

KAYNAK HATALARI (IV)

Uluslararası Kaynak Enstitüsü, lameller yırtılma üzerinde tamamlayıcı bilgi edinmek amacıyla deney tipleri önermektedir. Aşağıda verdiğimiz bu tavsiye, bu deney yardımıyla bir çeliğin lameller yırtılmaya hassasiyetinin tahmini amacını gütmektedir (Doc.HS/IIW-678-81). Bu «tip deneyler», Doc IX-766-71'de «Belli bir çelik tipinin çeşitli konstrüksiyonlar ve çalışma koşulları için davranışının takdirini kolaylaştırmayı amaçlayan deneyler» olarak tarif edilmişlerdir.

Bu tavsiye sadece karbonlu, karbon-manganezli ve çok az alaşımlı karbonmanganezli (su verilip menevişlenmiş çelikler dışında) çelik saçlar, profiller ve çubuklara uygulanır. Bu çelikler, 365 ile 685 N/mm² arasında bir çekme mukavemetleri haiz olup + 50 ile —60° arasında sıcaklıklarda çalışan (en yüksek ve en alçak dış sıcaklıklar) kaynaklı konstrüksiyonlarda kullanılmak içindir. Bu tavsiyelerde, iyi bir kaynak uygulamasını sağlamak için gerekli önlemlerin alınmış olduğunun öngörülmüş olması doğaldır.

Sorun'un saptanması

Belli bir kaynaklı birleşme tipi (T, L veya +) için lameller yırtılmanın belirlenmesi aşağıdaki hususlarca koşullandırılacaktır.

1. Bir saçın, haddeleme yönündekilerine göre kalınlık yönündeki mukavemet ve süneklik özelliklerinin düşmesi. Bu isotropi yokluğu bilhassa, metalik olmayan girmelerin oranı ve bunların şekillerinden ileri gelip bu girmelerin kendileri de desoksidasyon türü, kükürten temizlenme derecesi, gazdan arınma ve haddeleme sürecinin etkisinde kalırlar.

2. Kalınlık yönünde çekme zorlamalarının düzeyi aşağıdakiler tarafından saptanmıştır.

- ergimiş metal hacmi ile bunun soğuması sırasında çekme derecesi,
- ergimiş metalin elastik sınırı,
- kaynaklı birleşmenin rijidliği ve kaynaklı konstrüksiyonun tasarımı,
- birleşmelerin sıklığı.

3. Çatlağın başlama koşulları dikkat nazara alınarak, aşağıdaki önlemlerin alınması halinde lameller yırtılma tehlikesi azaltılabilir:

a) Tasarımın ıslâhı

Kaynaklı birleşmenin daha az rijid rasyonel tasarımı. Birleşmenin geometrisi veya konstrüksiyon çiziminin ayrıntıları ıslâh edilebilir:

— Haçvari birleştirmelerin yerine aynı eksende olmayan T şeklinde konstrüksiyonların yeğlenmesi,

— T ya da L şeklinde birleştirmeler yerine uç uca birleştirmelerin ikamesi,

— T şeklindeki birleştirmelerin, tespitin asgari olduğu yerlere inhisar ettirilmesi,

— saçların yerine döğme, dökme veya çekme parçaların T ya da L şeklinde kritik birleştirmelerden veya açılı kaynaklarından kaçınmak için, kullanılması.

b)Metalürjik etkenler

Kısa en yönünde daha iyi karakteristiklere sahip bir çeliğin seçimi; örneğin, daha az girme içeren bir çeliğin seçimi (alüminyumla muamele-desokside-edilmiş veya vakumda gazdan arındırılmış çeliklerde kükürt oranı, girmelerin toplam oranı hakkında fikir verir).

c) Kaynak işlemi şekline bağlı etkenler

Aşağıdaki önlemler faydalı olabilir:

— Saç yüzeyinin «yağlanması» yani esas kaynaktan önce bağlantıyı iyileştirecek en uygun elektrodla bir tabaka çekilmesi ,

— lameller yırtılmaya hassas saçlarda zorlamaları azaltmak üzere pasoların terkettikleri malzemenin sıklığının denetimi,

— ön ısıtma ile pasolar arası sıcaklığının, kaynak çevresindeki çekme gerilmelerini asgariye indirmek için denetimi,

— saçta çekme gerilmelerini azaltmak için daha aşağı bir elastik sınır ve daha üstün bir sünekliği haiz bir metal bırakan elektrodların kullanılması,

— elektrodun ve dekapan (flux)un çok daha iyi kurutulmasıyla daha düşük hidrojen oranlı ergimiş metal.

Bu değişik önlemlerin uygulanması belli bir konstrüksiyonun gerçek tasarım ve imal koşullarına bağlı olup bunlar bu koşullara göre dikkat nazara alınacaklardır.

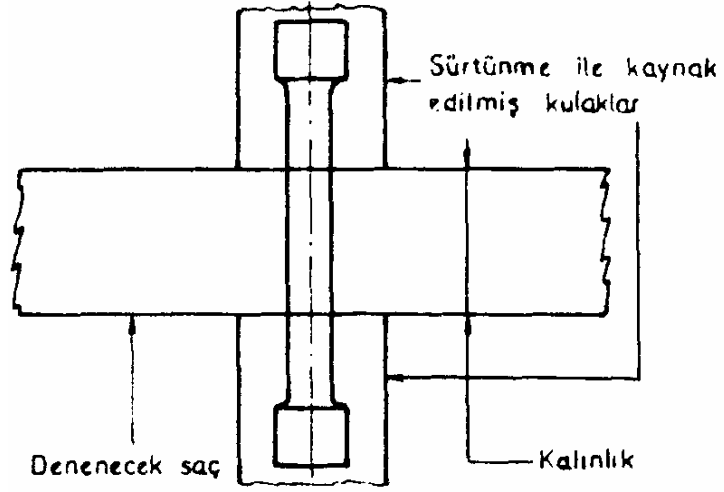
Lameller yırtılma üzerinde tamamlayıcı bilgi edinme deneyi

Kullanıcının, lameller yırtılmanın imalât sırasında sorun çıkarma tehlikesi arzettiğini tahmin etmesi halinde, iyi etüd edilmiş bir tasarımdan sonra bile, aşağıdaki önlemlerin alınması ona önerilebilir.

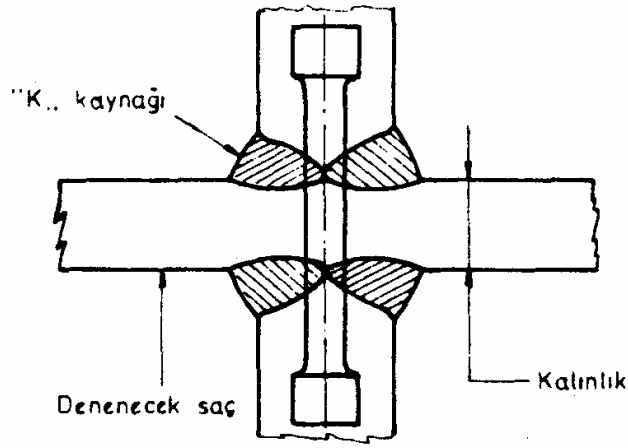
Saçların, özellikle kuvvetlice tespit edilmiş kaynaklı birleştirmelerin olduğu yerlerde ultrasonik muayene yöntemlerinin kullanılması tavsiye edilir. Ancak ultrasonikle mutad yöntemlerin, tehlikeli olabilecek girmeleri kesinlikle saptayamaması nedeniyle, ek önlemlerin alınması gerekir ki bunlar, kısa en yönünde çekme deneyidir. Bunun için de iki tip deney çubuğu gerçekleştirilir.

1. Tip 1

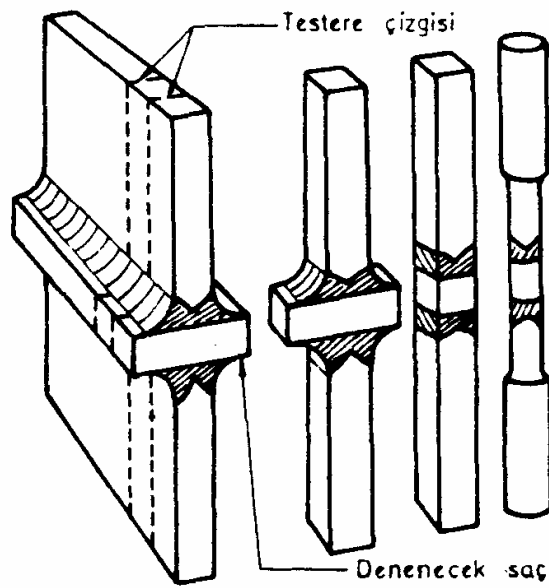
Bu tipin deney çubukları bütün kalınlıklar için önerilmiş olup kaynaklı ekleri (kulakları) haizdirler. Sürtünme ile kaynak edilmiş birleştirmelerden işlenebilirler (Şek 30-32) Kulak kaynağının ergime yöntemiyle yapılması halinde, düşük hidrojenli bir metal bırakan yöntem seçilecektir.



Şek. 30



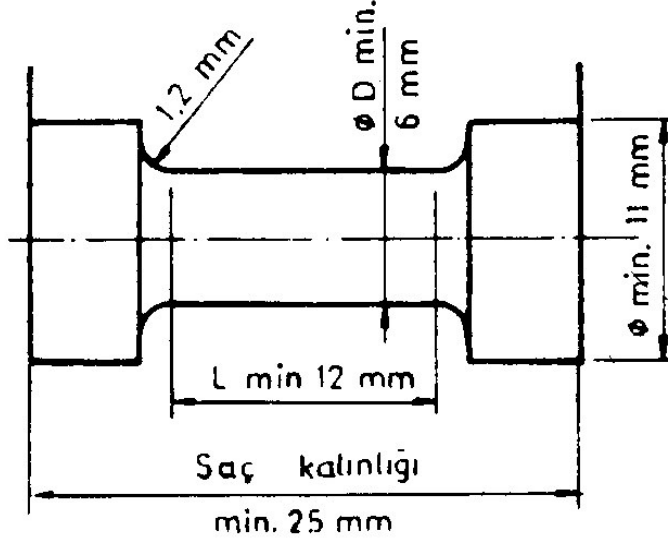
Şek. 31



Şek. 32

2. Tip 2

Bu tipin deney çubukları (Şek. 33) yüzeysel tabakaların tedkikinin mutlaka gerekli olmaması koşulu ile 25 mm den daha kalın saçlar için tavsiye edilir.



Şek. 33

1. Çekme deneyindeki büzülme, lameller yırtılmaya hassasiyetin takdiri için kriter mahiyetindedir. Bu kriter her iki deney için geçerlidir (tip 1 ve 2).

2. Saçın hidrojen içeriği deney sonuçlarını etkileyebileceğinden, çekme deneyi maksimum 16 saat süreyle maksimum 250°C sıcaklıkta ısıtmak suretiyle hidrojenin yok edilmesi işlemi yapılmamış deney çubuklarına uygulanmayacaktır.

3. Bugün bilindiği kadarıyla, tip 1 ve 2 deney çubukları kullanıldığında %15 kadar bir ortalama kopma büzülme değeri, normal tespit koşulları altında lameller yırtılma eğilimi açısından memnuluk verici bir davranışa bağlanabilir. Bununla birlikte çok kuvvetli tespit durumunda olan konstrüksiyonlarda daha büyük değerler gerekli olabilir. Çoğunlukla bir minimum %25 büzülme uygun olacaktır.

YORUMLAR

Deneyin yaygınlığı ve deney çubuklarının saçın neresinden çıkarılacağı konusu alıcı ile metalurjist arasında anlaşılacaktır. «Z kalitesi»nde çelik siparişi halinde her dökümden en az bir haddelenmiş saçın deneye alınması ve bu saçın her ucundan üç deney çubuğunun çıkarılması tavsiye edilir.

Çeliğin kalitesinin, lameller yırtılma tehlikesini etkileyen çok sayıda faktörden sadece biri olduğu akılda tutulacak ve dolayısıyla lameller yırtılma sorunlarına, birçok halde, ekonomik bir çözüm getirebilecek olan tasarıma, kaynak ve imal tekniklerinin seçimine büyük dikkat sarfedilecektir.

LAMELLER YIRTILMADAN KAÇINMAK AMACIYLA ÇELİKLERİN DENEYİ İÇİN ÖNERİLEN UYGULAMALAR

Tip 1 deney çubuğu

Bu, tetkik edilen saçın kısa en yönünde işlenmiş bir silindirik çekme deney çubuğudur. İlâ ve kulakların kaynak edildiği bir saçtan işlenebilir, bu kaynak sürtünme ile (Şek. 30) veya haçvari kaynakla (Şek. 31) olur.

Şek. 32, kaynaklı haçvari bir çubuğun işlenme aşamalarını gösterir.

Deney çubuğunun ergitme kaynağı ile hazırlanmış olması halinde (Şek. 31 ve 32) soğukta çatlamayı önleyici özel tedbirler alınacaktır: uygun bir kaynak yönteminin seçimi, kurutulmuş alçak hidrojenli elektrodların kullanılması ve ön ısıtma.

Numuneden işlenmiş deney çubuğu aşağıdaki geometriyi haiz olacaktır:

— Çap: $D \geq 6$ mm.

— Kalibre kısmının uzunluğu: $L \geq 2D$. Kalibre kısmın uzunluğu $L \geq$ saçın kalınlığı + her uçta 5 mm. Konje (rakordman) yarı çapı 3 mm.

Tip 2 deney çubuğu

Şek.33 mucibince, tetkik edilecek saçın kısa en yönünde işlenmiş bir silindirik deney çubuğudur.

Kalibre kısmın çapı D , deney çubuğunun toplam boyu da L_1 ise, D asgari 6 mm. olmak üzere $L \geq 2D$ olması tavsiye edilir ($L =$ kalibre kısmın uzunluğu)

Şek. 33'de gösterilen boyutlar minimum değerlerdir.

Tip 2 deney çubukları, saç kalınlığı 25 mm.'yi aştığı ve yüzey kalitesinin hiç önemi bulunmadığına karar verildiği hallerde seçilebilir.



KAYNAKLI KONSTRÜKSİYONLARDA YORULMA KIRILMALARI

En genel anlamıyla «yorulma» terimi, tekrarlanan veya almaşık zorlamalara maruz metalik malzemelerin uğradıkları değişme - bozulmalara uygulanır; mutad olarak bu terim özellikle, bu tabiatta zorlamaların uygulanması sonucu meydana gelebilen belli bir kırılma şeklini ifade etmek için kullanılır. Kırılmaya götüren mekanizma yük ve gerilme devre (saykl)lerin birikiminin sonucudur. Aynı şekilde, kırılman kendisi de bir gelişen şekil görünümüne bürünüp böylece öbür kırılma şekillerinden ayrılır; bu ayrılış özellikle, pratikte ani olan daha önce gördüğümüz klivajla gevrek kırılmada belirgindir. Birçok durumda yorulma yoluyla zorlama basit bir çatlağın oluşmasına götürürse de bu çatlağın hasıl ettiği kesit küçülmesi, ya da gerilmelerin yoğunlaşması veya bundan doğan çentik etkisi tam kırılmaya götürebilir; bu kırılma ya plastik şekil değiştirme ve sünek kırılma, ya da klivaj şekliyle olur.

Yorulma ile kırılmaya götüren zorlamalar basit (çekme, basma, eğilme veya burulma) veya basit zorlamaların bir birleşimi olabilir. Genel olarak kırılmayı hasıl etmek için gerekli zorlama

düzeyi, malzemenin elastik sınırının altında olur; başka deyimle, bu zorlama bir kez uygulandığında ne kırılma, hatta ne de herhangi bir plastik şekil değiştirmesi hasıl olur.

Yorulma kırılmaları IIS/IIW tarafından üç grup halinde sınıflandırılmıştır.

1. Hatalı tasarım ya da hesap

- Parça veya kaynaklarda aşırı gerilme
- İyi etüd edilmemiş çizim
- Çalışan parçalar üzerine hesapsız ölçüde kaynakla birleştirilmiş ilâve parça veya ayrıntılar.

2. Öngörülenden farklı çalışma koşulları

- Anormal yüklenmeler
- Ortamın korozyif etkisi.

3. Hatalı kaynak uygulaması

- Gerekli önlemler alınmadan zor kaynak edilebilen (zayıf kaynak kabiliyetli) çelik üzerinde yürütülen kaynak
 - İçte veya bakiye gerilmelere bağlı kusurlar içeren kaynaklar
 - Kaynaktan önce özensiz hazırlık
 - Kusurlu şekil arzeden kaynaklar
 - Uygun olmayan kaynak tekniklerinin kullanılması.

Bir kaynakta bu hata gruplarından birkaçının birarada bulunabilmesi de doğaldır.

Çeşitli ülkeler, yorulma yüklemesine tabi konstrüksiyonların dizaynı için başlıca kaideleri vaz etmişlerdir. Yıllar boyunca yüksek cycle (saykl) yorulmasına ait standartların çoğunluğu başlıca köprüleri, özellikle demiryolu köprülerini hedef almıştır. Ancak bu aynı konu üzerinde bile değişik ülke standartları hayli farklar arz etmektedirler.

Son yıllarda yorulma kırılmalarına maruz başka tip konstrüksiyonların dizaynlarıyla ilgili standard ortaya koyma eğilimine tanık oluyoruz. Örneğin İngiltere'de B.S.153-Çelik Kiriş Köprüler standardında verilen kaidelere ek olarak B.S.2573 - Kreyinlerde müsaade edilen gerilmeler standardı neşredilmiş ve bu, bütün pratik amaçlar için B.S.153 ile aynı kaideleri içermektedir. Bununla birlikte başka özel kaynaklı konstrüksiyon için yorulma kaideleri mevcut olmayıp ve her yorulmanın bahis konusu olduğu hallerde B.S.153'de verilmiş kaideleri kullanma işi projecinin sağ görüşüne bırakılmıştır.

Aşağıdaki tablo, yorulma dizayn kaidelerini içeren standartları verir.(*). İşareti, standardın sürekli değişme halinde olduğunu ifade eder.

Ülke	Standart	Revizyon	Uygulama
Batı Almanya	DV 848 DV 952 DIN 120 } eş DIN 15018 } yorulma DIN 4132 } kaideleri	1955 1962* *	Demiryolu köprüleri Demiryolu lokomotifleri, arabaları Ağır hizmet kreynleeri, yürüyüş yolları Vinçler (kreynler) ve çelik kirişler Vinç(kreyn) yürüyüş yolları ve çelik kirişler
İtalya	CNR – UNI. 10011	1966	Çelik konstrüksiyonlar
Japonya	Tentative specifications for design of welded steel railway bridges	1960*	Demiryolu köprüleri
İngiltere	B.S. 153 B.S. 2573	1966* 1966	Çelik köprüler eş yorulma kaideleri Kreynler
U.S.A.	American Institute of Steel Constr. (AISC) American Railway Engineering Ass.(AREA) American Association of State Highway Officials (AASHO) American Welding Society (AWS)	1969 * * 1969	Çelik konstrüksiyon Demiryolu köprüleri } AWS, AASHO Karayolu köprüleri } ve AREA Kaynaklı köprüler } yorulma kaideleri aynıdır.

YÜKSEK MUKAVEMETLİ ÇELİK KONTRÜKSİYONLARDA DİZAYN GERİLMELERİ

Yüksek mukavemetli çelikten konstrüksiyonların, yorulma dizayn kriteri bahis konusu olduğu zaman, yumuşak çeliğe göre daha yüksek gerilmeye göre hesap edilip edilemeyeceği hususunda çeşitli standartlar arasında hayli farklar mevcuttur. B.S.153'de, kaynaklı birleştirmeler için yorulma dizayn gerilmelerinin, ana malzemenin statik mukavemetinden müstakil olduğu hatırdta tutulacaktır; oysa ki civatalı ve perçinli birleştirmelerde, yüksek mukavemetli çeliklerde daha yüksek bir dizayn gerilmesine müsaade edilmiştir. Bu, doğal olarak, yüksek ortalama gerilme ve/veya kısa ömür koşulları altında vaki olabilecek yorulma dizayn gerilmesinin yumuşak çeliğin statik dizayn gerilmesinin üstüne çıkması halinde, kaynaklı konstrüksiyonlarda yüksek mukavemetli çeliğin yararlı kullanılmasını dışlamaz.

DİZAYN YÖNTEMİ

Bahis konusu çeşitli standartlarda üç ayrı dizayn yönteminin varlığı görülüyor:

1. Dizayn, maksimum gerilmenin 2×10^6 kez vaki olduğu ve öbür gerilmelerin hesaba

katılmayabilecekleri varsayımına dayanır. Bu yaklaşıma B.Aİman ve Japon standartlarında rastlanıyor.

2. Dizayn, biriken (kümülatif) zarar yaklaşımı üzerine dayanır. Bu, B.S. 153'de kullanılan yöntem olmaktadır.

3. Amerikan standartları yukarda sözü edilen yaklaşımların arasında bulunmaktadır. Biriken (kümülatif) zarar yaklaşımı kullanılmıyor, buna karşılık dizayn gerilmesi 10^5 ila 2×10^6 cycle'a göre ele alınıyor. AWS spesifikasyonunûa, değişik yük tipleri için varsayılacak cycle sayısı verilmiştir.

Emniyet katsayısı ise, değişik standartlarda 1,1 ile 2,0 arasında değişmektedir.

KIRILMA MEKANİĞİNİN UYGULANMASI

Kaynaklı konstrüksiyonlarda yorulmanın analizi, yorulma çatlakları ilerlemesinin etüdüne inhisar ettirebilir ve kırılma mekaniği, yorulma çatlakları ilerlemesi verilerinin analizinde kullanılır. Bir yorulma çatlakları ilerlemesi kanunu, kırılma mekaniğine dayanmış olarak, yorulma davranışını peşinen saptayabilir.

Yorulma süreci üç aşamadan ibarettir: çatlakların, bir gerilme yoğunlaşması alanında, başlaması; bunun yayılması ve nihai kırılma. Çatlak başlangıcı aşamasının tamam olduğu zamanın seçimi geniş ölçüde keyfi olup bir çatlakların tarifine bağlıdır. Uygun bir tarife göre ($\times 10$) gücünde bir büyüteçle görülene çatlak denmektedir. Nihai tükenmenin tarifi, bahis konusu konstrüksiyona bağlı olup örneğin bir komponentin çatlama kesitinin, uygulanan gerilmeyi taşıyamaz hale gelmesi zamanı veya bir kaptan sızmanın vaki olduğu zaman olabilir.

Bir kaynaklı birleşmede yorulma çatlama herhangi başka birleşme tipine göre, daha az cycle'da başlar. Bunun nedeni, bir yorulma çatlaklarının başladığı örneğin bir köşe kaynağının ucu gibi pozisyon sadece bir gerilme yoğunlaşması bölgesi olmayıp kendisi dahi daha önceden mevcut kaynak kusuru olabilir. Ayrıca, bakiye gerilmeler, çatlakların başlama pozisyonunda fiilî gerilmeyi artırabilirler.

Kaynak uçlarında kusurların anlamı, çok sayıda metalik olmayan küçük girmelerle kusurların, daha önceden kaynak ucunda ergitilmiş veya hamurlaşmış bölgede, varlığının ifadesi olmaktadır. Tetkik edilmiş bütün numunelerde yorulma çatlaklarının bu tür kusurlardan başladığını göstermiştir. Kusurların derinliği 0,02 mm den 0,4 mm'ye kadar değişik olarak görülmüş ve kök yarıçapı çoğu kez 0,0025 mm kadar küçük olmuş ki bunlar gerçekten çatlak olarak kabul edilebilirler. Özetle çatlaklara benzer metalik olmayan kusurların çoğu kaynağın ucunda bulunması olasıdır.

Kaynaklı birleşmelerde yorulma çatlakları başlangıcının başka durumlarında, yani çatlakların kaynak ucundan gayri pozisyonlarda başlaması halinde (örneğin yük taşıyan bir köşe ya da alın kaynağının kökünde), cüruf girmeleri, nüfuziyet veya alıştırma noksanı gibi kaynak kusurlarının çatlak başlamasını nasıl etkilediğini görmek kolaydır.

Bu gerçek, yorulma çatlakları başlamasının kaynaklı birleştirmelerin toplam ömrünün sadece küçük bir bölümünü işgal ettiği, ömrün çoğunluğunu çatlakların yayılmasının doldurduğu

düşüncesine yol açmıştır. Bunun, hatta kaynak ucunda başlayan yorulma çatlakları için dahi mutlaka doğru olmadığı da görülmüştür. Bununla birlikte kaynak kusurlarının varlığı ve kaynak geometrilerine bağlı gerilme yoğunlaşması faktörü, geniş bir uygulanmış gerilme alanı için bir yorulma çatlaklarının muhtemelen başlayacağını ifade edip dolayısıyla yorulma çatlakları yayılması büyük önem taşıyan bir konu olmaktadır. Kaynaklı birleşmelerde yorulmanın etüdüne genellikle çatlak yayılması açısından yaklaşılmaktadır.

YORULMA ÇATLAĞI YAYILMA VERİLERİNİN ANALİZİ

Fraktografik tetkikler, uniform cyclic gerilmeler için her kırılma yüzeyi yivlenmesinin tek bir gerilme cycle'i tarafından meydana getirildiğini göstermiştir; ama her gerilme cycle'ının bir yivlenme hasıl ettiği de mutlaka doğru değildir; örneğin kısmî basınç gerilme cycle'larının zarar verme etkisi bilinmemekte olup yayılmayan çatlakların varlığı, bazı alçak çekme gerilmelerinin yayılmaya götürmediğini gösteriyor. Mamafih, bütün (yayılmayı mucip olmayan gerilmelerden büyük) çekme gerilmelerinin zarar verdiklerini ve dolayısıyla yivlenme meydana getirdiklerine hükmetmek akla yakın gibidir. Böylece tümünden hasar verici gerilmeler altında yorulma çatlakları yayılmasına bir sürekli süreç olarak bakılabilir. Ayrıca, her ne kadar süreç cyclic ise de çatlak durağan olarak düşünülebilir ve herhangi bir çatlak ucu gerilmesi analizi çatlak uzunluğu ve uygulanan gerilmenin ani değerine dayandırılabilir. Bu varsayımlar lineer elastik kırılma mekaniğinin yorulma çatlaklarına uygulanmasına götürmüştür.

Daha önce de görmüş olduğumuz gibi kırılma mekaniği başlarda bir çatlak ucundaki gerilmenin analizi için bir yöntem olarak geliştirilmiş ve özellikle gevrek kırılmanın etüdünde kullanılmıştı. Bununla birlikte daha sonra daha birçok başka kırılma tiplerine uygulanmıştır. Kırılma mekaniğinin yorulmaya uygulanması, bir çatlak yayılmasının sadece çatlak ucundaki mevcut gerilme ya da şekil bozulmasına bağlı olduğu varsayımına dayanır. Bu da, buna karşılık çatlak uzunluğuna, uygulanan nominal gerilmeye ve çatlak içeren konstrüksiyonun geometrisine bağlı olur.

Başlarda bu konulara değinmiş olduğumuzdan yeniden çatlak yayılması etütlerine girecek değiliz. Kaldı ki bunlar bir makale çerçevesini çok aşacak kadar ayrıntılı konulardır. Buna karşılık yukardan beri sözünü ettiğimiz konstrüksiyonun geometrisi ve bu geometride hatalar, özellikle kaynaklı birleşmelerde bütün önemini korumaktadır. Bunlara aşağıda değineceğiz.



«Kaynakta kusur var mı?» sorusuna kalite kontrol sorumluları sürekli olarak yanıt aramakta ve bunun için de, çoğu kez tahribatsız muayenelere başvurumaktadırlar. Ama güçlük, teşhis koyma sırasında kendini göstermektedir. Muayene sonucunda ortaya çıkan hatalar, konstrüksiyon için öngörülmüş olan standard ya da nizamnamelerin saptadıkları tolerans sınırları içinde midirler?

Buna olumlu yanıt verilebiliyorsa, sorun çözülmüş demektir. Aksi halde, tamir etmenin uygun olup olmayacağı, tamir işleminin durumu daha da kötüye götürüp götürmeyeceği veya

konstrüksiyonun bu haliyle bırakılıp bırakılmayacağı saptanacaktır. Karar verme durumunda olanlar için hayli güç bir ikilemdir bu.

Çok yüksek bir emniyet derecesi arzedecek tesislere uygulanan bazı standartlar hiçbir tolerans öngörmezler ve «hatanın salt yokluğu» kaidesine dayanırlar. Bazıları da, yeterli bir garanti sağlamak için özellikle ağır koşullar öne sürerler. Birinci tutum, tolerans yokluğunun aşırı yüksek maliyetlere götürmesi itibariyle gerçekçi sayılmaz. İkincisi de, hiç kimseye yarar sağlamayacak olan pahalı tesisleri zorunlu kılar.

Bütün bunlar, bir yandan kaynaklarda hataların ortaya çıkarılması tekniklerinde dikkate değer ilerlemelerin kaydedilmesine karşın bu aynı hataların teşhis ve boyutlarının takdiri tekniklerinin aynı gelişmeyi gösterememiş olmasından kaynaklanmaktadır. Kaldı ki bu aynı sürede kırılma mekaniği teorilerinin kaynaklı birleşmelere uygulanması, «kabul edilebilir» hata kavramına gelinmesine olanak sağlamıştır. Bu itibarla zincirin iki ucunun, yani bir yandan hatanın bilinmesi, öbür yandan da onun makul şekilde kabulü ve reddinin, birleştirilememesi üzücüdür.

Bu duruma çare aramak için araştırmalar, «kusurların ve bunların kaynaklı konstrüksiyonlarda zararlılık derecesinin takdiri» üzerine yoğunlaşmıştır. Bu araştırmaların esas amacı, daha iyi, daha ucuz imal etmek üzere tahribatsız muayenelerle kırılma mekaniğini birleştirmek olmaktadır.

Büyük önemi itibariyle kaynaklı konstrüksiyonların yorulmayla kırılma sorununa etraflıca döneceğiz. Ancak daha önce, bu tür kırılmalarda da büyük payı olan geometrik hataları irdeleneceğiz. Böylece ileride göreceğimiz yorulma kırılmasının birçok etkeni açıklık kazanmış olacaktır.

KAYNAKLI ÇELİK BİRLEŞTİRMELERDE GEOMETRİK HATALAR - TALEP KOŞULLARI SINIFLANDIRMASI

Uluslararası Kaynak Enstitüsü, aşağıda özetlediğimiz bir dokümanı (Doc. IIS/IW 778-83) ile konuya ışık tutmaktadır.

Bu tavsiye dokümanı, kaynaklı birleştirmeler için üç talep koşul sınıfı tarif etmektedir. Bu sınıflar, kaynaklı birleştirmelerde mevcut geometri kusurlarının sayı ve boyutlarıyla ilgili olup başlıca, uygulamanın kalitesini yansıtır.

IIS/IW'in «Kaynakların denenmeleri, ölçü ve kontrolleri» V. Komisyonu'nca hazırlanmış olan bu tavsiye dokümanı, elle veya mekanik yolla, alaşımız veya alaşımızlı çelik mamullerin ark kaynağına dairdir.

SINIRLARI

Bu doküman bir standard olmayıp standard olarak kullanılmayacaktır. Bununla birlikte ilgili kişiler, nihaî kullanıcı, tasarımcı, konstrüksiyon standartları yazma komisyonları, her özel durum için, çeşitli kusurların temsil ettikleri potansiyelde kopma-kırılma tehlikesine karşı bir kesin emniyet sağlayacak şekilde bir kalite sınıfı veya sınıflar bileşimi saptayacaklardır.

Bu tavsiyede verilen talep koşulları, sert sınırlar olarak telâkki edilmeyecekler, daha çok sadece belli bir ihtimal derecesi için geçilebilecek sınırlar olarak düşünüleceklerdir. Bu bağlamda, boyut sınırlarını aşan hataların, mamulün kullanılmaya elverişliliğine hanel getirmeden çoğu kez mevcut olabileceği akılda tutulacaktır. Asgari talep koşulu olarak ele alınmış kalite sınıflarından birine dayanmakla birlikte bazı hallerde daha önemli hatalara izin veren («İki düzeyli sistem») bir kontrol sistemi tavsiye edilmektedir. Bu tavsiye, metalürjik türden hatalarla ilgili değildir.

Profiller, borular ve sair hadde ürünleri standartları, şekil ve ölçülerde müsaade edilebilen sapmaları tarif ederler. Bunlara tekabül eden sınırlar döğme ve dökme vs. mamuller için de mevcuttur. Müsaade edilen sapmalar, bu tavsiyedeki koşulları uygun olmaktan çıkaracak mertebede olabilirler. Bu, özellikle hiza bozukluğu tipinde (No.16), ama aynı zamanda, No.9'daki gibi başka tipteki kusurlara uygulanır. Bu itibarla, yarı mamullerin tayin edilmiş şekil ve boyutlara göre önemli tip sapmalar arzetmeleri halinde bu tavsiye koşullarının hangi ölçüde uygulanabileceğini takdir etmek gerekli olur.

Bu tavsiye, kalınlığı 3 ile 100 mm arasında bulunan kaynaklarla ilgilidir.

REFERANSLAR

1. ISO 6520 «Metallerin ergitmeli kaynaklarında kusurların sınıflandırılması ve izahlı yorumlar»
2. ISO 2553 -1974 «Kaynaklar - resimler üzerinde simgesel temsili»
3. DOC IIS/IW-636-80 «Kullanılmaya elverişlilik kriterlerinin uygulanması çerçevesinde kaynakların kontrolü».
4. DOC IIS/IW-369-71 «Metallerin ergitmeli kaynaklarında kusurları niteleyen parametreler».

KAYNAKLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bir kaynaklı birleştirme, aksi ifade edilmedikçe, her kusur tipi için ayrı ayrı değerlendirilecektir. Çatışmış iki ya da daha çok kusur, tek bir kusur olarak ele alınacaktır. Kusurlar arasındaki mesafe, kaynaklı birleşmenin yükseklik ve genişlik yönünde ölçülmüş olarak sırasıyla bu kusurların en büyüğünün yükseklik veya genişliğinden küçük ise, bu kusurlar çatışmış sayılır. Kaynaklı birleşmenin her kesiti ayrı ayrı değerlendirilecektir. Sadece aynı tipteki kusurlar hesaba katılacaktır. Bununla birlikte, bütün hava (gaz) boşluğu (blowhole) şekilleri (No. 3,4 ve 5) her zaman birlikte mütalâa edilecektir. Çatışmış kusurların yükseklik ve genişlik yönünde boyutları, kusurların karşılıklı kenarları arasında ölçülecektir.

Bir kusur, bahis konusu tipten kusurların toplam uzunluğunun, muayene edilen kaynak kesiti uzunluğunun %25'ini geçmemesi halinde, yerel olarak kabul edilir. Sadece aynı genel tipten kusurlar beraberce dikkate alınacaktır. Kaynaklı birleştirmenin orta çizgisine farklı mesafelerde bulunan iki yada daha fazla kusur, eğer çatışmış değilse, ayrı ayrı değerlendirileceklerdir. Uzun kaynaklar bölüm bölüm tetkik edilecek, bu bölümlerin herbiri

örneğin bir radyografik filmin kapsayacağı uzunluğa tekabül edecektir. Kaynak kalınlığının yaklaşık 20 katı, ama 500 mm'yi geçmeyecek uzunluk tavsiye edilir. Her bölüm ayrı ayrı değerlendirilecektir.

TALEP KOŞULLARI SINIFLARI

Aşağıda, kusurların sayısı, boyu ve durumu hakkında, üç sınıf için, sınırlar verilmiştir.

Kusurların toplam yükseklik sınırları:

Aşağıda bazı hallerde görülen daha sıkı koşullar dışında, birleşmenin kesitini azaltan kusurların toplam yüksekliği, şu sınırları aşmayacaktır:

İlımlı koşul : kaynağın nominal kalınlığının %30'u, ama 10 mm'den fazla değil.

Ortalama koşul : kaynağın nominal kalınlığının %25'i, ama 10 mm'den fazla değil.

Sıkı koşul : kaynağın nominal kalınlığının %20'si, ama 10 mm'den fazla değil.

Bu değerler, ister tek isterse birkaç tipten kusur bahis konusu olsun, kaynaklı birleşmenin bütün kesiti için geçerlidir. Şekillerde b: fazla kılınlığın genişliği; h: kusurun yüksekliği; s: kaynağın nominal kalınlığı; t: saç kalınlığı olarak kullanılmıştır.

Şimdi, her tip kusur için üç koşulun sınırlarını verelim.

Kusur No. 1

Kusur tipi: çatlaklar

ISO 6520'de kusur no.: 100

Her üç koşul için tespit edilebilen bu kusurlara, müsaade edilmez.

Kusur No. 2

Kusur tipi: krater çatlakları

ISO 6520 kusur No.: 104

İlımlı koşul: Bazı krater çatlaklarına müsaade edilirse de sistematik (sürekli oluşan) kusurlar kabul edilmez. Kusurun yükseklik ve uzunluğu, 5 mm'yi aşmamak kaydıyla, kaynak kalınlığının %20'sini aşmayacaktır. Öbür iki koşulda, tespit edilebilen krater çatlaklarına müsaade edilmez.

Kusur No. 3

Kusur tipi: Tekdüze (yeknasak) olarak dağılmış küresel hava (gaz) boşlukları (blowhole)
ISO 6520'de kusur No. 2011, 2012 (2016)

Yorum: hatanın mevcut olduğu bütün uzunluk boyunca birleşme yüzeyine paralel bir düzlem içinde izdüşüm. Hava boşlukları arzeden bölgelerin her biri üzerinde bir değerlendirme yapılacaktır.

İlımlı koşul: hava boşlukları, izdüşürülmüş yüzeyin %4'ünü aşmayacak. Bir boşluğun boyutu 5 mm'yi geçmeyecek.

Ortalama koşul: hava boşlukları, izdüşürülmüş yüzeyin %2'sini aşmayacak. Bir boşluğun boyutu 4 mm'yi geçmeyecek.

Sıkı koşul: hava boşlukları, izdüşürülmüş yüzeyin %1'ini aşmayacak. Bir boşluğun boyutu 3 mm'yi geçmeyecek.

Kusur No. 4

Kusur tipi: Hava boşlukları yuvası

ISO 6520'de kusur No.: 2013 (2016)

Yorum: Birleşme yüzeyine paralel bir düzlem içinde izdüşüm. Hava boşlukları içeren bölge sınırlı olacak; sistematik kusurlara müsaade edilmez. Gözlenen yüzdelerin yaklaşık %5'i geçmesi halinde, bunun başka kusurları maskeleyeceği olasılığı göz önünde bulundurulacaktır.

İlımlı koşul: Hava boşlukları, izdüşürülmüş bölgenin %16'sını aşmayacak. Bir boşluğun boyutu 4 mm'yi geçmeyecek.

Ortalama koşul: Hava boşlukları, izdüşürülmüş bölgenin %8'ini aşmayacak. Bir boşluğun boyutu 3 mm'yi geçmeyecek.

Sıkı koşul: Hava boşlukları izdüşürülmüş bölgenin %4'ünü aşmayacak. Bir boşluğun boyutu 2 mm'yi geçmeyecek.

Kusur No. 5

Kusur tipi: Uzun hava boşluğu, kurt şeklinde hava boşluğu, krater çekme boşluğu

ISO 6520'de kusur No.: 2015, 2016, 2024

Yorum: Sadece küçük krater çekme boşluklarına müsaade edilir. Sistemli şekilde tekrarlanmış kusurlar kabul edilmez.

İlımlı koşul: Sürekli kusurların yükseklik ve genişliği 2 mm'yi aşmayacaktır. Yerel kusurların yükseklik ve genişliği 4 mm'yi geçmeyecektir.

Ortalama koşul: Tespit edilebilen sürekli kusurlara müsaade edilmez. Yerel kusurların yüksekliği ve genişliği 3 mm'yi aşmayacaktır.

Sıkı koşul: Tespit edilebilen sürekli koşullara müsaade edilmez. Yerel kusurların yüksekliği ve genişliği 2 mm'yi aşmayacaktır.

Kusur No. 6

Kusur tipi: Katı girmeler

ISO 6520'de kusur No.: 300

Her üç koşulda, 5 No.lu kusurdaki sınırlar geçerlidir.

Kusur No. 7

Kusur tipi: Ergime noktası

ISO 6520'de kusur No.: 401

Her üç koşulda, tespit edilebilen kusurlara müsaade edilmez.

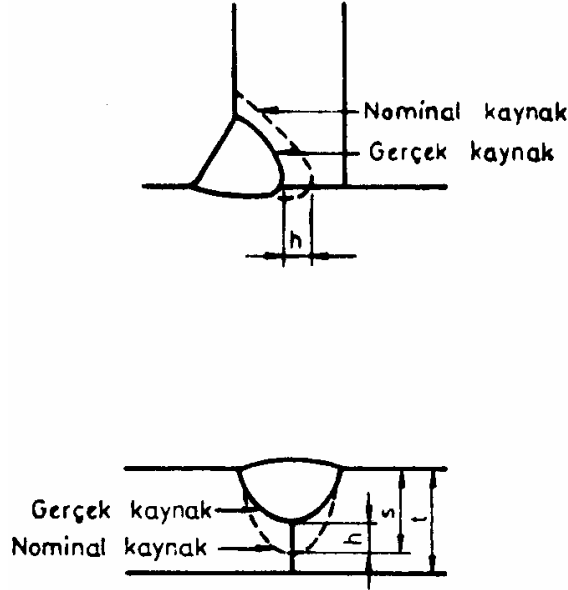
Kusur No. 8

Kusur tipi: Nüfuziyet noksanı.

ISO 6520'de kusur No.: 402

Yorum : Uç uca (alın), açılı ve T birleşme kaynakları nüfuziyetiyle ilgilidir. Kaynak

kalınlığının, sa kalınlığından az olacağı öngörölmüşse, kusurun yüksekliği, kaynağın nominal kalınlığı ile gerçek kalınlığı arasındaki farkla eşit olur (Şek. 34 ve 35).



Şek. 34 ve 35

İlımlı koşul: Tespit edilebilen sürekli kusurlara müsaade edilmez. Yüksekliği 2 mm'yi geçmemek ve kaynak kalınlığının %20'sinden fazla olmamak kaydıyla yerel kusurlara izin verilir.

Ortalama koşul: Tespit edilebilen sürekli kusurlara müsaade edilmez. Yüksekliği 1,5 mm'yi geçmemek ve kaynak kalınlığının %10'undan fazla olmamak kaydıyla yerel kusurlara izin verilir.

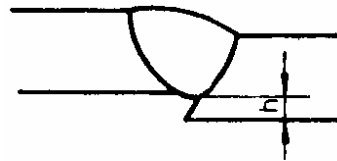
Sıkı koşul: Tespit edilebilen sürekli kusurlara müsaade edilmez.

Kusur No: 9

Kusur tipi: Kökte kertik

ISO 6520'de kusur no: Yok

Yorum: Tek taraftan yapılmış uç uca (alın) kaynaklarının kökünde kertik. Hiza noksanı kusuruyla yakınlık (Şek.36) Keza bkz. kusur no. 16



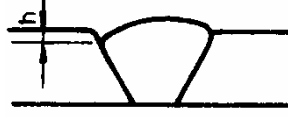
Şek. 36

Her üç koşulda, kertiğin yüksekliği, Kusur No. 8'de derpiş edilmiş nüfuziyet noksanı sınırlarını aşmayacaktır. Keza bkz. No. 16

Kusur No. 10

Kusur tipi: Oluk (Channel)

ISO 6520'de kusur No.: 5011



Şek. 37

İlımlı koşul: Sürekli kusurların yüksekliği 0,6 mm'yi, yerel kusurların yüksekliği de 1 mm'ye geçmeyecektir.

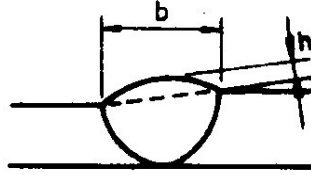
Ortalama koşul: Sürekli kusurların yüksekliği 0,4 mm'yi, yerel kusurların yüksekliği de 0,6 mm'yi geçmeyecektir.

Sıkı koşul: Sürekli kusurların yüksekliği 0,2 mm'yi, yerel kusurların yüksekliği de 0,4 mm'yi geçmeyecektir.

Kusur No. 11

Kusur tipi: Uç uca (alın) kaynağında aşırı fazla kalınlık.

ISO 6520'de kusur No. 502



Şek. 38

İlımlı koşul: Fazla kalınlığın yüksekliği 10 mm'yi ve hiçbir surette de fazla kalınlığın genişliğinin %25'i + 1 mm'yi aşmayacaktır.

Ortalama koşul: Fazla kalınlığın yüksekliği 7 mm'yi ve hiçbir surette de fazla kalınlığın genişliğinin %15'i + 1 mm'yi aşmayacaktır.

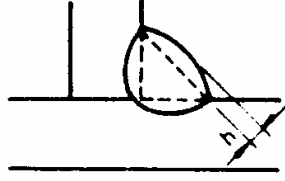
Sıkı koşul: Fazla kalınlığın yüksekliği 5 mm'yi ve hiçbir surette de fazla kalınlığın genişliğinin %10'u + 1 mm'yi aşmayacaktır.

Kusur No. 12

Kusur tipi: Köşe kaynağında aşırı dışbükeylik (çok pasolu kaynaklarda benzer talep koşulları pasoların her birine uygulanabilir. Bu takdirde fazla kalınlığın uzunluğu yerine yığılan malzemenin genişliği kullanılacaktır)

ISO 6520'de kusur No: 503

Yorum: Yükseklik, gerçək boğazdan itibaren ölçülecektir (Şek. 39).



Şek. 39

İlımlı koşul: Yükseklik 5 mm'yi ve hiçbir surette gerçek boğazın %20'si + 1 mm'yi (1 mm + dikişin genişliğinin %10'unu) aşmayacaktır.

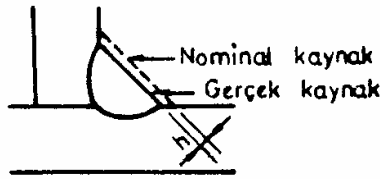
Ortalama koşul: Yükseklik 4 mm'yi ve hiçbir surette gerçek boğazın %15'i + 1 mm'yi (1 mm + dikişin genişliğinin %7.5'unu) aşmayacaktır.

Sıkı koşul: Yükseklik 3 mm'yi ve hiçbir surette gerçek boğazın %10'u + 1 mm'yi (1 mm + dikişin genişliğinin %5'ini) aşmayacaktır.

Kusur No. 13

Kusur tipi: Nominal değerden az bir boğaza sahip köşe kaynağı.

ISO 6520'de kusur No: Yok



Şek. 40

İlımlı koşul: Sapma sadece yerel olacak ve 2 mm'yi ve hiçbir surette nominal boğazın %5'i + 0,3 mm'yi aşmayacaktır.

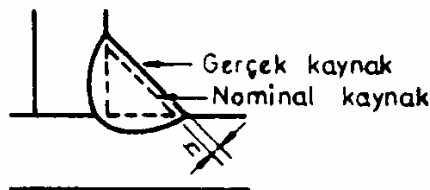
Ortalama koşul: Sapma sadece yerel olacak ve 1 mm'yi ve hiçbir surette nominal boğazın %5'i + 0,3 mm'yi aşmayacak.

Sıkı koşul: Hiçbir sapmaya müsaade edilmez.

Kusur No. 14

Kusur tipi: Nominal değerden fazla bir boğaza sahip köşe kaynağı.

ISO 6520'de kusur No.: Yok.



Şek. 41

İlımlı koşul: Sapma 5 mm'yi ve hiçbir surette nominal boğazın %20'si + 1 mm'yi aşmayacaktır.

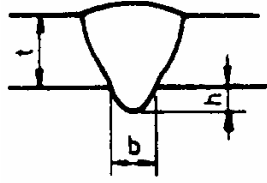
Ortalama koşul: Sapma 4 mm'yi ve hiçbir surette nominal boğazın %15 + 1 mm'yi aşmayacaktır.

Sıkı koşul: Sapma 3 mm'yi ve hiçbir surette nominal boğazın %10'u + 1 mm'yi aşmayacaktır.

Kusur No. 15

Kusur tipi: aşırı nüfuziyet

ISO 6520'de kusur No: 504



Şek. 42

İlımlı koşul: Nüfuziyetin yüksekliği 5 mm'yi ve hiçbir surette nüfuziyetin %120'si + 1 mm'yi aşmayacaktır.

Ortalama koşul: Nüfuziyetin yüksekliği 4 mm'yi ve hiçbir surette nüfuziyetin %60'ı + 1 mm'yi aşmayacaktır.

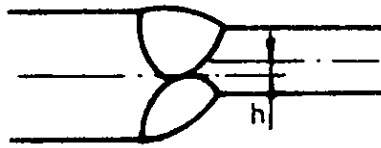
Sıkı koşul: Nüfuziyet yüksekliği 3 mm'yi ve hiçbir surette nüfuziyetin %30'u + 1 mm'yi aşmayacaktır.

Kusur No. 16

Kusur tipi: Hiza hatası

ISO 6520'de kusur No. 507

Yorum: Gösterilmiş olan sınırlar, doğru pozisyona göre sapmalarla ilgilidir. Doğru pozisyon anlamı ise içinde bulunulan duruma bağlıdır. Aksi ifade edilmedikçe, eksenleri yarı kalınlıkta intibak etmiş saçların doğru pozisyonda oldukları kabul edilir. Yüzeyde ölçülmüş hiza hataları, saç kalınlığının, boru çapının ve cidar kalınlığının değişkenliğine göre daha az veya daha önemli olabilirler (Şek. 43).



Şek. 43

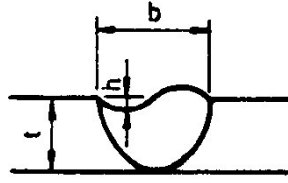
İlımlı koşul: Sapma 4 mm'yi ve hiçbir surette saç kalınlığının %25'ini aşmayacaktır.
Ortalama koşul: sapma 3 mm'yi ve hiçbir surette saç kalınlığının %15'ini aşmayacaktır.
Sıkı koşul: Sapma 2 mm'yi ve hiçbir surette saç kalınlığının %10'unu aşmayacaktır.

Kusur No. 17

Kusur tipi: Uç uca (alın) kaynakta kalınlık eksikliği

ISO 6520'de kusur No. 511

Yorum: Değerler pürüzsüz ve yuvarlatılmış çekme halinde bir kaynak kesiti ile ilgilidir.
Sivri kusurlar için 10 No.lu kusurda oluk için verilmiş değerlere bkz. (Şek. 44).



Şek. 44

İlımlı koşul: Hiçbir sürekli kusura müsaade edilmez. Yerel kusurların derinliği 1,5 mm'yi ve hiçbir surette kalınlığın %20'sini aşmayacaktır.

Ortalama koşul: Hiçbir sürekli kusura müsaade edilmez. Yerel kusurların derinliği 1 mm'yi ve hiçbir surette kalınlığın %10'unu aşmayacaktır.

Sıkı koşul: Hiçbir sürekli kusura müsaade edilmez. Yerel kusurların derinliği 0,5 mm'yi ve hiçbir surette kalınlığın %5'ini aşmayacaktır.

Kusur No: 18

Kusur tipi: Köşe kaynağının simetriklik hatası.

ISO 6520'de kusur No. 512

İlımlı koşul: Kenarların uzunlukları arasındaki fark, 2 mm + gerçek boğazın %20'sini aşmayacaktır.

Ortalama koşul: Kenarların uzunlukları arasındaki fark, 2 mm+ gerçek boğazın %15'ini aşmayacaktır.

Sıkı koşul: Kenarların uzunlukları arasındaki fark, 1,5 mm + gerçek boğazın %15'ini aşmayacaktır.

Kusur No. 19

Kusur tipi: Kökte çekme boşluğu

ISO 6520'de kusur No.: 515

Her üç koşul için 8 No.lu kusurdaki sınırların aynı. Kenarlar ergimişse, alternatif olarak 10 No.lu kusur için verilmiş sınırlar kullanılabilir.



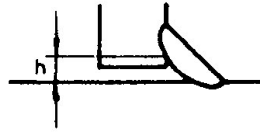
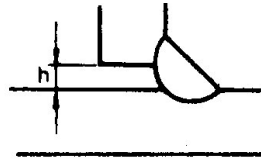
Şek. 45

Kusur No. 20

Kusur tipi: Açık kaynaklarında fena alıştırma ve nüfuziyet noksanı.

ISO 6520'de kusur No.: Yok

Yorum: Birleştirilecek parçalar arasında mesafe ve nüfuziyet noksanı (Şek. 46 ve 47)



Şek 46 - 47

İlimli koşul: Hatanın yüksekliği 4 mm'yi ve hiçbir surette nominal boğazın %3'u + 1 mm'yi aşmayacak.

Ortalama koşul: Hatanın yüksekliği 3 mm'yi ve hiçbir surette nominal boğazın %20'si + 0,5 mm'yi aşmayacak.

Sıkı koşul: Hatanın yüksekliği 2 mm'yi ve hiçbir surette nominal boğazın %10'u + 0,5 mm'yi aşmayacak.

Aşağıdaki ekler sadece bilgi mahiyetinde verilmiş olup tavsiyeye dahil değildir.

EK A

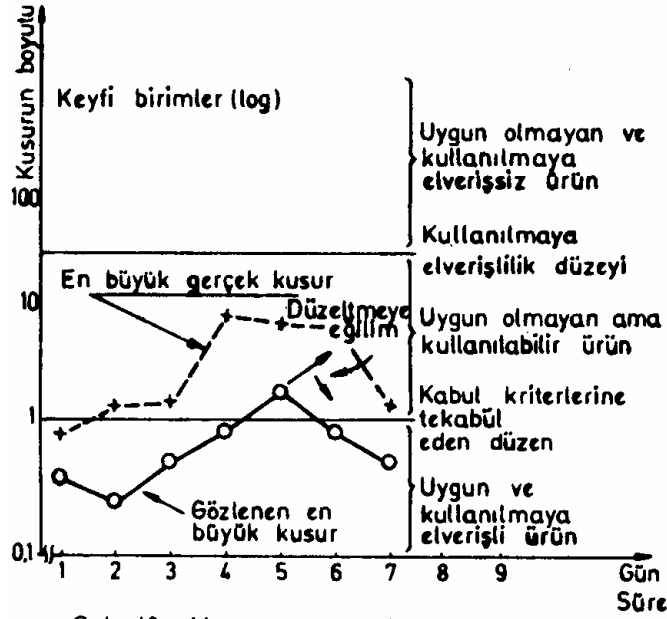
1. Kullanılmaya elverişlilik

Bir ürünün kullanılmaya elverişliliği, bu ürünün, tasarlanmış ömrü boyunca memnunluk verici şekilde çalıştığı anlamına gelir. Kaynaklarda geometri hataları, kaynakların mukavemeti üzerine olumsuz etki yapabilir; büyük boyutta hata - kusurlar, kabul edilemez düzeye kadar mukavemeti azaltabilirler ve dolayısıyla ürünü kullanılmaya elverişsiz kılarlar.

Kalitenin zorunlu kıldığı koşullar genellikle kullanılmaya elverişlilik temeline dayanır. Bütün bu hata-kusurlar, bu sav ışığında değerlendirilecektir.

Her imalâthane, kaynaklı imalâtın kalite kontrolüne uygulanabilir kalite talep koşullarına sahip olmalıdır. Doğal olarak kalite kontrolünün talepleri, iyi bir imal düzeyiyle ilgili olacaktır.

Günlük (veya uygun herhangi bir zaman aralığı) üretimi sonuçlarının tetkik şeması, kaynak kalitesinin oynaklığını gösterir (Şek. 48).



Şek. 48- Muayene sonuçları şeması.

Genel kaide olarak kabul kriterlerinin düzeyi bazı uygulamalarda kullanılmaya elverişlilik için öne sürülmüş düzeyden aşağı bir kusur boyutu (kusurun ağırlığı)'na tekabül eder. Kusurların boyutlarıyla ilgili her iki düzey arasında büyük bir fark olabilir. Bu faktör, kusurların boyutu için emniyet katsayısı işlevini görür ve bu da muayenenin (kontrolün) belirsizliklerini dengeler. Tahribatsız muayene yöntemlerinin, kusurun gerçek boyut ve şekillenmesi hususunda ancak yaklaşık bir değerlendirmede bulunabildikleri malumdur. Gerçek en büyük kusur, gözlenen (değerlendirilen) en büyük kusurdan çok daha büyük olabilir. Bu keyfiyet özellikle (ama münhasıran değil), kaynakların tümünün bir numunesi tetkik edildiğinde vaki olur. Gözlenen (değerlendirilen), ilgili kabul düzeyinde saptanmış olanlardan daha büyük kusurlar, imalât kalite düzeyinin düştüğünü ifade eder. Bir düzeltme gerekmektedir. Muayene edilmiş ürün kriterlere uygun değildir ama bu, onun mutlaka kullanılmaya elverişsiz olması demek değildir.

Daha derin ve/veya daha etkin bir muayeneyle gerçek kusurun daha iyi bir değerlendirilmesinin elde edilmesi ve hiçbir kusurun kullanılmaya elverişlilik düzeyini aşmaması şartıyla bir tamirden çoğu kez kaçınılabılır.

EK B

Başlıca üç tür belirsizlikler kategorisi vardır:

- Numune almayla ilgili olanlar.
- Muayene yöntemleriyle ilgili olanlar.
- Muayene sisteminin yetersizliğiyle ilgili olanlar.

Bir kümeden numune alma, muayene maliyetini azaltmanın alışıl gelmiş bir türüdür.

Bununla birlikte bir mamulün kaynaklarından tek bir numune (bir bölüm) muayene edildiğinde, muayene edilmemiş kaynakların kalitesi hakkında hiçbir işaret mevcut olmaz. En büyük kusurun boyutu değerlendirilebilirse de bu, belirsizlik içinde kalır. Bu belirsizliğin önemi, muayene edilen numunenin önemine bağlı olur. Bu belirsizlik, daha önemli numuneler kullanmak suretiyle, azaltılabilir. Prensip olarak, bütün kaynaklar muayene edilecek olursa belirsizlik sıfır olur.

Muayene yöntemlerine bağlı belirsizlikler, çok sayıda etken arasından bir tanesine bağlı olabilirler. Tahribatsız muayene, çoğu kez zor koşullar altında çalışan muayenecileri gerektirir. Bu itibarla hata ve saptamalar olabilir. Mutat tahribatsız muayene yöntemleri mükemmel olmaktan uzaktır. Bütün kusurlar tespit edilemez ve kusurların ölçümü çok güçtür.

Gözle muayene, yüzeysel kusurların değerlendirilmesinde alışlagelmiş ve etkin bir yöntemdir. Tekrarlanabilme kabiliyetinin 0,5 mm. mertebesinde olduğu kabul edilir. Kusurun yüksekliği (örneğin oluşun derinliği, hesap edilen boğaza göre gerçek boğazın sapması, fazla kalınlığın yüksekliği) kaynak boyunca değiştiğinden daha büyük saptamalar da çoğu kez sık vaki olur; bu itibarla ölçülen yükseklik ölçü pozisyonuna bağlı olur.

Yüzey çatlaklarının genişliği çoğu kez gözün seçebilme sınırının altında (yaklaşık 0,05 mm) olur. Çıplak gözle muayene, yüzey çatlaklarının saptanması bakımından fazla güvenilir bir yöntem olamaz. *Magnetoskopi ve penetrantlarla muayene*, çatlağın gerçek genişliğinden çok daha geniş sonuçlara götürür. Bu yöntemlerden biriyle birlikte göz muayenesi, yüzey kusurlarının saptanması hususunda yeterince güvenilir olarak kabul edilmiştir.

Yüzey çatlaklarının yüksekliği, özel olarak eğitilmiş muayenecileri gerektiren özel tahribatsız muayenelerle saptanabilir ve belirsizlik, yüzeye çıkmayan kusurların muayene sonuçlarınıninkine aynı mertebededir.

Radyografik ve ultrasonik muayene, nadir istisnalar dışında, ergimiş metal içinde kusurların saptanıp değerlendirilmesi için elde bulunan yegâne yöntemlerdir.

Radyografi, (geniş) nüfuziyet noksanı, cüruf girmeleri ve hava boşlukları gibi üç boyutlu süreksizliklere en duyarlı yöntem olmaktadır. Çatlaklar ya da ergime eksikliği gibi başka süreksizlikler, özellikle huzmeye göre birkaç derece yönelmiş veya eğri olanlar daha az güvenilirlikle saptanır. Filmde kolaylıkla görülebilmesi için, huzmeye paralel süreksizliğin kalınlığı kaynak kalınlığının yaklaşık %2'si kadar olmalıdır. Kaynak kalınlığı arttıkça, kaynak içinde ışınların dağılması nedeniyle, süreksizliğin görüntü kalitesi azalır.

Radyografiyle kusurun yüksekliğini saptamak genellikle zor, hattâ olanak dışıdır.

Ultrasonik muayene, radyografinin aksine, iki boyutlu süreksizliklere çok, üç boyutlulara daha az duyarlıdır. Ultrasonik muayene, bir ultrases huzmesinin kusur tarafından yansıtılması veya kırılmasını araştırır; bu vaki olmazsa, hata saptanamaz. Düz kusurlar, muayene için kullanılan huzme yönüne göre yönlenmeleri uygun değilse, yine saptanamayabilirler. Ultrasonik muayene yöntemleri, kusurun yüksekliğini değerlendirmeye imkân verebilirler, ancak bunun için kusurun yönlenmesine tekabül eden bir huzme açısının kullanılması esastır (açı prob'ları) ki bu dahi yine önemli bir belirsizlik kaynağı olmaktadır.