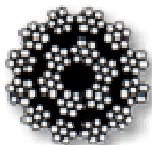
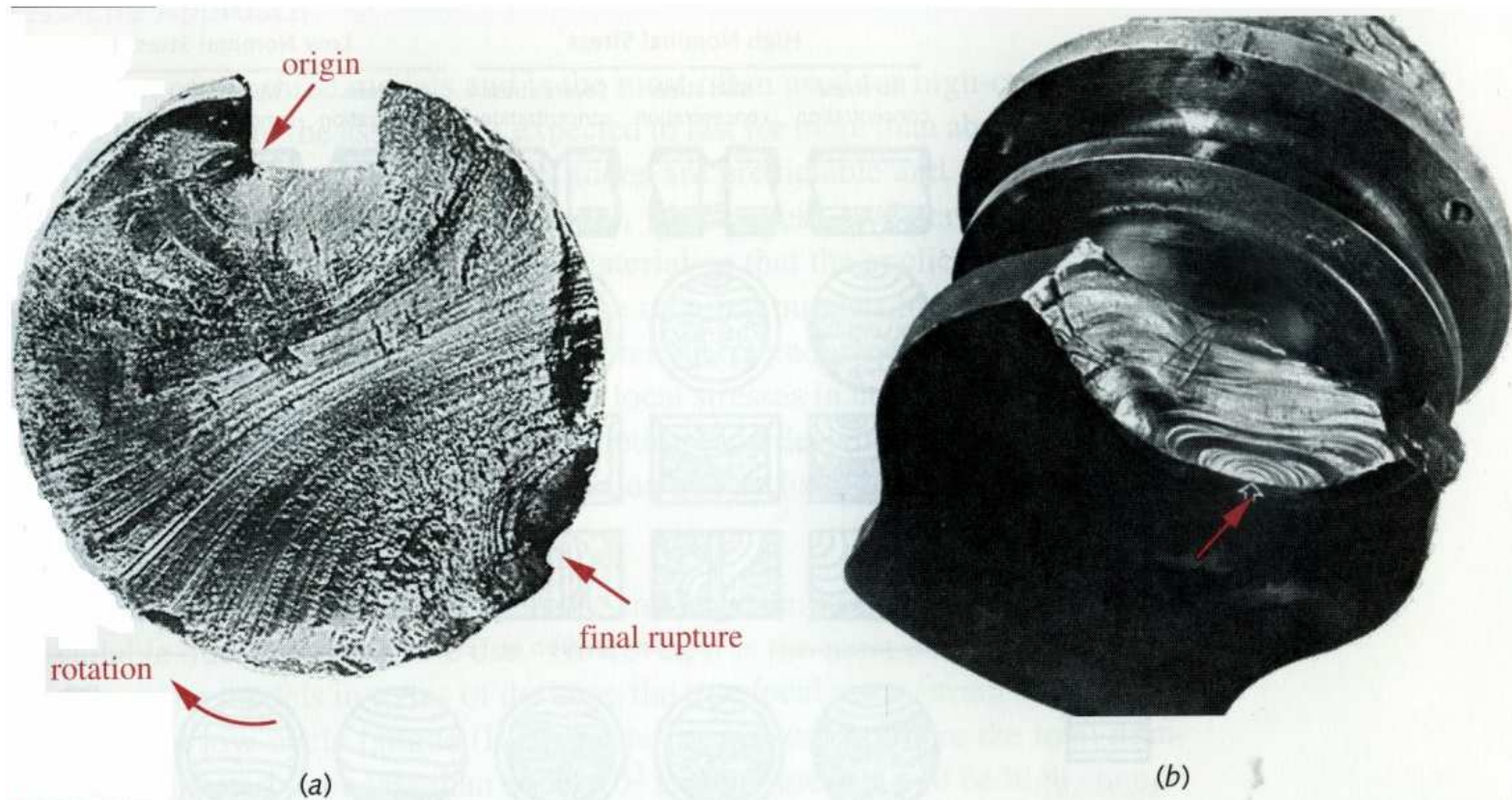


Úvod do únavového poškození



Historie

Table 6-1 Chronology of Fatigue Failure Research Events and Accomplishments

Source: "Fracture Mechanics & Fatigue," Union College, 1992, with permission

| Year | Researcher | Event or Accomplishment |
|------|-------------------|---|
| 1829 | Albert | First to document failure due to repeated loads. |
| 1839 | Poncelet | First to use the term fatigue. |
| 1837 | Rankine | Discusses the crystallization theory of fatigue. |
| 1849 | Stephenson | Discusses the product liability associated with railway-axle fatigue failures. |
| 1850 | Braithwaite | First uses the term fatigue in an English publication and discusses the crystallization theory. |
| 1864 | Fairbairn | Reports the first experiments with repeated loads. |
| 1871 | Wohler | Publishes results of 20 years of investigation into axle failures, develops the rotating bending test and the S-N diagram, and defines the endurance limit. |
| 1871 | Bauschinger | Develops a mirror extensometer with 10^{-6} sensitivity and studies inelastic stress-strain. |
| 1886 | Bauschinger | Proposes a cyclic "natural elastic limit" below which fatigue would not occur. |
| 1903 | Ewing/Humfrey | Discover slip lines, fatigue cracks, and crack growth to failure, disproving the crystallization theory. |
| 1910 | Baird | Verifies Bauschinger's theory of a natural elastic limit and Wohler's endurance limit. |
| 1910 | Basquin | Develops the exponential law of endurance tests (the Basquin equation). |
| 1915 | Smith/Wedgewood | Separate cyclic plastic strain from total plastic strain. |
| 1921 | Griffith | Develops fracture criteria and relates fatigue to crack growth. |
| 1927 | Moore/Kommers | Quantify high-cycle-fatigue data for many materials in "The Fatigue of Metals." |
| 1930 | Goodman/Soderberg | Independently determine the influence of mean stresses on fatigue. |
| 1937 | Neuber | Publishes the Neuber equation for strain concentration in notches (English translation in 1946). |
| 1953 | Peterson | Publishes "Stress Concentration Design Factors" providing an approach to account for notches. |
| 1955 | Coffin/Manson | Independently publish the strain-based low-cycle-fatigue law (Coffin-Manson law). |
| 1961 | Paris | Publishes the fracture-mechanics Paris law for fatigue-crack growth. |

1923 Palmgren

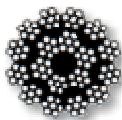
Kumulativní

poškození

1949 Irwin

1957 Irwin

K-koncepce



**Ústav
konstruování**

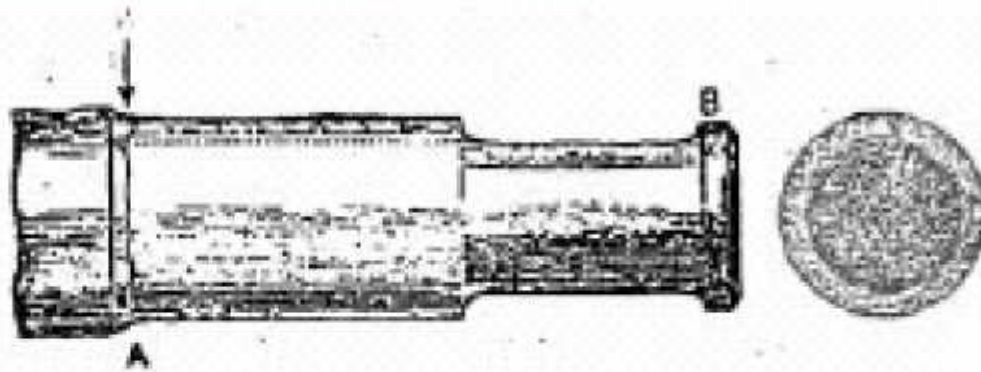
Úvod do únavového poškození

Pavel Hutař, Luboš Náhlík

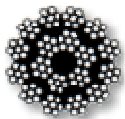
r. 1843



William Rankine
2.7.1820, Edinburgh, Scotland



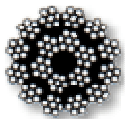
Rankine hovoří o „krystalizaci“ materiálu během opakovaného zatěžování, díky níž se materiál stává křehkým.



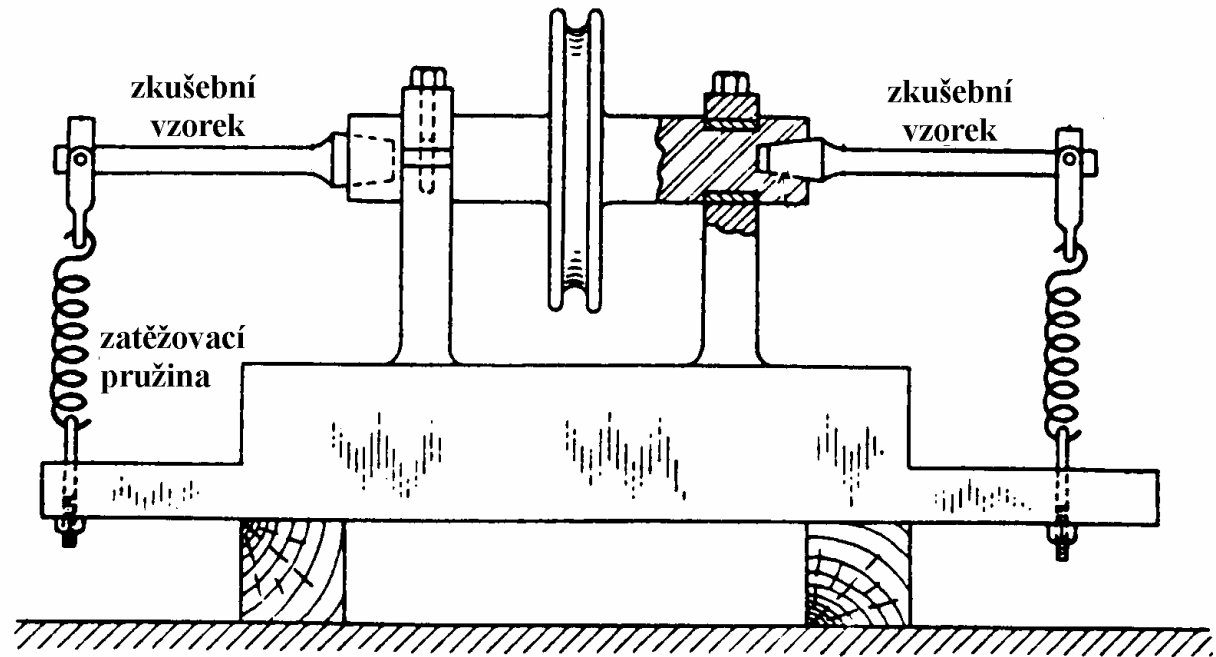
r. 1850 F. Braithwaite – pojem „únava kovů“

Institute of Civil Engineers, F. Braithwaite 1854

"...the iron girders were never strong enough to withstand the *fatigue* caused by intermittent loading of the vessel... the repeated action of deflection and rising towards its original position... deteriorated the metal, and, ultimately the girders broke... There are reasons for believing that many of the appalling, and apparently unaccountable accidents on railways, and elsewhere, are attributable to that progressive action which may be termed, the "*fatigue of metals*".

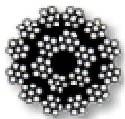


po r. 1850 Wöhler

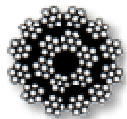
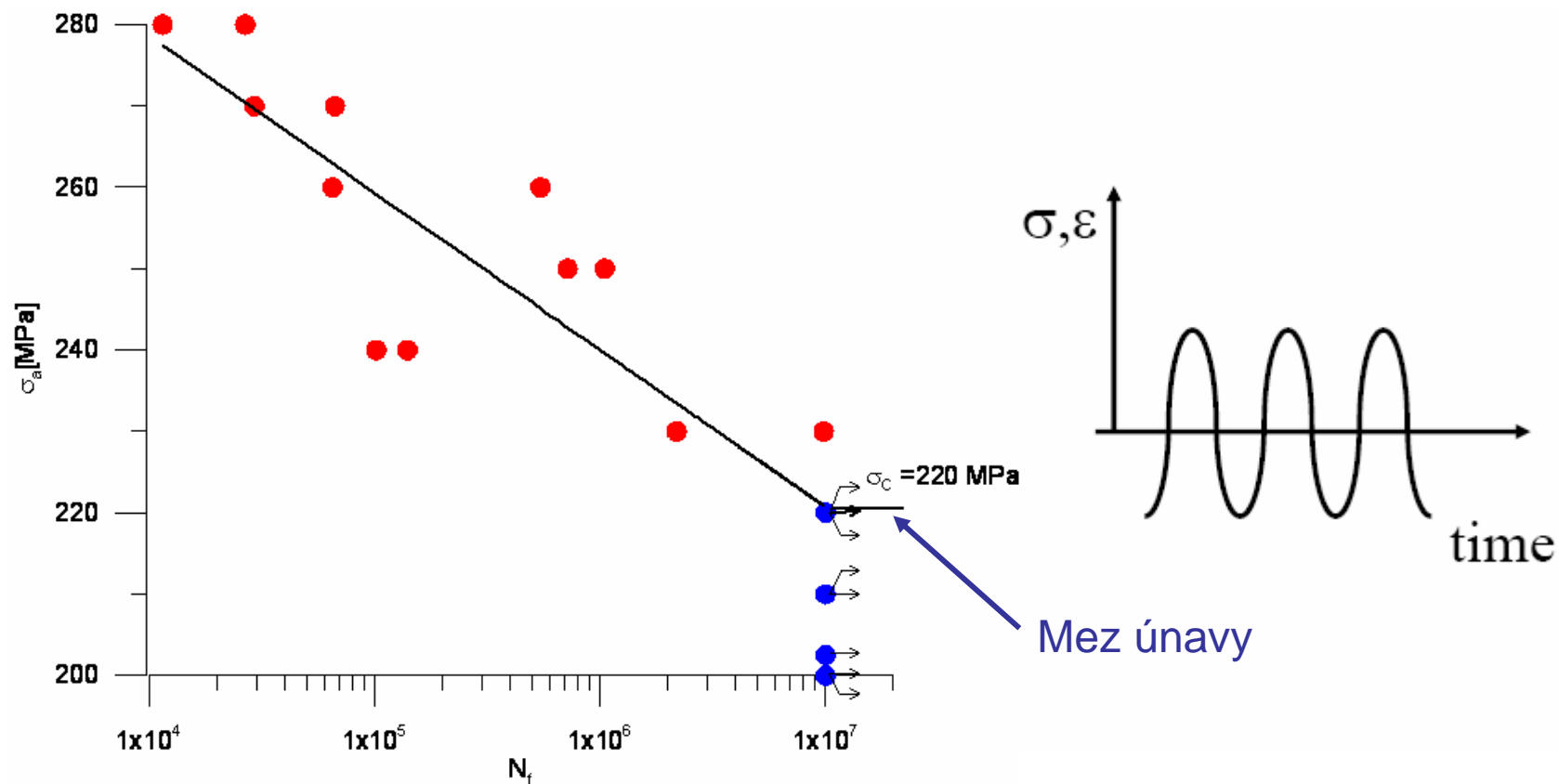


- Ocel se poruší při zatížení nižším než je její elastický limit (mez kluzu) při dostatečném množství zatěžovacích cyklů.
- Rozkmit napětí, více než maximální zatížení, určuje počet cyklů do lomu.

- Existuje mezní hodnota rozkmitu napětí pod jejíž úrovní součást vydrží neomezený počet zátěžných cyklů (mez únavové pevnosti).
- Se zvyšujícím se maximálním zatížením tato mezní hodnota klesá.



S – n křivka (Wöhler)



r. 1903 Ewing a Humphray

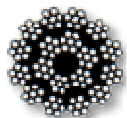
Popis podstaty únavového porušování (vyvrácení předchozích mylných představ Rankina).

The Fracture of Metals under Repeated Alterations of Stress

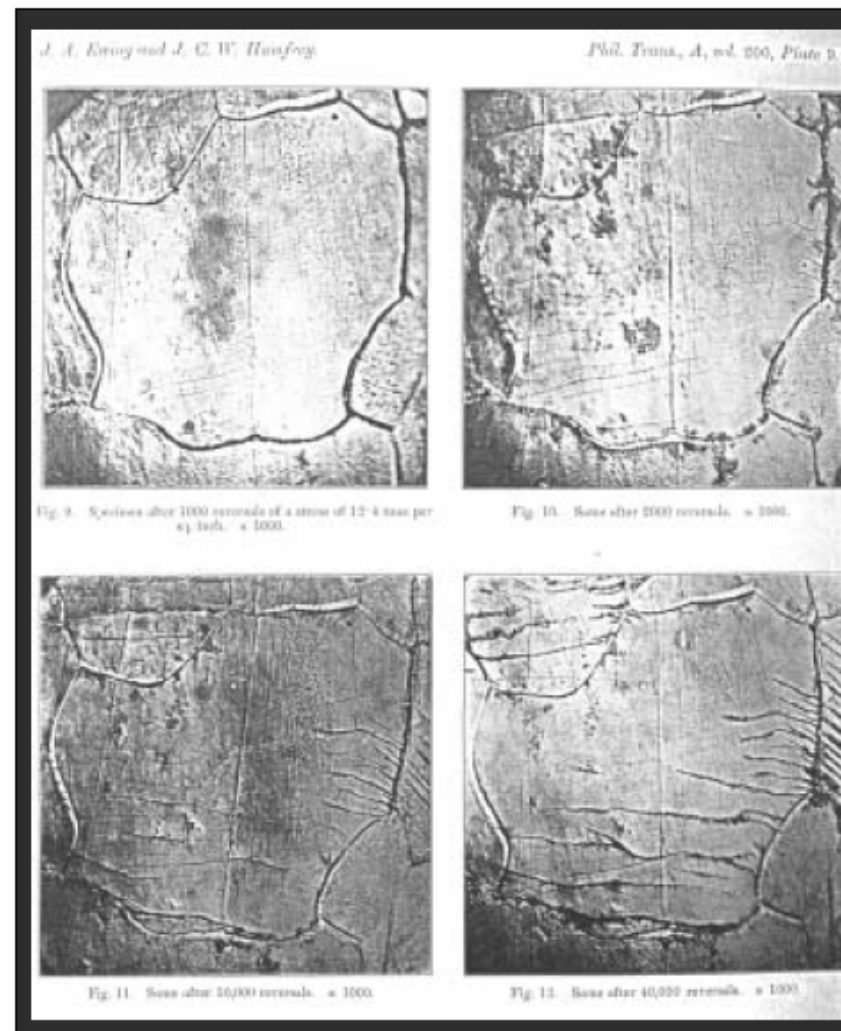
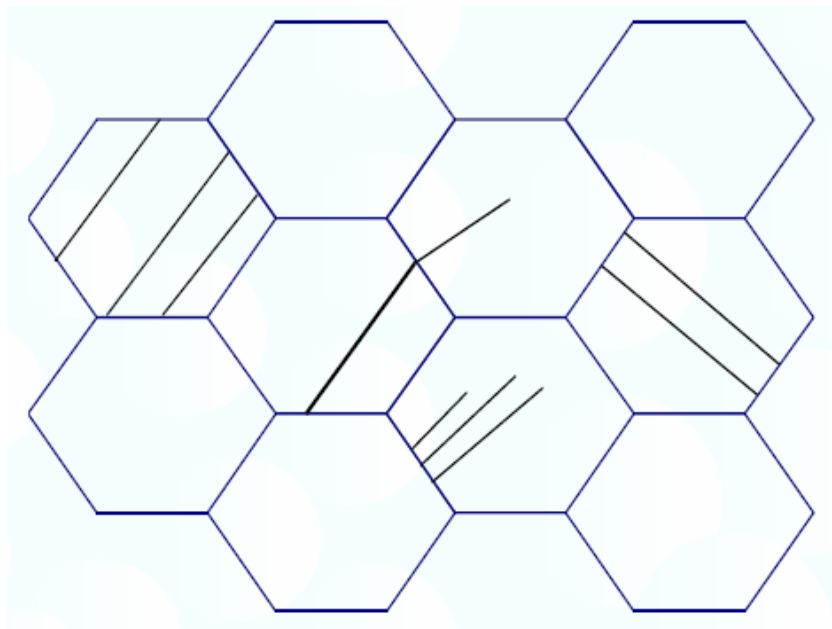
“The course of breakdown was as follows: ... slip lines on some of the crystals ... they changed into comparatively wide bands ... broadening continued, and some parts of the surface became almost covered with dark markings ... it was found that some of the crystals had cracked... they were first seen on a single crystal (grain), but soon they joined up from crystal to crystal, until finally a long continuous crack was developed across the surface of the specimen”.

Lom kovů při opakované změně zatížení

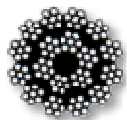
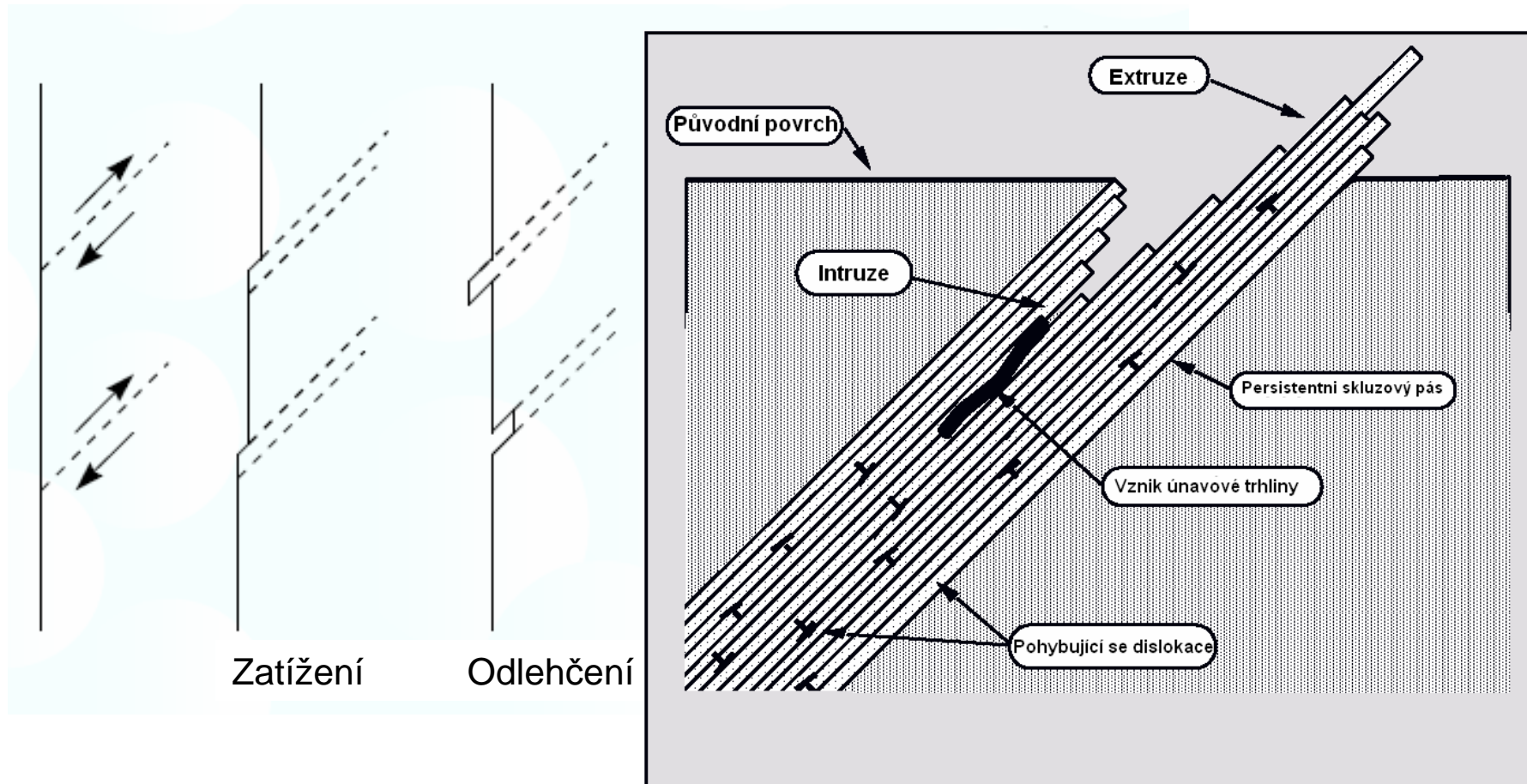
“Proces porušení byl následovný: ... skluzové čáry v některých krystalech ... se přeměnily v poměrně široké pásy ... postupně se dále rozšiřovaly a části povrchu se pokryly tmavými čarami ... to byly znaky, že došlo k porušení (lomu) některých krystalů... nejdříve se jednalo pouze o jednotlivé osamocené krystaly (zrna), ale později takových zrn přibývalo, až nakonec na povrchu zkušebního tělesa vznikla dlouhá trhлина”.



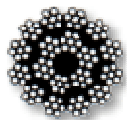
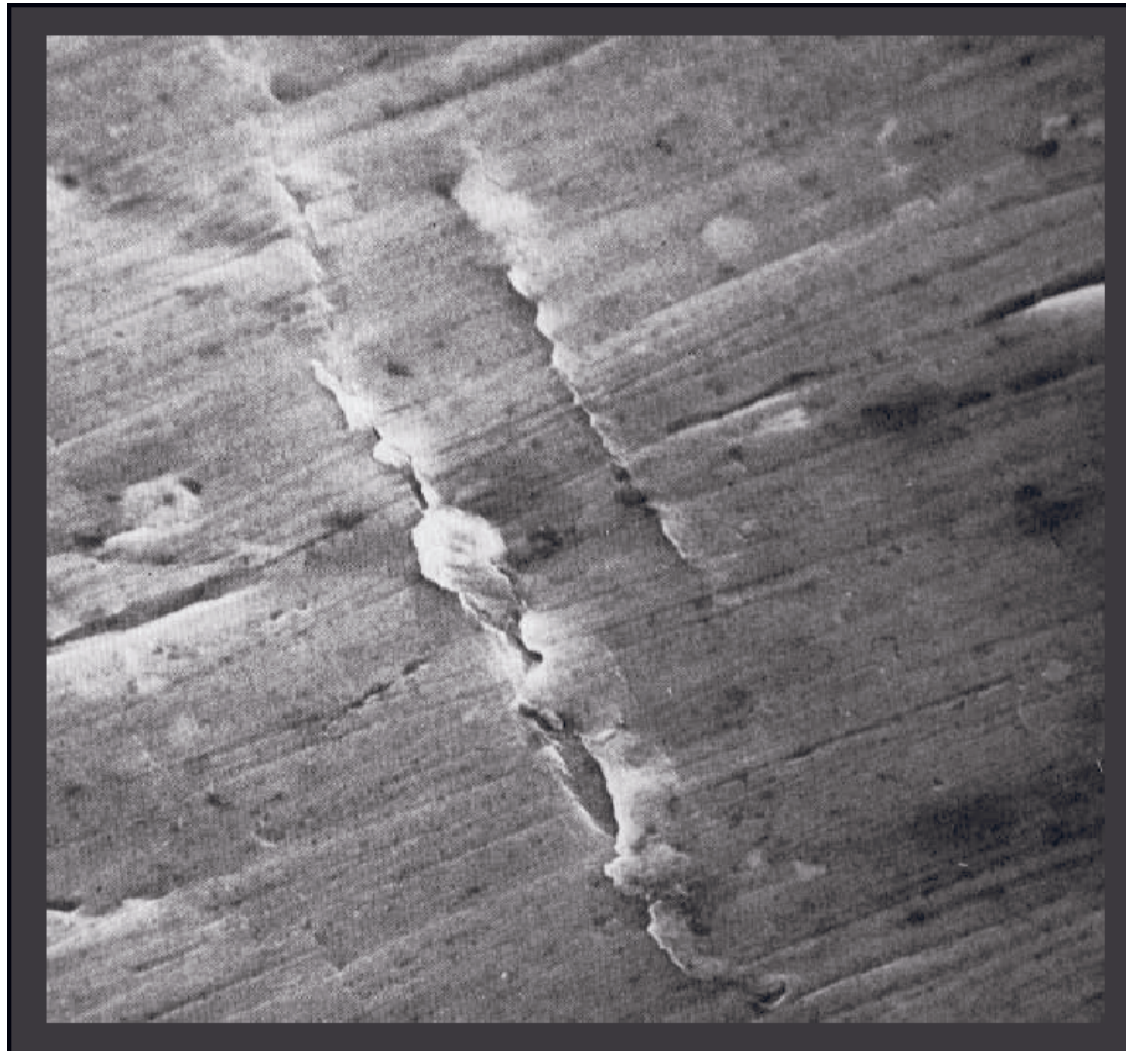
Proces únavového porušení



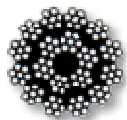
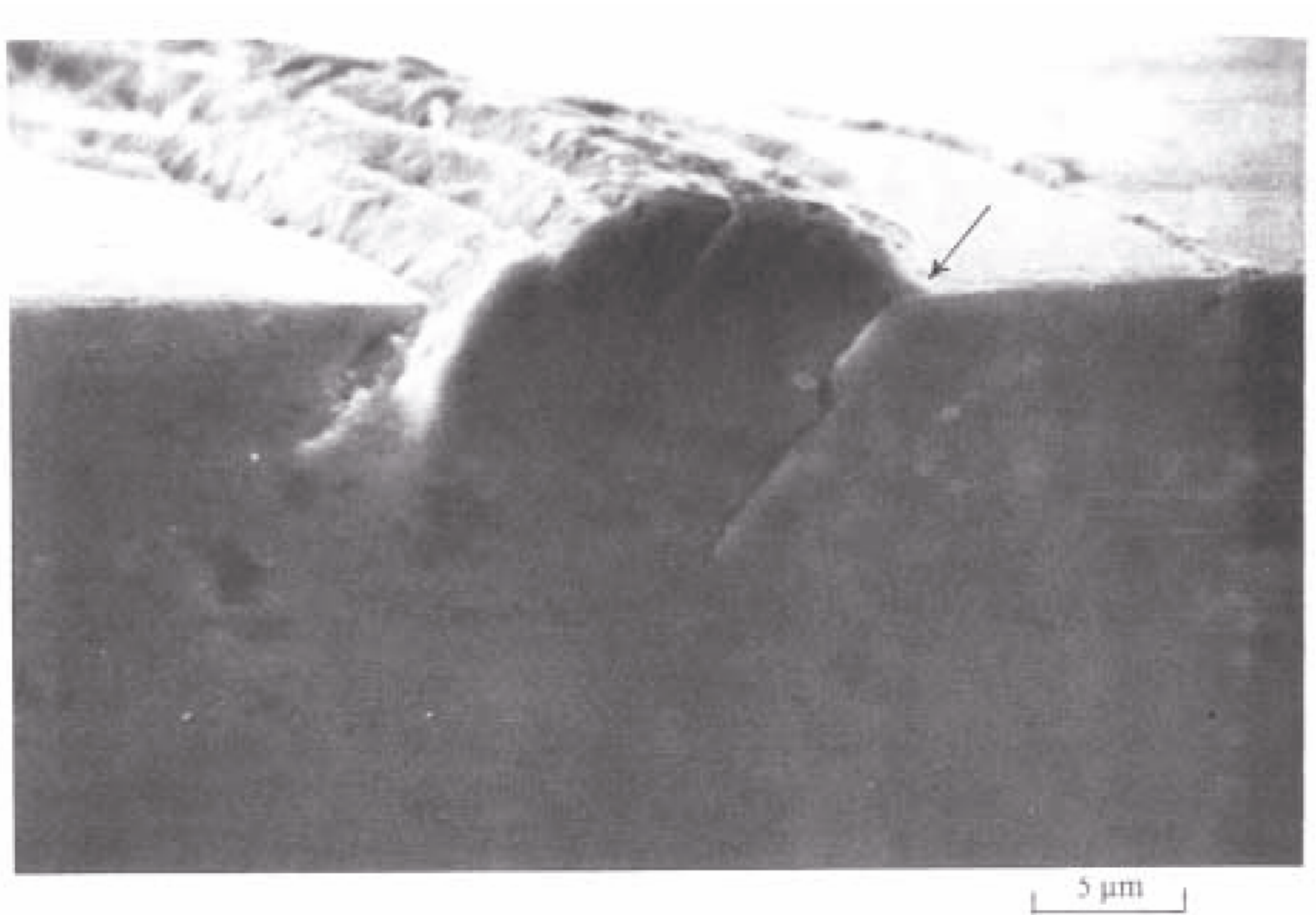
Proces únavového porušení



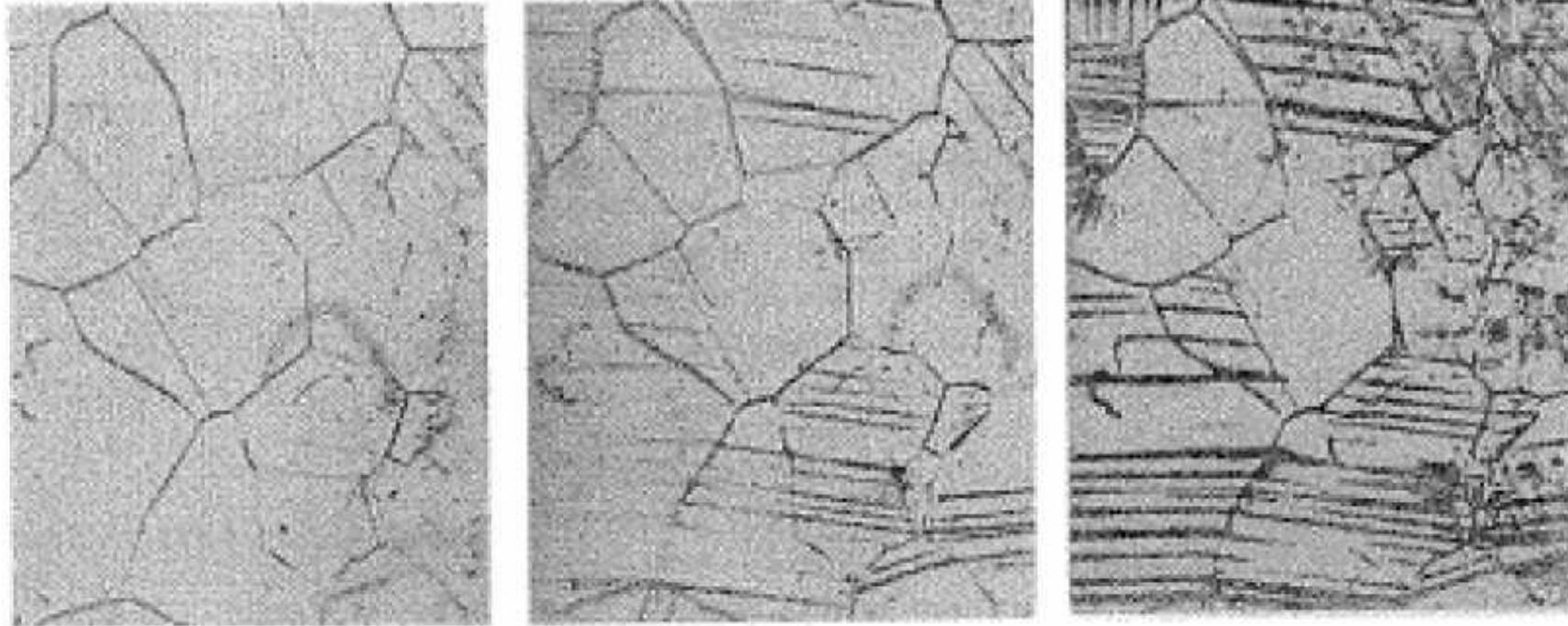
Proces únavového porušení



Proces únavového porušení



Proces únavového porušení



Proces únavového porušení

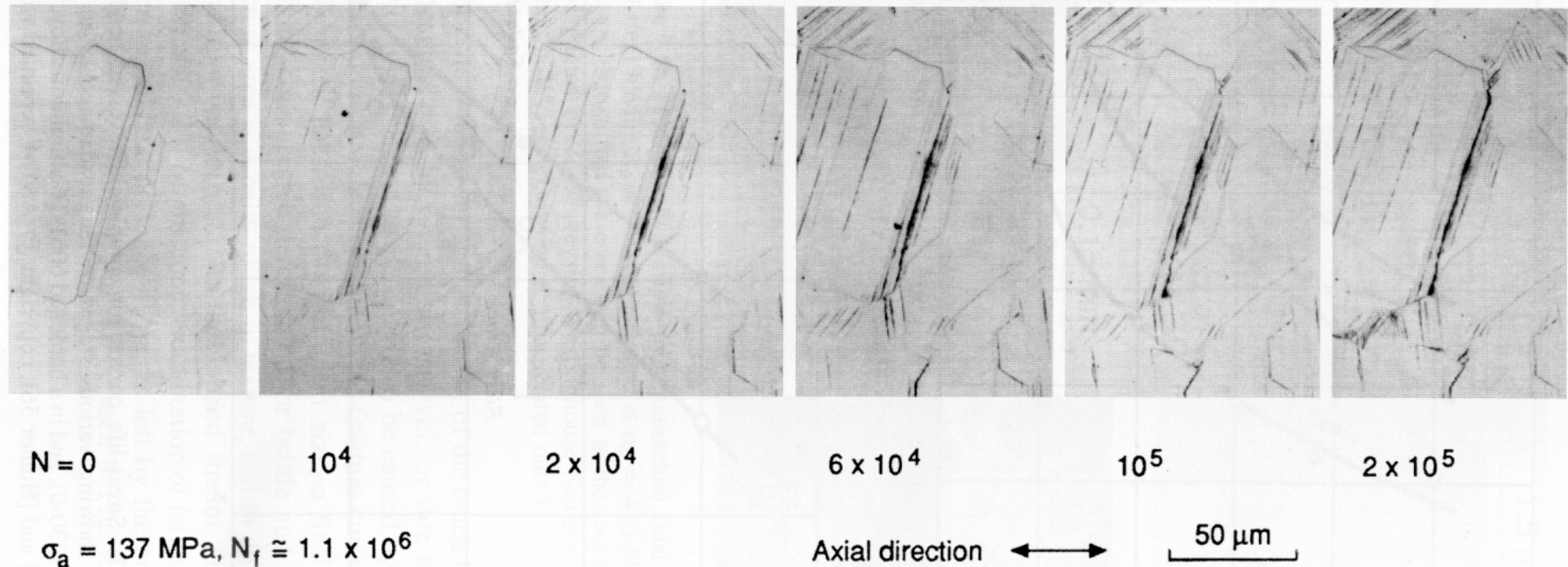
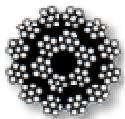
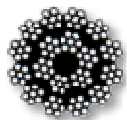
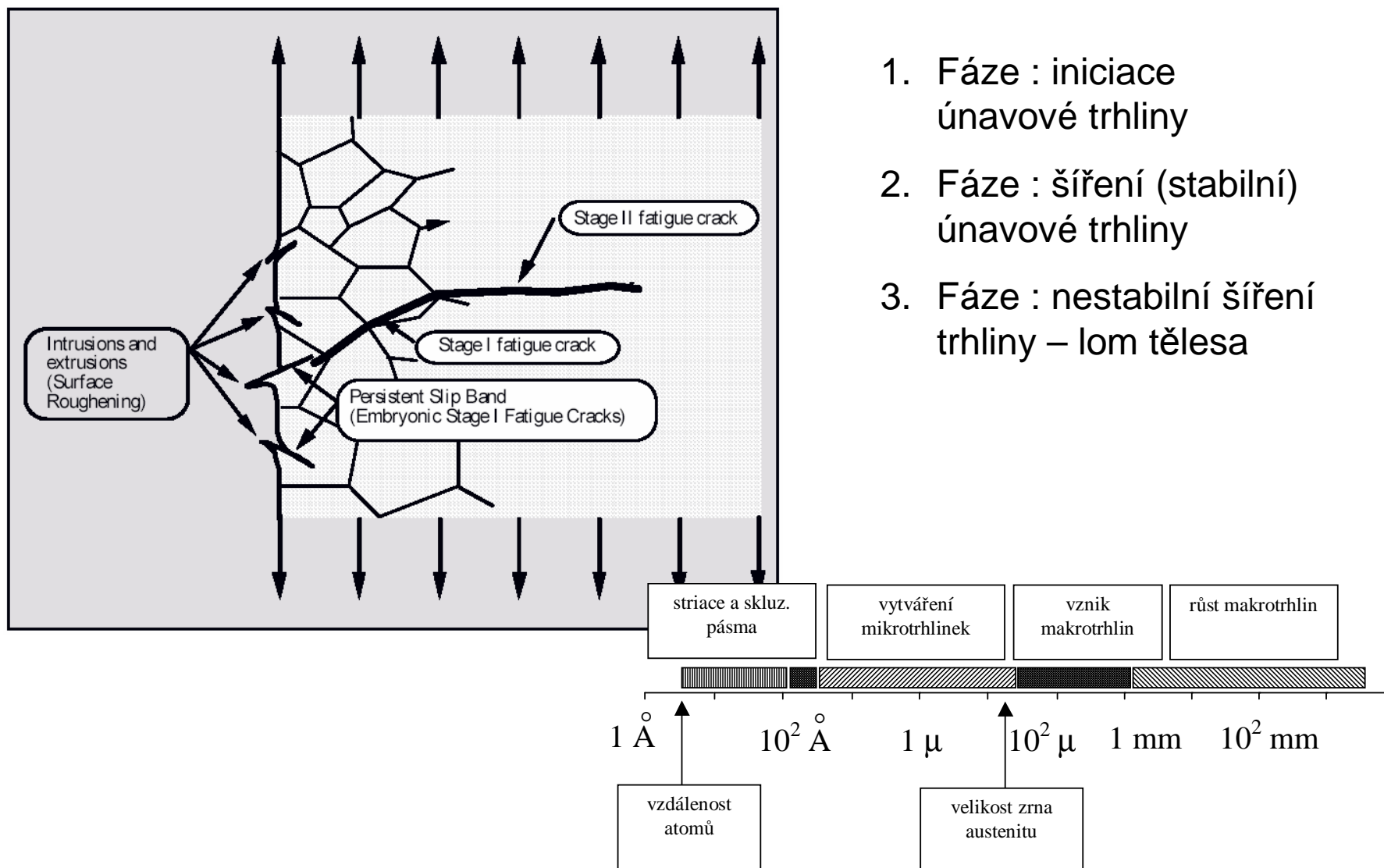


Figure 9.16 The process of slip band damage during cyclic loading developing into a crack in an annealed 70Cu-30Zn brass. (Photos courtesy of Prof. H. Nisitani, Kyushu Sangyo University, Fukuoka, Japan. Published in [Nisitani 81]; reprinted with permission from *Engineering Fracture Mechanics*, Pergamon Press, Oxford, UK.)



Proces únavového porušení



Proces únavového porušení

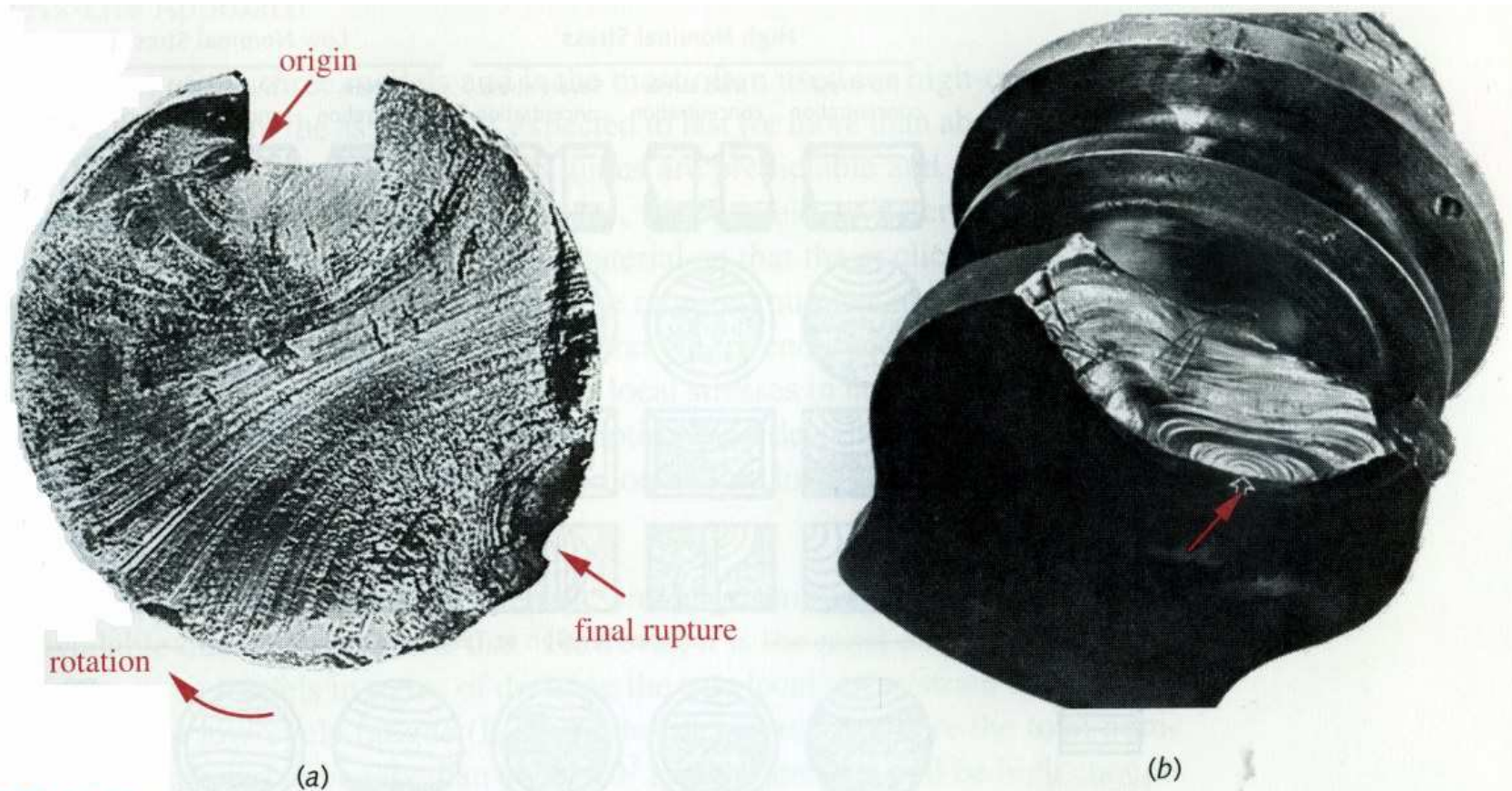
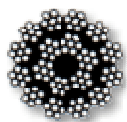
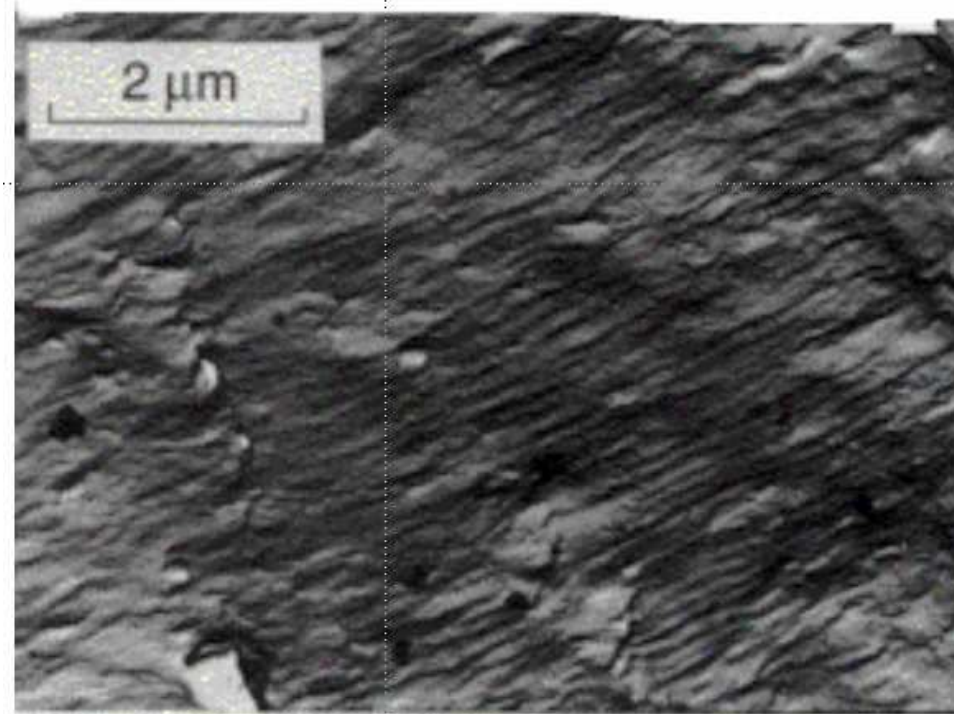
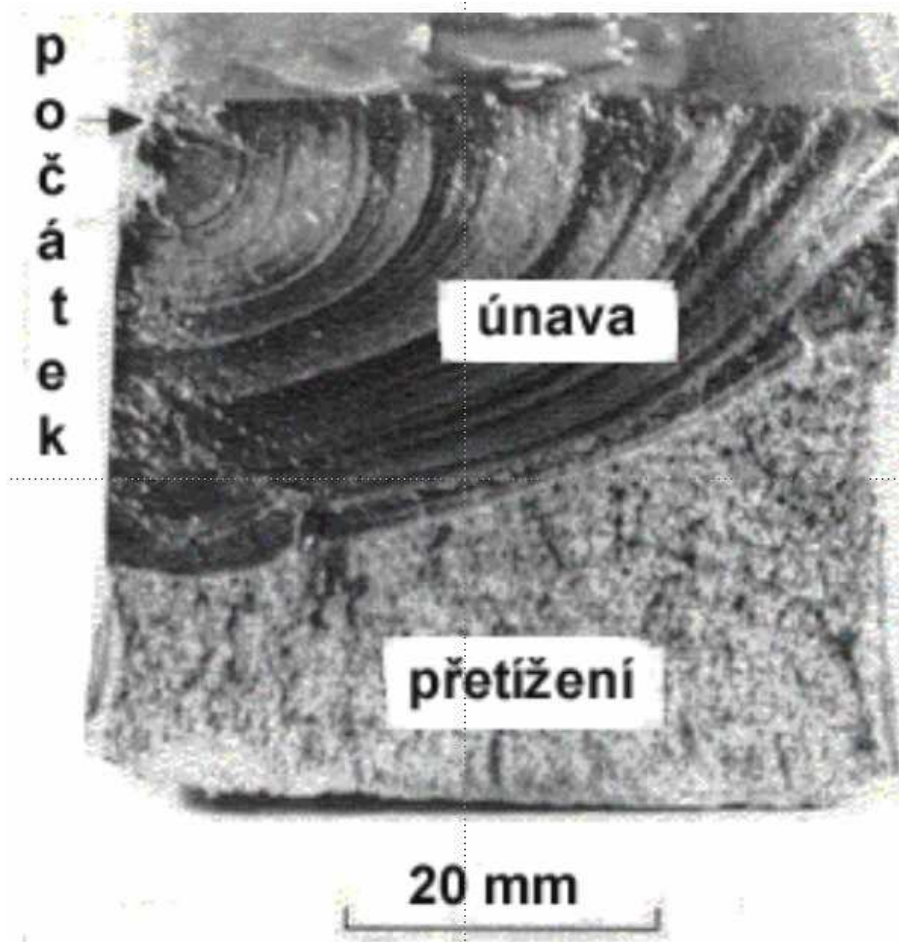


FIGURE 6-4

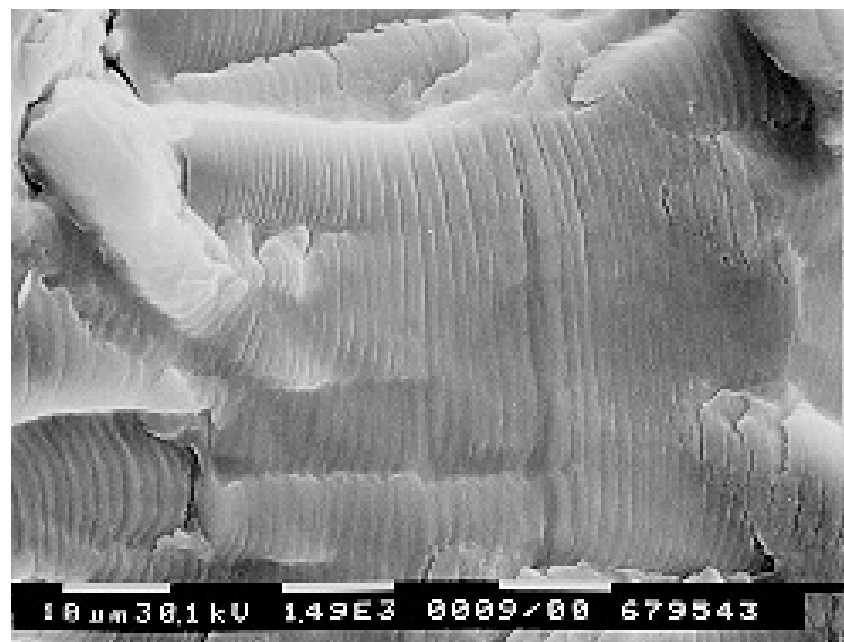
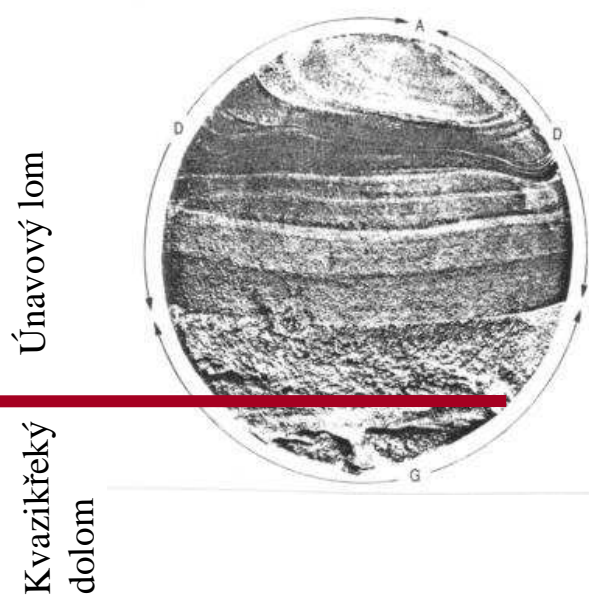
Two Parts That Failed in Fatigue. Note the Beachmarks: (a) 1040 Steel Keyed Shaft Failed in Rotating Bending. Crack Started at Keyway. (b) Diesel-Engine Crankshaft Failed in Combined Bending and Torsion. Crack Started at Arrow. (Source: D. J. Wulpi, *Understanding How Components Fail*. Am. Soc. for Metals: Metals Park, Ohio, 1990, Fig. 22, p. 149, and Fig. 25, p. 152.)



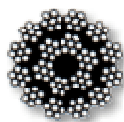
Proces únavového porušení



Proces únavového porušení



Převzato z prezentace prof. M. Růžičky



Proces únavového porušení

Únava materiálu: pojednává o vzniku trhlin a jejich šíření díky cyklickému zatěžování.

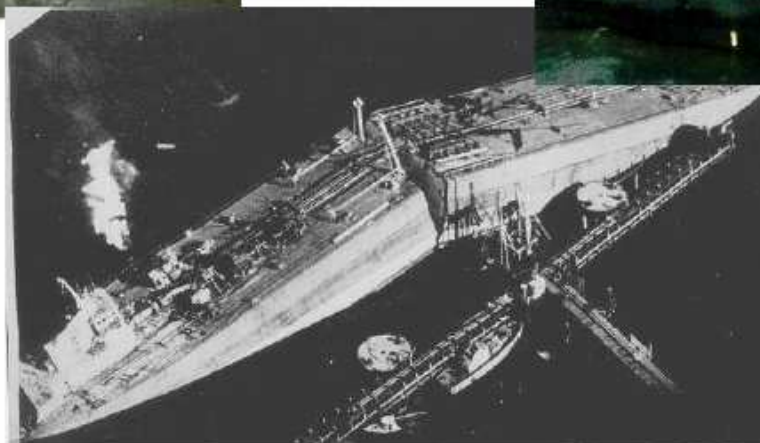
Únavová životnost = Počet zatěžovacích cyklů do iniciace trhliny + Počet zatěžovacích cyklů do lomu tělesa



Propagation



Initiation



*Final
Collapse*



Lappeenranta University
of Technology

LUT Steel Structures Design – Gary B. Marquis

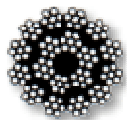
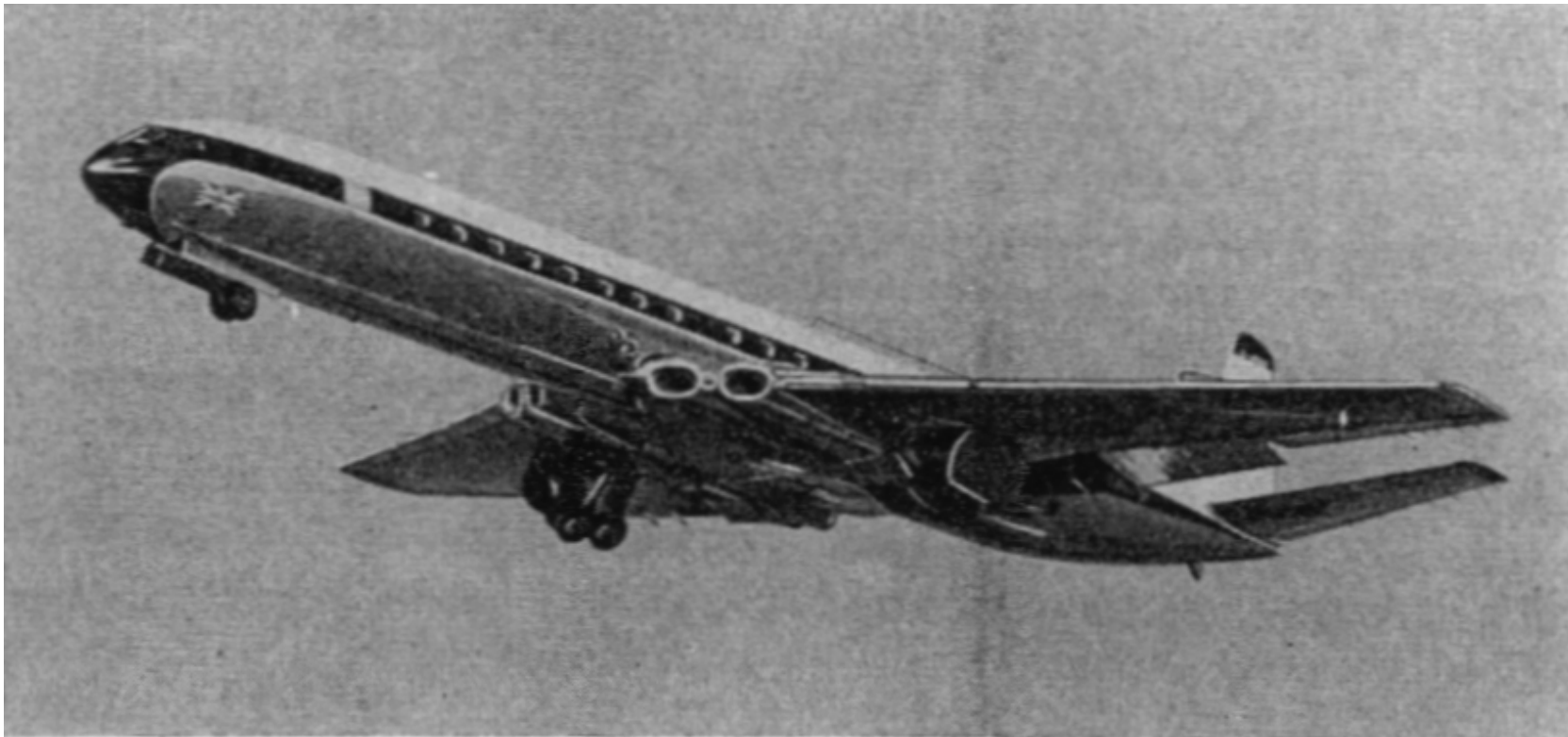


ústav
konstruování

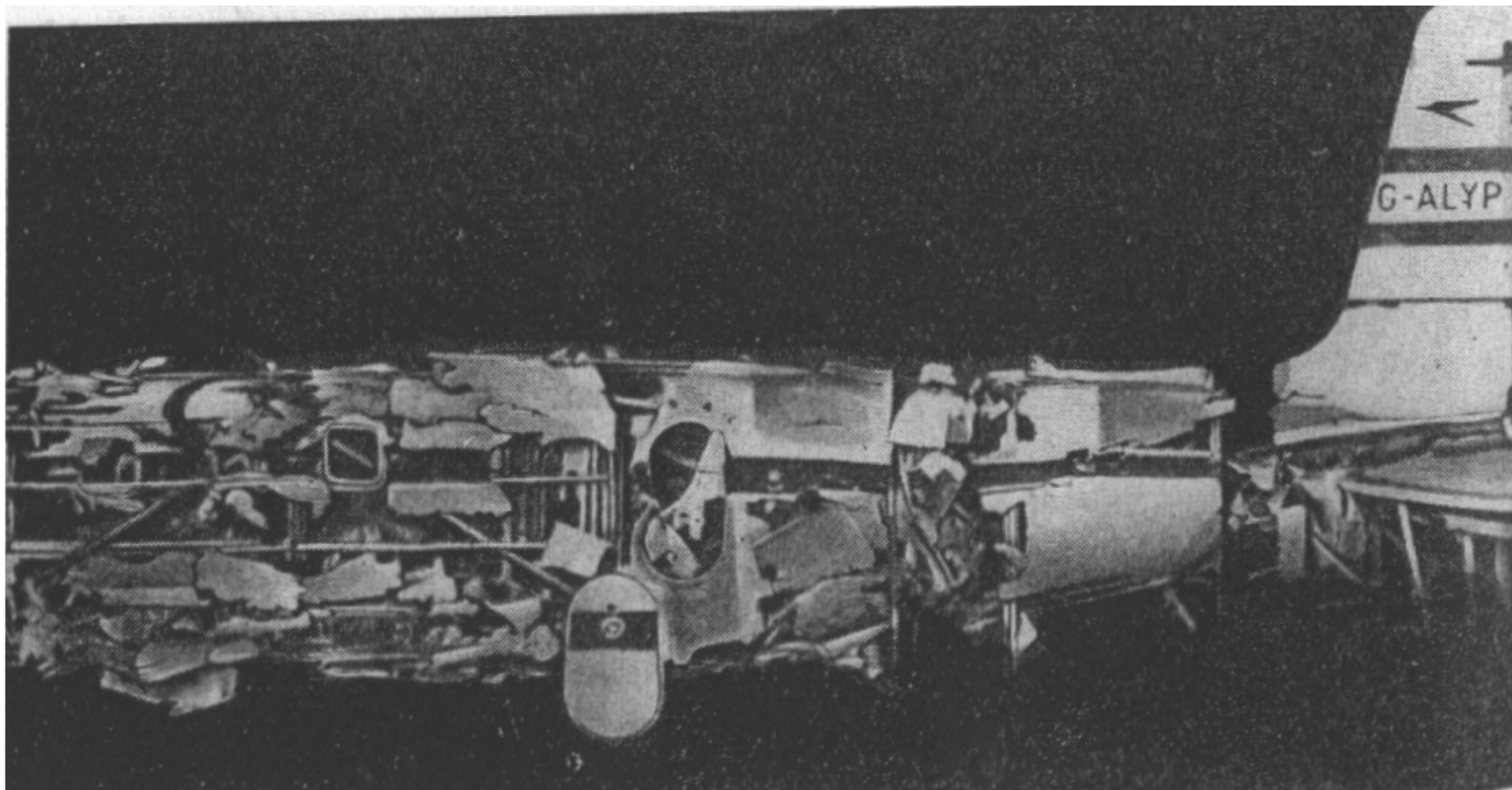
Úvod do únavového poškození

Pavel Hutař, Luboš Náhlík

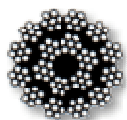
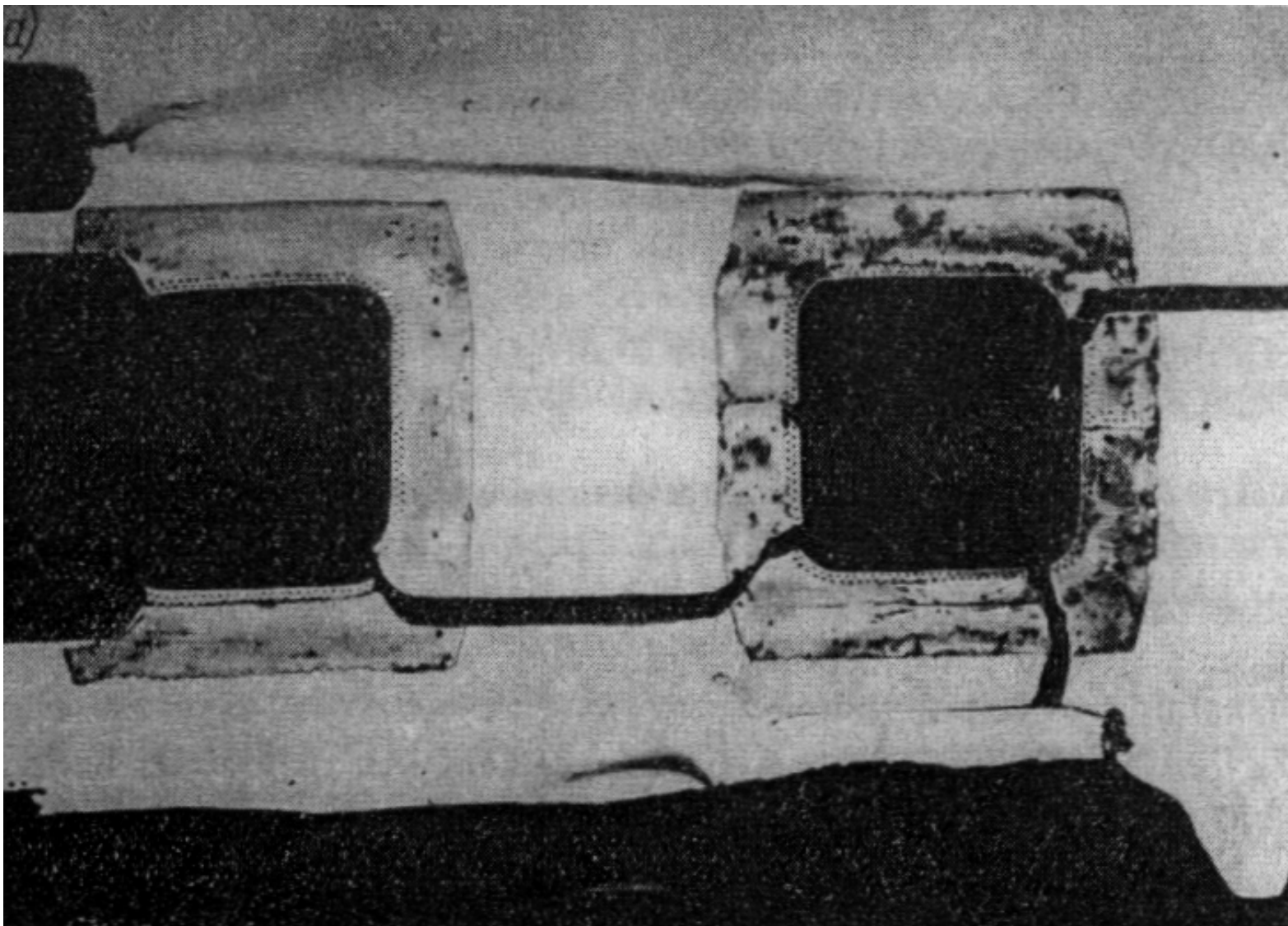
Letadlo Comet I - 1952



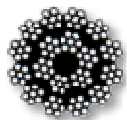
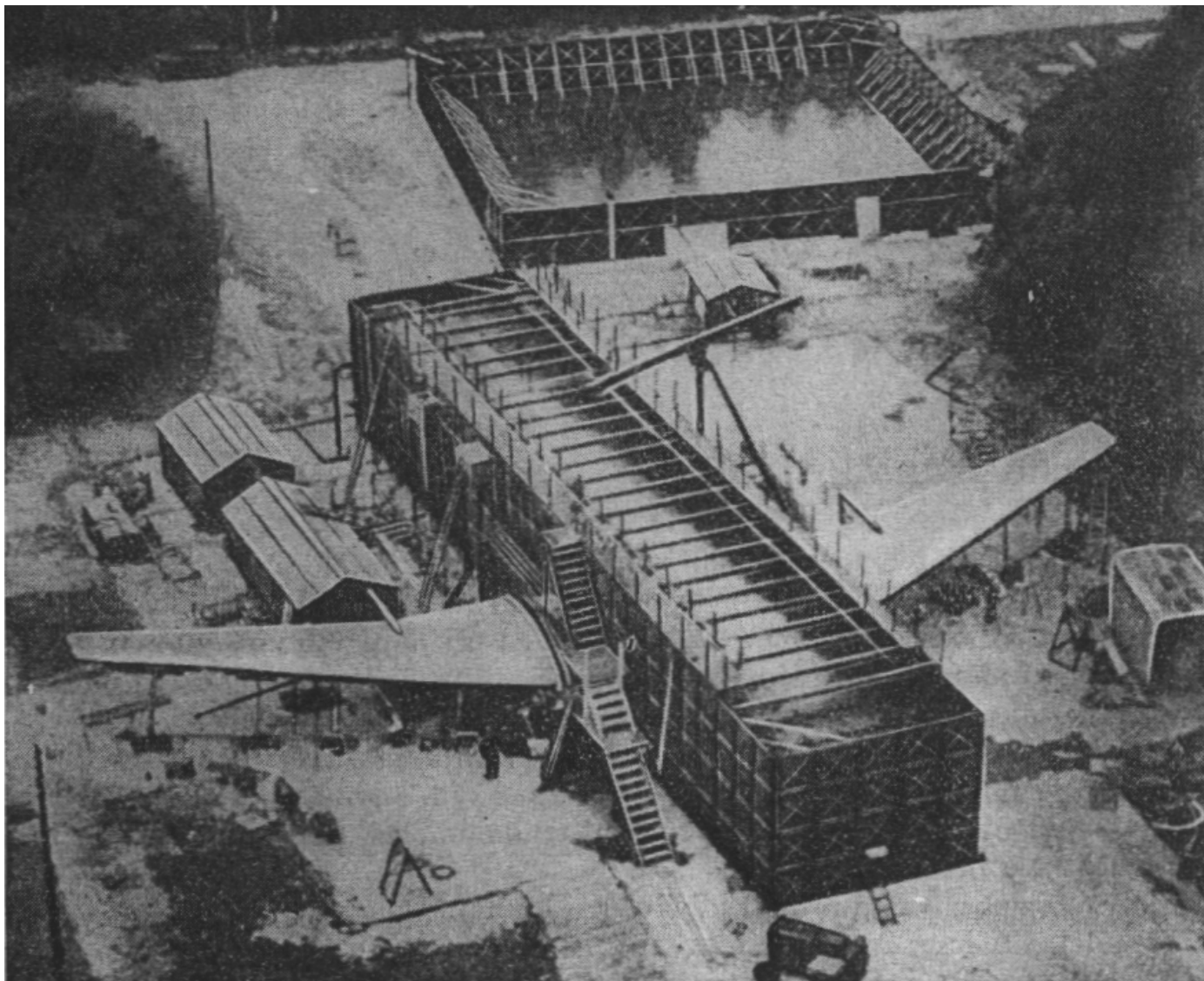
Únavové porušení - příklad



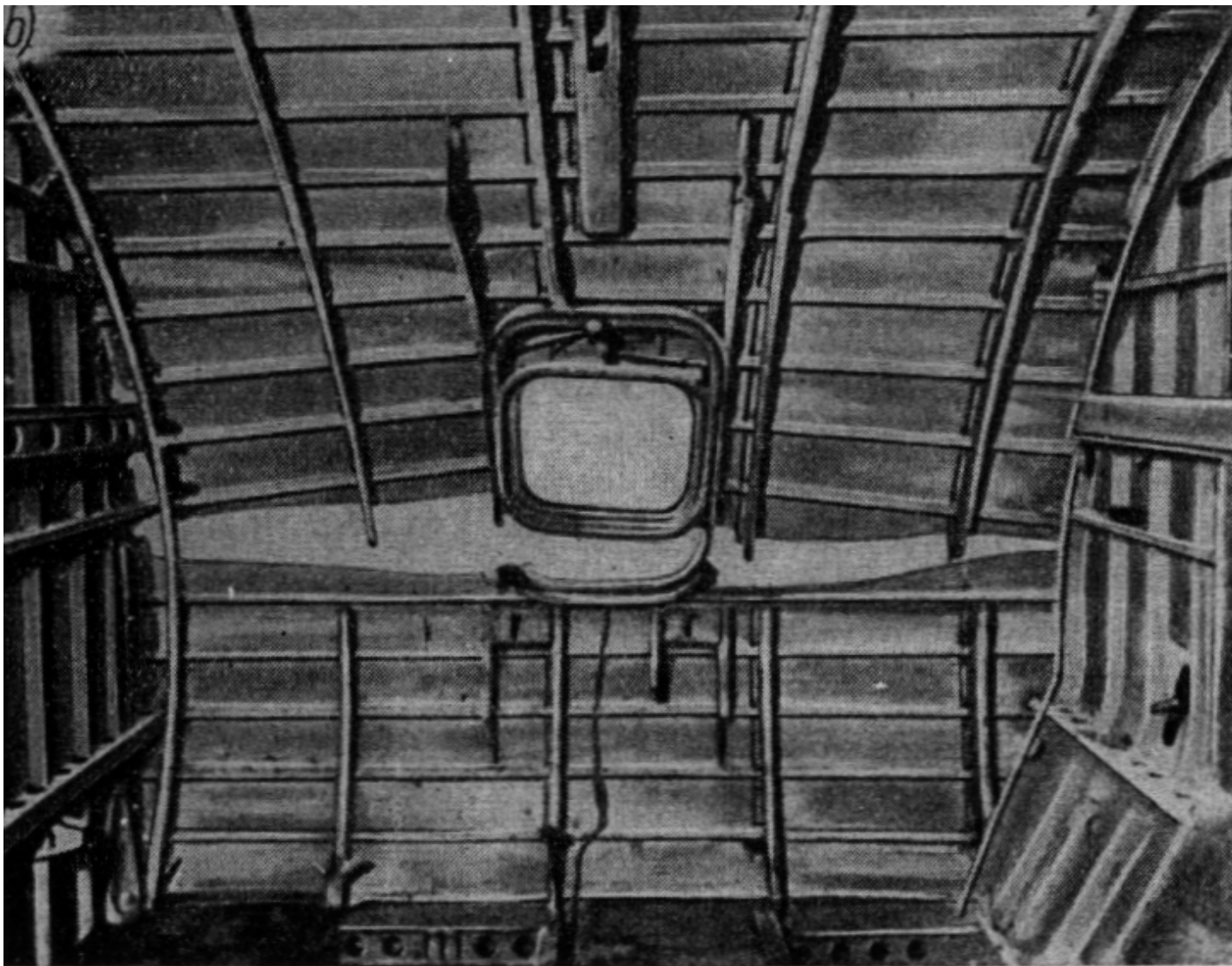
Únavové porušení - příklad



Únavové porušení - příklad



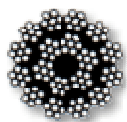
Únavové porušení - příklad



Únavové porušení - příklad



Let 243 Aloha Airlines, Boeing 737-200, 28.4.1988.



Únavové porušení - příklad

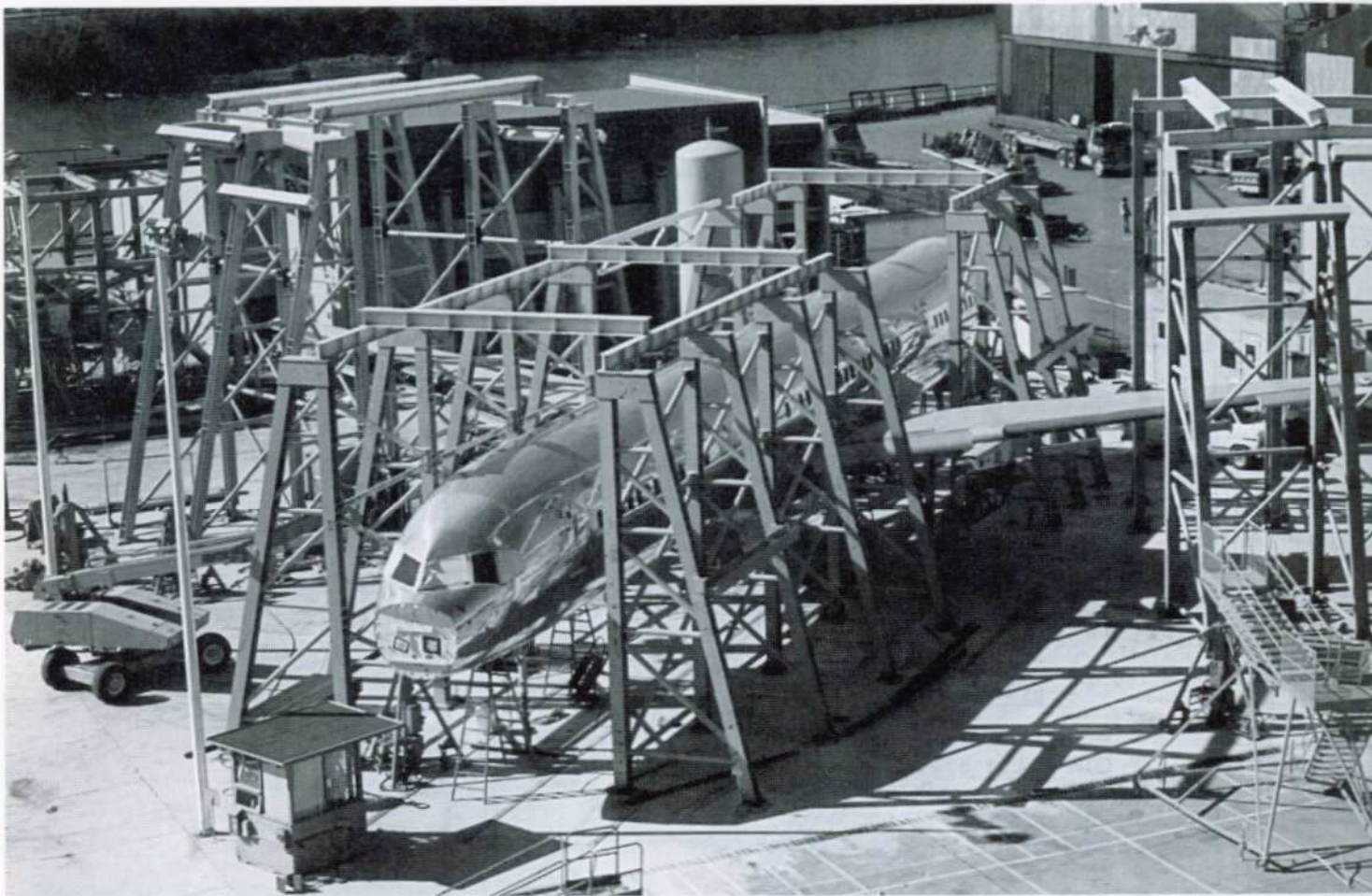
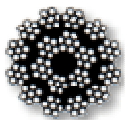


FIGURE 6-22

Boeing 757 Fatigue-Test Fixture for Wing and Fuselage Assemblies. (Courtesy of Boeing Commercial Airplane Co., Seattle, Wash.)



Where do we need Fatigue Design?

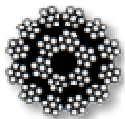


Machinery, Off-road, Transportation, Marine



Lappeenranta University
of Technology

LUT Fatigue Design – Gary B. Marquis

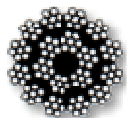
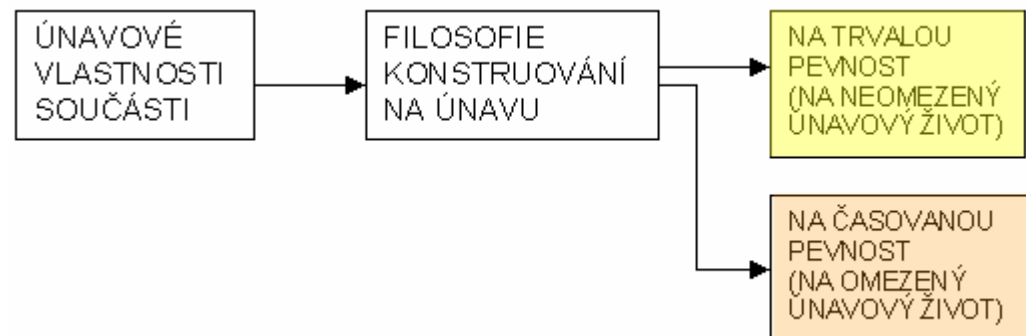


Přepočet mezi SI a anglosaskými jednotkami

| Quantity | SI Unit | U.S. Unit | SI Equivalent to U.S. Unit |
|--|---|---------------------------|----------------------------|
| Length | meter (m) | inch (in) | 0.0254 m |
| | millimeter (mm) | inch (in) | 25.4 mm |
| Force | newton (N) | pound (lb) | 4.448 N |
| | kilonewton (kN) | kilopound (kip) | 4.448 kN |
| Moment or Torque | N·m | lb·in | 0.1130 N·m |
| Energy | joule (J) = N·m | in·lb | 0.1130 J |
| | | ft·lb | 1.356 J |
| | | calorie (cal) | 4.19 J |
| Energy per Unit Volume | J/m ³ | in·lb/in ³ | 6895 J/m ³ |
| Stress or Pressure | pascal (Pa) = N/m ² | psi = lb/in ² | 6895 Pa |
| | MPa = MN/m ² = N/mm ² | ksi = kip/in ² | 6.895 MPa |
| Stress Intensity K of Fracture Mechanics | MPa√m | ksi√in | 1.099 MPa√m |



1. **Stress-life (S-n) přístup**
2. **Strain-life (ϵ -n) přístup**
3. **Lineární elastická lomová mechanika (LELM)**



S – N koncepce

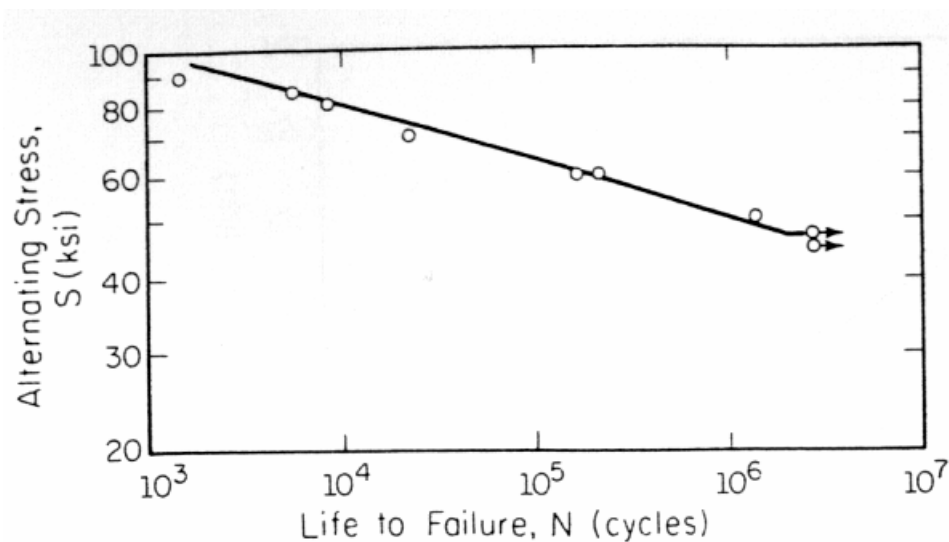


Figure 1.1 S–N curve for 1045 steel.

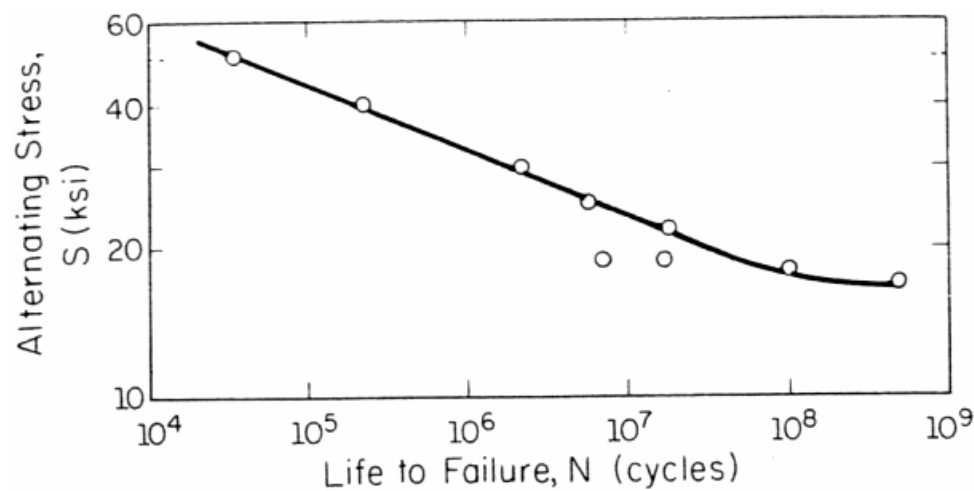
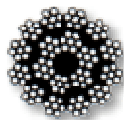


Figure 1.2 S–N curve for 2024-T4 aluminum. (Data from Ref. 1.)



S – N koncepce

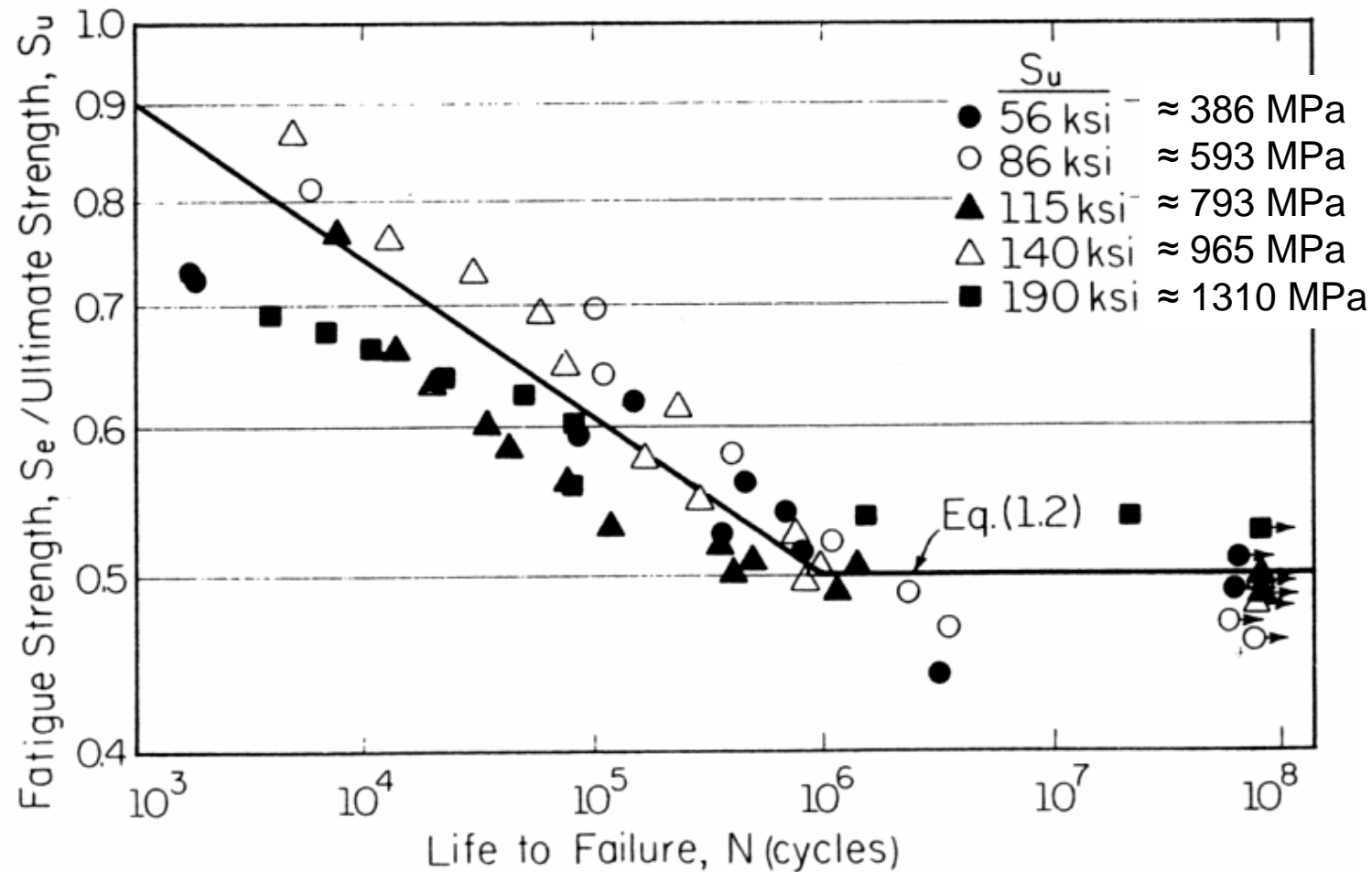
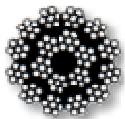


Figure 1.3 S – N curves for several wrought steels, plotted in ratio form (S_e/S_u).



S – N koncepte

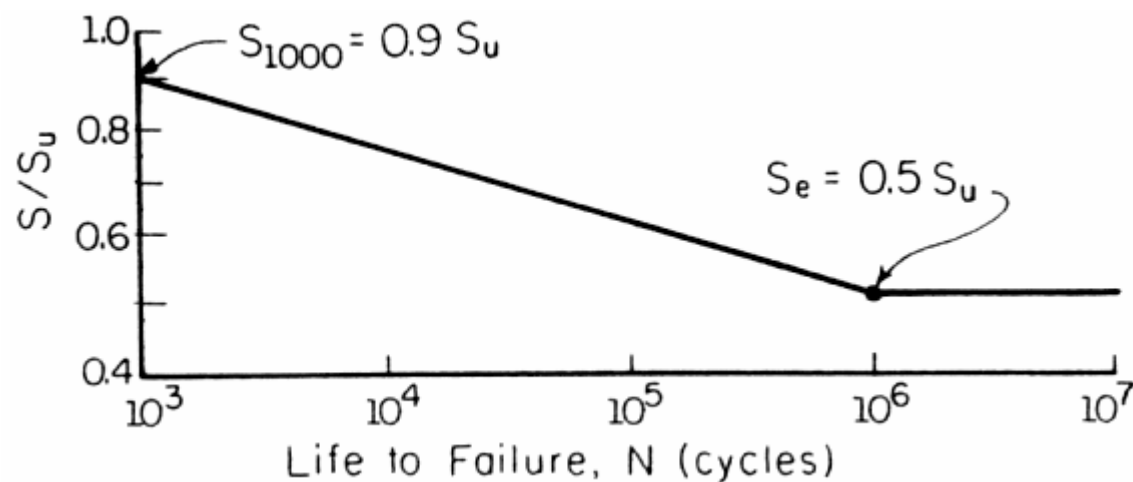
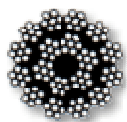
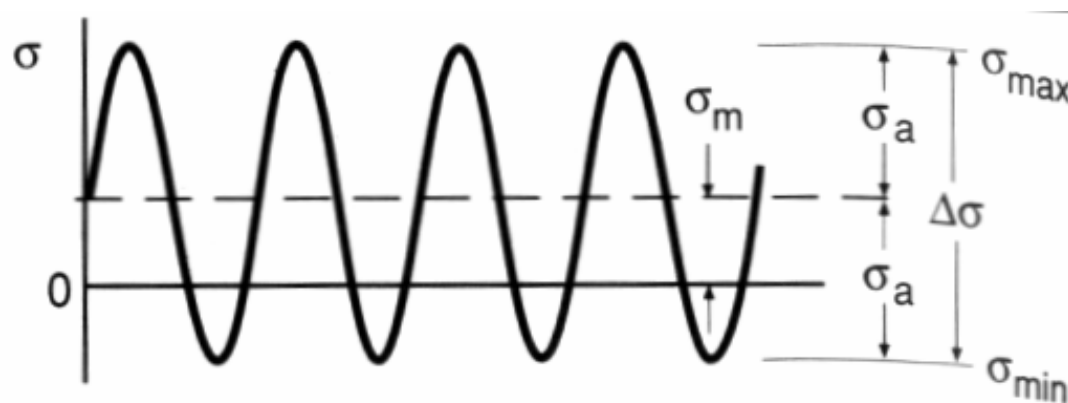


Figure 1.5 Generalized S – N curve for wrought steels on log–log plot.



Parametry popisující zatěžující cyklus



$$\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$$

rozkmít napětí (stress range)

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

amplituda napětí (stress amplitude)

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

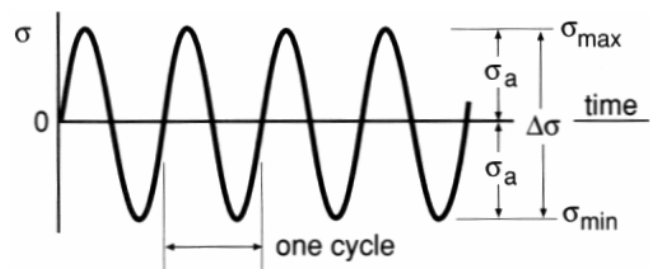
střední napětí (mean stress)

$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

parametr asymetrie cyklu (stress ratio)

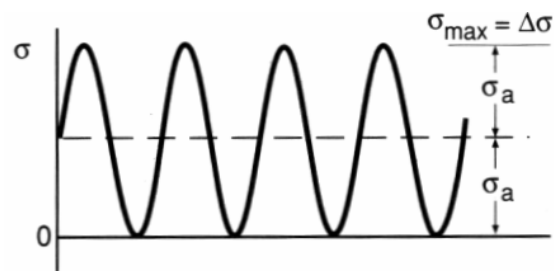
$$A = \frac{\sigma_a}{\sigma_m}$$

amplitudový poměr (amplitude ratio)



Souměrně střídavý cyklus:

$$R = -1 \quad A = \infty$$



Míjivý cyklus:

$$R = 0 \quad A = 1$$



Haighův diagram

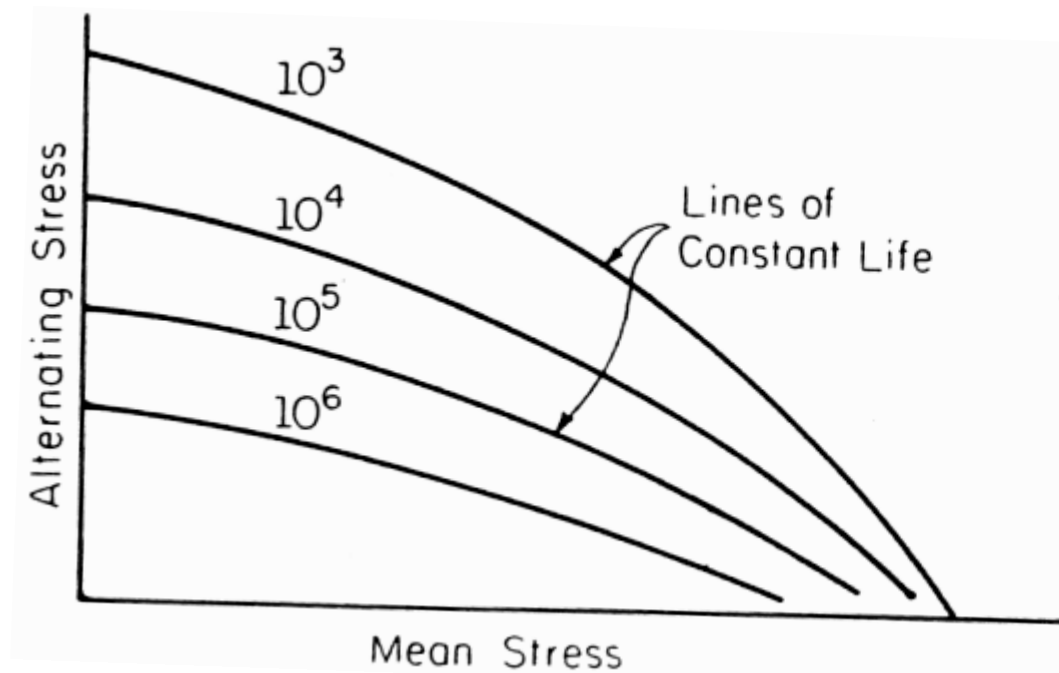
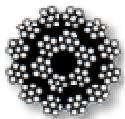


Figure 1.7 Haigh diagram.



Haighův diagram

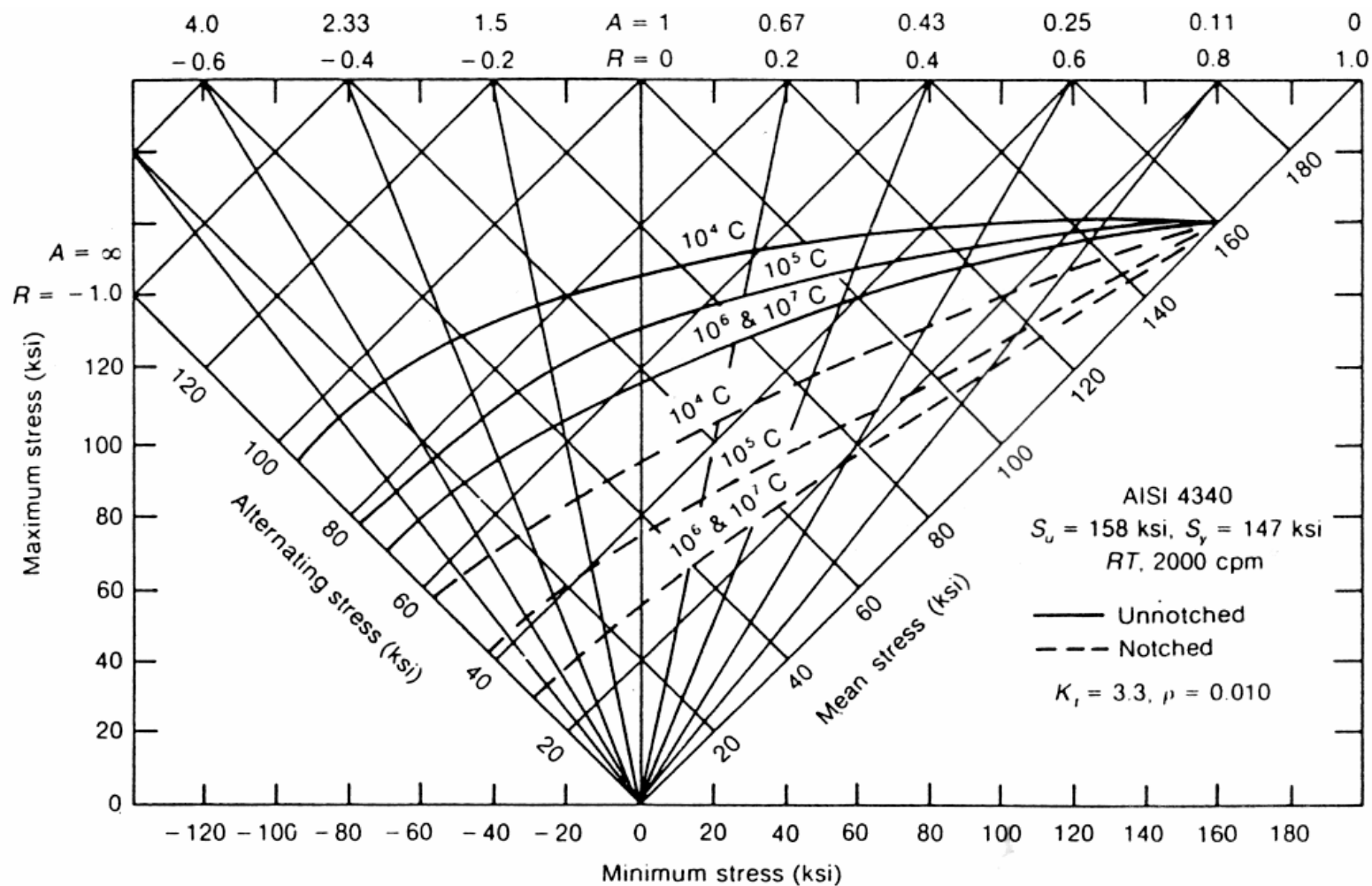
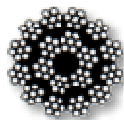
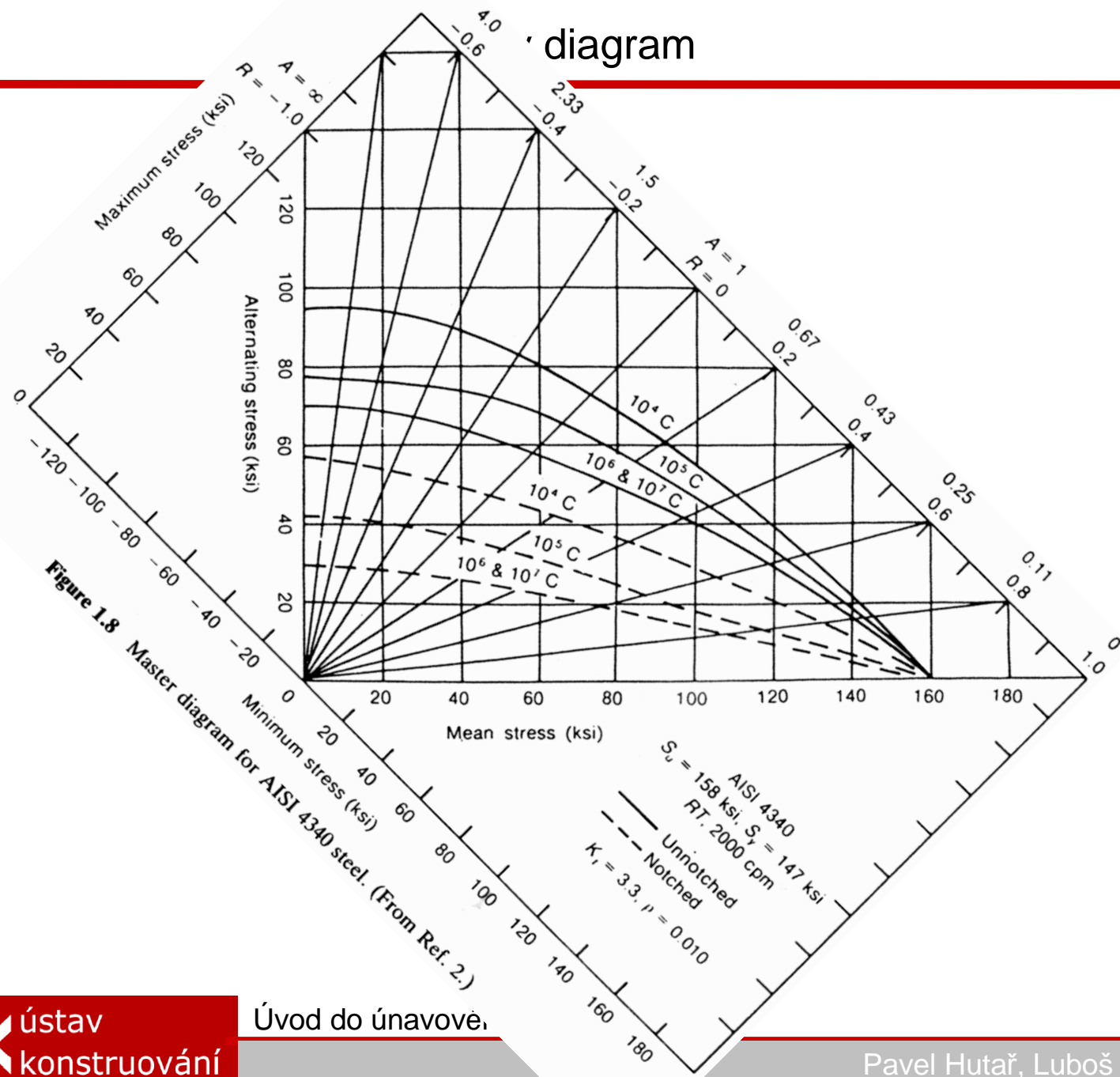


Figure 1.8 Master diagram for AISI 4340 steel. (From Ref. 2.)



diagram



Porovnání koncepcí

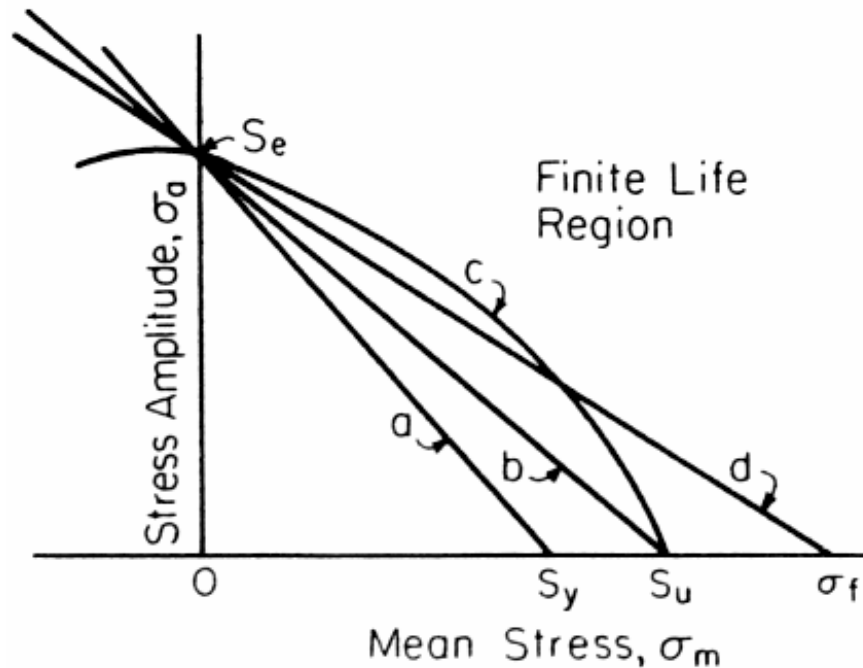


Figure 1.9 Comparison of mean stress equations (a. Soderberg, b. Goodman, c. Gerber, d. Morrow).

Soderberg (USA, 1930)

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_y} = 1$$

Goodman (Anglie, 1899)

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_u} = 1$$

Gerber (Německo, 1874)

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \left(\frac{\sigma_m}{S_u} \right)^2 = 1$$

Morrow (USA, 1960)

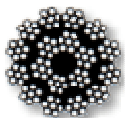
$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{\sigma_f} = 1$$

S_y ... mez kluzu (yield strength)

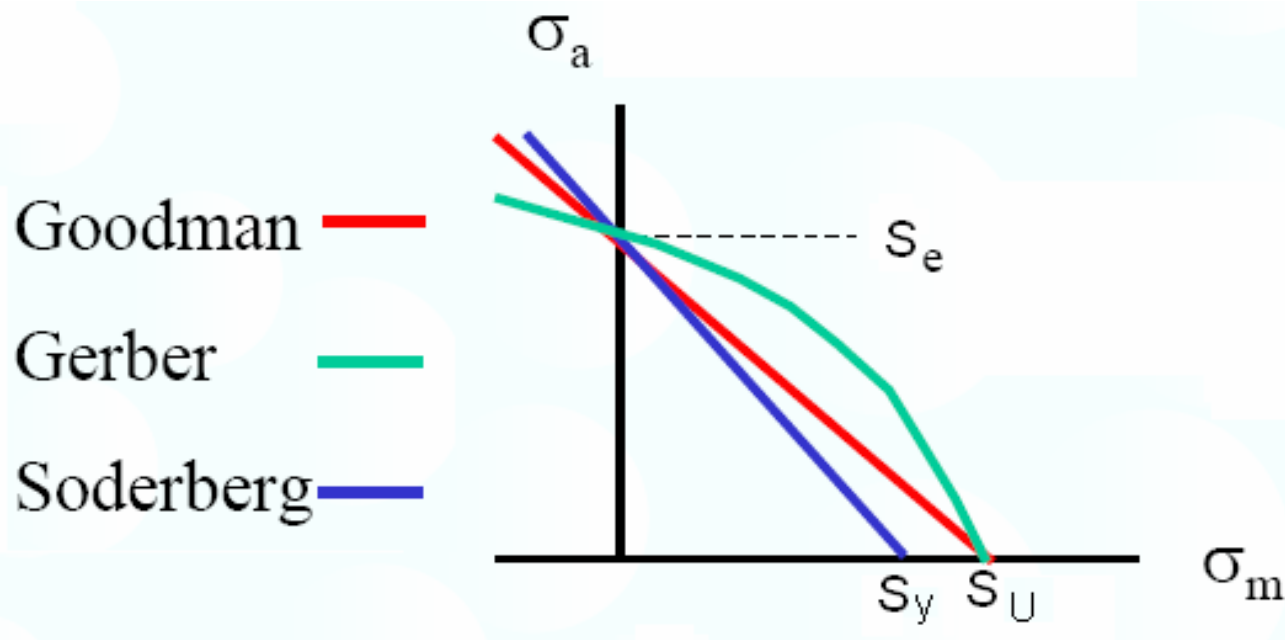
S_e ... mez únavy (endurance limit)

S_u ... mez pevnosti (ultimate strength)

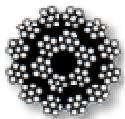
σ_f ... skutečné lomové napětí (true fracture stress)



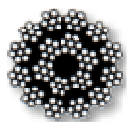
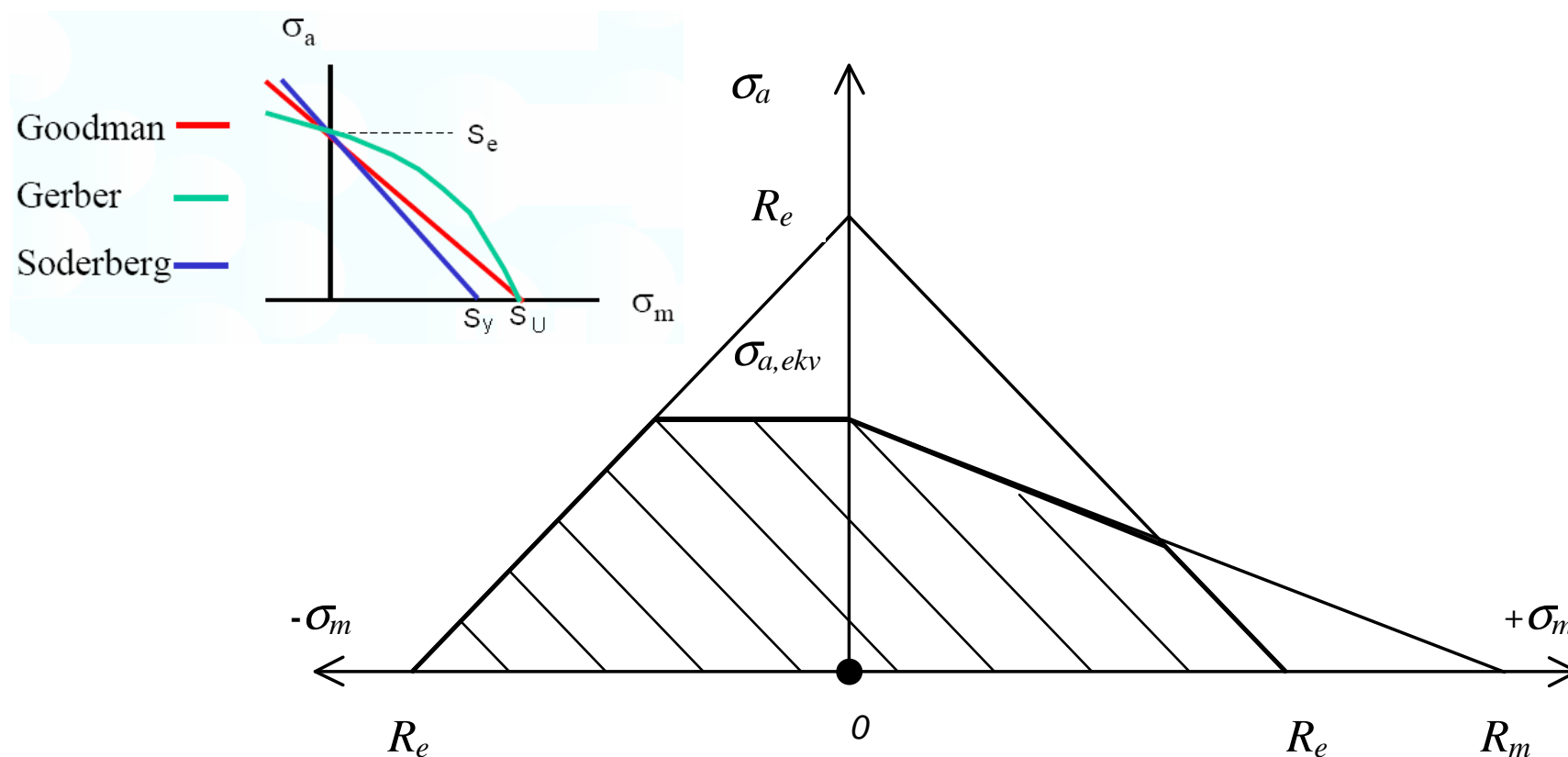
Porovnání koncepcí



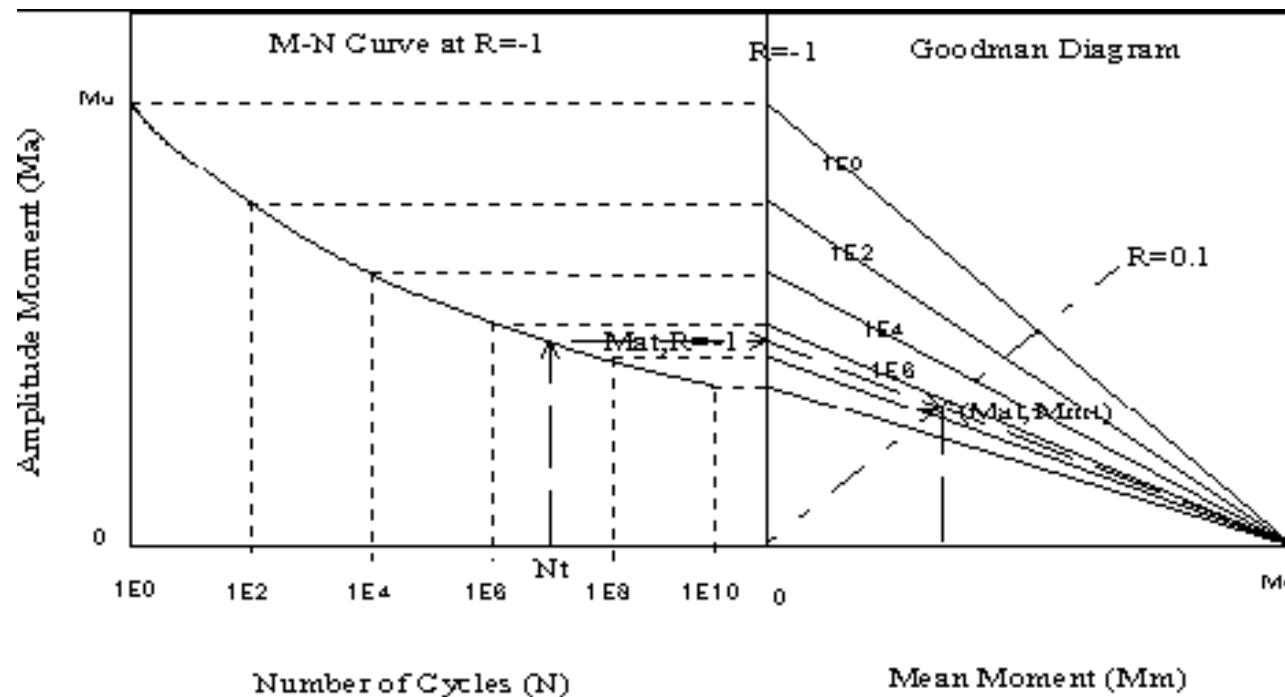
1. **Soderbergova** přímka – velmi konzervativní (zřídka používaný přístup).
2. Experimentální data nejčastěji „padnou“ mezi **Goodmanovu** a **Gerberovu** křivku.
3. Pro tvrdé (křehké) oceli **Goodmanova** a **Morrowova** přímka takřka splynou ($\sigma_f = S_u$).
4. **Ve většině praktických situací není velký rozdíl mezi použitými teoriemi.**
5. **Větší rozdíly** nastávají **pro $R \rightarrow 1$** . V tomto případě je možno konzervativně zvolit **mez kluzu S_y jako mezní hodnotu.**



Vliv středního napětí Haighův diagram



Goodmanův diagram



převzato z:

Determining Equivalent Damage Loading for Full-Scale Wind Turbine Blade Fatigue Tests

G. Freebury
G. Edward Engineering

W. Musial
National Renewable Energy Laboratory

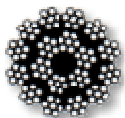
Presented at the 19th American Society of Mechanical Engineers (ASME) Wind Energy Symposium
Reno, Nevada
January 10-13, 2000



National Renewable Energy Laboratory

1617 Cole Boulevard
Golden, Colorado 80401-3393

NREL is a U.S. Department of Energy Laboratory
Operated by Midwest Research Institute • Battelle • Bechtel
Contract No. DE-AC36-89-GO10337

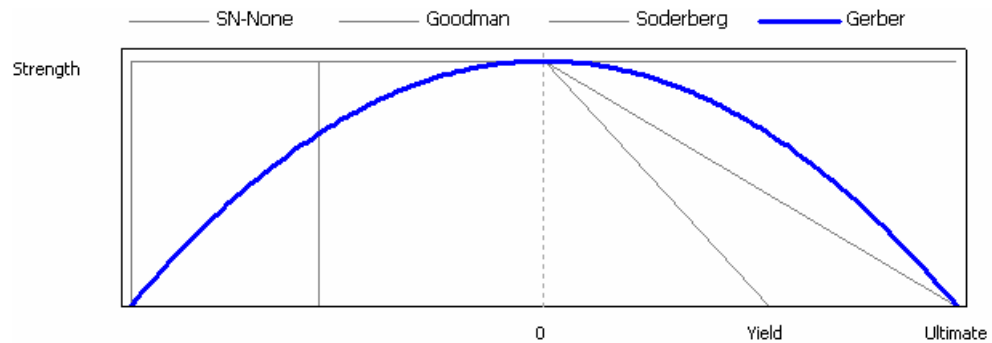
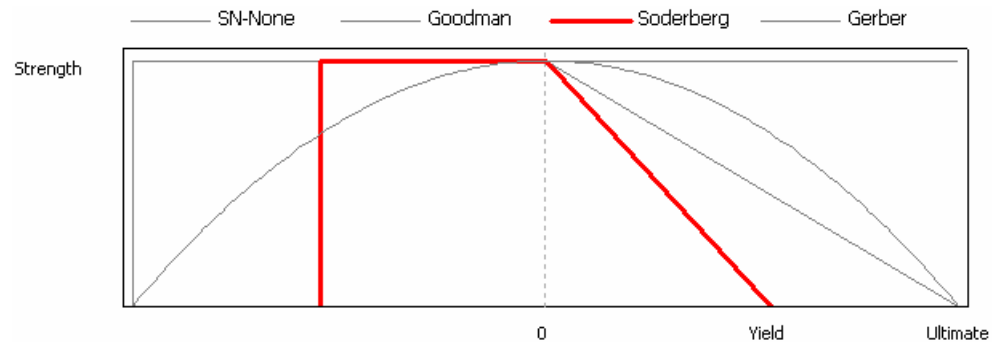
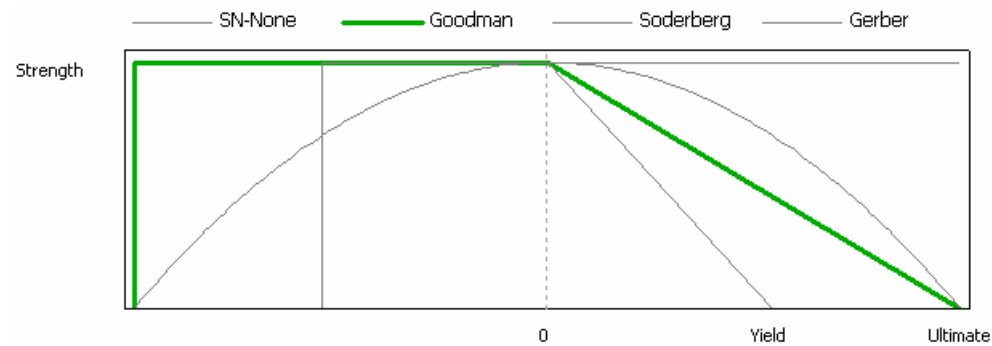


Ústav
konstruování

Úvod do únavového poškození

Pavel Hutař, Luboš Náhlík

Porovnání koncepcí – implementace v Ansysu

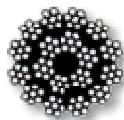


Faktory ovlivňující mez únavy

Faktory ovlivňující hodnotu meze únavy

1. Velikost
2. Typ zatížení
3. Kvalita povrchu
4. Zpracování povrchu součásti
5. Teplota
6. Prostředí

$$S_e = S'_e \cdot C_{velikost} \cdot C_{zatížení} \cdot C_{kval.pov.} \cdot C_{zprac.pov.} \cdot C_{teplota} \cdot C_{prostředí}$$



Faktory ovlivňující mez únavy

1. Vliv velikosti

TABLE 1.1 Influence of Size on Endurance Limit

| Diameter (in) | Endurance Limit (ksi) |
|---------------|-----------------------|
| 0.3 | 33.0 |
| 1.5 | 27.6 |
| 6.75 | 17.3 |

Source: J. H. Faupel and F. E. Fisher, *Engineering Design*, John Wiley and Sons, New York, 1981. Reprinted with permission.

$$C_{\text{velikost}} = \begin{cases} 1.0 & \text{pro } d \leq 8 \text{ mm} \\ 1.189d^{-0.097} & \text{pro } 8 \text{ mm} \leq d \leq 250 \text{ mm} \end{cases}$$

kde d je průměr součásti

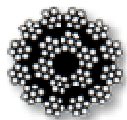


Faktory ovlivňující mez únavy

2. Vliv zatížení

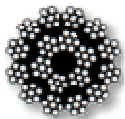
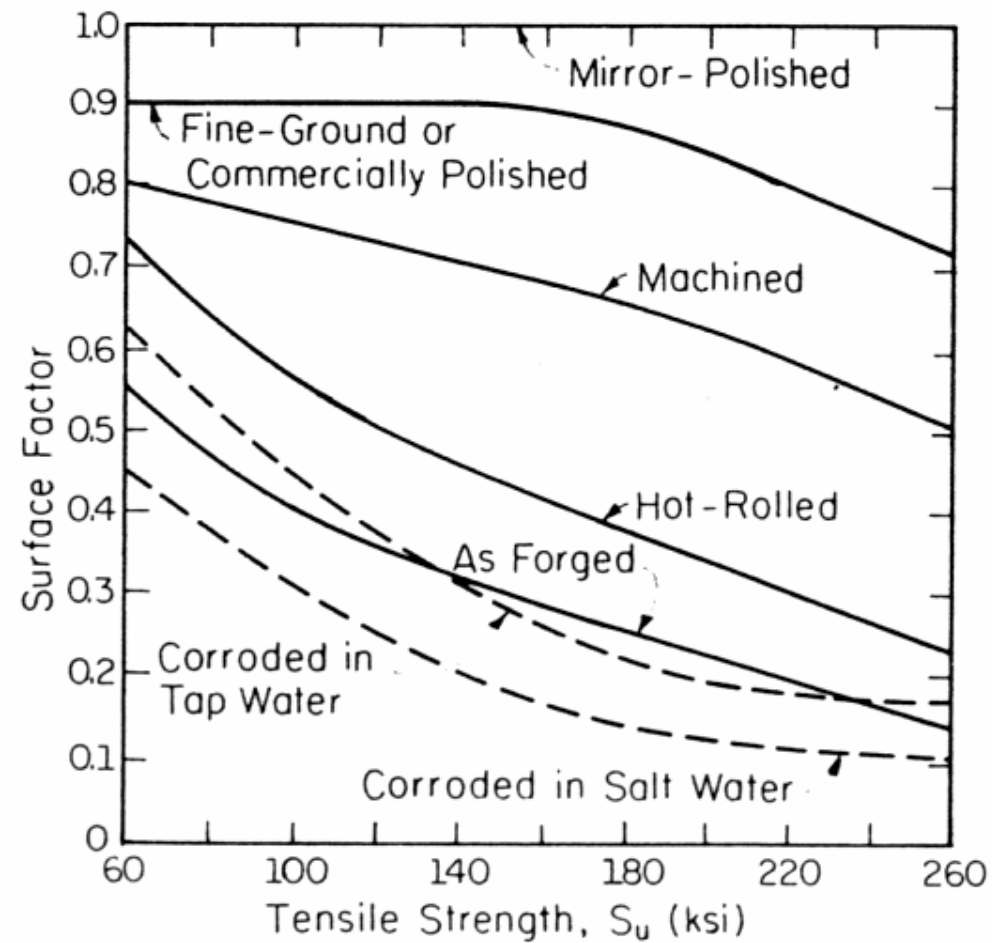
$$S_e(\textit{osové zat'.}) \approx 0.7 S_e(\textit{ohyb})$$

$$\tau_e(\textit{krut}) \approx 0.577 S_e(\textit{ohyb})$$



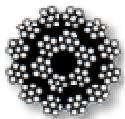
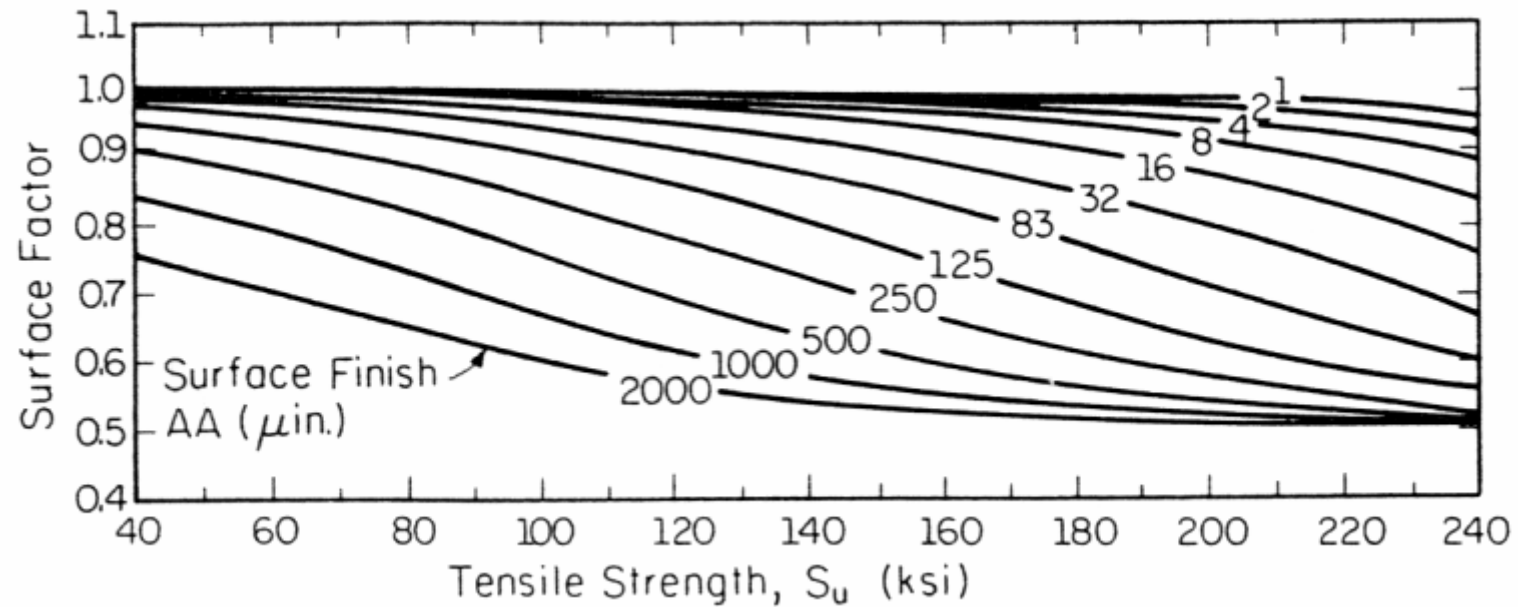
Faktory ovlivňující mez únavy

3. Vliv kvality povrchu



Faktory ovlivňující mez únavy

3. Vliv kvality povrchu



Faktory ovlivňující mez únavy

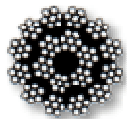
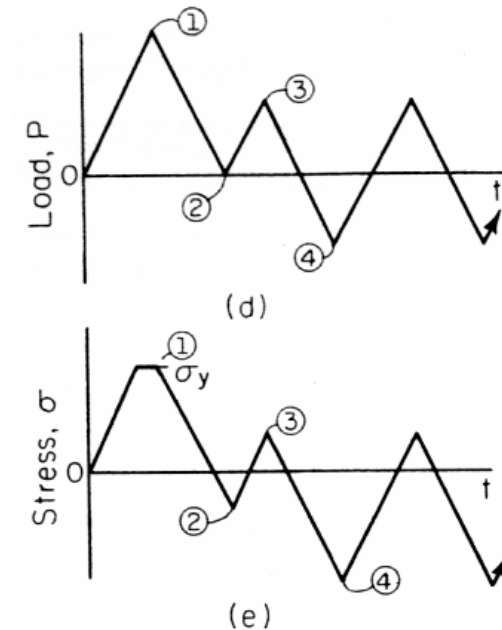
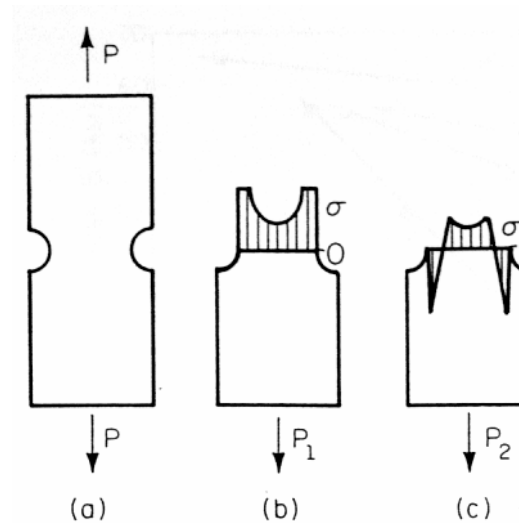
4. Vliv zpracování povrchu

a) Reziduální napětí

TABLE 1.2 Endurance Limit of Plate with Hole under Axial Loading

| | Endurance Limit (ksi) | |
|--------------|-----------------------|---------|
| | Unnotched | Notched |
| No preload | 58.0 | 23.0 |
| With preload | 56.6 | 53.7 |

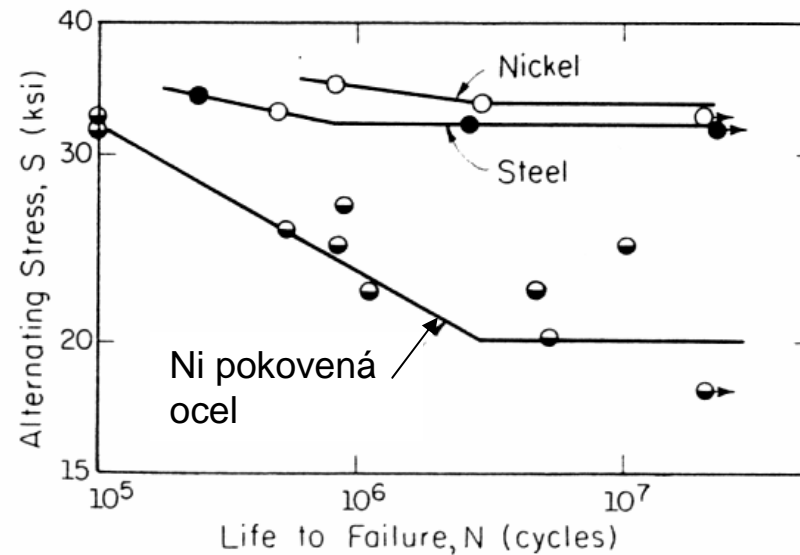
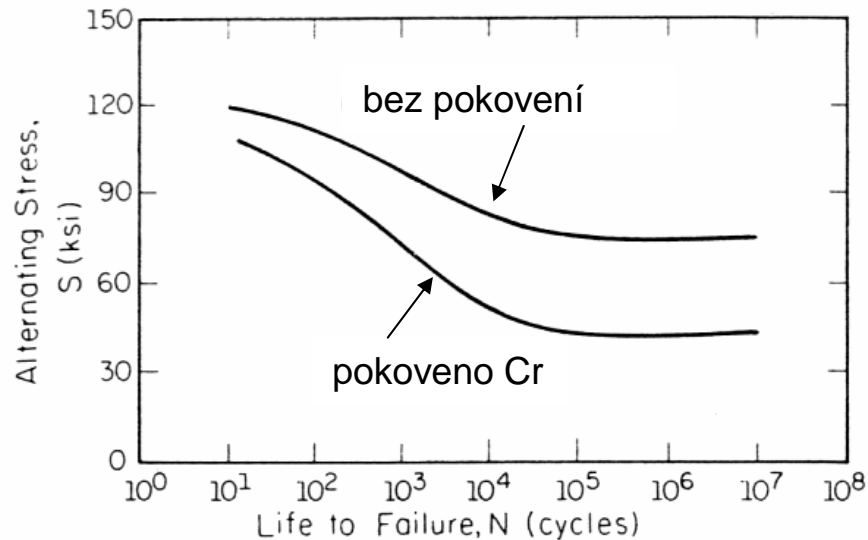
Source: H. O. Fuchs and R. I. Stephens, *Metal Fatigue in Engineering*, John Wiley and Sons, New York, 1980. Reprinted with permission.



Faktory ovlivňující mez únavy

4. Vliv zpracování povrchu

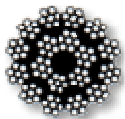
b) Pokovení povrchu



Při pokovení Cr nebo Ni může dojít ke snížení meze únavy až o 60%, díky značným reziduálním tahovým napětím na povrchu součásti.

Tomu je možno předejít:

1. Nitridováním povrchu před pokovením
2. Mechanickým zpracováním po pokovení (např. kuličkování, válečkování)
3. Vyžiháním po pokovení



Faktory ovlivňující mez únavy

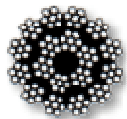
4. Vliv zpracování povrchu

c) Nitridování

TABLE 1.3 Effect of Nitriding on Endurance Limit

| Geometry | Endurance Limit (ksi) | |
|-------------------|-----------------------|--------------|
| | Nitrided | Not Nitrided |
| Without notch | 90 | 45 |
| Half-circle notch | 87 | 25 |
| V notch | 80 | 24 |

Source: Ref. 6.



Faktory ovlivňující mez únavy

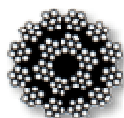
4. Vliv zpracování povrchu

d) Oduhličení povrchu

TABLE 1.4 Effect of Decarburization on Endurance Limit

| Steel | S_u (ksi) | Endurance Limit (ksi) | | | |
|-----------|-------------|-----------------------|---------|---------------------------|---------|
| | | Undecarburized | | Decarburized (oduhličeno) | |
| | | Smooth | Notched | Smooth | Notched |
| AISI 2340 | 250 | 122 | 69 | 35 | 25 |
| AISI 2340 | 138 | 83 | 43 | 44 | 25 |
| AISI 4140 | 237 | 104 | 66 | 31 | 22 |
| AISI 4140 | 140 | 83 | 40 | 32 | 19 |

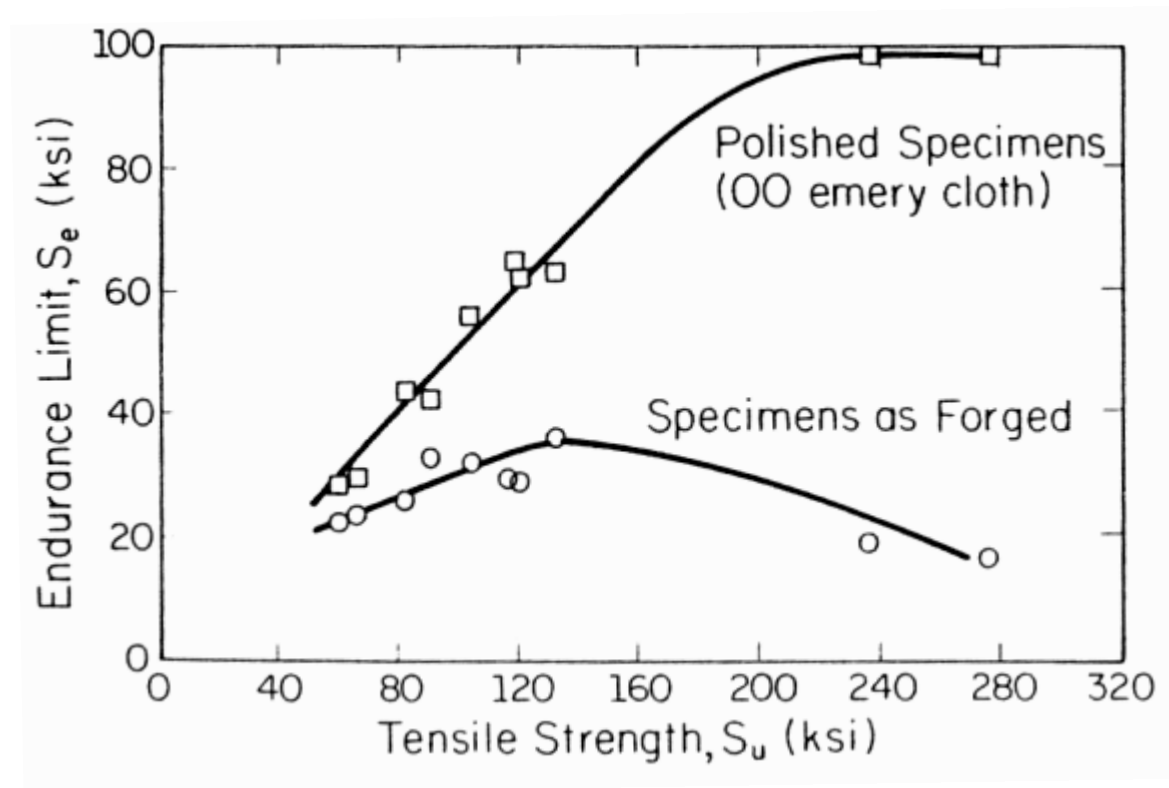
Source: Ref. 1.



Faktory ovlivňující mez únavy

4. Vliv zpracování povrchu

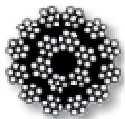
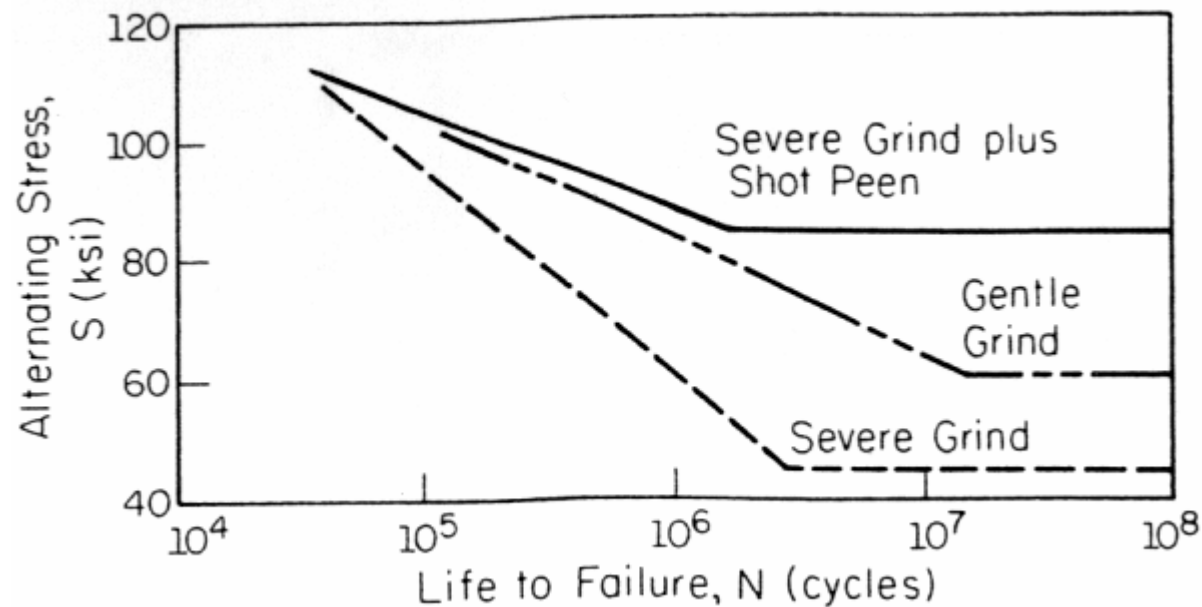
e) Zpracování kováním



Faktory ovlivňující mez únavy

4. Vliv zpracování povrchu

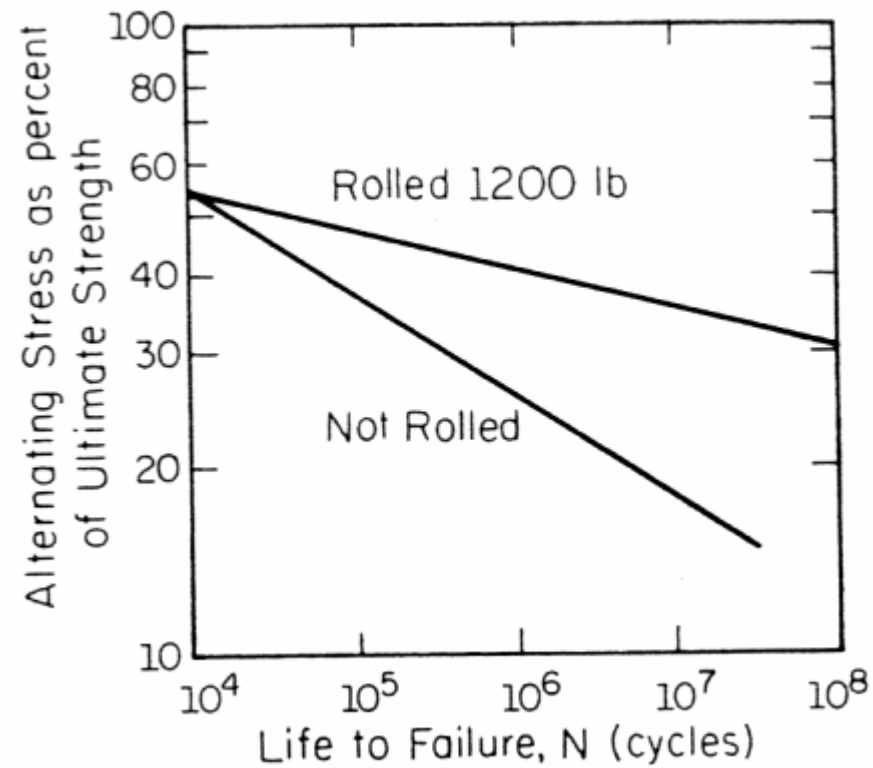
f) Broušení (grinding)



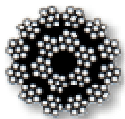
Faktory ovlivňující mez únavy

4. Vliv zpracování povrchu

g) Válcování



Vliv válcování za studena



Faktory ovlivňující mez únavy

4. Vliv zpracování povrchu

g) Mechanické zpracování (kuličkování, válečkování)

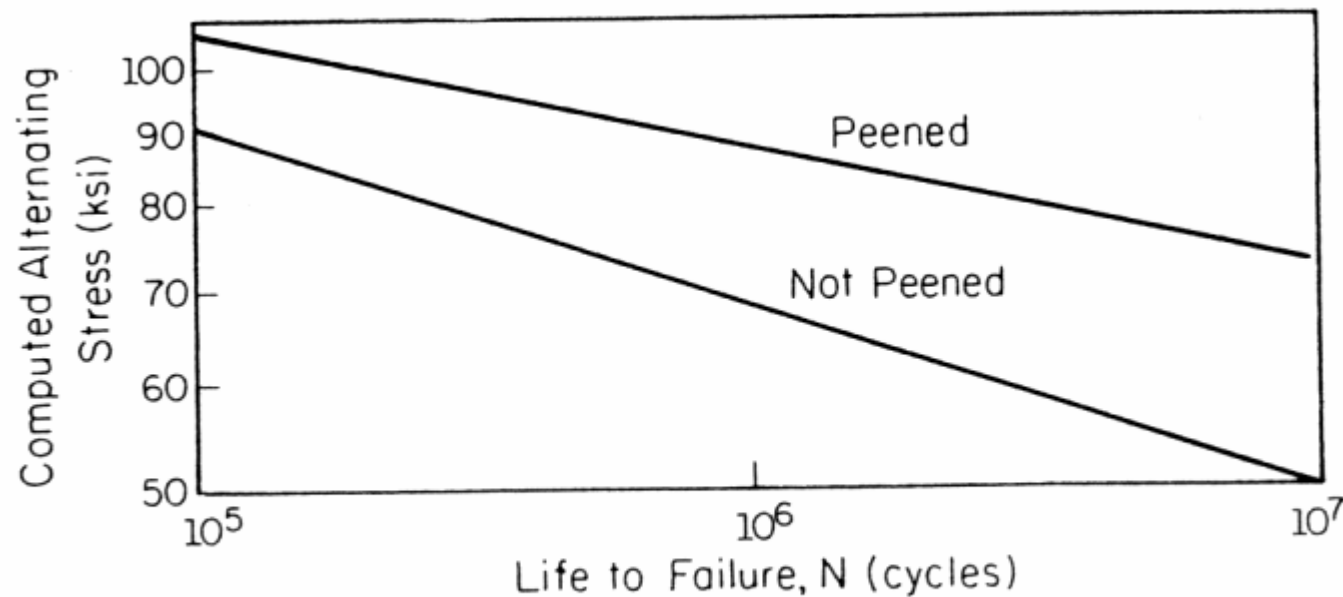
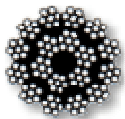


Figure 1.23 S-N curve of carburized gears in peened and unpeened conditions. (From Ref. 12.)



Faktory ovlivňující mez únavy

4. Vliv zpracování povrchu

g) Mechanické zpracování (kuličkování, válečkování)

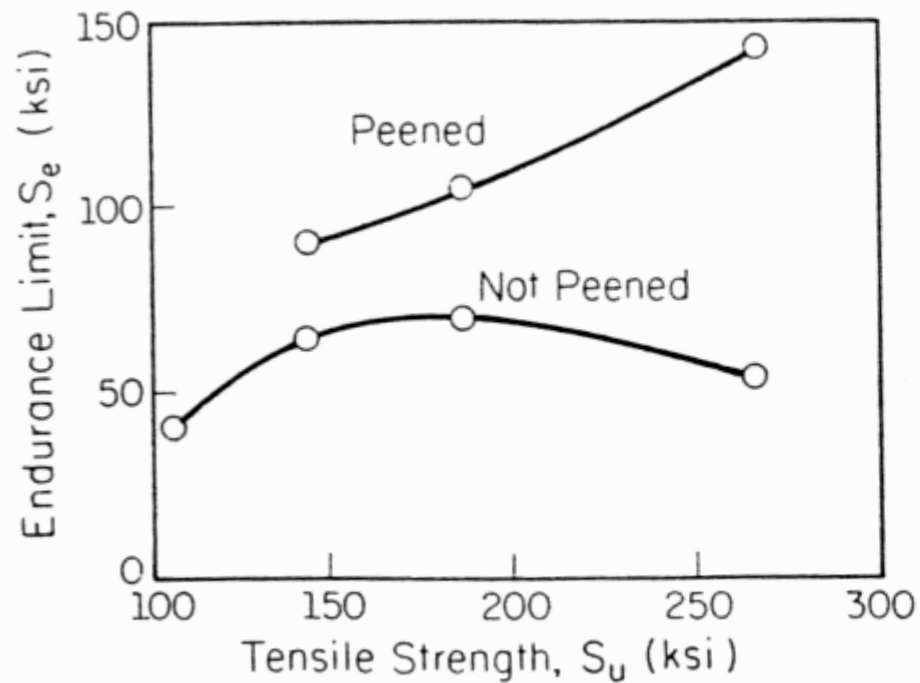


Figure 1.24 Effect of shot peening on endurance limit of high-strength steel. (From Ref. 13.)



Faktory ovlivňující mez únavy

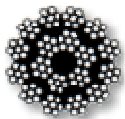
5. Vliv teploty

Oceli mají obecně při nižších teplotách vyšší mez únavy. Při nižších teplotách ovšem také klesá lomová houževnatost.

Při vyšších teplotách ztrácí pojem mez únavy význam díky aktivizaci dislokací.

Při **teplotách vyšších** než cca $\frac{1}{2}$ **teploty tavení** oceli se dominantním mechanismem poškození stává **creep** (stress-life přístup nelze použít).

Při vyšších teplotách může také dojít k vyžehání součásti při němž může dojít ke ztrátě „pozitivních“ tlakových reziduálních napětí na povrchu součásti.



Faktory ovlivňující mez únavy

6. Vliv prostředí

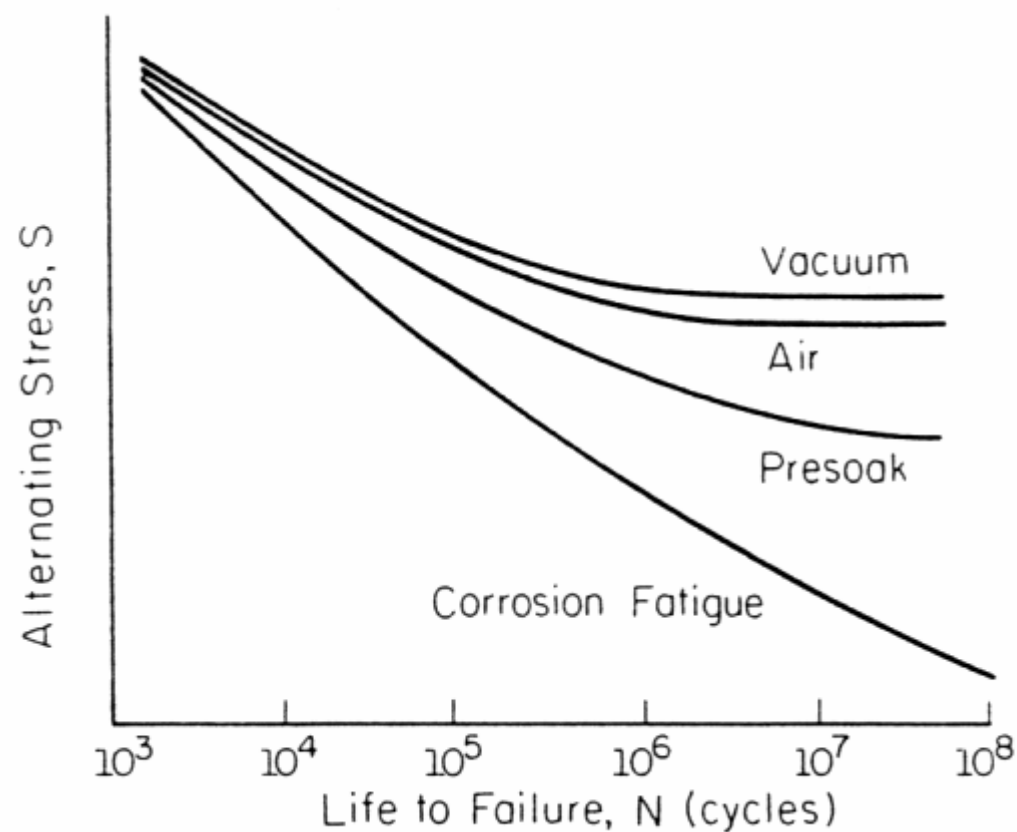
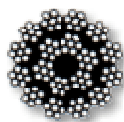


Figure 1.25 Effect of various environments on the S - N curve of steel. (H. O. Fuchs and R. I. Stephens, *Metal Fatigue in Engineering*, John Wiley and Sons, New York, 1980. Reprinted with permission.)



Faktory ovlivňující mez únavy

TABLE 1.6 Fatigue Strength of Steels in Corrosive Environment^a

| Material | S_u (ksi) | Endurance Limit ^b (ksi) | | Percent Reduction |
|-------------|-------------|------------------------------------|---------------|-------------------|
| | | In Air | In Salt Water | |
| SAE 1050 | 116 | 53.8 | 22.6 | 58 |
| 5% Cr steel | 116 | 66 | 47.2 | 28 |

^a 6.8% Salt water, complete immersion.

^b Basis for endurance limit in corrosive environment is 10^7 cycles.

TABLE 1.7 Effect of Various Surface Treatments on the Corrosion Fatigue of Mild Steel

| S_u (ksi) | Surface Treatment | Endurance Limit ^a (ksi) | | | |
|----------------|----------------------|------------------------------------|---------|----------------|---------|
| | | In Air | | In Fresh Water | |
| | | Untreated | Treated | Untreated | Treated |
| 53 | Cold rolling | 33 | 37 | 13 | 19 |
| 50 | Nickel plate | 28 | 20 | 14 | 20 |
| 50 | Cadmium coat | 28 | 29 | 14 | 22 |

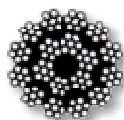
^a Basis for endurance limit in corrosive environment is 10^8 cycles.

Source: Ref. 10.



Použitá literatura

- Bannantine, J.A., Comer, J.J., Handrock, J.L., Fundamentals of metal fatigue analysis, Prentice Hall, New Jersey, 1990
- Dowling, E. N., Mechanical behavior of materials, Simon & Schuster Comp., New Jersey, 1999
- Norton, R. L., Machine design *An integrated approach*, Pearson, New Jersey, 2006
- Marquis, G.B., Fatigue Design - lecture notes. Lappeenranta University of Technology, Finland. (www.lut.fi)
- Růžička, M., Mezní stavy konstrukcí, PowerPointová prezentace, Ústav mechaniky FS ČVUT v Praze. (www.cvut.cz)
- Kunz, J., Základy lomové mechaniky, skripta ČVUT, 1994
- Vlk, M., Mezní stavy a spolehlivost, skripta VUT, 1991
- <http://degradace.tf.czu.cz/>
- Ondráček, E., Vrbka, J., Janíček, P., Mechanika těles pružnost a pevnost II, skripta VUT, 1991
- Janíček, P., Ondráček, E., Vrbka, J., Mechanika těles pružnost a pevnost I, skripta VUT, 1992



Příklad 1

Př.: Součást je cyklicky zatěžována s max. hodnotou zatížení $\sigma_{max} = 760 \text{ MPa}$ a min. hodnotou $\sigma_{min} = 70 \text{ MPa}$. Součást je vyrobena z oceli s mezí pevnosti $R_m = 1035 \text{ MPa}$ a mezí únavy $\sigma_c = 420 \text{ MPa}$. Parametr asymetrie cyklu $R = -1$ a součást vydrží 1000 cyklů při amplitudě napětí $\sigma_{1000} = 760 \text{ MPa}$. S využitím Goodmanovy teorie určete životnost součásti.

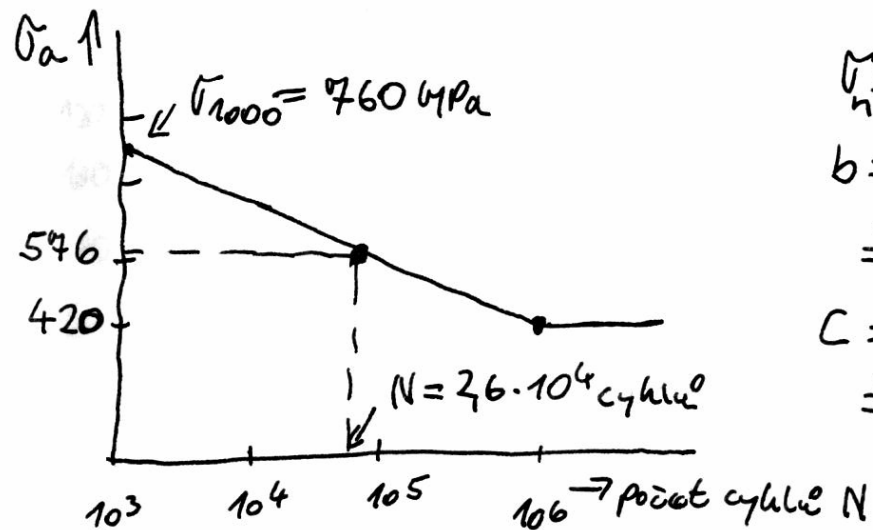
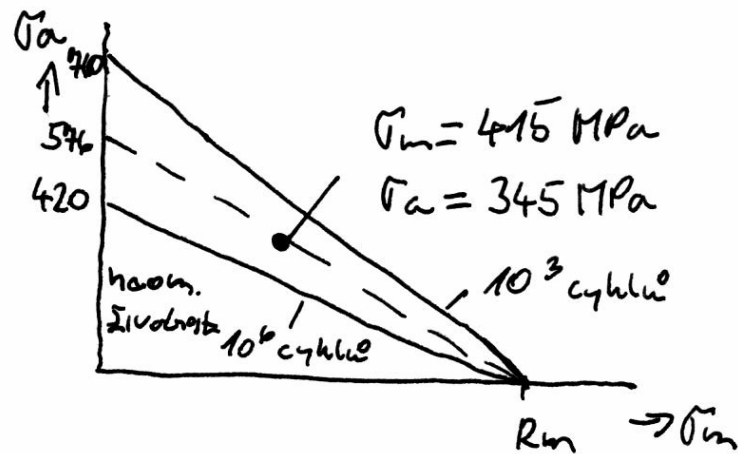
ŘEŠENÍ:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = \frac{760 - 70}{2} = 345 \text{ MPa}$$
$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = \frac{760 + 70}{2} = 415 \text{ MPa}$$

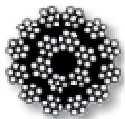
$$\text{Goodman: } \frac{\sigma_a}{\sigma_n} + \frac{\sigma_m}{R_m} = 1 \Rightarrow \sigma_n = \frac{\sigma_a}{1 - \frac{\sigma_m}{R_m}} = \frac{345}{1 - \frac{415}{1035}} = \underline{\underline{576 \text{ MPa}}}$$



Příklad 1



$$\begin{aligned} \sigma_n &= 10^C N^b & N &= 10^{-C/b} \sigma_n^{1/b} \\ b &= -\frac{1}{3} \log \frac{\sigma_{1000}}{\sigma_c} = -\frac{1}{3} \log \frac{760}{420} = \\ &= -0,086 \\ C &= \log \frac{\sigma_{1000}^2}{\sigma_c} = \log \frac{760^2}{420} = \\ &= 3,14 \\ N &= 10^{-3,14/-0,086} \sigma_n^{1/-0,086} = \\ &= \underline{\underline{2,6 \cdot 10^4 \text{ cyklu}}} \end{aligned}$$



Příklad 2

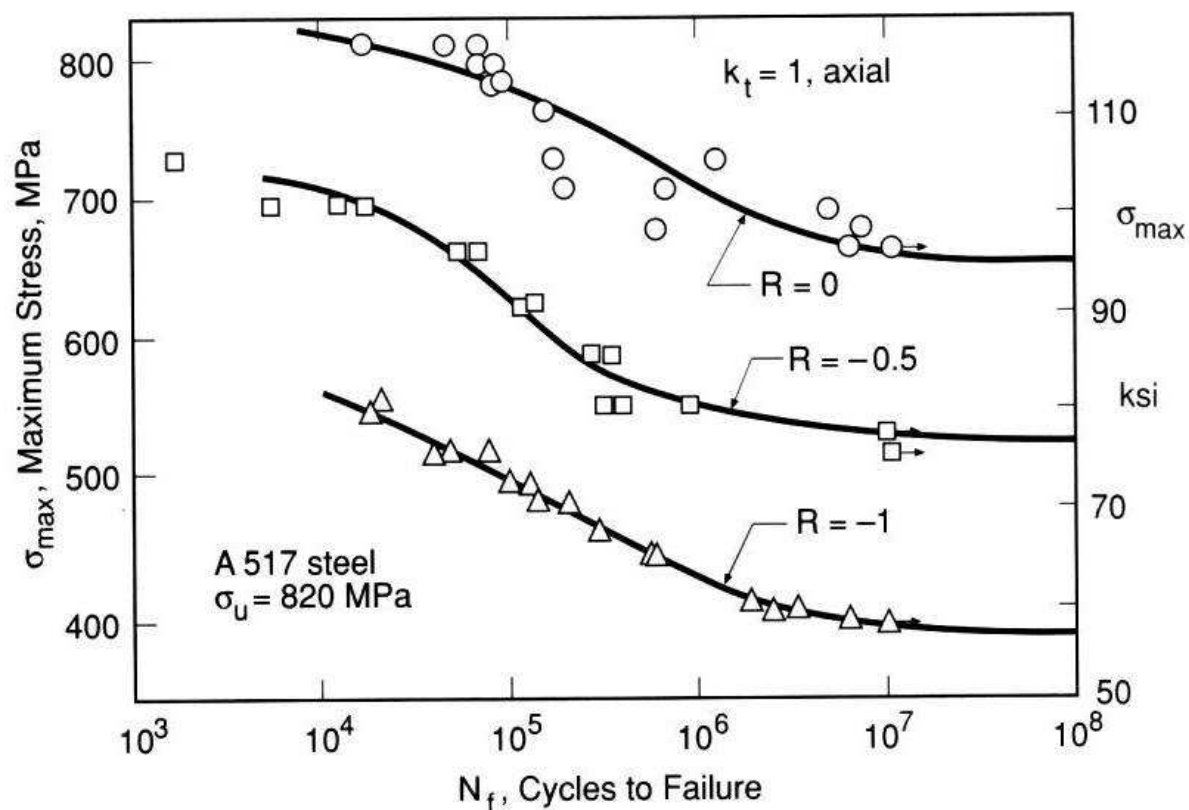


Figure 9.35 Stress-life curves for axial loading of unnotched A517 steel for constant values of the stress ratio R . (Adapted from [Brockenbrough 81]; used with permission.)

