

TİLLER TİPİ KÜLTİVATÖR AYAKLARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ YORULMA ANALİZİ

Onur POLAT¹, Fatih BALIKOĞLU², Nurettin ARSLAN³

¹o_polat@yahoo.com, Yük. Mak. Müh. İzmir

²fatih@balikesir.edu.tr Balıkesir Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 10145 Balıkesir

³narслан@balikesir.edu.tr Balıkesir Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 10145 Balıkesir

ÖZET

Bu çalışmada, tiller ağır tip kylvatör ayaklarının bilgisayar destekli yorulma analizi gerçekleştirilmiştir. Farklı firmalar da referans alınarak yeni tiller tipi ayağın tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan tiller ayağında harcanan malzeme miktarında, halihazırda kullanılanlara göre yaklaşık 5 kg kütle azalması sağlanmıştır. Ayrıca yeni tasarımda ömür analizi sonucu 55Cr3 malzemeden yapılmış olan makasta ve ayakta ömür sonsuza yakın çıktı. Yeni tasarımla birlikte çalışma koşullarında hasar durumunda zarar gören parça sadece ayak (5.87 kg) olmakla birlikte atılacak malzeme miktarı da aşağıya çekilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Tiller ayağı, yorulma ömrü, kylvatör, sonlu elemanlar analizi

ABSTRACT

In this study, fatigue analysis of tiller tines used in the cultivator was carried out in computer aided analysis. The spent of material in the new design of tiller tines in the amount of approximately 5 kg mass reduction compared to that used already was achieved. Furthermore, result of life analysis of new design of tiller that was made of 55Cr3 material indicated that life of leaf spring and tine was close to infinite. Furthermore, only tines (5.87 kg) is damaged in working conditions in the new tiller tine design consequently, reduction in the amount of damaged material is reduced.

Keywords: Tiller tine, fatigue life, cultivator, finite element analysis.

1. KÜLTİVATÖRLER

Kültivatör, toprağı devirmeden işleyen aletlerdir. Toprağı yırtarak kabartmak, havalandırmak, toprak keseklerini parçalamak, yabancı otları kesip köklerini toprak üstüne çıkartmak gibi işlemler kylvatörlerin temel görevlerini oluşturur. Kültivatörler toprak yüzeyine atılan tohum yada mineral gübrenin toprakla karıştırılmasında kullanıldığı gibi, ağır tipleriyle anız bozma işlemleri de yapılmaktadır. Kültivatörlerin bu denli yaygın olarak kullanılmasında, yapılarının basit, satın alma bedellerinin oldukça düşük ve kullanılmalarının çok kolay olması en önemli etkenlerdir. Bu durum çok farklı yapıda çeşitli amaçlara uygun kylvatör tiplerinin ortaya çıkmasına neden olur [1]. Kültivatörler ayakları ve çalışma koşullarına göre:

1. Tiller, Ağır Tip Kültivatör, Yarı yaylı
2. S tipi, Hafif Tip Kültivatör, Yaylı
3. Araç çapa Kültivatör

4. Anız Tip Kültivatör
5. Sıvı gübreleme kültivatörler



Şekil 1. Tiller ayak çeşitleri

Tillerler toprağı 250 mm derinliğe kadar işleyebilirler. Tiller toprağı pulluk gibi alt üst ederek değil, titreşim etkisiyle beraber yırtarak işler. Yüksek dayanıklılıktaki ısıl işlem görmüş, yarı yaylı, ağır tip ayakları sayesinde, hiç işlenmemiş toprakta bile rahatça çalışır. Yabancı otları parçalayarak yok ederler. Güçlü şasi konstrüksüyonu ile en ağır koşullarda bile sabit bir çalışma hızına ve yüklenmeye izin verir. Tillerlerin güç gereksinimleri hafif tip kültivatörlere göre daha yüksektir [2]. Ayak ve sıra sayılarına göre sınıflandırılırlar. 2 veya 3 sıralı, 9-11-13-15-16-17-19-21-23-25-27 ayaklı, farklı iş genişliğine ve çeki gücüne sahip tiller kültivatörler mevcuttur [2, 3].

2. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ

Makine, uçak, inşaat gibi birçok mühendislik alanında uygulanan sonlu elemanlar metodu, özellikle makine mühendisliğinin çeşitli problemleri için son derece uygun çözümler sunar. Mühendisliğin bir çok dalında elastik sürekli ortamda gerilme ve deformasyon dağılımlarının çözümü aranır. Bu durumda sonlu elemanlar yöntemi çok kullanışlıdır [5].

Katı cismin değişik geometrili cisimlere uygulanabilmesi, sınır şartlarının kolaylıkla uygulanması, problemlere cevap verecek kadar esnek olması ve tam çözüme eleman sayısı arttıkça yaklaşabilmesi gibi çeşitli avantajlar nedeniyle çok tercih edilir [5].

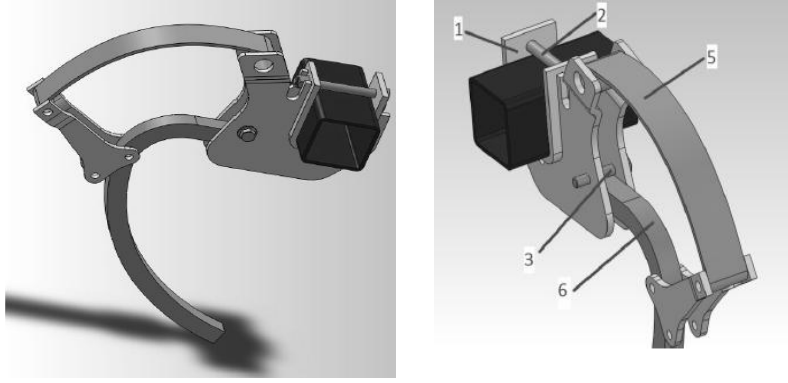
Sonlu elemanlar modeli ile problem çözümü için aşağıdaki işlemler yapılmalıdır;

1. Cisim sonlu sayıda elemanlara ayrılır.
2. Her eleman için rijitlik matrisi oluşturulur.
3. Sınır şartları belirlenir.
4. X ve Y doğrultularında yer değiştirmelerin sıfır olduğu noktalar belirlenir.
5. Hangi düğüm noktalarında kuvvet olduğu belirlenir.
6. Sistemin rijitlik matrisi belirlenir.
7. Yer değiştirme denklemi yardımıyla bulunur. (P: Cisme uygulanan dış kuvvet, K: Rijitlik matrisi, δ : Yer değiştirme)
8. Her bir eleman için gerilmeler bulunur.
9. Eşlenik gerilmeler hesaplanır.
10. Akma kontrolü yapılır.
11. Plastik deformasyonun olduğu bölgelerde artık gerilmeler elde edilir.

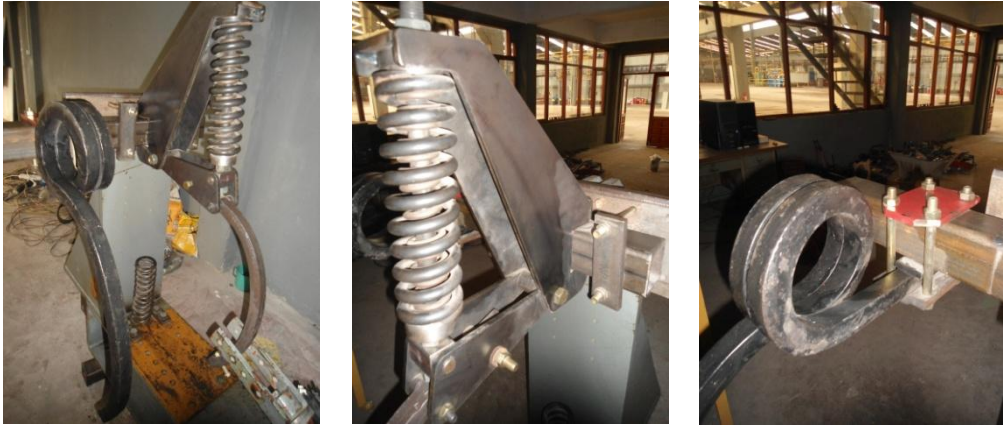
Sonlu elemanlar analizi yönteminin en büyük özelliği, her bir elemanın ayrı ayrı formülize edilebilmesidir [4].

3. YENİ TİLLER AYAĞI TASARIMI

Kültivatörün ağır tipi olan “TİLLER” yağı için yeni tasarım yapıldı. Bunun nedeni mevcut kullanılan tiler ayağı 12.2 kg. Buradaki amaç ayakta kullanılan kıymetli, pahalı ve ithal ürünü olan 55Cr3 malzemenin kütlesini yaklaşık 4.7 kg azaltmak ve zahmetli olan, zaman alan işçiliği kolay hale getirip üretim verimini arttırmak. Farklı firmalardan referans alınarak ve esinlenerek yeni tasarımın yapıldığı söylenebilir.



Şekil 2. Yeni tiller ayağı tasarımı



Şekil 3. Yeni tiller ayağı ve piyasa kullanılan mevcut ayağın resimleri

Şekil 2. de yeni tiller ayağına parça listesi aşağıda verilmiştir.

1. U şeklinde form verilmiş profili tutan kelepçe.
- 2.. Kelepçe montaj civatası
3. Emniyet pimi. M14.
4. 60x6 ebatlarında 55Cr3 malzemenin yaprak yay.
5. 30x30 ebatlarında 55Cr3 malzemenin ayak.

4. 55Cr3 ÇELİĞİN YORULMA VERİLERİ

4.1 Malzeme Özelliklerinin Tayini

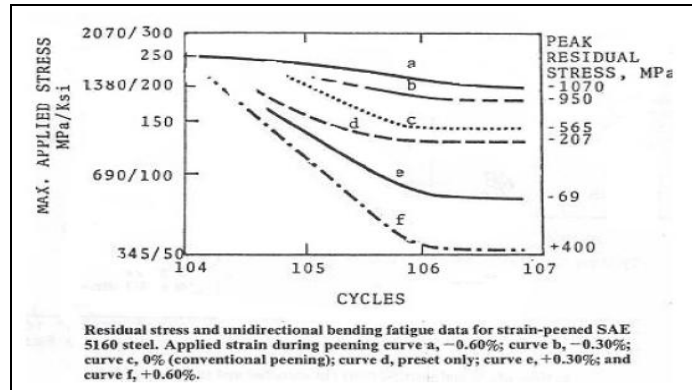
55Cr3 malzeme özellikleri SAE J1099 standardından alınmıştır. Ansys programında malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri atanmıştır.

Tablo 1. 55Cr3 SAE J1099 Yorulma Mukavemet Özellikleri

Yorulma Dayanım Değeri (σ_f)	Yorulma Dayanım Katsayısı (b)	Yorulma Sünekliliği Değeri (ϵ_f')	Yorulma Sünekliliği Katsayısı (c)	Elastisite Modülü (E) MPa
2054	-0.081	1.571	-0.821	193000
Çevrim Dayanım Değeri (K')	Çevrim Pekleşme Katsayısı (n')	Çekme Dayanımı (S_u) MPa		
1964	0.099	1584		

Tablo 2. 55Cr3 Malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri

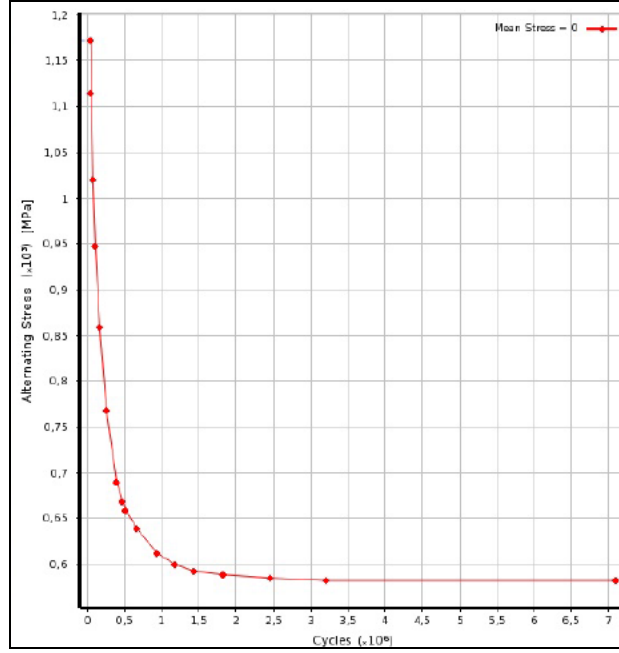
Yoğunluk	7850 kg/m ³
Elastisite Modülü	193 GPa
Akma Dayanımı	1400 MPa
Çekme Dayanımı	1584 MPa



Şekil 4. 55Cr3 ait yorulma diyagramı [5]

5.2 55Cr3 Malzemenin Yorulma Değerleri

Ansys Workbench de girilen malzeme değerleri sonucu ömür değerleri ve grafiği elde edilmiştir. 55Cr3 malzemenin Ansys programında verilen gerinim-ömür değerleri, SAE J1099 değerleri ile aynıdır.



Şekil 6. Ömür Grafiği

Tablo 3. Malzemenin Gerinim-Ömür Değerleri

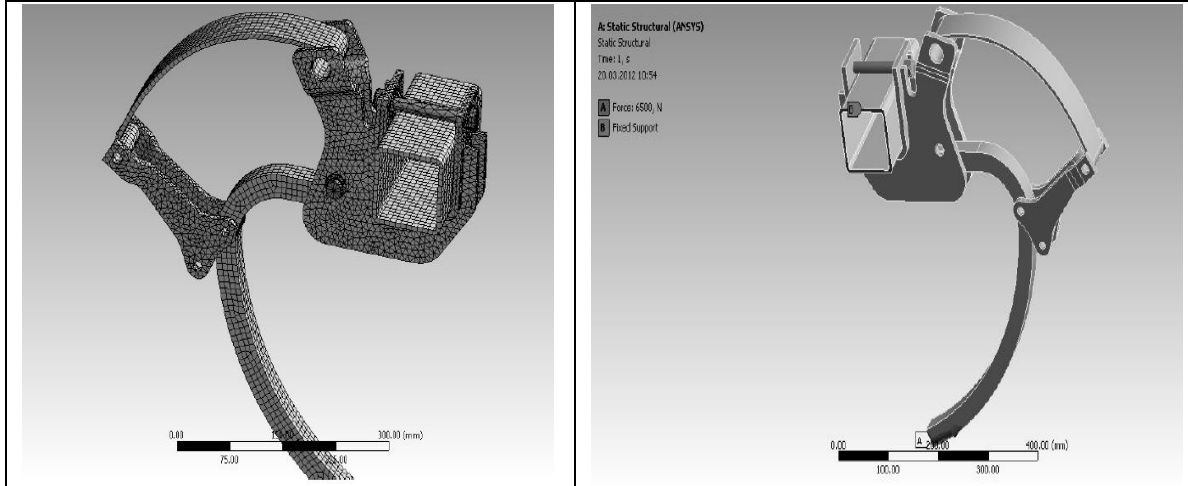
1	Yorulma Dayanımı	Yorulma Dayanım Katsayısı	Yorulma Süneklik Değeri	Yorulma Süneklik Katsayısı	Çevrim Dayanım Değeri (MPa)	Çevrim Pekleşme Katsayısı
2	2054	-0.081	1.571	-0.821	1964	0.099

Table of Properties Row 10: Strain-Life Parameters						
	A	B	C	D	E	F
1	Strength Coefficient (MPa)	Strength Exponent	Ductility Coefficient	Ductility Exponent	Cyclic Strength Coefficient (MPa)	Cyclic Strain Hardening Exponent
2	2054	-0,081	1,571	-0,821	1964	0,099

6. Tasarlanan Tiller Ayağın Sonlu Elemanları Analizi ile Gerilme ve Yorulma Analizi

6.1 Tasarlanan Tiller Ayağın Sonlu Elemanlara Ayrılması

Meshleme işlemi sonucunda toplamda 29690 eleman ve 70712 düğüm noktasından oluşmuştur. Kullanılan meshleme metodu ise dört üçgen yüzlü (Tetrahedrons) dir. Tiller ayağı kare profil kenarlarından mesnetlenmiş ve ayağın uç kısmına 6500 N kuvvet uygulanmıştır. Ayak tasarımında S tipi ayağın numune testlerinde uygulanan kuvvetin 6 katı uygulanmıştır.

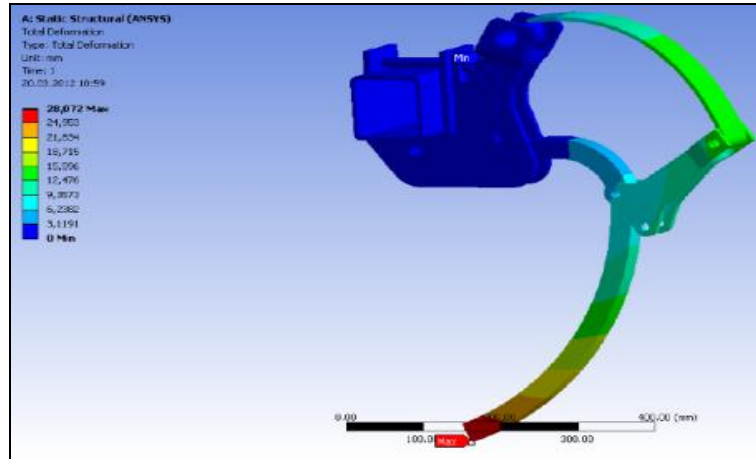


Şekil 8. Tiller Ayağının Sonlu Elemanlara Ayrılması

6.4 Analiz Sonuçları

6.4.1 Toplam Deformasyon

En yüksek deformasyon ayağın uc kısmında 28.072 mm olarak sonuç vermiştir. Tiller ayağın S tipi (CCK) ayaktan farkı toprak içinde yaptığı titreşim ile toprağı yırtmasıdır. Maksimum deplasmanın S tipi ayaktan nispeten düşük olması bu ayağın özelliğidir.



Şekil 11. Toplam Deformasyon

6.4.2 Maksimum Gerilme

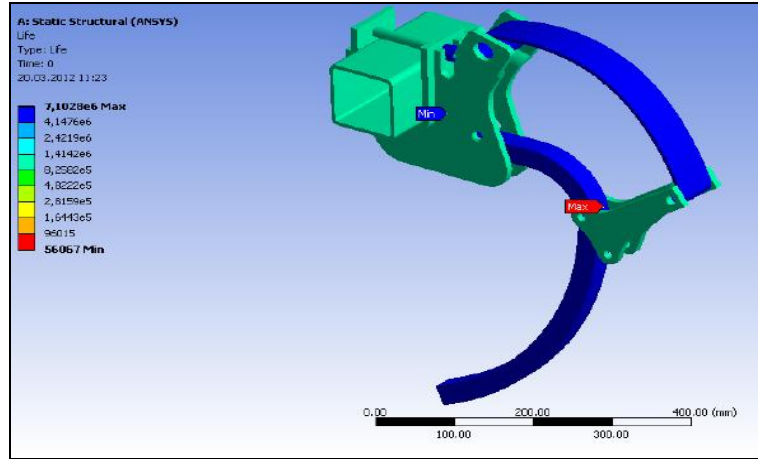
Yaprak yayda görülen maksimum gerilme maksimum 346 MPa dır. Ayakta ise kelepçeye temas ettiği noktada 780 MPa dır. Bu değerler sertleştirilmiş yay çeliğinin kopma mukavemetinin altındadır.



Şekil 12. Maksimum Gerilme

6.4.3 Yorulma Ömrü

Zero-based, sabit genlikli yük altında yorulma testleri yapılmıştır.



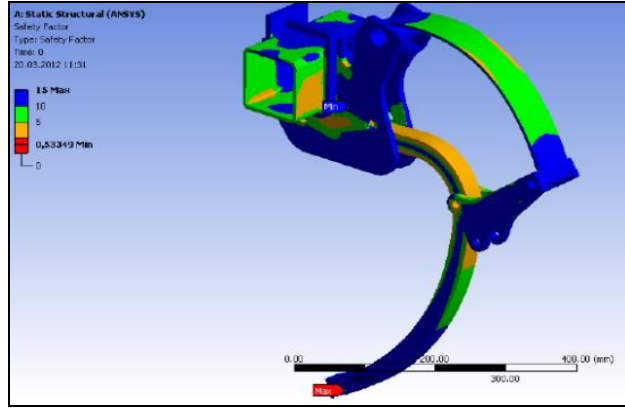
Şekil 13. Ömür Değerleri

Ömür analizi sonucu 55Cr3 malzemeden yapılmış olan makasta ve ayakta ömür sonsuza yakın çıktı. Bunun anlamı ayak yada makas kırılması yorulma sonucunda görünmeyeceğidir. Kırılmaların esas sebebi traktör hızının yüksek olması ve ayağın tarlada köke yada taşa sert bir şekilde çarpması ile olacağını söyleyebiliriz.

56067 cycle olan minimum ömür ayağın ve kelepçenin bağlandığı yan kulaklarda görünüyor. Kelepçe ile yan kulakların bağlantısında yapılan kaynak kalitesinin ömrü direkt etkilediği, kötü bir kaynak yüzünden ayak ömrünün çok kısa olabileceğini söyleyebiliriz.

6.4.4 Güvenlik Katsayısı

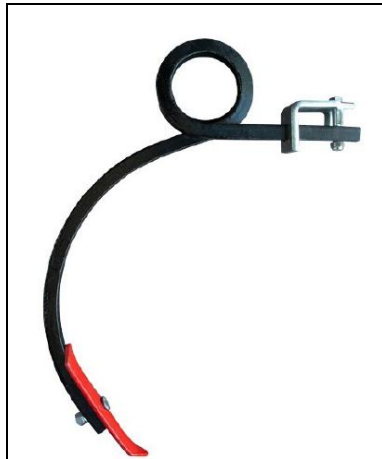
Güvenlik katsayısı yan kulakta 0,533 çıkmıştır. Geri kalan kısımlarda minimum 5' dir.



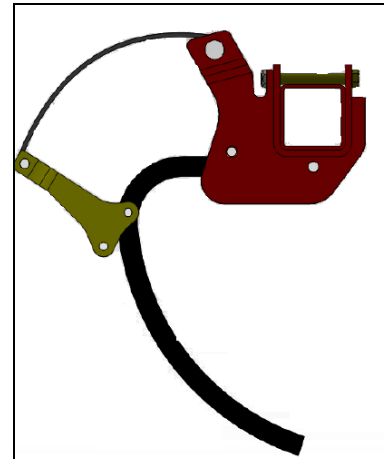
Şekil 13. Güvenlik Katsayısı

7. Yorulma Analizi Sonuçları

Gerek piyasa rekabetine farklı, yenilikçi ürünler ile fark yaratmak gerekse üretim kolaylığı, kıymetli malzemenin haddinden fazla yerine yeteri kadarını kullanarak milli servetin israfının önlenmesi üzerine durulmuştur.



a. Tiller Ayak



b. Tasarlanan Ayak

Şekil 14 Tasarlanan ve Piyasada Kullanılan Tiller Ayağının Çizimleri

Piyasada kullanılan Tiller ayağı 55Cr3 malzeme 12.2 kg dır. Tasarlanan ayak 55Cr3 malzemedan 5.87 kg ayak ve 1.55 kg makas olmak üzere 7.42 kg üretilmiştir. Yeni tasarlanan tiler ayağında yaklaşık % 70 oranında iş ve enerji tasarruf sağlanmıştır. Malzeme bakımından ise % 22 kazanç elde edilmiştir.

Bundan sonraki süreç numune üretiminin yapılmasıdır. Numune olarak yapılan makineler Türkiye'nin farklı bölgelerinde çiftçilere test etmeleri için verilerek eksiklerinin görülmesi ve farklı toprak türlerinde nasıl bir davranış sergilediğine bakılarak gerekli revizyonlar yapılmasıdır. Bundan sonraki bu süreç başka bir çalışma ile izlenebilir.

8. KAYNAKÇA

- [1] GÖKÇEBAY, B. , Tarım Makinaları. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 979, 135-144, (1986).
- [2] http://www.bkstarim.com/html/heavyduty_cult_tr.html (Erişim Tarihi:07.10.2012)
- [3] http://www.ozkantarimmarket.com/index.php?route=product/product&product_id=163
(Erişim:07.10.2012)
- [4] REDDY, J.N., Mechanics of laminated composite plates theory and analysis (1th ed.) US: CRC Press., (1997).
- [5] BOYER, H., E., Atlas of Fatigue Curves. 1986