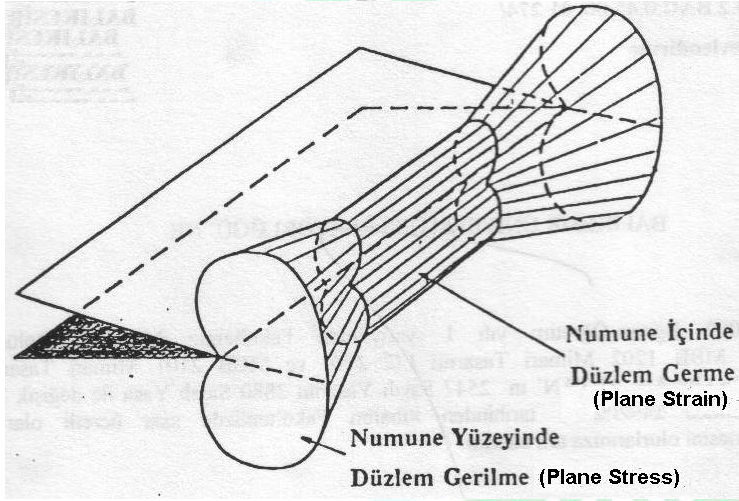


ELASTO - PLASTİK KIRILMA MEKANIĞI

Gevrek malzemelerde plastik deformasyon meydana gelmez. Fakat gerçek malzemede çatlak ucunda büyük gerilmeler daima plastik def oluşturur. Plastik bölgenin büyüklüğü de malzemeye göre değişir. Plastik bölge küçük ise lineer elastik kırılma ifadeleri geçerli olacak, büyük ise plastik bölge uzunluğunun çatlak boyunca ilave edilmesi gerekecektir. Dolayısıyla da kararsız çatlak yayılması için daha fazla enerji gerekeceği açık vardır Yani $2a$ çatlak uzunluğu $2(a+r_{pl})$ olur. r_{pl} : plastik bölge uzunluğu

r_{pl} düzlem gerilme ve düzlem şekil değiştirme durumları için farklı uzunluklara olur.



Düzlem gerilme hali için ;

(ince parça)

$$r_{dg} = \frac{K^2}{2\pi\sigma_{ak}^2}$$

Düzlem şekil değiştirme hali için ;

(kalın parça)

$$r_{ds} = (1-2\nu)^2 \frac{K^2}{2\pi\sigma_{ak}^2}$$

Plastik bölge, kırılmayı engeller. Bu işe çatlaklığın yayılmasını karşı koyar. (R) enerjisinin büyümesi demektir.

$$R = 2\gamma$$

$$\gamma_{top} = \gamma + \gamma_{pl}$$

Bu durum da çatlak yayılması için daha fazla enerji gerekecektir.

KRİTİK BÜYÜKLÜKLER

Aşağıda kritik büyüklükler gösterilmiştir bu yükler;

a) Düzlem gerilme halinde

-Kırılma tokluğu (gerilme şiddeti faktörü) K_c

-Kritik gerilme σ_c

-Kritik enerji bırakma hızı G_c

b) Düzlem şekil değiştirme halinde aynı değerler (I çatlak modunda)

- Kırılma tokluğu K_{IC}

- Kritik gerilme σ_{IC}

- Kritik enerji bırakma hızı G_{IC}

$$G = \frac{\pi\sigma^2 a}{E} \text{ ve } K = \sigma\sqrt{\pi a} \text{ olduğundan}$$

$$K_{ic} = \sqrt{G_{ic}} \cdot E \text{ değeri yazılabilir.}$$

Bu değer gevrek kırılmayı gösteren en önemli büyüklüktür ve **KIRILMA TOKLUĞU (Fracture toughness)** olarak adlandırılır.

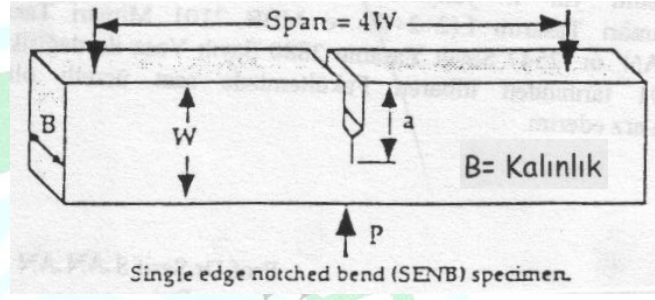
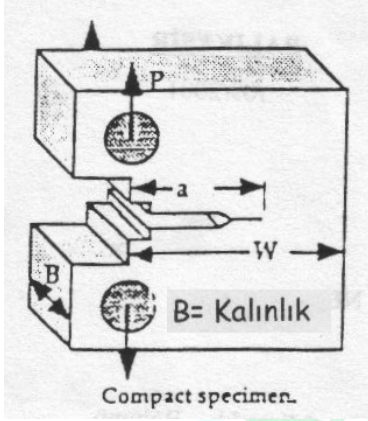
KIRILMA TOKLUĞUNU ÖLÇME METODLARI

1. Plane-Strain (Düzlem Şekil Değiştirme) Kırılma tokluğu (K_{IC}) Metodu:
Amaç: Çatlağın kararsız yayıldığı kritik (denge) noktasındaki (MOD I çatlak açılmasında) çatlak açılma durumuna göre tokluk değerlerini ölçmektir.

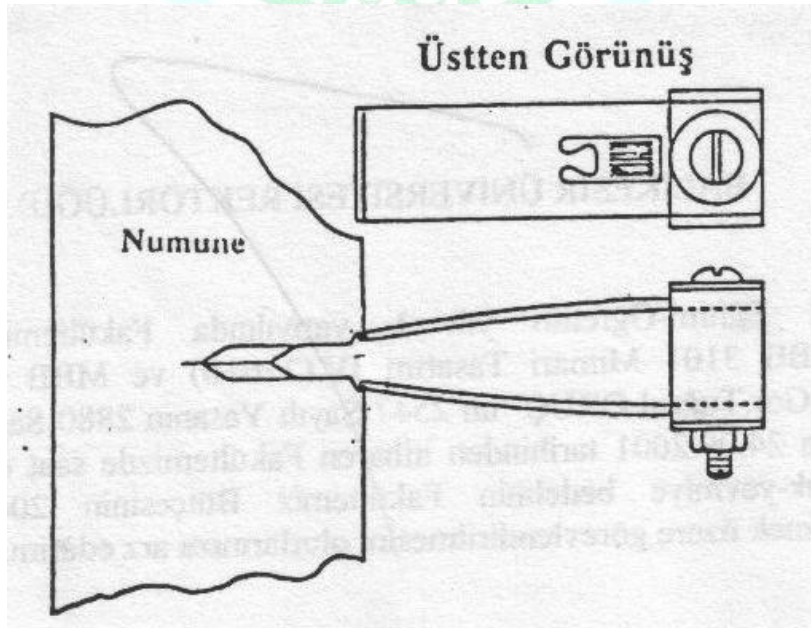
Bu deney için birkaç tip numune kullanılmasına karşılık en önemli iki tanesi

- a. C-T (Compact tension) b. 3 noktadan eğme numunesi numunesi

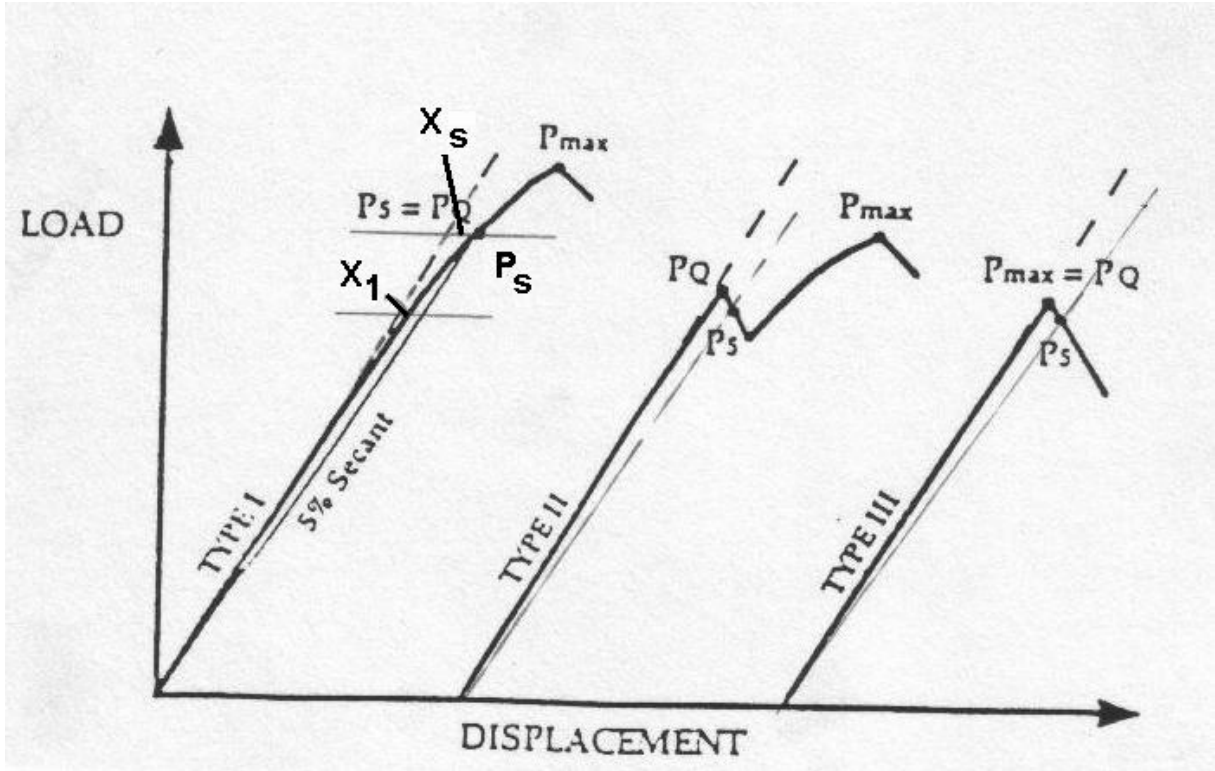
KIRILMA MEKANIĞI
Prof.Dr. İrfan AY



Bu metotla MOD I çatlak açılmasında Kuvvet – çatlak açılması (P-V) eğrisi çizdirilir .Bu Straingaugelerle Wheastone köprü devresi kurularak yapılır. Şekle bakınız



Test neticesi ,malzeme cinsine göre aşağıdaki eğriler (P-V) çizdirilir. (K_{IC} Yöntemi)



Şekildeki I.tip eğri gevrek malzemeler içinde sünek olanlarına aittir kritik yük P_Q yüküdür. Şayet $0,8 P_s$ değerine karşılık gelen X_1 mesafesi (X_s) $\frac{1}{4}$ ünden fazla ise K_{IC} tayini için bu malzeme sünektir, az ise (K_{IC}) eldesi için kritik yük P_Q esas alınır.

II.tip eğri önce max sonra ani düşen bir eğri sonra tekrar artma gösterir. Bu tekrara artış çatlakın yayılmasının plastik deformasyonla engellenmesi demektir. Burada Kritik yük P_Q dur . Bu tip malzemeler I.tiptekilere göre daha gevreklerdir.

III .tip gevrek metallere aittir. $X_1 < X_s$ olduğundan ve de $0,8 P_s$ noktası çatlaklığın kararsız yayıldığı noktaya düştüğünden kritik yük (P_a) alınır.

Kritik yük P_Q

Çatlak uzunluğu a

Numune kalınlığı B

Numune genişliği W

alındığında ;

C-T (Compact-Tension) numuneler için ;

$$K_Q = \frac{P_Q}{B.w^{1/2}} \left[\left(29,6 \left(\frac{a}{w} \right)^{1/2} - 85,5 \left(\frac{a}{w} \right)^{3/2} + 657,7 \left(\frac{a}{w} \right)^{5/2} - 1017, \left(\frac{a}{w} \right)^{7/2} + 638,9 \left(\frac{a}{w} \right)^{9/2} \right) \right]$$

Eğme numuneleri için ;

$$K_Q = \frac{P_Q \cdot 4w}{B \cdot w^{3/2}} \left[2,9 \left(\frac{a}{w} \right)^{1/2} - 4,6 \left(\frac{a}{w} \right)^{3/2} + 21,8 \left(\frac{a}{w} \right)^{5/2} - 37,6 \left(\frac{a}{w} \right)^{7/2} + 38,7 \left(\frac{a}{w} \right)^{9/2} \right]$$

Bu formüllerde yük k_p , boyutları mm alınır ; $K_Q = \frac{k_p}{\sqrt{\text{mm}^3}}$ olur. K_Q hesabı

yapıldıktan sonra ; $B \geq 2,5 \left(\frac{K_Q}{\sigma_{ak}} \right)^2$ şartı aranmalıdır.

Şayet $B \geq$ ise ; $K_Q = K_{IC}$ olur.

$B <$ ise, test için kalın numuneler gerekir ve $K_Q \neq K_{IC}$ dir.

KONU İLE İLGİLİ PROBLEMLER

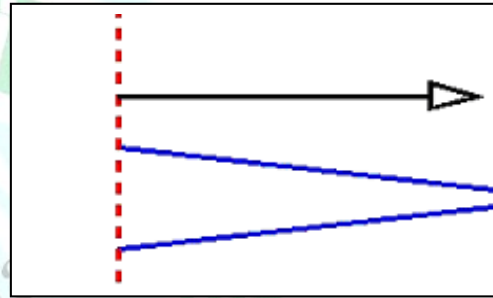
PROBLEM 1:

Bu soru, çatlak ucundaki gerilmeler için yapmak ve gerilim şiddeti faktörü (K)' yı esas alan yaklaşık çözüm arasındaki farkı göstermek için sorulmuştur.

Sonsuz bir plakada kalınlığı içinde bulunan bu çatlak ucu önündeki çeki gerilmesi dağılımı:

$$\sigma = \frac{\sigma_{nom}}{\left(1 - \frac{a^2}{x^2} \right)^{1/2}}$$

denklemleri ile doğru şekilde tanımlanır.



Burada x, çatlak merkezinden çatlak boyunca olan uzaklıktır. (Diyagramda gösterildiği gibi.)

Gerilim şiddeti faktörü ifadesinde çatlak ucuna çok yakın gerilme değeri:

$$\sigma = \frac{K}{\sqrt{2\pi r}}$$

denklemleri ile yaklaşık bulunabilir.

Burada r çatlak ucu önü mesafesidir.

ÇÖZÜM 1:

Bu problemi çözmek için aşağıdaki denklemde değerler yerine konursa; x: 1.02a, x:a+r.

$$\sigma \frac{\sigma_{nom}}{\left(1 - \frac{a^2}{1.02a^2}\right)^{\frac{1}{2}}} = 5.075\sigma_{nom}$$

ve daha sonra 2. denklemde r: 0.02a yerine konursa;

$$\sigma = \frac{\sigma_{nom} \cdot \sqrt{\pi a}}{\sqrt{2\pi \cdot 0.02a}} = \frac{\sigma_{nom}}{\sqrt{0.04}} = 5\sigma_{nom}$$

bulunur. Aradaki fark % 1.5 dir.

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma} = \frac{5.075\sigma_{nom}}{5\sigma_{nom}} = 1.015\right)$$

PROBLEM 2 :

Bu soru, kırılmanın değerlendirilmesinde gerilim şiddeti yaklaşımının apaçık bir uygulamasıdır. Bu soru yük olarak kendi ağırlığını esas alan bir faraziye yapmayı gerektirir.

Bir yardımsever size 50.000 sterlin kazanma şansınız olduğu teklifini yapıyor. “Yalnızca bir dakika bir halatta asılı kalacaksınız”. Halat 1.27 mm kalınlığında 10 cm genişliğinde, 300 cm uzunluğunda cam tabakadan yapılmış bir nesneye bağlıdır.

Karmaşık olan bu durumu açıklarsak:

1-) Cam tabakanın en uzun tarafında dik vaziyette ve yere paralel olan 1.62 cm uzunluğunda bir merkezi çatlak vardır. Camın kırılma tokluğu $K: 0.83 \text{ MPa m}^{-3/2}$ olarak biliniyor.

2-) Halat, içinde oldukça kızgın yeşil mamba yılanlarının olduğu derin bir çukur üzerine asılıdır.

Yağmurlu havada gökkuşağının gözüktüğü esnada bir kap altın için bu denemeyi yaparmısınız?

Verilenler:

K kalın bu plaka içindeki var olan çatlak gerilim şiddeti faktörü :

$$K = Y \cdot \sigma \cdot \sqrt{\pi a}$$

almır. Burada (Y) ifadesi;

$$Y = 1 + 0.256\left(\frac{a}{w}\right) - 1.152\left(\frac{a}{w}\right)^2 + 12.2\left(\frac{a}{w}\right)^3$$

dir.

a : Çatlak uzunluğu

W : Numune genişliği

ÇÖZÜM 2 :

Cam tabakanın boyutu, halatta asılı olan ağırlığından dolayı tabakada oluşacak gerilme hesabı için şarttır. Bu gerilme, tabaka tam kesiti esas alınarak, çatlak yok farzedilerek hesaplanacaktır. Açık ki, bu cam tabaka sınırlı bir tabakadır. Bundan dolayı gerilim şiddeti denklemini düzeltmeye ihtiyacımız vardır.

Esas olarak;

$$K = Y \cdot \sigma \cdot \sqrt{\pi \cdot a}$$

burada sonlu geometri düzeltme fonksiyonu olan;

$$Y = 1 + 0.256\left(\frac{a}{w}\right) - 1.152\left(\frac{a}{w}\right)^2 + 12.2\left(\frac{a}{w}\right)^3$$

şeklinde verilmiştir.

Buradan $2a$: 16.2 mm

a : 8.1 mm

W : 100 mm alınırsa Y : 1.035 olur.

Uygulanan gerilme basit olarak;

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ formülünde } F: \text{Yük}$$

A : Kesit alanı

$$\text{Örneğin } \sigma = \frac{60.9,81}{100.1,27} \text{ N/mm}^2 \text{ (insan ağırlığı 60 kg alınırsa)}$$

gerilme: 4.63 MPa / m² olur.

$$K = 1,035 \cdot 4,63 \cdot \sqrt{\pi \cdot 8,1 \cdot 10^{-3}}$$

$K = 0,76 \text{ MPa m}^{-3/2}$ bu değer daha önce verilen $0.83 \text{ MPa m}^{-3/2}$ 'den küçük olduğundan

$0,76 < 0,83$.

Bu hesap benim kendi ağırlığımı esas alarak yapılmıştır.Eğer kendimi cesur hissedersen para için deneyebilirim. Emniyet sınırı düşüktür. Sizin için para kazanma öncelikli ise daha hafif ve daha genç olmam için verilecek daha iyi bir emniyet değeri olmalıdır.

PROBLEM 3:

Bu soru, yüksek tokluk değerini esas alan kırılma mekaniği ile klasik makine mühendisliği tasarımı arasındaki paradoksu (çelişkiyi) göstermek için sorulmuştur.

Kaynaklı bu yapı 0.45 C ve Ni-Cr-Mo içeren büyük bir çelik saçtan imal edilmiştir. Mevcut NDT(Tahribatsız Muayene) tekniğinin kontrol sınırı, 3mm ile sınırlıdır. Bu değerden daha büyük

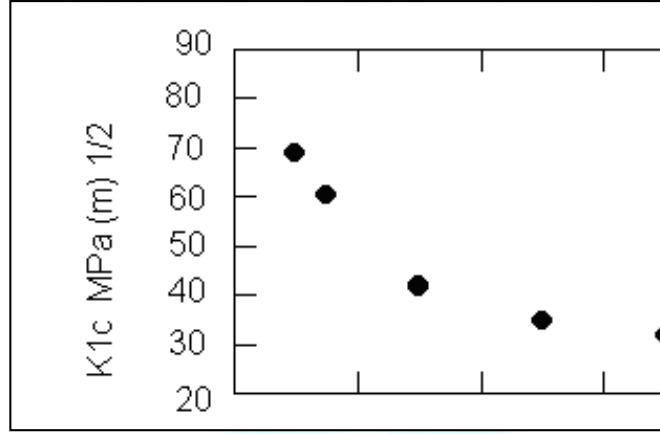
çatlaklar bu yöntemle kontrol edilemez. σ_{\max} çekme gerilmesinin yarısına karşılık gelen tasarım gerilmesi istenir. ($\sigma_{\text{tas}} = \frac{\sigma_{\max}}{2}$)

Kaynaklı yapının ağırlığını koruması için daha yüksek çeki mukavemet seviyesine ulaşabilmesi için ısıl işlem görmesi önemlidir. Mevcut çelik cinsi 1520 MPa çekme mukavemet seviyesi olmalıdır.

Bu değişiklik kırılma mekaniği ifadelerince de desteklenebilir mi? Kabul edilebilir mi?

Siz bütün bu hesaplamalarda plane-strain (kalın parça) şartlarında var olduğu farz edeceksiniz., ve bu çeliğin kırılma tokluğu ile çekme mukavemeti arasındaki ilişkiyi aşağıdaki şekil göstermektedir.

Başlangıçta yaklaşık 5 mm hata boyutuna sahip her iki cins çelikteki hem ağırlık, hem de müsaade edilen gerilme değerini kıyaslayınız.



ÇÖZÜM 3 :

Bu soru, çekme mukavemetindeki bir artışa karşılık, kırılma tokluğu değerindeki kaybın (a_{crit}) kritik çatlak uzunluğu üzerine etkisinin ne olduğunu göstermektedir.

Şekilde verilenlerden;

$$K_c: 66 \text{ MPa m}^{-3/2} \text{ iken } \sigma_{\max}=1520 \text{ MPa/m}^2$$

$$K_c: 33 \text{ MPa m}^{-3/2} \text{ iken } \sigma_{\max}=2070 \text{ MPa/m}^2$$

Olarak yazılır. Kalın bir plaka için yukarıdaki değerleri bulabiliriz. Büyük plakada kalınlık içindeki bir çatlak durumunu, gerçekte sonsuz bir plakadaki bir çatlak durumuna benzer işleme tabi tutabiliriz. Buradan;

$$K = \sigma \sqrt{\pi a} \quad \text{dır ve burada} \quad \sigma = \sigma_{\max} \frac{1}{2} \text{ alınırsa,}$$

a) Isıl işlem gören alaşım için $\sigma = 1520 / 2 = 760 \text{ MPa/m}^2$
Bu değeri denklemde yerine koyarsak,

$$66 \text{ MPa m}^{-3/2} = 760 \text{ MPa/m}^2 \sqrt{\pi a_{\text{crit}}}$$

buradan $a_{\text{crit}} = 2.4 \text{ mm}$ çatlak yarısı olduğundan,

toplam çatlak boyu $2 a_{\text{crit}} = 2 \cdot 2.4 = 4.8 \text{ mm}$ olur.

Bu kritik çatlak boyu, NDT yöntemiyle ölçülebilecek minimum çatlak boyundan daha büyük olduğundan bu çelik kullanım için emniyetlidir.

b) 2070 MPa/m^2 çelik için aynı işlem yaparsak,

$$33 \text{ MPa m}^{-3/2} = 1035 \text{ MPa/m}^2 \sqrt{\pi a_{\text{crit}}}$$

denklemden,

$$a_{\text{crit}} = 0.33 \text{ mm buradan}$$

$$2 \cdot a_{\text{crit}} = 0.33 \cdot 2 = 0.66 \text{ mm}$$

toplam çatlak boyu elde edilir.

Bu çıkarılan ifaden hızlı kırılma oluşmadan önce bu cins çelikte kritik çatlakları kontrol etmek mümkün değildir. Ayrıca, eğer biz her iki çelik cinsinde 4.8 mm boyutundaki kritik çatlak boyuna müsaade edecek gerekli tasarım gerilmesi değişikliği 2070 MPa/m^2 çelik cinsi için,

$$\sigma = \frac{33 \text{ MPa} \sqrt{m}}{(\pi \cdot 2.4 \cdot 10^3) m} \approx 380 \text{ MPa}$$

tasarım gerilmesi çıkar.

Böylece benzer çatlak tokluğu seviyesi için daha yüksek mukavemetli alaşımlarda müsaade edilebilecek gerilme 1570 MPa/m^2 'ın yarısıdır. Bu bir parçanın ağırlığında 2 kat artış ima eder. Açıktır ki daha yüksek mukavemetli bir alaşım tasarımında kullanılmadan önce, hata kriterinin akma halinde mi yoksa kırılma halinde mi olup olmadığına kara vermeye zorundayız.

PROBLEM 4 :

Bu soru hızlı kırılma (gevrek) üzerine “**artık gerilme**” lerin ve “**soğuma**” nın etkisini göstermektedir. 30 mm kalınlığa sahip çelik bir parçanın su ile soğutulması esnasında, ısı transferi hesaplanmasından, bu soğutulan kesitte max gerilmenin 130 MPa olduğu görülmüştür. Isıl işlem yapmadan önce, parçalar, kusurları ortaya çıkartmak için ultrasonik yöntemle muayene edilmişlerdi. Muayene tekniği, minimum 0,5 mm’lik boyuna kadar kontrol yapma yeteneğine sahiptir.

- En Kritik kusur tipi ne olacaktır.?
- Soğutma işlemi esnasında parçanın kırılmasına neden olacak kusur boyutunu hesaplayınız. ($2c/a=10$ verilmektedir.)
- Eğer soğutma ile ortaya çıkacak gerilmeleri, çeliğin işletme anında uygulanan gerilmelere eriştiği anda, bu muayene prosedürü parçanın bütünlüğünü garanti edecek mi?

İyice anlayın ki plane- strain kırılma tokluğu değeri $K_{Ic}= 30 \text{ MPa m}^{-3/2}$ ve uygulanan gerilme 620 MPa ‘dır. Bu çelik parça için gerilme şiddeti, kalibrasyonu ve çatlak geometrisi aşağıdaki diyagramda verilmiştir.

Yüzey çatlakları için,

$$K= 1.1 \sigma \left(\frac{\pi \cdot a}{Q} \right)^{1/2}$$

ve gömülmüş haldeki çatlaklar için,

$$K= \sigma \cdot \left(\frac{\pi \cdot a}{Q} \right)^{1/2}$$

ÇÖZÜM 4 :

a) Yüzey ve gömülü çatlaklar için gerilim şiddeti (K) çözümü muayene yöntemlerinden görebiliriz ki yüzeydeki kusurlar için 1.1. faktörü sebebiyle çatlaklar, gömülmüş haldeki kusurdan daha küçük değerlerde kritik çatlak olarak sayılacaklardır.

b) Problemin bu kısmı, kusurları için (K) denkleminde bilinenlerin yerine koymayı gerektirir. Ama, bizim Q için uygun bir değere ihtiyacımız vardır. Grafikten,

$$\frac{\sigma}{\sigma_y} = 0,21 \quad \frac{a}{2c} = 0.1 \text{ buradan,}$$

Q= 1.1 bulunur.

$$a_c = \frac{1.1 \cdot K_{Ic}^{-2}}{1.21 \cdot \pi \cdot \sigma^2} = \frac{1.1 \cdot 30^{-2}}{1.21 \cdot \pi \cdot 130^2}$$

$a_c = 15.4 \text{ mm.}$

Bu çatlak NDT (Tahribatsız muayene tekniği) kontrol sınırından çok daha fazla büyüktür. Soğutma esnasında hata riski çok az olmalıdır.

c) Eğer soğutma esnasında doğan gerilme, metalin uygulama gerilmesine erişmişse, O zaman durum dramatik bir şekilde değişir.

Yüzey kusurları hala kritiktir, fakat Q değeri aşağıdaki gibi değişmiştir.

$$Q = \frac{0.88.K_{Ic}^{-2}}{1.21.\pi.\sigma^2} = \frac{0.88.30^{-2}}{1.21.\pi.620^{-2}}$$

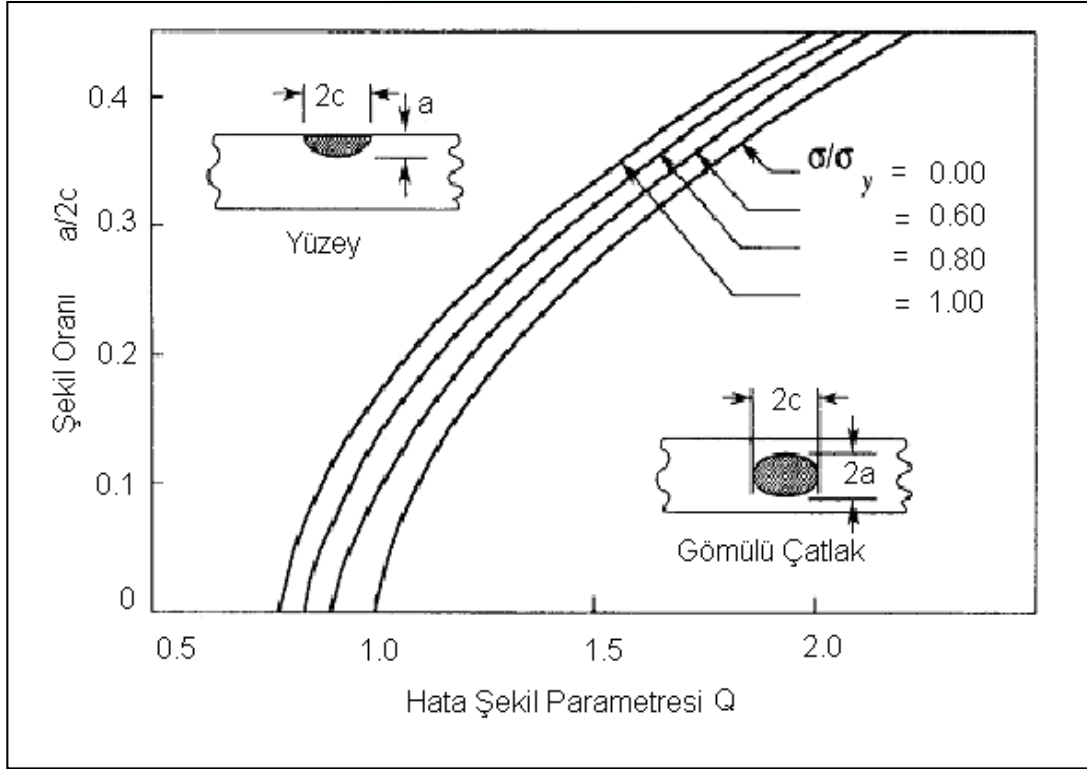
Buradan $a_c = 0.54$ mm bulunur.

Doğan kusurun kritik boyutu NDT ile ölçülen kusur sınırları civarında iken, muayene parçanın bütünlüğünü garanti edecektir. Soğutma prosedürü boyunca olan değişim, daha yavaş bir soğutucu kullanılarak yerine getirilerek tamamlanmak zorunda kalmayacaktır.

PROBLEM 5 :

Bu problem, 1960'lı yıllarındaki "ICBM" motor probleminin gerçek hata analizi esas alınarak sunulmaktadır. Ve kırılma mekaniğinin ilk uygulamalarındandır. Hidrolik deneme testi esnasında 1260 MPa 'lık uygulama gerilmesinde roket motorunun hata verip vermediği problemini incelediğimizde, araştırmanın parça kırılmadan önce içeri de eliptik bir çatlağın boyutu (4.0 mm boy 1.6 mm en) 'na eriştiğini gördük. Malzemeye ısıtma işlem uygulandıktan sonra, $\sigma_{uyg} = 1645$ Mpa ve $K_{Ic} = 60$ MPa m^{-3/2} olmuştur.

Aşağıda gösterilen K-Kalibrasyon eğrisini kullanarak kırılmaya neden olan σ_{uyg} gerilmesini hesaplayın? Hesaplanan değer, kusur veren gözlediğimiz gerilme değeri ile uyumlu mu? Değil mi?



Buradan yüzey çatlakları için,

$$K=1.1.\sigma.\left(\frac{\pi.a}{Q}\right)^{1/2}$$

Gömülü çatlaklar için,

$$K= \sigma.\left(\frac{\pi.a}{Q}\right)^{1/2} \text{ dir.}$$

ÇÖZÜM 5 :

Bu problem de, gömülü çatlaklar için (K) denkleminde verilenleri yerine koymamız gerekir. Fakat Q için uygun bir değere ihtiyacımız vardır. Onu grafikten aşağıdaki şekilde elde ederiz.

$$\frac{\sigma}{\sigma_y} = 0.77 \quad \frac{a}{2c} = \frac{0.8}{4.0} = 0.2$$

Buradan $Q \approx 1.04$ bulunur.

$$\sigma = \sqrt{\frac{Q \cdot K_{Ic}^{-2}}{\pi \cdot a_c}} = \sqrt{\frac{1.04 \cdot 60^{-2}}{\pi \cdot 0.0008}}$$

Buradan $\sigma = 1220$ MPa bulunur.

Bu değer bizim gözlemlediğimiz değer ile oldukça uyuşan bir değerdir.

PROBLEM 6:

Bu soru, basınçlı kap veya parçaların yapısal bütünlük dizaynında geniş şekilde kullanılan kırılma öncesi zayıflığı (çatlak) konu edinen bir problemdir. Kırılma öncesi zayıflık (çatlak) arkasındaki temel görüş, teori kısmında verilmiştir. Soru yarı-eliptik çatlakların ve kalınlık içi çatlakların çatlak uzunluğunun nasıl belirlendiği hakkında bazı bilgilere ihtiyaç duyar.

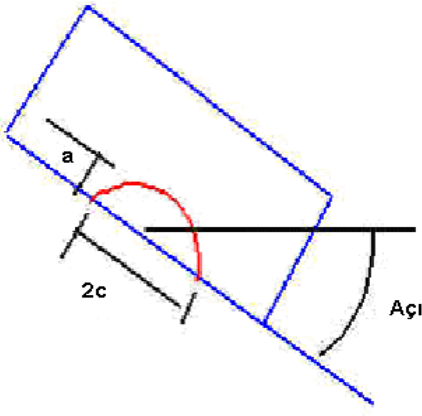
a) Yarı-eliptik bir çatlak için gerilim şiddeti çözümü aşağıda verilmiştir. $\sigma_{ak} = 910$ MPa olan Ti-6Al-4V titanyum alaşımı için $K_{Ic} = 115.4$ MPa m^{-3/2} dir. Akma (mukavemet değerinin % 75 inin bu plakada etkili olduğu düşünülerek 40 mm kalınlıktaki bu plakada en büyük sabit yüzey çatlaklarının $a/c = 0.4$ olduğu nu belirleyiniz?

b) Bu ise başlangıçta (a/B) değerini farz etmeyi (kabul etmeyi) gerekli kılar ve eğer gerekli ise gerilim şiddeti (K_{Ic}) yi tekrar hesaplayın?

c) Bazı alaşımlar ve tasarım gerilmeleri (uygulanan gerilimde) için, kırılma öncesi zayıflık (çatlama) kriteri üzerine tasarlanabilen basınçlı kabın max. cidar kalınlığını hesaplayın? Yüzey çatlak sabiti oranı $a/c = 0.4$ farz edin. Kalınlık içersindeki çatlak için gerilim şiddetini de $K = \sigma \cdot \sqrt{\pi \cdot a}$ olduğu şeklinde farz edin.

Basınçlı kabın siparişi için plaka kalınlığı ne olmalıdır?

$$K = \frac{Y \cdot \sigma \cdot \sqrt{\pi \cdot a}}{\phi}$$



ϕ	a/c	Açı	Y			
			a/B			
			0.2	0.4	0.6	0.8
1.051	0.2	0°	0.617	0.724	0.899	1.190
		45°	0.990	1.122	1.384	1.657
		90°	1.173	1.359	1.642	1.851
1.151	0.4	0°	0.767	0.896	1.080	1.318
		45°	0.998	1.075	1.247	1.374
		90°	1.138	1.225	1.370	1.447
1.277	0.6	0°	0.916	1.015	1.172	1.353
		45°	1.024	1.062	1.182	1.243
		90°	1.110	1.145	1.230	1.264
1.571	1.0	0°	1.174	1.229	1.355	1.464
		45°	1.067	1.104	1.181	1.193
		90°	1.049	1.062	1.107	1.112

ÇÖZÜM 6

a) Gerilim şiddeti faktörü (K_{Ic}) 'nin çözümünden en yüksek (K_{Ic}) değeri maksimum derinlik pozisyonu ile ilgilidir ($Açı:90^0$) bu pozisyon, çatlak derinliği (a) 'yi bulmak için kullanılır. Biz kritik çatlak derinliğini bilmezken, (K_{Ic}) 'yi kullanarak (a_{crit}) 'yi hesaplamak için (a/B) değerini farz etmek zorunda kalacağız, ve sonra bizim başlangıçtaki hesabımız için bu değer (a/B) değerine mümkün olduğu kadar yakın olup olmadığını kontrol edeceğiz. Eğer bu değer yakın olmazsa, o zaman biz (a/B) değerini çok daha hassas kullanarak hesap yolu ile tekrarlamak zorunda kalacağız.

Önce (a/B) yi 0.2 olarak göz önüne alalım. Bu bize

$$K_{II} = \frac{1.138.0.75.910.\sqrt{\pi.a_{crit}}}{1.151} = 115.4$$

buradan $a_{crit} = 9.3 \cdot 10^{-3}$ m veya $a_{crit}=9.3$ mm bulunur.

Buradan, biz $a/B=9.3/40 =0.233$ hesaplayabiliriz. Bu değer bizim 0.2 olmasını istediğimiz değere yakındır. Ama (a/B) 'nin doğru bir değer olmasını istersek lineer interpolasyon ile önceden bu hesabı yapabiliriz. Bu interpolasyon bize, $a/B=1.138+[(0.03/0.2).(1.225-1.138)]=1.152$.Yalnızca % 1.2 'lik değişme şeklinde bir değer verir. Bu nedenle kritik çatlak büyüklüğü (9.3 mm) olarak bırakmak kabul edilebilir bir değerdir. Eğer birisi tekrar hesap yapmak isterse o zaman $a_{crit}=9.20$ mm bulunur.

b) Kırılma öncesi zayıflık (çatlak) kriteri, yüzey çatlağı (a)=B kalınlığa eşit olan ve hızlı bir şekilde büyüyerek $a_{kalın}$ içi çatlak =c yüzey çatlağı eşit olmayı gerektirir. Esasında bu yukarıda anlatılan, bizim hem yüzey çatlağını hem de kalınlık içi çatlağının var olması durumunda stability (dengeli) korumalı zorunda olduğumuzu ifade eder. Yarı- eliptik çatlağın yüzey uzunluğu, kalınlık içindeki çatlak için (K) hesabında gerekli olurken, biz yarı-eliptik çatlak ile başlarız.

Yüzey çatlağı; $a/c =0.4$ ve $a/B=0.8$ (Tabloda en yüksek değer verilmiştir.Ama (a/B) oranı gerçekte 1 olmalıdır.)

$$K_{II} = \frac{1.447.0.75.910.\sqrt{\pi.a_{crit}}}{1.151} = 115.4$$

Buradan $a_{crit}=5.76$ mm bulunur.

Bu çatlak için (c) değeri $5.76/0.4 =14.4$ mm

Kalınlık içindeki çatlak için:

$$K_{II} = 0.75.910.\sqrt{\pi.a_{crit}} =115.4 ,$$

buradan $a_{crit}=9.10$ mm olur.

Mamafih, bu 9.1 mm değeri, yüzey çatlağı değeri olan 14.4 mm değerinden daha az bir değerdir.Bundan dolayı kalınlık içi kusuru kritik değerdedir. Her iki tip çatlak için max. Plaka kalınlığı $9.1*0.4 =3.64$ mm olmalıdır. Böylece belirtilmelidir ki, basınçlı kabın emniyet marjı oldukça düşük olmasına rağmen kalınlığı 3.5 mm 'den küçük plakadan yapılmalıdır.

Not: Bu analiz, böyle bir plaka kalınlığının uygulanan yükü taşımaya yeterli olduğu farz edelim. Örneğin; tasarım gerilmesi maksimum $910.0.75 = 682.5$ MPa olacaktır. Bu ince cidarlı bir plaka ile yapılamaz. Amaçlandığımız 3.5 mm'lik kalınlıkta başka tasarım kriteri (Korozyon, eğim v.s)'ni karşılayamaz ve bu nedenle tasarım yeniden değerlendirilmek zorundadır. Böylece, problem, farklı tasarım kriterleri arasındaki çelişki ihtimalini göstermektedir. Bu tip çelişkiye iyi niyetle bakma veya baktırma, zeki bir mühendisin yalanlarından biridir.

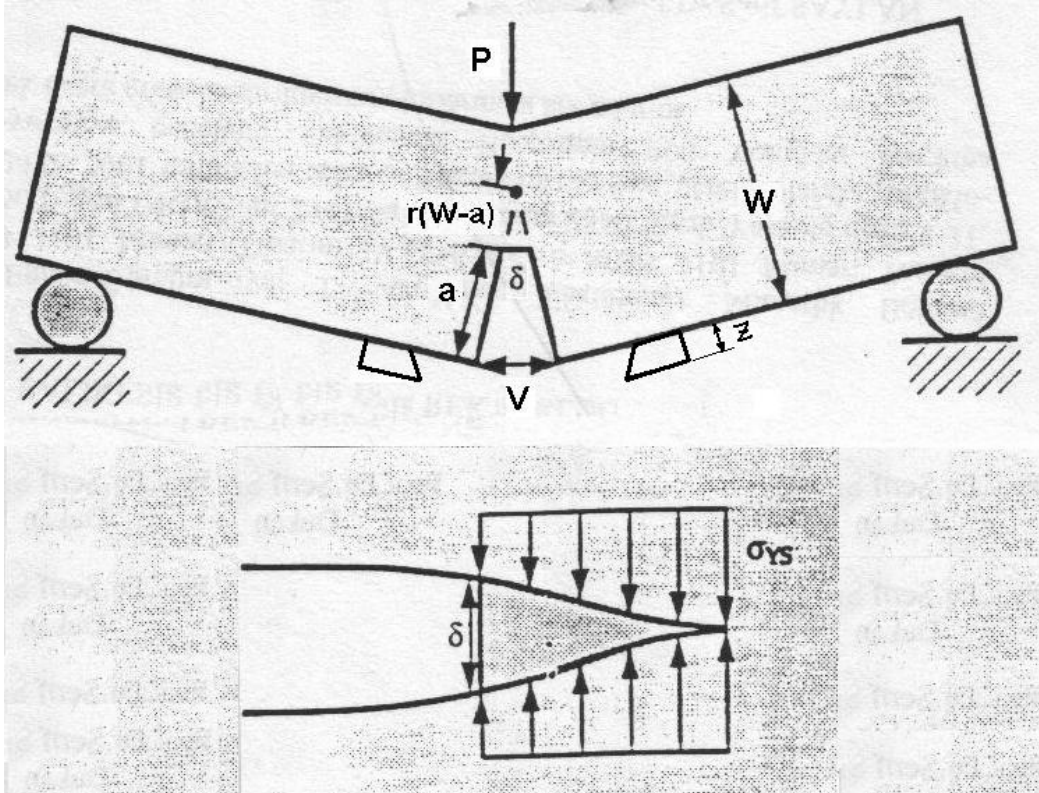
COD (Crack Opening Displacement)

KRİTİK ÇATLAK AÇIKLIĞI YÖNTEMİ

Malzemeler sünek olunca K_{IC} için kalın numuneler gereklidir. Bu ise pratik değildir. Yüksek mukavemetli malzemelerde K_{IC} iyi netice veriyor. Düşük ve orta mukavemetlilerde iyi netice vermesi için

- Düşük sıcaklık
- Kalın kesitli numune
- Yüksek yükleme hızı gereklidir.

Bu tip malzemelerdeki çatlaklığın ucunda mutlaka küçük veya büyük plastik bölge oluşmaktadır. K_{IC} tayininde numune boyut sınırlanması olduğundan, çatlak ucunda plastik bölgenin meydana getirdiği kütleşme miktarı ($\delta = COD$) kırılma tokluğunun bir ölçüsü olarak düşünülmüştür.



Şekilde görüldüğü gibi (V) ile (δ) arsında ilişki bulunarak kritik δ yani (COD)_c hesabına gidilir

Mekanik olarak bir starain-gauge düzeni (Clip- gauge) ile çatlak yüzeylerin yer değişimi (V) ölçülebilir. Sonrada δ-V ilişkisi düşünülür. Kütleşme miktarı (δ) “Hahn” adlı araştırmacı tarafından

$$\delta = \frac{8 \cdot \sigma_{ak} \cdot a}{\pi \cdot E} \operatorname{Ln} \left(\operatorname{Sec} \left(\frac{\pi \cdot \sigma}{2 \cdot \sigma_{ak}} \right) \right)$$

Şeklinde yazılmıştır. Sec. açılırsa;

$$\text{şeklin, } \delta = \frac{8 \cdot \sigma_{ak} \cdot a}{\pi \cdot E} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\pi \cdot \sigma}{2 \cdot \sigma_{ak}} \right) + \frac{1}{12} \left(\frac{\pi \cdot \sigma}{2 \cdot \sigma_{ak}} \right)^4 + \dots \right]$$

$$\delta = \frac{\pi \cdot \sigma^2 \cdot a}{E \cdot \sigma_{ak}}$$

bulunur. Bu ifade numune boyutlarını kapsamayan mekanik bir tanımdır.

Numune boyutlarını inceleyen (δ) ifadesi ise bir önceki dönme merkezi etrafında açıldığı farz edilerek, basit geometrik bağıntıdan ;

$$\frac{\delta}{V} = \frac{r(W-a)}{r(W-a) + a + z} \text{ şeklinde olur, buradan}$$

$$\delta = \frac{V}{1 + \left(\frac{a+z}{r(W-a)} \right)} \text{ yazılır.}$$

Burada (r) dönme faktörüdür ve ortalama r=0,33 plastiklik fazla ise r=0,4 alınır.

İngiliz BS 5762 , 1979 tarihli standartlarında ise son kullanım formülü

$$\delta_i, \delta_c, \delta_u, \delta_m = K^2 \frac{1 - \nu^2}{2 \cdot \sigma_{ak} \cdot E} + \frac{0,4(W-a) \cdot V_p}{0,4W + 0,6a + z}$$

$$K = \frac{Y \cdot P}{B \cdot W^{1/2}} \text{ değerindedir. Y ise}$$

$$Y = 0,5 < \left(\frac{a}{W} \right) < 0,7 \text{ boyutları arasındaki}$$

Kompliyans katsayısıdır

KIRILMA MEKANİĞİ

Prof.Dr. İrfan AY

P=Yük tür.

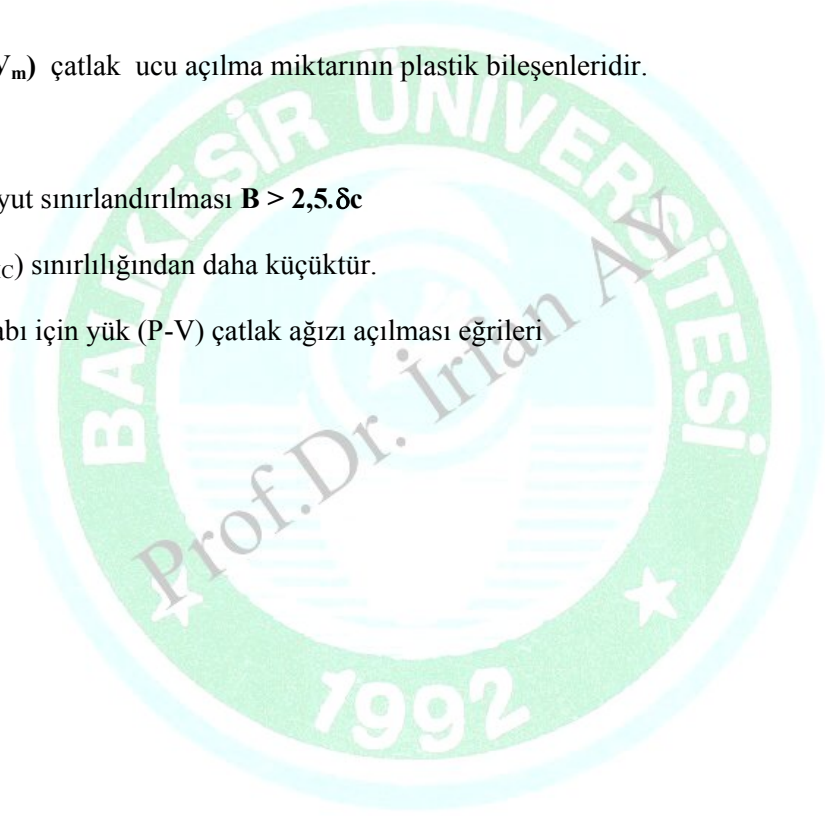
$V_p = (V_i, V_c, V_v, V_m)$ çatlak ucu açılma miktarının plastik bileşenleridir.

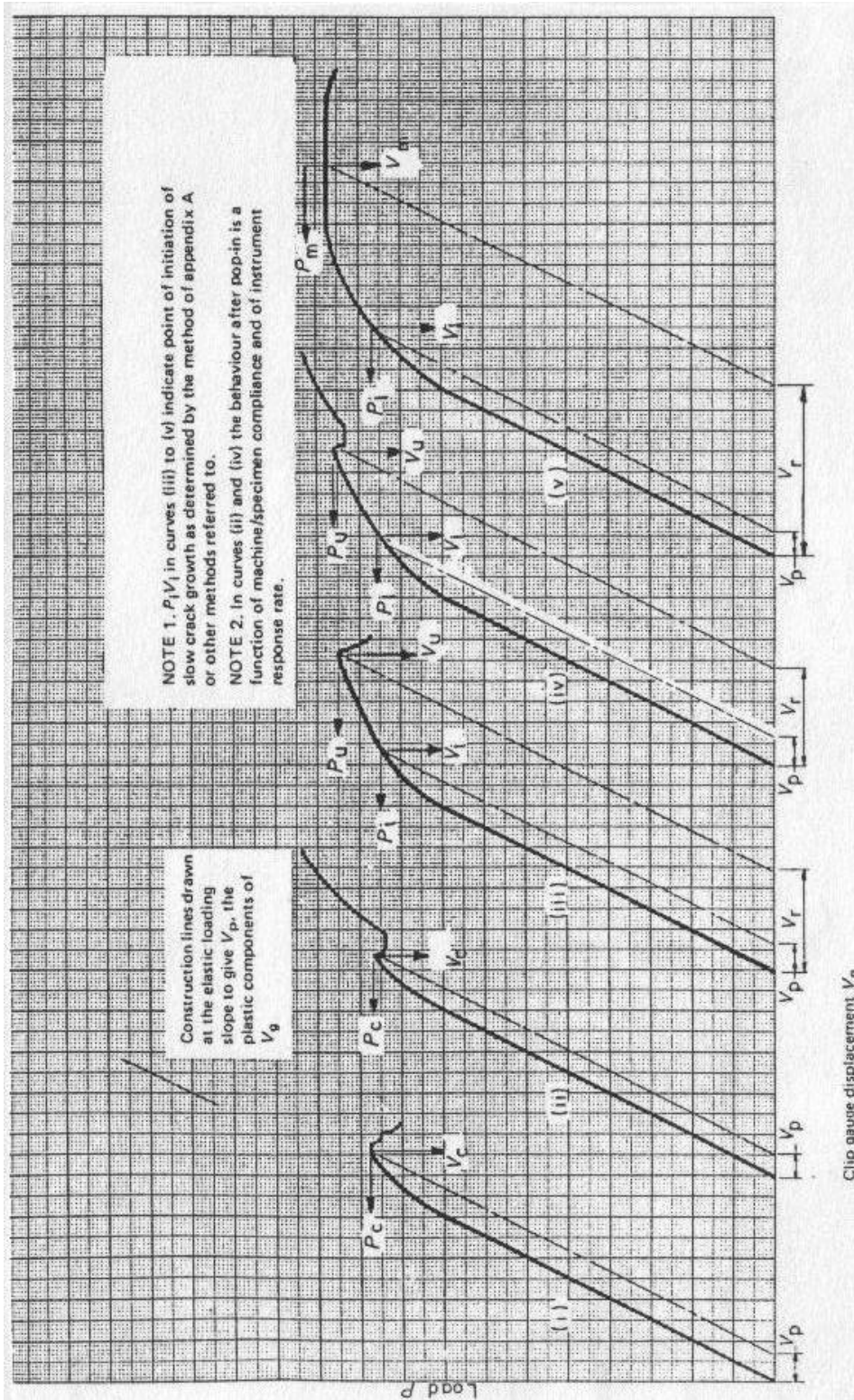
$$B > 2,5.\delta_c$$

Bu metod da boyut sınırlandırılması **$B > 2,5.\delta_c$**

Bu sınırlılık (K_{Ic}) sınırlılığından daha küçüktür.

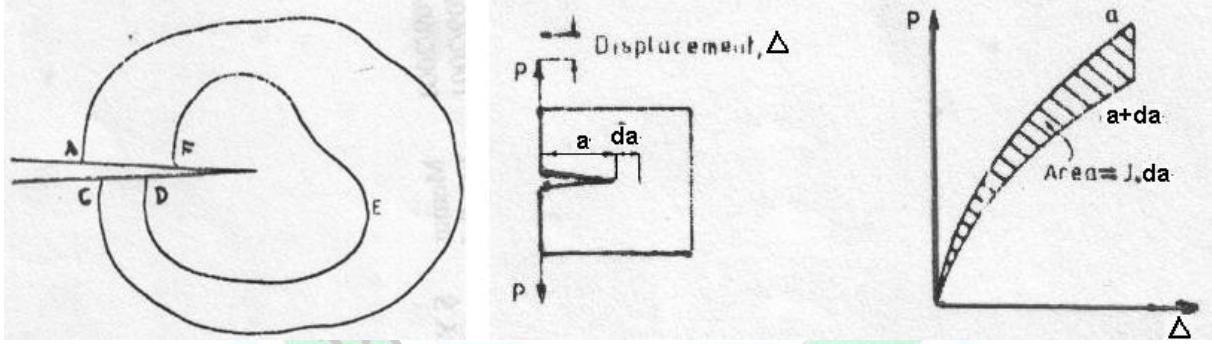
Şekil COD hesabı için yük (P-V) çatlak ağzı açılması eğrileri





J İNTEGRALİ METODU

Çatlak ucunda büyük plastik bölge oluşması durumunda (COD) 'un yerinin tayini büyük zorluklar gösterdiğinden COD' a alternatif olarak **J integrali** geliştirilmiştir.



J integrali, şekilde görüldüğü gibi çatlakın (a) uzunluğunda (a+da) ya erişimi halinde iki uzunluk arasındaki mekanik enerjinin çatlak boyuna göre değişiminin farkıdır. Yani J, G ile ilgilidir. Küçük deformasyon durumlarında;

$$J = - \frac{dU_p}{da} \text{ dir.}$$
$$J = G$$
$$J_{IC} = G_{IC}$$

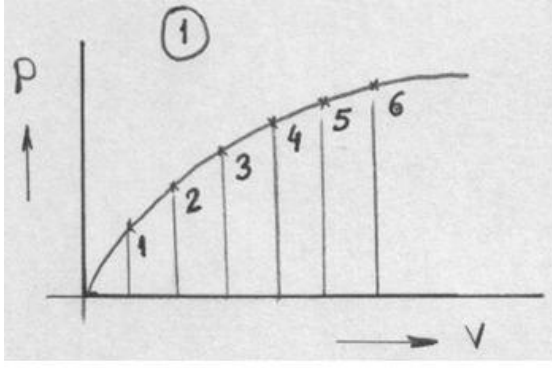
Büyük deformasyonlarda ise :

$$J_{IC} = \frac{K_{IC}}{E}$$

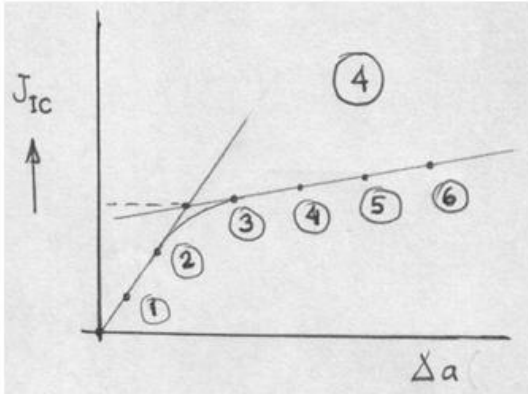
(J_{IC}) kritik J' yi tanımlamak için iki yaklaşım ileri sürülmektedir.

1. Beğley ve Landes 'in çok numune yaklaşımı
2. Paris' in tek numune yaklaşımı

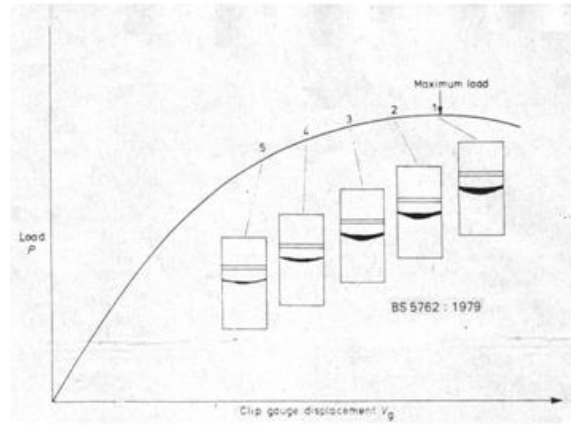
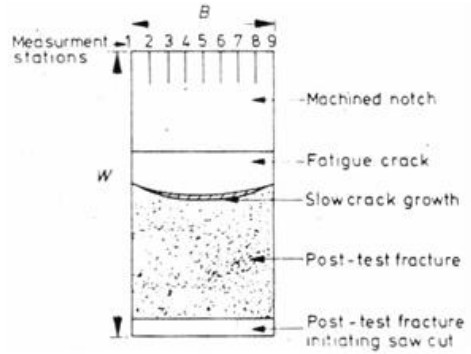
Çok numune yaklaşımıyla (J_{IC}) şu şekilde bulunur.



Her bir eğri altındaki
(J) enerji değişiminin ölçülmesi
(3)



Gerçek çatlak büyümesi (Δa)'nın
(2) ölçülmesi



Şekildeki 4. aşamadaki eğride birinci linear eğrinin gerçek çatlak büyümesinden önce çatlak köreştirmeye uğraştığını, ikinci eğrinin ise çatlak büyümesine ortak olan eğri olduğunu Bekley ve Landes göstermişlerdir. Kesim noktasındaki değer (J_{IC}) değeridir. Buradan (K_{IC}) değeri hesaplanır. Bu testin boyut numunesi ile ilgili sınırlaması

$$B = W - a \geq \left(\frac{J_{IC}}{\sigma_{ak}} \right)$$

olduğu bulunmuştur.

Paris'in tek numune yaklaşımının çalışmaları devam etmektedir.

