

# ИСПИТИВАЊЕ ДИНАМИЧКИХ КАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИЈАЛА

## **СТАТИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА СУ:**

**Карактеристике добијене статичким испитивањем  
(граница течења, гранична чврстоћа тврдоћа...)**

# ИСПИТИВАЊЕ СТАТИЧКИХ КАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИЈАЛА КАРАКТЕРИШЕ

(где, у којим условима...)?

- Изводи се у лабораторијским условима
- На темеператури стандардној за испитивање,  $20\pm 5\text{C}^\circ$
- На епруветама стандардних облика и димензија
- Епрувете су обрађене у квалитету брушења, без зареза
- Број испитиваних узорака је релативно мали
- Време испитивања кратко
- Трошкови испитивања ниски

# ДИНАМИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА

Карактеристике добијене динамичким испитивањем

( динамичка чврстоћа, жилавост...)

## Исходи учења:

- ✓ Да ученик наведе карактеристике које се утврђују динамичким испитивањима
- ✓ Опише поступке испитивања

**Динамичке карактеристике материјала су карактеристике одређене у условима променљивости оптерећења, брзине променљивости (броја промена у јединици времена.**

**Циљ је успоставити везу између напона и броја циклуса**

**Испитивања су дуготрајна и скупа**

**Испитивања су лабораторијска на епруветама стандардних димензија, обрађеним у дефинисаном квалитету.**

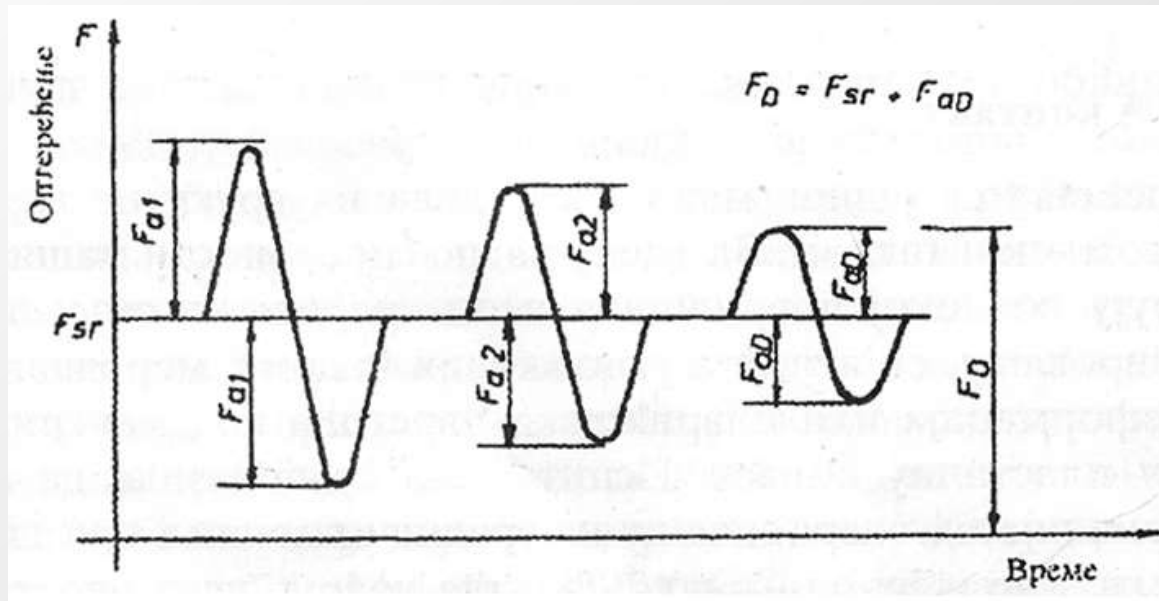
**Испитивања се врше по стандардним процедурама.**

## ИСПИТИВАЊЕ ДИНАМИЧКЕ ЧВРСТОЋЕ

Испитиване су епрувете константног попречног пресека, пречника 7 до 10мм.

Обрађене брушењем

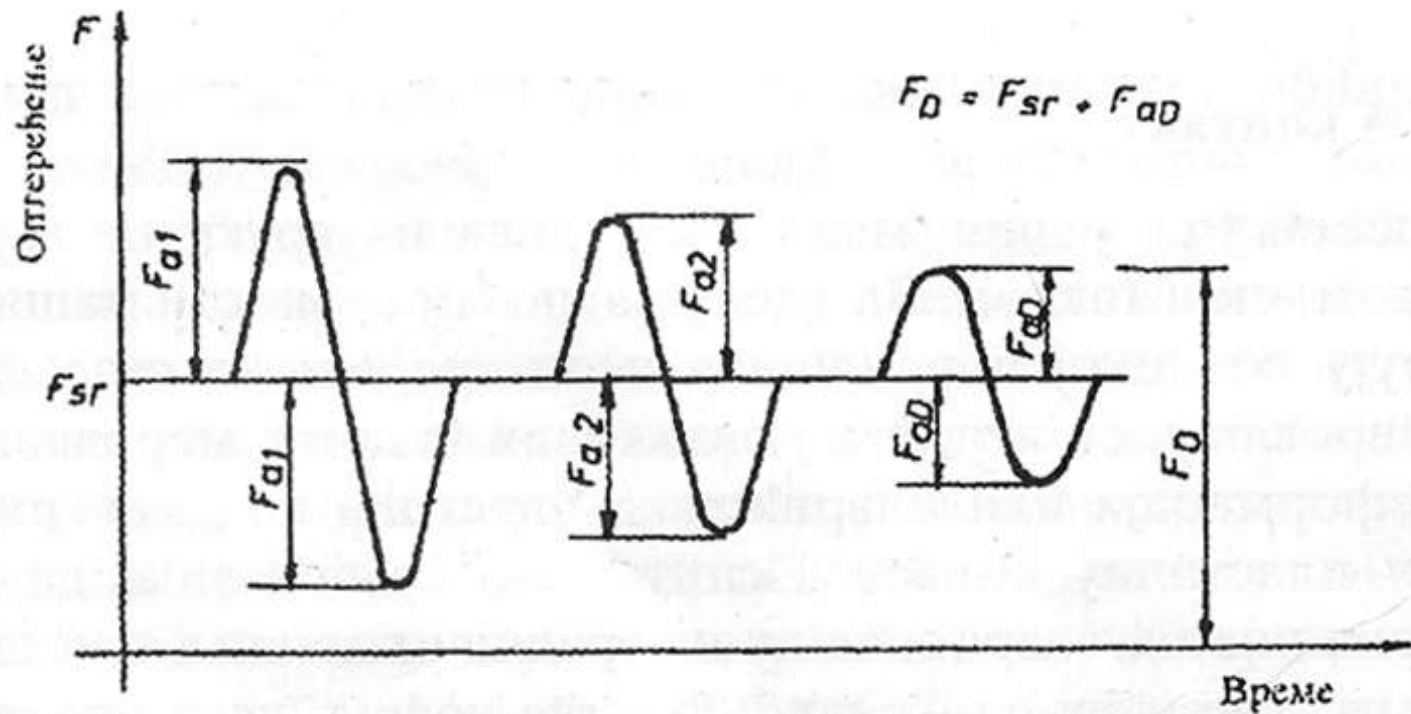
Изложене променљивом оптерећењу при константним амплитудама.



За један ниво напона  $\sigma_{N_1}$ , испитује се више епрувета (обично 10) и региструје се број циклуса  $N_1$  при којем долази до лома.

Код другог нивоа напона  $\sigma_{N_2}$  задржава се исти средњи напон а амплитуда се смањује и региструје број циклуса до лома,  $N_2$ .

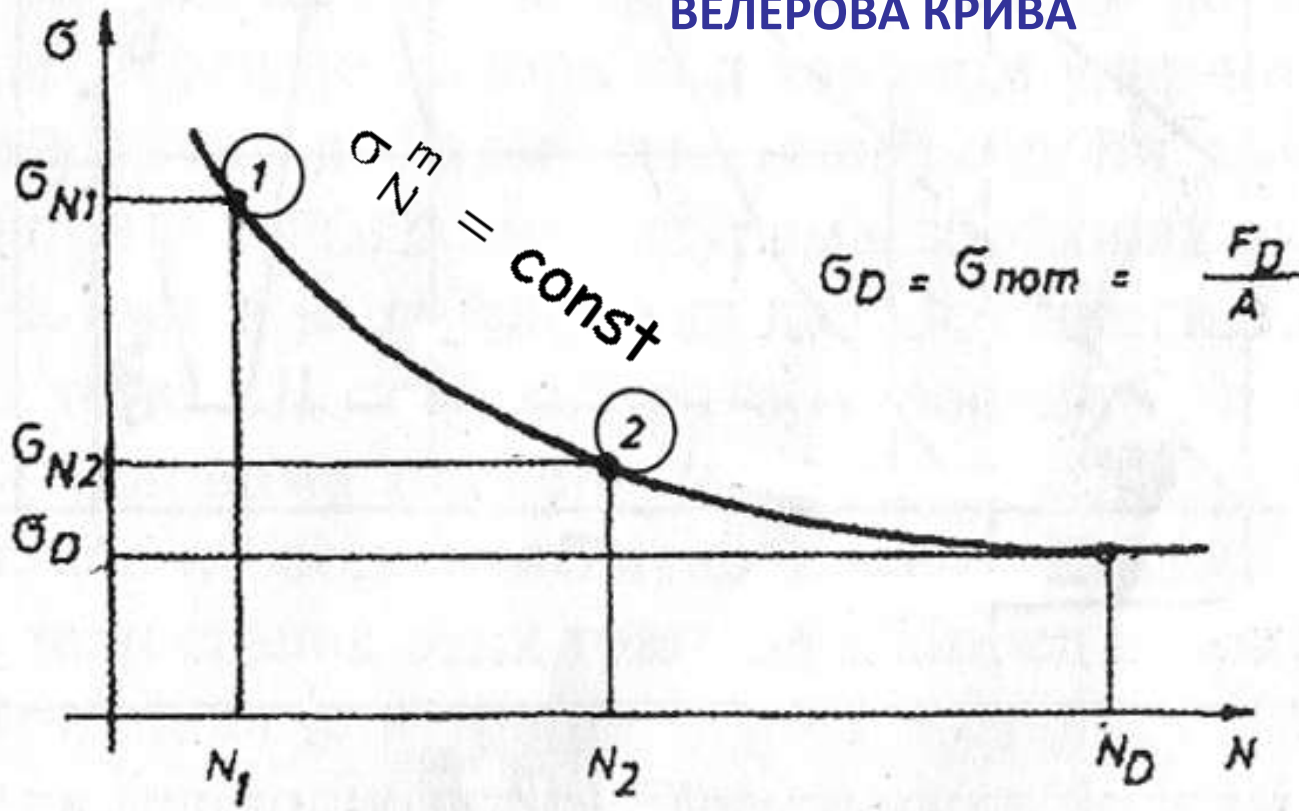
Поступак се понавља све до напона  $\sigma_D$  који епрувета може да издржи без разарања (динамички лом) при "неограниченом" броју промена, циклуса.



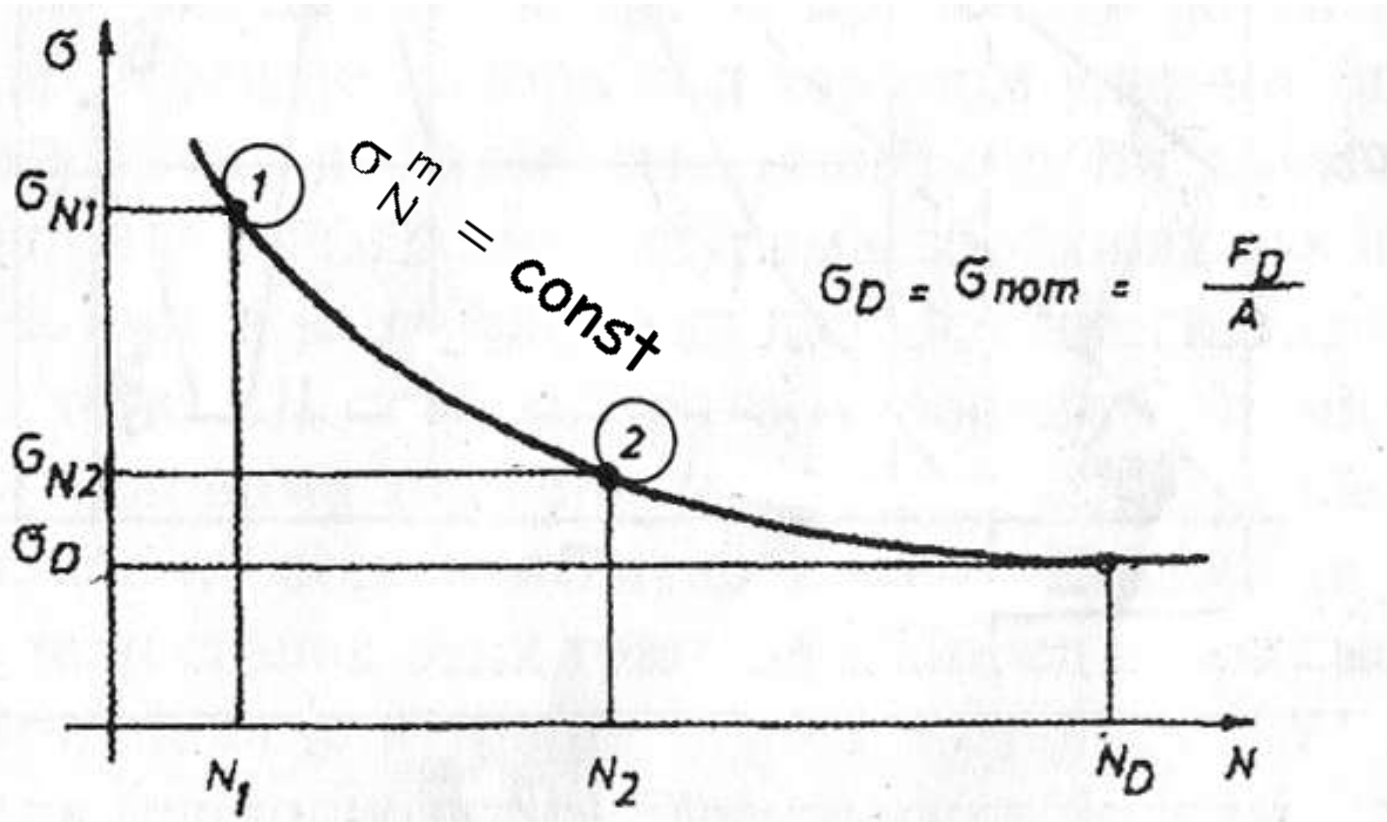


# Дијаграм напона и броја промена оптерећења

## ВЕЛЕРОВА КРИВА



$N_D$ - гранични број циклуса; за конструктивне челике износи  $10 \times 10^6$

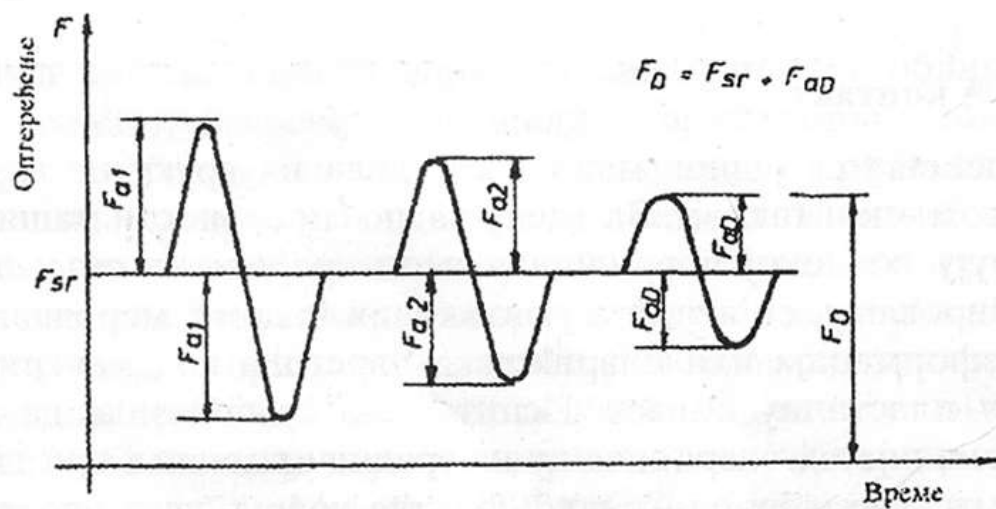
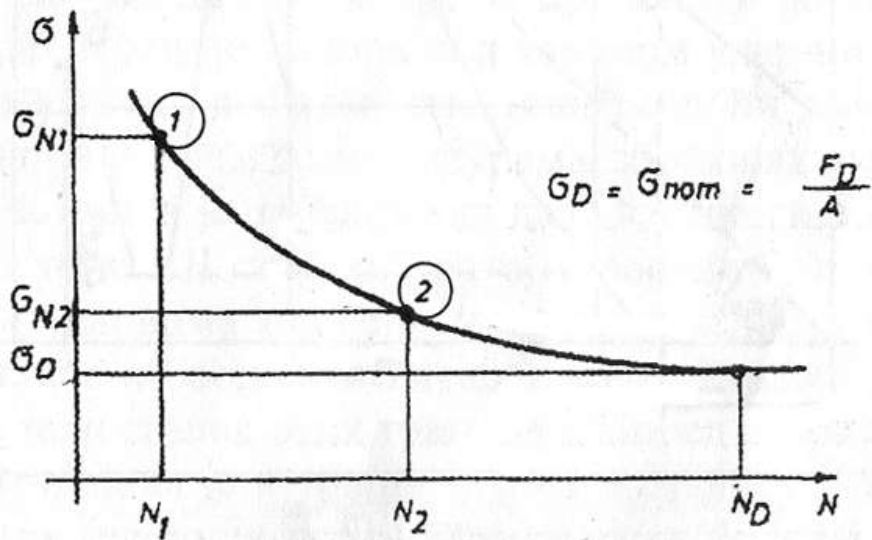


$$\sigma_N^m = \text{const} \quad m = \frac{\log\left(\frac{N_2}{N_1}\right)}{\log\left(\frac{N_1}{N_2}\right)}$$

Са довољно тачности једначина Велерове криве се да добити и из само два испитивања.

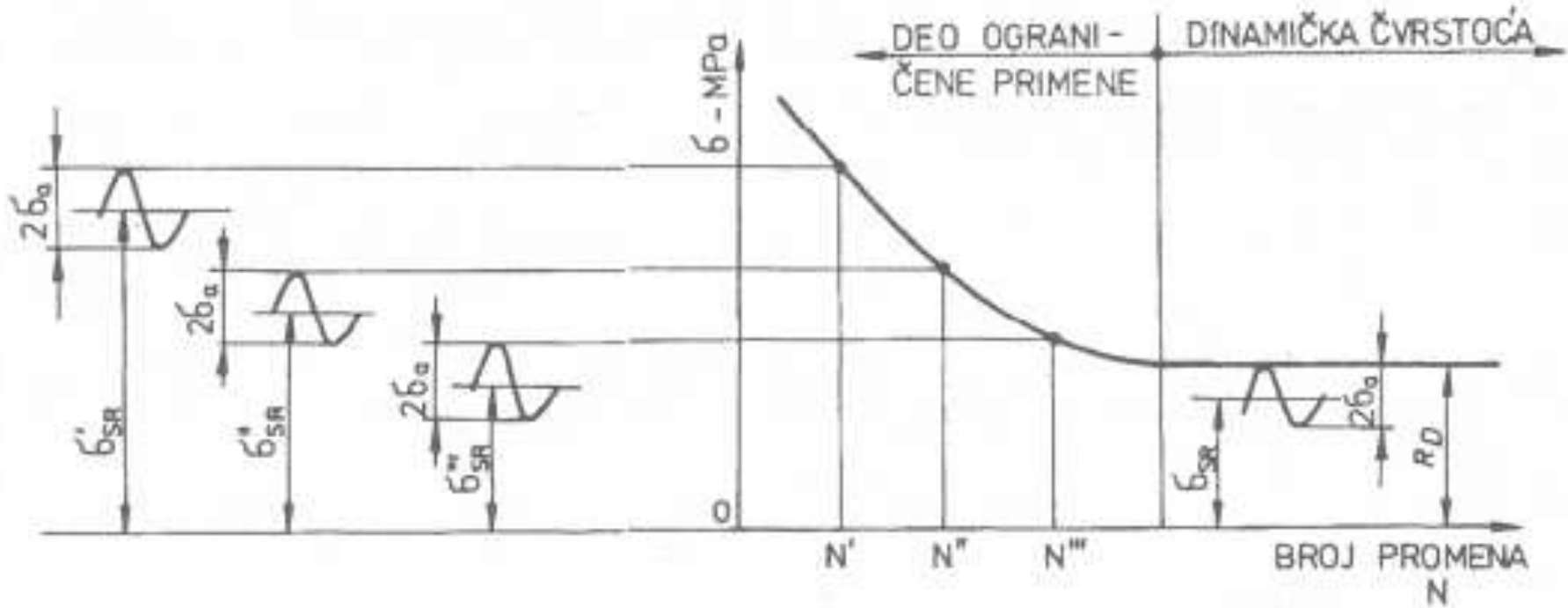
У зависности од облика промене оптерећења добијају се:

- Трајна динамичка чврстоћа при једносмерно променљивом оптерећењу,  
 $\sigma_{D(0)}$ ,  $\tau_{D(0)}$
- Трајна динамичка чврстоћа при наизменично променљивом оптерећењу,  
 $\sigma_{D(-1)}$ ,  $\tau_{D(-1)}$

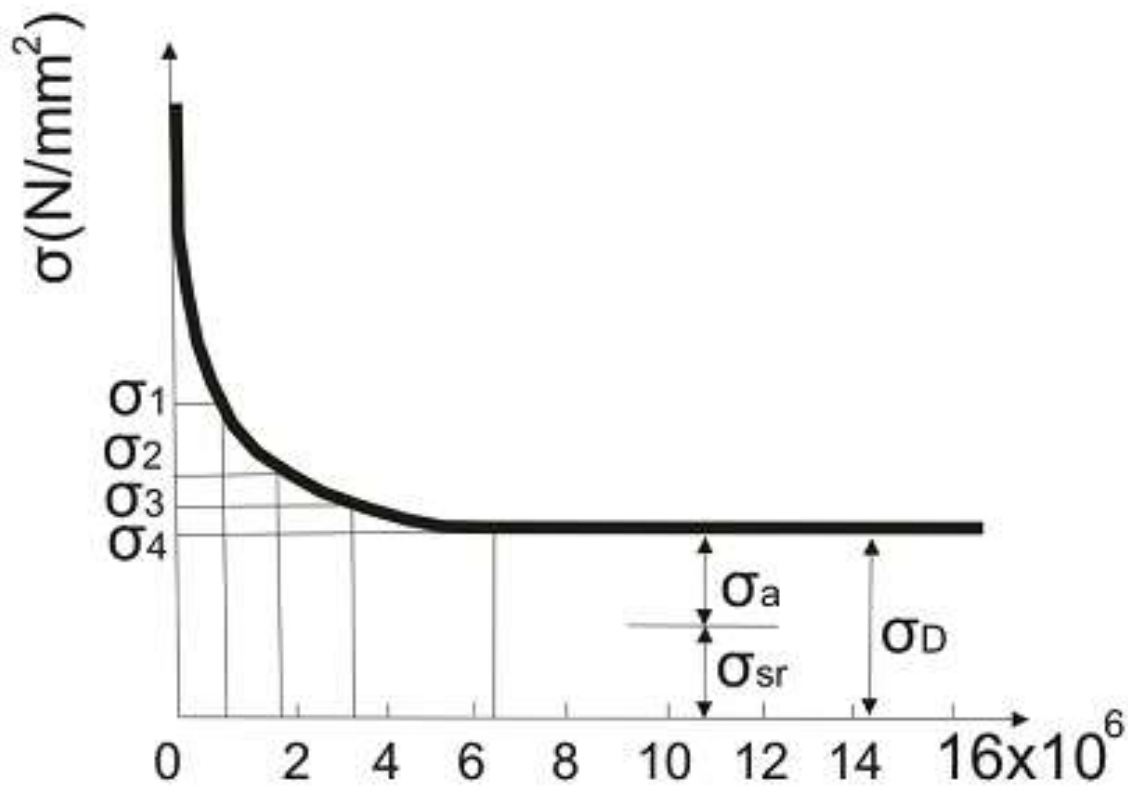


- Свака поједина Велерова крива важи за сваки поједини средњи напон, односно амплитудни.
- За инжењерску праксу велики број Велерових кривих није практичан, па се из резултата испитивања за сваки поједини материјал утврђује зависност:

$$\sigma_D = f(\sigma_{SR})$$



- Свака поједина Велерова крива важи за сваки поједини средњи напон, односно амплитудни.



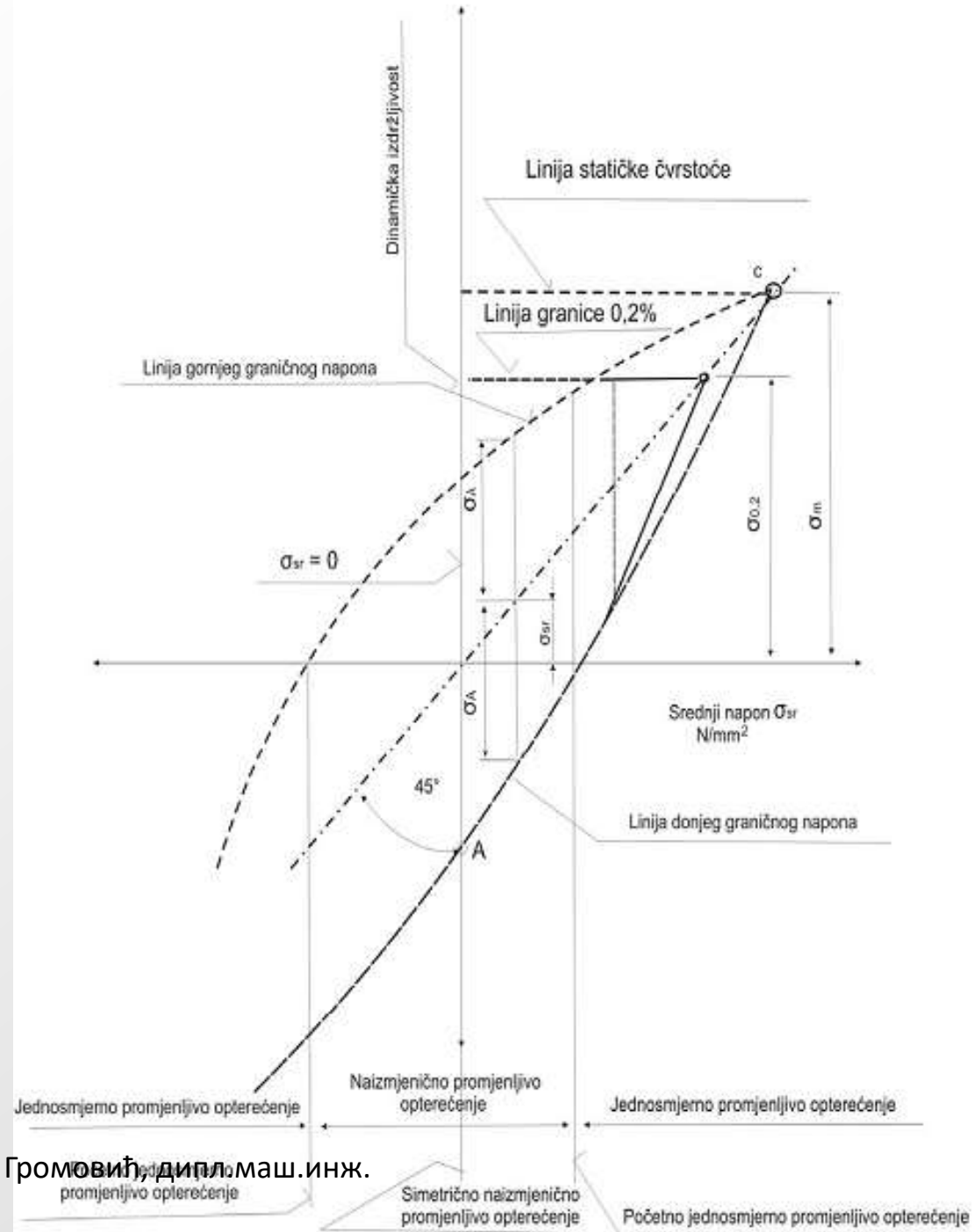
Valerova kriva

СМИТОВ ДИЈАГРАМ -

$$\sigma_D = f(\sigma_{SR})$$

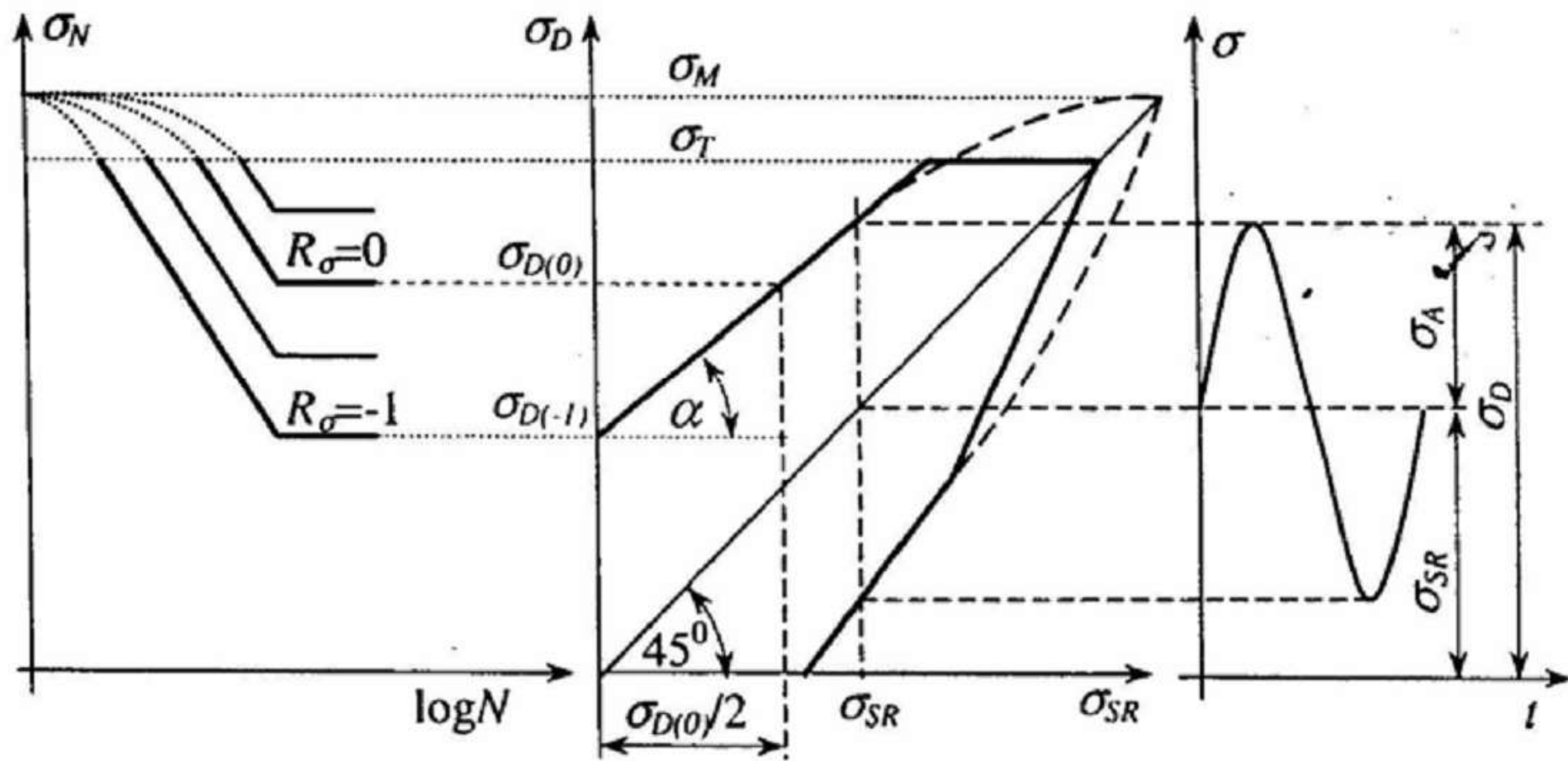
За конструисање дијаграма потребне су три тачке:

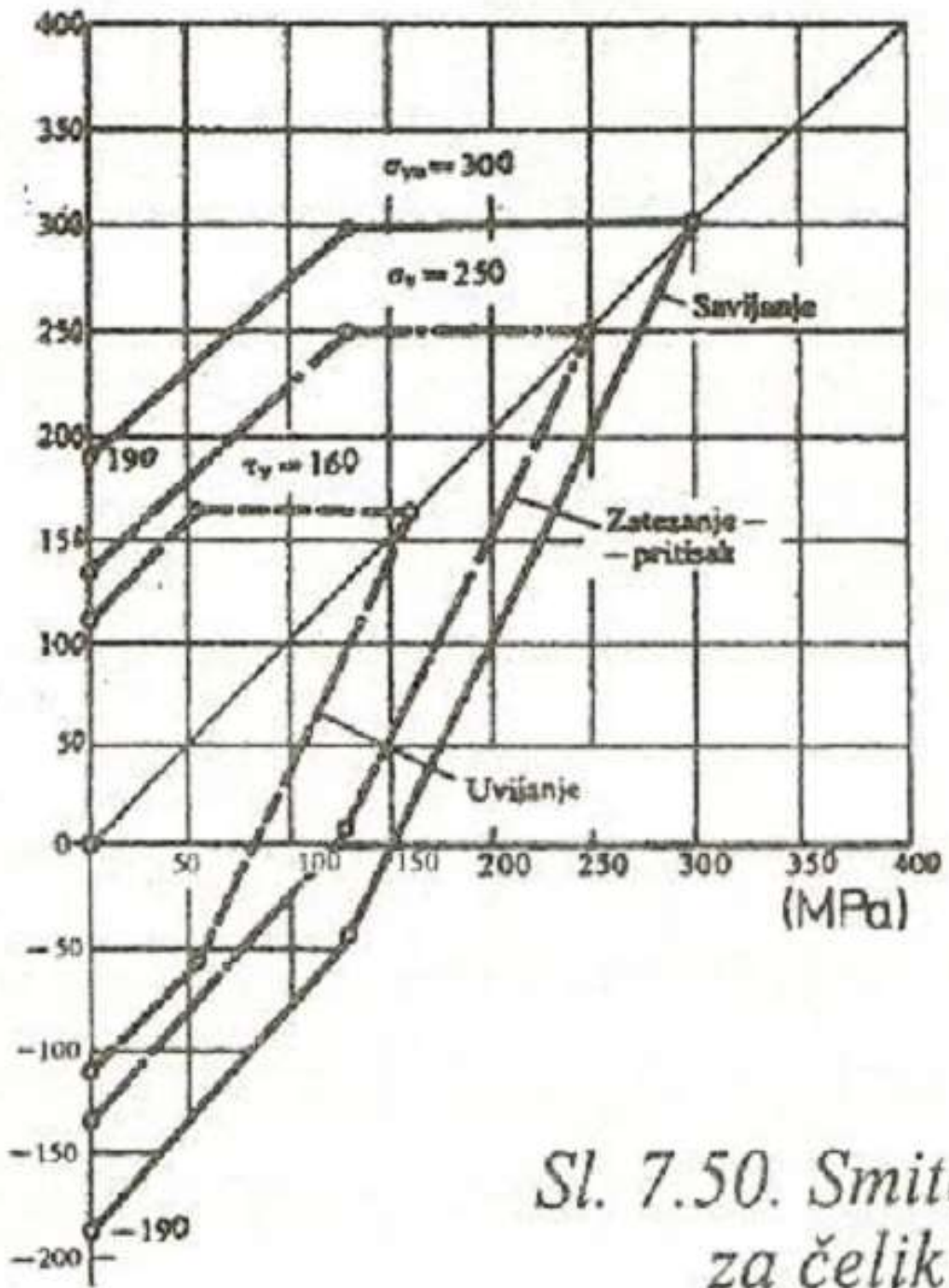
- ✓ Две динамичке чврстоће: једна за једносмерно променљиво оптерећење  $s_{D(0)}$ , и једна за наизменично променљиво оптерећење,  $s_{D(-1)}$
- ✓ једна статичка: напон на граници течења



Ненад Гроновић, дипл. маш. инж.

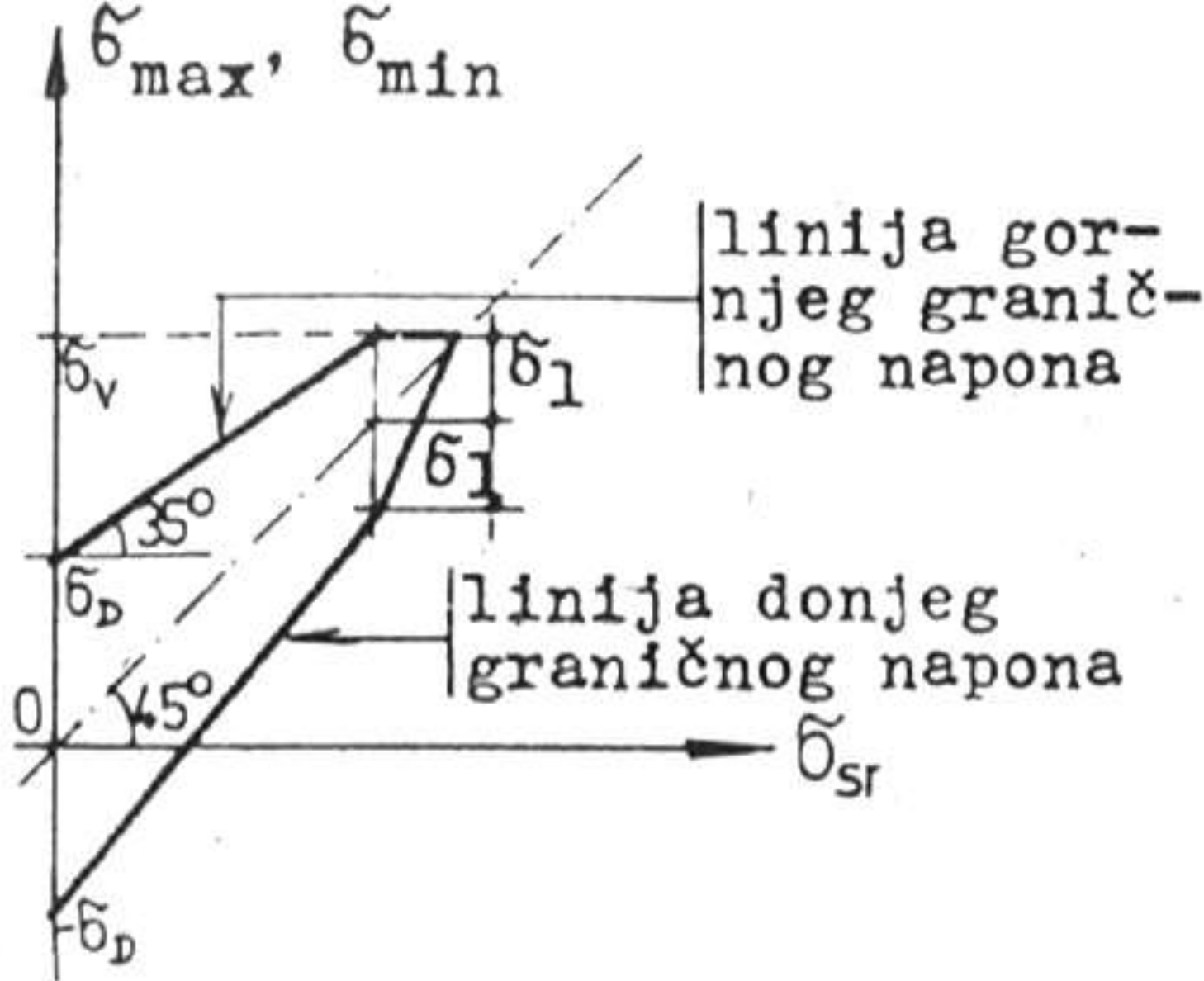






линија средњег напона

Sl. 7.50. Smitovi dijagrami za čelik Č 0460



Sl. 7.52. Uprošćen Smitov dijagram za čelik

## ИСПИТИВАЊЕ ЖИЛАВОСТИ

**Способност материјала да поднесе велике деформације без лома назива се жилавост.**

**То је својство супротно од кртости, коју карактерише нагли лом при преоптерећењу материјала**

## ЖИЛАВОСТ је

ОТПОР МАТЕРИЈАЛА ПРЕМА УДАРНИМ НАПРЕЗАЊИМА.

СУПРОТНО ОД ЖИЛАВОСТИ ЈЕ КРТОСТ.

**Жилавост (eng. toughness) се може дефинисати (и мерити) и као енергија коју је потребно утрошити да би се изазвало разарање структуре материјала, односно остварио лом.**

**Ако је тај енеретски износ мањи материјал је кртији, а ако је већи материјал је жилавији.**

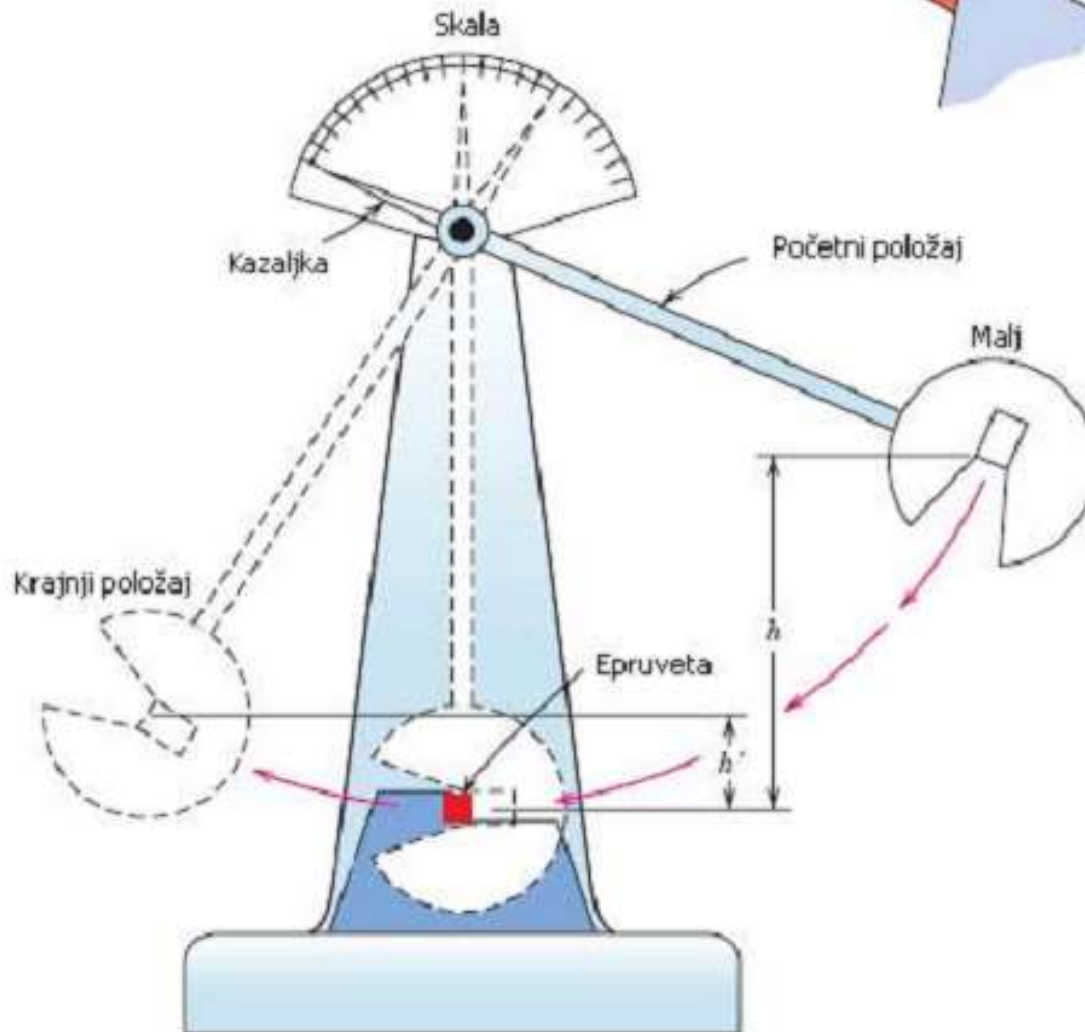
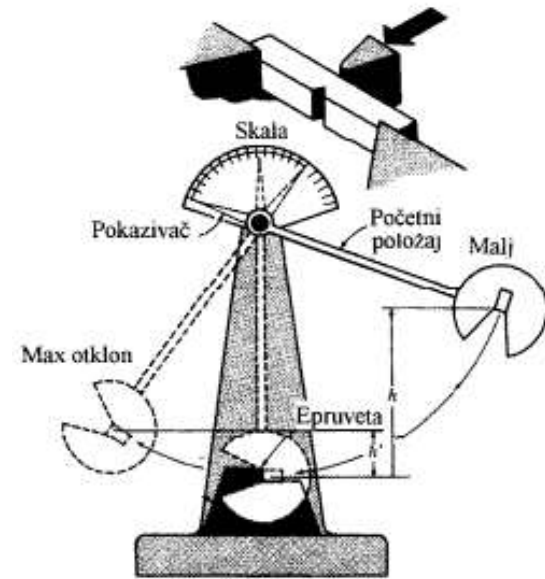
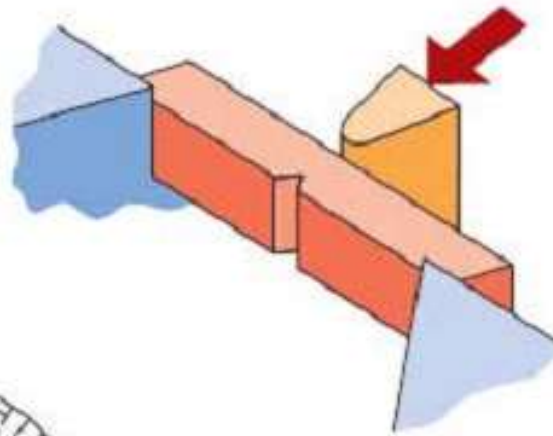
Жилавост се најчешће одређује тестом за испитивање ударне жилавости (eng. impact toughness) по Шарпију (Charpy) који је обухваћен свим важнијим стандардима. На пр.

**JUS C. A4. 004 i JUS C. A4.025 Ispitivanje udarne žilavosti**

**EN 10045 Part 1 Test Method**

**EN 10045 Part 1 Verification of Impact Testing Machines**

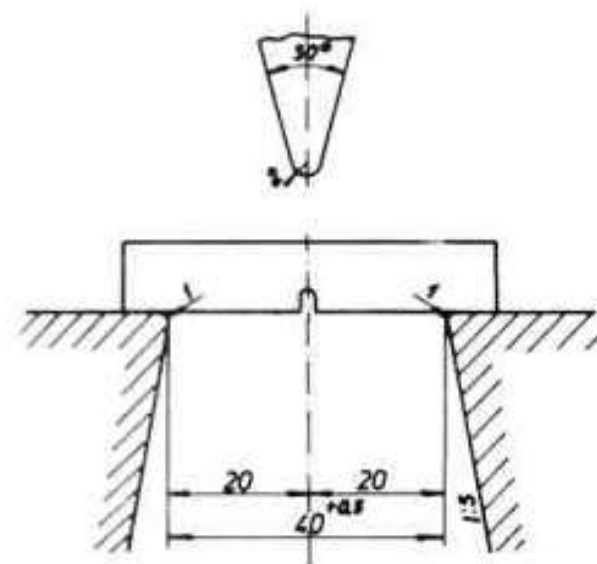
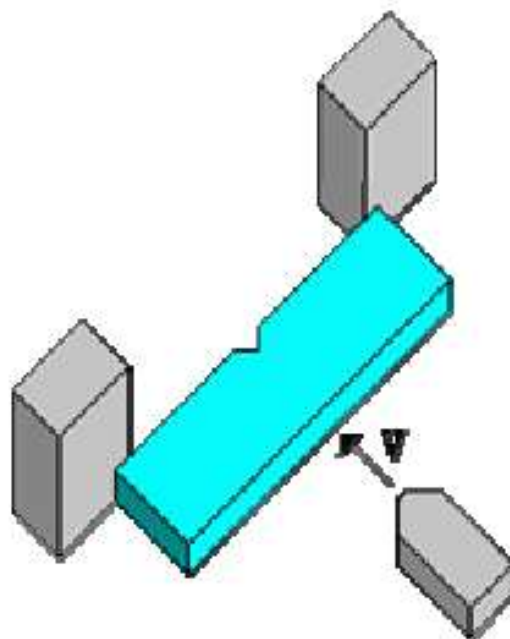
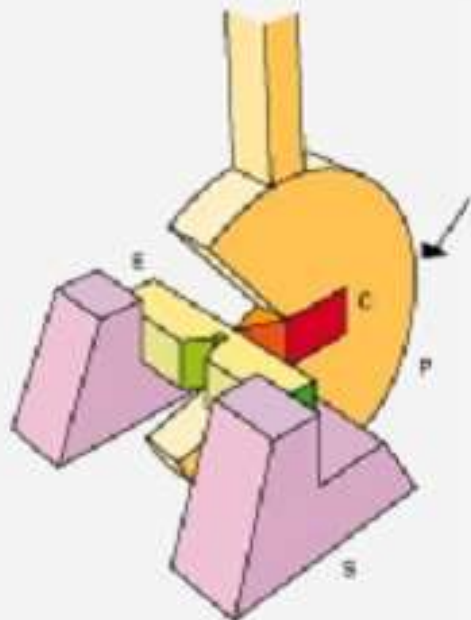
Радња (енергија ) утрошена за лом епрувете  
( изражена у џулима J ) је мера *жилавости материјала,*



1X.

*Georges Augustin Albert CHARPY  
(1865-1945) francuski inženjer*

# Положај епрувете





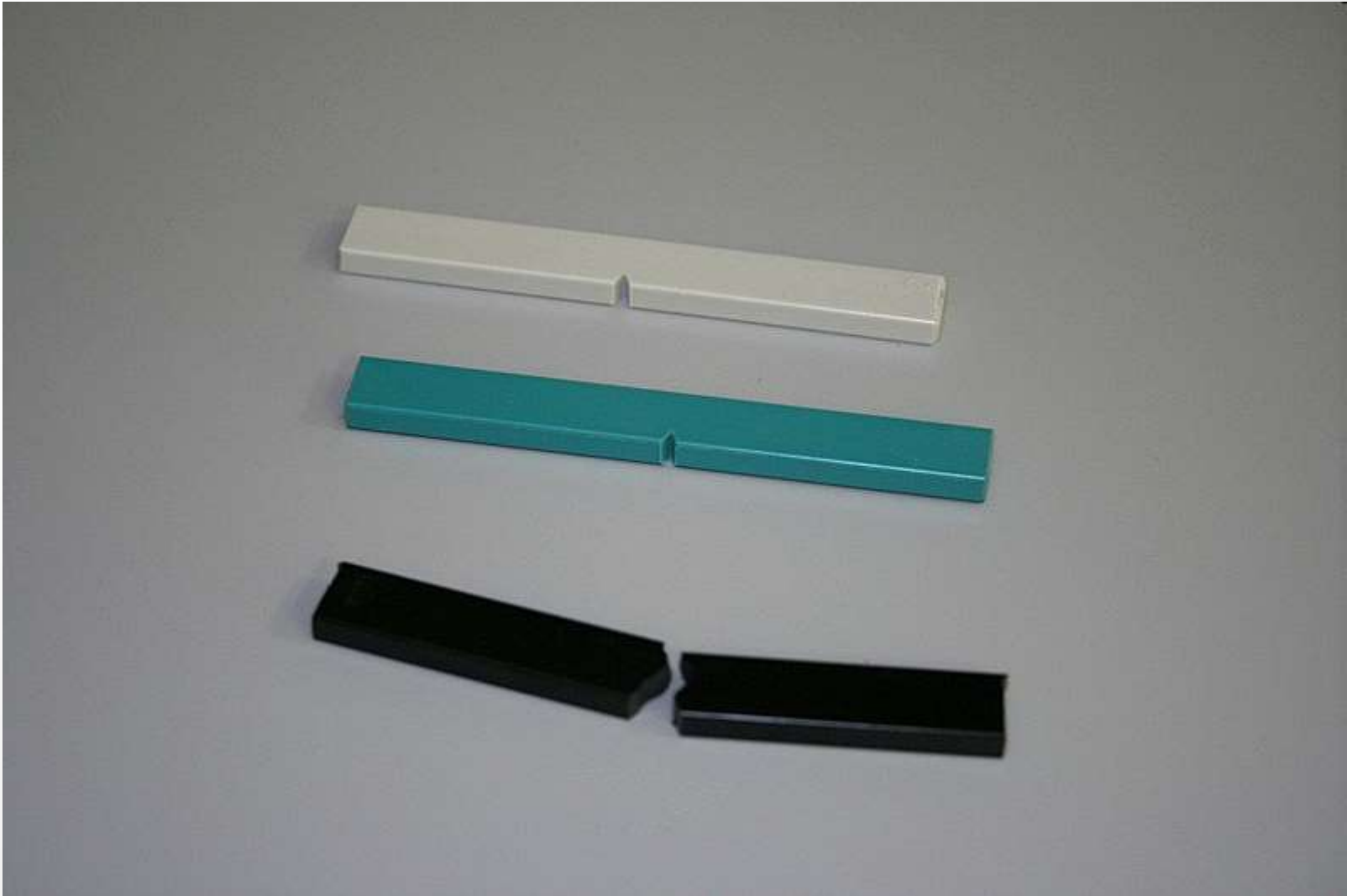


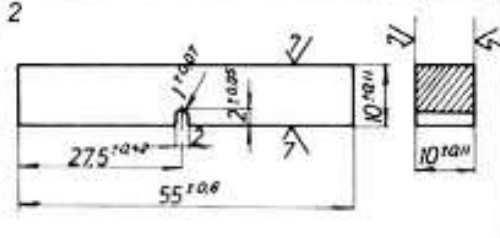
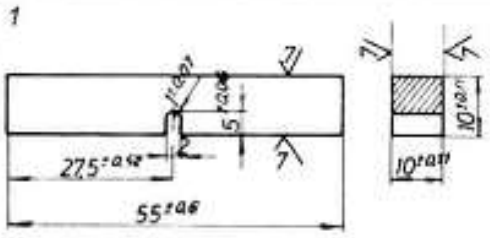
*Šarpijevo klatno (foto)*



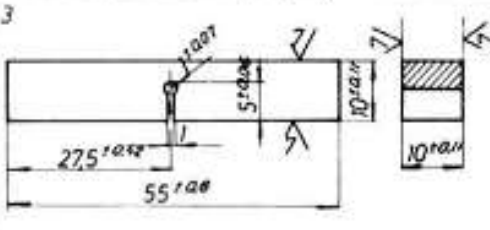
*Skala na Šarpijevom klatnu*



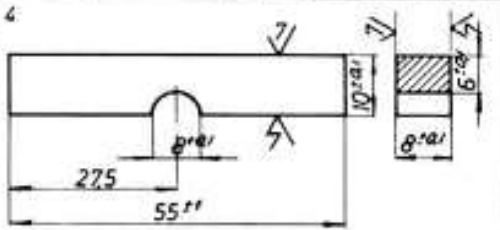




Dozvoljeno odstupanje po JUS C.A4.004



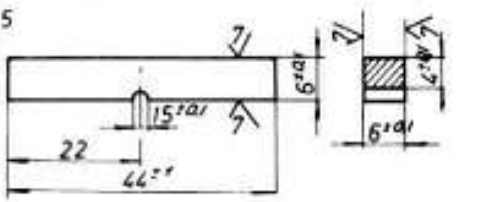
ISO



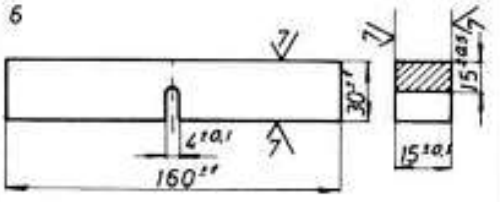
DVMF

Dozvoljeno odstupanje po JUS C.A4.004

Dozvoljeno odstupanje po DIN 50115



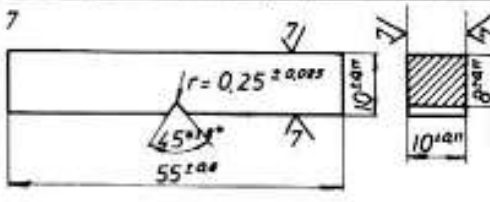
DVMK



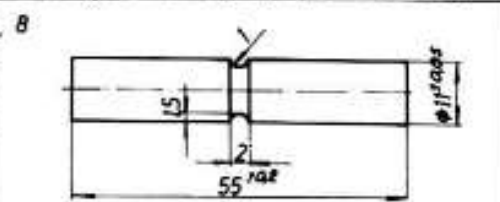
VGB

Dozvoljeno odstupanje po DIN 50115

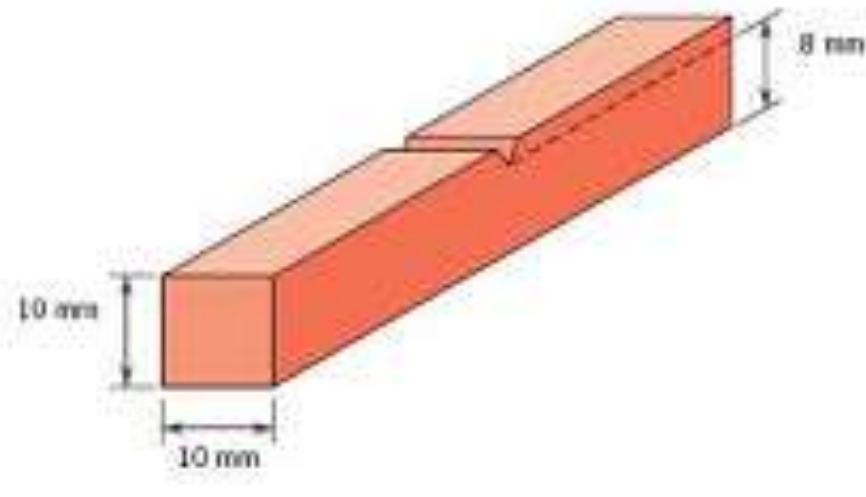
Dozvoljeno odstupanje po DIN 50115

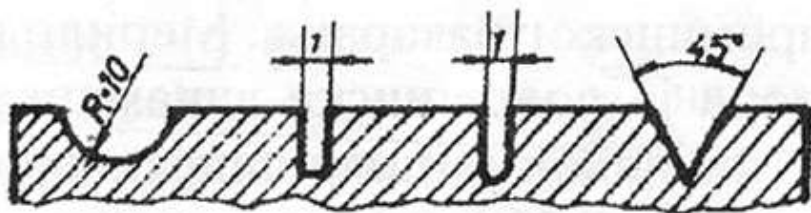
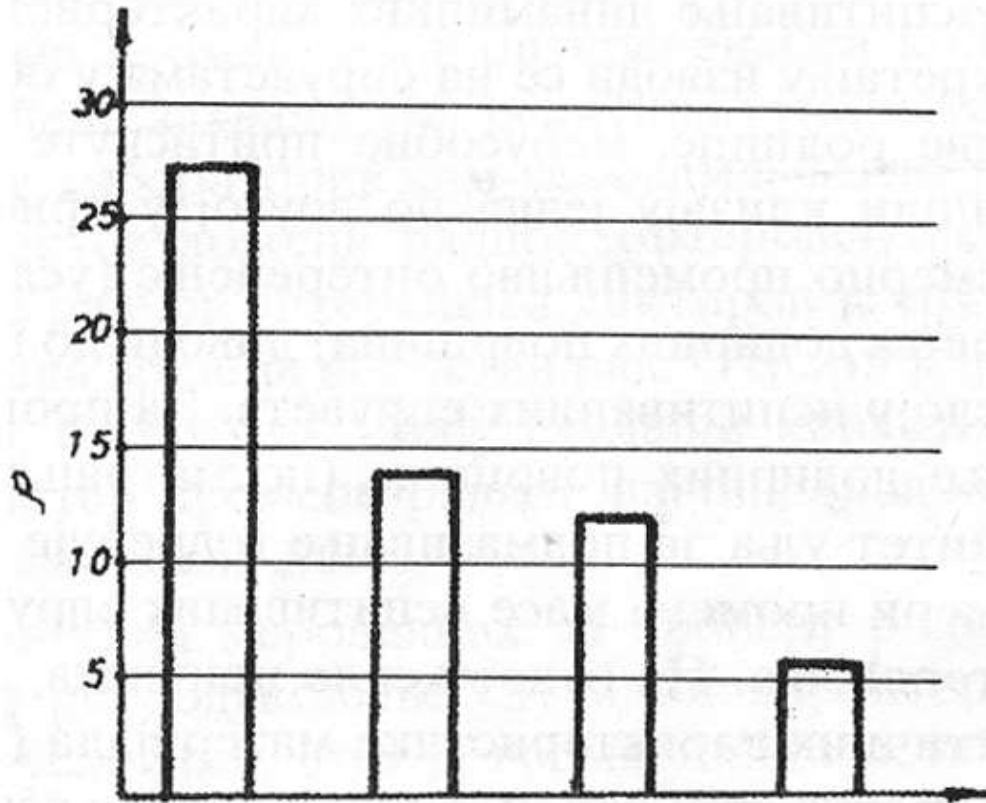


ISO



Dozvoljeno odstupanje po JUS C.A4.025





Облик зреза, извора концентрације напона, значајно утиче на величину ударане жилавости.

**УДАРНА ЖИЛAVОСТ "ПАДА" СА ПАДОМ ТЕМПЕРАТУРЕ!**

## **ТРАЈНА УДАРНА ЖИЛАВОСТ**

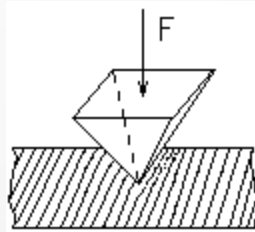
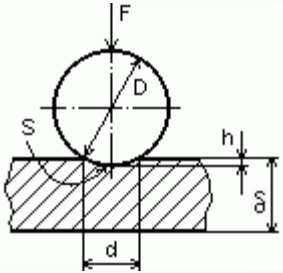
**Рад сведен на јединицу попречног пресека коју епрувета са зарезом може да издржи при великом броју удара а да се не дође до њеног разарања.**

# ИСПИТИВАЊЕ ТВРДОЋЕ



- ТВРДОЋА је

Тврдоћа је отпор који материјал пружа неком другом, тврђем материјалу да продре у његову површину.



**У зависности од начина испитивања постоје:**

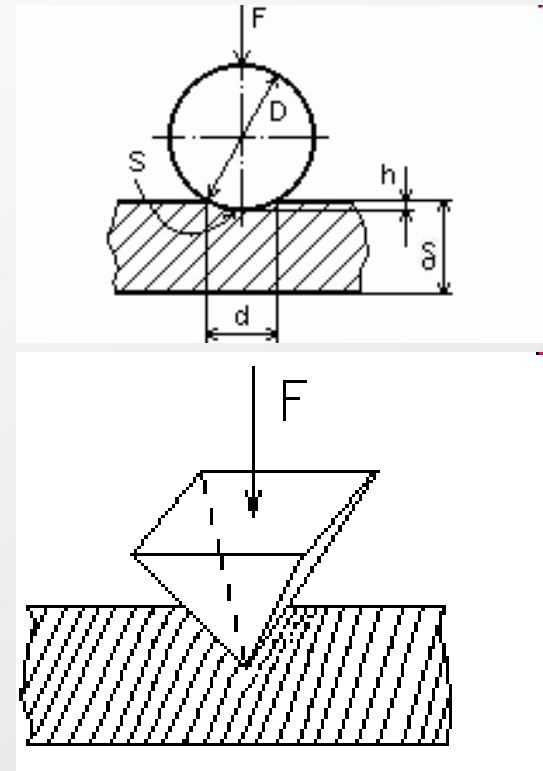
СТАТИЧКЕ методе

ДИНАМИЧКЕ методе

СПЕЦИЈАЛНЕ методе

## СТАТИЧКЕ методе

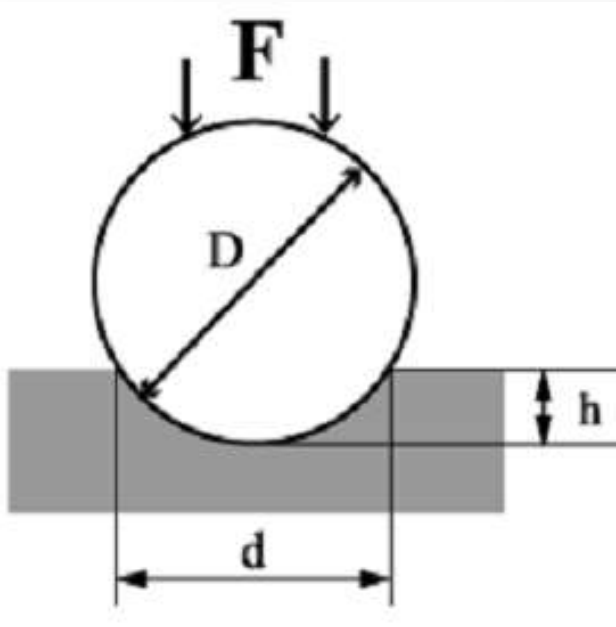
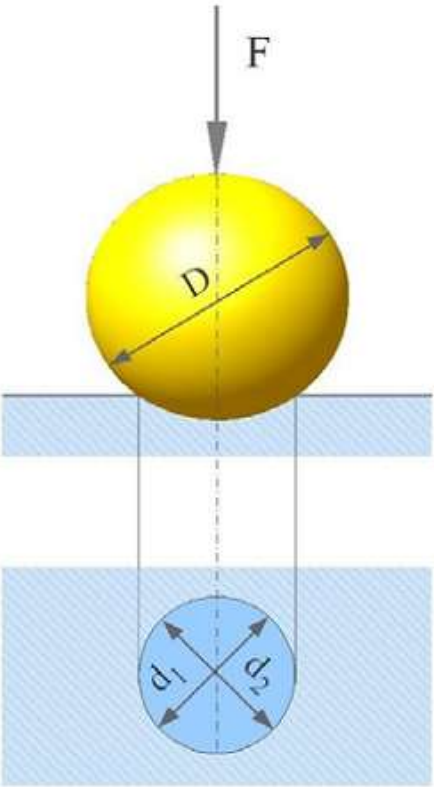
- БРИНЕЛОВА (Brinell), HBS, HBW
- ВИКЕРСОВА (Vickers), HV
- РОКВЕЛОВА (Rockwell), HRC, HRB
- КНУП (Knoop), HK



## ДИНАМИЧКЕ методе

- Полди (Poldy), HP
- Склероскопска-Шорова метода (Shore), HSh
- Дуроскопска метода, HD

# Бринелова метода испитивања тврдоће

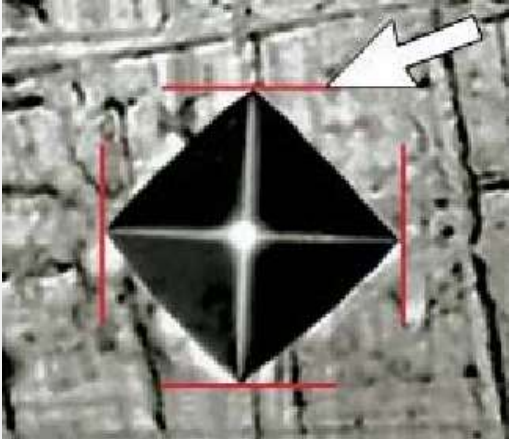


Johan August Brinell  
1849 - 1925,  
Stockholm

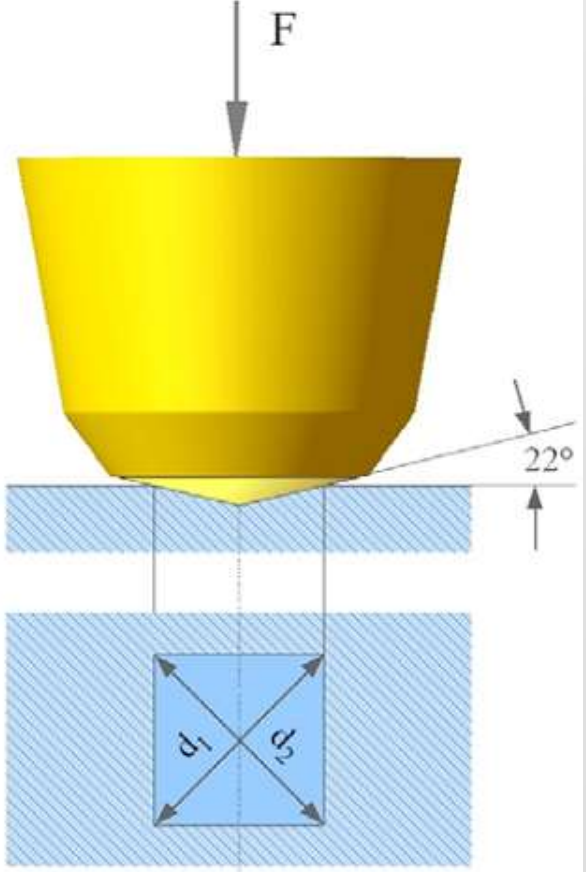
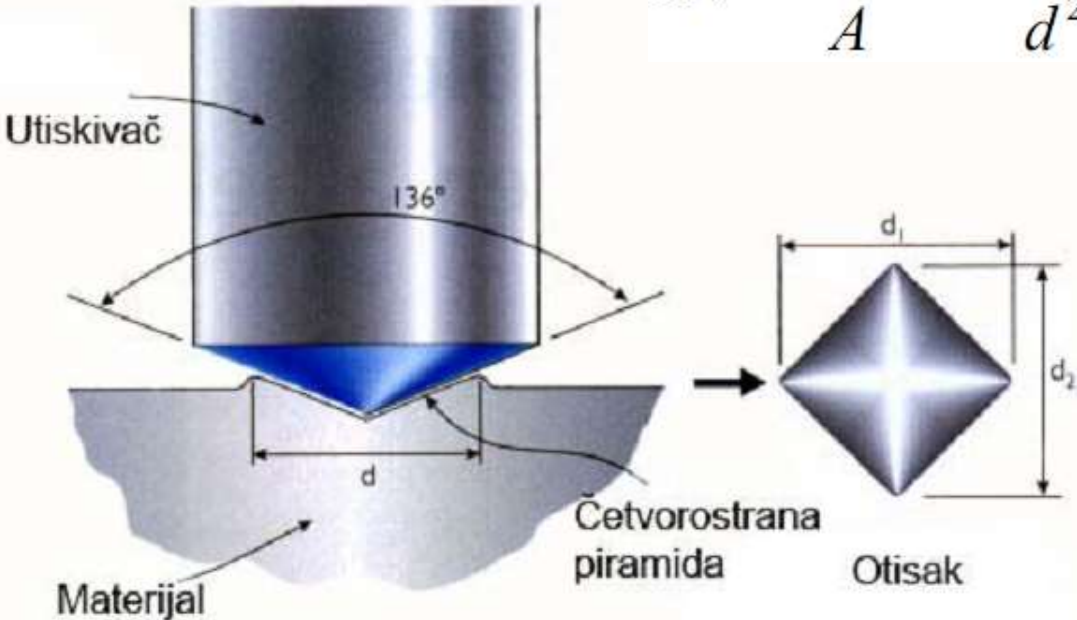
$$HB = \frac{F}{A} = \frac{F}{D \cdot \pi \cdot h} = \frac{0.103 \cdot 2 \cdot F}{\pi \cdot D \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$

F(N)-сила утискивања, D(mm)-пречник куглице,  
A(mm<sup>2</sup>)-површина отиска, d(mm)-пречник отиска, h(mm)-дубина отиска

**Tvrdoća po Vickersu se definiše kao**  
**količnik sile, kojom se deluje na dijamantski utiskivač u obliku pravilne četvorostrane piramide sa uglom pri vrhu od 136°, i površine otiska utiskivača na površini predmeta koji se meri.**



$$HV = \frac{F}{A} \approx \frac{1.854 \cdot F}{d^2}$$



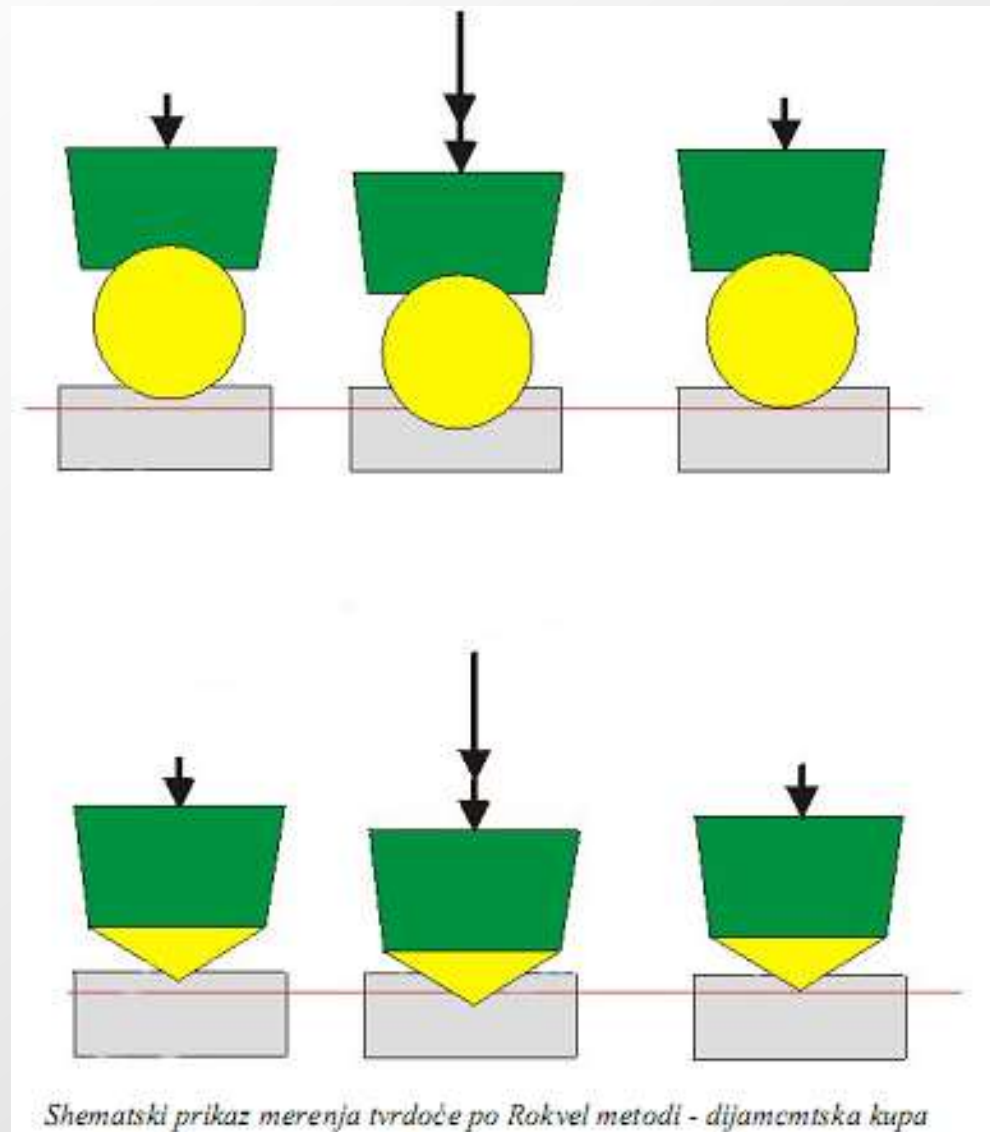
*Shema merenja tvrdoće po Vickersu*

## ROKVELOVA метода

-За разлику од претходних метода за одређивање тврдоће не користи се површина отиска већ дубина

-Утискивач је челична куглица  $D=1/16''$ ,  $1/8''$ ,  $1/4''$  и  $1/2''$ , или

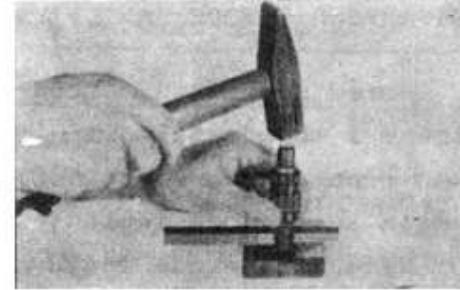
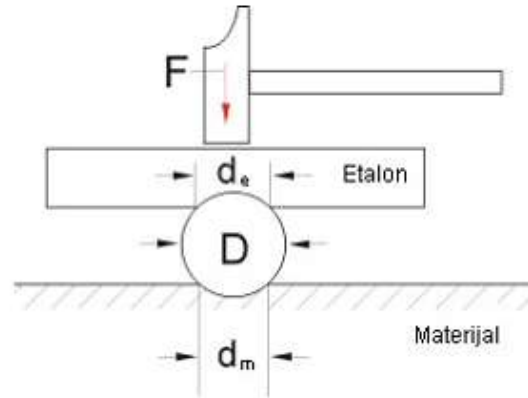
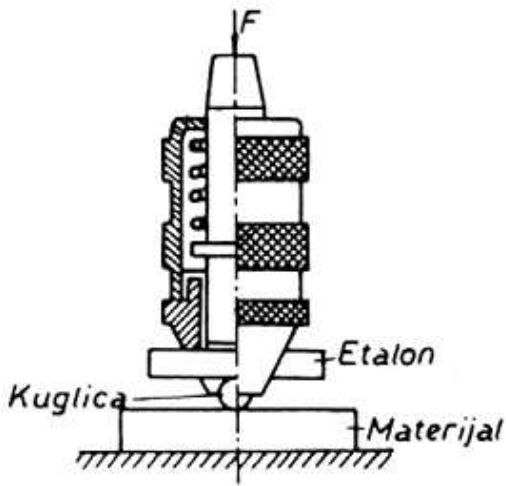
-дијамантска купа са углом конуса од  $120^\circ$  са заобљеним врхом,  $r=0.2\text{mm}$



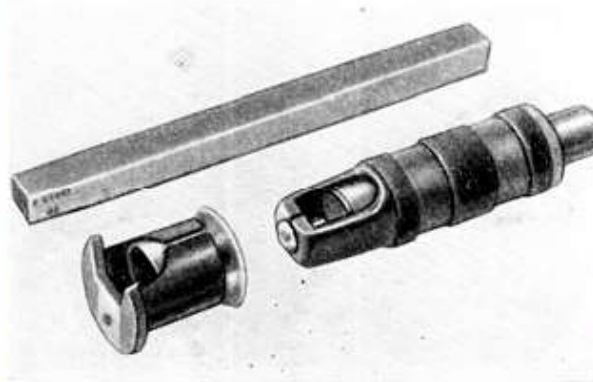
### ■ ДИНАМИЧКА МЕТОДА

- користи се када је немогуће (нема апарата, део је великих димензија), несврсисходно (материјал се не сме разарати) мерење тврдоће статичким методама
- мерење тврдоће је засновано на ударном дејству утискивача које омогућује израчунавање тврдоће, слично Бринел методи

- пречник куглице: 10мм
- маса чекића: 0.5 кг



*Princip određivanja tvrdoće Poldi metodom*



*Poldi čekič*

Мерењем пречника отиска помоћу лупе одређује се тврдоћа испитиваног предмета помоћу табела датих уз апарат.

А ако се измере пречници отисака у материјалу и еталону, на основу познате тврдоће еталона (HBS) тврдоћа испитиваног материја се рачуна:

$$HP = HBS \cdot \frac{D - \sqrt{D^2 - d_e^2}}{D - \sqrt{D^2 - d_m^2}}$$

HBS – тврдоћа еталона измерена по Brinell методи,

D – пречник утискивача – куглице у mm,

d<sub>e</sub> – пречник отиска у еталону у mm

d<sub>m</sub> – пречник отиска у материјали у mm.



## ИСПИТИВАЊЕ НА КОНТАКТ

- Изводи се на епруветама у облику ролница које се котрљају или клизе у подмазаном стању (ређе сувом)
- Истовремено се испитују две ролнице међусобно притиснуте одговарајућом силом
- Једносмерно променљиво оптерећење доводи замора материјала у површинском слоју

## За оцену динамичке површинске чврстоће

- ✿ прати се стање додирних површина посматрањем микроскопом
- ✿ Садржај метала у уљу (оцењује се квалитет уља)
- ✿ Промена масе епрувета

На основу силе притиска , геометријских карактеристика епрувета и еластичних карактеристика материјала ( $E, \nu$  ) одређује се површински притисак – КОНТАКТНИ НАПОН.

Мерило површинске чврстоће против разарања услед замора материјала је

**ДИНАМИЧКА ПОВРШИНСКА ЧВРСТОЋА,  $p_D$ ,**

Која представља највећи контактни напон – површински притисак који после граничног броја промена оптерећења ( $N_D$ ), неће да доведе до површинског разарања услед замора материјала.