

ESIS TC7D-1-96D

PREPORUKE ZA TERMINOLOGIJU I NOMENKLATURU U OBLASTI INTEGRITETA KONSTRUKCIJA

D. Fransoa
Ecole Centrale des Arts et Manufactures, France

Namena dokumenta je da uvede jedinstvenu terminologiju u oblasti integriteta konstrukcija.

U dokumentu se obrađuju opšti koncepti. On ne obuhvata termine koji su uobičajeni u inženjerskoj praksi. Što je više bilo moguće, dokument se drži međunarodnih standarda (Evrokodovi i ISO), posebno standarda EN 10.002-1 (oktobar 1990), koji se odnosi na ispitivanje zatezanjem. Ovaj dokument preporučuje korišćenje prikladnih jedinica. Neki delovi su preuzeti iz standarda ASTM E 616-89 (Standardna terminologija u ispitivanju loma).

Posle uvoda, u kome su obrađena opterećenja konstrukcija, dokument propisuje koncepte, koji se odnose na mehaničko ponašanje materijala, klasificirano kao elastično, plastično, viskoelastično i viskoplastično. Zatim on pokriva mehaniku loma i oštećenje. Na kraju je dat kratak odeljak posvećen verovatnoći loma.

Predgovor prevodu na srpski jezik

U prevodu Dokumenta ESIS TC7D-1-96D Guidelines for terminology and nomenclature in the field of structural integrity (Preporuke za terminologiju i nomenklaturu u oblasti integriteta konstrukcija) na srpski jezik su učestvovali S. Sedmak, A. Sedmak, J. Jarić i M. Rakin.

Iskustvo stečeno u prevodenju Dokumenta je otkrilo da direktno prevodenje termina sa engleskog na srpski ne opisuje uvek na najbolji način pojam na koji se odnosi, npr. "flow strength", za koji je predložen termin "napon ojačavanja". Drugi značajan problem se odnosi na već standardizovane termine u našem jeziku. Termin "čvrstoća", koji je usvojen u standardu, nije najprikladniji zbog toga što je njegovo osnovno obeležje agregatno stanje materije, a ne mehanička osobina. Zbog toga ni termin "napon očvršćavanja", koji se odnosi na uticaj deformacije na ovu osobinu se može dvojako tumačiti. Bolji opis termina "strength" je "jačina", a u praksi se koristi "ojačavanje" i "napon ojačavanja". Sledeći termin koji je potrebno razmotriti je "stress", ravnopravno preveden sa "napon" i "naprezanje". Kako se i u oblasti integriteta konstrukcija termin "napon" koristi i za struju, to je možda opravdano da se usvoji termin "naprezanje" za opisivanje uticaja mehaničkog opterećenja na materijal., pri čemu se u praksi često ovaj termin i koristi da iskaže opterećenje. Potrebno je da se uvedu i odomaće i neki novi termini. Treba napomenuti da se ne pravi dovoljna razlika između pojmova "napon", odnosno "naprezanje" i "jačina" ("stress" i "strength"), iako je ona jasno određena. Za termin "compliance" još nije usvojen odgovarajući termin na srpskom, a predloženi termin "popustljivost" najbolje opisuje ovaj pojam. U duhu srpskog jezika je termin "yield" najbolje prevesti sa "popuštanje". Na ovo se nadovezuje i termin "yield strength", za koji se sada koristi termin "napon tečenja". Vidi se, međutim, da nijedna od ovih reči nije doslovno prevedena. "Strength" je po pojmu "jačina" (odnosno nedosledno upotrebljen termin "čvrstoća"), a ne "napon", odnosno "naprezanje". Koristeći pravo značenje reči "yield" i "strength", ispravan prevod je "jačina popuštanja" a ne "napon tečenja", termin koji je danas u standardnoj upotrebi. Problem sa nekim od razmatranih termina je u tome što su otkom vremena već stekli "pravo građanstva", što otežava njihovu zamenu novim terminima. Iskustvo pokazuje da taj problem ipak nije toliko značajan. Podsetimo se samo termina "granica velikih izduženja" i "granica razvlačenja", koji su i u standardima i u praktičnoj upotrebi označavali današnji standardni termin "napon tečenja", odnosno ispravniji termin "jačina popuštanja", a danas su potpuno zaboravljeni. Ovo kratko razmatranje ima za cilj da ukaže na potrebu razmatranja terminologije iz dva aspekta – stručnog i lingvističkog. Za pronalaženje najboljih rešenja u terminologiji potrebna je prvo stručna diskusija radi usaglašavanja značenja i opisa pojma, a zatim i diskusija sa lingvistima radi uvođenja u upotrebu najprikladnijeg termina na srpskom jeziku. Predloženi dokument je osnova za ove diskusije. Zbog toga će Društvo za integritet i vek konstrukcija organizovati u skorije vreme sastanak na kojim će dokument ESIS TC7D-1-96D biti detaljno analiziran, i u eventualno izmenjenom obliku predložen Jugoslovenskom zavodu za standardizaciju kao osnova terminologije u oblasti integriteta konstrukcija. To otvara veliki posao naknadnog usaglašavanja već uvedenih standarda i pojmova (npr. JUS S. A4.083 i JUS C.A4.084 iz oblasti mehanike loma). Kako se očekuje veliko interesovanje za uvođenje jedinstvene terminologije i nomenklature, zakazan je sastanak, posvećen terminologiji i nomenklaturi u oblasti integriteta konstrukcija 12. marta 2003. u 17.00 na Mašinskom fakultetu u Beogradu. Profesor dr Vera Šijački - Žeravčić će voditi ovaj sastanak.

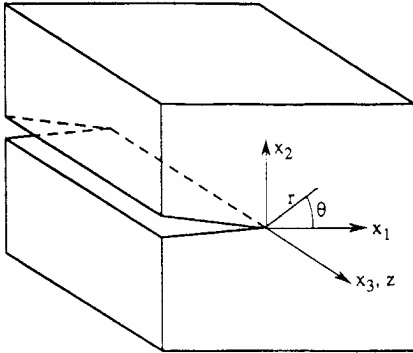
S. Sedmak

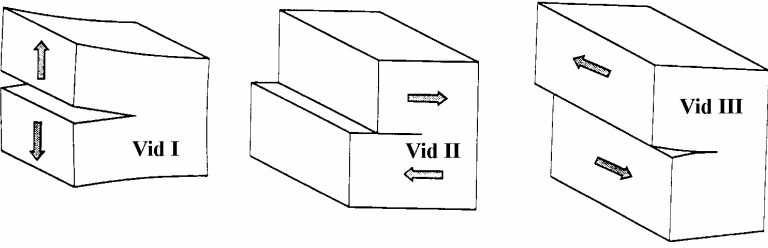
		Oznaka	Dimenzija	Jedinica
1.	Opterećenje i otkaz konstrukcije			
1.1.	Delujuće sile. To su koncentrisane sile F ili raspodeljene sile t , kao i zapreminske sile f . One se smatraju primarnim (osnovnim) opterećenjem.	F t f	F FL ⁻² FL ⁻³	N Nm ⁻² Nm ⁻³
1.2.	Zadana i ograničena (sprečena) pomeranja. Smatraju se sekundarnim opterećenjem.			
1.3.	Vrste otkaza. Vrste otkaza su: <ul style="list-style-type: none"> • izvijanje • plastični kolaps • lom 			
	<ul style="list-style-type: none"> • Iznenađni lom: lom usled jednolično rastućeg opterećenja. Ovaj lom je <i>krto</i> ako mu ne prethodi značajna plastična deformacija ili <i>duktilan</i>, u suprotnom slučaju (ovo se ne sme poistovetiti sa <i>krtim</i> i <i>duktilnim</i> karakteristikama mehanizma loma, što je opisano u poglavlju o oštećenju). • Odloženi lom: lom koji se odigrava posle izvesnog perioda vremena pri konstantnom ili promenljivoj opterećenju zbog akumulacije oštećenja (zamor, atmosferska korozija, puzanje i njihove kombinacije: korozioni zamor, zamor od puzanja) ili zbog prelaska materijala u <i>krto</i> stanje: termičko starenje, vodonična <i>krto</i>st, <i>krto</i>st izazvana zračenjem. 			
2.	Mehaničko ponašanje			
2.1.	Tipični vidovi ponašanja			
2.1.1.	Elastično ponašanje. Ponašanje materijala pri kome nema zaostalih deformacija posle rasterećenja.			
	<i>Idealna elastičnost.</i> Uzajamna zavisnost između sile i pomeranja napadne tačke sile.			
	<i>Idealna linearna elastičnost.</i> Uzajamna linearna zavisnost (<i>Hukov zakon</i>) između sile i pomeranja napadne tačke.			
	<i>Popustljivost C.</i> Odnos pomeranja napadne tačke v_L i sile F u linearnoj elastičnosti.	C v_L	LF ⁻¹ L	mN ⁻¹ mm
2.1.2.	Viskozno ponašanje. Vremenski zavisno ponašanje materijala. Opterećenje zavisi od izvoda po vremenu pomeranja napadne tačke opterećenja. Pomeranje napadne tačke se povećava pri konstantnom opterećenju (materijal puzi). Opterećenje se smanjuje pri konstantnom pomeranju.			
	<i>Potpuna viskoznost.</i> Uzajamna zavisnost opterećenja i brzine pomeranja napadne tačke sile.			
	<i>Linearna viskoznost.</i> Dvojna linearna zavisnost (<i>Njutnov zakon</i>) između sile i brzine pomeranja napadne tačke opterećenja.			
2.1.3.	Plastično ponašanje. Vremenski nezavisno ponašanje materijala, koji, nakon dostizanja određenog praga opterećenja, iskazuje zaostalo pomeranje napadne tačke posle rasterećenja.			
	<i>Idealna plastičnost.</i> Prag opterećenja ne zavisi od pomeranja napadne tačke.			
	<i>Kruto idealna plastičnost.</i> Nema pomeranja napadne tačke pre dostizanja praga opterećenja.			
2.1.4.	Kombinacija ponašanja			
	Visko-elastičnost: vremenski zavisna elastičnost.			
	Visko-plastičnost: vremenski zavisna plastičnost			
	Elasto-plastičnost: pomeranje napadne tačke je zbir elastične i plastične komponente.			
2.2.	Jednoosna kriva napon-deformacija			
	<i>Inženjerska kriva napon-deformacija</i> Zavisnost jednoosnog inženjerskog napona F/S_0 i inženjerske deformacije je $(L - L_0)/L_0$, gde je S_0 površina početnog poprečnog preseka, a L_0 početna dužina epruvete.			

Stvarna kriva napon-deformacija Zavisnost između stvarnog napona F/S i stvarne deformacije $\varepsilon = \ln(L/L_0)$.			
Jednoosnim ispitivanjem zatezanjem mogu da se odrede:			
Gornji napon tečenja (popuštanja) R_{eH} , kao vrednost inženjerskog napona pri prvom padu opterećenja.	R_{eH}	FL^{-2}	MPa
Donji napon tečenja (popuštanja) R_{eL} , kao najmanja vrednost inženjerskog napona pri plastičnom tečenju	R_{eL}	FL^{-2}	MPa
Konvencionalni napon popuštanja R_p , kao vrednost inženjerskog napona pri konvencionalno dogovorenoj vrednosti plastične deformacije, obično 0,2%: $R_{p0,2}$.	R_p (σ_y)	FL^{-2}	MPa
Zatezna čvrstoća (jačina) R_m , kao vrednost inženjerskog napona pri maksimalnom opterećenju..	$R_{p0,2}$ $R_m(\sigma_u)$	FL^{-2} FL^{-2}	MPa MPa
Napon ojačavanja R_f , za proračune graničnih stanja često se koristi srednja vrednost konvencionalnog napona popuštanja i zatezne jačine: $R_f = (R_p + R_m)/2$	R_f	FL^{-2}	MPa
Stvarna zatezna jačina R_u , kao vrednost stvarnog napona pri lomu F/S_u , gde je S_u površina preloma.	R_u	FL^{-2}	MPa
Izduženje pri lomu A . Relativno pomeranje referentnih tačaka posle loma, izraženo u procentima.	A	0	%
Izduženje pri maksimalnoj sili A_g . Relativno pomeranje referentnih tačaka pri maksimalnoj sili, mereno posle rasterećenja, izraženo u procentima.	A_g	0	%
Ako je plastična deformacija u konstantnoj zapremini, $A_g = [(S_0/S)-1] \times 100$, gde je S površina poprečnog preseka pri maksimalnoj sili. Ako stvarna kriva napon-deformacija sledi zakon $\sigma = \sigma_h \varepsilon^n$, onda je $n = \ln(1 + A_g)$.			
Koeficijent suženja (kontrakcija) Z . Procentualna relativna maksimalna promena površine poprečnog preseka, $(S_0 - S_u/S_0)$.	Z	0	%
Tangentni modul E_T . Nagib stvarne krive napon-deformacija.	E_T	FL^{-2}	MPa
Sekantni modul E_S . Odnos stvarnog napona i stvarne deformacije.	E_S	FL^{-2}	MPa
Često se koristi empirijska zavisnost kojom se opisuje bar deo krive napon-deformacija			
$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \alpha \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^N$			
gde su σ_0 i ε_0 napon popuštanja i deformacija popuštanja, α i N parametri materijala, N je eksponent deformacijskog ojačavanja. Ekvivalentno tome može da se napiše: $\sigma = \sigma_h \varepsilon^n$, gde je $n = 1 - N$, $\sigma_h = \sigma_0 \left(\frac{1}{\alpha \varepsilon_0} \right)^{1/N}$			
2.3. Tenzori napona i deformacije			
2.3.1. Tenzor napona σ (ili σ_{ij})			
Hidrostatički napon $\sigma_m = \frac{1}{3}(\text{Tr}\sigma)$ (ili $\sigma_m = \frac{1}{3}\sigma_{kk}$)	σ σ_m	FL^{-2} FL^{-2}	MPa MPa
Devijator tenzora napona s (ili s_{ij})	s	FL^{-2}	MPa
2.3.2. Tenzor deformacije ε (ili ε_{ij})			
Promena zapremine $\Delta V/V = (\text{Tr}\varepsilon)$ (ili $\Delta V/V = \varepsilon_{kk}$)	$\Delta V/V$	0	
Devijator tenzora deformacije e (ili e_{ij})	e	0	
Plastična deformacija ε^p (ili ε_{ij}^p). Nepovratni deo deformacije.	ε^p	0	
2.4. Konstitutivne jednačine			
Gustina energije deformacije W .	W	FL^{-2}	Jm^{-2}
Njena brzina rasta je $dW = \sigma_{ij} d\varepsilon_{ij}$			
2.4.1. Konstitutivne jednačine u elastičnosti			
Elastični potencijal W . Gustina energije deformacije u idealnoj elastičnosti. Napon je izvod elastičnog potencijala u odnosu na deformaciju.	W	FL^{-2}	Jm^{-2}

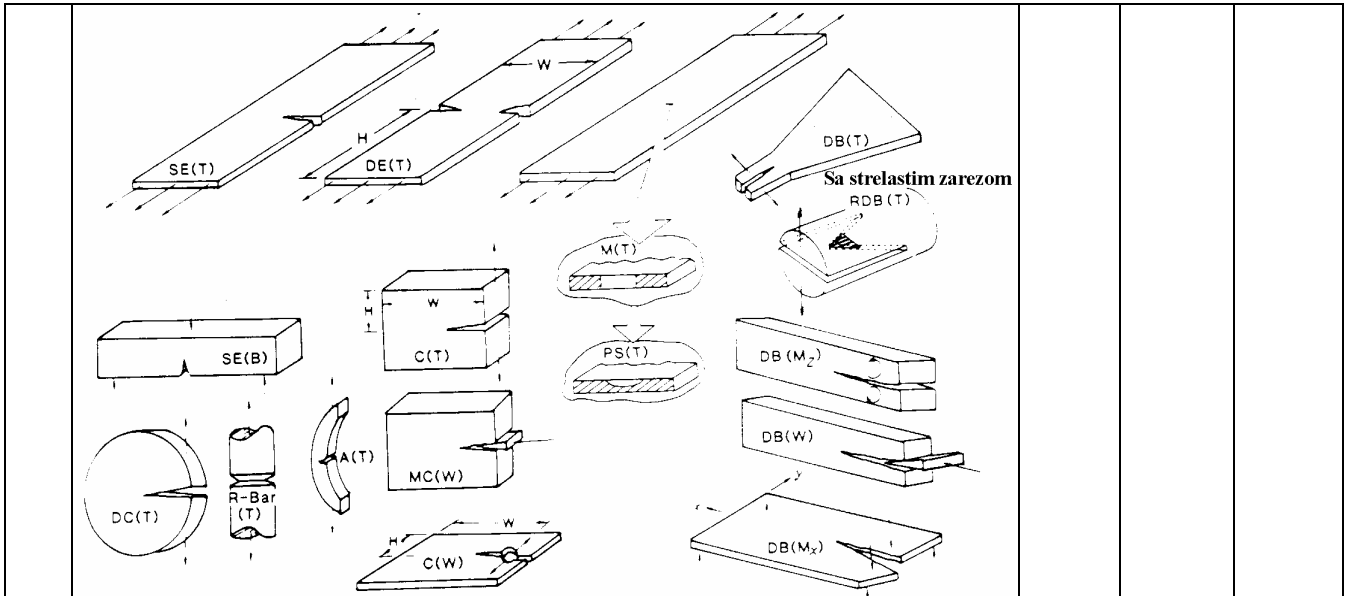
	$\sigma = \frac{\partial W}{\partial \epsilon}$ ili $\sigma_{ij} = \frac{\partial W}{\partial \epsilon_{ij}}$			
	Tenzor četvrtog reda <i>elastičnih modula C</i> . Parcijalni izvod komponenti tenzora napona u odnosu na komponente tenzora deformacije $\sigma = C : \epsilon$ ili $\sigma_{ij} = C_{ijkl} \epsilon_{kl}$	<i>C</i>	FL ⁻²	MPa
	Tenzor četvrtog reda <i>elastičnih popustljivosti S</i> . Parcijalni izvod komponenti tenzora deformacije u odnosu na komponente tenzora napona $\epsilon = S : \sigma$ ili $\epsilon_{ij} = S_{ijkl} \sigma_{kl}$ $C = S^{-1}$	<i>S</i>	F ⁻¹ L ²	m ² N ⁻¹ MPa ⁻¹
	<i>Lameove konstante</i> . U linearnoj izotropnoj elastičnosti to su skalarnе konstante koje povezuju tenzor napona sa tragom Tr(ϵ) i sa devijatorskim delom e tenzora deformacije $\sigma = \lambda \text{Tr}(\epsilon)\mathbf{1} + 2\mu e$ ili $\sigma_{ij} = \lambda \delta_{ij} \epsilon_{kk} + 2\mu \epsilon_{ij}$	λ μ	FL ⁻² FL ⁻²	MPa MPa
	<i>Jangov modul</i> . Odnos jednoosnog napona i odgovarajuće deformacije u linearnoj elastičnosti.	<i>E</i>	FL ⁻²	MPa
	<i>Koeficijent Poasona</i> . Odnos apsolutne veličine poprečne deformacije i uzdužne deformacije pri jednoosnom opterećenju.	ν	0	
	<i>Modul klizanja</i> (Kulonov modul). Odnos napona smicanja τ i deformacije smicanja γ pri čistom smicanju u linearnoj elastičnosti. (On je jednak <i>Lameovoj konstanti</i> (μ). ($\gamma_{ij} = 2\epsilon_{ij}$; $i \neq j$)).	μ (ili <i>G</i>)	FL ⁻²	MPa
	<i>Zapreminski modul krutosti</i> . Odnos hidrostatičkog pritiska σ_m i promene zapremine. Za izotropni materijal: $\mu = \frac{E}{2(1 + \nu)}$; $K = \frac{E}{3(1 - 2\nu)}$	<i>K</i>	FL ⁻²	MPa
2.4.2.	Konstitutivne jednačine u plastičnosti			
	<i>Kriterijum tečenja</i> (površ tečenja). To je uslov koji treba da ispuni tenzor napona da bi se dostigla plastičnost: $f(\sigma) = 0$.			
	Ako je $f(\sigma) < 0$ materijal ostaje elastičan.			
	<i>Mizesov kriterijum</i> . Druga invarijanta tenzora deformacije je konstanta. $3s_{ij}s_{ij} = (\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2 + 6(\sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2 + \sigma_{12}^2) = 2\sigma_0^2$			
	<i>Kriterijum Treska</i> . Maksimalni napon smicanja τ_{max} je jednak konstanti, smicajnom naponu tečenja <i>k</i> . $\frac{1}{2}(\sigma_3 - \sigma_1) = \tau_{max} = k = \sigma_0 / 2$	τ_{max} <i>k</i>	FL ⁻² FL ⁻²	MPa MPa
	<i>Ekvivalentni napon</i> . Kombinacija komponenti napona koja je jednaka jednoosnom naponu popuštanja kada je utvrđen kriterijum tečenja.			
	Mizesov ekvivalentni napon. $\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{3}{2}s_{ij}s_{ij}}$	$\bar{\sigma}$	FL ⁻²	MPa
	Ekvivalentni napon Treska $\bar{\sigma} = \sigma_3 - \sigma_1$			
	Ekvivalentni priraštaj plastične deformacije $d\bar{\epsilon}^P$ je takav da je $\bar{\sigma} d\bar{\epsilon}^P = \sigma_{ij} d\epsilon_{ij}^P$			
	Mizesov ekvivalentni priraštaj plastične deformacije: $d\bar{\epsilon}^P = \sqrt{\frac{3}{2}d\epsilon_{ij}^P d\epsilon_{ij}^P}$			
	Treska ekvivalentni priraštaj plastične deformacije: $d\bar{\epsilon}^P = \frac{2}{3}(d\epsilon_3^P - d\epsilon_1^P)$			
	<i>Zakon tečenja</i> . Za standardne materijale vektor priraštaja deformacije je normalan na površinu tečenja, zakon koji obezbeđuje konstitutivne jednačine u plastičnosti je $d\epsilon^P = \frac{\partial f}{\partial \sigma} d\lambda$; $d\lambda > 0$; ili $d\epsilon_{ij}^P = \frac{\partial f}{\partial \sigma_{ij}} d\lambda$			

<p>U idealnoj plastičnosti za izotropni materijal</p> $\begin{cases} d\varepsilon_{11}^p = d\lambda \left[\sigma_{11} - \frac{1}{2}(\sigma_{22} + \sigma_{33}) \right] \\ d\varepsilon_{22}^p = d\lambda \left[\sigma_{22} - \frac{1}{2}(\sigma_{11} + \sigma_{33}) \right] \\ d\varepsilon_{33}^p = d\lambda \left[\sigma_{33} - \frac{1}{2}(\sigma_{11} + \sigma_{22}) \right] \end{cases}$			
<p><i>Izotropno ojačavanje</i></p>			
<p>Na osnovu kriterijuma tečenja je $f(\sigma) = \bar{\sigma} - R(\bar{\varepsilon}_p) = 0$ gde je $R(0) = R_{el}$ ili R_p pri početnom tečenju.</p>	R	FL ⁻²	MPa
<p>Površina tečenja se širi izotropno sa porastom deformacije. U tom slučaju konstitutivne jednačine su sledeće (Prandtl i Rojs): $d\varepsilon^p = \frac{3}{2} \frac{s}{E_T^p R(\bar{\varepsilon}^p)} d\bar{\sigma}$; ili $d\varepsilon_{ij}^p = \frac{3}{2} \frac{s_{ij}}{E_T^p R(\bar{\varepsilon}^p)} d\bar{\sigma}$ gde je $E_T^p = dR / d\bar{\varepsilon}^p$.</p>			
<p><i>Kinematsko ojačavanje</i></p>			
<p>Naponski kriterijum je funkcija tenzorske promenljive X deformacijskog ojačavanja $f(\sigma) = f_0(\sigma - X) = 0$; ili $f(\sigma_{ij}) = f_0(\sigma_{ij} - X_{ij}) = 0$ Površ tečenja se pomera translatorno pri porastu deformacije.</p>			
<p>2.4.3. Konstitutivne jednačine u visko-elastičnosti</p>			
<p>U opštem obliku linearna zavisnost u vidu polinoma može da se uspostavi između izvoda napona i deformacija. Primenom Laplasovih transformacija ($f^*(S) = \int_0^\infty f(t)e^{-St} dt$) na ovu zavisnost može da se definiše prenosna funkcija (transformacije) $M^*(S)$: $M^*(S) = \sum_n q_n S^n / \sum_m p_m S^m$ gde su q_m i p_m koeficijenti polinoma n-tog izvoda deformacije a m-tog izvoda napona, respektivno. $M^*(S)$ je Laplasova transformacija impulsnog odgovora $M(t)$ $\sigma(t) = \int_0^t M(t-\theta)\varepsilon(\theta)d\theta$</p>	M(t)	FL ⁻²	MPa
<p>Kada je deformacija sinusna funkcija vremena, rezultirajući sinusni napon je povezan sa deformacijom preko <i>kompleksnog modula</i> $E^*(i\omega)$. Furijeova transformacija $M(t)$ je $\sigma(t) = \varepsilon_0 E^*(i\omega) \exp(i\omega t)$</p>	E*	FL ⁻²	MPa
<p>Realni deo E' je <i>modul skladištenja</i>: to je odnos napona i deformacije kada je deformacija maksimalna.</p>	E'	FL ⁻²	MPa
<p>Imaginarni deo kompleksnog modula je <i>modul gubitka</i> E''.</p>	E''	FL ⁻²	MPa
<p>Energija potrebna da se dostigne maksimalna deformacija je $W = \frac{1}{2} E'(\omega) \varepsilon_0^2$, a energija gubitka po ciklusu je $\Delta W / W = E'' \varepsilon_0^2$.</p>			
<p>Kapacitet prigušenja je $\Delta W / W = 2\pi E'' / E' \approx 2\pi \tan \phi$ gde je ϕ fazni ugao.</p>			
<p>Pri konstantnoj deformaciji, modul otpuštanja (relaksacije) $E(t)$ je jednak integralu implusnog odgovora $M(t)$. Može se uzeti kao zbir eksponenata vremena sa različitim vremenima otpuštanja (relaksacije) τ_k. Važe sledeće zavisnosti $E'(\omega) = \omega \int_0^\infty E(\tau) \sin(\omega\tau) d\tau$ $E''(\omega) = \omega \int_0^\infty E(\tau) \cos(\omega\tau) d\tau$ Modul otpuštanja je takođe jednak nagibu stvarne krive napon – deformacija pri konstantnoj brzini deformacije.</p>	E(t)	FL ⁻²	MPa

2.4.4.	Konstitutivne jednačine u visko-plastičnosti			
	<p>Najčešće se za određivanje visko-plastičnih karakteristika koristi ispitivanje zatezanjem pri različitim brzinama deformacije i ispitivanje puzanjem pri konstantnom opterećenju. Često se koristi empirijska formula za prikazivanje rezultata ispitivanja zatezanjem u obliku</p> $\sigma = \sigma_M (\dot{\epsilon}^v)^m (\dot{\epsilon}^v)^n$ <p>gde je ϵ^v viskozni deo stvarne deformacije, a $\dot{\epsilon}^v$ brzina stvarne viskozne deformacije. σ_M, m i n su parametri materijala, m je parametar osetljivosti brzine deformacije, n je eksponent deformacijskog ojačavanja.</p>			
	<p>U puzanju se razlikuju <i>primarno puzanje</i>, tokom koga se brzina puzanja smanjuje, <i>sekundarno puzanje</i> ili <i>stanje jednoličnog (stabilnog) puzanja</i>, tokom koga je brzina puzanja konstantna i <i>tercijarno puzanje</i> tokom koga se brzina puzanja povećava.</p> $\dot{\epsilon}^v = \frac{3}{2} \left(\frac{\bar{\sigma}}{\sigma_N} \right)^M \cdot \frac{s}{\bar{\sigma}}; \text{ ili } \dot{\epsilon}_{ij}^v = \frac{3}{2} \left(\frac{\bar{\sigma}}{\sigma_N} \right)^M \frac{s_{ij}}{\bar{\sigma}}$ <p>gde je $\dot{\epsilon}^v$ tenzor brzine viskozne deformacije, $\bar{\sigma}$ ekvivalentni Mizesov napon, a σ_N i M su parametri materijala; M je Nortonov eksponent. $M=1/m$</p>	M	0	
3.	Mehanika loma			
3.1.	Geometrijske definicije			
3.1.1.	Geometrija prsline			
	<p>Prsline mogu biti prostorne ili površinske. U prvom slučaju karakteristični parametar je <i>poluprečnik (radijus) korena</i> ρ, najmanji poluprečnik krivine prsline.</p>	ρ	L	m
	<p><i>Prslina</i>. Površinska prslina takva da se dve neopterećene površinedodiruju duž dodirne površine koja zahvata najveći deo površine prsline.</p>			
	<p><i>Idealna prslina</i>. Prslina kod koje se dve glatke površine spajaju, unutar tela, duž glatke krive nazvane čelo prsline i koje postoje u neopterećenom telu.</p>			
	<p><i>Vrh prsline</i>. Čelo prsline predstavljeno u dve dimenzije.</p>			
	<p><i>Koordinatne ose</i> (sl. 1). Koristi se sistem kartezijskih koordinata sa početkom na čelo prsline i čije su tri međusobno upravne ose x_3 tangenta na čelo prsline, x_2 upravna ne površinu prsline, a x_1 je usmerena od prsline (ove ose se označavaju i sa x, y, z).</p>			
	<p>Koristi se i cilindrični koordinatni sistem r, θ, z, pri čemu osa z odgovara osi x_3, tangenti na čelo prsline, a θ se meri od ose x_1.</p>			
3.1.2.	Pomeranje prsline			
	<p><i>Vektor pomeranja</i> \vec{u} Pomeranje tačke opterećenog tela. Komponente su u_1, u_2, u_3 (ili u, v, w)</p>	\vec{u} u_1, u_2, u_3 (u, v, w)	L	m
	 <p>Slika 1. Koordinatne ose u mehanici loma</p>			
	<p><i>Pomeranje prsline</i>. Vektor razdvajanja dve tačke (na površini deformisane prsline) koje su se dodirivale na površini idealne prsline u nedeformisanom stanju. $2\vec{u}(\theta = \pi)$.</p>			

	<i>Vidovi otvaranja prsline.</i> Oni opisuju tri komponente pomeranja prsline. Vid I, II i III odgovaraju komponentama $2u_2 (\theta=\pi)$, $2u_1 (\theta=\pi)$, $2u_3 (\theta=\pi)$, respektivno. Vid I se zove i otvaranje. Vid III se zove i smicanje van ravni (sl. 2).			
	 <p style="text-align: center;">Slika 2. Vidovi otvaranja prsline</p>			
	<i>Pomeranje otvora vrha prsline (otvaranje vrha prsline) CTOD.</i> Pomeranje prsline u blizini vrha prsline, na primer u položaju vrha pre opterećenja, ili na preseku površine prsline i linije kroz vrh pod 45° prema osi x_1 . Komponenta CTOD vida I se označava sa δ .	CTOD δ	L L	μm μm
	<i>Pomeranje otvora usta prsline (otvaranje usta prsline) CMOD, $2v_m$.</i> Komponenta vida I pomeranja prsline mereno na mestu na površini prsline gde je najveće elastično pomeranje po jedinici sile.	CMOD	L	mm
3.1.3. Veličina prsline				
	<i>Dužina prsline (ili dubina prsline) a</i> Najkraće rastojanje čela prsline od položaja najvećeg pomeranja prsline za skrivenu prslinu ili za prolaznu prslinu. Najveće rastojanje od čela prsline do površine za površinsku prslinu.	a	L	m, mm
	<i>Površina prsline A</i>	A	L^2	m^2
	<i>Širina površinske prsline c</i> Kod površinske prsline rastojanje preseka čela prsline i površine tela od položaja najvećeg pomeranja prsline.	c	L	mm, μm
3.1.4. Orijehtacija prsline				
	Utvrđivanje ravni i pravca prsline u odnosu na oblik proizvoda.			
	<i>Referentni pravci proizvoda (sl. 3)</i> Za pravougaone preseke referentni pravci se utvrđuju sledećim slovima: L pravac najveće glavne deformacije (valjanje, izvlačenje, ...) T_L pravac najmanje deformacije (poprečni dugi pravac...) T_s treći upravni pravac (poprečni kratki pravac...) Za neke cilindrične preseke kod kojih je pravac najveće glavne deformacije paralelan uzdužnoj osi referentni pravac se utvrđuje sledećim slovima: L pravac najveće glavne deformacije (pravac izvlačenja, osa kovanja, ...) R radijalni pravac C obimski ili tangentni pravac			
	<i>Pravila za označavanje orijentacije prsline (zareza) (sl. 2)</i> Orijehtacija prsline (ili zareza) se označava crticama između slova, sa prvim slovom (slovima) koje predstavlja pravac normale na ravan prsline (x_2 pravac) i drugim slovom (slovima) koje označava očekivani pravac rasta prsline. To se prikazuje u zagradama i dodaje se iza oznake oblika epruvete i delujućeg opterećenja.			
3.1.5. Geometrija epruvete				
	<i>Veličina epruvete</i>			
	<i>Širina epruvete W</i> se meri u x_1 pravcu.	W	L	m, mm
	<i>Visina epruvete H</i> se meri, od površine prsline, u x_2 pravcu.	H	L	m, mm
	<i>Debljina epruvete B</i> se meri u x_3 pravcu.	B	L	m, mm
	<i>Raspon epruvete S</i> : rastojanje između oslonaca epruvete.	S	L	m, mm
	<i>Dužina preostalog ligamenta b</i> . Najkraće rastojanje od vrha prsline do najbliže površine epruvete (ili tela) u x_1 pravcu.	b	L	m, mm

<p>Slika 3. Označavanje referentnih pravaca proizvoda i orijentacije prsline. (a) pravougaoni presek, (b) šipka i šuplji cilindar (ASTM E 616-89)</p>				
<p><i>Oblik epruvete</i> Površine epruvete, upravne na ose x_1 i x_2, se nazivaju ivice epruvete. Površine epruvete, upravne na x_3 pravac (pravac čela prsline) se nazivaju bočne površine (ne važi za površinske prsline).</p>				
<p>Pravila za označavanje oblika epruvete su sledeća:</p>				
<p>(M) Središnja. Prslina (ili zarez) je u sredini bočne površine.</p>				
<p>(DE) Dvostruka ivica. Dve prsline (ili zareza) razvijene na naspramnim ivičnim površinama.</p>				
<p>(SE) Jedna ivica ($0,6 < H/W$). Prslina razvijena na jednoj ivičnoj površini.</p>				
<p>(C) Kompaktna verzija SE sa $H/W=0,6(CT)$</p>				
<p>(MC) Izmenjena (modifikovana) kompaktna ($0,3 < H/W < 0,6$)</p>				
<p>(DC) Kompaktan oblik diska</p>				
<p>(A) Lučna</p>				
<p>(DB) Dvostruka greda ($H/W < 0,3(DCB)$)</p>				
<p>(RDB) Okrugla dvostruka greda</p>				
<p>(R-BAR) Okrugla šipka</p>				
<p>(PS) Površinska, delimično prolazna</p>				
<p><i>Opterećenje epruvete</i></p>				
<p>Oznaka delujućeg opterećenja sa sastoji od skraćenice jednim slovom u zagradi i stavlja se odmah iza oznake oblika epruvete.</p>				
<p>(T) Zatezanje</p>				
<p>(B) Savijanje</p>				
<p>(M_x) Uvijanje momentom oko x_i ose</p>				
<p>(W) Opterećenje klinom</p>				
<p>(W_b) Opterećenje klinom pomoću vijka</p>				
<p>Primeri su dati na sl. 4.</p>				



Slika 4. Primeri označavanja oblika epruvete i delujućeg opterećenja (ASTM E 616-94)

<p>3.2. Parametri opterećenja</p>			
<p>3.2.1. Faktori koncentracije</p>			
<p>Faktor koncentracije napona K_σ. Odnos najvećeg napona na mestu promene oblika i nazivnog napona, pri linearno elastičnom ponašanju. Kada postoji lokalna plastična deformacija odgovarajući lokalni faktor koncentracije napona je označen sa K_{σ}.</p>	<p>K_σ</p>	<p>0</p>	
<p>Faktor koncentracije deformacije K_ϵ. Odnos najveće deformacije na mestu promene oblika i nazivne deformacije kada postoji lokalna plastična deformacija.</p>	<p>K_ϵ</p>	<p>0</p>	
<p>Nojberova približna formula je $K_\sigma \cdot K_\epsilon = K_T^2$</p>			
<p>3.2.2. Faktori intenziteta napona</p>			
<p>Elastični singularitet. Raspodela napona, ili deformacije, ili gustine energije deformacije u blizini vrha idealne prsline, u elastičnosti, takav da njihov glavni deo teži beskonačnosti kada poluprečnik vrha r teži nuli. Singularitet gustine energije deformacije se menja sa r^{-1}. U linearnoj elastičnosti singulariteti napona i deformacije se menjaju sa $r^{-1/2}$.</p>			
<p>Faktor intenziteta napona K. Parametar koji određuje nivo napona, ili deformacije, ili gustine energije deformacije, elastični singularitet u blizini vrha idealne prsline u napregnutom linearno elastičnom čvrstom telu.</p>	<p>K</p>	<p>$FL^{-3/2}$</p>	<p>$Nm^{-3/2}$ $MPa \sqrt{m}$</p>
<p>Indeksi I, II i III označavaju faktore intenziteta napona za vid I, II i III, respektivno.</p>	<p>K_I K_{II} K_{III}</p>	<p>$FL^{-3/2}$</p>	<p>$Nm^{-3/2}$ $MPa \sqrt{m}$</p>
<p>U blizini vrha prsline glavni deo napona je $\sigma_{ij}(r, \theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi r}} [K_I f_{ij}^I(\theta) + K_{II} f_{ij}^{II}(\theta) + K_{III} f_{ij}^{III}(\theta)]$ a glavni deo pomeranja je $U_i(r, \theta) = \frac{1}{2\mu} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} [K_I g_i^I(\theta) + K_{II} g_i^{II}(\theta) + K_{III} g_i^{III}(\theta)]$ Indeks (i,j) se odnosi na kartezijanske (x_1, x_2, x_3) ili na cilindrične koordinate (r, θ, z). $f_i^I(\theta)$, $f_i^{II}(\theta)$, $f_i^{III}(\theta)$ i $g_i^I(\theta)$, $g_i^{II}(\theta)$, $g_i^{III}(\theta)$ su bezdimenzione funkcije ugla θ. $\left. \begin{matrix} K_I \\ K_{II} \\ K_{III} \end{matrix} \right\} = \lim_{r \rightarrow 0} \sqrt{2\pi r} \begin{cases} \sigma_{22}(r, 0) \\ \sigma_{12}(r, 0) \\ \sigma_{23}(r, 0) \end{cases}$</p>			

<p>K_I je proporcionalan kvadratnom korenu poluprečnika krivine ρ_e na vrhu opterećene idealne prsline u linearnoj elastičnosti.</p> <p>$K_I = \sqrt{2\pi}(1-\nu)\mu\sqrt{\rho_e}$ u uslovima ravne deformacije na vrhu prsline</p> <p>$K_I = \sqrt{4\pi}\mu\sqrt{\rho_e}$ u uslovima ravnog stanja napona</p> <p>gde je ν Poasonov koeficijent, a μ modul klizanja (smicanja).</p> <p>Faktor intenziteta napona je funkcija opterećenja tela, uključujući delujuća opterećenja i pomeranja, veličine prsline a (i c), geometrijskog oblika tela i prsline.</p>	<p>ρ_e</p>	<p>L</p>	<p>mm, μm</p>
<p>\dot{K} je izvod faktora intenziteta napona po vremenu.</p>	<p>\dot{K}</p>	<p>$\text{FL}^{-3/2}\text{T}^{-1}$</p>	<p>$\text{MPam}^{1/2}/\text{s}$</p>
<p>3.2.3. Brzina oslobađanja energije deformacije</p>			
<p><i>Akumulirana elastična energija W_e.</i> Ukupna energija deformacije za telo u elastičnosti. Kada postoji plastična deformacija, akumulirana elastična energija je samo integral po telu elastičnog dela gustine energije deformacije.</p> <p>U elastičnosti, kada se primenjeno opterećenje sastoji samo od delujućeg opterećenja, akumulirana elastična energija je jednaka radu primenjenog opterećenja.</p>	<p>W_e</p>	<p>FL</p>	<p>J</p>
<p><i>Rad spoljnjih sila U</i></p> <p>Zbir proizvoda primenjenih sila i pomeranja njihovih napadnih tačka.</p>	<p>U</p>	<p>FL</p>	<p>J</p>
<p><i>Brzina oslobađanja energije deformacije G</i></p> <p>Priraštaj razlike akumulirane elastične energije W_e i rada spoljnjih sila U za jedinicu rasta površine idealne prsline A u linearnoj elastičnosti:</p> <p>$G = \Delta(W_e - U) / \Delta A$</p> <p>$G$ je povezano sa faktorom intenziteta napona kada prsline raste u x_I pravcu.</p> <p>pri ravnoj deformaciji $G = (K_I^2 + K_{II}^2)(1 - \nu^2) / E + K_{III}^2 / 2\mu$</p> <p>pri ravnom stanju napona $G = (K_I^2 + K_{II}^2) / E + K_{III}^2 / 2\mu$</p> <p>$G$ je povezano promenom popustljivosti C: $G = \frac{1}{2} F^2 \frac{\partial C}{\partial A}$</p>	<p>G</p>	<p>FL^{-1}</p>	<p>Nm^{-1} Jm^{-2}</p>
<p><i>Brzina oslobađanja energije deformacije J</i></p> <p>Priraštaj razlike akumulirane elastične energije W_e i rada spoljnjih sila U za jedinicu rasta površine idealne prsline A u nelinearnoj elastičnosti $J = \Delta P / \Delta A$</p> <p>Povećanjem, u plastičnosti, relativne razlike, pri istom pomeranju, između rada delujućih sila koje opterećuju telo sa prslinom površine A i onih koje opterećuju isto telo sa prslinom površine $A + \Delta A$.</p> <p>J može da se odredi merenjem površine \tilde{U} ispod krive sila–pomeranje napadne tačke sile gde je η faktor kalibracije zavisen od oblika, Bb je površina preostalog ligamenta. Kada je $b = b_0$ dužina početnog ligamenta pre rasta prsline, J se označava sa J_0.</p> <p>U elastičnosti brzina oslobađanja energije deformacije J je jednaka J integralu (Rajs-Čerepanov) definisanom kao</p> $J = \int_{\Gamma} \left(W dx_2 - \sigma_{ij} n_j \frac{\partial u_i}{\partial x_1} ds \right)$ <p>gde je Γ putanja oko vrha prsline koja spaja jednu tačku na licu prsline sa drugom tačkom na suprotnom licu; n je jedinična spoljnja normala na Γ; W je gustina energije deformacije; ds je diferencijalni element na putanji.</p> <p>J integral je nezavisan od putanje, u elastičnosti. Ova se osobina proširuje na plastičnost pri monotonom radijalnom opterećenju (sva opterećenja ostaju u istom odnosu). Pod istim uslovima brzina oslobađanja energije deformacije može se uzeti jednakom J integralu, kao u elastičnosti.</p> <p>U linearnoj elastičnosti $J = G$.</p> <p>J na vrhu prsline karakteriše napon, deformaciju i gustinu energije deformacije u nelinearnoj elastičnosti i u plastičnosti (HRR polja). U blizini vrha prsline gustina energije deformacije, koja se menja sa r^{-1}, proporcionalna je J.</p>	<p>J \tilde{U}</p>	<p>FL^{-1} L^2</p>	<p>Nm^{-1}, Jm^{-2} m^2</p>
<p>3.3. Plastična zona</p>			
<p><i>Malo tečenje.</i> Plastična deformacija na vrhu prsline, čija je veličina dovoljno mala da su polja pomeranja, napona i deformacije izvan plastične zone identična onim za idealnu prslinu u linearnoj elastičnosti, <i>efektivna idealna prsline.</i></p>			

	<i>Veličina plastične zone.</i> Veličina plastične zone u x_I pravcu se često označava sa R .	R	L	m, mm
	<i>Dodatak plastičnoj zoni</i> r_Y Pri malom tečenju razlika između dužine efektivne idealne prsline i dužine fizičke prsline	r_Y	L	m, mm
	<i>Ciklična plastična zona.</i> U cikličnom opterećenju zona gde plastična deformacija menja znak u toku jedno ciklusa.			
3.4.	Žilavost loma			
	Osobina materijala koja karakteriše njegovu otpornost prema rastu prsline.			
3.4.1.	Šarpi energija KV . Energija potrebna za lom Šarpi epruvete 10x10 mm poprečnog preseka sa 2 mm dubokim zarezom. Ona se označava sa KCV ako se odnosi na površinu ligamenta.	KV KCV	FL FL^{-1}	J Jcm^{-2}
3.4.2.	Žilavost loma K_I^c , K_{II}^c , K_{III}^c (ili G^c). Kritična vrednost faktora intenziteta napona K_I^c ili K_{II}^c ili K_{III}^c (ili brzine oslobađanja energije deformacije G) za rast prsline. G^c je energija potrebna za stvaranje jedinične površine prsline. Čiste vidove II ili III rasta prsline je teško dostići, sem u anizotropnim materijalima.	K_I^c , K_{II}^c , K_{III}^c	$FL^{-3/2}$	$Nm^{-3/2}$ $MPa\sqrt{m}$
	<i>Faktor intenziteta napona za vid I</i> K_{Ic} (ili G_c) Kritična vrednost K_I ili G kad su ispunjeni uslovi ravne deformacije oko vrha prsline za vid I. Debljina B i dužina ligamenta b moraju biti dovoljni za ograničenu plastičnu ravnu deformaciju duž najvećeg dela čela prsline ($\approx 80\%$). Uslov je b i $B \geq 2,5(K_{Ic}/R_p)^2$ G_c je energija potrebna za stvaranje jedinične površine prsline vida I u uslovima ravne deformacije na vrhu prsline. $G_c = K_{Ic}^2(1 - \nu^2)/E$	K_{Ic}	$FL^{-3/2}$	$Nm^{-3/2}$ $MPa\sqrt{m}$
	<i>Uslovna žilavost loma</i> K_Q je vrednost faktora intenziteta napona na preseku linije iz koordinatnog početka krive opterećenja pod nagibom od 95% nagiba elastičnosti i same krive opterećenja - sila označena sa P_Q . Ona je jednaka žilavosti loma pri ravnoj deformaciji ako preovlađuju uslovi ravne deformacije na čelu prsline $K_Q = K_{Ic}$ ako je $P_{max}/P_Q < 1.1$ i b i $B \geq 2,5\left(\frac{K_Q}{R_p}\right)^2$	K_Q	$FL^{-3/2}$	$Nm^{-3/2}$ $MPa\sqrt{m}$
	<i>Dinamička žilavost loma</i> K_d je ona koje se dobija pri velikim brzinama opterećenja.	K_d	$FL^{-3/2}$	$Nm^{-3/2}$ $MPa\sqrt{m}$
	<i>Žilavost loma pri zaustavljanju prsline</i> K_a je ona koja se dobija kada se zaustavi rast prsline.	K_a	$FL^{-3/2}$	$Nm^{-3/2}$ $MPa\sqrt{m}$
	<i>Otpornost prema stabilnom rastu prsline</i> K_R (ili G_R). Razvoj faktora intenziteta napona (ili brzine oslobađanja energije) tokom sporog stabilnog rasta prsline. (Stabilni rast prsline zahteva porast opterećenja). Kada se faktor intenziteta napona (ili brzina oslobađanja energije) iskaže kao dijagram zavisnosti od rasta prsline Δa dobija se R kriva.	K_R G_R	$FL^{-3/2}$ FL^{-1}	$Nm^{-3/2}$ $MPa\sqrt{m}$ Jm^{-2}
	K_{IJ} je kritična vrednost koja odgovara kritičnoj vrednosti J izmerenoj u ispitivanju kada nisu ispunjeni uslovi linearno elastičnog merenja. K_{IJ} je manje od $[EJ_c/(1-\nu^2)]^{1/2}$ ili $[EJ_{0,2}/(1-\nu^2)]^{1/2}$	K_{IJ}	$FL^{-3/2}$	$Nm^{-3/2}$ $MPa\sqrt{m}$
3.4.3.	Žilavost loma u elasto-plastičnosti			
	Različite kritične vrednosti brzine oslobađanja energije deformacije J mogu da se koriste za karakterizaciju žilavosti loma. One se nazivaju <i>otpornost prema lomu</i> .			
	Otpornost prema lomu pri inicijaciji (početku) stabilnog rasta prsline, J_i .	J_i	FL^{-1}	Jm^{-2}
	Otpornost prema lomu pri nestabilnom rastu prsline do 0,2 mm ili do skoka (pop-in), J_c .	J_c	FL^{-1}	Jm^{-2}
	Otpornost prema lomu pri rastu prsline za 0,2 mm kada je obuhvaćeno i zatupljivanje, $J_{0,2}$; za 0,2 mm rasta prsline posle inicijacije, izuzimajući zatupljivanje $J_{0,2/BL}$.	$J_{0,2}$	FL^{-1}	Jm^{-2}
	Otpornost prema lomu pri nestabilnom rastu prsline za 0,2 mm ili više, J_u .	J_u	FL^{-1}	Jm^{-2}
	dJ/da je nagib krive $J - \Delta a$.	dJ/da	FL^{-1}	Jm^{-2}
	Različite kritične vrednosti otvaranja vrha prsline CTOD mogu da se koriste za karakterizaciju žilavosti loma.			

	CTOD pri inicijaciji rasta, δ_i .	δ_i	L	mm
	CTOD pri nestabilnom rastu prsline do 0,2 mm ili do skoka (pop-in), δ_c .	δ_c	L	mm
	CTOD pri rastu prsline za 0,2 mm kada je obuhvaćeno i zatupljivanje, $\delta_{0,2}$; za 0,2 mm rasta prsline, izuzimajući zatupljivanje, $\delta_{0,2/BL}$	$\delta_{0,2}$ $\delta_{0,2/BL}$	L L	mm mm
	CTOD pri nestabilnom rastu prsline za 0,2 mm ili više, δ_u .	δ_u	L	mm
4.	Oštećenje			
4.1.	Cepanje. Razdvajanje kristala duž date karakteristične kristalografske ravni u pravcu čije su glavne komponente normalne na tu ravan.			
	<i>Napon loma cepanjem</i> σ_f . Napon potreban za cepanje kristala. Obično je obrnuto proporcionalan kvadratnom korenu veličine zrna d .	σ_f d	FL ⁻² L	MPa m, μ m
4.2.	Duktilni lom. Lom koji se odvija procesom stvaranja, rasta i sjedinjenja šupljina koje proizvode jamice na njegovoj površini.			
	<i>Deformacija loma</i> ε_f . Deformacija potrebna za lom. Neophodno je napraviti jasnu razliku između duktilnosti na mikoskopskom i makroskopskom nivou. Makroskopski krti lom, sa malim izduženjem pri lomu, može da nastane i mehanizmom stvaranja, rasta i sjedinjenja šupljina.	ε_f	0	
	<i>Zapreminski ideo šupljina</i> se označava sa f .	f	0	
	Prosečna veličina šupljina je R a početna vrednost pri stvaranju šupljina je R_0 . U mnogim slučajevima R_0 je veličina uključka oko kog se stvara šupljina. Pri lomu relativni rast šupljina dostiže kritičnu vrednost $(R/R_0)_c$. Deformacija loma je proporcionalna logaritmu $(R/R_0)_c$ i smanjuje se kao eksponencijalna funkcija odnosa troosnosti napona $\sigma_m / \bar{\sigma}$	R $(R/R_0)_c$	L 0	m, μ m
4.3.	Intergranularni (kristalni) lom. Lom koji se odvija po granicama zrna.			
4.4.	Zamor. Proces oštećenja usled cikličnog opterećenja.			
	<i>Nisko- ili malociklični zamor.</i> Zamor kod koga je plastična deformacija $\Delta\varepsilon^p$ veća od elastične deformacije			
	<i>Zamorni vek</i> N_R može da se definiše Kofin-Manson-ovim zakonom: $\Delta\varepsilon^p = AN_R^{-a}$ gde je $\Delta\varepsilon^p$ amplituda plastične deformacije, A i a su parametri materijala, pri čemu je a često oko 0,5.	N_R	0	
	<i>Visoko- ili mnogociklični zamor.</i> Zamor kod koga je ukupna plastična deformacija manja od elastične deformacije			
	<i>Zamorni čvrstoća (granica zamora),</i> σ_w . Za legure gvožđa (železa) to je amplituda napona pri kojoj je zamorni vek neograničen.	σ_w	FL ⁻²	MPa
	<i>Trajna čvrstoća (granica izdržljivosti),</i> σ_d . Amplituda napona za zadati broj ciklusa, na primer 10 ⁸ .	σ_d	FL ⁻²	MPa
	<i>Korozioni zamor.</i> Proces oštećenja usled istovremenog dejstva cikličnog opterećenja i agresivne sredine.			
	<i>Termički zamor.</i> Proces oštećenja usled ciklične promene temperature.			
	<i>Puzanje-zamor.</i> Proces oštećenja usled kombinovanog dejstva cikličnog opterećenja i visoke temperature			
	<i>Fretting.</i> Proces oštećenja usled malih cikličnih pomeranja pri kontaktu dva tela.			
	Tokom rasta zamorne prsline K_{max} i K_{min} označavaju maksimalnu i minimalnu vrednost K , respektivno.	K_{max} K_{min}	FL ^{-3/2}	Nm ^{-3/2} MPa \sqrt{m}
	ΔK označava opseg (amplitudu) faktora intenziteta napona: $\Delta K = K_{max} - K_{min}$	ΔK	FL ^{-3/2}	Nm ^{-3/2} MPa \sqrt{m}
	R je količnik (odnos) K_{max}/K_{min} (ili F_{max}/F_{min})	R	0	
	<i>Parisov zakon.</i> Parisov zakon je zavisnost brzine rasta zamorne prsline da/dN i opsega faktora intenziteta napona ΔK :			

	$\frac{da}{dN} = C\Delta K^m$ gde su C i m parametri materijala.			
	<i>Prag zamora</i> . Vrednost faktora intenziteta napona ΔK_{th} ispod koje nema rasta duge zamorne prslinae.	ΔK_{th}	$FL^{-3/2}$	$Nm^{-3/2}$ $MPa\sqrt{m}$
	<i>Faktor intenziteta napona otvaranja</i> K_{op} . Vrednost faktora intenziteta napona iznad koje nema zatvaranja prslinae.	K_{op}	$FL^{-3/2}$	$Nm^{-3/2}$ $MPa\sqrt{m}$
	<i>Efektivni opseg faktora intenziteta napona</i> , ΔK_{eff} . Vrednost faktora intenziteta napona koja efektivno doprinosi rastu prslinae, opseg K tokom koga je prslina otvorena. $\Delta K_{eff} = K_{max} - K_{op}$	ΔK_{eff}	$FL^{-3/2}$	$Nm^{-3/2}$ $MPa\sqrt{m}$
	<i>Zamorno oštećenje</i> . Obično se definiše odnosom broja ciklusa pri datom cikličnom opterećenju i odgovorajućeg zamornog veka N/N_R .			
	<i>Palmgren-Majnerovo pravilo</i> . Zamorni vek pri promenljivom amplitudnom opterećenju je takav da je akumulacija oštećenja jednaka 1. $\sum N_i/N_R = 1$			
4.5.	Rast prslinae usled naponske korozije . Proces oštećenja usled kombinovanog dejstva konstantnog opterećenja i agresivne sredine.			
	<i>Prag rasta prslinae usled naponske korozije</i> . $K_{I_{SCC}}$. Vrednost faktora intenziteta napona ispod koje nema rasta prslinae u agresivnoj sredini.	$\Delta K_{I_{SCC}}$	$FL^{-3/2}$	$Nm^{-3/2}$ $MPa\sqrt{m}$
4.6.	Oštećenje puzanjem . Proces oštećenja pri konstantnoj sili na visokoj temperaturi.			
	Oštećenje puzanjem može da se definiše odnosom vremena rada pri određenom opterećenju i vremena do loma pri istom opterećenju t_R . $D = t/t_R$.	t_R	T	s
	Drugi <i>parametar oštećenja</i> (Kačanov-Rabotnov) se definiše kao odnos površina preloma (uglavnom granice zrna) i ukupne površine poprečnog preseka. $D = S_f/S_0$.	D	0	
	Pri proučavanju <i>rasta prslinae puzanjem</i> koristi se parametar opterećenja C^* , koji je ekvivalent J za brzinu energije deformacije.	C^*	$FL^{-1}T^{-1}$	$Jm^{-2}s^{-1}$
	Pri stacionarnom puzanju C^* može da se izračuna merenjem brzine pomeranja napadne tačke \dot{V} $C^* = \eta \frac{F\dot{V}}{Bb}$ gde je η faktor kalibracije zavisen od oblika, Bb je površina preostalog ligamenta. C^* može da se računa i kao konturni integral: $C^* = \int_{\Gamma} \left(\dot{W} dx_2 - \sigma_{ij} n_j \frac{\partial \dot{u}_i}{\partial x_1} dS \right)$ gde je \dot{W} brzina gustine energije deformacije, \dot{u}_i polje brzine C^* definiše polja napona, brzine deformacije i brzine gustine energije deformacije (Ridl i Rajs), ako dominiraju uslovi srazmerno velikog sekundarnog puzanja.	\dot{V}	LT-1	$mm\ s^{-1}$
4.7.	Mehanika oštećenja . Postojanje mikroprslina ili šupljina smanjuje modul elastičnosti. Uprošćena pretpostavka uvodi skalarni parametar oštećenja D , koji je definisan približnom zavisnosti za <i>modul elastičnosti oštećenja</i> \tilde{E} $\tilde{E} \cong E(1 - D)$ Za elastični potencijal W se onda pretpostavlja da je podeljen sa $1-D$.	\tilde{E}	FL^{-2}	MPa
	<i>Brzina gustine energije rasipanja</i> usled oštećenja je \dot{W}_D $\dot{W}_D = Y\dot{D}$ gde je \dot{D} izvod paramtera oštećenja po vremenu, a Y brzina oslobađanja energije deformacije pridružena oštećenju. $Y = \frac{\sigma^2}{E(1-D)^2}$ pri jednoosnom opterećenju	\dot{W}_D Y	$FL^{-2}T^{-1}$ FL^{-2}	$Jm^{-2}s^{-1}$ MPa

	$Y = \frac{\bar{\sigma}^2}{E(1-D)^2} \left[\frac{2}{3}(1+\nu) + 3(1-2\lambda) \left(\frac{\sigma_m}{\bar{\sigma}} \right)^2 \right]$ pri višeosnom opterećenju, za izotropno ponašanje.			
5.	Verovatnoća loma			
	Krti lom (posebno kod stakla, keramike, ...) je statističke prirode.			
	<i>Vejbulov zakon</i> obično dobro opisuje rezultat. Verovatnoća loma P_R , kada se najslabija karika prekida nezavisno od ostalih, je eksponencijalna funkcija napona $P_R = 1 - \exp \left[- \int_V \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^m \frac{dV}{V_0} \right]$ gde je σ_0 Vejbulova karakteristična čvrstoća (jačina) za referentnu zapreminu V_0 .	P_R σ_0	0 FL ⁻²	MPa
	σ_0 i V_0 nisu nezavisni: ustvari $V_0 \sigma_0^m$ je konstanta za dati mehanizam loma i dati materijal. V je (opterećena) zapremina pod dejstvom napona u kojoj može da se inicira lom. m je <i>Vejbulov eksponent</i> . Što je veći, to je šira raspodela napona loma. <i>Vejbulov napon</i> σ_w je definisan kao: $\sigma_w^m = \int_V \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^m \frac{dV}{V_0}$	V_0 m σ_w	L ³ 0 FL ⁻²	m ³ MPa

Informacije o radu Društva za integritet i vek konstrukcija odnedavno su dostupne i na Internet prezentaciji društva na adresi **www.divk.org.yu**. Nastojaćemo da Vas redovno obaveštavamo o aktivnostima i događajima u DIVK. Detaljnija obaveštenja o funkcionisanju prezentacije možete pronaći na 28. strani ovog broja časopisa.

Pozivamo Vas da prisustvujete godišnjoj skupštini DIVK koja će se održati 12. marta 2003. u 16.00 na Mašinskom fakultetu u Beogradu.

Novosti o organizaciji 8. Međunarodne letnje škole mehanike loma (IFMASS 8)

OD MEHANIKE LOMA DO OCENE INTEGRITETA KONSTRUKCIJA

koju organizuju

Društvo za integritet i vek konstrukcija (DIVK), GOŠA Holding, Tehnološko-metalurški fakultet u saradnji sa Privrednom komorom Srbije

pod pokroviteljstvom

Evropskog društva za integritet konstrukcija (European Structural Integrity Society - ESIS)

Beograd, 23. do 27. juni 2003, Sala Privredne komore Srbije, Beograd, Resavska 13-15

mogu se naći i na WEB strani Društva za integritet i vek konstrukcija

www.divk.org.yu