

: MetÉrilerde Yorulma (Fatigue)

Assoc. Prof. Dr. Tacéttiii ATAMAN

A — GENEL BİLGİLER

1 — Konuya Giriş :

Şiddeti ve/veya yönü değişen gerilmelere maruz kalan metal parçalarının dayanımını bilmek çok önemli bir husustur.

Üst üste tekrarlanan yükleme ve yükün kaldırılmasının veya yönü değişen gerilmelere maruz kalmanın metallerde meydana getirdiği dâyanım azalması bir neyi yorulma olarak riltelendirilmektefir.

Gerçekten, bu yüklemelerin ve yükün azaltılması veya kaldırılmasının uygulanmış olduğu metalin, statik deneylerde elde

edilen en büyük dayanıma ulaşılmadan, kopması yorulmasının yani fatiğih şöylece tarif edilmesini kolaylaştırır :

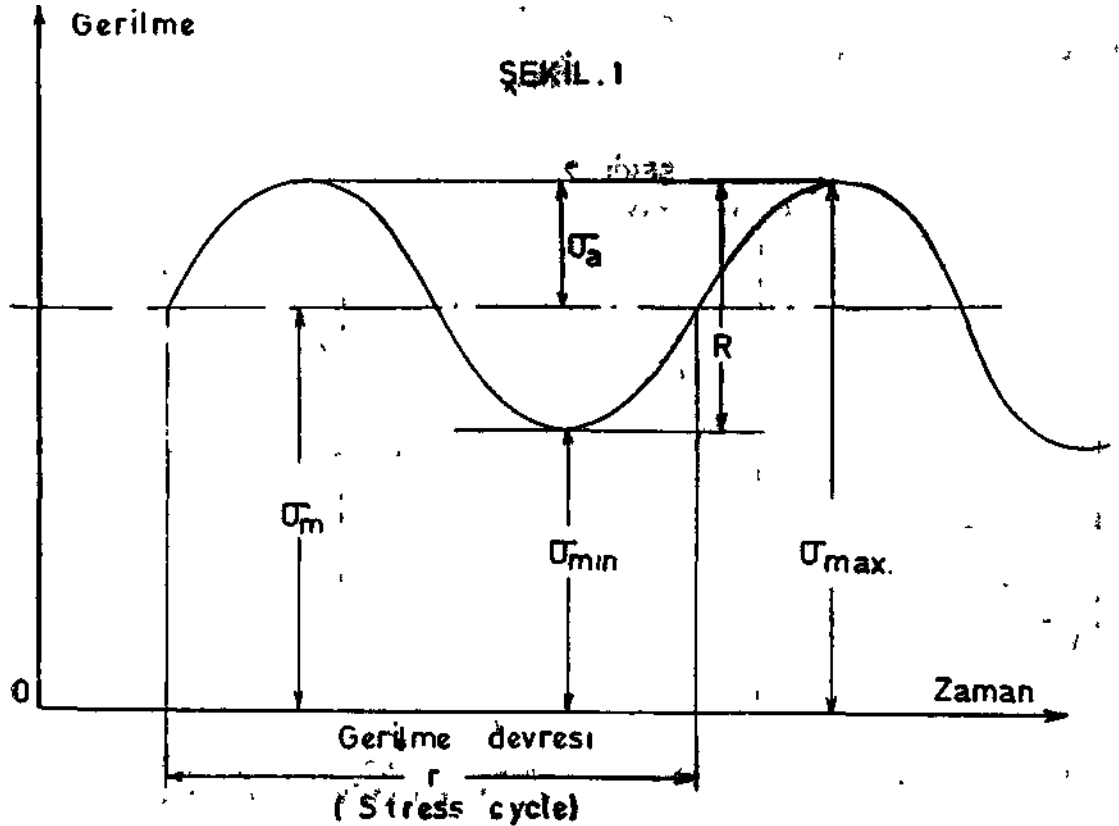
Yorulma, değişen- gertlmélerm uygulandığı btf maddede dayanımın azalrtási^ olayıdır.

Yoruhto-tfétfeyl {Wöhler deneyi) ise bir maddenin değişen gerilmelere tâbi. tutulması deneyidir.

2 — Tarifler ye Simgeler

Sekil : 1 de görüldüđu üzere :

en büyük gerilme = gerilme devresinde, en büyük gerilmenin aljébrik değeridir.



$SOMO^*$, = e\$ küçük geçilme , = gerilme devresinde en küçük gerilmenin aljebrik değeridir. ^p

a m = ortalama gerilme = gerilmelerin statik bileşenidir".

a a = gerilme amplitüdü — gerilmenin değişken bileşenidir.

2 er, = gerilme limitleri farkı = R

n = gerilme devreleri sayısı =* deneyin herhangi bir aşamasında, o ana kadar uygulanmış olan gerilme devresi sayısıdır.

f = gerilme frekansı = Bir zaman birimi zarfında uygulanan devre sayısıdır.

K_t == îeolfik gerilme konsantrasyon faktörüdür. Net alana göre ve elastisite teorisine göre he

R_s = Gerilme Oran '= bir devredeki oranının aljebrik değeridir.

N = Yorulma ömrü veya dayanabilme süresi ile orantılı olup, kopmaya kadar uygulanmış olan gerilme devreleri sayısıdır. Genellikle 10^6 nin katı veya kesri olarak belirtilir.

$<TN$ = N.inci devredeki yorulma dayanımıdır. Bu değere dayanabilme sınırı (endurance limit) de denir.

σ_D = Yorulma sınırı : istatistik olarak tayin edilebilen ve bu değerin altında deneenen maddenin gerilme devre sayısı sonsuza varsa bile kopma olmayan gerilme değeridir.

n/N = devre sayıları oranı = uygulanmış olan gerilme devrelerinin sayısının yorulma ömrüne oranıdır.

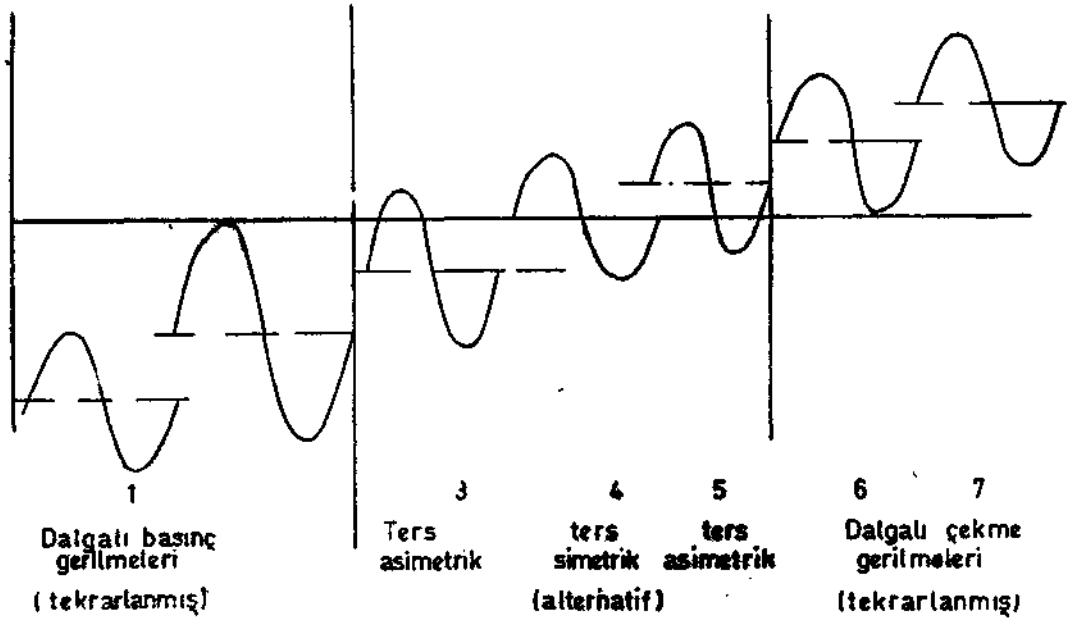
K_f = Yorulma dayanımı azaltma kat sayısıdır, Dolu, cilalı deney parçalarının yorulma sınırının gerilme konsantrasyonlu deney parçalarının yorulma sınırına oranıdır.

Bu kat sayının hesaplanmasında N devresinde maddenin CTN dayanımı kullanılabilir. Bu kat sayı seçilen N sayısı ile değişir.

3 — Gerilme devrelerinin tipleri :

Şekil : 2 de gerilme devrelerinin muhtelif tipleri görülmektedir. Bu tipler : basınç gerilmesi — çekme gerilmesi

ŞEKİL 2
Gerilme devrelerinin tipleri



1 ve 2 Nolu olanlar dalgalı basınç gerilmeleri

3 Nolu ters asimetrik (basınç daha büyük)

4 Nolu ters simetrik basınç = çekme)

5 Nolu ters asimetrik (çekme daha büyük)

6 ve 7 nolu olanlar dalgalı çekme gerilmeleri tipindedir.

B — FATİĞİN FİZİK YÖNÜ :

Uygulamalarda metal parçaları çeşitli fatig şekillerde karşılaşabilir, örneğin : Mekanik fatigden başka :

Kopma ânına kadar gittikçe büyüyen çatlaklı alan

Sonik Fatig Jet uçaklarındaki gürültünün doğurduğu titreşim ve yorulma

Termal Fatig ; Sıcaklık derecesi değişmelerinin doğurduğu gerilme değişimleri.

Fatig yüzünden Kopma ;

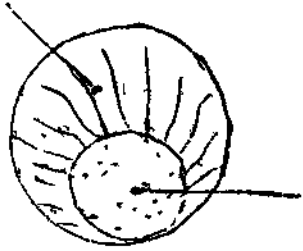
Bir makine parçasında :

— Kesit değişme yerlerinde

*— Parça içinde önceden *mevft* bir çatlak veya boşluk

— Parça içimde önceden mevcut bir Cüruf parçacığı.

dotayiaile gittikçô böpyen (değişik gerilmelerin etkisi altında) bir çajlağın, gerilmelere maruz kalan ve çalışan kesitin gittikçe küçülmesi sonucu* anWen^ kopmasından oluşur. Şekil



taze-kopma kesiti (gevrek bir madde kopması gibi)

Şekil : 3

Fatig ile kopan bir aks (axe)

Fatig ile ilgili terimler arasındaki bağıntılar :

$$R = \sigma_{max} - \sigma_{min} \quad (1)$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \quad (2)$$

Ters simetrik gerilmelerde :

$$\sigma_{min} = -\sigma_{max} \quad (3)$$

$$R = 2 \sigma_{max}$$

$$\sigma_m = 0$$

Dalgalı gerilmelerde :

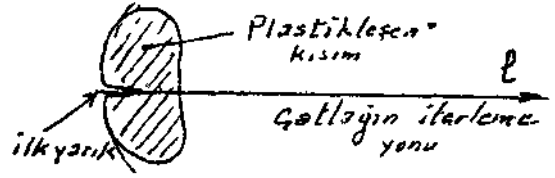
$$\sigma_{max} = \sigma_m + \frac{R}{2}$$

$$\sigma_{min} = \sigma_m - \frac{R}{2} \quad (4)$$

C — FATİĞİN DİNAMİK YÖNÜ (4)

Fatig olayına kohü olart parça içinde bir devamsızlık noktası (ufak bir devamsızlık noktası (ufak bir boşluk) veya zayıf bir nokta (ufacık bir cüruf parçası) veya yük altında çalışmakta olan parçada gerilmelerin toplanmış olduğu bir kesit daralması fatig olayının başlangıç noktasını tayin eder. Gerilme değişmelerinin etkisi altında bu noktadan başlayan çok ufak bir çatlak yavaş yavaş gelişmeye başlar.

Çatlak önünde bulunan maddenin bir kısmı şekil : 4 de görüldüğü üzere plastikleşir.



Şekil : 4

N : devre sayısı

l : çatlakın ilerleme yönündeki mesafe

K : gerilme şiddeti

C : Sabite



$$\frac{da}{dN} = C(AK)^m$$

$m = 2-10$ arasında ve metalin cinsine göre değişir.

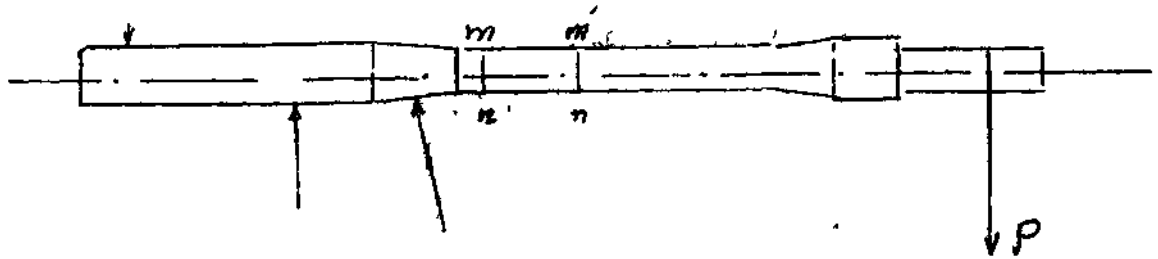
dN

Bu Paris kanunudur.

Elektron mikroskopu altında gözlenen fatig kırığı, yüzeylerde görülen paralel çizgilerin yan yana olan ikisinin arasındaki açıklık mili mikron ile ölçülür ve bu aralık bir gerilme devresine tekabül eder. Buna göre 4 cm. tik bir çatlakın meydana gelme*

si için :

$N = 400 \times 10^4 = 4 \times 10^8$ olur ki normal bir sınır içine düşmüş sayılır. Çeliklerde m , 2 ile 10 arasında, hafif alaşımlarda ise 3 ile 5 arasında değişir.



Şekil:5

büyük yarı çap

O — YORULMAYA DAYANABİLME (Endurance) DENEYLERİ

Malzemenin yorulmaya karşı dayanımının tayin edilmesi için çeşitli deney metodları vardır.

Deney parçası :

- çekmeye
- eğilmeye

— bükülmeye

veya bunların çeşitli kombinezonlarına tâbi tutulabilmek yorulmaya dayanım tayinleri yapılabilir*.

Bu metodlardan en basiti nöbetleşe eğilme = reversed bending = flexion alternée, deneyidir. Şekil : 5 te bu deney için hazırlanmış bir deney parçası görülmektedir. Deney parçasının kesiti, parça boyunca

en büyük gerilmenin $m \propto m'n'$ nin arasına gelecek şekilde ayarlanmıştır. Aynı zamanda bu ek büyük gerilme değeri, bu arada aynı kalmaktadır. Kesit değişme yerinde gerilme yoğunluğunu önlemek için büyük yarı çaplı bir kavis verilmiştir. Deney parçasına uygulanan P yükü daima dikeydir ve aşağı doğrudur. Deney parçası ise döndürülmektedir. Böylece her yarım dönüşte gerilme yön değiştirmektedir, ve böylece bir saniyede gerilme devre sayısı, deney parçasının bir saniyede yaptığı dönme sayısına eşit olmaktadır. Bu tip deneyde uygulanan gerilme tam bir nöbetleşe gerilmedir. Gerilme ortalama değeri sıfır ve gerilme sınırları arası ise $2 a_{max}$ dir. Bir takım deney parçalarını farklı P yükleri altında denemek yolu ile şekil : 6 da gösterilen bir eğri elde edilebilir. Bu eğri düşük karbonlu çelikten yapılmış deney parçaları ile elde edilmiştir. Başlangıçta n artınca n , süratle azalmaktadır. Ancak n , 4-5 milyona ulaştıkça (T m_{max} değeri de sabit bir değere ulaşır. Bu sabit değere o malzemenin (endurance limit = dayanma sınırı) adı verilir.

Az karbonlu çeliğin statik deneylerle bulunan dayanımı ile nöbetleşe değişen gerilmeye karşı dayanımı arasında büyük fark vardır. Statik deneylerde, kopmadan önce geniş bir plastik akma vardır ve kopma yüzeyinde ip eğimsi ve elyaf 11 bir görüntü vardır. Yorulma (fatigue) dan oluşan bir çatlakta ise bambaşka bir görüntü vardır: Herhangi bir özürülü yerden başlayan çatlak nöbetleşe değişen gerilmeler altında genişler ve uzar ve nihayet parçanın sağlam kalan kesiti o kadar küçülür ki yüke dayanamaz ve aniden kırılır. Bu ani kırılma kesiti ile çatlakın ilerlemesi sırasındaki çatlama kesiti manzara itibarile ayrı görünüşler arzeder. Ani kopma kesiti, bir çekme deneyine tâbi tutulan deney parçasının kopma kesitine benzer. Denenen malzeme akıcı (ductile) bile olsa âni kopma bir gevrek kırılmadır.

Portafo denenen parça (Şekil : 5) da ise en yüksek gerilmeler parça çevresinde oluşur ve böylece ilk çatlak çevrede başlar ve içeri doğru ilerler. Çatlakın başladığı yerde bir malzeme özü (boşluk, çizgi, cü-

ruf -, tofal) veya bir kesit değişmesi gibi gerilme yoğunluğu oları için oluşur. Bu çatlak ilerlemesiyle bu başlangıç noktası çevresinde ortak jnerkezli halkalar oluşur. Bu tip kırılma makine parçalarının nöbetleşe değişen gerilmelere maruz kalmaları halinde, bu parçada oluşur.

Fairbairn'in yapmış olduğu deneyler sonunda (2) (dövme demirden yapılmış kırışlar üzerinde), sonsuz sayıda uygulansa bile malzemenin yorulma arzeden dayanabileceği bir sınır - gerilmenin mevcut olduğu anlaşılmıştır. Demir alaşımlarında, yeterli bir yaklaşım ile dayanma sınırı bulunabilir. Bu sırada uygulanan devre sayısı 6-10 milyon arasında değişir. Demirden gayri metallerde çok daha büyük devre sayısına ihtiyaç vardır. Böylece metallerin fatigue dayanım sınırının tayin edilebilmesi için çok sayıda deney yapmaya ve dolayısıyla çok uzun zamana ihtiyaç vardır. Fazla zaman ve para kaybını önlemek için endurance limit : yorulmaya karşı dayanım sınırı ile malzemenin diğer mekanik özellikleri arasında bir bağlantı bulunması gerekir. Bu mekanik özelliklerin tayini ise kolay ve masraflıdır. Çeşitli çeliklerin mekanik özellikleriyle yorulmaya karşı olan dayanımları aşağıda bir çizelgede verilmiş bulunmaktadır.

ÇİZELGE : 1 den anlaşılacağı gibi : demirli metallerde yorulmaya dayanım sınırı. metalin ($\sigma_{0.2}$) değerinin % 40 ı ile % 55 i arasında alınabilir.

(c $J_{0.2}$ = metalin en büyük çekme dayanımı.

Karbonlu çeliklerde, mekanik özellikleri çok iyi bilindiği için yorulmaya dayanım sınırının bu şekilde tahmin edilmesi yerindedir. Böyle olmazsa, bu çeşit tahminler yanıltıcı olur ve uzun ve yorucu olsa da doğrudan doğruya bu sınır değerini, gerekli deney yapılarak bulunmalıdır.

Bir çok hallerde, yorulmaya dayanım deneyi yalnız şeklindeki nöbetleşe değişen gerilmeler uygulanarak yapılmaktadır. Halbuki, makine parçalarının imâlinde tamamen

birbirine eşit olmaları, , değişik gerilmeler bahis konusu olan hallerde rastlanır. Bu tip gerilme değişimlerine maruz parçaların yorulma dayanımını bilmek gerekmektedir.

A. Wöhler fatig (yorulma) konusunu sistematik olarak incelenmiştir. Ona göre yorulma doğuracak gerilme sahası = $R =$

$$C_{Tmax} - \sigma_{Jmin}$$

R değeri, ortalama gerilme = $a m$ arttıkça azalmaktadır.

M. Gerber, R ile σ_m arasında bir parabolik kural bulunduğunu ileri sürmüştür. (Şekil : 7). σ_m ve R değerleri bu grafikte σ_m , σ_m in birer yüzdesi olarak alınmıştır. R = Gerilme alanı, $\sigma_m = 0$ için maksimum olmaktadır, yani gerilmeler $\sigma_{cmax} = -\sigma_{ftmax}$ olduğu zaman (tam olarak alterne gerilmeler), $\sigma_m = \sigma_{cmax}$ halinde ise R = 0 olmaktadır. Bu şartlar altında, yani alterne gerilmeler uygulandığında malzemenin yorulma dayanımı sınırı ve σ_{cmax} i biliniyorsa, herhangi bir gerilme değişmesi uygulandığı zaman, o malzemenin yorulma dayanımı bu eğrilerden elde edilebilir.

En son yapılan araştırmalar, σ_m ile R arasında değişmez bir bağlantı olmadığını göstermiştir. Örneğin, bu şekilde gösterilen doğrularla belirtilen $\sigma_m - R$ bağlantısına uyan bazı malzemenin yarlığı anlaşılmıştır. OA ve OB doğru parçaları (meyil=2) ile sınırlandırılmış olan AOB alanı içinde gerilme yön (ve işaret) değiştirir. Bu üçgen alanı dışında, gerilme basınç ve basınç, çekme ise çekme olarak kalmaktadır. Deney sonuçları, AOB alanında σ_m ve R bağlantısının parabol ve doğru arasında kaldığını göstermiştir;

Gerilmelerin daima basınç veya çekme olarak kaldığı yerlerde, deneylerden elde edilen R değeri, bazı hallerde sadece Gerber parabolasının altında kalmamakta, hatta bu parabolanın altındaki doğru parçasının bile altına, düşmektedir.

Buraya kadar incelenmiş olan hallerde elde edilen sonuçlar çekme' *' basınç veya eğme deneylerine ait idi ve malzeme bu;

deneylerde tek ekzenli gerilmeye maruz kalmakta idi.

Bu tip gerilmelerin en basiti şaftların bükülmeye (torsiyon) maruz kaldığı halde malzemenin yalnız makaslama (shear) ya çalıştığı haldir.

Pratik uygulamalarda, çoğun hallerde kombine, yani karma gerilmelere rastlanır. Bu koşullar altında çalışan parçanın yorulmaya dayanım sınırının bilinmesine ihtiyaç vardır.

Torsiyona maruz şaftlar

Torsiyon ile yorulma deneyleri yapılmış ve malzemenin torsiyon yorulma dayanım sınırı tayin edilmiştir. Bu deneyler sonucu olarak, makaslama çalışan şaftlarda yorulma dayanım sınırı ile çekme - basınç deneyinde elde edilen yorulma dayanım sınırı oranı % 50 nin biraz üstünde olmaktadır.

Alterne eğme ve alterne torsiyon (bükme) karışımı

Bu konu, H.J. G. ve H.V. Follarda tarafından araştırılmıştır. (2) Mak. eğme momenti ile maksimum bükme momenti oranını değiştirerek yapılan deneylerde karbonlu çeliklerde ve Ni -Cr li çeliklerde çekme ve bükme gerilmelerine yorulma dayanım sınırları arasında :

bağlantısı bulunduğu anlaşılmıştır.

Burada :

σ_e = eğilmede yorulma dayanım sınırı
 σ_b = bükülmeye yorulma dayanım sınırı değerleridir.

Gevrek malzemede

Font üzerinde yapılan deneyler, yorulmanın parça üzerinde etken olan esas gerilmeye göre değiştiğini göstermiştir. Parçanın kırılması dâ, parçadaki en büyük gerilme değerini^ fontun yorulma dayanım sınırına yaklaşması ile oluşmaktadır.

E — Yorulmaya dayanabilme sınırı Ç-
zerinde Etki Yapan Faktörler :

1 — Malzemenin soğuk hazırlanması :

Oda sıcaklığında, : Duktilitesi olan metallerde çekme, haddeme, işlemleri, yapılınc bu malzeme, daha çok dayanıklı olur. İlimli bir çekme olayı, malzemenin yorulma dayanım sınırını artırır. Şiddetli bir çekme ile de bu sınır azalır. Soğuk işlem den sonra ılımlı bir ısı işlemi (örneğin malzemenin kaynar suda bir süre tutulması) dayanım sınırını artırır.

2— Aşırı gerilmeye ve düşük gerilmeye tâbi tutmak :

Bir malzemenin yorulma dayanımı deneyinde normal gerilmeye tâbi tutmadan Önce, o malzemenin yorulma dayanım sınırının üstünde bir gşrjime devresine bir süre tâbi tutulması tarzında deneyler yapılmıştır. Bu aşırı gerilmeye-tâbi tutulan deney parçalarından, bu üst - gerilme devre sayısının, aşırı - gerilme değerinin bir fonksiyonu olduğu ve bu sayı altındaki aşırı gerilme uygulaması ile yorulma dayanım sınırının değişmediği anlaşılmıştır. Bu belli aşırı - gerilme devre sayısı aşıncada, dayanım sınırının azaldığı görülmüştür.

Bu aşırı - gerilme devre sayısının bir fonksiyonu olarak aşırı - gerilme maksimum değeri bir eğri olarak elde edildiğinde denenen malzeme için bir zarar görme eğrisi elde edilir, Bu eğri altında kalan alan, malzemeye zarar vermeyen aşırı-gerilme (overstressing) uygulanması derecelerini tayin eder.

Bu zarar görme eğrisi, bir makinede normal olarak yorulma dayanım sınırındaki gerilmelere maruz bulunan ve ancak zaman zaman bu sınırı aşan gerilmelere maruz kalan bazı parçaların dayanabilme durumlarının incelenmesinde pratik bir önem taşır. Bu aşırı • gerilmelerin büyüklüğü biliniyorsa, bu zarar görme eğrisi sayesinde, aşırı -gerilme devre sayısının emniyetli olan maksimum değeri tayin edilir.

Düşük - gerilmeye tâbi tutma

Yorulma dayanım sınırının biraz altında olan bir gerilme altında yorulma dayanımı deneyine tâbi tutulan bir parça üzerindeki yük azar azar artırılırsa, dayanım sınırının bu parçada arttığı görülmektedir. Bu olaya düşük - gerilme uygulanması denir. Dayanım sınırının bu suretle artma miktarı malzemeye göre değişir. Düşük karbonlu çeliklerde (yumuşak çelik) bu artış miktarı orijinal değerine göre % 30 a kadar ulaşabilir. Buna karşılık Armco demiri ile bakır da bu artma yoktur

3 — Frekans Etkisi

Yorulma dayanımı deneylerinde devrelerin frekansının etkisi de incelenmiştir» Ancak dakikada 5000 devrelik frekansa kadar, dayanım sınırında bir değişme görülmemiştir. Dakikada 5000 in üstündeki frekanslarda, frekans artması ile birlikte, dayanım sınırının da artmakta olduğu görülmüştür. Frekans sayısı dakikada 10* ya kadar artırılarak yapılan deneylerde, Armco demirinde ve alüminyumda, dayaiim sınırında % 30 a kadar bir artma bulunmuştur.

Bu yüksek frekansların elde edilmesi JENKİN tarafından küçük deney parçalarına cebri titreşim (forced vibrations) uygulanarak yapılmıştır.

G.N. KROUSE ise, dönen bir kiriş makinesile dakikada 30 000 devreye ulaşabilmiştir. Bu frekansta elde edilen dayanım sınır artışı % 8 e ulaşmıştır.

4 — SICAKLIK DERECESESİ :

Düşük temperatur koşuluna örnek olarak uçak gövde ve kanatları gösterilebilir.

Yüksek temperatur koşuluna örnek olarak buhar türbinleri ve iç yanmalı motorlar birer örnek olarak verilebilir. Görülüyor ki yorulma dayanımı konusunda sıcaklık derecesinin pratik önemi vardır. 20°C ile -40°C da yapılmış olan mukayeseli dayanım deneyleri, paslanmaz çeliklerde« nikelli çeliklerde krom - molibdeni! çeliklerde, yorulma dayanımı sınırlarının, sıcaklık düştükçe arttığını göstermiştir.

Yüksek sıcaklık derecelerinde farklı çelik cinsleriyle yapıları dayanım deneyleri (ister dönen kiriş makineleri ile, ister alterne dolaysız yükleme makinelerinde) aşağıdaki sonucu vermiştir :

300* — 400°C a kadar olan sıcaklık derecesi artmaları çeliklerin yorulmaya dayanım sınırları üzerinde önemli etkiler yapmaktadır. Bu sınırlar 300°C — 400°C sıcaklık aralığında en büyük değere ulaşmakta ve 100°C — 200*0 aralığında ise bu sınırların değerleri oda sıcaklığındaki (24°C) değerlerden daha küçük olmaktadır.

Bu deneylere göre $\sigma-n$ eğrisi oda sıcaklığında 10^7 devre sayısı ile ancak bu çeliklerin yorulmaya dayanım sınırının tayini mümkün olmaktadır.

5 — KOROZYON'dan DOĞAN YORULMA

Tatlı su, amonyak, hidroklorik asit gibi sıvılarla temas halinde olan pirinç gibi metaller alterne gerilmelere maruz kaldıklarında, yorulmaya dayanım sınırları azalmaktadır. Bu dayanım sınırı azalmasına «Korozyon yorulması» denir. Bunu önlemek için koruyucu kaplamalar veya metalik parçada yapılan Soğuk yüzey işlemleri muvaffakiyetle uygulanmaktadır.

6 — ARTIK GERİLMELER

Makine parçalarının ist işleminden geçirilmesi sırasında ve çelik yapıların kaynakla birleştirilmelerinde büyük ölçüde artık gerilmeler (residual stresses) parçalarda kalmaktadır. Acaba bu artık gerilmelerin, o parçanın yorulma dayanım sınırı üzerinde bir etkisi olur mu? sorusu akla gelir. Su verilerek sertleştirilen çelik numuneler üzerinde yapılan dönen kiriş yorulması deneyleri sonunda alterne gerilmeler uygulanması dolayısıyla, bu artık gerilmeler ilk değerlerinin dörtte birine kadar azalmakta ve bu dörtte bir artık gerilme bakiyesinin de, çeliğin yorulma dayanım sınırı üzerindeki etkisinin Önemli olmadığı anlaşılmıştır, kaynakla yapılmış I kırımları üzerinde yapılan yorulma deneylerinden de aynı sonuçlar elde edilmiştir.

7 — YÜZEY İŞLEMLERİ :

Çeşitli yüzey işlemlerinin, parçanın yorulma dayanım sınırı üzerindeki etkileri de incelenmiştir. % 0,49 C lu ve $a mu = 95\ 000\ lbs/in^2$ dayanımlı bir çeliğin yorulma dayanım sınırı $48\ 000\ lbs/in^2$ dir. Bu çelikten yapılmış ve parlatılmış yüzeyli olan bir parçanın yorulma dayanım sınırına % 100 denirse :"

Bilenmiş bir çelikte bu sınır	% 89 e,
ince torna edilmiş	% 84 e,
kaba torna edilmiş	% 81 e

düşmektedir.

% 0.02 C lu çelik (Armco demiri) ten, ince ve kaba torna edilmiş yüzeyli deney parçalarında ise, sırasile bu yüzdeler % 92 ve % 88 olmaktadır. % 0.33 C lu çeliklerle de bu deneyler yapılmıştır.

8 — Gerilme Yoğunlaşması : Bir parçadaki çap değişikliği olan kısımlarda, delik veya boşluk olan yerlerde gerilme yoğunlaşması oluşur. Yorulma sonucu birçok hallerde çatlaklar bu gibi noktalarda başlan

KAYNAKLAR

- 1 — Marin, J.
«Mechanical behavior, of engineering materials» London 1962 Prentice — Hall International.
- 2 — Russenberger, M. et aie
«High - speed universal fatigue testing machines» Proceedings of the society for experimental stress analysis.
Volume : XII, No : 2
- 3 — ISO/R 373 General Principles for Fatigue Testing of Metals. 1964.
- 4 — de LEIRIS. H, et BATHIAŞ. Ch.
«La propagation des fissures de fatigue, connaissances actuelles et, récentes applications».
Journée d'Etudes sur l'endommagement et la rupture des matériaux par fatigue.
Revue -M. mécanique Vol. 20-1974
Pages : 9-20