

# Kaynaklı Birleştirmelerin Statik ve Yorulma Dayanımına Etki Eden Faktörler

Özler KARAKAŞ, Alper GÜLSÖZ

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü

## ÖZET

Kaynaklı birleştirmelerin statik ve bilhassa yorulma dayanımlarına etki eden pek çok faktör bulunmaktadır. Yapılan bu çalışmada etkili olan faktörlerin bazıları incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kaynaklı birleştirmeler, statik dayanım, yorulma dayanımı

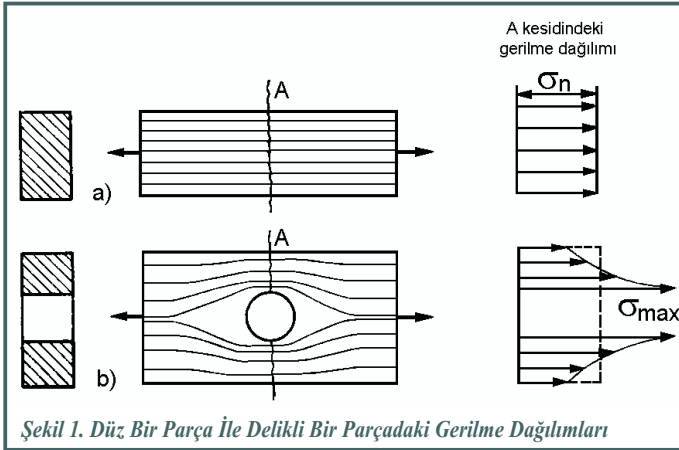
## ABSTRACT

There many factors effect static and especially fatigue strength of welded joints. In this study some of these effects has been investigated.

**Keywords:** Welded joints, static strength, fatigue strength

## ÇENTİK ETKİSİ

**K**onstrüksiyon parçalarındaki kuvvet akışının yorulma dayanımı değerine etkisi büyüktür. Kuvvet çizgilerinde normal duruma göre meydana gelebilecek olan her sapma gerilme tepelerinin oluşmasına ve buna bağlı olarak aynı zamanda yorulma dayanımının azalmasına neden olur. Kuvvet çizgilerinin sapsması bir çentik etkisine eşdeğerdir.



Şekil 1. Düz Bir Parça İle Delikli Bir Parçadaki Gerilme Dağılımları

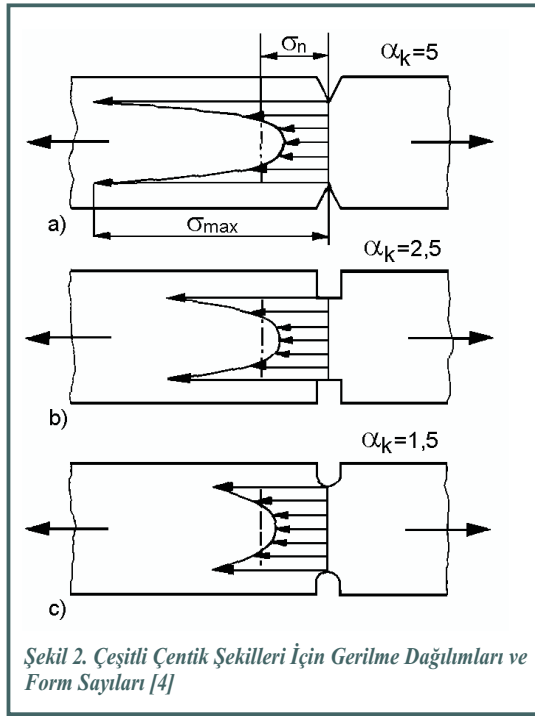
Çentik etkisi Şekil 1'de verilen bir örnek ile gösterilmiştir. Burada çekmeye zorlanan iki ayrı parçadaki kuvvet akışları ve buna bağlı olarak seçilen bir kesitteki (A kesiti) gerilme dağılımları gösterilmiştir. Şekil 1a'daki parçada düzgün bir kesit ve düzgün bir gerilme dağılımı görülmektedir. Şekil 1b'deki delikli parçada ise a'daki parçayla aynı nominal değere sahip bir kesit mevcuttur. Ancak, deliğin etrafından dolaşan kuvvet çizgilerindeki sapsmadan dolayı oluşan sıkışma nedeniyle düzenli olmayan bir kuvvet akışı ortaya

çıkılmaktadır. Bunun sonucunda da delik kenarlarında gerilme tepeleri ve parça kenarında da gerilme azalması meydana gelmektedir. Ortalama gerilme ise aynı kalmaktadır. Daha keskin olan kuvvet sapsmalarında ise gerilme tepeleri daha büyük olmaktadır. Form sayısı olarak adlandırılan  $\alpha_k$  değeri bir kesitteki çentik etkisinin büyüklüğünü göstermektedir.  $\sigma_{max}$  maksimum gerilme değeri ve  $\sigma_n$  de nominal gerilme değeri olmak üzere form sayısı  $\alpha_k$  eşitlik 1'e göre bulunur.

$$\alpha_k = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_n} \quad (1)$$

İç kısımlarda veya dış yüzeylerde bulunan çentiklerin geometrik şeklinin gerilme dağılımına ve dolayısıyla form sayısına etkisi farklı olmaktadır. Şekil 2'de dış yüzeyde bulunan üç farklı geometrideki çentiğin gerilme dağılımına ve form sayısına etkisi gösterilmiştir [4]. Burada görüldüğü gibi keskin çentiklerde gerilme daha çok artmaktadır. Bunun yanında dikdörtgen şeklindeki çentikler daha uygun ve yuvarlatılmış çentikler de en uygunu olmaktadır. Bu durum  $\alpha_k$  form sayıları ile ifade edilmektedir.

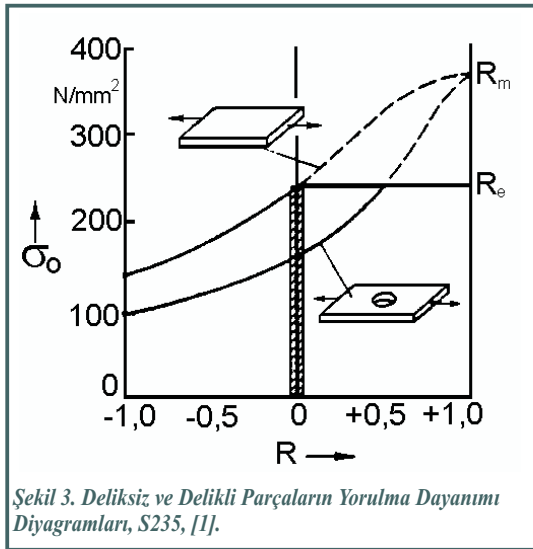
Çentiksiz bir parça ile çentikli bir parçanın statik dayanımları yaklaşık olarak aynıdır. Ancak dinamik zorlamalar altında malzemenin yorulma dayanımı çentikli bir parçada çentiksiz bir parçaya nazaran daha düşük olmaktadır. Bu durum sayısal olarak Şekil 3'de verilen örnekte çekmeye zorlanan çentikli ve çentiksiz parçalar için gösterilmiştir. Buradaki şekilde S235 malzemesinden düz bir parça ile delikli bir parçanın  $R_m$ ,  $R_c$  ve yorulma dayanım değerleri karşılaştırılabilir. Şekilden de görüldüğü gibi statik yüklenme durumunda yaklaşık olarak aynı değerler ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında dinamik



Şekil 2. Çeşitli Çentik Şekilleri İçin Gerilme Dağılımları ve Form Sayıları [4]

yüklemeye durumunda ise delikli parçada önemli bir şekilde yorulma dayanımının azaldığı görülmektedir [1].

Özet olarak, kuvvet çizgilerinin akışında önemli bir sapma gösteren kaynaklı veya kaynaklı olmayan her konstrüksiyonda yorulma dayanımının büyük miktarda azalma eğilimi gösterdiği söylenebilir. Bu durum dinamik olarak zorlanan kaynaklı konstrüksiyonların şekillendirilmesinde önemli bir etken olarak dikkate alınmaktadır.



Şekil 3. Deliksiz ve Delikli Parçaların Yorulma Dayanımı Diyagramları, S235, [1].

## KAYNAK DİKİŞİNİN ETKİSİ

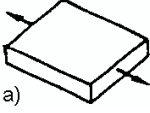
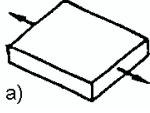
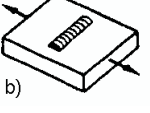
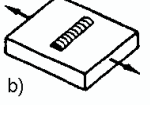
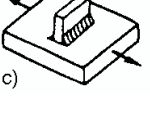
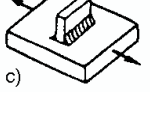

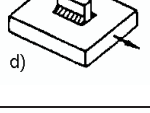
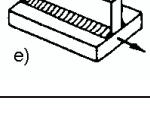
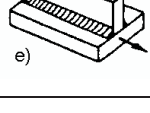
Kaynak dikişlerinin, taşıyıcı konstrüksiyon parçasının statik dayanımına veya yorulma dayanımına bir etkisinin olup olmadığı kaynaklı konstrüksiyonlarda çok önemlidir. Şekil

4'de örnek olarak çekmeye zorlanan parçalarda çeşitli kuvvet iletmeyen kaynak dikişleri için  $\sigma_{Değ}$ ,  $\sigma_{Dal}$  ve  $R_e$  malzeme değerleri verilmiştir [1].

Malzeme üzerindeki dolgu kaynak pasolarının, enine veya boyuna yerleştirilen kanatların statik zorlamalarda taşıma kabiliyetine (burada  $R_e$ ) bir etkisi bulunmamaktadır. Buna karşın yorulma zorlamalarında etkileri çok büyüktür. Üzerinde enine bir kaynak pasosu bulunan levhada (durum b) kaynaklanmamış levhaya nazaran (durum a) önemli derecede yorulma dayanımının azaldığı görülmektedir. Burada kuvvet akışında fazla bir değişim olmamasına rağmen yorulma dayanımının azalması başlangıçta ilginç karşılanabilir. Çıplak gözle bakıldığında iyi yapılan bir kaynak dikişinde kaynak pasosu ile esas malzeme arasında düzgün bir geçiş olduğu gözlenir. Ancak bir büyüteçle bakıldığında kaçınılmaz gözeneklerin, cüruf artıklarının ve küçük bağlantı hatalarının çentikler oluşturduğu görülmektedir. Dışarıdan görünmeyen bu yanma çentikleri yorulma dayanımının önemli derecede azalmasına neden olmaktadır. Kaynak pasosunun bulunduğu yüzey taşlanarak işlendiğinde bu kenar çentikleri uzaklaştırılır ve bunun sonucunda yorulma dayanımı değerleri önemli derecede artar. Bu değerler kolaylıkla kaynaklı parçanın değerlerine ulaşabilir.

İç köşe dikişleriyle kaynaklanmış enine kanat (durum c), kök kısmında ve dikiş geçişlerinde oluşan yoğun çentikler nedeniyle üzerine enine kaynak pasosu çekilmiş levhaya nazaran daha kötü değerler göstermektedir. Buna benzer bir durum boyuna iç köşe dikişleriyle kaynaklanmış boyuna kanatlarda görülmektedir (durum d). Burada kaynak dikişlerinin sona erdiği yerlerde de aynı şekilde çentikler oluşmaktadır. Alt levhaya boydan boya kaynaklanmış kanatlarda ise (durum e) daha iyi bir yorulma dayanımı görülmektedir. Bu durum belli bir yerde çentiklerin yoğunlaşmamasından dolayı ortaya çıkmaktadır. Her türlü iç köşe dikişlerinde dikiş geçişlerinin işlenmesi sadece küçük bir iyileşmeye neden olmaktadır. Bunun nedeni de kök kısmının işlenmesinin mümkün olmamasıdır.

Verilen bu örnekler aşağıda belirtilen önemli gerçekleri göstermektedir. Her enine dikiş ve her uzunlamasına dikişin sona erdiği bölge kuvvet taşımayan bir bağlantıyı oluştursalar da yorulma dayanımının kuvvetli bir şekilde azalmasına neden olmaktadır. Bunun yanında statik dayanımda bir azalma meydana gelmemektedir. Yorulmaya zorlanan konstrüksiyonlarda levha üzerine kanatların veya bazı düzenerlerin kaynaklanmasının, taşıyıcı kesitlerin yorulma dayanımına etkisinin ne miktarda olduğunun araştırılması gerekir. Boydan boya yapılmış uzunlamasına dikişler bir miktar azalma göstermekle beraber yine de yüksek yorulma dayanımına sahiptirler.

İşlenmemiş kaynak dikişi	N/mm <sup>2</sup>			İşlenmiş kaynak dikişi	N/mm <sup>2</sup>		
	$\sigma_{Deg}$	$\sigma_{Dal}$	$R_e$		$\sigma_{Deg}$	$\sigma_{Dal}$	$R_e$
	140	240	240		140	240	240
	95	160	240		140	240	240
	75	130	240		95	160	240
	45	80	240		45	85	240
	115	195	240		115	195	240

Şekil 4. İşlenmemiş ve İşlenmiş Durumdaki Çeşitli Kuvvet İletmeyen Kaynak Dikişleri için  $\sigma_{Deg}$ ,  $\sigma_{Dal}$  ve  $R_e$  Değerleri [1].

## KAYNAKLI BİRLEŞTİRME ŞEKLİNİN ETKİSİ

Yorulma dayanımının azalmasında en etkili olan faktör gerçekleştirilecek olan konstrüksiyonun şeklidir. Konstrüksiyonda kaynak dikişinin mevcudiyeti bu etkiyi daha da kuvvetlendirmektedir.

Gerek kesit değişimleri gerekse bölgesel olarak gerilme yığılmalarına neden olan bütün etkiler, genel olarak çentik etkisini yaratan faktörlerdir. Çentik etkisinin meydana geldiği kesitlerde, doğrusal kuvvet akışından sapmalar olması nedeniyle, düzgün olmayan bir gerilme dağılımı oluşmakta ve çentik bölgesinde gerilme yığılması meydana gelmektedir. Çentik dibi yarıçapına ve parça geometrisine göre gerilme yığılmaları da değişim göstermektedir.

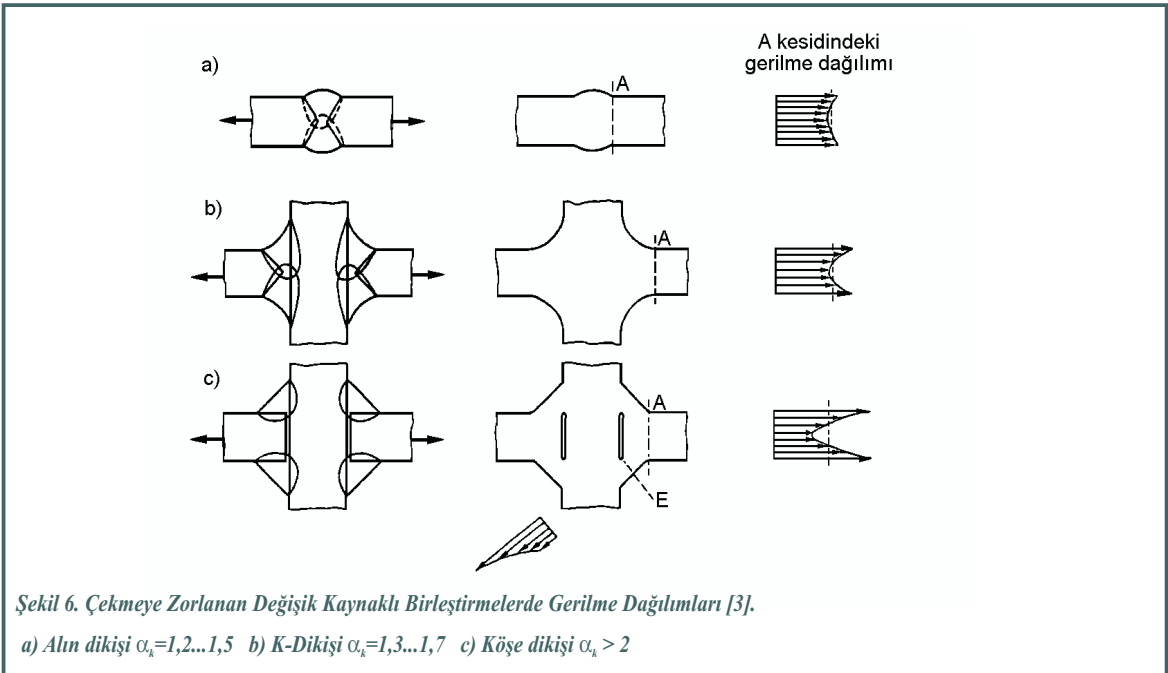
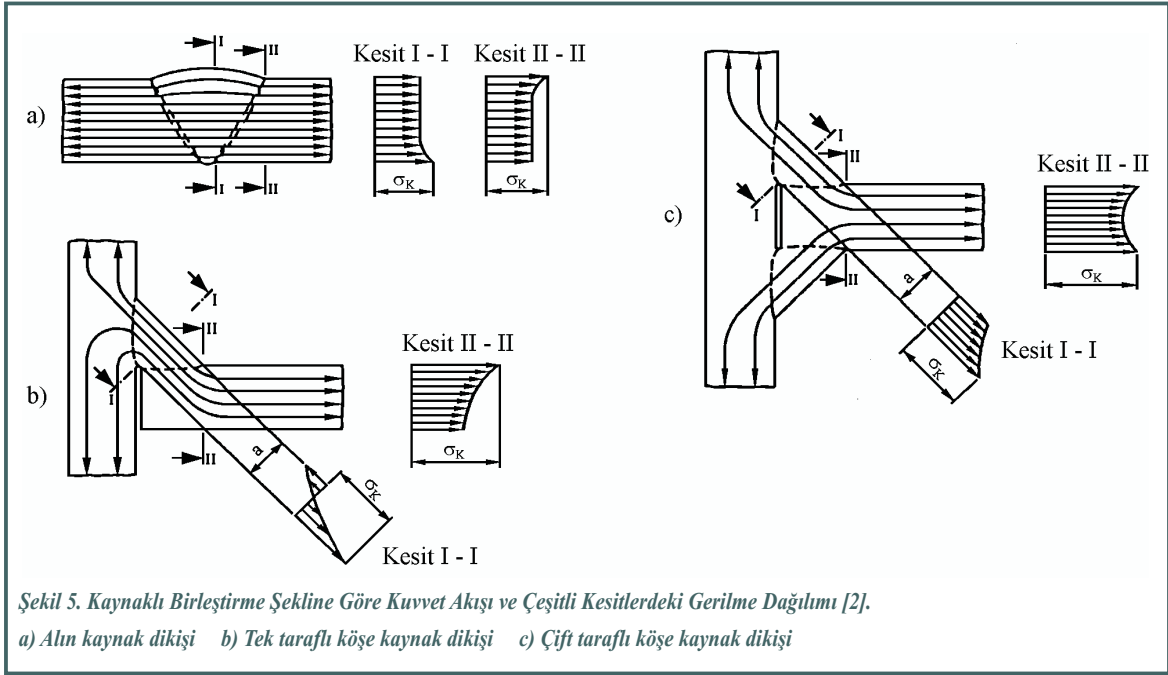
Kaynaklı birleştirmelerde çentik etkisi yaratan durumların ortaya çıkması iki nedene dayanmaktadır.

- Düz olmayan bir kuvvet akışı gösteren kaynaklı birleştirme şekilleri
- Kaynak hataları

Kaynaklı birleştirme şeklinin, kaynak dikişindeki kuvvet akışı ve gerilme dağılımı üzerinde önemli etkisi vardır, Şekil 5 [2].

Şekil 5a'da görüldüğü gibi hatasız olarak gerçekleştirilen, çekme veya basmaya zorlanan bir alın kaynağında bölgesel gerilme yığılmaları düşük seviyede kalmaktadır. Tek taraflı köşe kaynağında, dikiş şekli ve kuvvetli bir iç çentik nedeniyle uygun olmayan bir kuvvet akışı ve gerilme yığılmaları ortaya çıkmaktadır, şekil 5b. Çift taraflı köşe kaynağında ise tek taraflıya nazaran daha uygun bir kuvvet akışı ve gerilme dağılımı gözlenmektedir. Fakat mevcut iç çentiğin etkisiyle burada da gerilme yığılmaları nispeten yüksek olacaktır, Şekil 5c. Bu nedenle köşe kaynaklı birleştirmelerin dinamik yükleme durumunda yorulma mukavemeti ve dolayısıyla taşıma kabiliyeti oldukça düşmektedir. Alın kaynağı dikişlerinde bu düşüş gerilme yığılmalarına bağlı olarak daha az olmaktadır.

Şekil 6'da benzer şekilde değişik kaynak dikişleri için  $\alpha_k$  form sayıları ve buna bağlı olarak gerilme dağılımları verilmiştir. Burada yorulma zorlamasında taşıma kabiliyeti açısından kaynaklı birleştirmelerin değerleri görülmektedir. Bu duruma göre yorulma davranışları a'dan c'ye doğru kötüleşmektedir [3].



## KAYNAK HATALARININ ETKİSİ

Kaynaklı birleştirmelerin taşıma kabiliyetini negatif yönde etkileyen faktörlerden biri de kaynak hatalarıdır. Aşağıda kaynak hataları ve bunların statik ve yorulma dayanımlarının azalmasına etkileri açıklanacaktır.

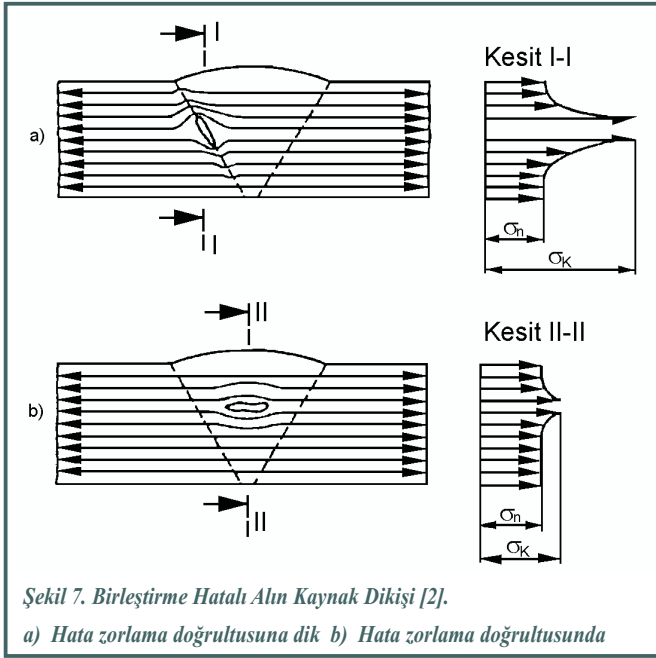
Meydana gelebilecek olan kaynak hataları genel olarak iç ve dış kaynak hataları olarak iki gruba ayrılmaktadır.

### İç Hatalar

İç hatalar, yani iç çentikler kaynaklı birleştirmelerde çoğunlukla gözenekler, birleştirme hataları (esas metal ile

kaynak dikişi arasındaki veya pasolar arasındaki eksik birleştirmeden doğan boşluklar), çatlaklar ve cüruf kalıntıları şeklinde ortaya çıkmaktadır. Örneğin, iç kısımda oluşan bir birleştirme hatasının yarattığı çentik etkisi Şekil 7a'da görülmektedir. Bu hatalar neticesinde ortaya çıkan gerilme yığılmaları sadece hatanın büyüklüğüne bağlı olmayıp, mevcut zorlamaya göre konumuna da bağlıdır. Zorlamaya dik doğrultuda bulunan çentikler daha büyük gerilme yığılmaları meydana getirmekte ve konstrüksiyonun bu yöndeki yüklenebilirliğini azaltmaktadır. Bunun yanında zorlama doğrultusundaki çentiklerde daha düşük gerilme yığılmaları

ortaya çıkmaktadır, Şekil 7b [2]. Küresel bir gözenegin çentik etkisi daha az olmaktadır.



Şekil 7. Birleştirme Hatalı Alın Kaynak Dikişi [2].  
a) Hata zorlama doğrultusunda dik b) Hata zorlama doğrultusunda

Statik olarak zorlanan konstrüksiyonlarda iç hataların, dayanım azalmasına fazla bir etkisi yoktur. Dinamik zorlamalarda ise (yorulma zorlaması) küçük cüruf artıkları bile alın dikişlerinin yorulma dayanımını oldukça azaltır. Çatlak benzeri küçük hatalar, birleştirme hataları ve küçük boşluklar özellikle olumsuz olarak etki ederler. Bunun yanında yuvarlak küresel gözenekler daha küçük çentik etkisine sahiptirler. Burada yapılacak olan röntgen ışınları muayenesiyle hataların tespit edilip gerekli tedbirlerin alınması zorunludur. İç köşe dikişlerinde oluşacak olan iç hatalar da aynı şekilde yorulma dayanımının azalmasına neden olurlar. Ancak iç köşe dikişinin oluşturduğu çentik etkisi yanında bu hataların etkisi ikinci planda kalır ve önemini kaybeder.

#### Dış Hatalar

Dış kaynak hataları, yani dış çentikler genel olarak Şekil 8'de gösterilmiştir.

Dinamik yükleme durumunda dış hatalar ve özellikle geçiş bölgesindeki derin yanma çentikleri (olukları) ve kök

Hatalar	Çift taraflı kaynak yapılmış	Tek taraflı kaynak yapılmış	Boru çevre dikişi
a) Eksen kayması			
b) Yanma çentikleri			
c) Kök çentikleri			
d) Sarkık dikiş kökü			
e) Dikiş kökündeki iç bükeylik			
f) Dikiş yüzeyindeki iç bükeylik			
g) Açık hatalar ( gözenekler, cüruf kalıntıları, vs. )			
h) Simetrik olmayan iç köşe dikişi			
i) Aşırı dikiş yüksekliği			

Şekil 8. Kaynaklı Birleştirmelerde Mümkün Olan Dış Hatalar [6].

çentikleri, Şekil 8b ve 8c, tehlike arz ederler. Kaynak esnasında kolaylıkla meydana gelen ve çoğunlukla küçümsenen bu hatalar yorulma mukavemetini büyük ölçüde düşürmektedir. Bu yüzden önemli olan diğer bir hata da aşırı dikiş yüksekliği olmaktadır, Şekil 8i.

Statik olarak zorlanan konstrüksiyonlarda kaynak dikışı geçiş bölgelerinde oluşan yanma çentiklerinin (oluklarının) etkisi azdır. Burada meydana gelen kesit azalması önemli olmamaktadır. Ancak bunların da kalite seviyeleri ile belirlenen sınırların altında kalması gerekir. Bu bölgelerde oluşacak derin yanma çentikleri ise hatalı yapılan bir kaynaktır. Bunların statik zorlama durumunda da oyularak tekrar kaynak yapılması gerekir.

Buna karşın küçük bir yanma çentiği dahi dinamik olarak zorlanan konstrüksiyonlarda yorulma dayanımının kuvvetli bir şekilde azalmasına neden olur. Statik zorlama durumu için müsaade edilen çentikler, alın dikişlerinin dalgalı dayanımını yarı değerine kadar düşürebilir. İç köşe dikişlerinde geçiş bölgelerindeki yanma çentiklerinin yorulma dayanımını düşürücü etkisi vardır. Ancak bu etki, iç köşe dikişinden dolayı ortaya çıkan çentik etkisi sonucu yorulma dayanımının oldukça düşmesinin yanında, küçük kalmaktadır.

Bunun yanında sıçramalar ve imalat esnasında ortaya çıkabilecek düzensizlikler de yorulma dayanımının düşmesine neden olurlar. Ayrıca alın dikişlerinde aşırı dikiş yükseklikleri de yorulma dayanımını düşürmektedir. Bu nedenle yorulmaya zorlanan konstrüksiyonlarda belirli bir

yorulma dayanımı değerini garanti edilebilmesi için dikiş yüksekliklerinin belirli bir sınır değerini (DIN 25817'ye göre) altında kalması gerekir.

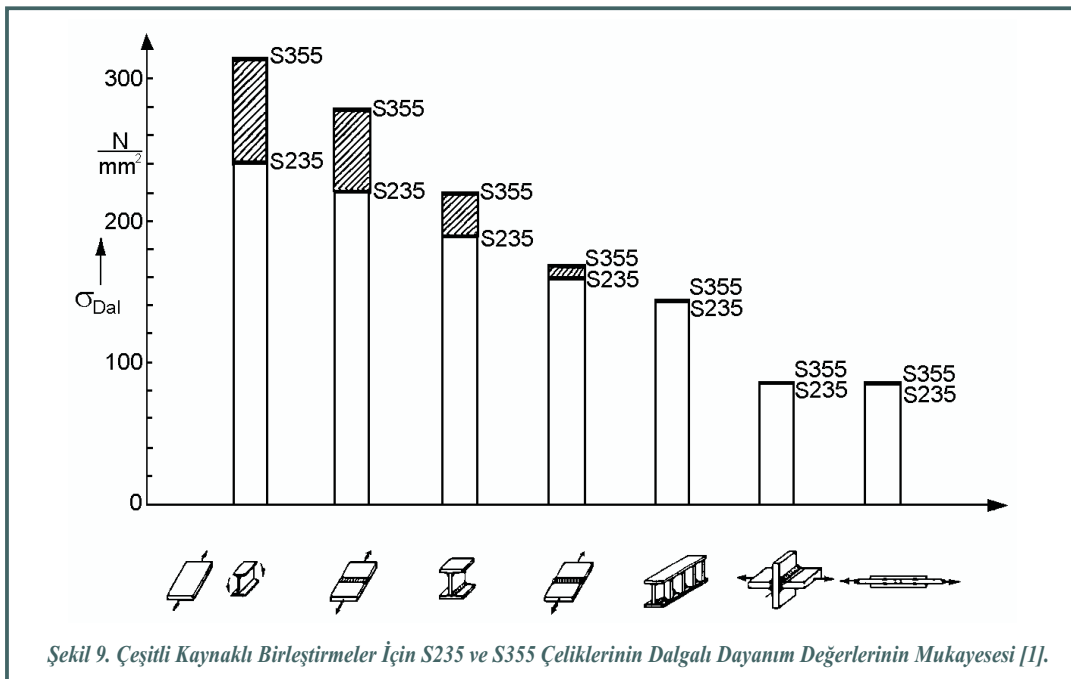
Yukarıda yapılan açıklamalardan da anlaşılacağı gibi iç ve dış kaynak hatalarının statik dayanıma ve özellikle yorulma dayanımına büyük etkileri vardır. Burada kaynak dikişlerinin kalite gruplarının seçimi önem kazanmakta ve tasarımcı bunun sorumluluğunu taşımaktadır. Kalite gruplarına göre mevcut iç hataların kabul edilebilirlik sınırları değişmektedir. Kalite grubunun seçimi hem zorlama cinsi ve büyüklüğü, hem de ekonomiklik açısından önemlidir.

## ÇELİK CİNSİNİN ETKİSİ

Farklı çelik türlerinin konstrüksiyonlardaki statik dayanım ve yorulma dayanımı davranışları farklıdır. Yüksek dayanımlı çelikler yüksek akma sınırı ve çekme dayanımı değerlerine sahiptirler ve prensip olarak daha yüksek değerlerde zorlanabilirler.

Yüksek mukavemetli bir çelikten (örneğin S355) yapılan kaynaklı birleştirme ile alaşımız bir çelikten (örneğin S235) yapılan kaynaklı birleştirmelerin statik ve yorulma dayanımları karşılaştırıldığında aşağıda açıklanan durumlar ortaya çıkmaktadır.

Statik zorlamada bir kaynaklı birleştirmenin taşıma kabiliyeti yüksek dayanımlı çeliklerde artan akma sınırı (veya çekme dayanımı) ile birlikte artmaktadır. Dinamik zorlamalarda ise artan akma sınırı veya çekme dayanımı ile yorulma dayanımının lineer olarak artmadığı saptanmıştır.



Yüksek dayanımlı çeliklerde genellikle çentik hassasiyeti de artmaktadır. Esas malzemede veya yüzeyi işlenerek düzleştirilmiş alın dikişlerinde S355, S235'e nazaran daha yüksek değişken ve dalgalı dayanım değerleri göstermektedir. İşlenmemiş alın dikişleri ve özellikle her türlü iç köşe dikişlerinde olduğu gibi çentik etkisi yüksek olan kaynaklı birleştirmelerde, her iki malzemenin yorulma dayanımları arasında hemen hemen bir fark ortaya çıkmamaktadır. Bu durum Şekil 9'da çeşitli kaynak dikişlerinin dalgalı dayanımları için gösterilmiştir [1].

Diğer çelikler için de geçerli olan bu durumdan aşağıda açıklanan sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Statik zorlamalara maruz kalan kaynaklı birleştirmelerde yüksek dayanımlı çelikler avantajlı olmaktadır. Ancak dinamik zorlamalarda bu avantaj kaynaklı birleştirmenin çentik etkisi nedeniyle tamamen ortadan kalkmaktadır. Bu nedenle yüksek dayanımlı S355 çeliği ile S235 çeliğinin taşıma kabiliyeti dalgalı ve değişken bölgelerde aynı olmaktadır. Bunun sonucunda daha pahalı ve değerli olan S355 çeliği ekonomik olmamaktadır.

Yorulmaya zorlanan kaynaklı konstrüksiyonların boyutlandırılması için kullanılan IIW-tavsiyelerinde [7] bütün çelik çeşitleri (alaşımız çelikler ve de yüksek dayanımlı çelikler) için aynı yorulma dayanımı değerleri kullanılmaktadır.

## İÇ GERİLMELERİN ETKİSİ

Kaynak dikişinin ergiyip katılaşması esnasında ısıdan etkilenen bölgede, farklı ısınıp soğuma neticesinde iç gerilmeler meydana gelir. İç gerilme miktarı malzemenin akma sınırı ile sınırlıdır. Akma sınırının üzerindeki gerilmeler ya parçayı plastik deformasyona uğratar (çarpılma) veya parçanın çatlamasına neden olur.

İç gerilmeler genellikle çekme iç gerilmeleri ve basma iç gerilmeleri olarak ikiye ayrılır. Her ikisinin de yorulma dayanımına etkisi farklı olmaktadır. Basma iç gerilmeleri genellikle çekme zorlamalarının mevcut olması durumunda olumlu yönde etki ederler.

Buna karşın çekme iç gerilmelerinin yorulma dayanımına etkisi farklı olmaktadır. Özellikle yorulmaya zorlanan keskin çentikli yapı elemanlarında, gerilmelerin giderilmesi için gerekli olan plastik şekil değiştirme meydana gelmediğinden veya yetersiz kaldığından, çekme iç gerilmeleri büyük önem arz ederler. Sahip olduğu şekil itibarıyla kuvvetli çentik etkisi gösteren yapı elemanlarında kaynak dikişi nedeniyle meydana gelen çekme iç gerilmelerinin mevcudiyeti, iç

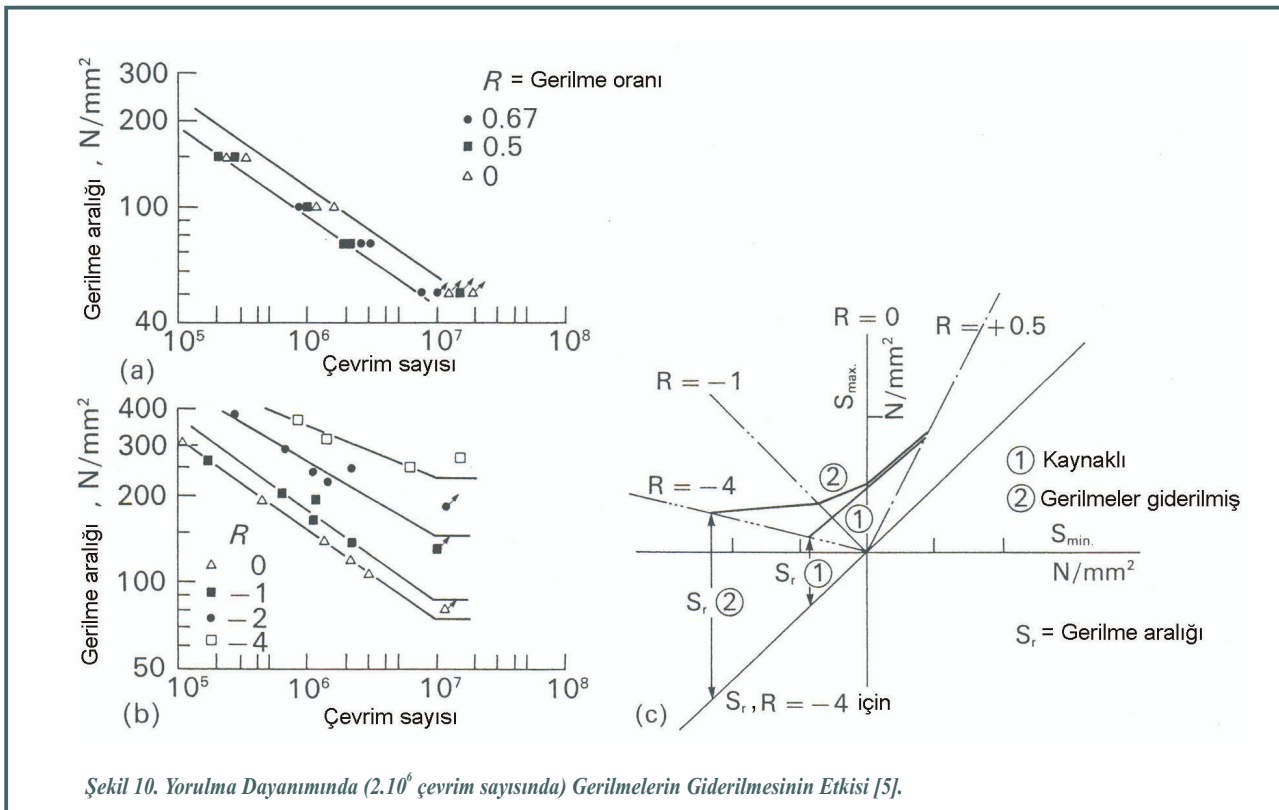
gerilmelerin giderilememesi sonucu, çok eksenli gerilme sistemlerinde yorulma dayanımının oldukça düşmesine neden olur.

$\alpha_k$  2...2,5 (çentik etkisi, form sayısı  $\alpha_k$  ile ifade ediliyor) olması halinde çekme iç gerilmelerinin yorulma dayanımına azaltıcı bir yönde etki etmediği saptanmıştır. Buna karşın  $\alpha_k$  2...2,5 olması halinde ise yorulma dayanımı azalmaktadır. Bu azalma çelik malzemenin sertliği arttıkça daha fazla olmaktadır. Bu nedenle kuvvetli şekilsel çentik ihtiva eden yapı elemanlarında, bu bölgelere kaynak yapıldığında kaynaktan sonra özellikle yüksek dayanımlı çeliklerde gerilmelerin giderilmesi için tavlama işlemi yapılması gerekmektedir [6].

## GERİLME GİDERİLMESİNİN ETKİSİ

Kaynaklı birleştirmelerde yüksek iç (artık) gerilmelerin varlığı istenmemektedir. Bundan dolayı gerilmelerin giderilmesine ihtiyaç vardır. Yüksek iç gerilmelerini içeren kaynaklı birleştirmelerin yorulma davranışları, termal olarak gerilmesi giderilmiş olanlarla karşılaştırılması, gerilme oranının farklı durumları için şekil 10b'de verilmiştir. Burada iç gerilmeler eğer yükleme işlemi kısmi veya tamamen bası gerilmesi olması durumunda ve yüksek çevrimli yorulma dayanımı bölgesinde önemlidir. Kaynaklı ve gerilmelerin giderildiği bağlantılarda tam çekme gerilmesi uygulanması durumunda sonuçlar hemen hemen aynıdır.  $2 \cdot 10^6$  çevrim sayısında küçük bir fark, yaklaşık %15, meydana gelmektedir (Şekil 10c). Bu durumun sebebi çatlak yayılmasıdır ve kaynak edilebilir çeliklerde çatlak büyüme oranı ortalama gerilmenin tam değişken gerilme şartlarında çok az etkilenir. Bununla birlikte uygulanan gerilme çevrim sayısı daha çok bası gerilmesi haline geldikçe, gerilme aralığı verilen ömür artışındaki hata oluşumunu beraberinde getirir. Bunun sebebi, uygulanan gerilmenin bası kısmının, gerilmesi giderilmiş parçalarda büyük oranda zararsız olmasıdır. Bundan dolayı kaynaklanmış parçaların gerilmelerinin giderilmesinde, kısmi veya tamamen bası gerilmesi akışlarının önemli yarar sağladığı açıkça görülebilir. Buradaki şart, uygulanan yüklemenin kısmi veya tamamen bası gerilmesi akışını oluşturmasıdır [5].

Alüminyumda yorulma çatlağı büyümesi ortalama gerilmeye oldukça hassastır. Sonuçta düşük iç gerilmeli kaynaklı birleştirmelerde, gerilme-çevrim sayısı verilerinde uygulanmış çekme ve basma gerilmeleri için bir ortalama gerilme etkisini gösterebilir. Bununla birlikte gerilme kısmi olarak bası olduğunda bu etki daha kuvvetli olacaktır.



## SONUÇ

Kaynaklı birleştirmeler doğası gereği yorulmaya zorlanan elemanlardır. Kaynaklı birleştirmenin yorulma direncini etkileyen pek çok faktör bulunmakta ve bu faktörlerin tasarım aşamasında belirlenerek etkilerinin dikkate alınması - bilhassa dinamik zorlama durumunda- gerekmektedir. Aksi halde istenmeyen ve fonksiyonunu yerine getiremeyen emniyetsiz bir bağlantı ortaya çıkacaktır.

## KAYNAKÇA

1. **Neumann, A.**, Kompendium der Schweitechnik Band 4- Berechnung und Gestaltung von Schweikonstruktionen, Fachbuchreihe Schweitechnik Band 128/4, DVS Verlag, Düsseldorf, 1997.
2. **Scheermann, H.**, Leitfaden für den Schweißkonstrukteur, Die Schweißtechnische Praxis, Band 17, DVS Verlag, Düsseldorf, 1986.
3. **Neumann, A.**, Schweißtechnisches Handbuch für Konstrukteure, Teil 1. Grundlagen, Tragfähigkeit, Gestaltung, Deutscher Verlag für Schweißtechnik, Düsseldorf, 1985.
4. **Rende, H.**, Makina Elemanları Cilt 1, Hesap ve Konstrüksiyon, Seç Yayın Dağıtım, İstanbul, 1996.
5. **Maddox, S. J.**, Fatigue Strengh of Welded Joints, Abington Publishing ISBN 1 85573 013 8, Abington - Cambridge, 1991.
6. **Karakaş, Ö.**, Kaynaklı Yapı Elemanlarının Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Temmuz 2002.
7. **Hobbacher, A.**, Die Entwicklung der neuen IIW-Empfehlungen zur Schwingfestigkeit geschweißter Bauteile, DVS Berichte Band 187, s.1-5, DVS-Verlag, Düsseldorf, 1997.