



“TECHNO-EDUCA 2008”
Zenica, maj – May, 2008

DINAMIČKO ISPITIVANJE MATERIJALA

DYNAMIC TESTING OF MATERIALS



GUTLIĆ KEMAL
PALAVRA SANDI

Katedra za metalne materijale
Mentor : V. prof. Dr. Nađija Haračić
Akadska godina 2007/2008

Temeljni zadaci ispitivanja materijala su :

1. Određivanje pogodnih veličina za karakterizaciju svojstava materijala i njihovo kvantitativno izdržavanje u obliku upotrebljivih karakteristika
 2. Kontinuirana i široka automatizirana kontrola promjena svojstava materijala koje nastaju kod proizvodnje prerade i obrade materijala s otkrivanjem mogućih grešaka materijala
-
3. Periodična kontrola stanja materijala nakon određenog vremena eksploatacije
 4. Istraživanje slučajeva raznih oštećenja i uzroka lomova mašinskih dijelova u eksploataciji
 5. Razvoj novih materijala

Temeljna svojstva materijala su mehanička : čvrstoća, napon tečenja, modul elastičnosti, izduženje, žilavost, tvrdoća, dinamička izdržljivost.

Karakteristika materijala predstavlja mjerljivu veličinu materijala, koje se može brojčano odrediti pomoću standardizovanih metoda ispitivanja, npr. čvrstoća nekog čelika.

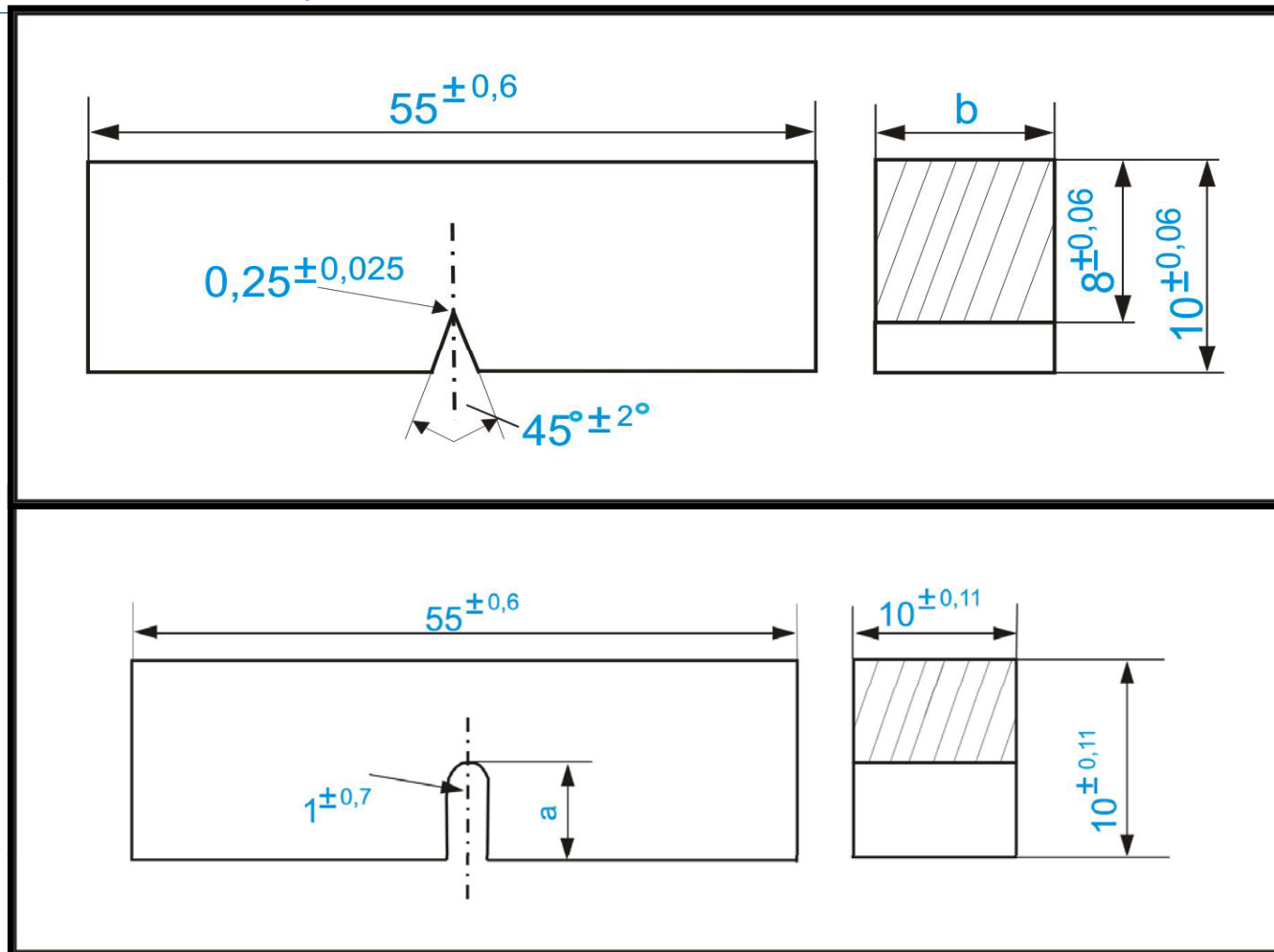
Tehnološka svojstva materijala pokazuju njegovu sposobnost za obradu različitim postupcima.

Hemijska svojstva su hemijski sastav materijala i otpornost na koroziju.

Eksploataciona svojstva pokazuju otpornost materijala u upotrebi.

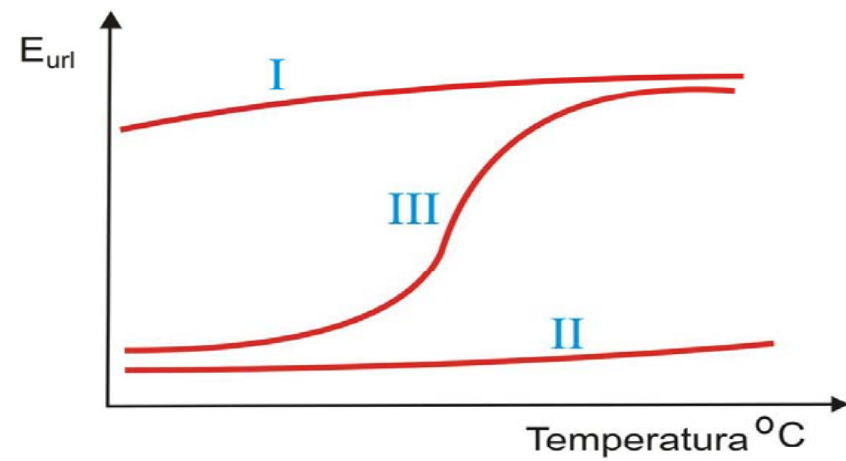
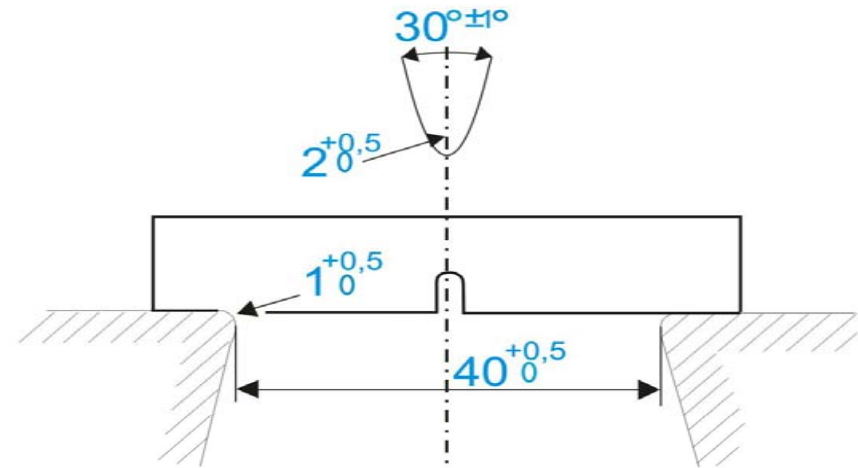
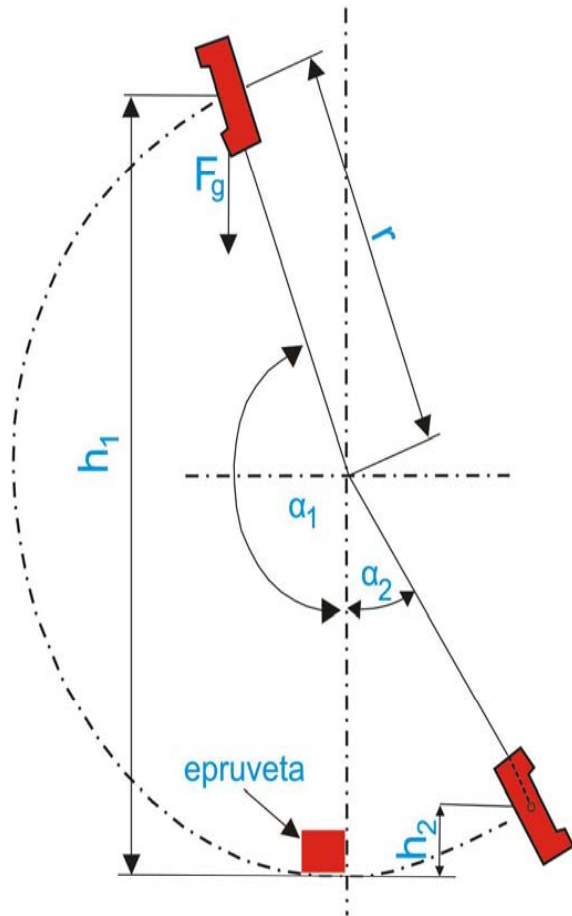
ISPITIVANJE UDARNE RADNJE LOMA

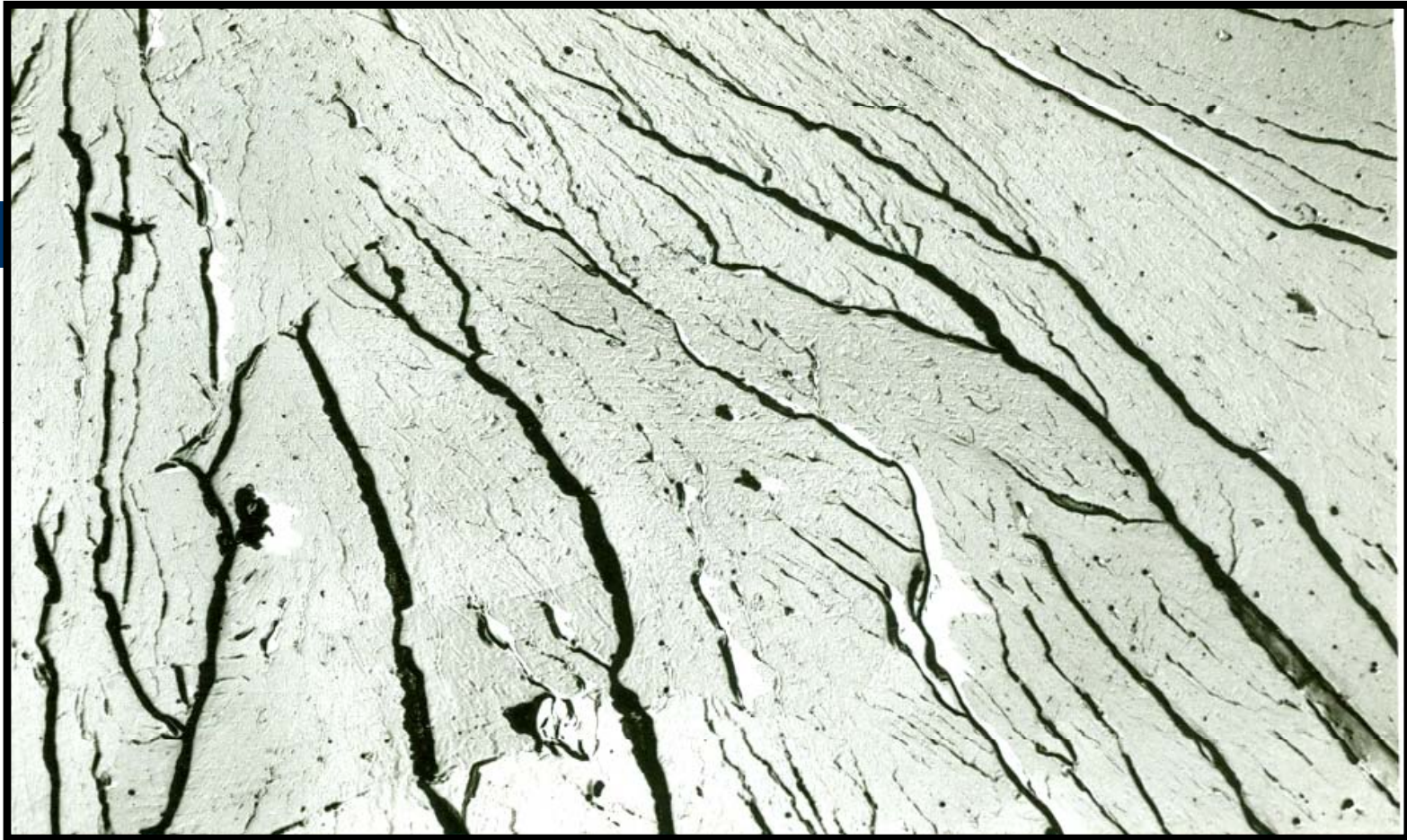
Ispitivanje udarne radnje loma zarezane epruvete po Charpyju je jedno od najstarijih mehaničkih metoda ispitivanja materijala u eksploatacionim uslovima, a **služi za utvrđivanje njegove otpornosti prema krtom lomu**. Na Charpyjevu klatnu ispituje se jednim udarcem s brzinom obično 5 do 5,5 m/s zarezane epruvete (s U-zarezom ili V-zarezom). Radnja (energija) utrošena za lom epruvete (izražena u džulima J) je mjera žilavosti materijala, a zahtjeva se i kod razvoja novih materijala, kod provjere gotovih materijala, te kod analize loma usljed raznih kvarova u praksi.



Slika 1. Epruvete sa V i U zarezom

Slika 2. Ispitivanje udarom po Charpy-ju





Slika 3. Krti lom (elektronski mikroskop x 10 000)



Slika 4. Žilavi lom (elektronski mikroskop x 10 000)

Epruvete s V-zarezom obavezno se koriste za određivanje udarne radnje loma opštih konstrukcionih čelika (npr. Č. 0561), a epruvete sa U-zarezom kod ispitivanja svojstava kvalitetnijih čelika (npr. Čelici za poboljšanje kao Č.1531, Č. 4732 i sl.).

Udarne radnje loma metalnih materijala se ispituje normiranim (standardiziranim) epruvetama kvadratnog ili pravougaonog poprečnog presjeka sa zarezom u obliku slova U (oznaka KU) ili slova V (oznaka KV).

Za utvrđivanje važnog svojstva žilavosti materijala ispituju se tri iste epruvete na propisanoj temperaturi, pri čemu ne smije biti veće rasipanje vrijednosti od 30% u odnosu na minimalnu propisanu vrijednost (samo jedna od njih može imati nižu vrijednost). U standardima za prijem i isporuku metalnih materijala propisane su minimalne srednje vrijednosti udarne radnje loma.

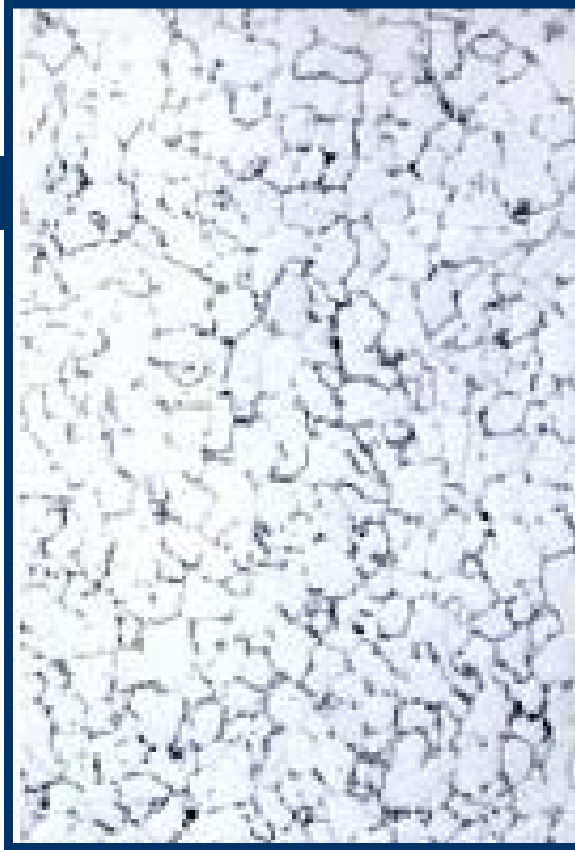
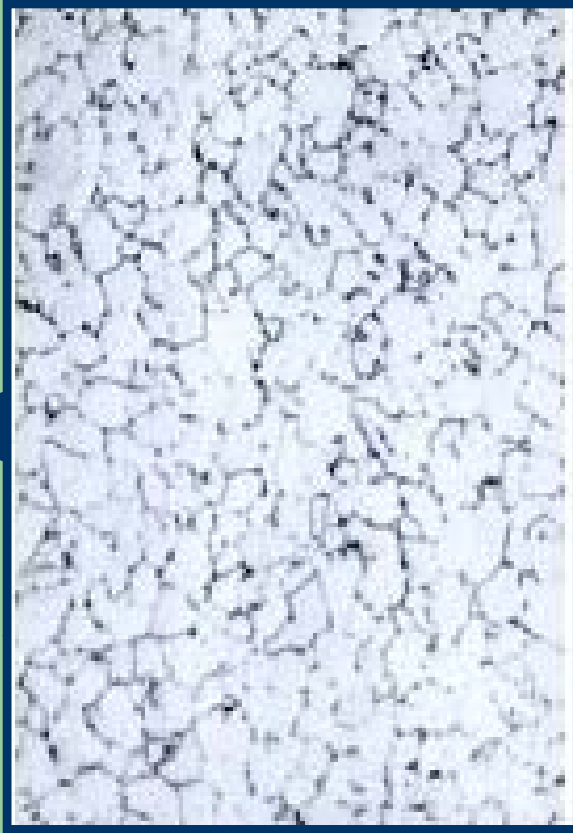
UTICAJNI FAKTORI NA ŽILAVOST MATERIJALA

Na žilavost materijala utiče niz faktora kao što su :

1. **Temperatura ispitivanja**
2. **Mikrostruktura (osobito veličina zrna)**
3. **Oblik i dimenzije zareza**
4. **Dimenzije epruvete**
5. **Brzina udara**

Temperatura ispitivanja ima najveći uticaj na žilavost, odnosno na udarnu radnju loma. Žilavost materijala općenito opada sa snižavanjem temperature ispitivanja. To je općenito zbog toga što se snižavanjem temperature snižava i plastičnost, odnosno deformabilnost materijala.

Mikrostruktura ima također veliki uticaj na žilavosti materijala. Naročito povoljno utiče na žilavost smanjivanjem veličine zrna.



Slika 5. Promjena mikrostrukture usljed zagrijavanja

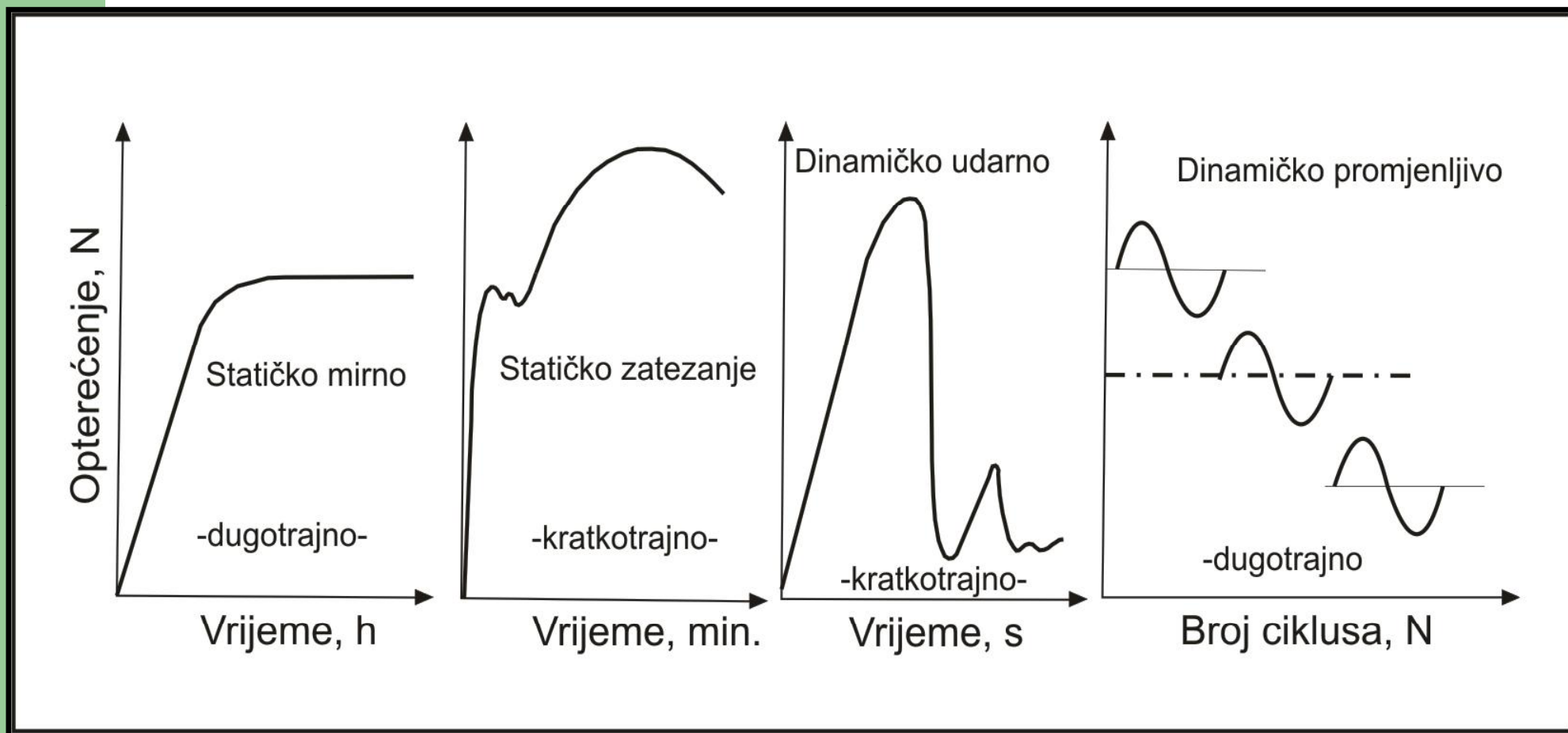


Slika 6. Prelom po granicama zrna

Oblik i dimenzije zareza također znatno utiču na žilavost. Zarezi izazivaju koncentraciju približno trodimenzionalnih napreznja, normalna napreznja djeluju pri tome na zatezanje dok tangencijalna izazivaju klizanje.

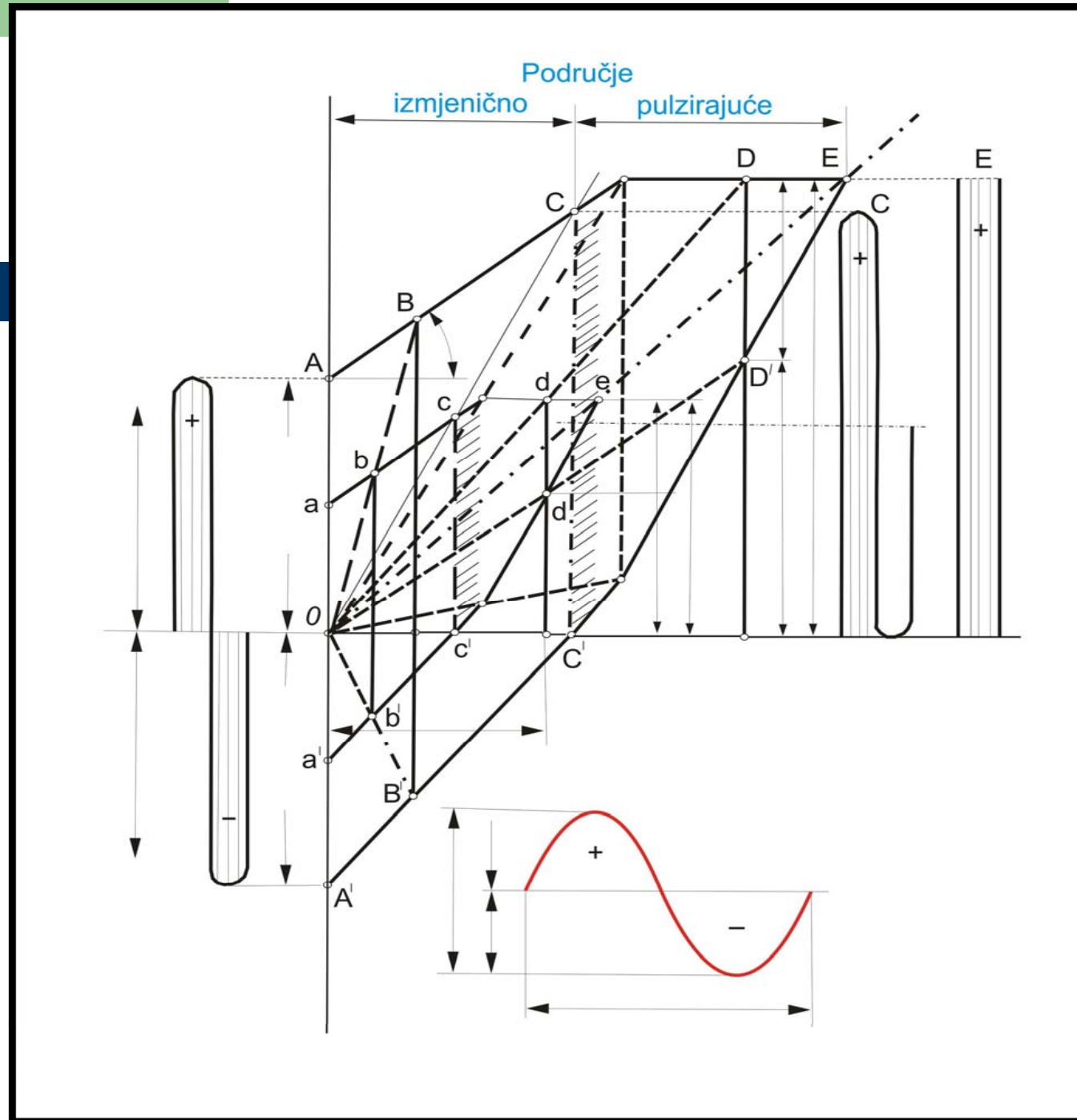
Dimenzije epruvete različito utiču na žilavost materijala. Najmanje utiče dužina epruvete, dok širina i debljina utiču slično na smanjivanje žilavosti

Brzina udara Charpyjevog klatna nema znatnijeg uticaja na žilavost materijala ako je u rasponu 3 do 7 [m/s], dok znatno veće brzine 20-50 [m/s] smanjuju žilavost zbog smanjenog udjela plastične deformacije.

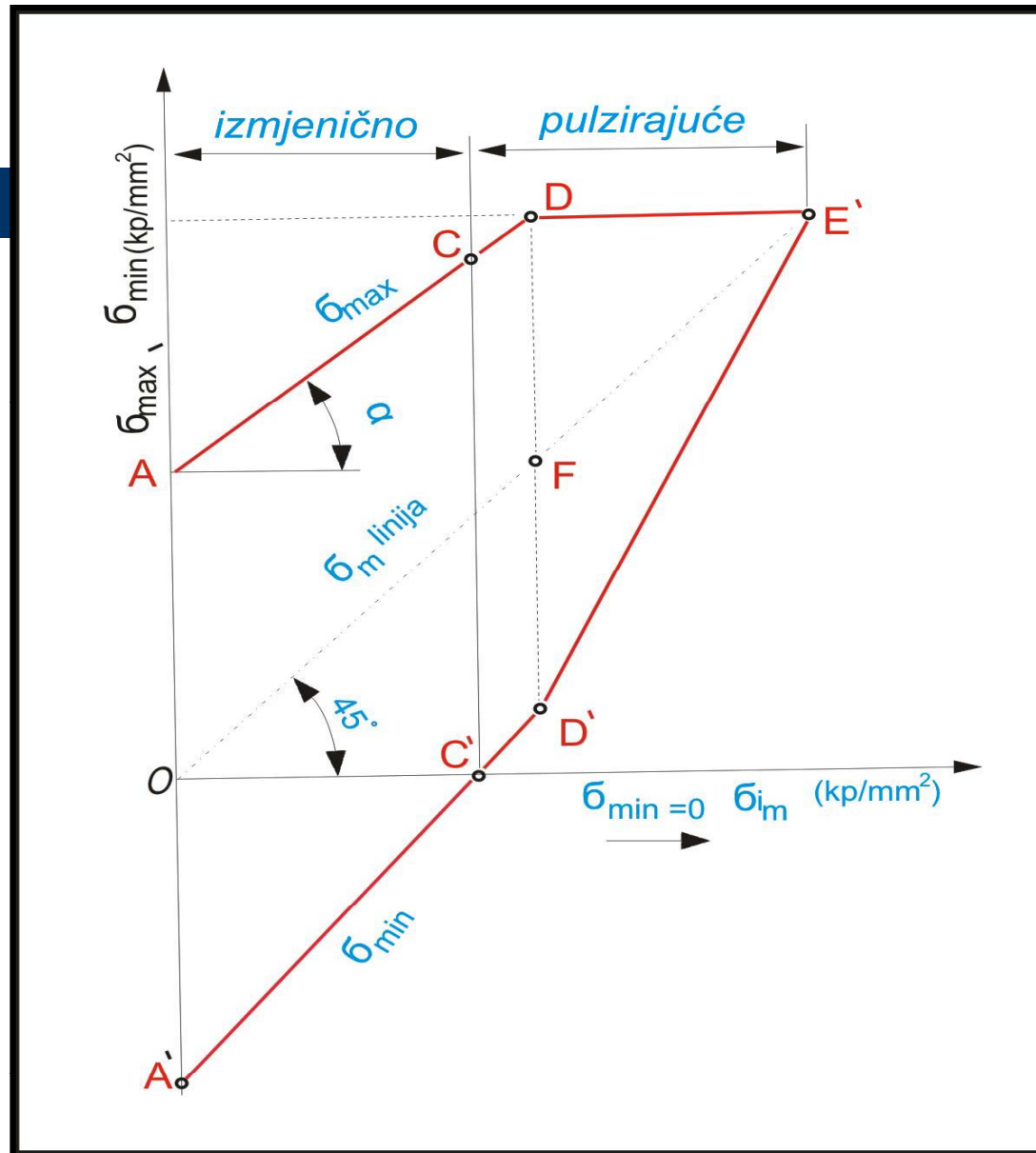


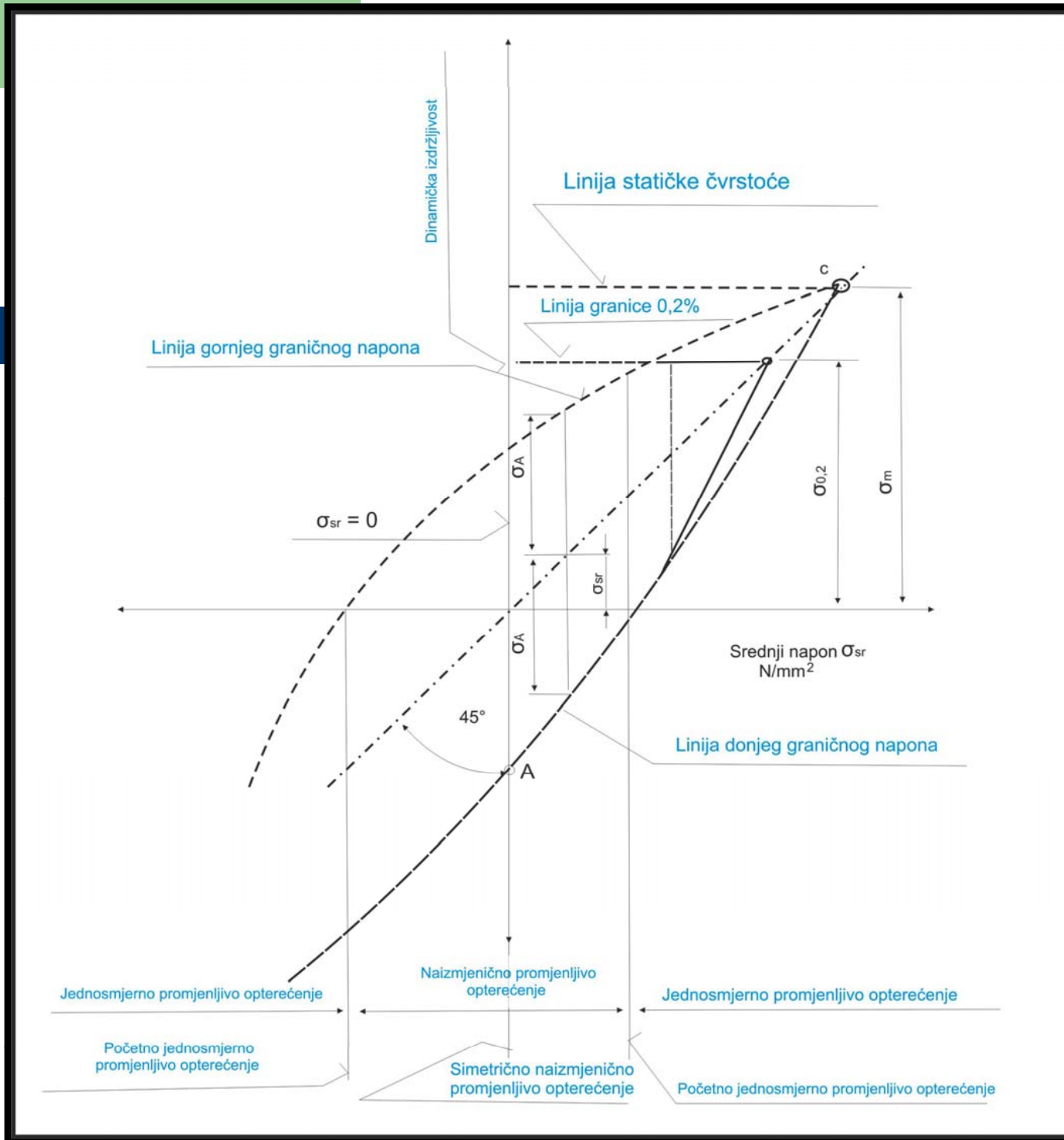
Slika 7. Uporedni pogled statičkih i dinamičkih opterećenja

Slika 8. Smithov dijagram za pozitivne vrijednosti srednjeg napreznja



Sl.8.a Uprošćeni Smitov dijagram za pozitivne vrijednosti srednjeg naprezanja

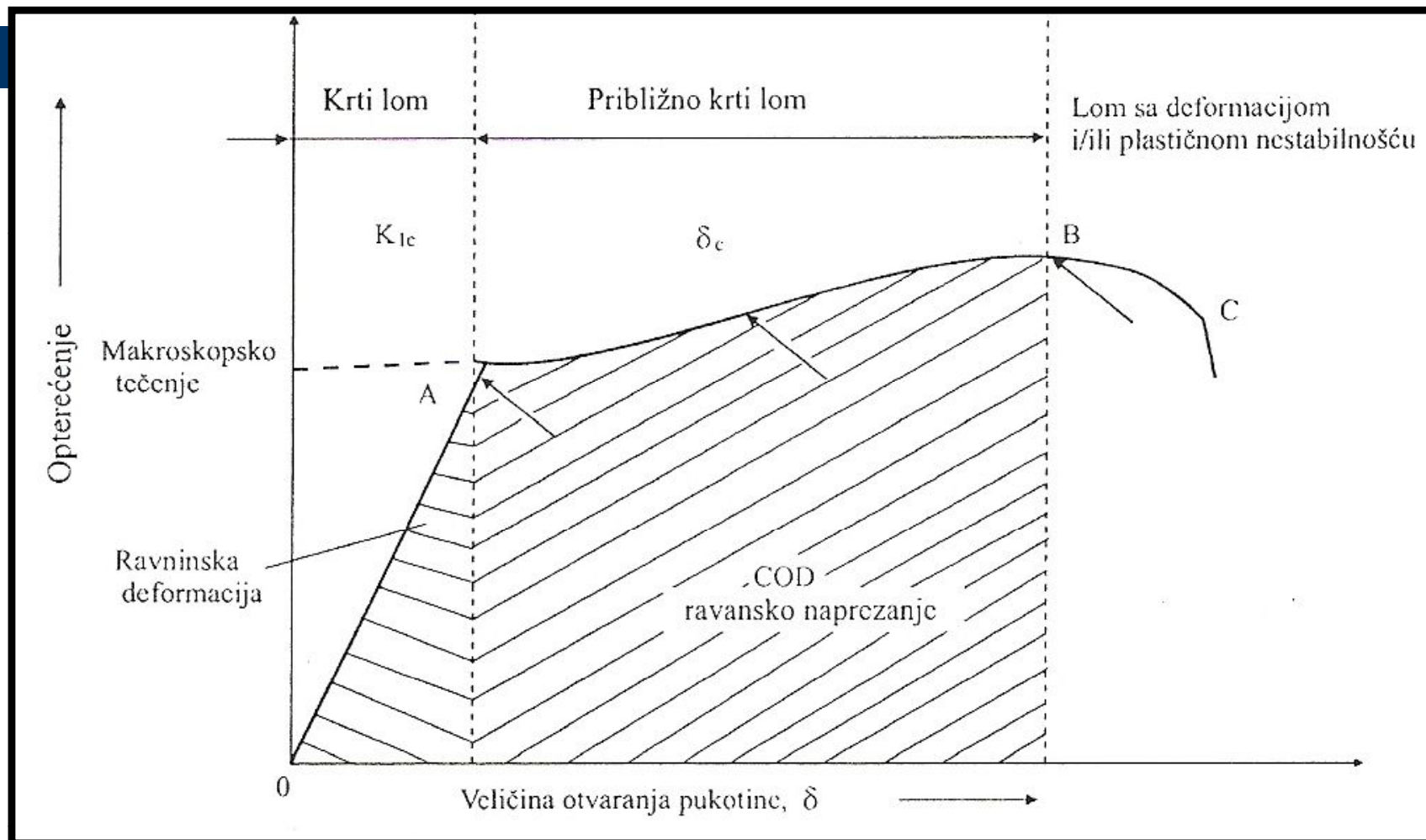




Slika 9. Smithov dijagram

ISPITIVANJE LOMNE ŽILAVOSTI

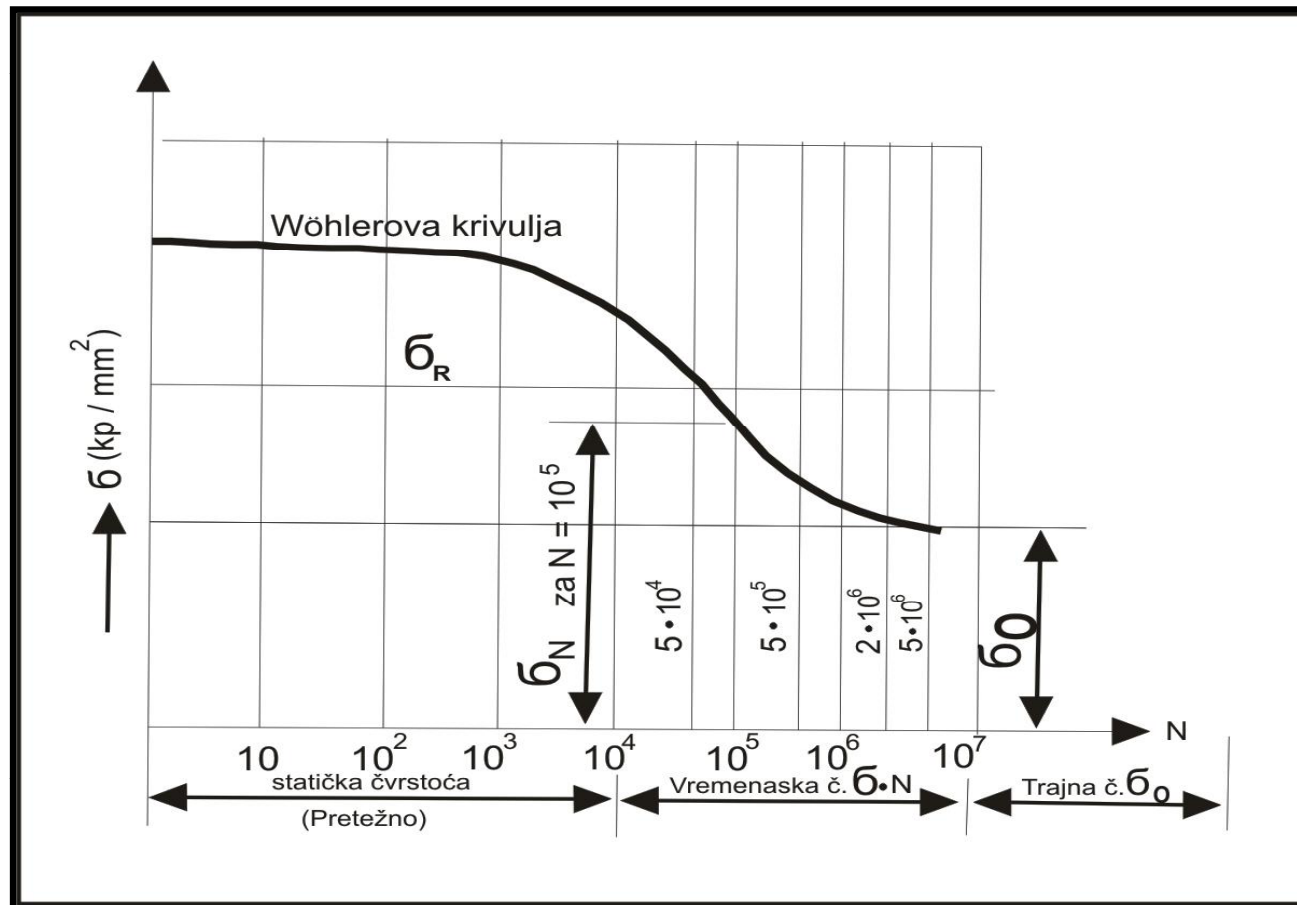
Lomna ili pukotinska žilavost K_{Ic} (Plane Strain Fracture Toughness) je novije važno mehaničko svojstvo materijala, koje najbolje definiše njegovu otpornost prema nestabilnom rastu pukotine u njemu pod precizno određenim uslovima. Drugačije rečeno lomna žilavost je kritična vrijednost koncentracije naprezanja na vrhu pukotine pri kojoj nastupa nestabilni rast pukotine pod uslovima stanja ravanske deformacije.



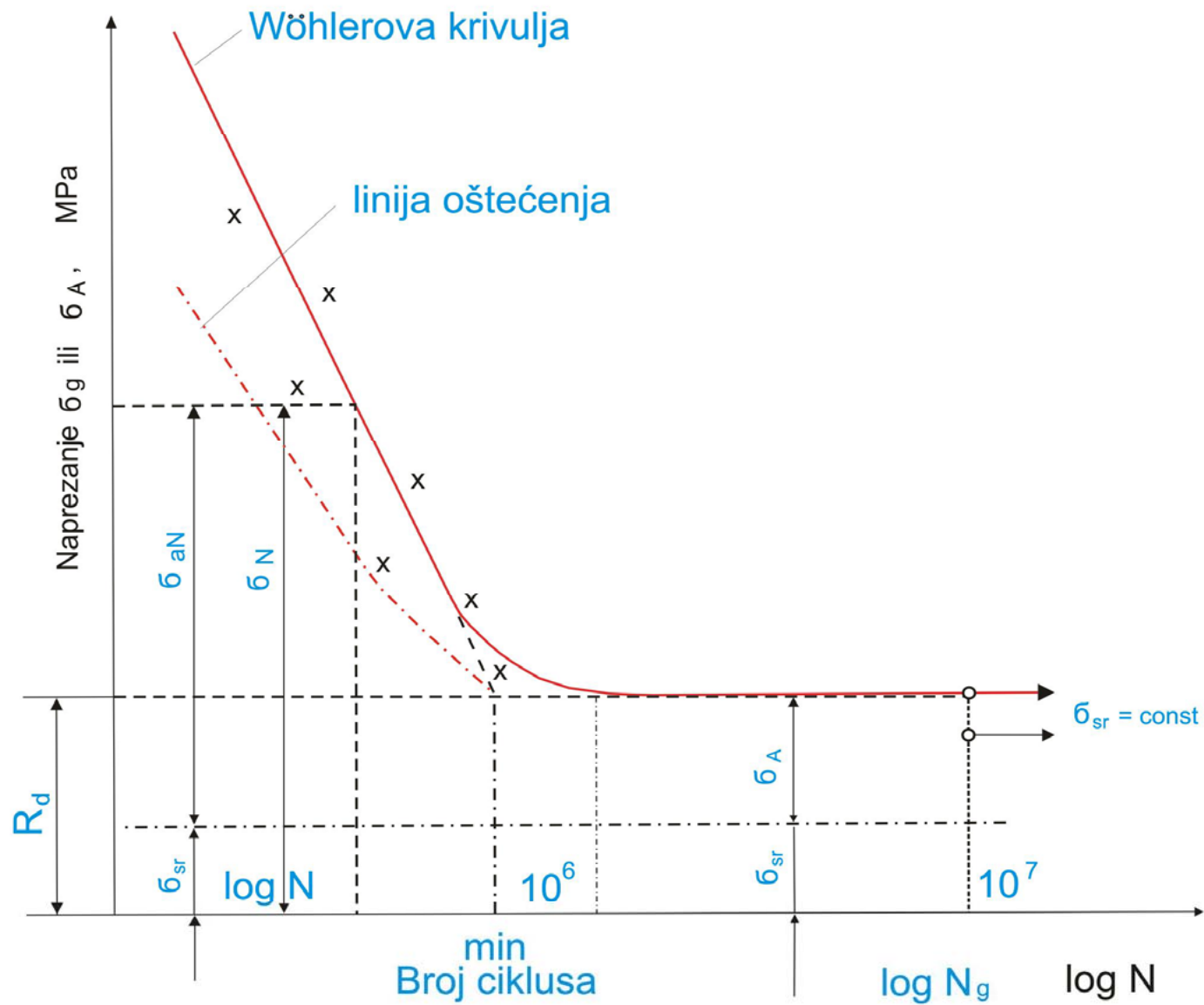
Slika 10. Područja primjene mehanike loma

ISPITIVANJE ZAMARANJEM

Zamaranje je pojava postepenog oštećivanja materijala usljed dugotrajnog djelovanja periodičnih promjenljivih oštećenja odnosno napreznja. Ponašanje materijala pri zamaranju najlakše se izučava ispitivanjem na posebnim uređajima . Na serijama od desetak poliranih epruveta ili pak konstrukcionih djelova provodi se sinusna promjena amplituda napreznja oko nepromjenljivog srednjeg napreznja. Epruvete od metalnih materijala ispituju se frkvencijama od 10 do 400 [Hz], a za granični broj ciklusa N_g uzima se obično 10 miliona ciklusa (raspon vrijednosti N_g kod visoko cikličnog zamora je uglavnom između 2 i 100 miliona ciklusa). Krivulja koja pokazuje zavisnost broja izdržanih ciklusa od promjenjenog napreznja pri ispitivanju naziva se **Wöhler-ova ili S-N krivulja** (Stress - Number curve). Napreznja mogu biti savojna, zatezno-pritisna i torziona. Prema definiciji razlikuju se naizmjenična dinamička izdržljivost, i istosmjerna dinamička izdržljivost. Dinamička izdržljivost ili dinamička čvrstoća, po definiciji je ono najveće primjenjeno napreznje pod kojim ispitivana epruveta izdrži propisani ili beskonačni broj ciklusa bez pojave loma ili nekog drugog propisanog učinka.



Slika 11. Wöhlerova kriva



Slika 12. Wohlerova kriva

LITERATURA

[1.] Vitez I. Oruč M. Sunulahpašić R. :Ispitivanje materijala, Metalurški fakultet, Zenica

[2.] Terzić P. : Ispitivanje materijala

[3.] *** STANDARDI::

ASTM E 399-83 (prednacrtao ASTM E-24/69.)

BAS EN ISO 12737/05

ESIS P2

ASTM E24. 01-82

ASM-85

DVM Merkblatt 0001, Entwurf 3.85

ASTM E 813-81