

## XXI — KAYNAKLI KONSTRÜKSİYONLARIN HESABINA GİRİŞ

Tavsiye edilen bir müsaade edilebilir gerilme düzeyi, bir malzemenin niteliğine bağlı olsun ya da olmasın, belli bir konstrüksiyon sınıfı ve yükleme koşulunda başarılı bir tasarım uygulamasını karakterize eder. Bununla birlikte herkesin herhangi bir zamanda içine düştüğü aşikâr bir tuzak, yükleme, çevre, işçilik kalitesi ve malzeme davranışının farklı olabildiği belli bir konstrüksiyon sınıfından bir tavsiye edilmiş değeri başka bir konstrüksiyon sınıfına aynen aktarmak ya da ekstrapole etmektir. Böyle bir hatanın en belirgin örneği durağan yüklemeye uygun tasarım gerilmelerinin, yükün değişken ve yorulma kırılmalarının olası konstrüksiyonlara uygulanmasıdır.

Bu itibarla değişik uygulama normlarının kaynaklar için tasarım gerilmelerinde uyuşmaya varmaları beklenmemektedir. Bununla birlikte bunlarda bazı müşterek noktalar vardır. Biz aşağıda bazı normların özetini ve bunlar arasındaki işbu müşterek prensipleri vereceğiz.

*Kaynak dikişlerinin birim uzunluk başına mukavemeti, bunların enine kesitlerinin şekil ve boyutlarının fonksiyonudur.* Buradan da bu iki temel karakteristiğın, yani dikişlerin enine kesitinin şekil ve ölçülerinin önemi meydana çıkar.

Genel olarak, dikiş boyutlarının küçüklüğü oranında bu iki karakteristik daha az belirgin olur.

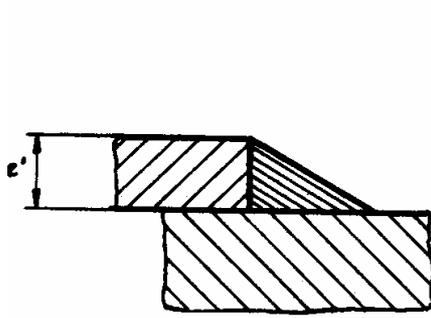
Genel bir köşe kaynağında, dikiş yüzeyi dalgalı olup dalgaların derinliği 1 ilâ 2 mm iken dikiş yüksekliğinin 3 ya da 5 mm olduğunu söylemek güçtür. Böyle bir belirsizliğin sonucu olarak da bu dikişin mukavemet hesaplarında belirginsizlikler % 20 ilâ 40 olur. 10 veya 12 mm yükseklikte bir dikişte, yüzey dalgalanmaları aynı kaldığından hesabın belirginsizliği azalır.

Doldurmak zorunda oldukları sınırlı köşelere çekilmiş dikişlerde belirginlik çok daha büyük olur; böylece  $e'$  kalınlığında bir levhayı tamamen kaynak eden bir dikiş,  $e'$  ye eşit bir yüksekliği haiz olacaktır (şek. 300); aynı şekilde, taşkın bir levhanın bütün  $e''$  çıkıntısını kaynak etmiş dikişin ayağı bu  $e''$  ye eşit olacaktır (şek. 301).

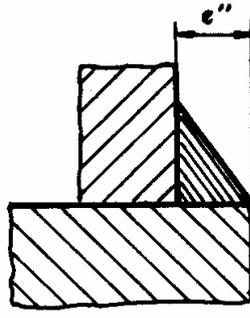
Bütün bunlar nedeniyle, ince dikişlerin mukavemetinin deneysel olarak hassas şekilde incelenmesi istendiğinde, dikişleri, yükseklik ve ayak olarak birleştirilecek levhaların kalınlığı ve taşkınlıklarıyla sınırlı deney parçaları meydana getirilir (şek. 302).

Aynı şekilde, konstrüksiyonlarda, mümkün olabildiği kadar, dikişin boyutlarından bir tanesini, yukarıdaki şekillerin bir tanesine uygun olarak, saptamak gerekir. Böylece kontrol da kolaylaşır şöyle ki, aynı kalınlıkta bir levhayı kaynak eden 10 mm'lik bir dikişin, istenen 10 mm'yi haiz olup olmadığını görmek kolay olur; oysa ki 10 mm'lik bir levhayı kaynak eden 8 mm'lik bir dikişte aynı kontrolü yapmak çok daha zor olur.

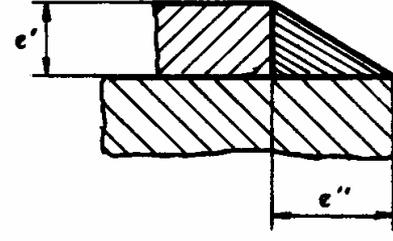
Normal kaynakçılar tarafından gerçekleştirilen çok sayıda eş deneyde, sapmalar genelde bir ortalamaya göre  $\pm$  % 7,5 olarak saptanmıştır. Oysa ki konstrüksiyonlarda genel olarak



Şek. 300 — Yüksekliği sınırlı bir köşede dikiş.



Şek. 301 — Genişliği sınırlı bir köşede dikiş.



Şek. 302 — Genişlik ve yüksekliği sınırlı bir köşede dikiş.

kullanılan St 37-44 arası hadde ürünlerinin basit çekme mukavemeti bir ortalama

$$R_{ort.} = 40 \text{ kg/mm}^2$$

etrafında 37 ve 44 kg/mm<sup>2</sup> arasında kalır.

$$\text{Azami sapma } 44-40 = 4 \text{ kg/mm}^2 = e_{max}$$

Böyle bir çeliğin imal mükemmelliği, nispi değer olarak

$$\varepsilon_{max} = \frac{l_{max}}{R_{ort}} = \frac{4}{40} = \%10$$

ile ölçülür.

Aynı şekilde ark kaynağının mükemmelliği de

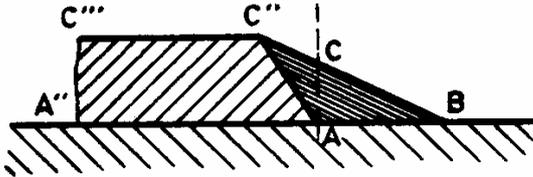
$$\varepsilon_{max.} = \%7,5 \text{ ile ölçülür.}$$

Bundan çıkan sonuç:

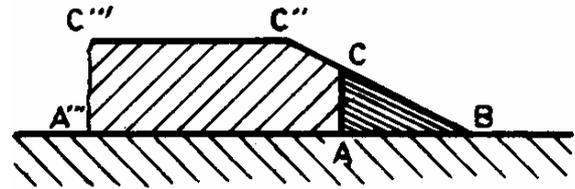
*Konstrüksiyon yumuşak çeliğine pratik olarak eşdeğerde bir metal terk eden örtülü elektrodlarla yapılan ark kaynağı, birleştirilen çelik çubukların imal mükemmelliğine eşit mükemmellikte bir birleşme yöntemi oluşturmaktadır.*

Yukarda, kaynak dikişlerinin mukavemetinin, bunların enine kesitlerinin şekillerinin fonksiyonu olduğunu görmüştük. Hesap için, kıyaslama terimi olarak, çok sayıda deneysel araştırmanın konusunu oluşturan, dik köşe dikişlerinin mukavemeti alınır.

C "AB (şek. 303) gibi geniş açılı bir köşe dikişi C " C" AA" parçasını birleştirmekte olup C " C "CAA"(şek. 304) parçasını birleştiren dik köşeli CAB dikişine eşdeğerdedir.



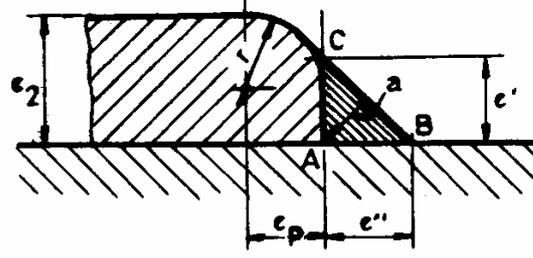
Şek. 303 — Geniş açılı köşe dikişi.



Şek. 304 — Kesik kenarlı köşe dikişi.

Profil demirleri kanatlarının köşeleri yuvarlatılmış olduğundan (şek. 305) bu mülâhaza çok önemli olmaktadır. Gerçekten kuvvetli bir yuvarlaklığı haiz bir çubuk boyunca, bunun kenarının aşırı bir bölümünü ergitmeden aynı kalınlıkta bir dikiş elde etmek mümkün değildir

(şek. 305). Bu da kaynakçıdan üst parçaya bir  $e$  kadar nüfuziyetin sağlanmasını istemek demektir ki bu, pratikte gerçekleştirilemediği gibi kontrolü de tamamen olanak dışıdır.



Şek. 305 — Yuvarlak köşe dikiş.

Genel olarak yuvarlatılmış köşeler üzerinde dikişler, şek. 305'de gösterildiği gibi olmakta ve pratik olarak dikişin  $l$  kalınlığı, ucu yuvarlatılmış çubuğun  $l_2$  kalınlığından azdır. Örneğin

### MÜSAADE EDİLEN GERİLME

Burada genel elastikiyet teorisi ve mukavemet hesap prensiplerini tekrar edecek değiliz. Sadece bunların kaynaklı konstrüksiyonlara uygulanma şekillerini özet olarak vermekle yetineceğiz.

Normların çoğunda tasarım gerilmeleri, yorulma yüklemesinin mümkün olduğu haller dışında, malzemenin akma ya da azami kopma mukavemetinin bir oranı olarak ifade edilir. Akma mukavemeti esasının tehlikesi, tasarımcıyı yüksek akma/azami kopma mukavemeti oranlı malzeme kullanmaya iterek süneklilikten vazgeçirme eğilimindedir.

Tasarım/akma gerilmesi oranı çoğu kez gerilmenin karakterine bağlı olarak değişkenlik arz eder. Konstrüksiyonun geniş ve önemli bölgelerinde doğruca kırılmaya götürebilen statik olarak muayyen gerilme genellikle, yerel akmanın daha az zararlı olacağı bir eğme veya makaslama gerilmesinden daha aşağı düzeyde tutulur.

Aynı noktaya etki yapan normal ve makaslama gerilmeleri genellikle "eşdeğer" ya da Von Mises gerilmesi olarak birleştirilir. Aykırı olarak tek başına etki yapan makaslama gerilmesine bazen daha yüksek bir eşdeğer gerilmeye yükselme müsaadesi verilir. Örneğin, çelik konstrüksiyon köprülere dair BS 153, eğme gerilmesine ya da bileşik eşdeğer gerilmesine akmanın % 66'sına kadar müsaade ediyor; tek başına etki yapan makaslama için eşdeğer gerilmeye de % 76'ya kadar izin var. Doğruca ya da "primer" gerilmeler, öbür yandan, akmanın % 59'unda tutuluyor.

Kaynağın bir ince parçada bir basma gerilmesi bölgesinde bulunması halinde burkulma sorunu ortaya çıkar ve bu takdirde müsaade edilebilen gerilme teorik burkulma mukavemetinin bir oranı olarak telâkki edilir.

### *Alın kaynaklarının analizi*

Bir alın kaynağı, yüklenmiş komponentle, özellikle tam nüfuziyet bahis konusu olduğunda,

bütünleşmiş olarak kabul edilebilir. Bu itibarla herhangi bir özel analiz sorunu bulunmaz; komponent analize tabi tutulacaksa, kaynak gerilmeleri bir sonuç olarak ele alınır. Geleneksel ve yanlış olarak "pekiştirme" adı verilen birleşme yerinin fazla doldurulması (dikiş taşkınlığı), birleşme mukaveleline hiçbir şey eklediğinden, gözardı edilir; aslında bu, bir gerilme yoğunlaşmasına götürdüğünden, ters etki yapar. Kısmî nüfuziyetli kaynaklarda hesap sadece kaynaklı bağlantı kısmına dayanacaktır. Birçok standartta, yorulma bahis konusu olmasa bile, kısmî nüfuziyetli kaynaktan kaçınma öğütlenir şöyle ki bunlar hem kaynak sırasında çatlama eğiliminde olurlar, hem de parçanın çalışması sırasında kırılma tehlikesini arttırır (kısmî nüfuziyetin arz ettiği çentik etkisi vb.).

Birçok malzemede kaynak metali ile ısıdan etkilenmiş bölgenin mukavemetini ana metalinkiyle eşit tutmak mümkün olup bu nedenle alın kaynakları için müsaade edilen gerilmeler genellikle ana malzemeler için saptanmış olanlarda aynıdır. Ancak bazı malzemelerde, ana metalin mukavemetinin işleme sertleşmesi, su verme ve menevişlemeye veya yaşlanmaya tabi olduğundan ve daha sonra yapılacak bir ergitme kaynağı bu mukavemeti tutturamadığından ya da yumuşamış bölgeler hasıl ettiğinden, bazı güçlükler ortaya çıkar. Bu, sadece, örneğin akmanın kırılmaya götürebileceği enine alın kaynaklarında olduğu gibi, "primer" yük noktalarında bir sorun olur. Başka yerlerde, örneğin gerilme yoğunlaşmalarında, kaynak sünekliği ve tokluğu muhtemelen statik mukavemetten daha değerli olmaktadır.

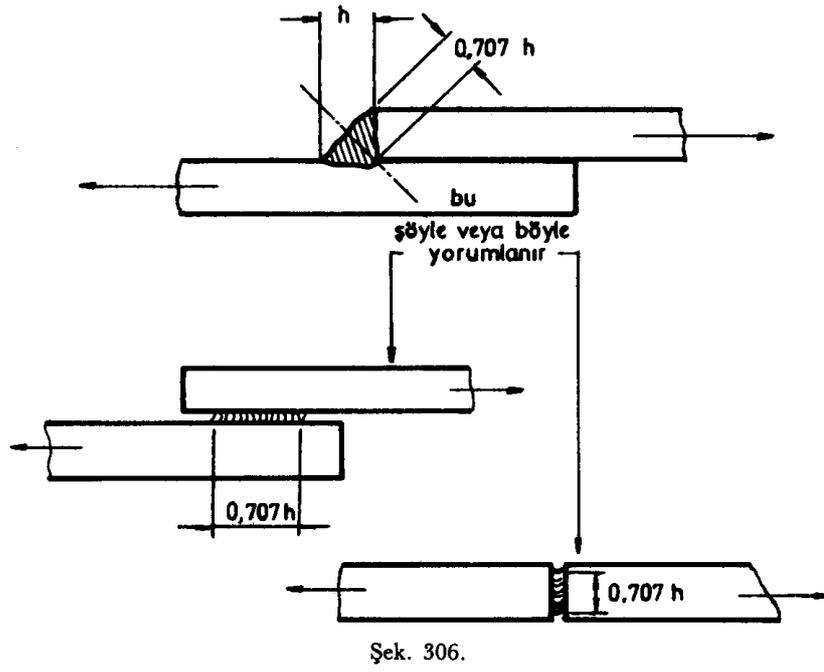
#### *Köşe kaynaklarının analizi*

Bunun aksine köşe kaynakları, karakterleri itibariyle komponentle bütünleşmezler ve yüklemeye bağlı bir şekil ve yönü haizdirler; bu sonuncular ise basit gerilme analizlerine izin vermezler.

Köşe kaynakları için birçok pratik tasarımda iki basitleştirici varsayıma gidilir. Bunlardan ilki gerilmelerin kaynak kesit alanına bağlanabilecekleridir. Bununla birlikte bu kesit alanı uniform değildir. Bunun için asgari kesit, ya da "boğaz" düzlemi temsîlî alan ya da referans alanı olarak seçilir.  $45^\circ$  köşe kaynakları için boğaz alanı  $0,707 \times \text{ayak uzunluğu} \times \text{kaynak uzunluğu}$  ile verilir.

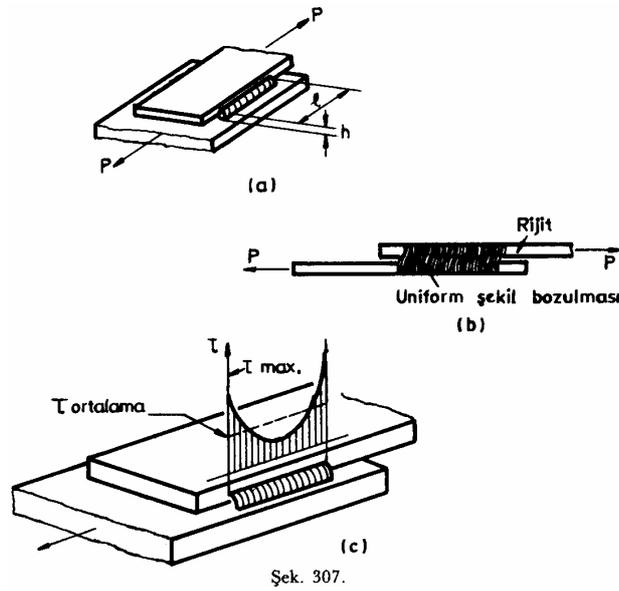
İkinci varsayım, boğaz düzleminin yükle ya da komponentin düzlemiyle açı teşkil etmeyip ona paralel veya dik olduğudur. Böylece köşe kaynaklı birleşme, bağlantı alanının boğaz alanı tarafından temsil edildiği bir alın kaynağına benzetilir (şek. 306).

Bu yaklaşımın çok doğru olmayışı, müsaade edilen gerilmenin düşürülmesiyle teslim edilmektedir. BS 153 ve benzeri çelik konstrüksiyonlara dair normlarda bir köşe kaynağı için önerilen müsaade edilir gerilme, akma mukavemeti hiç dikkate alınmadan,  $1000 \text{ dN/cm}^2$  olarak saptanmıştır. Bu değer, yorulmaya tabi yük taşıyan köşe kaynakları için daha da düşürülebilir. Normal gerilme ile makaslama arasındaki ayırım, yukarıdaki ilk varsayım dolayısıyla, burada bahis konusu değildir.  $1000 \text{ dN/cm}^2$ 'nin, minimum akma mukavemetli yumuşak çelik ana malzeme ya da alın kaynaklarında müsaade edilen durağan makaslama gerilmesine tekabül ettiğini kaydetmek ilginç olmaktadır.



Bu prensipler, aşağıdaki birkaç örnekte belirgin olacaktır:

Örnek 1: Köşe kaynaklarına paralel yük (şek. 307 a).



Kaynak düzlemindeki küçük eğme momentinin etkisi ihmal edilerek ve makaslama gerilmesinin kaynak uzunluğu boyunca uniform varsayılarak

$$\tau_{ort} = \frac{P}{2 \times 0,707h \times l}$$

Uniform gerilme varsayımı bazı tartışmaları gerektirir. Levhaların kaynaklara göre kalın olmaları halinde bunların rijit oldukları kabul edilebilir (şek. 307 b). Ama levhaların göze görünür ölçüde şekil değiştirmeleri halinde yükün daha büyük bir oranı, şekil bozulmasının

yüksek olduğu kaynak uçlarının yakınına intikal ettirilecek olup şek. 307 c'de görülen makaslama gerilmesi dağılımına neden olacaktır. Aşağıdaki analiz gerilme eğilimlerinin tetkiki için, her ne kadar bir kaba sayılacak birleşmenin fazlaca yapay bir ele alınış şekli ise de, faydalıdır. Kaynak uçlarında azami makaslama gerilmesi

$$\tau_{\max} = \tau_{ort} + \frac{\sigma \lambda}{12 \times 0,707h}$$

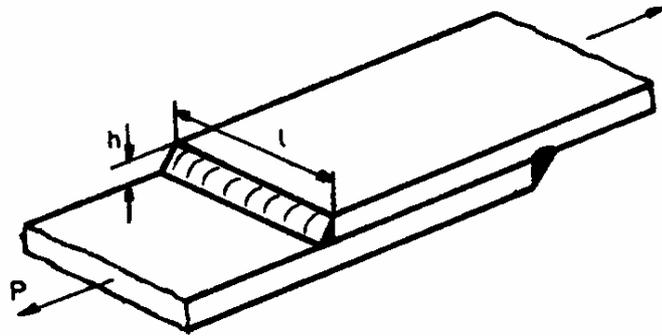
Burada  $a.$ , levhada anma gerilmesi

ve  $\lambda$  da bir kaynak uzunluk biriminin rijitliği (deneysel olarak saptanmış) olup dolayısıyla boğaz ölçülerine bağlıdır.

$\sigma$  alçak olursa (kalın levhalar), yukarıdaki ikinci terim küçük olur ve uniform olarak dağılmış makaslama gerilmesi varsayımı akla yakın düşer. Her ne kadar  $T_{ortal}$ , kaynak boyu artırılarak azaltılabilirse de ikinci terimdeki ' $l$ 'in etkisi bir "sivrilik" arz eden gerilme dağılımına götürür. Bununla birlikte kısa yan köşe kaynaklarının bazı olumsuzlukları vardır şöyle ki *levhaların içinde* normal gerilme, kenarlara yakın yerlerde yüksek olacaktır.

Gerilme azamisinin kaynak nihayetlerinde meydana gelmesi bir talihsizliktir zira bu bölgeler genellikle kaynak ucunun şeklinden ileri gelen küçük ölçüde gerilim yükselticilerini ve dur/başla kusurlarını içerirler. Bu nedenle kaynağa kısa olarak köşeyi döndürmek ve levhaların uç yüzeylerine uzatmak önerilir.

*Örnek 2: bindirme birleşme – uç köşe kaynakları (şek. 308).*



Şek. 308

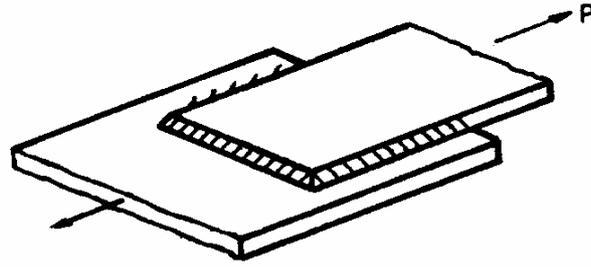
Yine eğilmeyi gözardı ederek ve gerilim dağılımını da uniform farz ederek, ortalama makaslama gerilmesi

$$\tau = \frac{P}{2 \times 0,707hl}$$

ile verilir.

Uç köşenin her iki levhanın tüm genişliğini kaplaması halinde gerilmenin genişlik boyunca değişmesi için bir neden yoktur. Kaynak daha kısa ise gerilme modeli muhtemelen bir kademeli genişlikte levhaninkine benzeyecektir, yani orta bölgede uniform, uçlarda gerilme azamili olacaktır.

Örnek 3: Çepeçevre kaynak (şek. 309).



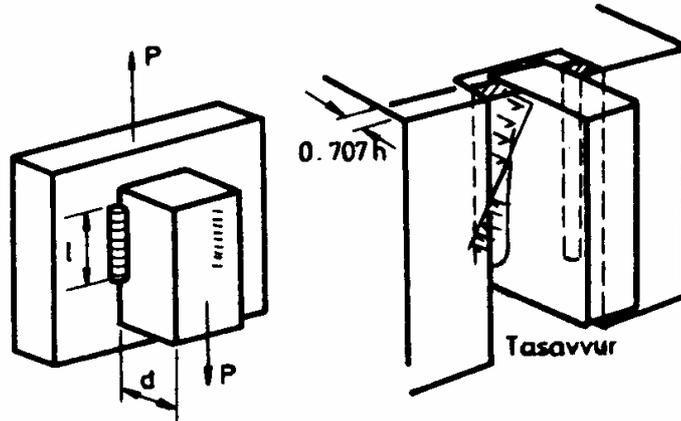
Şek. 309.

Ortalama makaslama gerilmesi

$$\tau = \frac{P}{\sum 0,707hl} \text{ ile verilir.}$$

Yorulma deneyleri sonuçlarından gerilim azamilerinin yine levha köşelerinde vaki olduğu görülür. Her ne kadar yuvarlatılmış köşeler kaynakçıya yardımcı olmakta ise de gerilme azamisini fazlaca azalttığı sanılmamaktadır. Şimdilik yan köşelerden uç köşelere ne oranda yük intikal ettiğine dair elde müspet bir bilgi yoksa da Örnek 1'den, kalın uç kaynaklarının gerilme azamilerini azaltmakta yardımcı olabileceği düşünülebilir/Keza, bindirme levhası daha az engellenmişken uç köşelerini önce kaynak etmek önerilir.

Örnek 4: Köşe kaynaklarının eğilme ve makaslama (şek. 310).



Şek. 310.

Kaynak düzleminde ciddi bir eğilme momentinin var olması halinde değişik düzlem içi ve düzlem dışı makaslama gerilmeleri ortaya çıkacaktır (boğaz düzleminin kaynak düzlemine dik olduğu varsayımıyla).

Eğilmeden doğan azami düzlem dışı makaslama kaynak uçlarında belirir:

$$\tau_{eğ} = Pd \times \frac{y}{I} \text{ olup burada } I, \text{ kaynak grubunun ikinci alan momenti olup}$$

$$\tau_{eğ} = Pd \frac{12}{2 \times 0,707hl^3} \frac{l}{2} \quad \text{dir.} \quad (1)$$

(Bu (1) denkleminin, boğaz düzleminin, birleşme düzlemi içinde 45° döndüğü farz edilecek olursa, eğilmeden doğan *normal* gerilme için de aynı değeri vereceği kaydedilecektir).

Öbür yandan düzlem içi makaslama gerilmesi dağılımı, eğilme tarafından bozulmuş olup bu dağılım merkezde bir azamiye varıp kaynak uçlarında sıfıra düşer. Klasik mukavemet formüllerinden

$\tau_{\max} = \frac{PA\bar{y}_{\max}}{bI}$ ; burada  $\bar{y}$ , A alanının sentroidinin nötr eksene mesafesi ; b, ilgili düzeyde genişliktir. Buna göre

$$\tau_{\max} = \frac{P \times 2 \times 0,707h \times (l/2) \times (l/4)}{2 \times 0,707h \times (2/12) \times 0,707hl^3}$$

$$\tau_{\max} = \frac{3P}{4 \times 0,707hl} \quad (2)$$

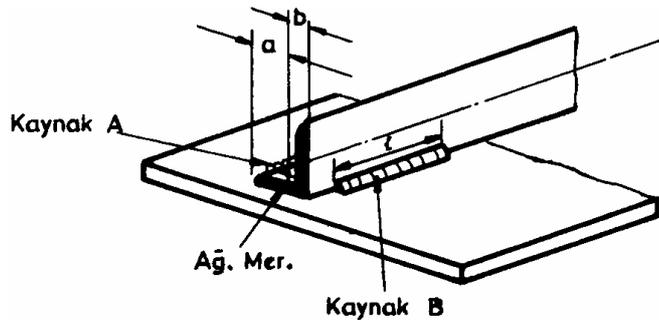
Bu işlemden bileşkenlerin kaynak düzleminde yeterince uzağa uzandığı, (2) denkleminin gerektirdiği tamamlayıcı makaslama gerilmelerinin bu yönde tutulabileceği varsayılmıştır.

Nötr eksenden herhangi bir y mesafesinde düzlem içi ve dışı makaslama gerilmelerinin aynı kesit alanına etki yaptıkları ve dolayısıyla vektörel olarak eklenebilecekleri açıkça varsayıldığına göre,

$$\tau_{\text{toplam}} = (\tau_b^2 + \tau_s^2)^{1/2}$$

Eğilme gerilmesinin bir normal gerilme gibi ele alınması halinde, gerilmelerin birbirlerine eklenmesinin sadece Mohr Dairesince yapılabileceği kaydedilecektir. Bununla birlikte sonuçtaki sayısal fark, sair hususlardaki büyük hatalara göre önemsiz kalmaktadır.

Örnek 5: Simetrik olmayan kesitlerin bağlantısı (şek. 311).



Şek. 311.

Kafes konstrüksiyonlar (kirişler) çoğu kez, komponentler arasındaki bağlantılar pimle yapılmış gibi analiz edilir. Bu varsayım sistemi statik olarak belirli kılıp böylece bir denge sistemi olarak mütalâa edilme olanağını sağlar. Kaynaklı birleşmeler kullanıldığında, bağlantı, birleşme dönmeyecek ve bağlı komponent aksenal olarak yüklendiğinde eğilmeyecek şekilde, böylece de hayalî statik olarak belirli analizi koruyacak gibi tertiplenecektir

Bu itibarla aşağıdaki hususlar yerine getirilecektir:

1. Her kaynaklı bağlantı noktasının yer değiştirmesi (şekil bozulması değil), aynı olacaktır.
2.  $P$  yükü, kesitin sentroidine uygulanacaktır.

Dengeden

$$P = P_A + P_B$$

Bu da

$$P_A = \frac{Pb}{a+b}; P_B = \frac{Pa}{a+b}$$

$$P_A a = P_B b \text{ ye götürür.}$$

Bu itibarla A kaynağında makaslama gerilmesi

$$\tau_A = \frac{Pb}{a+b} \times \frac{1}{0,707h_A l_A}$$

B kaynağındaki de

$$\tau_B = \frac{Pa}{a+b} \times \frac{1}{0,707h_B l_B} \text{ olur.}$$

Buradan makaslama yer değiştirmesi

$$\delta_A = \frac{Pb}{a+b} \times \frac{1}{0,707h_A l_A} \times \frac{1}{G} \times 0,707h_A$$

ve

$$\delta_B = \frac{Pa}{a+b} \times \frac{1}{0,707h_B l_B} \times \frac{1}{G} \times 0,707h_B$$

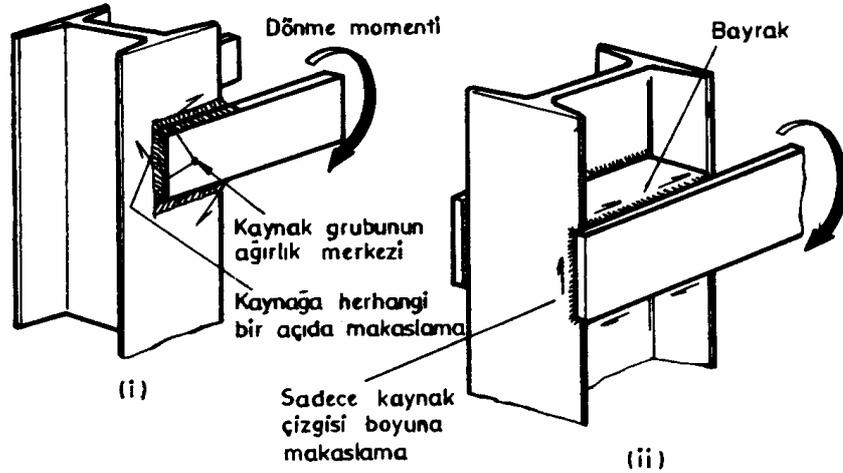
ve 1. koşuldan kaynak uzunlukları

$$\frac{a}{b} = \frac{l_B}{l_A} \text{ oranında olacaktır.}$$

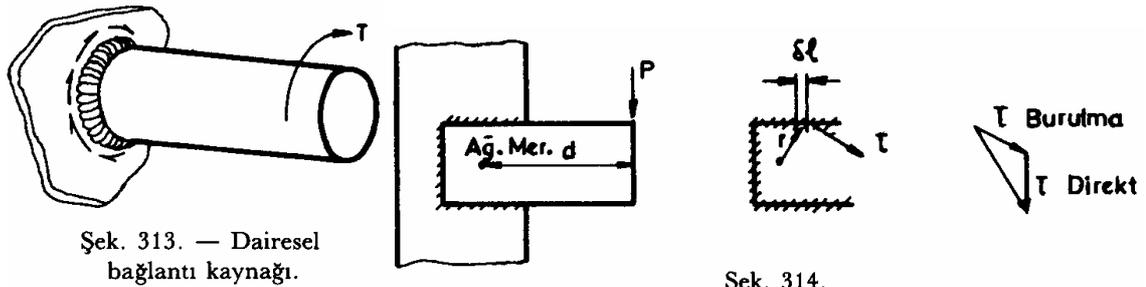
### *Burulmaya çalışan kaynaklar*

Burulmaya tabi kaynak grupları irdelendiğinde tamamen ayrı iki varsayım yapılabilir: (I) bir kaynak, burulmadan ileri gelen herhangi yönde makaslama gerilmelerini karşılayacaktır, veya (II) sadece kaynak çizgisi boyunca makaslama karşı koyacaktır. (I) varsayımı, birleştirilecek olan komponentlerin göreceli olarak rijit olduklarını söylemeye eşittir. Bu iki

durum arasındaki fark şek. 312'de gösterilmiştir. Bu iki tasavvur, bir dairesel kaynak bağlantısı (şek. 313) halinde aynı sonuca götürecektir.



Şek. 312.



Şek. 313. — Dairesel bağlantı kaynağı.

Sek. 314.

Örnek 6: (şek. 314).

(I) varsayımına göre her bir kaynak elementi üzerindeki toplam kuvvet, bir dik makaslama gerilmesi veren bir dik kuvvet

$$\tau_{direkt} = \frac{P}{\sum 0,707hl}$$

ve bir de burulma makaslaması gerilmesinden ibarettir.

Her noktadaki burulma gerilmesi aşağıdaki yaklaşık şekilde işleme tabi tutulur. Her element üzerindeki kuvvetin, kaynak grubunun sentroidinden mesafeye orantılı olduğu varsayılıyor. (Şekil bozulması muhtemelen  $r$  mesafesiyle orantılı olduğundan bu, akla yakın görünmektedir).

Bir küçük elementin dönme momenti mukavemeti

$$\begin{aligned} \delta l &= \pi r d A \\ &= \frac{\pi r^2}{r} d A \end{aligned}$$

$$= \frac{\tau_{\max} r^2}{r_{\max}} dA$$

Bu itibarla kaynak grubunun toplam dönme momenti mukavemeti

$$= \frac{\tau_{\max}}{r_{\max}} \int r^2 dA$$

kayn. uzunl.

$$= \frac{\tau_{\max}}{r_{\max}} \times J$$

Burada  $J$ , alanın ikinci polar momentidir. Bu arada, paralel ve dikey eksenler teoremi dolayısıyla

$$J = Alan \times \sum [r^2 + (l^2 / 12)] \text{ olduğu kaydedilecektir. Böylece}$$

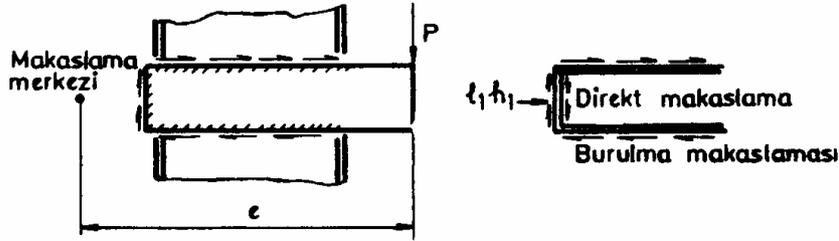
$$\tau_{\max} = \frac{Pdr_{\max}}{\sum 0,707hl[r^2 + (l^2 / 12)]}$$

$r$  yarıçapına dikey olarak etki yapar.

Burulmadan ileri gelen gerilme doğruca makaslama dan ileri gelenle vektör yel olarak bileşmiş olup sonuç, müsaade edilen gerilmelerle kıyaslanır.

*Örnek 7:*

(II) varsayımına göre dönme momenti, dik  $P$  kuvveti makaslama merkezinin mesafesiyle çarpılarak hesaplanır. Dönme momentinden ileri gelen azami malama mukavemeti (şek. 315).



Şek. 315.

$$\tau_{\max} = \frac{3P_e \times 0,707h_{\max}}{\sum [l(0,707h)^3]}$$

dan bulunur. Doğruca makaslama sadece dik kaynak grubunda meydana gelebilir ve

$$\tau_{\text{direkt}} = \frac{P}{0,707h_1l_1}$$

## AMERİKAN UYGULAMALARI

Birçok yıl, köşe kaynaklarında müsaade edilebilir makaslama gerilmesi için tek bir değer mevcut olmuştur: E60 (42 kg/mm<sup>2</sup>) kaynak metalini için 13.600 psi (9,6 kg/mm<sup>2</sup>). 1961'de E70 (49 kg/mm<sup>2</sup>) kaynak metalini için 15.800 psi (11 kg/mm<sup>2</sup>) değeri eklenmiş ve

bunların her ikisi kısmî nüfuziyetli ağız kaynaklarını da kapsamışlardır. Deneyimli mühendisler bunların aşırı muhafazakâr değerler olduklarını idrak etmişler şöyle ki, ana metal için müsaade edilen makaslama mukavemeti, AISC (American Institute of Steel Construction) 1.5.12'de tanımlandığı üzere

$$\tau = 0,40\sigma_y \text{ olup burada } \sigma_y,$$

malzemenin çekmede akma mukavemetidir.

Bu formül dahi tutucu bulunmuş. Yapı levhasının makaslama mukavemeti, kopma mukavemetinin 2/3'ü ilâ 3/4 arasında değerlere ulaşmışken yukarıdaki müsaade edilebilir makaslama, müsaade edilen çekme gerilmesinin sadece 2/3'ü ( $2/3 \times 0,60\sigma_y = 0,40\sigma_y$ ) olmaktadır. Bundan başka bu makaslama gerilmesi değeri öncelikle kirişlerin orta dikmeleri için vaz edilmiş, böylece de makaslama yüklemesinin hasıl ettiği diyagonal basma kuvvetleri tarafından dikmenin burkulmasının önlenmesi amaçlanmış; bu koşul ise makaslama yüklemesi altında kaynak kırılmasına götürenden hayli farklıdır.

Bu itibarla levha formülünün kullanılması halinde kaynak metali için daha gerçekçi bir değer elde edilmesi mantikî görülmüştür.

Bu mülâhazaların ışığında AISC ve AWS, bir köşe veya kısmî nüfuziyetli ağız kaynağında, kaynak metali için müsaade edilen makaslama değerini saptamışlardır.

$$\tau = 0,30 \times \text{elektrodun belirtilmiş minimum kopma gerilmesi}$$

Bu değer in geçerliliği de, her iki örgütün köşe kaynak deneyleriyle ispatlanmıştır. Bu deneylerin sonuçları, müsaade edilebilir makaslama gerilmelerinin emniyetle artırılabilceğini nihaî olarak göstermiş olup aşağıdaki tabloda verilmiş yeni müsaade edilen gerilmeler AISC ve AWS Structural Welding Code, Section 8, Buildings ve Section 10, Tubular Structures, Section 9 tarafından kabul edilmiştir. Köprülerde bu değerlerin % 10 aşağısı kullanılacaktır.

#### *Müsaade edilen makaslama ve birim kuvvetler*

Yukarıdaki tablo çeşitli kaynak metali mukavemet düzeyleri ve en yaygın köşe kaynak boyutları için müsaade edilen makaslama değerlerini vermektedir. Bu değerler, etkin  $t_f$  boğazın 0,707 x ayak boyu ( $\omega$ )'na eşit olması hali içindir. Bu tabloyla, muayyen bir elektrod tipi ile yapılmış bir kaynak boyutu için lineer inç başına müsaade edilebilen ( $f$ ) birim kuvvet hesaplanabilir. Örneğin bir E70 elektroduyla yapılmış bir 1/2 in. köşe kaynağı için inç başına ( $f$ ) müsaade edilen birim kuvvet:

$$f = 0,707 \omega \times \tau$$

$$f = 0,707 \omega \times (0,30) \text{ (EXX)}$$

Kaynak metalinin mukavemet düzeyi (EXX)						
	60	70	80	90	100	110
Köşe kaynağı veya kısmi nüfuziyetli ağız kaynağının boğazında müsaade edilen makaslama gerilmesi (1000 psi)						
T=	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0
Köşe kaynağında müsaade edilen birim kuvvet (1000 psi/lineer inç)						
f=	12,73 ω	14,85 ω	16,97 ω	19,09 ω	21,21 ω	23,33 ω
Ayak boyu ω (inç)	Değişik köşe kaynağı boyutları için müsaade edilen birim kuvvet (1000 Lbs. / Lineer inç)					
1	12,73	14,85	16,97	19,09	21,21	23,33
7/8	11,14	12,99	14,85	16,70	18,57	20,41
3/4	9,55	11,14	12,73	14,32	15,92	17,50
5/8	7,96	9,28	10,61	11,93	13,27	14,58
1/2	6,37	7,42	8,48	9,54	10,61	11,67
7/16	5,57	6,50	7,42	8,35	9,28	10,21
3/8	4,77	5,57	6,36	7,16	7,95	8,75
5/16	3,98	4,64	5,30	5,97	6,63	7,29
1/4	3,18	3,71	4,24	4,77	5,30	5,83
3/16	2,39	2,78	3,18	3,58	3,98	4,38
1/8	1,59	1,86	2,12	2,39	2,65	2,92
1/16	0,795	0,930	1,06	1,19	1,33	1,46

Çeşitli boyutta köşe kaynakları için müsaade edilen yük.

Yukarıdaki tablonun, yaygın olarak kullanılan E70 kaynak metali için müsaade edilen ( $\tau$ ) makaslama gerilmesi olarak 21.000 psi (0,30 x 70)'yi verdiği dikkat edilecektir şöyle ki bunda, önceleri müsaade edilen 15800 psi'ye göre % 33 kadar bir artış vardır ki bu da, birleşmede aynı müsaade edilen gerilmeyi koruyarak kaynak boyutunda % 25 bir azalmaya olanak sağlamaktadır.

#### *Tozaltı nüfuziyetine tanınan fazlalık*

Bir AISC maddesi (1.14.7), tozaltı yöntemiyle yapılmış bir köşe kaynağının kökünün ötesinde nüfuziyet için sınırlı bir fazlalık tanımaktadır. Nüfuziyet kaynağın etkin boğaz kalınlığını artırdığından (şek. 316), madde, kaynak mukavemeti hesabında bu değerde bir artışı öngörüyor. 3/8 in. ve daha küçük köşe kaynakları için, etkin ( $t_e$ ) boğazı bu kez kaynağın ( $\omega$ ) ayak boyuna eşit olmaktadır:

$$\omega > 3/8 \text{ in. için } t_e = 0,707 \omega + 0,11 \text{ in.}$$

3/8 in.'ten büyük tozaltı köşe kaynağı için etkin kaynak boğazı 0,707 w'ya 0,11 «ekleyerek elde edilir:

Bu değişikliğin maliyet azalmasıdaki rolü büyüktür: 3/8 in.'e kadar ve 3/8 in. dahil köşeler için etkin kaynak boğazı % 41 artmakla birlikte müsaade edilen makaslama gerilmesi de % 33 artmaktadır.

### *Köşe kaynaklarının minimum boyutları*

Çeşitli malzeme kalınlıkları için köşe kaynaklarının minimum boyutları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. AISC spesifikasyonları ile AWS Structural Welding Code'da bu tablo, 1/4 in. 'den az kalınlıkta malzemeyle 1/8 in. köşeleri de içine alacak şekilde genişletilmiştir. Farklı kalınlıkta malzemelerin birbirlerine kaynak edilmesinde, minimum köşe kaynağı boyutu, daha kalın olan malzeme tarafından saptanırsa da bu boyut, hesaplanan gerilme aksini gerektirmedikçe, daha ince malzemenin kalınlığını aşmayacaktır.

### *Kaynak metali için müsaade edilen gerilmeler*

Aşağıdaki tablo AWS Structural Welding Code ile kaynak metali için AISC'nin müsaade edilen gerilmelerini özetlemektedir.

Birleşen en kalın parçanın kalınlığı (inç)	Min. köşe kay. boyutu (inç)
1/4 'e kadar (dahil)	1/8
1/4 ila 1/2	3/16
1/2 ila 3/4	1/4
3/4 ila 1-1/2	5/16
1-1/2 ila 2-1/4	3/8
2-1/4 ila 6	1/2
6 'dan büyük	5/8

Kaynak ve gerilme tipi	Müsaade edilen gerilme	Gerekli mukavemet düzeyi
<b>TAM NÜFUZİYETLİ KAYNAK AĞIZLI KAYNAKLAR</b>		
Etkin boğaza dikey çekme	Ana metal ile aynı	Eşit mukavemette kaynak metalini kullanılmak
Etkin boğaza dikey basma	Ana metal ile aynı	Eşit mukavemette kaynak metalinki ile aynı veya daha düşük mukavemet düzeyinde kaynak metalini kullanılabilir
Kaynak eksenine paralel çekme veya basma	Ana metal ile aynı	
Etkin boğazda makaslama	$0,30 \times$ kaynak metalinin nominal çekme mukavemeti (ana metalde gerilmenin $0,40 \times$ ana metal akma gerilmesini aşmaması hali dışında)	
<b>KISMİ NÜFUZİYETLİ KAYNAK AĞIZLI KAYNAKLAR</b>		
Etkin boğaza dikey basma	Ana metal ile aynı	Eşit mukavemette kaynak metalinki ile aynı veya daha düşük mukavemet düzeyinde kaynak metalini kullanılabilir
Kaynak eksenine paralel çekme veya basma	Ana metal ile aynı	
Kaynak eksenine paralel makaslama	$0,30 \times$ kaynak metalinin nominal çekme mukavemeti (ana metalde gerilmenin $0,40 \times$ ana metal akma gerilmesini aşmaması hali dışında)	
Etkin boğaza dikey çekme	$0,30 \times$ kaynak metalinin nominal çekme mukavemeti (ana metalde gerilmenin $0,60 \times$ ana metal akma gerilmesini aşmaması hali dışında)	
<b>KÖŞE KAYNAKLAR</b>		
Boğaz üzerinde gerilme, yükün uygulanma yönü dikkate alınmıyor	$0,30 \times$ kaynak metalinin nominal çekme mukavemeti (ana metalde gerilmenin $0,40 \times$ ana metal akma gerilmesini aşmaması hali dışında)	Eşit mukavemette kaynak metalinki ile aynı veya daha düşük mukavemet düzeyinde kaynak metalini kullanılabilir
Kaynak eksenine paralel çekme veya basma	Ana metal ile aynı	