

## **2.2 KAYNAK BAĞLANTILARI**

### **2.2.1 Genel Bilgiler**

Kaynak, iki veya daha fazla parçanın ısı ve/veya basınç yardımıyla ilave malzeme kullanarak veya kullanmadan çözülemeyecek bir şekilde malzeme bağlı olarak birleştirilmesidir. Temel olarak kaynak işlemi, bağlanacak elemanların birleştirme bölgesinde ergiyerek birbirine karışması ve moleküllerin kohezyon kuvvetiyle birbirine bağlanması şeklinde de tanımlanır. Sıcaklık ve basınç bağlantının gerçekleşmesini kolaylaştırır. Birleştirme işleminde basınç kullanılıyorsa, parçaların/malzemelerin ergime sıcaklığının altında ısıtılması yeterli olmaktadır.

İşı yardımıyla gerçekleştirilen **ergitme kaynağı**nda parçalar ergiyerek birbirine karışır ve soğuduklarında bağlantı gerçekleşir. Ergiyen malzemelerin birbirine karışması kohezyon bağı ile mümkün olduğundan malzemeler aynı veya yakın cinsten olmalıdır. Bu tür kaynak işleminde elektrod veya kaynak teli denilen ek malzeme kullanılır. Bu ek malzemeler de aynı türden olmalıdır. Hem kaynak edilen malzemenin hem de elektrodun ergime sıcaklıklarının birbirine yakın olması zorunludur. Basınç uygulanarak gerçekleştirilen **basınç veya pres kaynakları**nda malzemede ergime sıcaklığının altında sınırlı bir ısınma söz konusudur. Pres kaynağında genellikle ek malzeme (elektrod) kullanılmaz.

Kaynak, bağlantı elemanı olarak kullanılması yanında kaplama ve kesme kaynağı olarak da uygulanmaktadır. **Kaplama kaynağı**nda; aşınmış veya korozyona uğramış yüzeylerin uygun alaşımında bir malzeme ile kaynatılması söz konusudur. Bu şekilde sünek iç yapı yanında aşınmaya dayanıklı sert bir tabaka (üst yüzey) ucuzca elde edilmiş olur. Kullanılmış bir parçanın (makina parçasının) aşınan ve kırılan kısımlarının kaynakla doldurulması ve tamiri de dolgu kaynağı ile mümkündür. Bazı durumlarda bir parçanın dış yüzeyine farklı özellikler kazandırmak amacıyla farklı malzeme ile kaplanması da söz konusu olabilmektedir. **Kesme kaynağı**nda; kaynak alevi veya elektrik arkı ile oluşturulan yüksek sıcaklıkta metallerin kesilmesi, çelik levha, profil veya Köşebentlerin istenilen boyda doğranması, hurda malzemelerin parçalanması ve eski çelik konstrüksyonların sökülmesi mümkün olabilmektedir. Bu şekilde kaynak; bağlama, imalat ve tamir işlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bağlama elemanı olarak perçinin yerini büyük oranda alan kaynak, çelik inşaat, basınçlı kap ve gemi yapımında ve çeşitli makine konstrüksyonlarında önemli kullanım alanı bulmuştur.

Kaynaklı birleştirme şeklinin bazı üstünlükleri ve sakıncaları aşağıda kısaca özetlenmiştir. Kaynak çözülemez malzeme bağlı bir bağlantı şekli olduğundan perçinle ve imalat yöntemi bakımından da hem perçin hem de döküm ve dövme metodlarıyla karşılaştırılmıştır.

### **a) Üstünlükleri**

- Perçin bağlantılarında olduğu gibi levha bindirmesi veya ek levha kullanımını gerektirmeden ve perçin başı ortadan kalktılarından daha hafif konstrüksiyon elde edilebilmektedir. Bu şekilde kaynak konstrüksiyonlarında perçine göre yaklaşık %20 ağırlık kazancı sağlanabilmektedir.
- Perçinlemedeki delik delme ve perçin dövme işlemleri yerine daha az zaman alan kaynak işçiliği ile ucuz imalat mümkün olabilmektedir.
- Lehimlemeden farklı olarak kaynaktan aynı cinsten ek malzeme kullanıldığı için hem ısıl hem de mekanik mukavemeti yüksek bir bağlantı elde edilebilmektedir.
- Perçin bağlantısında ortaya çıkan çentik etkisi kaynaktan söz konusu değildir ve malzemeden daha iyi yararlanmak mümkün olabilmektedir.
- Dökümde olduğu gibi model hazırlama zorunluluğu yoktur ve az sayıda imalatın yapılması durumunda maliyeti daha düşük üretim mümkün olabilmektedir.
- Genelde parça büyülüğu ve imal edilecek parça sayısı önemli olmakla birlikte döküm ve dövmeye göre %50'ye varan ağırlık kazancı sağlanabilmektedir.
- Profil, çelik ve dövme parçaların saçılırlığı ile farklı parçaları içeren karmaşık konstrüksiyonlar elde edilebilmektedir. Kaynak konstrüksiyonu ile hafif yapı, uygun şekillendirme, etkin malzeme kullanımı ve ucuzluk söz konusu olabilmektedir.

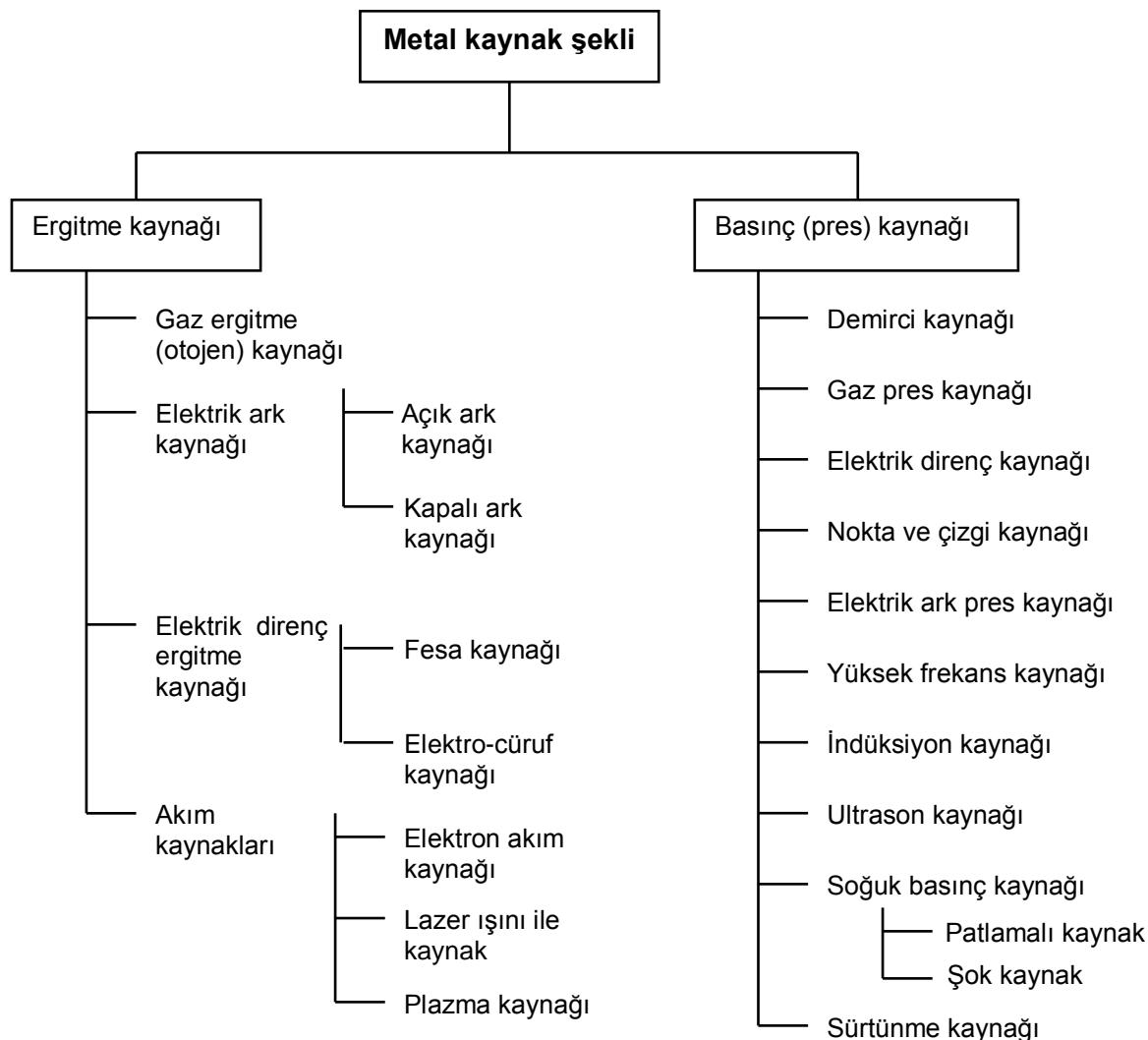
### **b) Sakıncaları**

- Birleşme yerinde malzeme ergiyip katılışma gerçekleştiğinden iç yapıda değişiklik söz konusudur. Böylece başlangıçta sünek olan malzeme gevrek hal almaktadır.
- Kaynak sonucu oluşan iç gerilmeler, çekmeler, çarpılmalar dış zorlanmaların etkisiyle de dikiş bölgesinden malzemeye geçiş bölgesinde kristal yapı farklılığı (döküm yapısı niteliğinde) mukavemete etki etmektedir.
- Soğuma sırasında oluşan büzülmeden doğan kalıcı gerilmelerin uygun bir ısıl işleme giderilmesi (gerilme giderme tavlaması ile) mümkün değildir. Ancak söz konusu tavlama işlemi ilave masraf gerektirmektedir.
- Kaynak kalitesinin kontrolu (malzeme, kaynak metodu ve personele bağlı) özel ve pahalı ölçme metodları gerektirmektedir.

## 2.2.2 Kaynak Metodları

Metal veya madeni malzemelerin kaynağında uygulanan metodlar ergitme kaynağı ve basınç (pres) kaynağı olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir (Şekil-2.2.1). Bu bölümde kaynak teknolojisinde uygulanan seçilmiş metodlar sadece çalışma şekli ve elemanları yönünden kısaca özetlenmiştir.

Ergitme kaynağında birleştirme, basınç uygulanmadan, ısı yardımıyla bölgesel ergitme yapılarak bağlantı şecline göre ek kaynak malzemesi de (elektrod) kullanılarak gerçekleştirilir. Pres kaynağında bağlantı basınç altında yapılır ve kaynak bölgesinde sınırlı bir ısınma söz konusudur. Bu kaynak metodunda genellikle kaynak malzemesi (elektrod) kullanılmaz. Çizelgeden görüldüğü gibi ergitme kaynağında gaz ergitme ve elektrik ark kaynak metodları, pres kaynağında ise özellikle seri imalatta elektrik direnç kaynağı uygulamada en fazla kullanılan metodlardır.

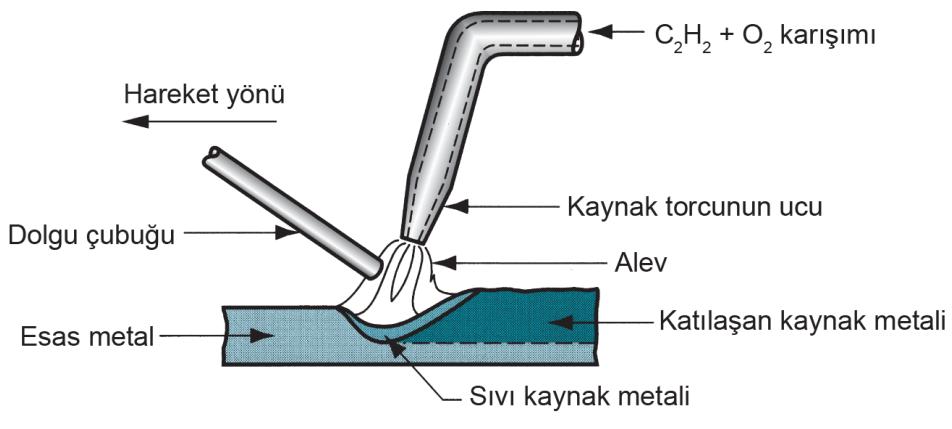


Şekil-2.2.1 Metal kaynak yöntemleri

### 2.2.2.1 Ergitme Kaynak Metodları

#### a) Gaz ergitme (otojen) kaynağı

Birleştirilecek parçalar ve ara malzeme (kaynak teli) birleştirme noktasında yanıcı bir gazın oksijenle yakılması sonucu oluşan alevle ergitilir. Yanıcı gaz olarak en fazla asetilen ( $C_2H_2$ ) kullanılır ve bu şekildeki gaz ergitme kaynağı oksi-asetilen veya asetilen kaynağı olarak bilinir. Kaynak dikişindeki boşluğun doldurulması için ana parçalarla aynı cins malzemeden bir kaynak malzemesi (elektrod veya kaynak teli) kullanılır. Oksi-asetilen alevinde ulaşılan sıcaklık  $3200^{\circ}C$  civarında olup bu sıcaklık hemen her cins metali ergitilmesinde yeterli olabilmektedir. Diğer yanıcı gazlar hidrojen ( $H_2$ ), metan ( $CH_4$ ), propan ( $C_3H_8$ ), bütan ( $C_4H_{10}$ ), hava gazı ve benzin buharı (benzol) şeklinde olup daha düşük sıcaklık vermektedirler.

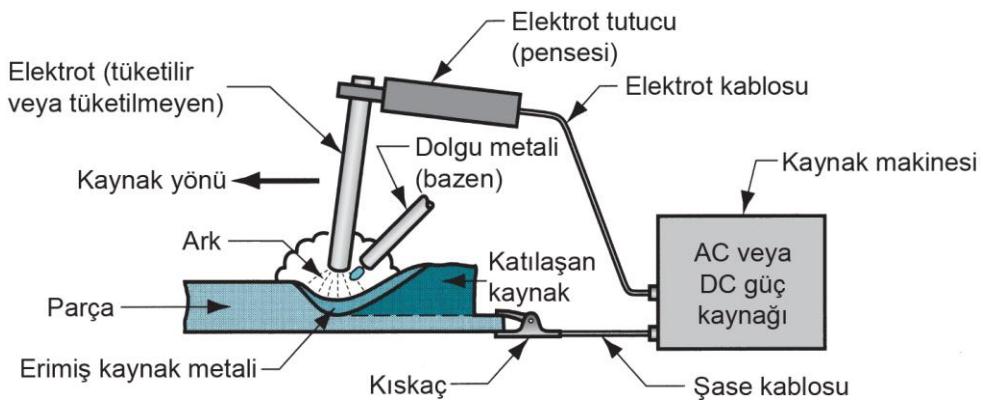


-Tipik bir oksi-asetilen gaz kaynağı-

#### b) Elektrik ark kaynağı

Elektrod ile ana malzeme (iş parçası) arasında oluşturulan elektrik arkının sağladığı ısı enerjisiyle birleşme bölgesinde ergime (elektrod ve ana malzeme) oluşturulur. Kaynak malzemesi olarak kullanılan serbest dolgu telinin ark içine içinden akım geçmeden de sevk edilebilmektedir. Elektrik arkının görünüp görünmemesine göre açık ve kapalı ark kaynağı söz konusudur. Ayrıca koruyucu gaz kaynağında ark görünür olup, ergimiş malzemenin atmosfer etkilerinden korunmasını sağlamak için kaynak yerine devamlı olarak koruyucu gaz gönderilmektedir.

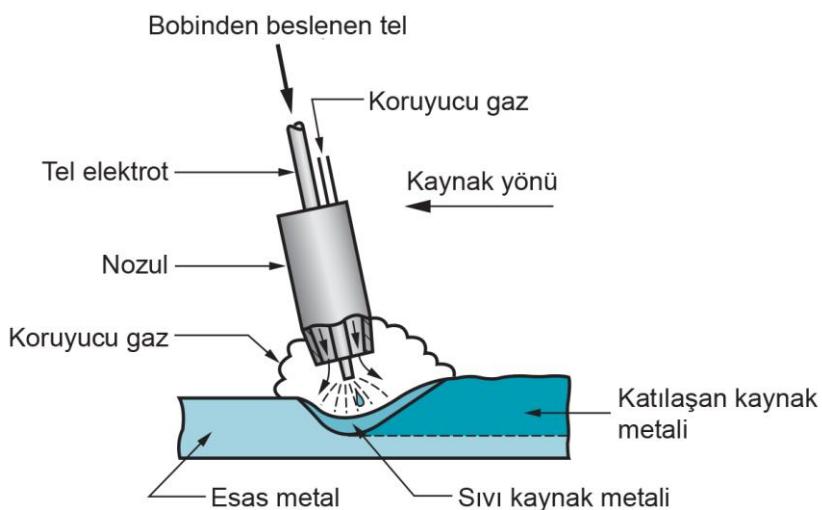
Açık ark kaynağının tek karbon elektroldü, iki karbon elektroldü ve madeni elektroldü tipleri mevcuttur. Karbon elektroldü ark kaynağında ark iş parçası ile tek veya iki karbon elektrod arasında oluşturulur. Her iki metodda da dolgu malzemesi zorunluluğu yoktur. İnce levhaların ve döküm parçalarının kaynağında uygulanabilen ekonomik olmayan bir yöntemdir.



-Ark kaynağının temel bir uygulaması ve bu yöntemde kullanılan bir elektrik devresi-

Metal elektrodlu ark kaynağında ark dolgu malzemesi şeklindeki elektrodla iş parçası arasında oluşturulur. Isı etkisiyle hem parça hem de elektrod ergir ve bağlantı gerçekleştirilir. Bu nedenle elektrod ve ana malzemeler aynı özellikte olmalıdır. Bu metod en yaygın kullanılan kaynak metodu olup kullanılan elektrod çiplak metal tel veya mantolu (örtülü) tipte olabilmektedir. Örtülü elektrod teli dışındaki özel kaplama malzemesi (çeşitli oksit bileşikleri, manganez, silikatlar veya alkali metallerin karbonatları vb) ergimiş malzemenin üzerinde bir tabaka oluşturarak atmosferin olumsuz etkilerini giderir.

Kapalı ark kaynağında ergimiş malzeme, atmosfer etkilerine karşı (oksijen ve azotun zararlı etkisi) koruyucu gaz ve toz altı kaynağı metodlarıyla korunur. Koruyucu gaz olarak argonun kullanıldığı MIG kaynağı (Metal Inert Gas), CO<sub>2</sub> kullanılan MAG kaynağı, TIG (Tungsten Inert Gas) veya WIG (Wolfram Inert Gas) kaynağı söz konusudur. Ergimeyen elektrodların kullanılması durumunda ark iki wolfram veya tungsten elektrod kullanılmakta ve kaynak bölgesine devamlı hidrojen gönderilerek havanın kaynak yerinden uzaklaşması sağlanmaktadır. TIG kaynağıda tungsten elektrod ve koruyucu soygazlar (argon, helyum) kullanılmaktadır.

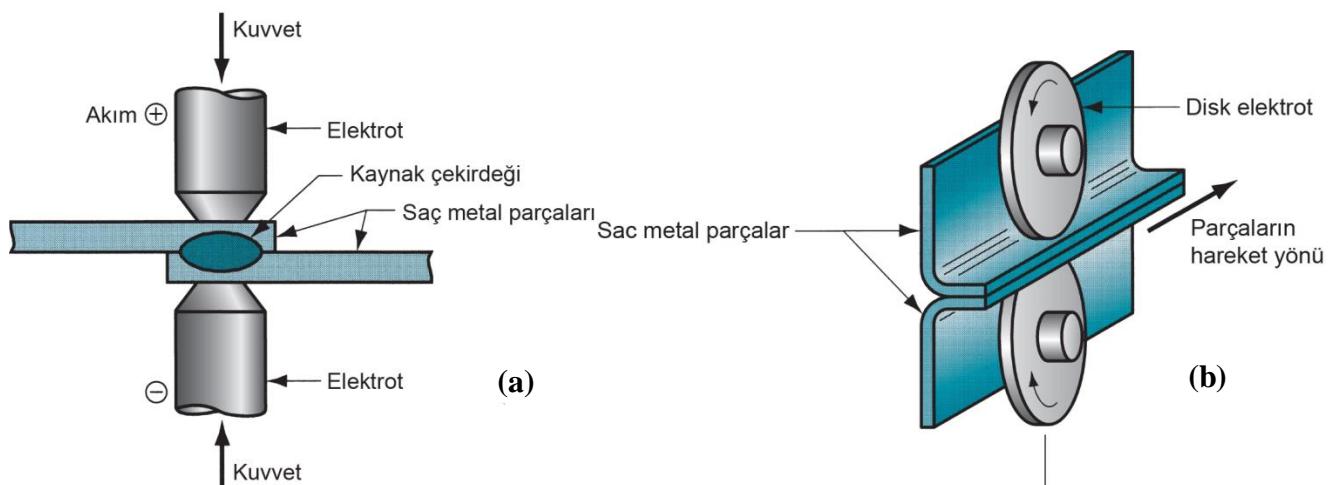


-Metal inert gas kaynağı-

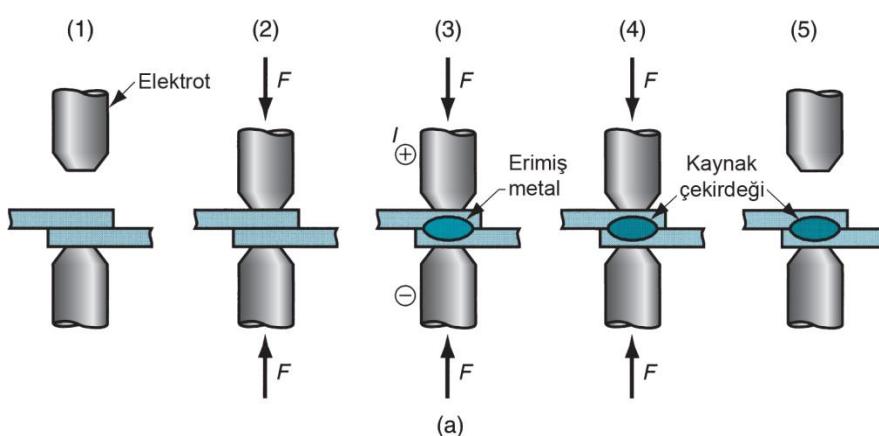
Tozaltı kaynağında elektrik arkı, kaynak dikişi üzerine dökülen toz altında oluşturulmaktadır ve dışarıdan gözle görülmemektedir. Böylece kaynak tozu örtülü elektrodlardaki örtüye benzer fonksiyon yerine getirmektedir. Ekonomik bir kaynak yöntemi olan toz altı kaynağı uygulamada geniş bir şekilde kullanılmaktadır.

### c) Elektrik direnç ergitme kaynağı

Bu metodla malzemeden geçen elektrik akımı özgül direnç nedeniyle birleşme yerinin ergitilmesi esasına dayanır. Bu kaynak usulü 2 mm'den daha ince alüminyum, çinko, bakır, kurşun gibi demir olmayan metalden ince sacların kaynağı için uygundur. Fesa yöntemi denen bu yöntemle bütün hafif metal alışmaları basınçsız kaynak edilebilmektedir. Elektrocüruf kaynağı veya cüruf altı elektrik kaynağında parçalar cüruf banyosunda ısıtılp ergiyen çiplak metal elektrodlarla birleştirme sağlanır. Kalın kesitli sacların kaynağına uygun bir metoddur.



-Direnç nokta kaynağı (a) ve direnç dikiş kaynağı (b)-



-İşlem basamakları: (1) parçalar açık elektrotlar arasında yerleştirilir (2) elektrotlar kapatılır ve kuvvet uygulanır, (3) kaynak zamanı, akım verilir, (4) akım kesilir fakat kuvvet sabit tutulur veya biraz artırılır (5) elektrotlar açılır ve kaynaklı parçalar alınır-

#### **d) Elektron ışını ve lazer kaynağı**

Elektron akımı kaynağında yoğunlaştırılmış elektron demetinin yüksek enerjisinden yararlanılır. Elektron demeti ile parçalar buharlaşma sıcaklığına kadar ısıtılmaktadır. Vakumda bile uygulanabilen metoddə koruyucu gaza ihtiyaç duyulmamaktadır. Kaynak yerindeki yüksek enerji yoğunluğu nedeniyle ergime sıcaklıkları yüksek molibden, titan, wolfram vb malzemelerin kaynağı mümkün olabilmektedir. Lazer ışını çok küçük bir alana odaklanabildiğinden küçük boyutlu, dar ve derin noktaların kaynağında elverişli olmaktadır.

Plazma kaynağında çok yüksek sıcaklığa çıkarılmış gazların ionizasyonundan yararlanılır ve plazma adı verilen yüksek enerji yoğunlığındaki gaz demeti malzeme üzerine yönlendirilerek ergitme sağlanır. Bu metod daha çok kaplama metodu için uygundur.

### **2.2.2 Basınç (pres) Kaynak Metotları**

#### **a) Demirci (ocak) kaynağı**

En eski kaynak metodu olup bir ocakta ısıtılan parçalar üst üste konduktan sonra çekiçle dövülerek veya pres (basınç) uygulanarak kaynak edilir.

#### **b) Gaz pres kaynağı**

Ergime sıcaklığının altındaki bir noktaya kadar ısıtılan malzemenin (yumuşamış malzemenin) basınç altında birleştirilmesi ile gerçekleştirilir. Isıtma için asetilene göre daha düşük sıcaklık sağlayan propan, hidrojen, su gazı gibi yanıcı gazlar kullanılır.

#### **c) Elektrik direnç kaynağı**

Bu metotta malzemenin direncine uygun elektrik akımı ile birleştirme bölgesinde sınırlı bir metal hacminin yumuşatılması (ergitilmesi) sağlanır. Isınan bölgede basınç uygun biçim ve özellikle elektrodlarla elde edilir. Kaynak için özel haller hariç alçak gerilimde (0.5...10 Volt), yüksek akım şiddetinde (1...10.000 Amper) alternatif akım kullanılır. Seri üretimde çeşitli şekillerde kullanılmaktadır.

#### **d) Yüksek frekans ve induksiyon kaynağı**

Yüksek ferakans kaynağının normal direnç kaynağından farklı çok yüksek frekansta (100...450 kHz) alternatif akım kullanılmasıdır. Akım kaynak dikişine yakın yerleştirilen ve parçaya bastıran kayıcı elektrodlarla doğrudan verilmektedir. Bu metodla ince cidarlı boru ve profillerin boyuna dikişleri ve spiral dikişli boruların kaynağı mümkün olmaktadır.

İndüksiyon kaynağı modern boru imalinde kullanılan ve bobinin oluşturduğu induksiyon akımları ile isınan boruda kaynak işlemi gerçekleştirilmektedir. Kaynak edilecek boru bobin içerisinde geçirilmektedir.

#### **e) Nokta ve çizgi kaynağı**

Nokta kaynağında üst üste konmuş ince sac levhalar bakır elektrodlar arasında kuvvet altında, elektrik akımının oluşturduğu ısı ile nokta şeklinde kaynak edilir. Elektrodlar birbirlerine mekanik, hidrolik veya pnömatik olarak bastırılır. Seri imalatta yaygınça kullanılmaktadır. Sac konstrüksiyonlarında kaynak dikişinden sızdırmazlık sağlanması da isteniyorsa nokta kaynağı yetersiz olur ve bunun yerine sac parçalar makara şeklinde elektrodlar arasından geçirilerek sürekli kaynak dikişi elde edilir.

#### **f) Elektrik ark basınç kaynağı**

Bu metotta iki parça arasında ark oluşturulmakta ve sonra birleştirme yerine bağlanacak parça itilerek normal basınç altında donması sağlanmaktadır. Pimlerin boru üzerine tespiti, saplamaların gövdelere bağlanmasında bu metod uygulanır.

#### **g) Sürtünme kaynağı**

Dönel simetriye sahip mil, profil, boru gibi parça uçlarının kaynağında kullanılmaktadır. Parçalardan biri döndürülür, diğeri ise sabit tutularak temas yüzeylerinde yeterli sürtünme ısısı oluşturulur. Sonra parçalar birbirine bastırılarak kaynak edilir. Basınç artırılırken dönen parça durdurulur eksenel basma kuvveti artırılarak kaynak işlemi gerçekleştirilir.

#### **h) Diğer kaynak metodları**

Ultrason veya ses üstü titreşimleri ile kaynak metodunda ses üstü titreşimlerin yüksek enerjilerinden yararlanılarak gerçekleştirilen bir kaynak söz konusudur. Özel bir cihazdan elde edilen ses üstü dalgaları (4...60 kHz) elektrodlardan geçirilir ve birbirine bastırılan yüzeylerden geçen dalgalar bölgesel ısınma oluşturur ve kaynama sağları.

Patlama kaynağında patlayıcı bir maddenin oluşturduğu darbe ile sac yüzeyleri birbirine çarptırılır ve burada ortaya çıkan basınç ve ısı etkisiyle birleştirme yapılır.

### **2.2.2.3 Yapay Malzemelerin (plastiklerin) Kaynağı**

Yapay malzemelerden termoplastik grubunda olanlar ısıtıldıkları zaman yumuşadıklarından uygun bir metodun uygulanmasıyla kaynak edilirler. Duroplastik malzemelerin ise kaynağı mümkün değildir. Termoplastik malzemelerin kaynağında basınç (pres) kaynağı uygulanır. Birleştirilen malzemelerin plastik hale geçtikleri sıcaklıkta basınç altında kaynama gerçekleştirilir. Kaynak yapılırken gerektiğinde aynı özellikte bir yapay malzeme ara malzeme olarak kullanılabilir. Isıtma sisteme göre yapay malzemelerin kaynak metodları; sıcak gaz kaynağı, sıcak eleman kaynağı, sürtünme kaynağı, ses üstü dalgalarla kaynak ve yüksek frekans kaynağı şeklinde sıralanabilir.

### **2.2.3. Malzemelerde Kaynağa Yatkınlık Durumu**

Kaynak bölgesinde ergime ve yumuşama sıcaklığına kadar ısıtma söz konusu olduğundan malzemeler, kimyasal yapı ve özelliklerine göre havanın zararlı etkisinde kalırlar. Kaynak edilebilir bir malzemede kaynak dikiş bölgesinde kaynak işlemi sonunda mekanik özellikler kötüleşmemelidir. Bazı hallerde arzu edilmeyen gevrek ve kırılgan bir yapıya dönüşme söz konusudur. Korozyona dayanıklılık da azalabilmektedir. Aşağıda kaynak imal usulü uygulanan malzemelerin genel özellikleri verilmiştir.

1. Kaynak dikişinde ergiyen bölge ile bu bölgeyi çevreleyen “ısının tesiri altında kalan bölge-ITAB” bulunmakta olup ITAB’daki sıcaklık 700-1450 °C arasında olup soğuma hızına bağlı olarak bu bölgede sertlik artmaktadır. Bu nedenle özellikle kalın parçalarda kırılma ve çatlama bu bölgede ortaya çıkar.
2. Malzemedeki kükürt ve fosfor artışı genel olarak kaynak edilebilirliği zorlaştırmaktadır. Karbon ve Manganez alaşimsız çeliklerde kaynak yapılmamayı etkiler.
3. Yüksek karbonlu çelikler kaynaktan sonra hızlı soğuma nedeniyle kırılgan hale gelirler.
4. Elektrik direnç kaynağında sıcaklık malzemenin öz direncine ve akımına bağlıdır. Elektrik iletkenliği iyi olan bir malzemenin kaynak edilebilirliği kötü, elektrik iletkenliği kötü bir malzemenin kaynağına daha yatkın olduğu bilinir.
5. Malzemenin ısı iletkenliği ve ergime noktası da direnç kaynağında önemlidir. İyi ısı iletkenliği iyi olan malzemenin kaynak edilebilirliği kötüdür. Ayrıca düşük ergime noktası enerji tasarrufu da sağlar.
6. Çelik ve metallerin kaynak edilebilirlik özellikleri pres kaynağında ergitme kaynağına göre daha iyidir. Çizelge-2.2.1 çeşitli malzemelerin kaynak edilebilme durumlarını özetlemektedir.
7. Kaynak işlemine yatkınlık malzeme cinsi ve yapısı yanında seçilen kaynak yöntemi ve konstrüksiyon özelliklerine de bağlıdır.

### Çizelge-2.2.1 Malzemelerin kaynak kabiliyetleri

Sıra No	Malzeme	Kaynağa uygunluk durumu	Açıklama
1	<b>Çelikler</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alaşimsız çelikler</li> <li>▪ Düşük alaşimsız çelikler</li> <li>▪ Yüksek alaşimsız çelikler</li> <li>▪ Paslanmaz çelikler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Karbon, kükürt, fosfor, azot miktarları arttıkça kaynağa uygunluk azalır.</li> <li>▪ Sakin dökülmüş çelikler uygun</li> </ul> <p>Uygun Ön tavlama gereklidir</p> <p>Uygun İyi Ön tavlama gereklidir Çok zor kaynak edilir</p> <p>Çok zor kaynak edilir</p> <p>Sınırlı İyi</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kaynağa uygunluk kimyasal bileşim ve imalat şecline bağlıdır.</li> <li>▪ Siemens-Martin veya oksidasyon yöntemi ile ergitilmiş çelik Thomas çeliğine göre daha elverişlidir.</li> </ul> <p>C≤%0.22 (&lt;%0.25) C&gt;%0.30</p> <p>Karbon Eşdeğerine (EC) bağlı* EC ≤ %0.4 EC ≤ %0.4-0.6 EC &gt; %0.6</p> <p>Kimyasal bileşime bağlı Elektrik ark kaynak metodu uygulanır</p> <p>Yüksek alaşimsız ferritik krom çelikleri Ostenitik CrNi elektrod ile kaynak edilir.</p> <p>Ostenitik CrNi ve Mn çelikler</p>
2	<b>Dökme demir</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Küresel grafitli</li> <li>▪ Lamel grafitli</li> <li>▪ Siyah temper döküm</li> <li>▪ Beyaz temper döküm</li> <li>▪ Dökme çelik</li> </ul>	<p>Uygun değil Uygun değil Uygun değil Uygun İyi Kötü/kaynak edilemez</p>	<p>GS 38, GS 45 GS 50...GS70</p>
3	<b>Hafif metaller ve alaşımlar</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alüminyum ve alaşımları</li> <li>▪ Bakır ve alaşımları           <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pirinç</li> <li>- Bronz</li> </ul> </li> </ul>	<p>Uygun/kolay</p> <p>Uygun</p> <p>Uygun</p> <p>Uygun/kolay</p> <p>Uygun</p>	<p>Otojen kaynağı, koruyucu gaz altında elektrik ark kaynağı Sertleştirilebilen alüminyum alaşımları</p> <p>Gaz ergitme kaynağı Işık ark kaynağı (LWIG)</p> <p>Çinko miktarı arttıkça özellik kaybolur. Bakırdan daha iyi</p> <p>Pirinçe göre daha zor kaynak edilir Kalay bronzu alüminyum bronzuna göre kolay kaynak edilir. Koruyucu gaz altı ile</p>

### Çizelge-2.2.1'in devamı

4	<b>Yapay malzemeler (Plastikler)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PVC (Polivinilklorid)</li> <li>▪ PE (Polietilen)</li> <li>▪ PA (Polyamid)</li> <li>▪ PS (Polistiral)</li> <li>▪ Duroplastikler</li> </ul>	Uygun  Uygun  Kötü/zor  Uygun/tercih edilmez  Uygun değil	Termoplastikler ısıtıldıklarında yumuşamaktadır.  Yapıştırılması daha kolay olduğundan  Sertleştirikten sonra tekrar yumuşamayan plastikler, genelde yapıştırma uygulanır
---	---	---	---

\* Az alaşımılı çeliklerde ağırlık yüzdesine göre karbon eşdeğeri (EC)

$$EC = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}$$

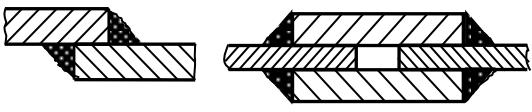
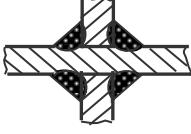
şeklinde hesaplanır.

#### 2.2.4. Kaynak Dikiş Şekilleri

Kaynaklı birleştirmenin istenilen kalitede ve mukavemette gerçekleştirilebilmesi için kaynak işleminden önce belirli hazırlıkların yapılması zorunludur. Birleştirme bölgesinde uygun kaynak dikişi elde etmek için aşağıdaki ön hazırlık çalışmaları yapılır.

- Uygun çalışma ortamı hazırlanır.
- Ön tavlama gerektiren malzemelerde (yüksek karbonlu ve alaşımılı çelikler) gerekli ısıl işlem yapılır.
- Enine çarpmaların önlenmesi için parçalarda uygun puntalama yapılır. Takviye kuvvetlendirme için konstrüktif tedbir alınır.
- Isınan parçalarda bir yönde genleşmeye imkan verilir.
- Özellikle belirli kalınlıktaki parçaların alın kaynağında uygun kaynak ağızı açılır.
- Kaynak bölgesi, kir, toz, yağ vb yabancı maddelerden temizlenir.

Birleştirme bölgesinde parçaların birbirine göre konumları kaynak birleştirme şeklini belirler. Uygulamada karşılaşılan seçilmiş kaynak birleştirme şekilleri Şekil-2.2.2'de gösterilmiştir. Birleştirilen parçaların durumuna göre alın, bindirme, T, köşe gibi kaynak dikiş şekilleri söz konusu olabilmektedir.

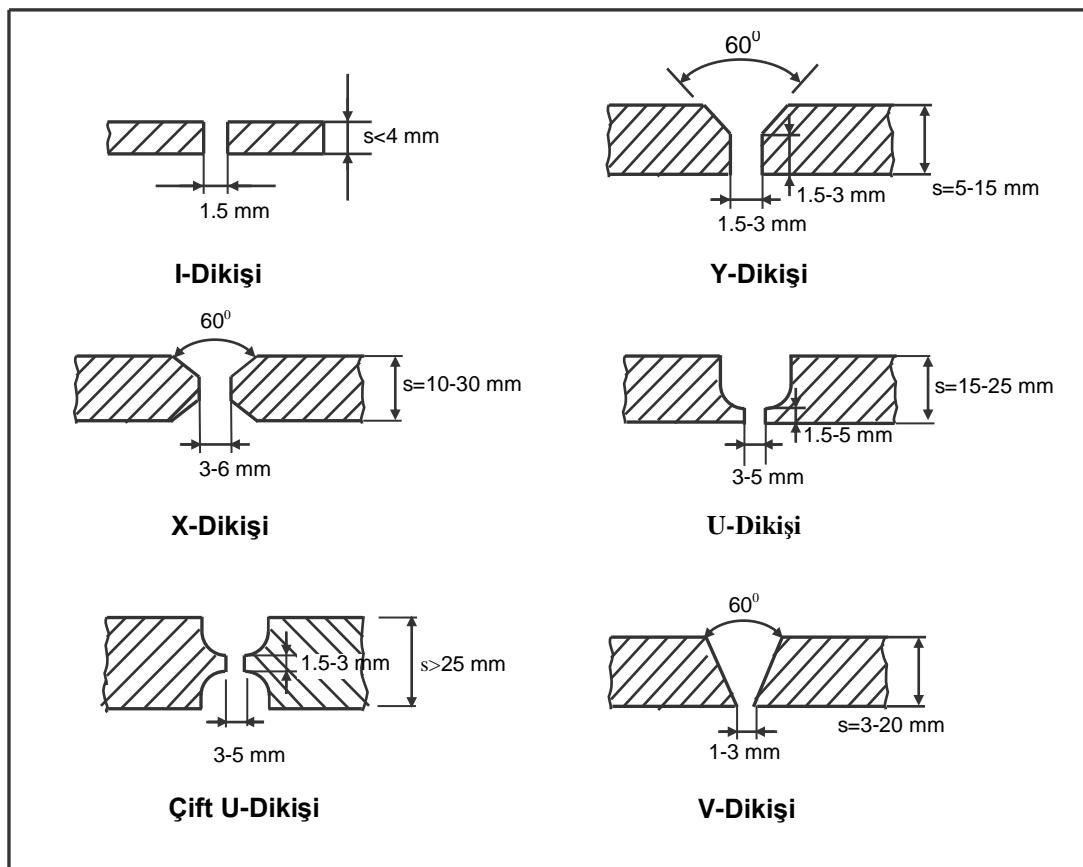
Parça Konumu (Dikiş Şekli)	Sembol	Örnek
Alın kaynağı	— —	
Bindirme kaynağı	— — —	
Köşe (kenar) kaynağı	—   / \	
Kıvrılma dikiş kaynağı (uç kaynağı)	— L L — —	
Alın köşe, yan köşe kaynağı	—	
T-kaynağı (Boğaz kaynağı)	— ⊥	
Çapraz Kaynak	— + —	
Çok Katlı Kaynak	— — —   / \	

**Şekil-2.2.2** Kaynak birleştirme şekilleri

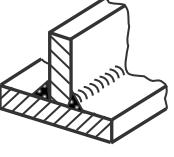
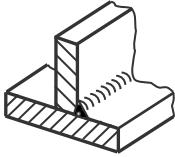
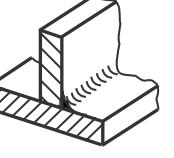
Parçaların birleşen uçlarına veya kenarlarına boşluksuz kaynak dikişi gerçekleştirmek amacıyla kaynak ağzı açılır ve kaynak ağzının biçimini veya profili de kaynak dikiş şeklini belirler (X-dikişi, Y-dikişi gibi).

Alın ve boğaz (köşe) kaynağı uygulamada en çok rastlanan kaynak birleştirme şekilleridir. Alın dikişinde birleştirilen parçalar kalınlıkları 3 mm ve daha küçük ise parçalarda kaynak ağızı açmaya gerek duyulmaz. Daha kalın levhaların alın kaynağı ile birleştirilmesinde kaynak ağızı açılır (X, V, U profili şeklinde). Kaynak ağızı şekillendirilirken parça kalınlığı yanında malzeme, zorlanma şekli ve kaynak metodu dikkate alınır.

Genelde birbirine dik konumdaki parçaların kaynağında boğaz dikişi, ince levha veya sacların kenarlardan birleştirilmesinde kenar veya uç kaynağı uygulanır. Boğaz kaynağında kuvvet yön değiştirdiğinden dikiş mukavemeti alın dikişine göre daha zayıftır. Kenar dikişinde mukavemet çok daha düşüktür. Boğaz dikişinde (T dikişi) levha kalınlığına göre tek veya iki yönlü kaynak ağızı açma işlemi gerekebilir. Şekil-2.2.3 alın kaynağında seçilmiş kaynak ağız şekillерini göstermektedir. Şekil-2.2.4 belirli ağız ve kaynak dikiş şekillерini sembollerile birlikte vermektedir.



**Şekil-2.2.3** Alın kaynağında seçilmiş kaynak ağızları

No	İsim	Dikiş Şekli	Sembol	No	İsim	Dikiş Şekli	Sembol
1	I-Dikişi			8	Kökü Takviyeli V-Dikişi		▽
2	V-Dikişi		▽	9	Çift Boğaz Dikişi		▷
3	Boğaz kaynağı		△	10	Üstü Düz V-Dikişi		▽
4	Düz Kenar Kaynak Dikişi			11	Üstü Bombeli Çift V-Dikişi X-Dikişi		(X)
5	Çift V-Dikişi X-Dikişi		×	12	İç Bükey Boğaz Kaynak Dikişi		↖
6	Çift HV Dikişi K Dikişi		K	13	Üstü Düz, Kökü Takviyeli, V-Dikişi		▽
7	Çift U-Dikişi		ꝝ	14	Her İki Yüzü Bombeli I-Dikişi		ꝝ

**Şekil-2.2.4** Seçilmiş temel kaynak dikiş şekilleri ve sembollerı

## 2.2.5. Kaynak Dikiş Kalitesi

Kaynaklı birleştirmelerde kaynak dikişinin mukavemeti kaynak dikiş kalitesine bağlı olup kaliteye etki eden faktörler aşağıda verilmiştir.

**a) Malzeme:** Malzeme kaynak edilebilir olmalıdır. Kaynak yöntemi değerlendirilerek kullanım amacına da uygun malzeme seçimi yapılmalıdır.

**b) Hazırlık çalışmaları:** Kaynak metoduna uygun, kaynak ağızı açılması da dahil ön hazırlıkların uyguncu yapılması gereklidir.

**c) Kaynak metodu:** Seçilen kaynak metodunun birleştirilen malzemelerin özelliklerine (parça kalınlıkları da dahil) ve zorlanma durumlarına uygun olmasına dikkat edilmelidir. Kaynak metodlarına uygun semboller DIN standartlarına göre aşağıdaki gibidir.

G- Gaz kaynağı, E-Elektrik ark kaynağı, UP- Toz altı kaynağı,

SP- Koruyucu ark kaynağı, TIG- Tungsten inert gaz kaynağı,

WIG- Wolfram inert gaz kaynağı, MIG- Metal inert gaz kaynağı

**d) Kaynak malzemesi (elektrod ve kaynak teli):** Ek malzeme olarak kullanılan elektrod veya kaynak teli, ana malzemenin özelliklerine ve kaynak metoduna uygun seçilmelidir.

**e) Personel durumu:** Kaynakçının eğitilmiş tecrübe sahibi olmasına dikkat edilmelidir.

**f) Kaynak sonrası yürütülen işler:** Kaynak tamamlandıktan sonra aşağıdaki işlerin yürütülmesi zorunlu olabilmektedir.

- İhtiyaç durumuna göre (malzeme ve kaynak metoduna göre) gerilme giderme tavlaması yapılmalı
- Soğuk şekil verilebilen malzemelerde preste düzeltme, şekil bozukluklarının ve iç gerilmelerin giderilmesi işlemi yapılmalı
- Dikiş kontrolu ve gerekiyorsa korozyona karşı önlem alınması

**g) Kontrol işlemi:** Kaynak dikişinin hatasız olup olmadığını uygun bir kontrol metodu ile (X-ışını, ses üstü dalga, sızdırmazlık testi, çatlak gözlenmesi vb) belirlenmesi

Kaynak dikiş kalitesi yukarıdaki faktörlerin değerlendirilme durumuna göre üç gruba ayrılmaktadır.

**I. Kalite :** Yukarıdaki tüm şartlar ve aranan diğer özel şartlar sağlanmış olmalıdır. Bu kalite yüksek dinamik yüklerin söz konusu olduğu bağlantılar için istenir.

**II. Kalite:** Yukarıdaki faktörlerin çoğunu sağlandığı kalite grubu (ilk 5 şart gibi). Bu kalite de yüksek statik zorlanmalar ve orta genlikli dinamik yükler için aranır.

**III. Kalite:** Özel şartların (özel kontrol şartlarının) aranmadığı kaynak dikişlerinin kalitesi olup kaynakçının da uzman/usta olması aranmaz. Ancak kaynak işleminin kaynak tekniğine uygun olarak yapılmış olması aranır. Bu kalitedeki kaynak, düşük karbonlu çeliklerde her çeşit dolgu veya elektrodlarla gerçekleşir.