

## **10. GEMİ İNŞAATINDA KULLANILAN MALZEMELER**

### **10.1 GİRİŞ VE GENEL TANIMLAR**

Bir gemi yüzen bir tesis veya fabrika olarak düşünülebilir. Dolayısıyla, gemi inşaatında kullanılan malzemeler akla gelebilen malzemelerin tümünü kaplayabilir. Örneğin yaşam mahallerinde kullanılan yanmaz panellerde yanmaz izolasyon malzemeleri (taş yünü veya cam yünü gibi) estetik bir kaplama (genelde sentetik malzeme) içinde olduğu, kablolamada bakır ve plastik izolasyon malzemeleri, möblede ağaç, kumaş ve köpük gibi malzemeler olduğu, koridor zeminlerinde beton olduğu gözlenecektir. Bizim burada irdelleyeceğimiz malzemeler sadece geminin mukavim yapısını oluşturan kısımlarda kullanılan malzemelerdir. Bu malzemelerin genel mukavemeti ile üretim yönünden işlenebilirlik özel önem arz eder.

Prensip olarak ticaret gemilerinin ana malzemesi çeliktir (= steel). Konstrüksiyon ağırlığının önem kazandığı gemilerde alüminyum (= aliminum) veya elyaf takviyeli plastik (= fibre reinforced plastik veya FRP) kullanılır. Tarihsel olarak ilk gemiler ağaçtan yapılmış olup, bu gün de gezinti teknelerinin önemli bir bölümü kısmen veya tamamen ağaçtan yapılmaktadır. Ayrıca yüzen havuzların dip kısımları, bazı dubalar ve dibe oturan açık deniz petrol platformlarının konstrüksiyonlarında takviyeli beton kullanılmış ve kullanılmaya devam etmektedir.

Gemi inşaatında kullanılan malzemelerin teknik özelliklerinden bahsettiğimizde gemi üzerine gelecek çekme, basma ve kesme gerilmelerini karşılayabilme özelliği, sertliği (=hardness), sünekliği (şekil değiştirme özelliği = Malleability), kırılganlığı (= brittleness), yorulmaya dayanımı (= fatigue strength), yoğunluğu ile yanma mukavemeti gibi özellikler anlaşılmalıdır.

### **10.2 GEMİ İNŞAATINDA KULLANILAN ÇELİK MALZEMELER**

Çelik, demir ingotlarından ısıtılarak işlemler uygulanarak saflaştırma ve şekillendirme işlemleriyle elde edilir. Ana unsurları büyük ölçüde demir ve kontrollü miktarda karbondur. Üretimde metal bazlı olmayan kükürt, silikon ve fosfor gibi maddelerin miktarının en azda tutulması önemlidir.

Çelik malzemenin teknik karakteristikleri kimyasal yapı değişikliği ile sağlanır. Örneğin; çekme mukavemeti çelikteki karbon miktarını değiştirerek veya kimyasal yapıya krom, nikel, manganez gibi alaşım maddeleri katılarak değiştirilebilir. Genelde karbon miktarının artırılması çeliğin sertliğini artırır.

Gemi inşaatında genelde kullanılan çelik fiyat, özellik ve bulunabilirlik yönünden uygun olan “yumuşak çelik (= mild steel)” malzemedir. Soğuk ve sıcak şekil vermeye ve kaynağa uygun olan bu malzemenin işleme sıcaklıklarında mekanik özelliklerinde önemli bir değişme gözlenmez. Ancak çok düşük sıcaklıklarda darbe sertliğini kaybeder, kırılabilirlik kazanır ve bünyede kırılabilirlik zafiyeti (= brittle fracture) yaratabilir. Bir çeliğin gemi inşaatında kullanılabilmesi için gemiyi belgeleyecek klas kurumunca denetlenmiş, test edilmiş ve damgalanmış olması gerekir.

Klas kurumları gemi inşaatında kullanılan çelikleri belirli bir gruptandırmaya tabi tutmuş ve bunlara A'dan E'ye semboller vermiştir. Genelde A ve B yumuşak çelik türleridir. Türk Loydu'nun çelik malzeme için kuralları Ek'de verilmiştir. Klas kuralları hangi tip çeliklerin hangi şartlar altında kullanılacağını ve mekanik özelliklerinin ne olması gerektiğini net ve açık bir şekilde belirtir.

Genelde gerilmelerin yüksek olduğu büyük tanker ve dökme yük gemileriyle ağırlığın önemli olduğu savaş gemileri, ro-ro ferri ve yolcu gemileri gibi konstrüksiyonlarda yüksek gerilim çelikleri kullanılır. Benzer şekilde soğutulmuş sıvılaştırılmış LPG ve LNG taşıyan gemilerinin tanklarında soğuk ortamda kırılabilirleşmeyen ve tanklarında korozif etkisi yüksek maddeler taşıyan tankerlerde ise korozyona mukavemetli çelik malzeme kullanılır.

### **10.3 ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI**

Gemi inşaatında kullanılan alüminyum alaşımları deniz tipi alüminyum (= marine aluminum alloys) olarak bilinir ve çelik malzeme gibi klas kurallarıyla sınıflanır, denetlenir ve belgelenir. Alüminyumun en önemli özelliği hemen hemen aynı akma gerilmesine sahip olmasına rağmen yoğunluğunun yumuşak çeliğin yaklaşık üçte biri değerine sahip olmasıdır. Ancak alüminyumun burkulma mukavemeti çeliğe göre daha düşük olduğu için alüminyum yapılar eşdeğer çelik yapının yaklaşık yarı ağırlığında olurlar.

Üretim yönünden alüminyumun en büyük dezavantajı fiyatı ve kaynak işleminde malzeme yüzeyindeki oksit tabakasının kaynak dolgusuna karışmaması için özel koruyucu gaz (inert gas) korumasında kaynak yapma zorunludur. Bugünkü fiyatlarla gemi inşaatında çelik malzeme için \$ 2.0 / kg birim fiyat kullanılırken alüminyum için bu rakam \$ 12.0 / kg olmaktadır. Bu ise alüminyumun ağırlık avantajı göze alındığında dahi tekne fiyatında bire üç bir oran yaratır.

Bazen sadece üst yapılar alüminyum yapılır. Bu takdirde çelik ve alüminyum teması elektro-kimyasal korozyona sebep olur ve çeliğin alüminyum zaman içinde yemesine sebep olur. Dolayısıyla çelik-alüminyum temas bölgelerinin elektrolitik ortam oluşturmayan ve emiş

özelliği olmayan (= non-absorbent) Neopren ve benzeri malzemeyle izole edilmesini gerektirir. Bindirme mahallerinde kullanılan çeliğin tercihen galvanize edilmiş olması istenir.

Not edilmesi gereken bir diğer husus ise çelik malzemenin aksine alüminyum malzemelerde koruyucu boya olarak kurşun bazlı boyalar asla kullanılmaz.

#### **10.4 ELYAF TAKVİYELİ PLASTİK (FRP)**

Elyaf takviyeli plastik örgü (= woven roving) ve kısa serbest elyaf tabakalarının (= chopped strand mats) sentetik reçine (= resin) ile birleştirilmesi sonucu FRP yapılar üretilir. En fazla kullanılan reçineler polyester, vinly ester, epoxy ve phenolic reçinelerdir. Elyaf olarak en çok cam elyafı (= E-Glass veya daha yüksek mukavemetli S-Glass) kullanılmakta olup, özel yapılarda karbon veya aramid (buna Kevlar 49 dahildir) elyaf da kullanılır.

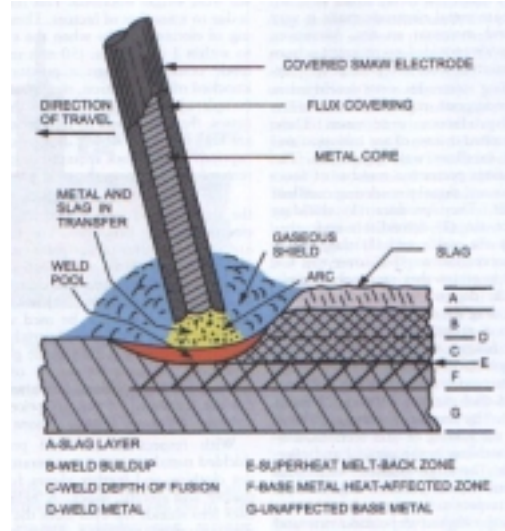
Sandaviç (= sandwich) konstrüksiyon konstrüksiyon haricinde FRP yapıların üretiminde erkek veya dişi kalıplar kullanılır. Yapı tabakalar halinde elyaf unsurları ve reçine uygulaması ve kurutma şeklinde oluşturulur. Uygulama ve kurutma (= curing) işlemlerinin kontrollü çevre şartları altında (sıcaklık, nem oranı ve toz önlenmesi) yapılması zorunludur.

Çelik ve alüminyum malzemelerde olduğu gibi FRP malzemelerde de malzeme özellikleri ve üretim klas kurumları tarafından belirlenir, denetlenir ve belgelenir.

#### **10.5 GEMİ İNŞAATINDA KAYNAK**

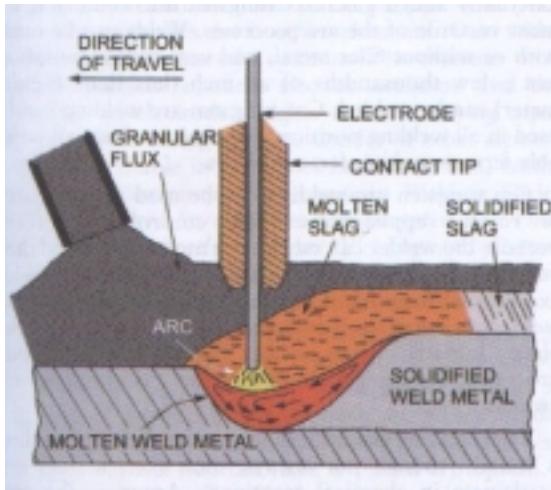
Metal birleştirmede en çok kullanılan yöntemlerden biri olan kaynak, birleştirilecek parçaların uçları ile dolgu malzemesinin ergitilerek sıvılaşması ve takiben soğuyarak katılaşması suretiyle oluşturulan bir bileştirme türüdür. Doğru uygulama yapıldığında kaynak dikişinin mukavemeti en az kaynatılan malzemeler kadardır. Genelde ısı kaynağı yaratmada elektrik arkı, Oxi-asetilen (veya Oxi-bütan) gaz karışımının yakılması, elektrik direnci, kimyasal maddeler (= termit), elektron hüzmesi veya lazer ışını kullanılır. Gemi inşaatında en çok kullanılan elektrik ark kaynağıdır.

Elektrik ark kaynağında kaynak elektrodu ve kaynatılacak malzeme arasında bir akım geçişi temin edilir. Kaynak elektrodu metalden 3 ila 6 mm. uzakta tutularak ark (= kıvılcımlar) oluşturulur. Oluşan ark o çevrede sıcaklığı 4000 °C'a kadar yükseltir ve hem birleştirilecek uçlar ve hem de kaynak elektrodunun metal çekirdeği ergiyerek istenen birleşmeyi temin eder. Elektrik arkında 15 ila 40 volt mertebesinde bir gerilim azalması olur ve bu gerilim farkı kaynak nufuziyetini ve dolgu şeklini belirler.

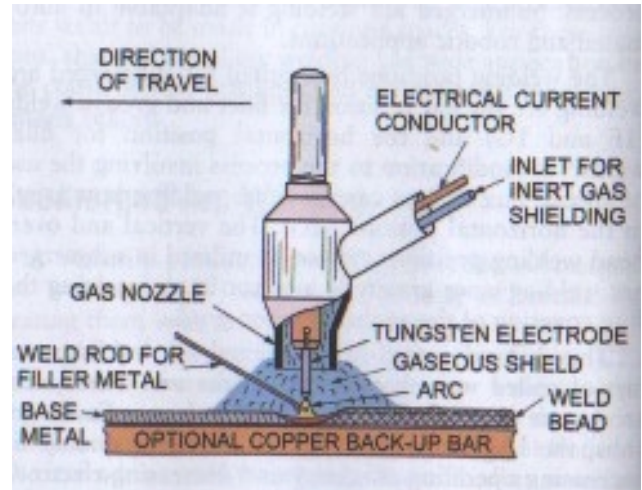


Şekil 10.1 Örtülü metal ark kaynak şematığı

Kaynak işlemi sırasında atmosferik gazların ve rutubetin kaynak bölgesine karışmasını önlemek üzere bir koruma tabakası oluşturulmak istenir. Bu ise değişik yöntemlerle sağlanmaya çalışılır. En basit yöntemde kaynak elektrodu bir manto ile örtülüdür. Kaynak işlemi sırasında örtü kısmen sıvılaşır ve kısmen yanar. Yanmadan çıkan gaz gaz örtüsü oluştururken, sıvılaşan manto yoğunluğu çok daha düşük olduğu için yüzeyde kalır ve bitmiş soğuyan kaynağın üzerinde bir örtü oluşturur. Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra örtü özel bir çekiç kullanılarak kolayca sökülür. Daha ileri yöntemlerde elektrod örtüsü yerine özel gazlar veya tozlar kullanılır ve bu tiplere gaz-altı ve toz-altı kaynak denir. (Bakınız şekil 10.2 ve Şekil 10.3).



Şekil 10.2 Gaz tungsten ark kaynağı şematığı



Şekil 10.3 Toz altı kaynağının şematığı

Kaynak yapılacak levhaların kalınlığına bağılı olarak bir uç hazırlama (= edge preparation) işlemleri uygulamak gerekir. Genelde 6 mm.'nin altındaki saçlarda kaynak ağızı açılmaz. Daha kalın saçlarda saç kalınlığı ve kaynak tipine bağılı olarak V-, U-, çift V- ve çift U- tipi kaynak ağızları kullanılır. Şekil 10.4 (a) ve (b)'de değışik kaynak ağızı ve dikişleri gösterilmiştir. Türkiye'de çok yaygın olmamakla beraber dünyada arka takviyeli (= backing) tek taraflı kaynak gemi inşa sanayiinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Arka takviyeleri bakır, seramik ve asbest olabilir.

Kaynak işlemleri sırasında kaynatılan malzemelere ısı verildiğinden bu malzemelerde şekil değıştirme olasılığı (özellikle ince saçlarda) yüksektir. Dolayısıyla kaynak dizaynında sadece mukavemet değıil aynı zamanda ısı geğışi de göz önüne alınmak zorundadır. Bu tür önlemlerin alındığı kaynak prosedürlerine "metot kaynakları" denir.

Kaynakla yapılan dolgu işlemleri kalın levhalarda bir geğışte tamamlanamaz. Pratikte bir geğışte dolguya "paso" (= pass veya run) denir. Her pasodan sonra örtünün tamamen kazınıp temizlenmiş olması kaynak hatalarının önlenmesi için zorunludur. Pratikte çok pasolu bir kaynak bitiminde kaynakçı kaynak yerini çekiçle döver. Bu işlem hem kalan gerilmelerin (= residual stress) azaltılmasına ve hem de halen sıcak olan kaynak dolgusunun konsolidasyonuna yardımcı olur.

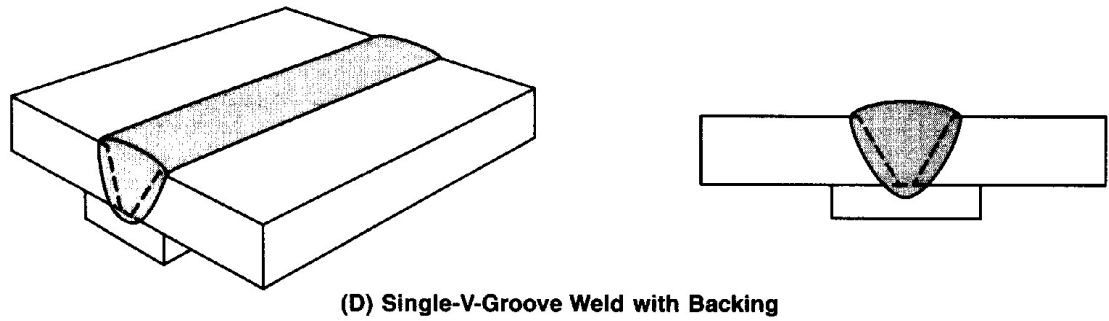
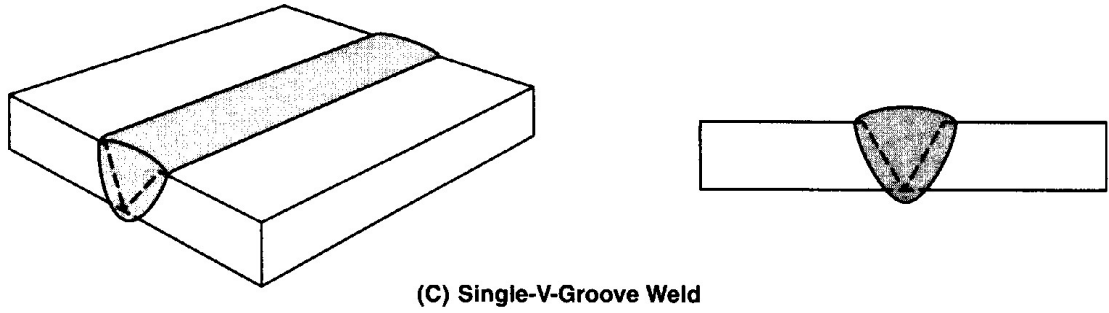
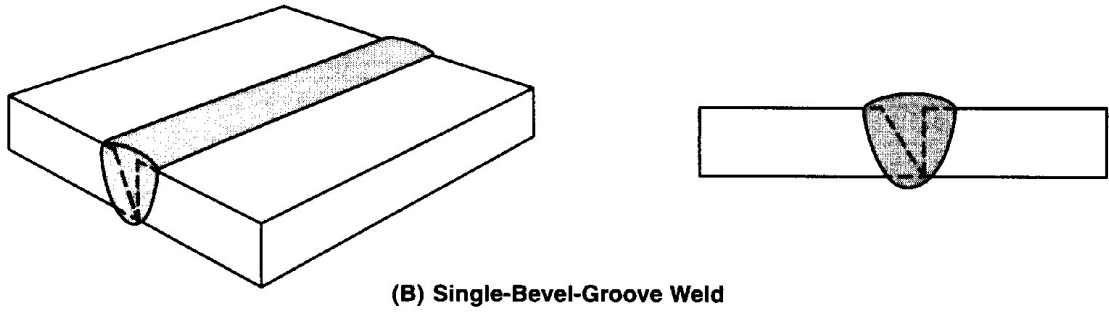
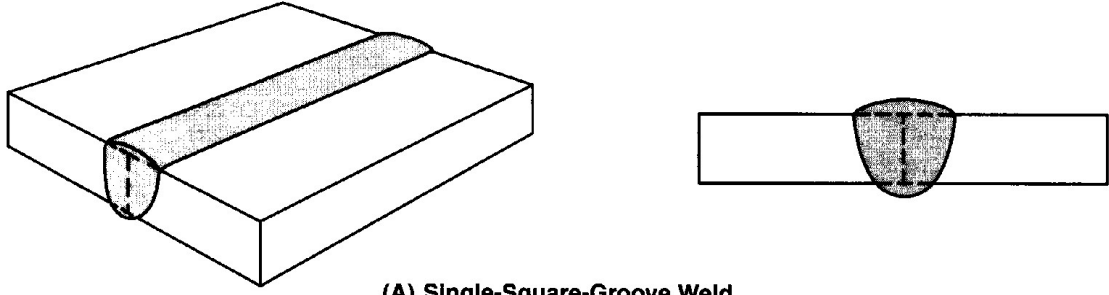
Gemi yapısında bazı birleştirme yerlerine özel adlar verilir. Örneğinin dış kaplama boy istikametindeki saç birleşme yerlerine sokra (= seam), buna dik istikametteki birleşme yerlerine ise armuz (= butt) ve buraların kaynaklarına da sokra ve armuz kaynakları denir. Birbirleriyle dik kesişen elemanların kaynağına ise alın kaynağı denir. Şekil 10.5'de alın kaynağı, kaynak ayak boyları ve efektif boğaz kalınlığı gösterilmektedir. Yapılan bir kaynak yüzeyinde konkavlık oluşması "undercut" olarak bilinir ve istenmez.

Kaynakçının veya kaynak makinasının yapılacak kaynağına göre pozisyonu uygulanacak kaynak yöntemini de etkileyeceğinden büyük önem arz eder.

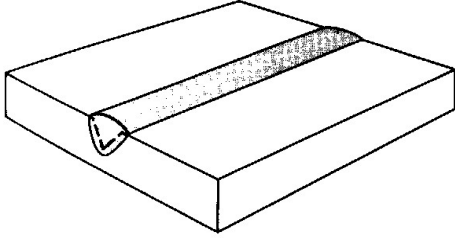
Elatı veya taban (= downhand) kaynağı uygulama yönünden en uygun pozisyonudur. Dikey (= vertical) kaynak yukarıdan aşağıya veya aşağıdan yukarı uygulanabilir. Genelde aşağıdan yukarı yöntem sıvılaştırmış kaynak malzemesinin daha iyi nüfuz etmesini temin eder. Tavan (= overhead) kaynağı en zor kaynak türüdür ve özel kaynak elektrodu ve yöntem gerektirir. Gemi üretimi yönünden kaynak işlemlerinin mümkün olduğunca el altı ve dikey kaynağı kullanacak şekilde üretimi planlamak tersane verimini artırır.

Gemi inşaatındaki kaynak işlemlerinin tümü klas kontrolü ve onayını gerektirir. Kaynakçıların sertifikalı olması gereğı dışında kaynak prosedürlerinin hazırlanması ve uygulanması da klas denetimindedir. Ayrıca yapılan kaynaklar tahribatsız muayene

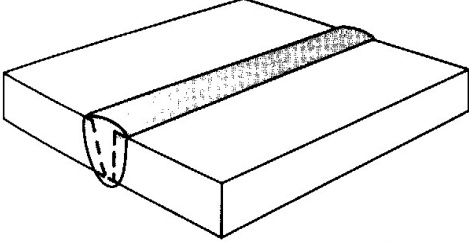
yöntemleriyle (= nondestructive tests) irdelenir. Bu yöntemler radyografik, akustik ve X-Ray gibi testleri de içerir.



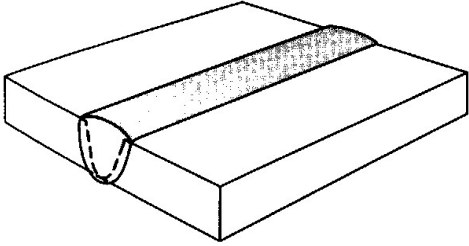
Şekil 10.4 (a) Çeşitli kaynak ağzı ve dikişleri



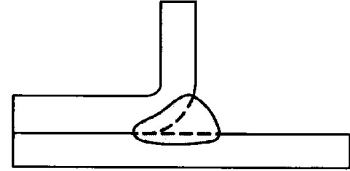
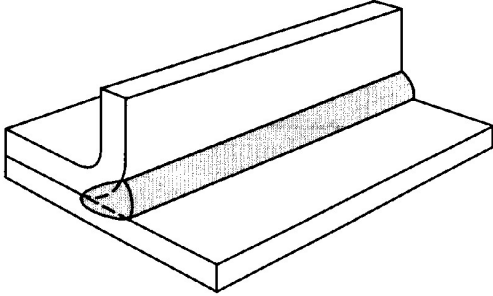
(E) Single-V-Groove Weld on a Surface



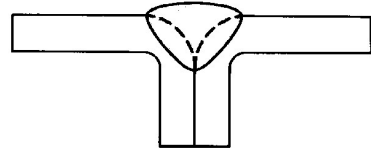
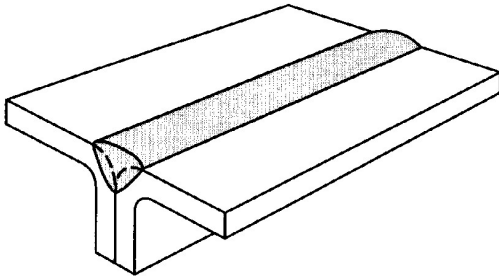
(F) Single-J-Groove Weld



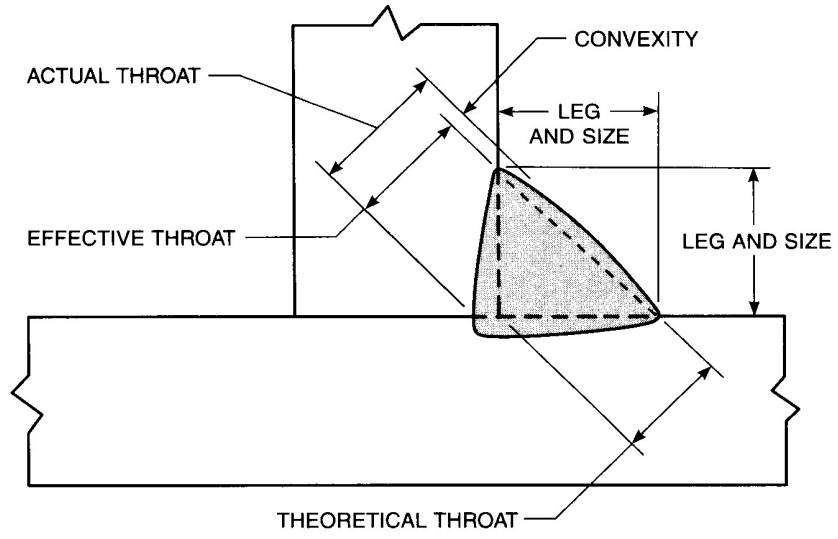
(G) Single-U-Groove Weld



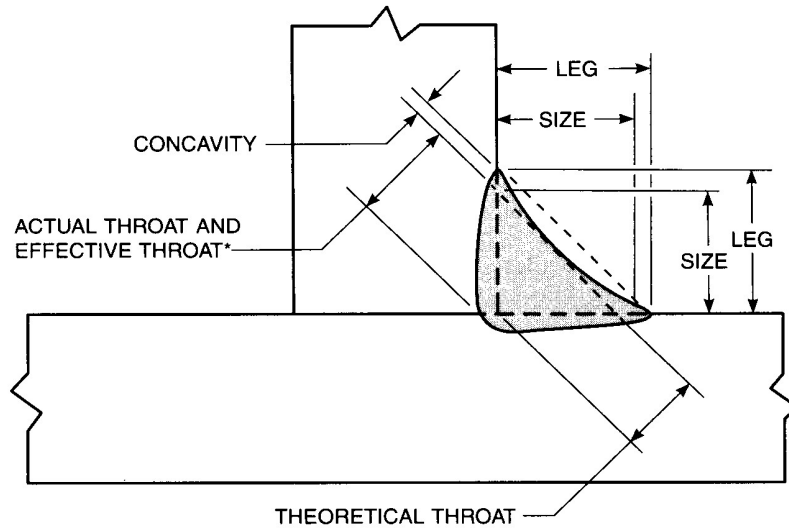
(H) Single-Flare-Bevel-Groove Weld



Şekil 10.4 (b) Çeşitli kaynak ağızı ve dikişleri



**(A) Convex Fillet Weld**



Şekil 10.5 Alın kaynağı ve kaynak boğacı