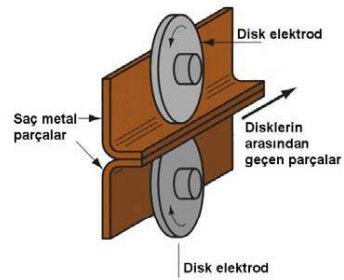
Bir bindirme bağlantı boyunca bir seri üstüste binmiş nokta kaynakları üretmek üzere dönen disk elektrodlar kullanılır

- Direnç dikiş kaynağı, sızdırmaz bağlantılar üretebilir
- Uygulamaları:
 - Yakıt depoları
 - Egzoz susturucuları
 - Diğer değişik saç metal kaplar

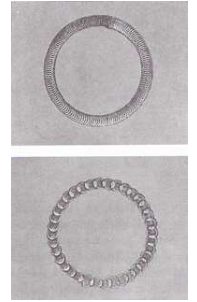


Şekil 38-9. Direnç dikiş kaynağının şematik görünüşü

127

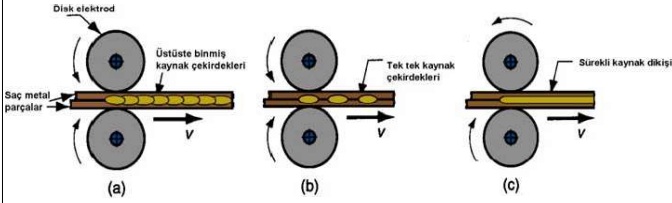


Direnç dikiş kaynağının prensip şeması



Şekil 35-9. Farklı aralıklarla üstüste binmiş nokta kaynaklarıyla oluşturulmuş dikiş kaynakları

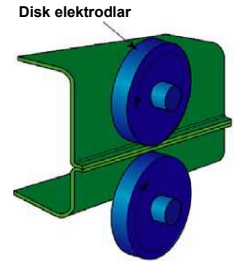
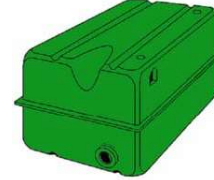
128



Disk elektrod tarafından üretilen farklı dikiş türleri:
 (a) üstüste binmiş noktalarından oluşan, geleneksel direnç dikişi
 (b) disk elektrodla nokta kaynağı;
 (c) sürekli direnç dikişi

129

Direnç Dikiş Kaynağının Uygulamaları Otomobil yakıt deposu



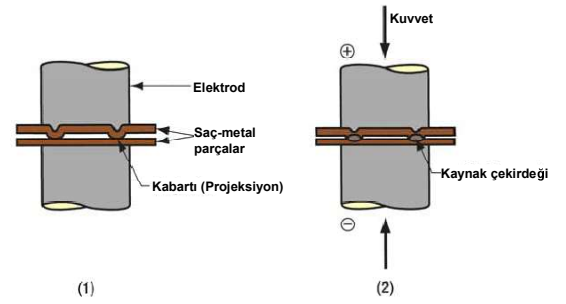
130

Direnç Kabartı (Projeksiyon) Kaynağı

Birleşmenin, parçalar üzerindeki bir veya birkaç küçük temas noktasında olduğu bir direnç kaynak yöntemi

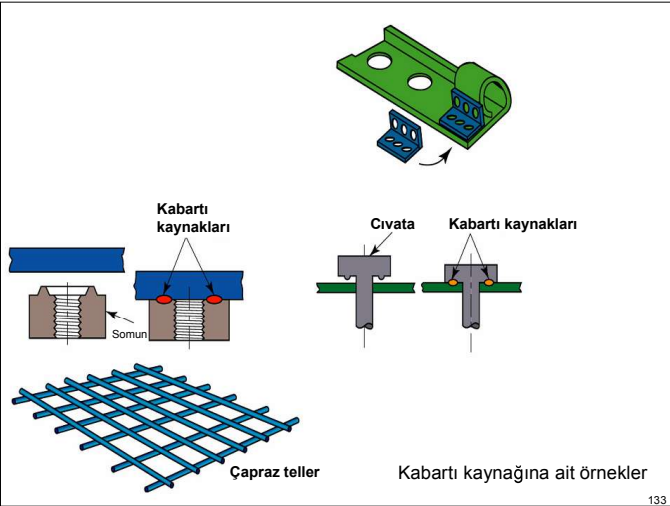
- Birleştirilecek parçaların tasarımıyla belirlenen temas noktaları, kabartılardan, çıkıntılardan veya parçaların yerel arakesitlerinden oluşabilir

131



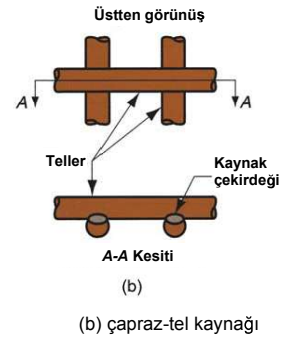
Direnç kabartı kaynağı: (1) işlemin başlangıcında, parçalar arasındaki temas kabartılardadır; ve (2) akım uygulandığında, kabartılarda, nokta kaynağındakine benzer kaynak çekirdekleri oluşur

132



133

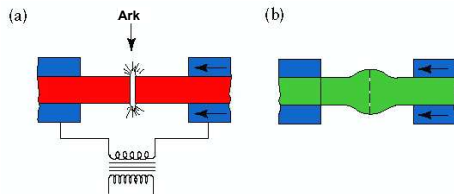
Çapraz-tel Kaynağı



134

Yakma Alın Kaynağı

Normal olarak alın bağlantıları için kullanılan bir yöntem. Birleştirilecek iki yüzey, temas veya yakın hale getirilir ve yüzeyleri erime sıcaklığına çıkaracak ısıyı üretmek için elektrik akımı uygulanır; daha sonra kaynağı oluşturmak üzere yüzeyler birbirine bastırılır.

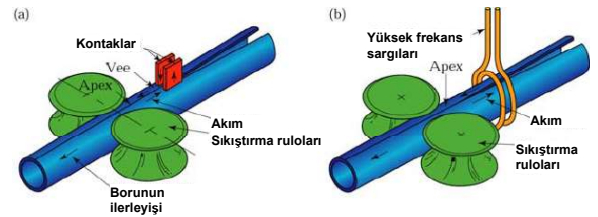


Yakma alın kaynağı: (a) elektrik direnciyle ısıtma; ve (b) yığma – parçaların birbirine bastırılması.

135

Yüksek Frekans Direnç Kaynağı

Yüksek frekanslı bir alternatif akımın, ısıtma için kullanıldığı ve hemen ardından birleştirmeyi sağlamak için bir yığma kuvvetinin uygulandığı bir direnç kaynak yöntemi



Şekil 31.20 – Dikişli boruların kaynağı (a) yüksek frekans direnç kaynağı; ve (b) yüksek frekans indüksiyon kaynağı

136

Diğer Kaynak ve Kaynakla İlgili Yöntemler

Ark, direnç veya oksijenli gaz kaynağı olarak sınıflandırılmayan eritme kaynak yöntemleri

- Eritme için ısıyı üretecek farklı teknolojiler kullanır
- Uygulamaları da tipik olarak farklıdır
- Yöntemler arasında:
 - Katı hal kaynak yöntemleri
 - Diğer kaynak ve kesme yöntemleri
 - Plastik malzemelerin kaynağı
 - Yüzey kaplama ve metal püskürtme

137

Katı Hal Kaynak Yöntemleri

- Dövme (demirci) kaynağı
- Soğuk kaynak (soğuk basınç kaynağı)
- Haddeleme kaynağı
- Sürtünme kaynağı
- Ultrasonik kaynak
- Difüzyon kaynağı
- Patlamalı kaynak

138

Katı Hal Kaynağı

- Parça yüzeylerinin birleştirilmesi için:
 - Sadece basınç, veya
 - Isı ve basınç
 - Eğer hem ısı hem de basınç kullanılıyorsa, tek başına ısı parça yüzeylerini eritmeye yeterli değildir
 - Bazı katı hal kaynak yöntemleri için, zaman da bir faktördür
- İlave metal kullanılmaz
- Her bir katı hal kaynak yöntemi, temas yüzeylerinde bağ oluşturmak için kendi özgün yöntemine sahiptir
- Başarılı bir katı hal kaynağı için temel faktörler, iki yüzeyin
 - Çok temiz
 - Atomsal bağa izin verecek derecede çok yakın fiziksel temas halinde olması gerekir

139

Katı Hal Kaynak Yöntemlerinin Eritme Kaynak Yöntemlerine göre Üstünlükleri

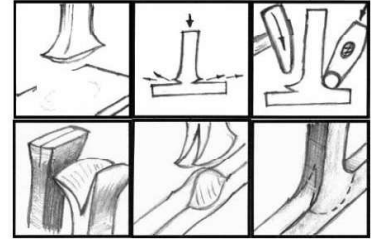
- Eğer erime olmazsa, ITAB da oluşmaz; böylece bağlantı çevresindeki metal başlangıçtaki özelliklerini sürdürür
- Çoğu katı hal kaynak yöntemi, ayrı noktalar veya dikişler şeklinde değil, temas eden arayüzeyin tamamını birleştiren kaynaklı bağlantılar oluşturur
- Bazıları, izafi erime sıcaklıklarını ve eritme kaynağında ortaya çıkan diğer problemleri göz önüne almadan farklı metalleri birleştirmek için kullanılır

140

Dövme Kaynağı

- Birleştirilecek kısımlarının sıcak dövme işlem sıcaklığına kadar ısıtıldığı ve daha sonra çekiç veya benzer aletlerle birlikte dövüldüğü kaynak yöntemi
- İmalat teknolojisinin gelişiminde tarihsel öneme sahip
 - İşlemin geçmişi, demircilerin iki metal parçayı kaynak yapmayı öğrendiği M.Ö. 1000'e kadar dayanır
 - Günümüzde bazı türleri hariç ticari önemi yoktur

141

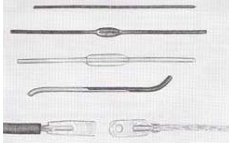


Dövme (demirci) kaynağının uygulamaları

142

Soğuk Kaynak

- Temiz temas yüzeyleri arasına oda sıcaklığında yüksek basınç uygulayarak yapılan katı hal kaynak yöntemi
- Temizleme, birleştirmeden hemen önce genellikle yağ giderme veya fırçalama ile yapılır
 - Isı uygulanmaz; ancak deformasyon, parça sıcaklığını yükseltir
 - Metallerin en azından biri, tercihen de ikisi birden çok sünek olmalıdır
 - Yumuşak alüminyum ve bakır, soğuk kaynağa uygundur
 - Uygulamalar: elektriksel bağlantıların yapımı

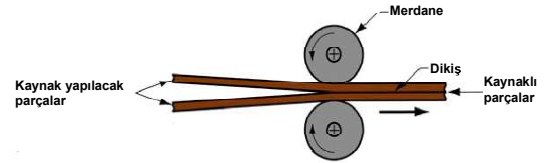


Şekil 38-12. Soğuk kaynakla birleştirilmiş küçük parçalar

143

Haddeleme Kaynağı

- Birleşmeye yeterli basıncın, dış ısı ile veya olmadan, merdaneler aracılığıyla uygulandığı katı hal kaynak yöntemi
- Parçaların işlemiden önce ısıtılıp ısıtılmadığına bağlı olarak, dövme veya soğuk kaynağın özel bir hali
 - Eğer dış ısı yoksa, **soğuk haddeleme kaynağı**
 - Eğer ısı uygulanıyorsa, **sıcak haddeleme kaynağı**



Haddeleme Kaynağı

144

Haddeleme Kaynağının Uygulamaları

- Korozyon direnci için paslanmaz çeliğin alaşımsız veya düşük alaşımlı çelik üzerine giydirilmesi
- Sıcaklık ölçümü için Bimetalik şeritler
- "Sandviç" metal paralar



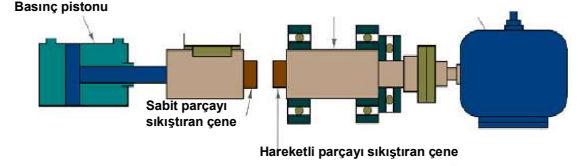
Şekil 38-13. Haddeleme kaynağıyla birleştirilmiş buzdolabı dondurucu evaporatörü. Dışarı taşan kanalları haddeleme kaynağıyla birleştirilmiştir.

145

Sürtünme Kaynağı

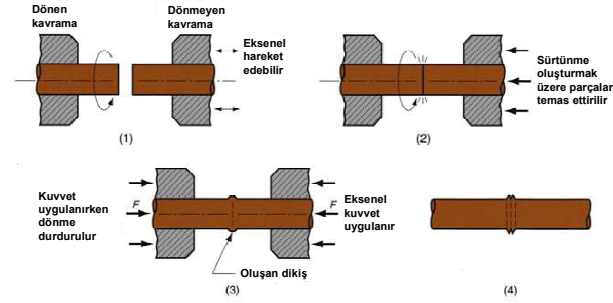
Birleşmenin, basınçla birlikte sürtünme ısısıyla oluşturulduğu katı hal kaynak yöntemi

- Uygun yapıldığında, temas yüzeylerinde erime oluşmaz. Normal olarak ilave metal, dekapan veya koruyucu gaz kullanılmaz
- İşlem dar bir ITAB oluşturur
- Farklı metallerin birleştirilmesinde kullanılabilir
- Ticari işlemlerde geniş çapta kullanılır; otomasyona ve seri üretime uygundur



Şekil 38-15. Sürtünme kaynak ekipmanı

146



Sürtünme kaynağı: (1) dönen parça, temas yok; (2) sürtünme ısısı üretmek üzere parçalar temas haline getirilir; (3) dönme durdurulur ve eksenel basınç uygulanır; ve (4) kaynak oluşturulur

147

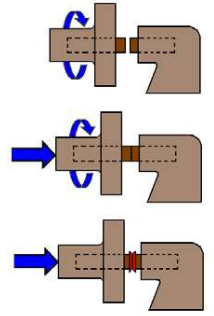
Sürtünme Kaynağının İki Türü

1. Sürekli tahrikli sürtünme kaynağı

- Parçalardan biri, sabit parçaya doğru, ara yüzeyde sürtünme ısısı oluşturmak üzere sabit dev/dak'da döndürülür
- Uygun ısı işlem sıcaklığında dönme durdurulur ve parçalar birbirine bastırılır

2. Atalet sürtünme kaynağı

- Dönen parça, önceden saptanmış bir hızda dönen bir volana bağlıdır
- Volan tahrik sisteminden ayrılır ve parçalar birbirine bastırılır



Şekil 38-16. Atalet sürtünme kaynağının değişik aşamalarının şematik görüşleri

148

Sürtünme Kaynağının Uygulamaları ve Sınırları



- Uygulamaları:
 - Şaft ve borusal parçalar
 - Endüstriler: otomotiv, uçak, ziraat makinaları, petrol ve doğal gaz
- Sınırları:
 - Parçalardan en az biri dönel olmalıdır
 - Yığılma çapağı genellikle uzaklaştırılır
 - Yığılma, parça boylarını kısaltır (tasarım aşamasında dikkate alınması gerekir)

Şekil 38-17. Bazı sürtünme kaynaklı parçalar

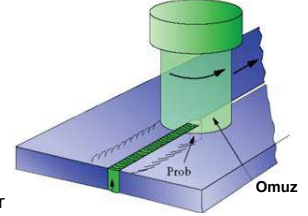


149

Sürtünme Karıştırma Kaynağı

- Düşük sıcaklıkta eriyen metalleri ve termoplastikleri birleştirmede kullanılan yeni bir yöntem (1991)
- Sürtünme ısısı, parçaların temas yüzeyleri arasında dönen erimeyen bir prob ile oluşturulur.
- Prob döndükçe plastikleşen ve yumuşayan malzemeler döndürme etkisiyle birbirinin içine karışır

Şekil 38-18. Sürtünme karıştırma kaynağı. Dönen prob, sürtünme ısısı üretirken omuz kısmı ise ilave sürtünme ısısı oluşturur ve yumuşayan malzemenin çevreye dağılmasını engelleyerek şeklini korur



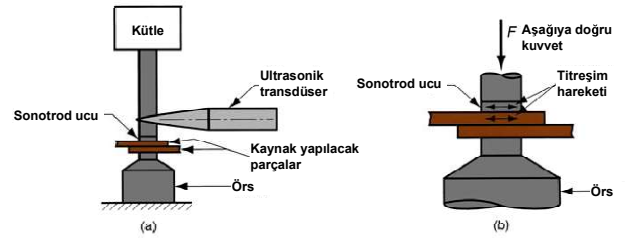
150

Ultrasonik Kaynak

İki parçanın birarada tutulduğu ve birleştirmek üzere arayüzeye ultrasonik frekansta titreşimsel kayma gerilmeleri uygulandığı katı hal kaynak yöntemi

- Titreşim hareketi, teması sağlamak üzere yüzeylerde mevcut tabakaları kırar ve metalurjik bağ oluşturur
- Yüzeyler ısınmasına rağmen sıcaklıklar T_m 'nin çok altındadır
- İlave metal, dekapan veya koruyucu gaz kullanılmaz
- Genellikle alüminyum ve bakır gibi yumuşak metallerin bindirme tipi bağlantısıyla sınırlıdır

151



Şekil 38-19. Ultrasonik kaynak : (a) Bir bindirme bağlantı için genel ekipman; ve (b) kaynak bölgesinin yakından görünüşü

152

Ultrasonik Kaynağın Uygulamaları

- Elektrik ve elektronik endüstrisi için tel terminalleri ve bağlantıları (lehimlemeye ihtiyacı ortadan kaldırır)
- Alüminyum saç metal panellerin birleştirilmesi
- Güneş panellerinde boruların saçlara kaynağı
- Otomotiv endüstrisinde küçük parçaların birleştirilmesi

153

Difüzyon Kaynağı

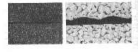
Genellikle kontrollü bir atmosferde, difüzyon ve birleşimin oluşmasına yeterli süre ısı ve basınç kullanan katı hal kaynak yöntemi

- Sıcaklıklar $\leq 0.5 T_m$
- Yüzeylerdeki plastik deformasyon minimumdur
- Birincil birleşme mekanizması katı hal difüzyonudur
- Sınırlamalar: difüzyon için gereken süre, birkaç saniyeden birkaç saate kadar uzayabilir

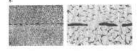


İki farklı metalin difüzyon kaynağı

Başlangıçta sadece pürüzler temas eder



Uygulanan basınç metal temasını artırır



Difüzyon bölgesi boyunca malzeme yayılır (temas bölgesi büyür)



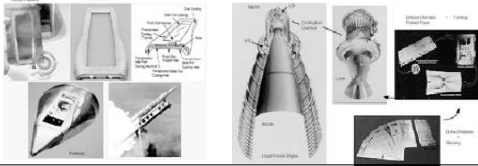
Gözenekler gittikçe küçülür ve hemen hemen yok olur.

Difüzyon kaynağının aşamaları

154

Difüzyon Kaynağının Uygulamaları

- Uzak ve nükleer endüstrilerde yüksek dayanımlı ve refrakter metallerin birleştirilmesi
- Benzer ve farklı metallerin birleştirilmesinde kullanılabilir
- Farklı metallerin birleştirilmesi için, esas metallere difüzyonu arttırmak için, aralarına farklı bir metalden dolgu tabakası yerleştirilebilir

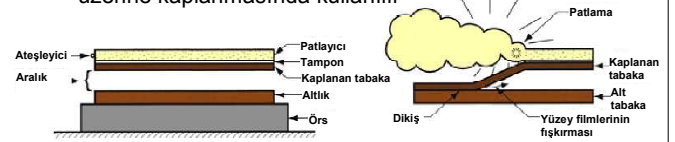


155

Patlamalı Kaynak

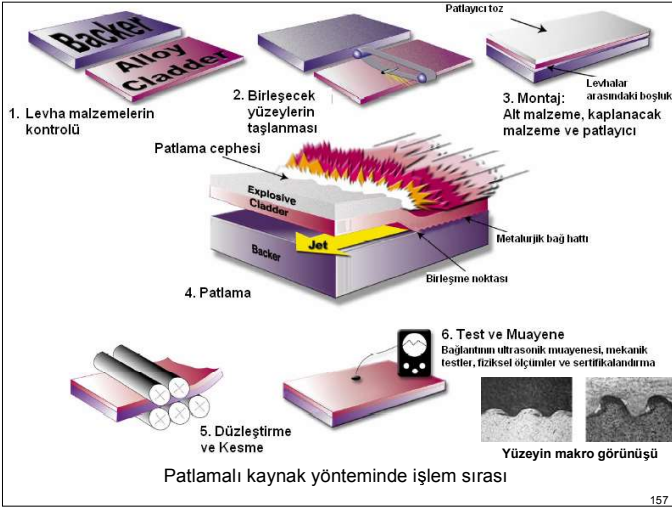
Yüksek hızlı patlamanın iki metal yüzeyi hızla birleştirilmesini sağladığı katı hal kaynak yöntemi

- İlave metal kullanılmaz; Dış ısı uygulanmaz; Difüzyon oluşmaz – zaman çok kısadır
- Metaller arasındaki bağ, dalgalı bir arayüzle sonuçlanan mekanik kilitlemeyle beraber metalurjiktir
- Çoğu kez iki farklı metalin birleştirilmesinde, özellikle de büyük yüzeyler halinde bir metalin diğerinin üzerine kaplanması kullanılır



Şekil 38-20. Patlamalı kaynak: (1) paralel konfigürasyon halinde yerleştirme, ve (2) patlayıcının patlaması sırasındaki durum

156

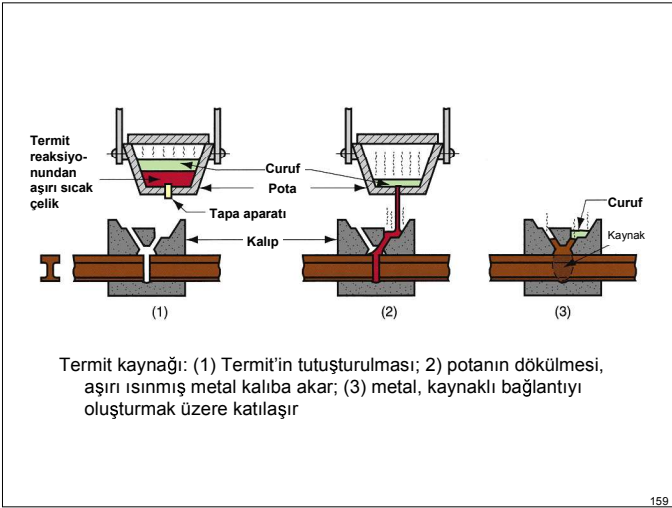


157

Termit Kaynağı (Alüminotermik Kaynak)

- Birleşme için gerekli ısının, termit'in kimyasal reaksiyonundan sağlanan aşırı ısıtmış erimiş metalle üretildiği eritme kaynak yöntemi
- *Termit* = Tutuşturulduğunda egzotermik bir reaksiyon oluşturan, Al ve ince Fe_3O_4 tozlarının karışımı
 - Yangın bombalarında da kullanılmaktadır
 - İlave metal, sıvı metalden elde edilir
 - Yöntem birleştirme için kullanılır; ancak kaynağa göre döküm işleminde daha yaygındır

158



159

Termit Kaynağı'nın Uygulamaları

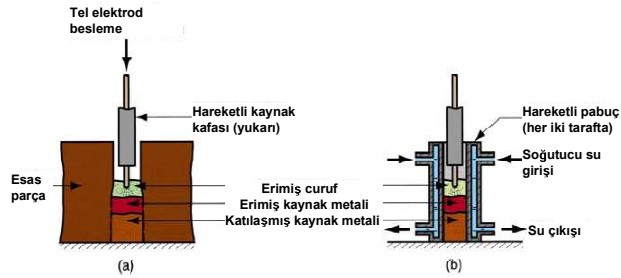
- Demiryolu raylarının birleştirilmesi
- Büyük çelik döküm ve dövme parçalardaki çatlakların tamiri
- Dikiş yüzeyi, sonradan işlemeyi gerektirmeyecek derecede pürüzsüzdür



Termit kaynağı uygulaması:
Ray kaynağı

160

Elektrocuruf Kaynağı



Elektrocuruf kaynağı: (a) görünüşü basitleştirmek için kalıplama pabucu çizilmemiş önden görünüş, ve (b) Her iki tarafta kalıplama pabuçları gösterilen yan görünüş

161

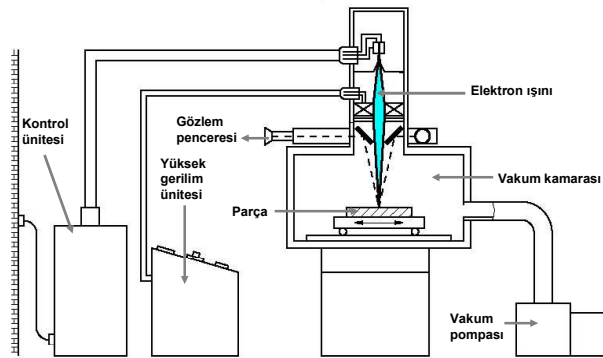
Elektron Işın Kaynağı

Kaynak için gerekli ısının, parça yüzeyine yüksek hassasiyette odaklanmış ve yönlendirilmiş yüksek yoğunlukta elektron demeti ile sağlandığı eritme kaynak yöntemi

- Elektron ışın tabancalarının işletimi:
 - Elektronları ivmelendirmek için yüksek gerilim (örn., tipik olarak 10 ila 150 kV tipik)
 - Işın akımları düşüktür (miliamper olarak ölçülür)
- Elektron ışın kaynağında güç değil güç yoğunluğu fazladır

162

Elektron Işın Kaynak Donanımı

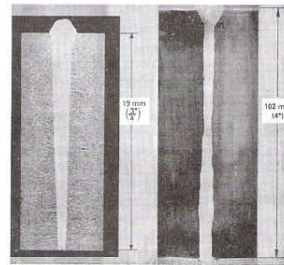


163

Elektron Işın Kaynağı Vakum Kamarası

İlk geliştirildiğinde, elektron ışınının hava moleküllerince saptırılmasını en aza indirmek için vakum ortamında oluşturulması gerekmekteydi

- Üretimde ciddi uygunsuzluklar
- Vakum işlemi 1 saat'e kadar sürebilir



Şekil 38-23. Elektron ışın kaynaklı iki parça; (Solda) 19 mm'lik Alüminyum; (Sağda) 102 mm'lik kalın paslanmaz çelik

164

Elektron Işın Kaynağında Üç Vakum Seviyesi

- **Yüksek-vakum** kaynağı – kaynak, ışının üretildiği aynı vakum kamarasında yapılır
 - En yüksek kalitede kaynak, en yüksek derinlik/genişlik oranı
- **Orta-vakum** kaynağı – kaynak, kısmi vakumlu ayrı bir kamarada yapılır
 - Vakum işlem süresi kısaltılmıştır
- **Vakumsuz** kaynak – Parça elektron ışın jeneratörüne yakın konumlandırılarak, kaynak işlemi atmosferik basınçta veya yakın değerde yapılır
 - Parçayı ışın jeneratöründen ayırmak için Vakum Bölücüsü gerekir

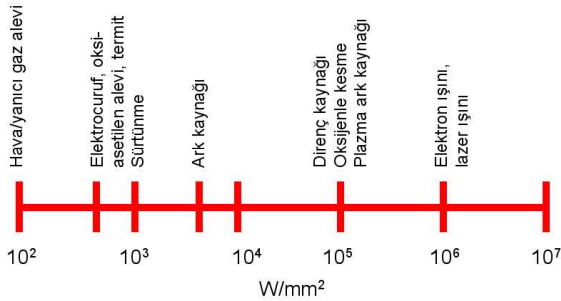
165

Elektron Işın Kaynağının Üstünlükleri ve Eksiklikleri

- **Üstünlükleri:**
 - Yüksek kalitede dikişler, derin ve/veya dar profiller
 - Sınırlı ITAB, düşük ısı distorsiyon
 - Yüksek kaynak hızları
 - Dekapan veya koruyucu gaz gerekmez
- **Eksiklikleri:**
 - Yüksek ekipman maliyeti
 - Hassas ağız hazırlığı ve hizalama gerekir
 - Vakum kamarası gerekir
 - Güvenlik konusu: EBW x-ışınları üretir

166

Değişik Kaynak Yöntemlerinde Güç Yoğunluklarının Karşılaştırılması



Şekil 38-24. Değişik kaynak yöntemlerinde izafi güç yoğunluklarının karşılaştırılması; Elektron ve lazer ışın kaynaklarındaki yüksek güç yoğunluğu, yüksek kaynak hızlarında, dar ITAB'a sahip derin ve dar kaynak dikişleri oluşturabilir.

167

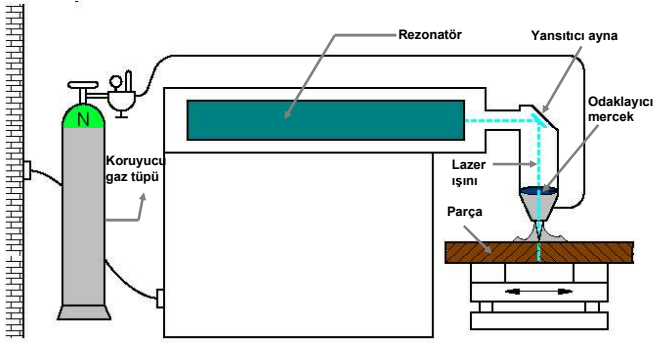
Lazer Işın Kaynağı

Birleştirmenin, bağlantı üzerine odaklanmış, yüksek yoğunlukta ve koheran ışık ışını ile sağlandığı eritme kaynak yöntemi

- Laser = "Light amplification by stimulated emission of radiation"
- Lazer ışın kaynağı normal olarak, oksitlenmeyi önlemek için koruyucu gaz altında yapılır
- Genellikle ilave metal kullanılmaz
- Küçük alanda yüksek güç yoğunluğu sayesinde genellikle küçük parçalara uygulanır

168

Lazer Işını Kaynak Donanımı



169

Karşılaştırma: Lazer ve Elektron Işın Kaynakları

- Lazer ışın kaynağı için vakum kamarası gerekmez
- Lazer ışın kaynağında x-ışınları yayınmaz
- Lazer ışınları, optik mercek ve aynalarla odaklanabilir ve yönlendirilebilir
- Lazer ışın kaynağı, Elektron ışın kaynağının derin kaynaklarını ve yüksek derinlik/genişlik oranlarını oluşturamaz
 - Maksimum Lazer ışın kaynağı derinliği = ~ 19 mm,
oysa Elektron ışın kaynağı derinliği = 50 mm

170

Lazer Işınıyla Kesme

- Farklı malzemelerde küçük deliklerin, dar aralıkların ve yakın yerleştirilmiş modellerin kesilmesi endüstriyel lazer ışınlarının diğer bir uygulamasıdır
- Lazer ışınıyla kesme, malzemede bir delik oluşturulmasıyla başlar ve ışın, programlanmış bir yol üzerinde ilerler
- Lazerin yoğun ısı, malzemeyi kesmek üzere eritir/buharlaştırır



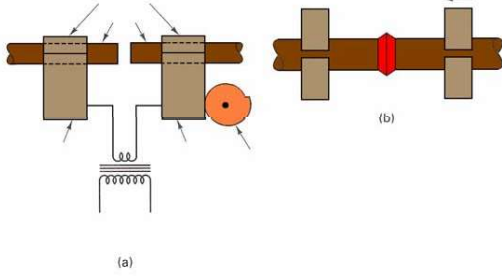
Lazer ışınıyla kesme

171

Yakma Alın Kaynağı

- İki parça, önce akım taşıyan çenelere sıkıştırılır ve hafifçe temas ettirilir
- Birleşim bölgesinden akan bir elektrik akımı, parçalara ön tavlama uygular; ardından parçalar hafifçe çekilir. Parçalar arasında yoğun bir ark oluşturulur.
- Ark ısı, malzeme yüzeylerini eritirken parçalar sıkıca bastırılır ve yüksek akım uygulanır. Ark söner. Ark ısının erittiği yüzeyler, geçen akıma karşı gösterdikleri direnç nedeniyle daha çok eriyerek basınç altında birleşirler

172



Şekil 38-28. Yakma alın kaynağının şematik görünüşü; (a) ekipman ve kaynak düzeneği; (b) tamamlanmış kaynak

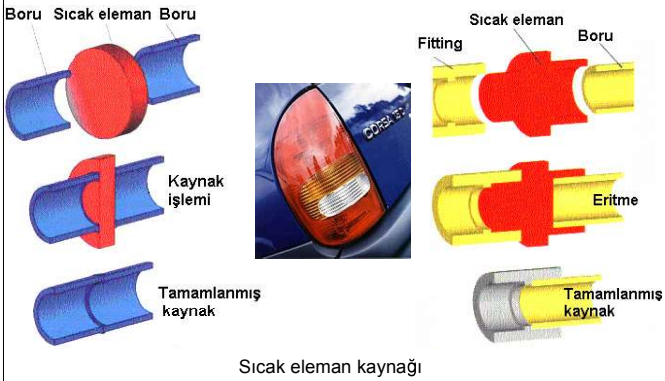
173

Plastiklerin Kaynağı

- Isı etkisiyle yumuşadıklarından, sadece termoplastikler kaynak yapılabilir
- Termoplastiklere uygulanan kaynak yöntemleri:
 - Ultrasonik kaynak
 - Vibrasyon kaynağı
 - Sürtünme kaynağı
 - Sıcak eleman kaynağı
 - Sıcak gaz kaynağı
 - Ekstrüzyon kaynağı
 - Elektrofüzyon (implant) kaynağı

174

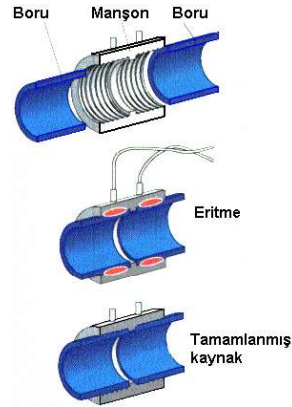
Plastiklere Uygulanan Kaynak Yöntemleri



Sıcak eleman kaynağı

175

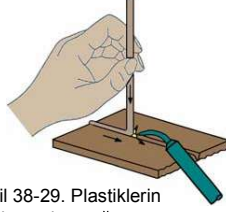
Polietilen Boruların Elektrofüzyon Kaynağı



176

Termoplastiklerin Sıcak Gaz Kaynağı

- Sıcak gaz kaynağı, metallerin oksii-asetilen kaynağına benzer
- V-ağızı açılmış uygulaması, en yaygın olanıdır
- Bir gaz (sıkıştırılmış hava, azot, hidrojen, oksijen veya CO₂) bir elektrik sarım içinde ısıtılır ve bir kaynak tabancasından beslenir
- İnce bir plastik çubuk, parçayla birlikte ısıtılır ve kaynak ağızına bastırılır



Şekil 38-29. Plastiklerin sıcak gaz kaynağı

177

Kaynakla İlgili İşlemler – Sert Dolgu

- Sert dolgu, bir parçanın yüzeyine, farklı özellikte bir malzemeyi bir kaynak tabakası şeklinde uygulamaktır
- Parçanın tamamını pahalı malzemeden oluşturmak yerine, yüzeyini aşınmaya, korozyona veya kiyasal etkilere karşı daha dayanıklı bir malzemeyle kaplamak daha ekonomik bir çözümdür
- Sert dolgu malzemeleri
 - Karbon ve alaşımlı çelikler; - Bakır esaslı alaşımlar
 - Yüksek alaşımlı çelikler; - Paslanmaz çelikler
 - Kobalt esaslı alaşımlar; - Seramik ve refrakter karbürler
 - Monel, Hastelloy gibi Nikel esaslı alaşımlar;

178

Çimento Sanayiinden Sert Dolgu Uygulamaları



Vidalı mil



Fan bıçakları



Konveyör zinciri

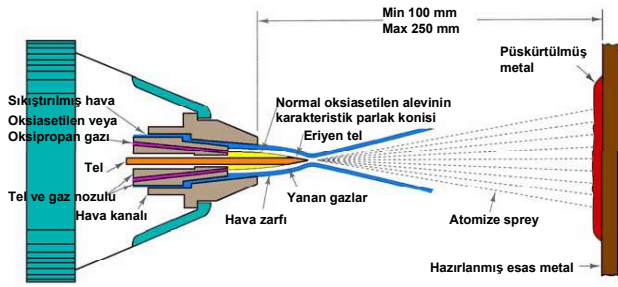
179

Kaynakla İlgili İşlemler – Termik Püskürtme

- Esas metal yüzeyini metal, alaşım, seramik, sermet, karbür ve hatta plastik kaplamak için toz veya tel halindeki malzemeyi alev, ark veya plazma demeti içinde önceden hazırlanmış parça yüzeyine püskürtmek bir tabaka oluşturma işlemidir
- Sert dolgudan farklı olarak termik püskürtmede esas metal yüzeyi erimez. Birleşme, mekanik kilitlenme ile oluşur. Bu nedenle yüzeyin temiz ve pürüzlü olması gerekir
- Pürüzlendirme işlemi en çok aşındırıcı çelik kumu püskürtmek yapılır
- 2,5 – 7,7 µm'lik bir yüzey pürüzlülüğü yeterlidir

180

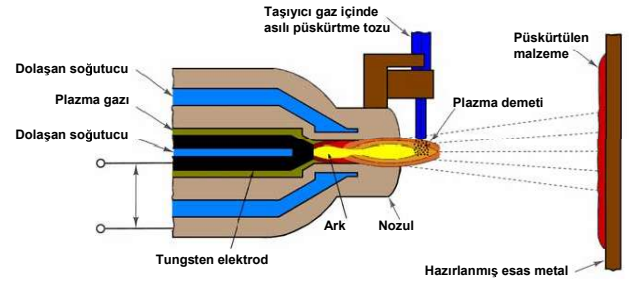
Alevle Metal Püskürtme



Şekil 38-30. Oksiasetilen metal püskürtme tabancasının şematik diyagramı

181

Plazma Arkıyla Metal Püskürtme



Şekil 38-31. Plazma ark püskürtme tabancasının şematik diyagramı

182

Sert ve Yumuşak Lehimleme

- Her ikisi de metal parçaları kalıcı olarak birleştirmek için ilave metaller kullanır, ancak esas metaller erimez
- Eritme kaynağı yerine sert veya yumuşak lehimleme kullanılması için:
 - Metallerin kaynak kabiliyeti kötüdür
 - Farklı metaller birleştirilmektedir
 - Yoğun kaynak ısısı, birleştirilen parçalara zarar verebilecektir
 - Bağlantının geometrisi kaynağa izin vermemektedir
 - Yüksek dayanım gerekli değildir
- İlave metalin erime sıcaklığı $\leq 450^{\circ}\text{C}$: **Yumuşak lehimleme**
- İlave metalin erime sıcaklığı $> 450^{\circ}\text{C}$: **Sert lehimleme**

183

Kaynağa Kıyasla Sert Lehimlemenin Üstünlükleri

- Farklı metaller dahil, herhangi bir metal birleştirilebilir
- Yüksek imalat hızlarına izin veren, çabuk ve aynı özelliklere sahip şekilde gerçekleştirilebilir
- Çoklu bağlantılar aynı anda sert lehimlenebilir
- Genel olarak eritme kaynağına göre daha düşük ısı ve güç gerekir
- Bağlantıya bitişik esas metaldeki ITAB'daki problemler daha azdır
- Kapiler etki erimiş metali bağlantının içine çektiğinden, çoğu kaynak yöntemiyle ulaşılamayan bağlantı bölgeleri sert lehimlenebilir.

184

Sert Lehimleme

Bir ilave metalin eritildiği ve birleştirilecek parçaların temas eden yüzeyleri arasında kapiler etkiyle dağıldığı birleştirme yöntemi

Esas metaller erimez

– Sadece dolgu metalleri erir

- Dolgu metalinin T_m 'si 450°C 'den yüksek ancak birleştirilecek esas metal(ler)in T_m 'sinden düşüktür

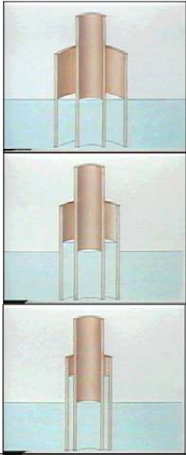
185

Parçalar Arasındaki Açıklık

- Esas parçaların birleşecek yüzeyleri arasındaki açıklığın, erimiş dolgu metalinin akmasını engellemeyecek derecede geniş, ancak kapiler etkinin zayıflamasına neden olmayacak derecede de dar olması gerekir
- Dayanımın en yüksek değere ulaştığı bir açıklık değeri vardır. Bu açıklık, esas metale, ilave metale, bağlantı şekline ve işlem koşullarına bağlıdır
- Tipik sert lehimleme açıklıkları 0,001 – 0,010 mm arasındadır

186

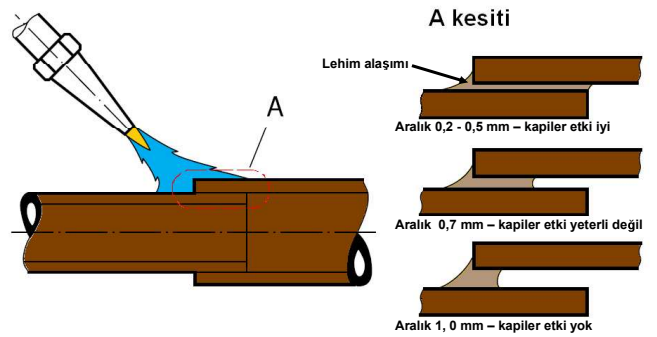
Kapiler Etki



- Su dolu bir kaba yerleştirilmiş iç içe iki bakır borudaki suyun seviyesi, boru çapları yeterince büyükse bileşik kaplar prensibine uyar
- Dıştaki boru çapı küçüldükçe kapiler etki ortaya çıkar ve iki boru arasındaki suyun seviyesi kaptaki seviyenin üzerine çıkar
- Yeterince küçük bir aralıkta kapiler etki en üst seviyesine çıkarak iki boru arasındaki boşluğu doldurur

187

Aralığın Kapilarite'ye Etkisi



188

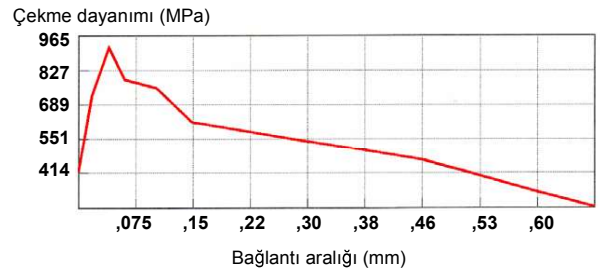
Sert Lehimlenmiş Bağlantının Dayanımı

- Eğer bağlantı uygun şekilde tasarlanmış ve sert lehimleme işlemi uygun şekilde uygulanmışsa, katılaşmış bağlantı, oluşturulduğu ilave metalin dayanımından daha dayanıklı olacaktır
- Neden?
 - Sert lehimlemede kullanılan küçük parça aralıkları
 - Esas ve ilave metaller arasında oluşan metalurjik bağ
 - Esas metal tarafından bağlantıya getirilen geometrik sınırlamalar

189

Sert Lehim Bağlantılarının Dayanımı

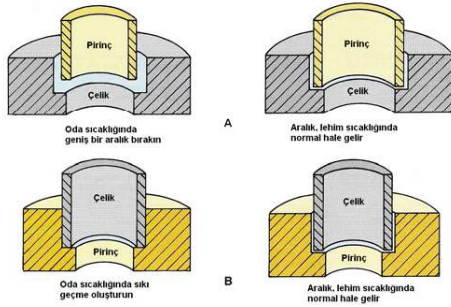
Sert lehimlenmiş küt alın paslanmaz çelik-paslanmaz çelik birleşiminin dayanımının aralıkla değişimi



Şekil 39-1. Bir küt alın sert lehim bağlantısının çekme dayanımının farklı aralıklarla tipik değişimi

190

Farklı Metallerin Sert Lehimlenmesinde Aralığın Önemi



Şekil 39-2. Farklı metallerin sert lehimlenmesinde başlangıçtaki aralık, farklı ısı genleşmelere göre ayarlanmalıdır. Uygun sert lehim aralığı, lehim alaşımının aktığı sıcaklıkta mevcut olmalıdır.

191

Sert Lehimlemenin Zayıflıkları ve Sınırlamaları

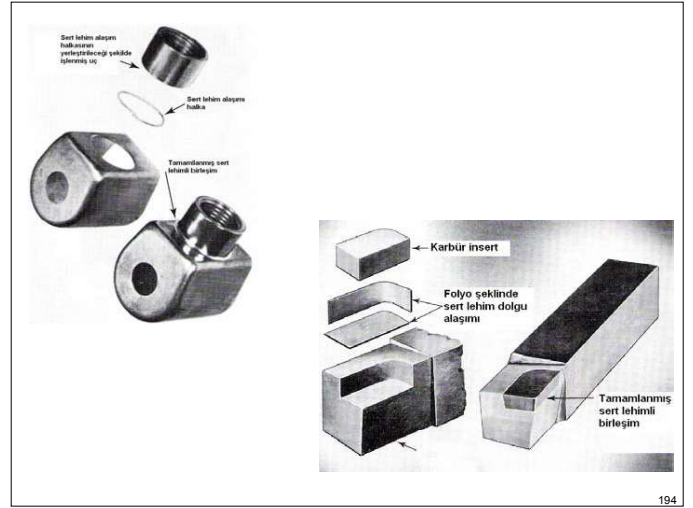
- Bağlantı dayanımı, kaynaklı bağlantıdan genellikle daha düşüktür
- Bağlantı dayanımı, esas metalinkinden daha düşük olma eğilimindedir
- Yüksek servis sıcaklıkları, bir sert lehimli bağlantıyı zayıflatır
- Muhtemel bir estetik zayıflık olarak, sert lehimli metalin rengi, esas metal parçaların rengiyle uyumlu olmayabilir

192

Sert Lehimleme Uygulamaları

- Otomotiv (örn., boruların ve tesisatların birleştirilmesi)
- Elektrik ekipmanlar (örn., tel ve kabloların birleştirilmesi)
- Kesici takımlar (örn., sementte karbür insert ve kesici uçların sert lehimlenmesi)
- Mücevher yapımı
- Kimyasal işlem endüstrisi, boru tesisatları ve ısıtma işlemi yapanlar, metal boru ve tesisatları sert lehimleme ile birleştirirler
- Tamir ve bakım işleri

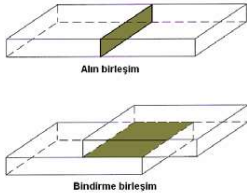
193



194

Sert Lehimli Bağlantıların Tasarımı

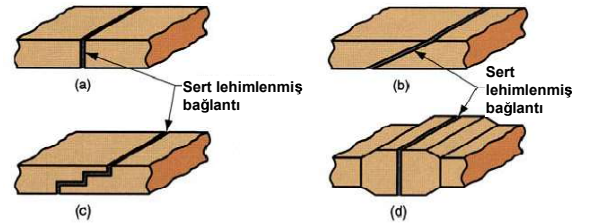
- Alın ve bindirme bağlantılar yaygındır, ancak geometri genellikle sert lehimlemeye uydurulur
- Parçalar arasında geniş arayüzey sağladığından, bindirme bağlantılar en yaygın kullanılanlardır
- Sert lehimlenmiş bir bağlantıda ilave metal, esas metale sadece uçlardan değil tüm yüzey boyunca birleşir



Şekil 39-3. En yaygın iki sert lehim bağlantı türü, küt alın ve bindirme birleşimdir. Küt alın birleşim, bağlantı boyunca üniform kalınlık sağlar ancak bindirme birleşimde bağ yüzeyi daha büyüktür ve dayanım daha yüksektir

195

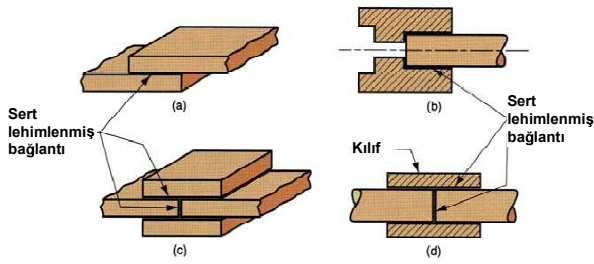
Küt Alın Tipi Birleşim



Şekil 39-4. (a) Konvansiyonel küt alın birleşim, ve alın birleşimin sert lehimlemeye uydurulması; (b) eğik yüzeyli birleşim, (c) kademeli alın birleşim, (d) parçanın birleşim bölgesindeki kesiti arttırılmış

196

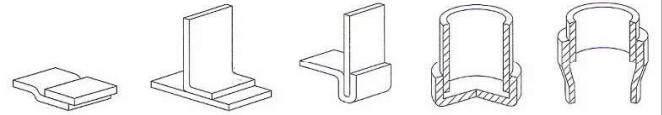
Bindirme Tipi Birleşim



Şekil 39-4. (a) Geleneksel bindirme bağlantı, ve bindirme bağlantının sert lehimlemeye uydurulması; (b) silindirik parçalar, (c) sandviç parçalar, ve (d) alın bağlantıyı bindirme bağlantıya dönüştürmek için kılıf kullanımı

197

Bazı Yaygın Sert Lehim Bağlantı Türleri



Şekil 39-5. Sert lehimlemeyeyle birleştirilecek bazı yaygın bağlantı tasarımları

198

Sert Lehimleme için Bazı İlave Metaller (Sert Lehim Alaşımları)

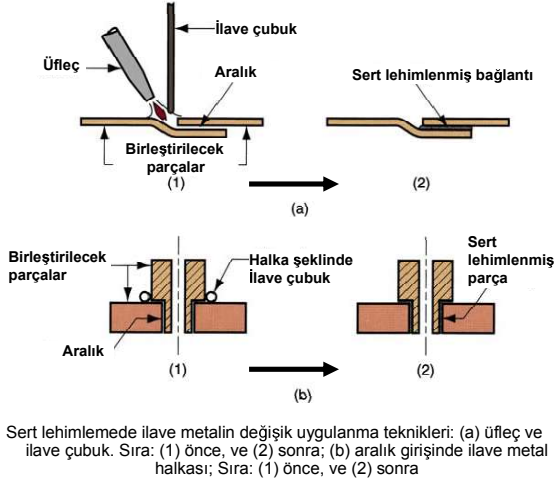
Esas metal(ler)	İlave metal(ler)	Tipik sert lehim sıcaklığı (°C)
Alüminyum	Alüminyum ve silisyum	565 - 620
Nikel-bakır alaşımları	Bakır	925 - 1125
Bakır	Bakır ve fosfor	700 - 925
Çelik, dökme demir	Bakır ve çinko	700 - 750
Paslanmaz çelik	Altın ve gümüş	620 - 1000

199

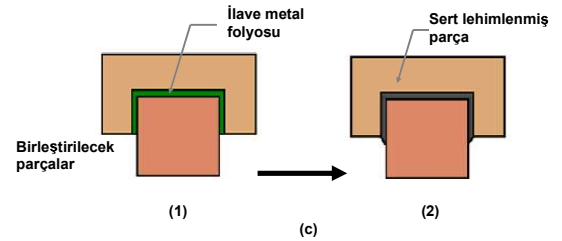
Sert Lehim Alaşımından Beklenen Özellikler

- Erime sıcaklığı esas metalden oldukça düşük olmalıdır
- İyi ıslatabilirlik için sıvı fazdayken yüzey gerilimi düşük olmalıdır
- Arayüzeye iyi nüfuziyet için yüksek akıcılık
- Sert lehimli bağlantının uygulamada kullanıma yeterli dayanıma sahip bir bağlantı oluşturma kapasitesi
- Esas metalle kimyasal veya fiziksel etkileşim göstermemesi (örn., galvanik reaksiyon)

200



201



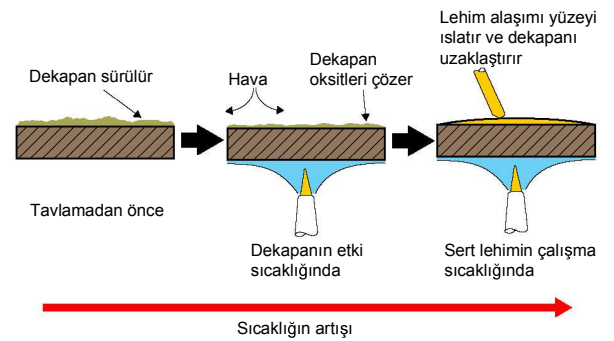
202

Sert Lehim Dekapanları

- Kaynaktakine benzer amaç; çözünürler ve uzaklaştırılmadıklarında sert lehimleme işlemini engelleyen oksitlerle ve istenmeyen diğer yan ürünlerle birleşirler
- İyi bir dekapanın karakteristikleri:
 - Düşük erime sıcaklığı
 - İlave metalle yer değiştirebilmesi için düşük viskozite
 - Isılatmayı artırır
 - İlave metal katılaşınca kadar bağlantıyı korur

203

Dekapanın Davranışı



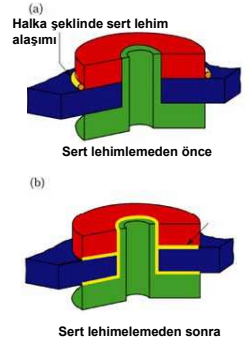
204

Isıtma Menbalarına Göre Sert Lehimleme Yöntemlerinin Sınıflandırılması

- **Üfleçle (alevle) Sert Lehimleme** – üfleç alevi bağlantının yakınındaki parçaya doğru yönlendirir
- **Fırında sert lehimleme** – fırın, sert lehimleme için gerekli ısıyı sağlar
- **İndüksiyonla Sert Lehimleme** – parçada indüklenen yüksek frekanslı akıma karşı elektrik direnciyle ısıtma
- **Dirençle Sert Lehimleme** – parçalardan geçen elektrik akımına karşı dirençle ısıtma
- **Daldırmayla Sert Lehimleme** – ya erimiş tuz ya da metal banyosu
- **Infrared Sert Lehimleme** – yüksek yoğunluklu infrared lambalar kullanılır

205

Fırında Sert Lehimleme Örnekleri

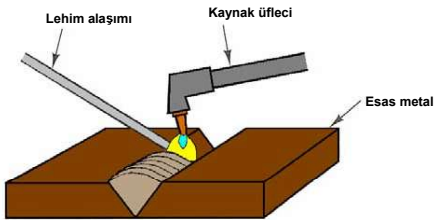


Şekil 39-6. Tipik fırında sert lehimleme örnekleri

206

Sert Lehim Kaynağı

Bu yöntem, uygulanacak birleştirme türü yönünden diğer sert lehimleme yöntemlerinden ayrılır. Sert lehim kaynağı, bir V ağzının doldurulması gibi, geleneksel kaynakla birleştirmeye daha çok benzer



Şekil 39-7. Sert lehim kaynağı. Bağlantı, sert lehim dolgu metali içerir; bağlantıda esas metal erimez. Yüzey genellikle önce ince bir kalay tabakasıyla "kalaylanır".

207

Yumuşak Lehimleme

$T_m \leq 450^\circ\text{C}$ bir ilave metalin eritildiği ve birleştirilecek parçaların temas yüzeyleri arasına kapiler etkiyle dağıldığı birleştirme yöntemi

- Esas metaller erimez, ancak ilave metal, metalurjik bağ oluşturmak üzere esas metali ısıtır ve birleşir
- Yumuşak lehimlemenin detayları sert lehimleme ile aynıdır ve aynı ısıtma yöntemlerinin çoğu kullanılır
- İlave metal **yumuşak lehim** olarak adlandırılır
- Çoğu elektrik ve elektronik işlemlerle yakından ilgilidir (tellerin yumuşak lehimlenmesi)

208

Yumuşak Lehimlemenin Üstünlükleri ve Zayıflıkları

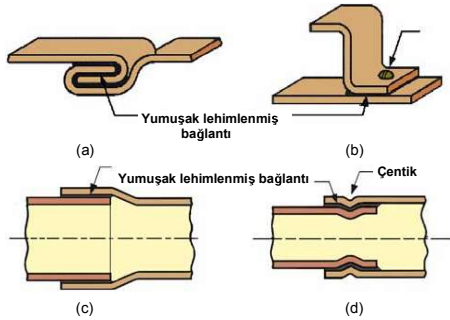
- **Üstünlükleri:**
 - Sert lehimleme veya eritme kaynağına göre daha düşük enerji girdisi
 - Değişik ısıtma yöntemleri mevcuttur
 - Bağlantıda iyi elektrik ve ısıl iletkenlik
 - Tamiri ve yeniden yapılması kolay
- **Zayıflıkları:**
 - Mekanik yöntemlerle takviye edilmedikçe düşük bağlantı dayanımı
 - Yüksek sıcaklıklarda bağlantının muhtemel zayıflaması veya erimesi

209

Yumuşak Lehim Alaşımları

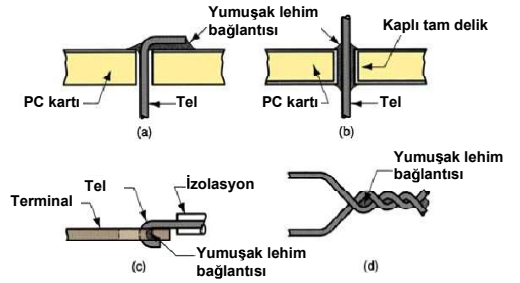
- Genel olarak kalay (Sn) ve kurşun (Pb) alaşımlarıdır. Her ikisi de düşük T_m 'ye sahiptir
- Kurşun zehirleyicidir ve çoğu yumuşak lehim alaşımındaki yüzdesi en aza indirilmiştir
 - Kalay yumuşak lehimleme sıcaklıklarında kimyasal olarak aktiftir ve başarılı bir bağlantı için ısıtmayı destekler
 - Bakır'ın yumuşak lehimlenmesinde, bakır ve kalay, bağlantıyı güçlendiren metallerarası bileşikler oluşturur
 - Gümüş ve antimon da bazen yumuşak lehim alaşımı olarak kullanılmaktadır

210



Şekil 39-8. Yumuşak lehimlemede dayanımı arttırmak için mekanik kilitleme: (a) düz kilit dikiş; (b) cıvatalı veya perçinli bağlantı; (c) bakır boru birleştirme – silindirik bindirme bağlantı; ve (d) silindirik bindirme bağlantının çentiklenmesi (şekillendirilmesi)

211



Elektronik bağlantılarda yumuşak lehimlemeden önce mekanik araçlarla bağlantıyı sağlamlaştırma teknikleri: (a) PC kartı üzerinde kıvrılmış kurşun tel; (b) yumuşak lehimin temas yüzeyini genişletmek için PC kartı üzerinde kaplı tam delik; (c) düz terminal üzerinde kanca şeklinde tel; ve (d) döndürülmüş teller

212

Yumuşak Lehim Dekapanları – İşlevleri

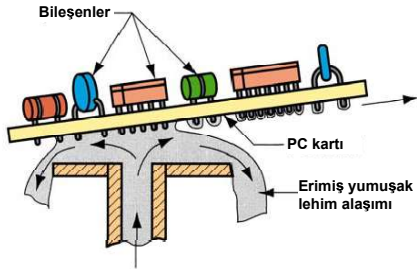
- Yumuşak lehimleme sıcaklığında erir
- Oksit filmlerini söker ve esas parça yüzeylerinden uzaklaştırır
- Isıtma sırasında oksitlenmeyi engeller
- Temas eden yüzeylerdeki ıslatmayı destekler
- İşlem sırasında erimiş yumuşak lehim alaşımıyla kolayca yer değiştirir
- Korozif ve iletken olmayan artıkları bırakır

213

Yumuşak Lehimleme Yöntemleri

- Daha az ısı ve daha düşük sıcaklık gerekmesi hariç, çoğu yumuşak lehim yöntemi sert lehimleme ile aynıdır
- İlave yöntemler:
 - Elle yumuşak lehimleme – elle sevk edilen *yumuşak lehim tabancası*
 - Dalgalı yumuşak lehimleme – baskı devresi kartlarında çoklu kurşun tellerin yumuşak lehimlenmesi
 - Geri akışlı yumuşak lehimleme – baskı devre kartları üzerindeki yüzey ağız bileşenlerinde kullanılır

214



Kurşun tellerin baskı devresi kartı üzerine birleştirilmesi için erimiş yumuşak lehim alaşımının dar bir kanaldan kartın alt yüzeyine beslendiği dalgalı yumuşak lehimleme

215

Yapıştırma

- İki (ya da daha fazla) yakın yerleştirilmiş parçayı yüzey birleştiricisi ile bir arada tutmak için bir ilave malzemenin kullanıldığı birleştirme yöntemi
- Metal, plastik, seramik, ahşap, kağıt ve mukavva gibi aynı veya farklı malzemeleri birleştirmek için geniş bir birleştirme veya sızdırmazlık uygulamalarında kullanılır
 - Artan uygulamalar için fırsatları nedeniyle büyük bir alana yayılabilir

216

Yapıştırıcı Sertleşme

- Yapıştırıcının fiziksel özelliklerinin, parçaların yüzeylerini birleştirmek için genellikle kimyasal reaksiyonla sıvıdan katiya dönüşme işlemi
- Sertleşme, genellikle ısı ve/veya bir katalizör ile gerçekleştirilir
 - Eğer ısı kullanılmışsa, sıcaklıklar göreceli olarak düşüktür
 - Sertleşme zaman alır - imalatla bir zayıflık
 - Yapışma işlemini gerçekleştirmek için bazen parçalar arasında basınç uygulanır

217

Yapıştırıcı Türleri

- Doğal yapıştırıcılar – reçine, nişasta, şeker, soya tuzu, kola gibi doğal kaynaklardan elde edilirler
 - Düşük-gerilmeli uygulamalar: mukavva kartonları, döşeme, kitap ciltleri; veya geniş yüzeyler: kontrplak
- İnorganik – esas olarak sodyum silikat ve magnezyum oksiklorür'e dayanır
 - Düşük maliyetli, düşük dayanımlı
- Sentetik (yapay) yapıştırıcılar – değişik termoplastik ve termoset polimerler

218

Sentetik (Yapay) Yapıştırıcılar

- İmalatta en önemli kategori
- Sentetik yapıştırıcılar, değişik mekanizmalarla sertleşirler:
 - Uygulamadan önce polimeri katalizör ve reaktif katkılarla karıştırma
 - Kimyasal reaksiyonu başlatmak için ısıtma
 - Ultraviyole ışık gibi, radyasyonla sertleştirme
 - Sıvı veya pastadan suyu buharlaştırarak sertleştirme
 - Yapışanlardan birinin yüzeyine film veya basınca duyarlı kaplama olarak uygulama

219

Yüzey Hazırlama

- Yapıştırma işleminin başarılı olması için, yüzeyler son derece temiz olmalıdır
- Yapışma dayanımı, yapıştırıcı ile yapışan arasındaki adhezyonun derecesine, bu ise yüzeyin temizliğine bağlıdır
- Metallerde, temizleme için genellikle çözücüyle silme ve kum püskürtmek yüzeyin aşındırılması adhezyonu artırır
- Metal dışı parçalarda, genellikle bazı tür çözücüler kullanılır ve yüzeyler, pürüzlülüğü arttırmak için taşlanır veya kimyasal olarak dağlanır

220

Bağlantının Dayanımı

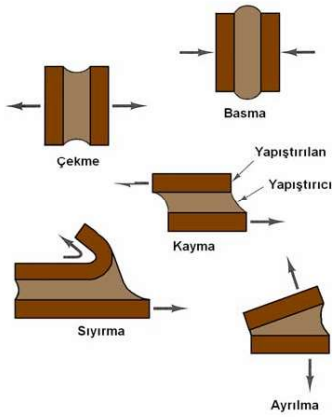
- Aşağıdakilerin dayanımına bağlıdır:
 - Yapıştırıcı
 - Yapıştırıcı ile yapışanlar arasındaki bağlantı
- Bağlantının dayanımı birkaç mekanizma içerir:
 - Kimyasal bağ oluşumu* – yapıştırıcı ve yapışan, sertleşmeden sonra bir primer kimyasal bağ oluşturur
 - Fiziksel etkileşimler* – karşılıklı yüzeylerin atomları arasında sekonder kuvvetler
 - Mekanik kilitlenme* – Yapışanın pürüzlülüğü, sertleşen yapıştırıcının, mikroskopik yüzey pürüzlerinde sıkışmasına ve kilitlenmesine neden olur

221

Bağlantı Tasarımı

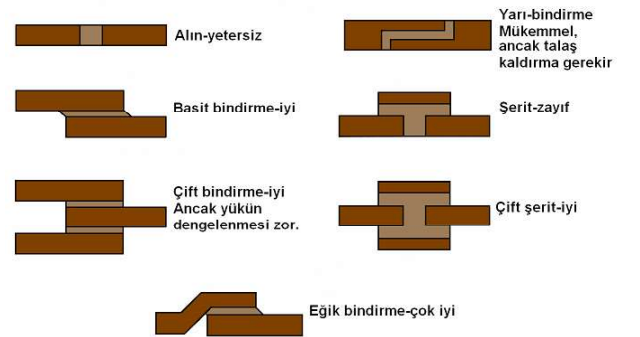
- Yapıştırma bağlantıları, kaynaklı, sert veya yumuşak lehimli bağlantılar kadar güçlü değildir
- Bağlantı temas alanı en büyük değerine çıkarılmalıdır
- Yapıştırma bağlantıları en çok *kayma* ve *çekme*'de güçlüdür.
 - Bağlantılar, uygulanan gerilmelerin bu tür olacağı şekilde tasarlanmalıdır
- Yapıştırma bağlantıları, en çok *ayırılma* ve *sıyılmaya* karşı zayıftır.
 - Bağlantılar, bu tür gerilmelerden kaçınacak şekilde tasarlanmalıdır

222



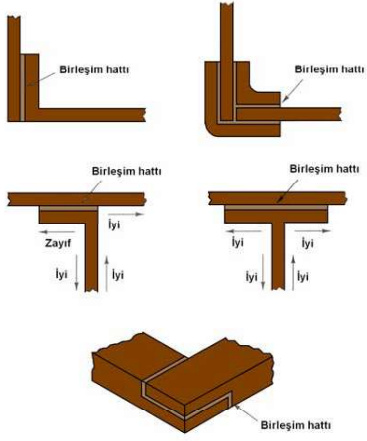
Şekil 40-3.- Yapıştırma bağlantılarında gerilme türleri:

223



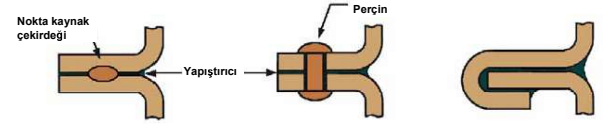
Şekil 40-4. Yapıştırma için bazı bağlantı tasarımları ve servisteki performans oranları

224



Şekil 40-5. Yapıştırma bağlantılı köşe ve açılı birleşim tasarımları

225



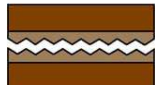
Yapıştırmanın, diğer birleştirme yöntemleriyle kombinasyonu: (a) kaynak-yapıştırma – nokta kaynaklı ve yapıştırılmış bağlantı; (b) perçinli (veya cıvatalı) ve yapıştırılmış bağlantı; (c) şekillendirilmiş ve yapıştırılmış bağlantı

226

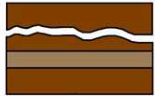
Yapıştırma Bağlantılarında Hasar



(a) Yapıştırıcı hasarı



(b) Yapıştırıcı içinde kohezif hasar



(c) Esas malzeme içinde kohezif hasar

Şekil 40-6. Yapıştırma bağlantılarında hasar modları

227

Yapıştırıcıların Uygulamaları

- Otomotiv, uçak, yapı ürünleri, gemi yapımı
- Paketleme endüstrisi
- Ayakkabı
- Döşeme
- Kitap ciltleme
- Elektrik ve elektronik

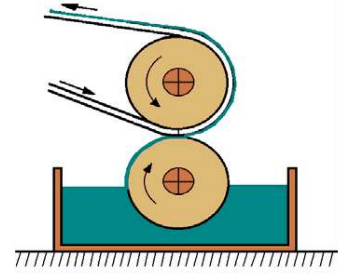
228

Uygulama Yöntemleri

- Elle fırçalama veya rulolama
- İpek kaplama
- Elle çalıştırılan dağıtıcı kullanarak yüzdürme
- Püskürtme
- Otomatik aplikatörler
- Rulo kaplama

229

Rulo Kaplama



Kağıt, kumaş veya esnek polimer gibi ince ve esnek bir malzemenin üzerine yapıştırıcının rulo ile kaplanması

230

Yapıştırmanın Üstünlükleri

- Çok geniş malzeme türüne uygulanabilir
- Yapışma, bağlantının tüm yüzeyinde oluşur
- Düşük sıcaklıktaki sertleşme, birleştirilen parçalarda hasardan kaçınmayı sağlar
- Hem yapıştırma hem de sızdırmazlık sağlama
- Bağlantı tasarımı genellikle basitleştirilir, örn. İki düz yüzey, cıvata delikleri gibi özel parça özelliklerine gerek olmadan birleştirilebilir

231

Yapıştırmanın Sınırlamaları

- Bağlantılar genellikle diğer birleştirme yöntemleri kadar güçlü değildir
- Yapıştırıcı, birleştirilen malzemelere uygun olmalıdır
- Servis sıcaklıkları sınırlıdır
- Yapıştırıcının uygulanmasından önce temizlik ve yüzey hazırlığı önemlidir
- Sertleşme süreleri, üretim hızını sınırlayabilir
- Yapıştırılmış bağlantıların muayenesi zordur

232