

INSTITUT IMS AD
BEOGRAD

ИНСТИТУТ ИМС АД		
02. 02. 2024		
Примљено:		
Орг. јед.		
30-1025		

NAUČNOM VEĆU INSTITUTA IMS A.D., BEOGRAD

Predmet: Pokretanje postupka za validaciju i verifikaciju tehničkog rešenja

Prema Pravilniku o sticanju istraživačkih i naučnih rezultata (Službeni Glasnik RS, br. 159/2020), obraćamo se Naučnom veću Instituta IMS sa molbom da se pokrene postupak za validaciju i verifikaciju tehničkog rešenja **kategorije M82**, u Ministarstvu nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, pred **Matičnim naučnim odborom za materijale i hemijske tehnologije**, pod nazivom:

„Metodologija određivanja plastičnog i elastičnog dela opterećenja čelika nisko cikličnim zamorom“

Autori tehničkog rešenja su:

dr Vujadin Aleksić, dipl. inž. rud., IWE, naučni saradnik¹,
dr Ljubica Milović, dipl. inž. maš., redovni profesor²,
dr Srđan Bulatović, dipl. inž. maš., naučni saradnik¹,
Bojana Zečević, Mast. inž. tehnol., istraživač saradnik³ i
Ana Maksimović, Mast. inž. tehnol., istraživač saradnik³.

28.02.24
AV

¹Institut za ispitivanje materijala, Bulevar vojvode Mišića 43, 11040 Beograd;

²Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Karnegijeva 4, 11120 Beograd;

³Inovacioni centar, Tehnološko-metalurški fakultet, Karnegijeva 4, 11120 Beograd.

Beograd, 02.02.2023. godine

Podnosilac zahteva

dr Vujadin D. Aleksić, dipl. inž. rud., IWE,
naučni saradnik

TEHNIČKO REŠENJE

**METODOLOGIJA ODREĐIVANJA PLASTIČNOG I ELASTIČNOG DELA
OPTEREĆENJA ČELIKA KOD ISPITIVANJA NISKO CIKLIČNIM
ZAMOROM**

**dr Vujadin Aleksić, dipl. inž. rud., IWE, naučni saradnik
dr Ljubica Milović, dipl.inž., dipl. inž. maš., redovni profesor
dr Srđan Bulatović, dipl.inž. maš., naučni saradnik
Bojana Zečević, Mast. inž. tehnol., istraživač saradnik
Ana Maksimović, Mast. inž. tehnol., istraživač saradnik**

Beograd, 2024.

OPIS TEHNIČKOG REŠENJA

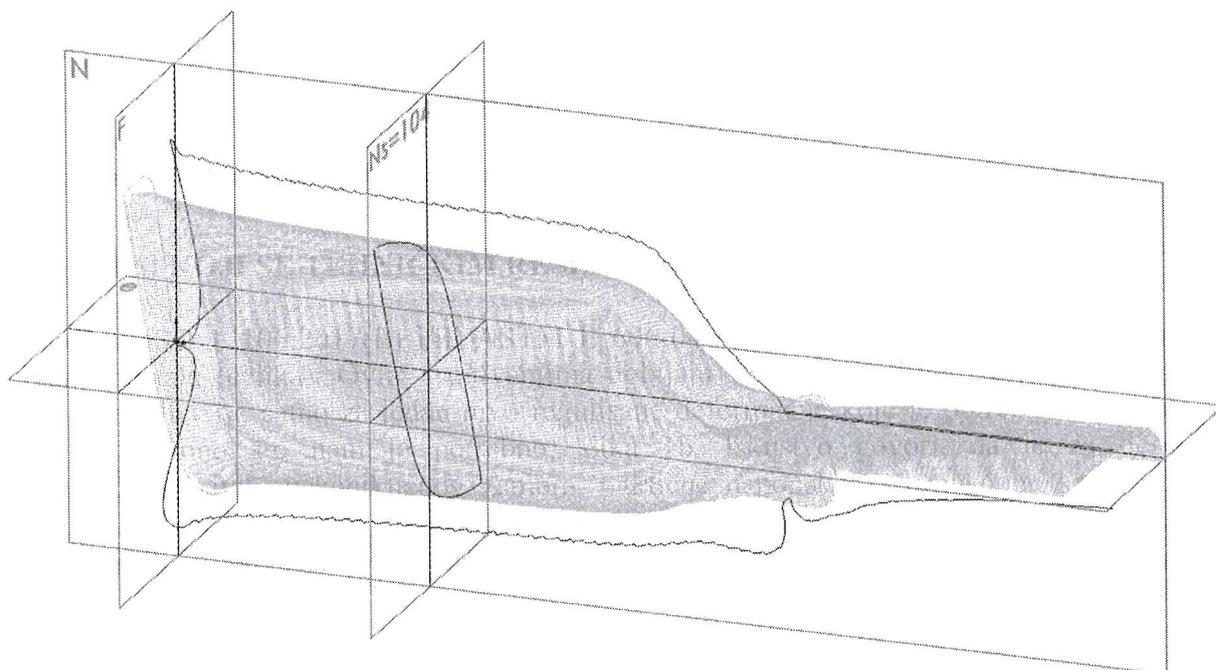
1. OBLAST NA KOJU SE TEHNIČKO REŠENJE ODNOSI

Dizajn mehaničkih komponenti, u brojnim industrijama (nuklearna, vazduhoplovna, mašinski inženjering), izloženih zamornim opterećenjima zahteva poznavanje ponašanja materijala pod uticajem naizmjeničnog opterećenja u uslovima kontrolisane deformacije (koji se nazivaju zamor pri niskom broju ciklusa) kada je prisutna i ciklična plastičnost. Da bi se osigurala pouzdanost i doslednost rezultata iz različitih laboratorija, potrebno je prikupiti sve podatke koristeći metodologije ispitivanja koje su u skladu sa brojnim ključnim tačkama standarda ISO 12106:2017(E) i/ili ASTM E 606-04.

Razvijeno tehničko rešenje pripada oblasti ispitivanja kvaliteta proizvoda, čelika, kao materijala od koga se izrađuju komponente izložene nisko cikličnom zamoru (NCZ) u toku eksploatacije, a svrha je utvrđivanja životnog veka takve komponente (pre početka eksploatacije ili u toku eksploatacije).

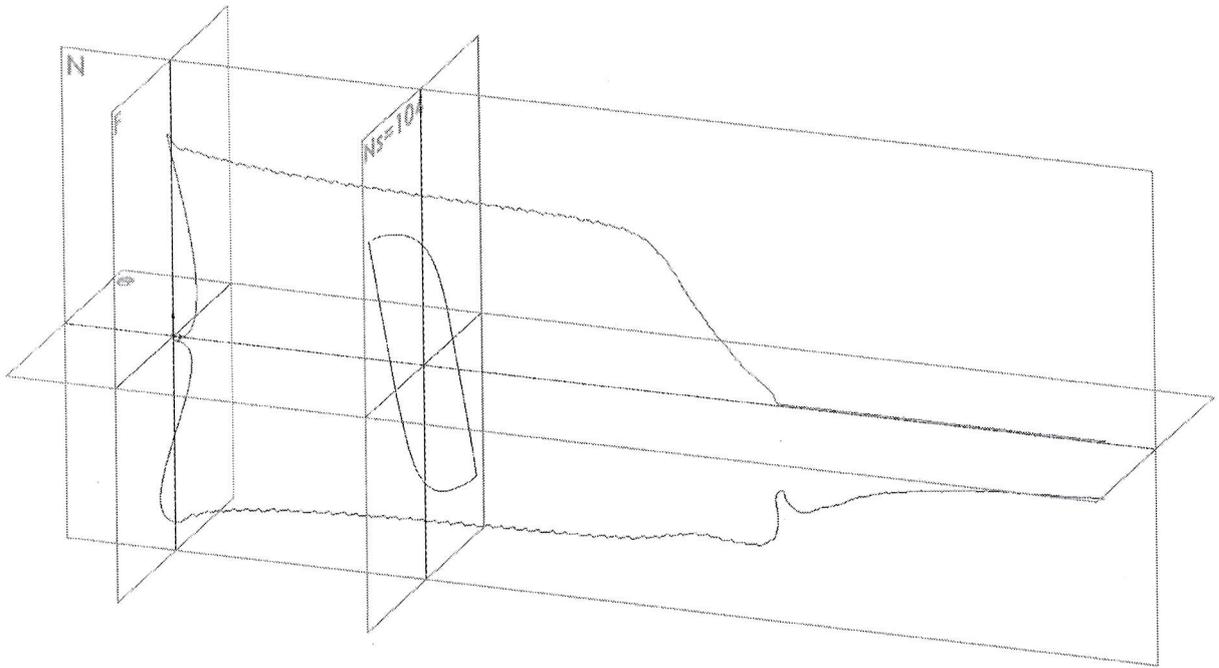
2. PROBLEM KOJI SE TEHNIČKIM REŠENJEM REŠAVA

Standardima ISO 12106:2017(E) i/ili ASTM E 606-04 definisana je okvirna metodologija NCZ ispitivanja metala (čelika). Ovim ispitivanjima dobijaju se ogromne količine podataka (grafički prikazane na slici 1a, samo za jedan nivo regulisane deformacije koje je potrebno filtrirati i iz te gomile izvući ono što nam je potrebno, slika 1b. Iskustvo govori, da je za definisanje karakterističnih krivih niskocikličnog zamora, Ciklične naponsko deformacione krive (CNDK), slika 2a, i Osnovne krive nisko cikličnog zamora (OKNCZ), slika 2b, koje opisuju ponašanje čelika pri delovanju NCZ, potrebno ispitivanje NCZ za minimum četiri nivoa regulisane deformacije, slika 1c.

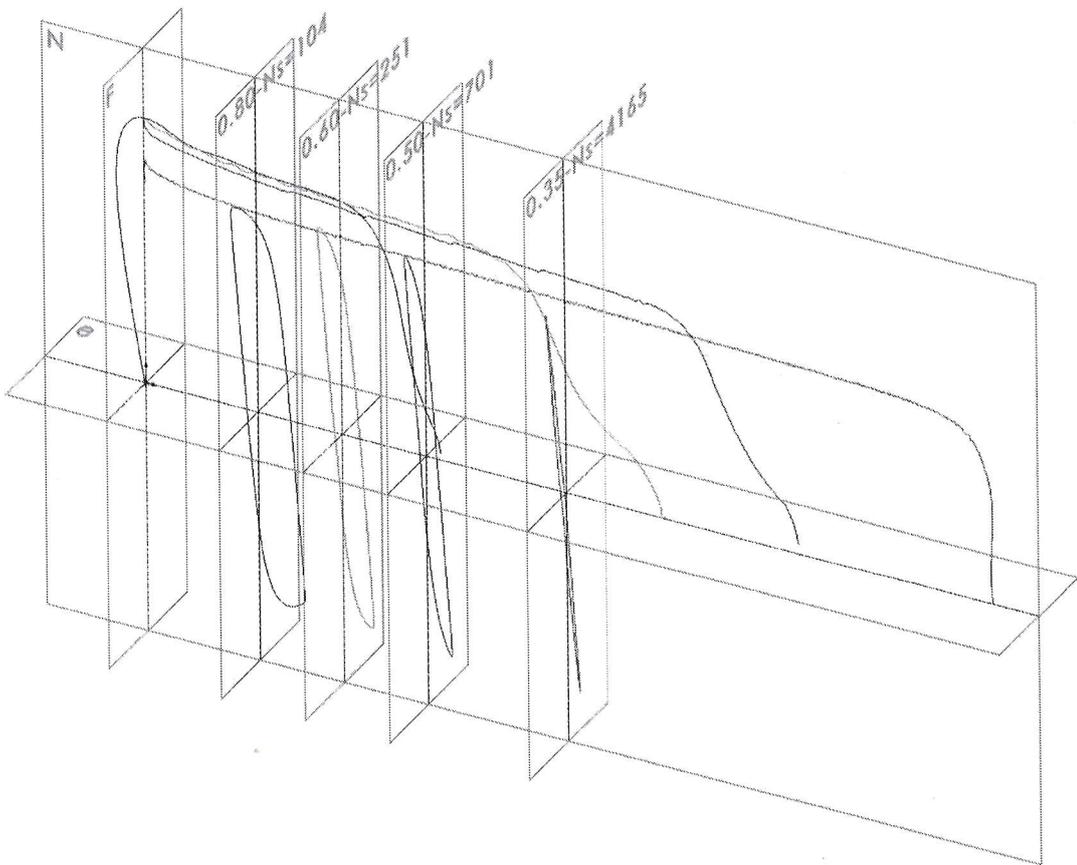


a) Grafički prikaz svih podataka, dobijenih ispitivanjem NCZ za samo jedan nivo regulisane deformacije ($\Delta\epsilon/2=0.80\%$), koje treba obraditi

Slika 1. Polazni podaci za definisanje CNDK i OKNCZ

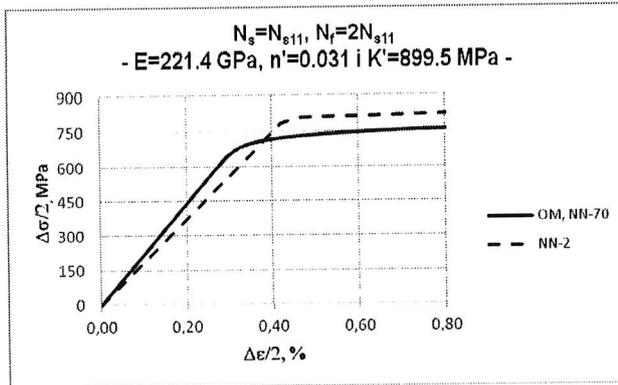


b) Filtrirani podaci ispitivanja NCZ za nivo regulisane deformacije, $\Delta\varepsilon/2=0.80\%$

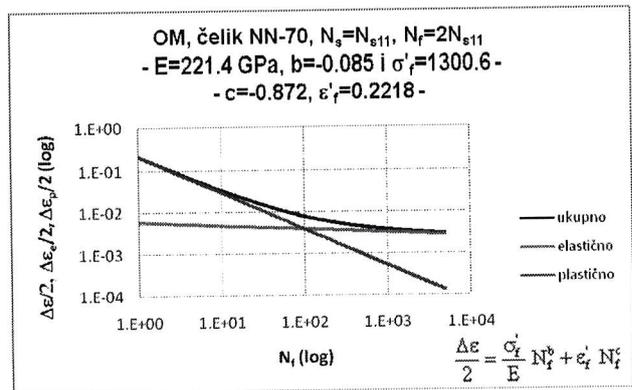


c) Filtrirani podaci ispitivanja NCZ za minimum četiri nivoa regulisane deformacije, koje obrađujemo i analiziramo

Slika 1. Polazni podaci za definisanje CNDK i OKNCZ (Nastavak)



a) CNDK



b) OKNCZ

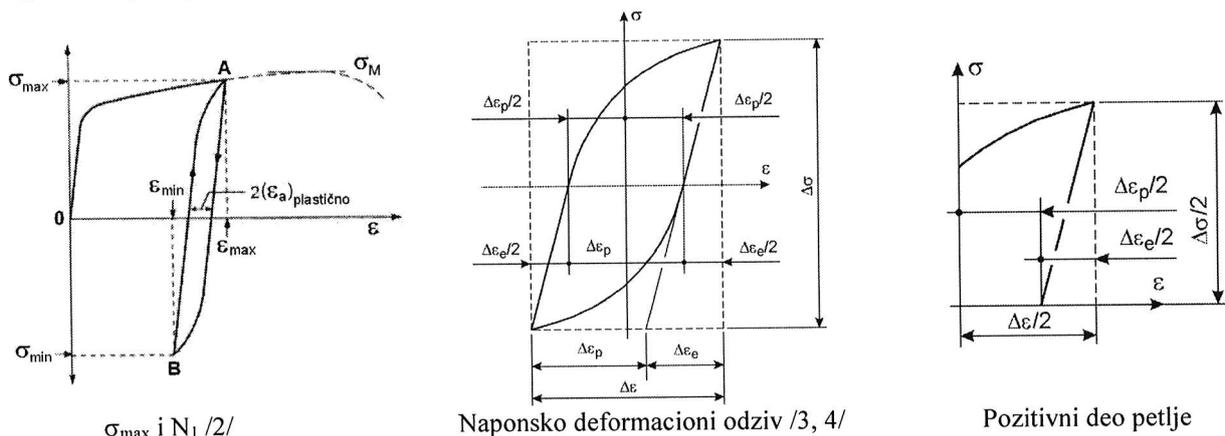
Slika 2. Karakteristične krive NCZ za čelik Nionikral 70 (NN-70) /1/

Standardi ne predviđaju na koji način se može doći do cilja. Najjednostavniji način je pravljenje dijagrama koji služe za očitavanje potrebnih podataka. Problem se javlja u objektivnom i subjektivnom uticaju na izmerenu i očitanu vrednost nekog parametra koji dalje obrađujemo. Ovim tehničkim rešenjem se izbegava taj problem i svi podaci korišćeni za definisanje karakterističnih krivih niskocikličnog zamora su matematički definisani, pa objektivni i subjektivni uticaj na krajnji cilj, odnosno, konstruisanje CNDK i OKNCZ ne postoji.

3. STANJE REŠENOSTI PROBLEMA U SVETU I SRBIJI

Ponašanje čelika pri NCZ ispituje se eksperimentalno, u skladu sa standardom ISO 12106:2017(E) i/ili ASTM E 606-04. U tu svrhu koriste se glatke epruvete koje se na više nivoa regulisanih deformacija i/ili opterećenja na sobnoj, povišenoj ili sniženoj temperaturi, izlažu niskocikličnom zamoru. Naponsko-deformacioni odziv pri niskocikličnom zamoru oblika je idealizovane histerezisne petlje, slika 3.

Raspon deformacija $\Delta\varepsilon$ odgovara ukupnoj širini petlje, a raspon sile opterećenja ΔF ili napona $\Delta\sigma$ odgovara njenoj ukupnoj visini, slika 3.



Slika 3. Stabilizovana histerezisna petlja

Svetski, a i naši istraživači koriste razne metode za obradu podataka posle ispitivanja NCZ. Velika količina dobijenih podataka posle ispitivanja NCZ čelika zahteva sistematičnost i koncentraciju. Odsustvo bilo čega od navedenog može dovesti do pogrešnih rezultata, koji direktno ili indirektno mogu uticati na sigurnost komponente ugrađene u neki proizvod pomenutih industrija. Eliminisanjem ljudskog faktora iz procesa merenja, očitavanja i tumačenja nekog od rezultata ispitivanja NCZ, na način da rezultati dobiju svoju matematičku zavisnost, prelazimo na stranu povećanja eksploatacione sigurnosti ispitivane komponente.

Raspon deformacija ili ukupna deformacija $\Delta\varepsilon$ jednaka je zbiru ukupne elastične, $\Delta\varepsilon_e$ i ukupne plastične deformacije, $\Delta\varepsilon_p$.

Uvođenjem amplituda deformacija izraženih preko odgovarajućih poluraspona, slika 3., dolazi se do jednačine:

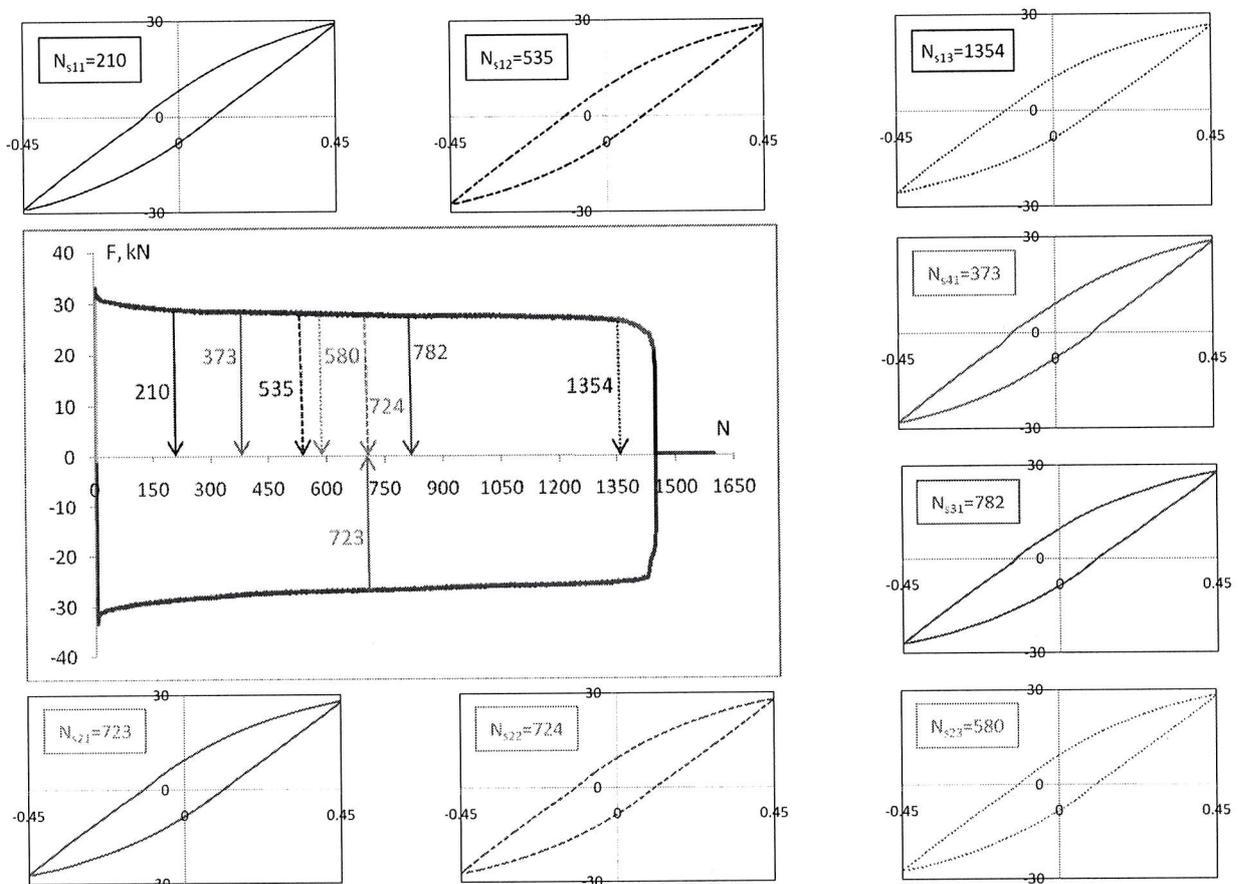
$$\frac{\Delta\varepsilon}{2} = \frac{\Delta\varepsilon_e}{2} + \frac{\Delta\varepsilon_p}{2} \quad (1)$$

4. SUŠTINA TEHNIČKOG REŠENJA

Tehničkim rešenjem prikazan je način utvrđivanja mesta preseka bilo koje stabilizovane histerezisne petlje, slika 3. i pozitivnog dela ose deformacije, sa ciljem određivanja vrednosti elastične, $\Delta\varepsilon_e/2$, i plastične, $\Delta\varepsilon_p/2$, komponente poluamplitude deformacije u svrhu karakterizacije ponašanja čelika pri delovanju NCZ.

Histerezu za ciklus N_s u oblasti stabilizacije koji je blizak ili jednak polovini broja ciklusa do iniciranja prsline N_f , zovemo KARAKTERISTIČNOM STABILIZOVANOM HISTEREZOM /3-7/. Ona je predstavnik svih histereza i služi za opisivanje kompletnog procesa niskocikličnog zamora, odnosno, sa nje se vade svi potrebni podaci koji nam trebaju za određivanje karakterističnih krivih niskocikličnog zamora.

Za određivanje vrednosti elastične, $\Delta\varepsilon_e/2$, i plastične, $\Delta\varepsilon_p/2$, komponente poluamplitude deformacije koje su potrebne radi definisanja CNDK i OKNCZ, koriste se karakteristične stabilizovane histerezisne petlje, određene metodama iz tabele 1, koje se nalaze unutar opsega definisanog linearnom zavisnošću raspona opterećenja i broja ciklusa /8-18/.



Slika 3. Primer karakterističnih stabilizovanih histereza ispitivanja NCZ /1/

Ranije se smatralo da se stabilizovana histereza uspostavlja pri polovini broja ciklusa do loma /19-21/, a od devedesetih godina pri polovini broja ciklusa do pojave prsline /22, 23/.

Tehničkim rešenjem se omogućava lako i brzo određivanje plastičnog i elastičnog dela deformacije za bilo koji ciklus, odnosno stabilizovanu histerezu NCZ.

Određivanje plastične i elastične deformacije za karakterističan ciklus stabilizacije, primer na slici 3., $N_s=724$ (prema standardu ISO 12106:2017(E)), odnosno $N_s=723$ (prema standardu ASTM E 606-04), služi nam za karakterizaciju čelika i određivanje karakterističnih krivih niskocikličnog zamora, a radi opisa ponašanja konkretnog čeličnog elementa izloženog delovanju niskocikličnog zamora u njegovoj eksploataciji.

Za određivanje karakteristične stabilizovane histereze mogu se koristiti 4 metode, primer u tabela 1:

1. iskustvena (metoda operatera na kidalici), $N_f=N_{procena}$,
2. preporuka standarda ISO 12106:2003(E), $N_f=N_{-25\%} /24/$,
3. preporuka standarda ASTM E 606-04^e, $N_f=N_{-50\%} /25/$ i
4. metodu praga IBR (ispitivanja bez razaranja), $N_f=N_{pNDT} /1/$.

Tabela 1. Karakteristični stabilizovani ciklusi NCZ osnovnog metala (OM=PM) čelika NN-70 /1/

OM-10		$\Delta\varepsilon/2=0.45$	Stabilizovane histereze za analizu			
	N	Opis	$N_{s1}=N$	$N_{s2}=N/2$	$N_{s3}=N_{ps}+(N_{ks}-N_{ps})/2$	$N_{s4}=N_{ps}+(N_{pNDT}-N_{ps})/2$
	1	početak podešavanja				
N_{start}	3	početak ispitivanja i prilagodavanja $F=\max$				
N_{ps}	210	početak stabilizacije i stvaranja zamorne prsline	210			
$N_f=N_{pNDT}$	535	prag IBR i nastavak stabilizacije	535			373
N_{ks}	1354	kraj stabilizacije i početak značajnog pada sile			782	
$N_f=N_{-25\%}$	1445	pad sile od 25% (prema ISO 12106:2003(E))		723		
$N_f=N_{-50\%}$	1447	pad sile od 50% (prema ASTM E 606-04)		724		
$N_{-100\%}$	1449	pad sile do F približno = 0				
N_{end}	1592	završetak ispitivanja				
$N_f=N_{procena}$	1160	do procene pojave značajne prsline i početka pada sile (procena operatera na kidalici)		580		

Određivanjem plastične i elastične deformacije za ostale cikluse niskocikličnog zamora, primer na slici 3. od $N_{ps}=210$ do $N_{ks}=1354$ (N_f), možemo izračunati cikličnu akumulaciju plastične deformacije za određeni amplitudni nivo deformacije i time odrediti životni vek čeličnog dela u zavisnosti od njegove namene i opterećenja.

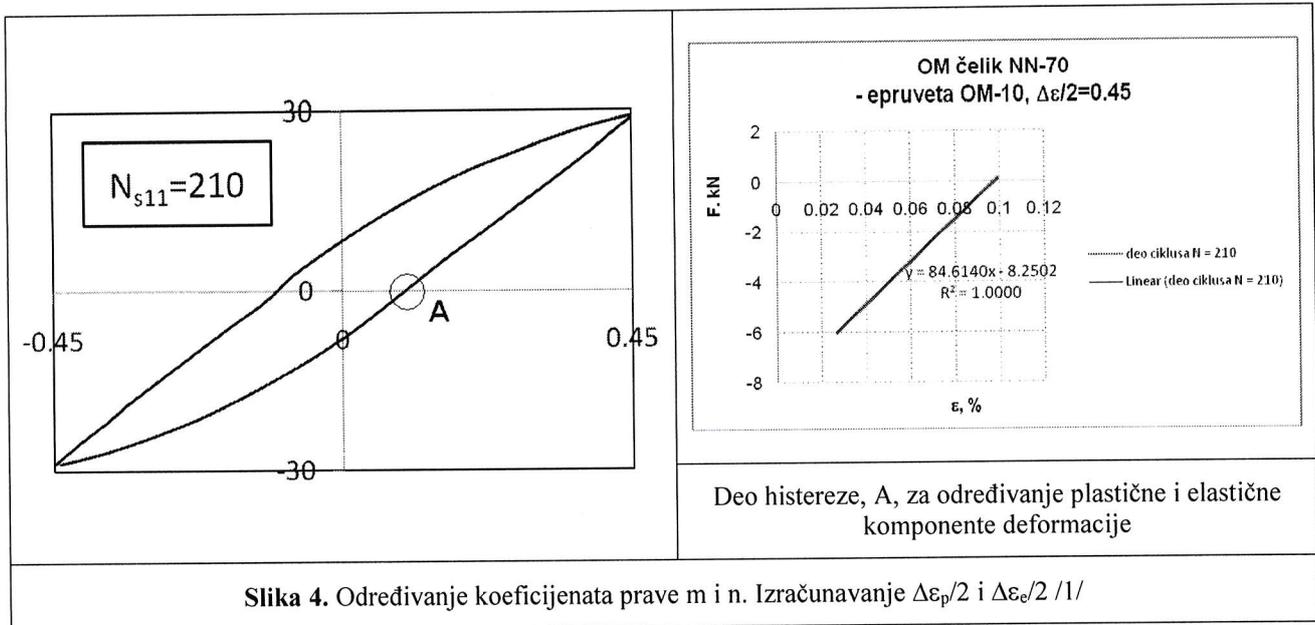
5. OPIS TEHNIČKOG REŠENJA

Metodologija određivanja plastičnog i elastičnog dela opterećenja kod ispitivanja NCZ biće prikazana određivanjem tih parametara deformacije na čeliku NN-70.

Posle izbora metode za određivanje karakteristične stabilizovane histereze, sa određene karakteristične stabilizovane histereze očitavaju se ekstremne vrednosti sile opterećenja F_{max} i F_{min} .

Nakon toga se utvrđuju mesta preseka histerezisne krive i pozitivnog dela ose deformacije što se obično radi grafički /15/ u nekom od programa za precizno crtanje (Corel, AutoCad, SolidWorks i dr.)

Ovo tehničko rešenje omogućava određivanje koeficijenta prave, m i n , slika 4 i tabela 2, što je preciznije od grafičke metode jer isključuje objektivni i subjektivni uticaj na tačnost rezultata očitavanja.



Slika 5a prikazuje karakteristične cikluse od ciklusa $N_{1/4}$, do ciklusa N_f za poluamplitudu deformacije $\Delta\epsilon/2 = 0.5\%$. Na slici 5b su stabilizovane histereze, N_s , za poluamplitude deformacije $\Delta\epsilon/2 = 0.35, 0.50, 0.60$ i 0.80% . Slika 5c prikazuje odnos maksimalnog opterećenja i ciklusa stabilizacije, N_s , za svaki razmatrani amplitudni nivo deformacije. Iz svakog ciklusa LCF moguće je odrediti vrednost plastične i elastične deformacije i metodologijom prikazanom u ovom tehničkom rešenju je to urađeno na način prikazan na slici 5d. Na slici 5d prikazani su linearizovani preseci pozitivnog dela x ose i dela histereze između dve merne tačke definisane izlaznim podacima sa uređaja na kome se vrši ispitivanje. Koristeći zavisnost iz jednačine 1, a pomoću sledećih jednakosti:

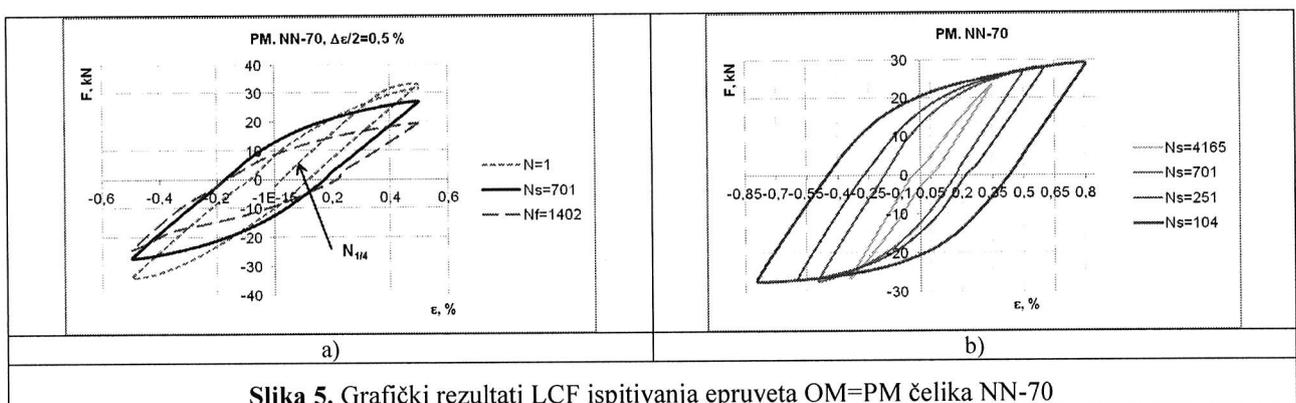
$$y = mx - b \quad (2)$$

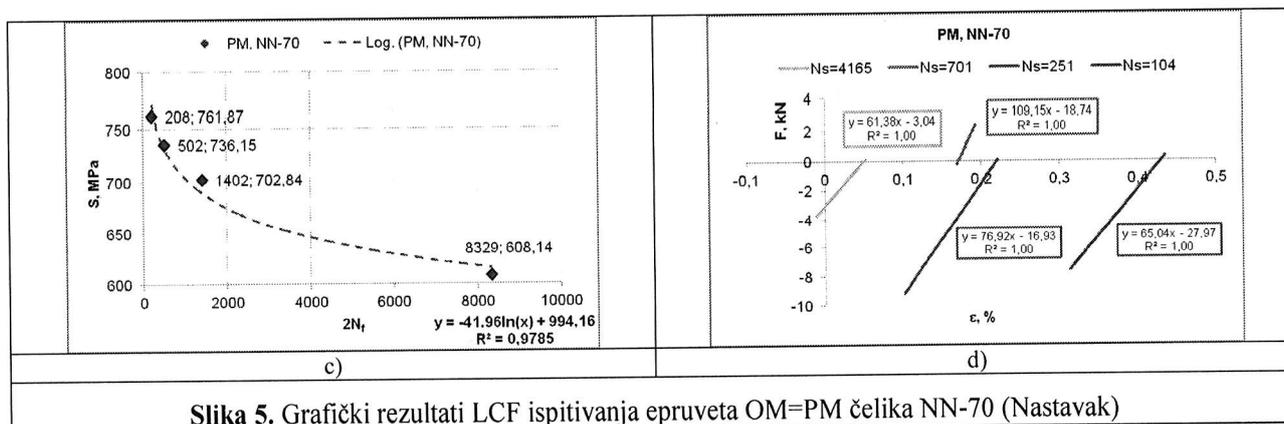
$$y = F, \text{ kN}; x = \Delta\epsilon_p/2 \quad (3)$$

$$F = 0; \Delta\epsilon_p/2 = b/m \quad (4)$$

$$\Delta\epsilon_e/2 = \Delta\epsilon/2 - \Delta\epsilon_p/2 \quad (5)$$

dolazi se do jednačina poluamplitude plastične deformacije prikazanih za svaku epruvetu, slika 5d i pripadajući joj karakterističan ciklus stabilizacije, N_s , prikazanih na slici 5d i tabeli 2.





Slika 5. Grafički rezultati LCF ispitivanja epruveta OM=PM čelika NN-70 (Nastavak)

Tabela 2. Izračunate NCZ elastične i plastične deformacije čelika NN-70 kod karakterističnih N_s

Ep	$y=mx-b; y=0; x=b/m$	N_s	$\Delta\epsilon/2$ %	$\Delta\epsilon_p/2$ %	$\Delta\epsilon_e/2$ %	σ_{max} , MPa	σ_{min} , MPa	$\Delta\sigma/2$, MPa
09	$\Delta\epsilon_p/2=3.04/61.38$	4165	0.35	0.0495	0.3005	608.14	-689.48	648.81
03	$\Delta\epsilon_p/2=18.74/109.15$	701	0.50	0.1717	0.3283	702.84	-707.19	705.01
06	$\Delta\epsilon_p/2=16.93/76.92$	251	0.60	0.2201	0.3799	736.15	-698.00	717.07
08	$\Delta\epsilon_p/2=27.97/65.04$	104	0.80	0.4301	0.3699	761.87	-709.04	735.46

Prikazanu metodologiju moguće je primeniti na svaki ciklus LCF. Prikazano tehničko rešenje je primenjivo kod obrade podataka LCF ispitivanja i za druge konstruktivne materijale.

LITERATURA

- [1] Aleksić V.: *Niskociklični zamor niskolegiranih čelika povišene čvrstoće*, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 2019.
- [2] Schijve J.: *Fatigue of Structures and Materials*, Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 2004.
- [3] Posavljak S., *Naponsko-deformaciona analiza i zamor materijala rotacionih diskova turbomlaznih motora*, Magistrski rad, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 1999.
- [4] Posavljak S., *Istraživanje zamornog veka rotacionih diskova avionskih motora*, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 2008.
- [5] Bannantine J. A., Comer J., Handrock J., *Fundamentals of Material Fatigue Analysis*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1990.
- [6] Коллинз Дж., *Повреждение материалов в конструкциях – Анализ, Предсказание, Предотвращение*, Перевод с английского, "МИР", Москва 1984.
- [7] Janković D. M., *Eksperimentalno određivanje tokova zamaranja materijala pri ciklično promenljivim elasto-plastičnim deformacijama*, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd 1988.
- [8] Aleksić V., Aleksić B., Milović Lj.: *Methodology for determining the region of stabilisation of low-cycle fatigue*, Book of Abstracts, 16th International Conference on New Trends in Fatigue and Fracture (NT2F16), May 24-27, 2016, Dubrovnik, Croatia, str. 189 – 190.
- [9] Aleksić V., Milović Lj., Aleksić B., Hemer A.M.: *Indicators of HSLA steel behavior under low cycle fatigue loading*, 21st European Conference on Fracture, ECF21, 20-24 June 2016, Catania, Italy, Procedia Structural Integrity 2 (2016) 3313–3321.
- [10] Aleksić V., Aleksić B., Milović Lj.: *Metodologija određivanja pokazatelja ponašanja HSLA čelika pri delovanju niskocikličnog zamora*, V Međunarodni kongres „Inženjerstvo, ekologija i materijali u procesnoj industriji”, Jahorina, Bosna i Hercegovina, 15.03.-17.03. 2017, CD, str. 1123-1135.
- [11] Aleksić V. et al: *Behaviour of Nionikral-70 in low-cycle fatigue*, Structural integrity and life, Vol.17, No 1 (2017), pp. 61-73.

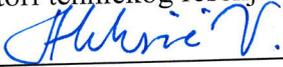
- [12] Aleksić B. et al: Determination of the region of stabilization on low-cycle fatigue HSLA steel from test data, In: Proceedings of the 17th International Conference on New, Trends in Fatigue and Fracture, Springer, 2018, pp.101-113.
- [13] Aleksić V. et al: Effect of LCF on behavior and microstructure of microalloyed HSLA steel and its simulated CGHAZ, Engineering Failure Analysis, Vol. 104, October 2019, Pages 1094-1106.
- [14] Aleksić V.: Low cycle fatigue of high strength low alloy steels, D.Sc. thesis (in Serbian), University of Belgrade, 2019.
- [15] Bulatović S.: *Elasto-plastično ponašanje zavarenog spoja od niskolegiranog čelika povišene čvrstoće u uslovima niskocikličnog zamora*, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2014.
- [16] Bulatovic S., Burzic Z., Aleksic V., Sedmak A., Milovic Lj.: *Impact of choice of stabilized hysteresis loop on the end result of investigation of high-strength low-alloy (HSLA) steel on low cycle fatigue*, Metalurgija, 53 (2014) 4, 477-480.
- [17] Aleksić B., Grbović A., Milović Lj., Hemer A., Aleksić V.: *Numerical simulation of fatigue crack propagation: A case study of defected steam pipeline*, Engineering Failure Analysis, Volume 106, December 2019, 104165.
- [18] Aleksić V., Milović L., Bulatović S., Zečević B., Maksimović A.: *Determination of LCF Plastic and Elastic Strain Components of Steel*, 11th International Symposium on Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering (KOD 2021), 10 - 12 June 2021, Novi Sad, Serbia. Mechanisms and Machine Science, vol 109., 2022, Springer, pp. 341-349.
- [19] Morrow J. D.: *Cyclic Plastic Strain Energy and Fatigue of Metals*, ASTM STP No. 378, 1965, p. 45-87.
- [20] Klee S.: *Das zyklische Spannungs-Dehnungs- und Bruchverhalten verschiedener Stahle*, Doktorska disertacija, Veröffentlichungen des Institute Fur Statik und Stahlbau der T. H. Darmstadt, 1973, S.108 + 98 Figuren.
- [21] Schmidt W.: *Einführung und Prüfverfahren, Verhalten von Stahl bei schwingender Beanspruchung*, Verein Deutscher Eisenhiittenleute, Düsseldorf, 1979, S. 1-22.
- [22] Janković D. M.: *Eksperimentalno određivanje tokova zamaranja materijala pri ciklično promenljivim elasto-plastičnim deformacijama*, Zbornik radova, knjiga 4 – materijali - ispitivanje i kontrola, TM'93, knjiga 2 - Projektovanje, Kruševac-Vrnjačka banja., 1993, str. 153-158.
- [23] Janković D. M.: *Abuot Some Various Interpretations of the Fatigue Criterion at Low Number of Strain Cycles*, to be published in Facta Universitatis, Series Mechanical Engineering, Vo1. 1, No. 8, Niš, 2001, p. 10.
- [24] ISO 12106:2003(E): *Metallic materials-fatigue testing-axial-strain-controlled method*, Geneva: ISO 2003, Switzerland.
- [25] ASTM E606-04, *Standard practice for strain-controlled fatigue testing*, ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.

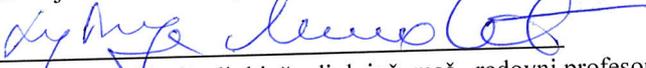
ZAHVALNICA

Ovo istraživanje je podržalo Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (Ugovor br. 451-03-47/2023-02/200012).

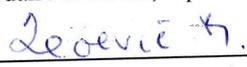
U Beogradu, 26.12.2023. god.

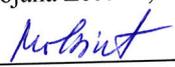
Autori tehničkog rešenja


dr Vujadin Aleksić, dipl. inž. rud., IWE, naučni saradnik


dr Ljubica Mjlović, dipl.inž., dipl. inž. maš., redovni profesor


dr Srđan Bulatović, dipl. inž. maš., naučni saradnik


dr Bojana Zečević, Mast. inž. tehnol., naučni saradnik


Ana Maksimović, Mast. inž. tehnol., istraživač saradnik

Prilozi (uz prijavu) tehničkog rešenja su:

- Prilog 1: Izvodi iz standarda **ISO 12106**;
- Prilog 2: Dokumenti sa Mašinskim fakultetom:

UGOVOR O POSLOVNO-TEHNIČKOJ SARADNJI korišćenja i primene tehničkog rešenja: *“Metodologija određivanja plastičnog i elastičnog dela opterećenja čelika kod ispitivanja nisko cikličnim zamorom”* sa korisnikom: Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Laboratorija za dinamička ispitivanja, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija;

Potvrda o prihvatanju/primeni tehničkog rešenja od strane korisnika: Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Laboratorija za dinamička ispitivanja, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija;

- Prilog 3: Dokumenti sa firmom TRCpro doo:

Potvrda o prihvatanju/primeni tehničkog rešenja od strane korisnika: TRCpro doo, Preradovićeve 31, 21131 Petrovaradin, Srbija;

Zahtev za ponudu tehničkog rešenja;

Ponuda za prodaju tehničkog rešenja;

Profaktura za uplatu;

Izvod o uplaćenim sredstvima.

- Prilog 4: **Lista** ranije prihvaćenih Tehničkih rešenja za svakog autora.

PRILOZI:

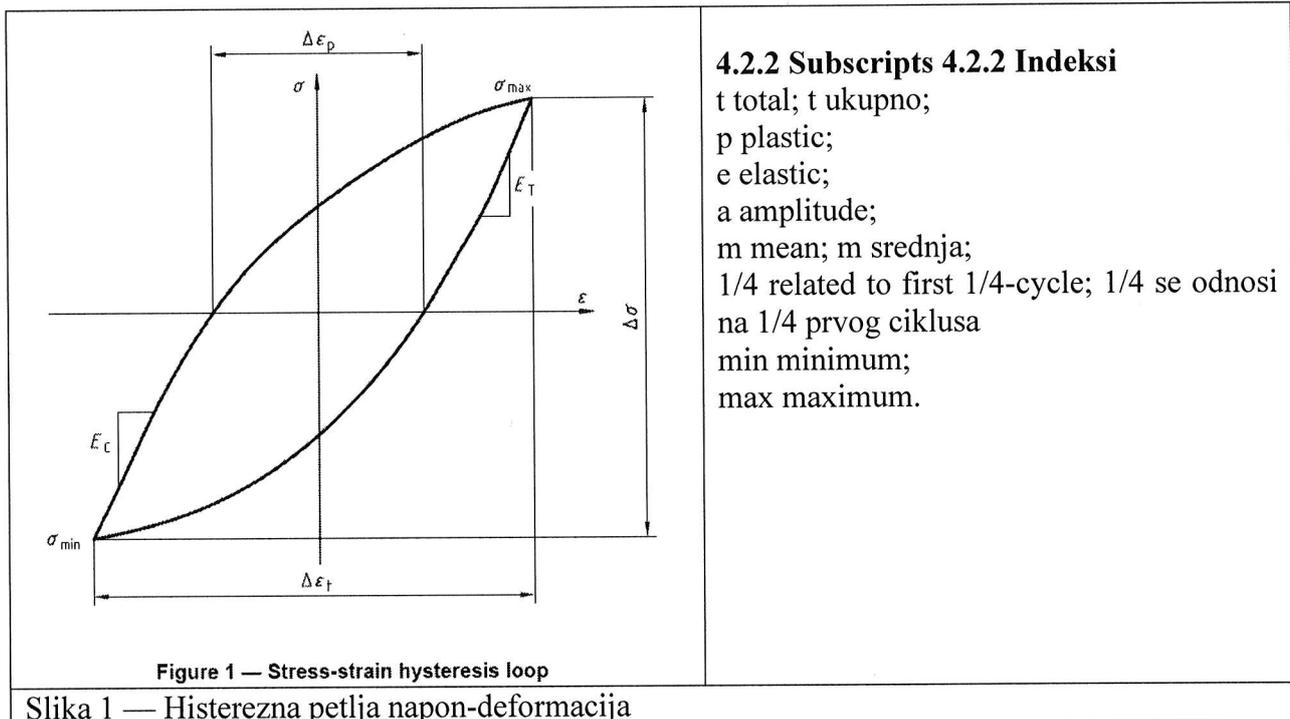
Prilog 1

IZVODI IZ STANDARDA ISO 12106

INTERNATIONAL STANDARD ISO 12106

First edition 2003-03-15

Metallic materials — Fatigue testing — Axial-strain-controlled method Metalni materijali — Ispitivanje zamaranjem — Metoda kontrolisanog aksijalnog naprezanja



7.7.2 Data acquisition 7.7.2 Prikupljanje podataka

Ako ispitna oprema dopušta, zabeležite napon, deformaciju i temperaturu kao funkcije vremena.

Ako to nije moguće, barem zabeležite vršne vrednosti napona, deformacije i temperature tako da se može pozvati na definiciju otkaza datu u 7.8.

7.8 Failure criteria 7.8 Kriterijumi otkaza

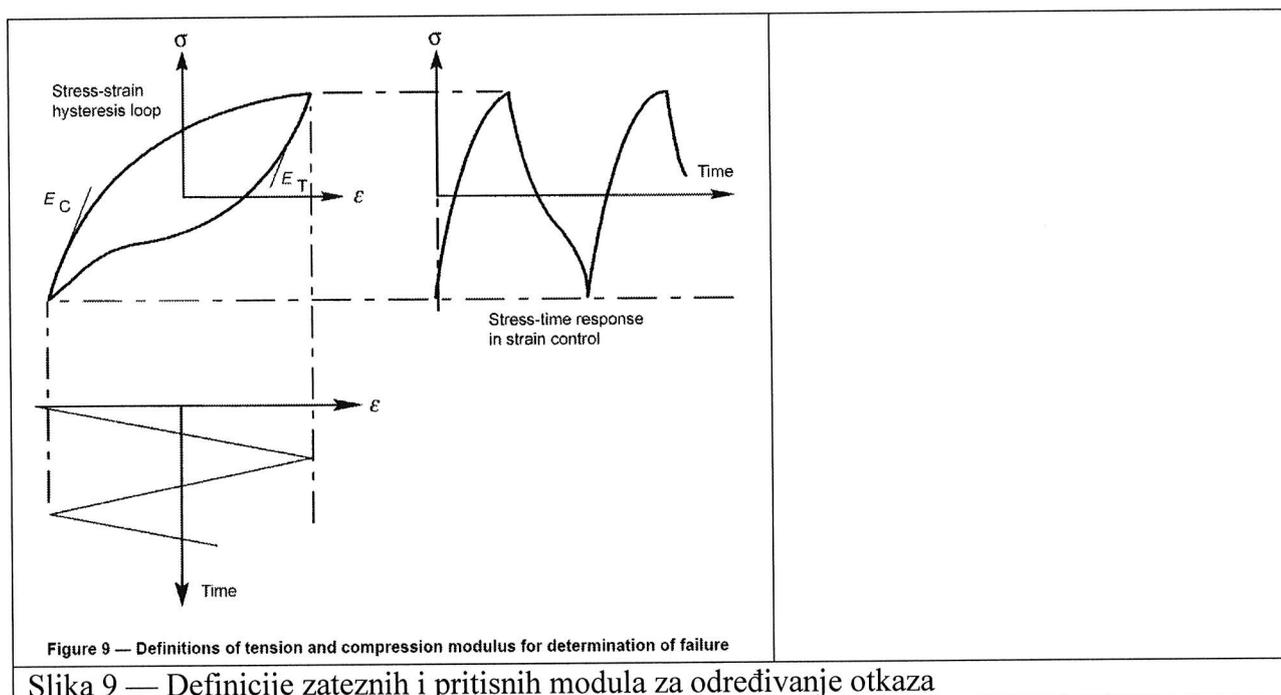
Postoje različiti načini definisanja otkaza, pri čemu je potpuno razdvajanje uzorka samo jedan od njih.

To može zavisiti o tumačenju rezultata ispitivanja na zamor i o prirodi materijala koji se ispituje.

Kriterijumi otkaza koji se razmatraju obično se temelje na pojavi, prisustvu ili intenziviranju pojave koja je uočena ili zabeležena, a koja ukazuje na ozbiljno oštećenje ili neposredan otkaz uzorka.

Broj ciklusa do otkaza, N_f , može se definisati kao broj ciklusa koji odgovara sledećim kriterijima otkaza:

- a) potpuno razdvajanje uzorka na dva različita dela;
- b) određeni postotak promene maksimalnog zateznog naprezanja u odnosu na nivo utvrđen tokom ispitivanja;
- c) određena promena u omeru modula elastičnosti u zateznom i pritisnom delu petlji histereze; najčešće, $E_T / E_C = 0,5$ se koristi za definisanje otkaza (vidi sliku 9);
- d) određeni postotak promene maksimalnog zateznog naprezanja u odnosu na maksimalno zatezno naprezanje.



Slika 9 — Definicije zateznih i pritisnih modula za određivanje otkaza

Upotreba kriterijuma a) i b) je najčešća.

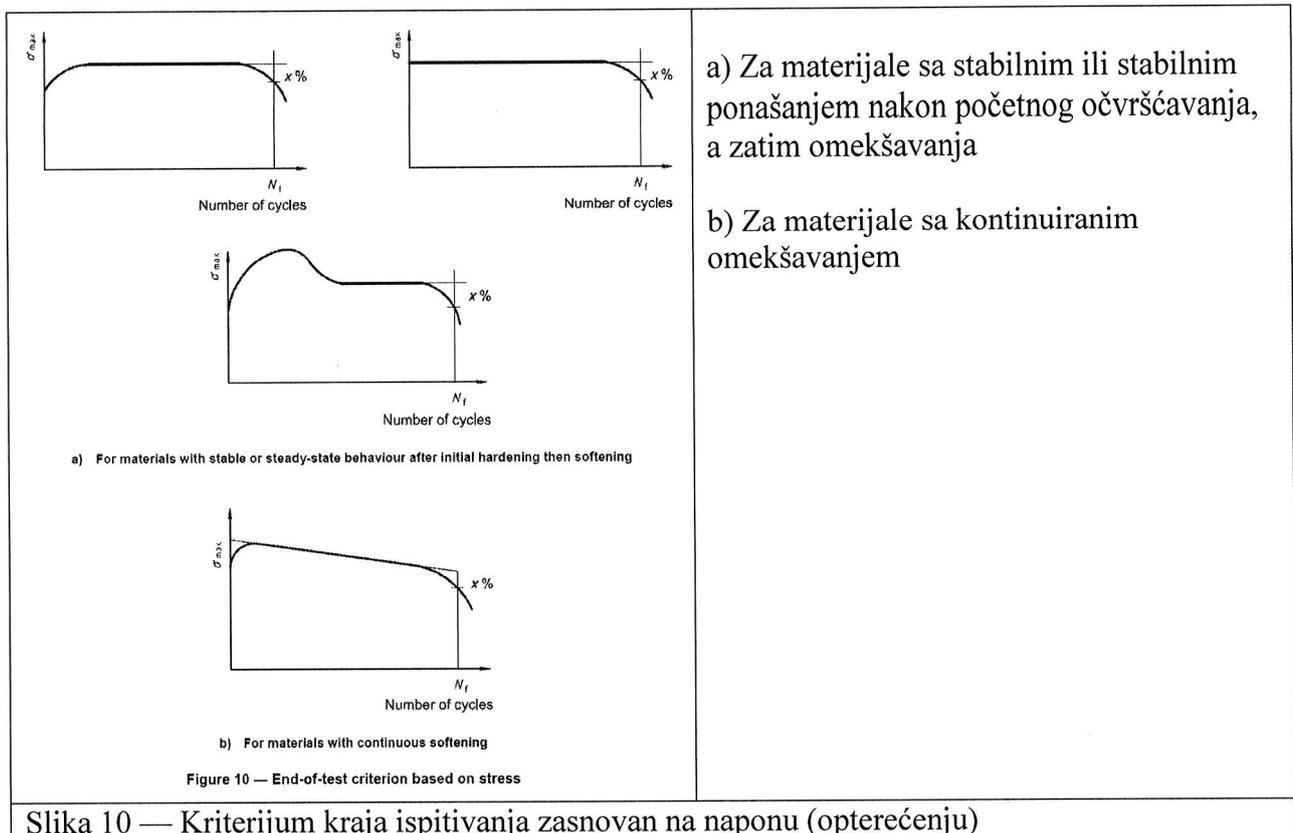
Međutim, bilo koji od gore navedenih kriterija može se koristiti za otkaz.

U izveštaju se navode specifični kriterijumi otkaza koji se koriste za seriju ispitivanja.

Slika 10 prikazuje primere kriterijuma smanjenja naprezanja.

U ovom slučaju, broj ciklusa do otkaza, N_f , definisan je kao broj ciklusa koji odgovara smanjenju vrednosti naprezanja od x % ekstrapolirano preko krivulje zateznog naprezanja-broj ciklusa kada napon naglo padne.

Preporučena vrednost x je 25.



Slika 10 — Kriterijum kraja ispitivanja zasnovan na naponu (opterećenju)

Ovaj kriterijum se odnosi na prisustvo jedne (ili više) makroskopskih prslina u uzorku.

Generalno, omjer površine prsline i izvorne površine poprečnog preseka uzorka je iste veličine kao i omjer smanjenja napreznja.

8.1 Data necessary 8.1 Potrebni podaci

Podaci potrebni za analizu rezultata navedeni su u 8.2.1 i 8.2.2.

8.2 Basic data 8.2 Osnovni podaci

8.2.1 Determination of the modulus of elasticity $E_{1/4}$ 8.2.1 Određivanje modula elastičnosti $E_{1/4}$

Odredite $E_{1/4}$ kruženjem u rasponu elastičnosti materijala na ispitnoj temperaturi (vidjeti 7.5.2).

8.2.2 Recorded data (see 7.7) 8.2.2 Snimljeni podaci (vidi 7.7)

Vršne vrednosti napreznja i raspona deformacija kao funkcija broja ciklusa, petlje histereze napreznje-deformacija brzinom od tri petlje po dekadi (ciklusi 1, 2, 5, 10, 20, 50, itd.) plus one koje predstavljaju otkaz i broj ciklusa koji odgovaraju prvom od dva sledeća događaja koji će se dogoditi:

potpuno odvajanje;

pad zateznog napreznja ispod vrednosti odabrane u 7.8.

8.3 Analysis of results 8.3 Analiza rezultata

8.3.2 Determination of fatigue life (see 7.8) 8.3.2 Određivanje veka trajanja zamora (videti 7.8)

Broj ciklusa do otkaza N_f definisan je u 7.8, a) do d).

8.3.3 Stress-strain and strain-fatigue life relationships 8.3.3 Odnosi napon - deformacija i deformacija - zamorni vek

Tabele 3 do 5 prikazuju osobine utvrđene u ispitivanju monotonim zatezanjem (podaci o referentnom materijalu) i pri ispitivanju nisko cikličnog zamora (monotona kriva napon - deformacija (prva četvrtina ciklusa), ciklična kriva napon - deformacija pri $N_f / 2$, i zamornom veku N_f).

Table 3 — Monotonic test — Monotonic stress-strain values (first 1/4-cycle)

Property	Determination	Relation
$E_{1/4}$	Modulus of elasticity measured for a given specimen	
E	Average value of $E_{1/4}$ measured over a series of test specimens	
$R_{P0,2}$	Yield strength (0,2 % proof stress)	
n	Monotonic strain hardening exponent	Slope of $\lg \sigma_a - \lg \varepsilon_{pa}$ plot
K	Monotonic strength coefficient. Stress intercept at $\varepsilon_{pa} = 1$ on $\lg \sigma_a - \lg \varepsilon_{pa}$ plot.	$\sigma_a = K(\varepsilon_{pa})^n$

Tabela 3 — Monotono ispitivanje (statičko) — Vrednosti napon - deformacija (prva 1/4 ciklusa)

Osobina	Određenje	Odnos	
$E_{1/4}$	Modul elastičnosti izmeren za dati uzorak		
E	Prosečna vrednost $E_{1/4}$ merena preko serije uzoraka za ispitivanje		
$R_{P0,2}$	Granica tečenja (napon pri 0,2 % deformacije)		
n	Eksponent monotonog ojačavanja	Nagib $\lg \sigma_a - \lg \varepsilon_{pa}$ dijagrama	
K	Koeficijent monotone čvrstoće. Presek napona pri $\varepsilon_{pa} = 1$ na $\lg \sigma_a - \lg \varepsilon_{pa}$ dijagramu.	$\sigma_a = K \cdot (\varepsilon_{pa})^n$	

Table 4 — Cyclic test — Cyclic stress-strain values (stabilized cycle)

Property	Determination	Relation
σ_y , cyclic yield strength (0.2 % offset)		
n' , cyclic strain hardening exponent	Slope of $\lg \sigma_a = \lg \varepsilon_{pa}$ plot	
K' , cyclic strength coefficient	Stress intercept at $\varepsilon_{pa} = 1$ on $\lg \sigma_a - \lg \varepsilon_{pa}$ plot	$\sigma_a = K'(\varepsilon_{pa})^{n'}$
Constitutive equation		$\frac{\Delta \varepsilon}{2} = \frac{\sigma_a}{E} + \left(\frac{\sigma_a}{K'} \right)^{1/n'}$

Tabela 4 — Ciklični test — Vrednosti cikličnog napona-deformacije (stabilizovani ciklus)

Osobina	Određenje	Odnos	
σ_y' , ciklička granica tečenja (0,2 % pomak)			
n' , eksponent cikličnog ojačanja deformacijom	Nagib $\lg \sigma_a = \lg \varepsilon_{pa}$ dijagrama		
K' , koeficijent ciklične čvrstoće	Presek napona pri $\varepsilon_{pa} = 1$ na $\lg \sigma_a - \lg \varepsilon_{pa}$ dijagramu	$\sigma_a = K' (\varepsilon_{pa})^{n'}$	
Konstitutivna jednačina		$\frac{\Delta \varepsilon}{2} = \frac{\sigma_a}{E} + \left(\frac{\sigma_a}{K'} \right)^{1/n'}$	

Table 5 — Low-cycle fatigue test — Fatigue life

Property	Determination	Relation
σ_f' , fatigue ductility coefficient	Stress intercept at $2N_f = 1$ on $\lg \sigma_a - \lg 2N_f$ plot	$\sigma_a = \sigma_f' (2N_f)^b$ (Basquin equation)
b , fatigue strength exponent	Slope of $\lg (\Delta \varepsilon_p/2) - \lg 2N_f$ plot (Specify $2N_f$ range)	
ε_f' , fatigue ductility coefficient	Plastic-strain intercept at $2N_f = 1$ on $\lg (\Delta \varepsilon_p/2) - \lg 2N_f$ plot	$\Delta \varepsilon_p/2 = \varepsilon_f' (2N_f)^c$ (Coffin-Manson equation)
c , fatigue ductility exponent	Slope of $\lg (\Delta \varepsilon_p/2) - \lg 2N_f$ plot (Specify $2N_f$ range)	
Total strain amplitude	$\Delta \varepsilon_f/2 = \Delta \varepsilon_e/2 + \Delta \varepsilon_p/2$ $\Delta \varepsilon_f/2 = (\sigma_f'/E)(2N_f)^b + \varepsilon_f'(2N_f)^c$	

Tabela 5 — Ispitivanje nisko ciklusnog zamora — životni vek

Osobina	Određenje	Odnos	
σ_f' , koeficijent zamorne žilavosti	Presek napona pri $2N_f = 1$ na $\lg \sigma_a - \lg 2N_f$ dijagramu	$\sigma_a = \sigma_f' (2N_f)^b$ (Baskinova (Basquin) jednačina)	
b , eksponent zamorne čvrstoće	Nagib $\lg (\Delta \varepsilon_e/2) - \lg 2N_f$ dijagrama (Navedite opseg $2N_f$)		
ε_f' , koeficijent zamorne duktilnosti	Presek plastične deformacije pri $2N_f = 1$ na $\lg (\Delta \varepsilon_p/2) - \lg 2N_f$ dijagramu	$\Delta \varepsilon_p/2 = \varepsilon_f' (2N_f)^c$ (Kofin – Mansonova (Coffin – Manson) jednačina)	
c , eksponent zamorne duktilnosti	Nagib $\lg (\Delta \varepsilon_p/2) - \lg 2N_f$ dijagrama (Navedite opseg $2N_f$)		
Ukupna amplituda deformacije	$\Delta \varepsilon_f/2 = \Delta \varepsilon_e/2 + \Delta \varepsilon_p/2$ $\Delta \varepsilon_f/2 = (\sigma_f'/E)(2N_f)^b + \varepsilon_f'(2N_f)^c$		

Prilog 2

DOKUMENTI SA MAŠINSKIM FAKULTETOM:

- 2.1. **UGOVOR O POSLOVNO-TEHNIČKOJ SARADNJI** korišćenja i primene tehničkog rešenja: *“Metodologija određivanja plastičnog i elastičnog dela opterećenja čelika kod ispitivanja nisko cikličnim zamorom”* sa korisnikom: Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Laboratorija za dinamička ispitivanja, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija;
- 2.2. **Potvrda o prihvatanju/primeni tehničkog rešenja** od strane korisnika: Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Laboratorija za dinamička ispitivanja, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija;

Бр. 1571/1

ИНОВАЦИОНИ ЦЕНТАР ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУРШКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

29 JAN 2024 год.

Бр. 20/1 29.01.2024 год.
Београд - Карнегијева 4

БЕОГРАД

Уни М	ФАКУ ТЕТ
Број: <u>13011</u>	<u>23</u> JAN 2024
Датум	
Краљице	д 35

УГОВОР О ПОСЛОВНО-ТЕХНИЧКОЈ САРАДЊИ

Коришћење и примена техничког решења:

*Методологија одређивања пластичног и еластичног дела оптерећења челика код
испитивања нискоцикличним замором*
(у даљем тексту: **Решење**)

ИНСТИТУТ ИМС А.Д.
42-1064
01.02.2024
Београд, Булевар војводе Мишића 43

Аутори Решења: др Вујадин Алексић, дипл. инж. руд., ИВЕ, научни сарадник¹, др Љубица Миловић, дипл. инж. маш., редовна професорка², др Срђан Булатовић, дипл. инж. маш., научни сарадник¹, др Бојана Зечевић, Маст. инж. технол., научни сарадник³ и Ана Максимовић, Маст. инж. технол., истраживач сарадник³.

¹Институт за испитивање материјала, Институт ИМС а.д., Булевар војводе Мишића 43, 11040 Београд, vujadin.aleksic@institutims.rs, srdjan.bulatovic@institutims.rs

²Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет, Карнегијева 4, 11120 Београд, acibulji@tmf.bg.ac.rs

³Иновациони центар, Технолошко-металуршки факултет, Карнегијева 4, 11120 Београд, baleksic@tmf.bg.ac.rs, aprodanovic@tmf.bg.ac.rs

(у даљем тексту: **Аутори 1-3**)

Закључен између:

1. Институт за испитивање материјала, Институт ИМС а.д., са седиштем у Булевар војводе Мишића 43, 11040 Београд, коју заступа генерални директор, др Драган Бојовић, дипл.инж. даљем тексту: Аутор 1).
2. Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет, са седиштем у Карнегијева 4, 11120 Београд, коју заступа декан, проф. др Петар Ускоковић у даљем тексту: Аутор 2),
3. Иновациони центар, Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду, са седиштем у Карнегијева 4, 11120 Београд, коју заступа директор, проф. др Ђорђе Јанаћковић (у даљем тексту: Аутор 3).

и

4. Универзитет у Београду, Машински факултет, са седиштем у Краљице Марије 16, 11120 Београд, коју заступа декан, проф. др Владимир Поповић (у даљем тексту: Корисник).

Предмет Уговора:

Пословно-техничка сарадња у циљу међусобног уступања Решења Кориснику од стране Аутора и Информација проистеклих из примене и коришћења Решења Ауторима од стране Корисника а ради успостављања размене информација уговорних страна и даље техничке и друге подршке у примени и коришћењу Решења.

Уговорне стране су се споразумеле о следећем:

Члан 1.

Уговорне стране налазе свој пословни интерес у пословној сарадњи, у складу са одговарајућим прописима, добрим пословним обичајима, пословним моралом, и то на начин и под условима из овог Уговора.

Пословна сарадња по основу овог Уговора одвијаће се на обострану корист уговорних страна, уз уважавање услова тржишта.

Члан 2.

Уз обострану сагласност уговорних страна, у оквиру овог Уговора, а у циљу његове реализације, могу се према потреби, закључивати анекси ради конкретизовања права и обавеза односно момената битних, како за извршење Уговора у целини, тако и за извршење конкретних послова у оквиру овог Уговора.

Члан 3.

Независно од тога да ли Корисник Решење користи ради даље продаје или за сопствене потребе, дужан је да Ауторима достави Информације проистекле из примене и коришћења Решења, а након преузимања Решења.

Члан 4.

Корисник се обавезује да Решење користи под условима из овог Уговора.

Корисник се обавезује да Информације проистекле из примене и коришћења Решења доставља периодично у односу на период важења Уговора у складу са договором са Ауторима.

Аутори решења се одричу сваке финансијске добити Корисника, а проистекле из коришћења Решења ради даље продаје или за сопствене потребе.

Аутори решења се обавезује да ће добијене Информације проистекле из примене и коришћења Решења користити само уз писану сагласност Корисника Решења и то у сврху научно истраживачког рада без стицања финансијске користи.

Члан 5.

Уговор се закључује на одређено време, односно на период од 2 (две) године од дана потписивања.

Уговор се може раскинути и пре истека Уговореног рока уз сагласност свих Уговорних страна.

Свака од уговорних страна дужна је испунити своје текуће обавезе у случају да дође до раскида овог Уговора.

У случају да било која од уговорних страна прекрши или не испуни било коју уговорну обавезу, после писмене опомене друге стране и у случају даљег кршења или неиспуњења обавеза, друга страна има право на накнаду штете и раскид Уговора.

Члан 6.

За све што овим Уговором (и анексима овог Уговора) није прецизирано важе опште узансе о промету робе и услуга.

Члан 7.

Уговорне стране ће све евентуалне спорове решавати споразумно, у духу добрих пословних односа, а у случају да не постигну договор, у случају спора, надлежан је суд у Београду.

Члан 8.

Овај Уговор има 3 (три) стране и сачињен је у 8 (осам) истоветних примерака, и то по 2 (два) примерка за сваку уговорену страну.

У Београду,

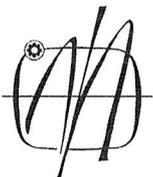
Дана: 16.01.2024

ИНСТИТУТ ИМС АД * БЕОГРАД * БУЛЕВАР ВОЈВОДЕ ПИТАГОРЕ 1
ИМС ИМС
АУТОР 1

МЕТАЛУРШКА ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
АУТОР 2

ИНОВАЦИОНИ ЦЕНТАР ЗА МЕТАЛУРГИЈУ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
АУТОР 3

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ
КОРИСНИК



УНИВЕРЗИТЕТ
У БЕОГРАДУ
МАШИНСКИ
ФАКУЛТЕТ

UNIVERZITET
U BEOGRADU
MAŠINSKI
FAKULTET

UNIVERSITY OF
BELGRADE
FACULTY OF
MECHANICAL ENGINEERING

<http://www.mas.bg.ac.rs>

Наш знак:

Ваш знак:

23 JAN 2024

**Институт за испитивање
материјала, Институт ИМС а.д.,**

Булевар војводе Мишића 43,
11040 Београд
др Вујадин Алексић,
научни сарадник

Београд, 16.01.2024. године

Предмет: Потврда о прихватању/примени техничког решења:

**МЕТОДОЛОГИЈА ОДРЕЂИВАЊА ПЛАСТИЧНОГ И ЕЛАСТИЧНОГ ДЕЛА
ОПТЕРЕЂЕЊА ЧЕЛИКА КОД ИСПИТИВАЊА НИСКО ЦИКЛИЧНИМ ЗАМОРОМ**

Поштовани господине Алексићу,

Као корисници наведеног техничког решења аутора:

др Вујадина Алексића, дипл. инж. руд., ИВЕ, научни сарадник
др Љубице Миловић, дипл. инж., дипл. инж. маш., редовна професорка,
др Срђана Булатовића, дипл. инж. маш., научног сарадника,
Бојане Зечевић, Маст. инж. технол., истраживач сарадник,
Ане Максимовић, Маст. инж. технол., истраживач сарадник.,

ПОТВРЂУЈЕМО

да је на основу могућности примене у лабораторијама Катедре за опште машинске конструкције, као и свим заинтересованима на Машинском факултету у Београду, у научноистраживачке и наставне сврхе, при обради резултата испитивања нискоцикличним замором челика, **техничко решење прихваћено од нас као корисника.**

С поштовањем,

Катедра за ОМК
Руководилац лабораторије за
динамичка и статичка испитивања

Проф. др Зоран Стаменић

Декан

Машинског факултета
Универзитета у Београду

проф. др Владимир Поповић



Краљице Марије 16, 11120 Београд 35, поштански факс 34
Тел: 011/33-70-350, факс: 011/33-70-364

Kraljice Marije 16, 11120 Belgrade 35, Serbia
Phone: +381-11-33-70-350, Fax: +381-11-33-70-364

Текући подрачун за сопствене приходе: 840-1876666-10, код УЈП, филијала Палилула, Београд
Текући подрачун за приходе из буџета: 840-1876660-28, код УЈП, филијала Палилула, Београд

ЈМБР: 7032501
ПИБ: 100209517

Prilog 3

DOKUMENTI SA FIRMOM TRCPRO DOO:

- 3.1. **Potvrda o prihvatanju/primeni tehničkog rešenja** od strane korisnika: TRCpro doo, Preradovićeva 31, 21131 Petrovaradin, Srbija;
- 3.2. **Zahtev** za ponudu tehničkog rešenja;
- 3.3. **Ponuda** za prodaju tehničkog rešenja;
- 3.4. **Profaktura** za uplatu;
- 3.5. **Izvod** o uplaćenim sredstvima.



TRC PRO d.o.o.
Preradovićeva 31
21131 Petrovaradin
Srbija

Tel +381 21 6433774
Fax +381 21 6433824
email: hbm@trcpro.rs
web: www.trcpro.rs

PIB: SR 100804074

PDVB: 132736550

MB: 08641838

RB: 24708641838

ŠD: 7112



Institut za ispitivanje materijala, Institut
IMS a.d.,

Bulevar vojvode Mišića 43, 11040
Beograd, Srbija

N/r: dr Vujadin Aleksić, naučni saradnik

MTS testing and simulation solutions

Vaš znak: vujadin.aleksic@institutims.rs

Naš znak: IMS_lu01_240129.docx

Datum: 1/29/2024 10:14:00 AM

Predmet: potvrda o prihvatanju/primeni tehničkog rešenja METODOLOGIJA ODREĐIVANJA PLASTIČNOG I ELASTIČNOG DELA OPTEREĆENJA ČELIKA KOD ISPITIVANJA NISKO CIKLIČNIM ZAMOROM

Poštovani gospodine Aleksiću,

Kao korisnici tehničkog rešenja:

METODOLOGIJA ODREĐIVANJA PLASTIČNOG I ELASTIČNOG DELA OPTEREĆENJA ČELIKA KOD ISPITIVANJA NISKO CIKLIČNIM ZAMOROM,

autora: dr Vujadina Aleksića, dipl.inž., IWE, prof. dr Ljubice Milović, dipl.inž., dr Srđana Bulatovića, dipl.inž., dr Bojane Zečević, Mast. inž. tehnol. i Ane Maksimović, Mast. inž. tehnol., potvrđujemo da je na osnovu mogućnosti primene u našoj laboratoriji, pri obradi rezultata ispitivanja niskocikličnim zamorom čelika, tehničko rešenje prihvaćeno od nas kao korisnika.

TRC PRO d.o.o.
Hotimir ml. Ličen




Srdjan Bulatović

From: Hotimir ml. Ličen <Hotimir.Licen.ml@TRCPRO.RS>
Sent: Thursday, December 14, 2023 2:41 PM
To: Srdjan Bulatović
Subject: RE: tehnicko resenje -zahtev
Attachments: ZPZ_IMS_lu01_231214.pdf

 ИНСТИТУТ ИМС АД

Пришљено: 20. 12. 2023		
Орг. јед.	Број	Прилог
42	- 15791	

Poštovani dr Bulatović,

U prilogu je zahtev za ponudu.
Srdačno

Hotimir ml. Ličen

TRC PRO DOO
Preradovičeva 31
21131 Petrovaradin
Srbija

T: +381 21 6433774
F: +381 21 6433824
M: +381 64 6404324
W: www.trcpro.rs



TRC PRO d.o.o.
Preradovićeva 31
21131 Petrovaradin
Srbija

Tel +381 21 6433774
Fax +381 21 6433824
email: hbm@trcpro.rs
web: www.trcpro.rs

PIB: SR 100804074

PDVB: 132736550

MB: 08641838

RB: 24708641838

ŠD: 7112

Institut za ispitivanje materijala, Institut IMS
a.d.,
Bulevar vojvode Mišića 43, 11040 Beograd,
Srbija
N/r: dr Vujadin Aleksić, naučni saradnik



MTS testing and simulation solutions

Vaš znak: vujadin.aleksic@institutims.rs
Naš znak: ZZP_IMS_lu01_231214.docx
Datum: 12/14/2023 2:40:00 PM

Predmet: zahtev za ponudu za tehničko rešenje „METODOLOGIJA ODREĐIVANJA PLASTIČNOG I ELASTIČNOG DELA OPTEREĆENJA ČELIKA KOD ISPITIVANJA NISKO CIKLIČNIM ZAMOROM“

Poštovani,

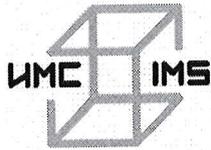
Molio bih ponudu za tehničko rešenje „METODOLOGIJA ODREĐIVANJA PLASTIČNOG I ELASTIČNOG DELA OPTEREĆENJA ČELIKA KOD ISPITIVANJA NISKO CIKLIČNIM ZAMOROM“

Srdačno

TRC PRO d.o.o.

Hotimir Ličen





INSTITUT IMS AD
BEOGRAD

Institut IMS a. d.
Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43
tel: (011) 2650 322
fax: (011) 3692 772, 3692 782
e-mail: office@institutims.rs
www.institutims.rs



TRCpro doo,
Preradovićeva 31,
21131 Petrovaradin, Srbija

Kontakt osoba:

Hotimir Ličen, direktor TRCpro doo
e-mail kontakt osobe: hotimir.licen.ml@trcpro.rs
Tel.: 064/640 4324, +381 21 643 374
www.trcpro.rs, hbm@trcpro.rs

naš znak: **ИНСТИТУТ ИМС АД**

vaš znak:

Бр. 42 - 16188
28. 12. 2023 год.

datum: 28. 12. 2023. год.
Београд, Булевар Војводе Мишића 43

PREDMET: Prodaja Tehničkog rešenja

Na osnovu Vašeg zahteva, poslatog meilom 14.12.2023. god. (Vaš znak: ZZP_IMS_lu01_231214.docx, IMS br. 30-15791 od 20.12.2023. god.), za kupovinu Tehničkog rešenja:

METODOLOGIJA ODREĐIVANJA PLASTIČNOG I ELASTIČNOG DELA OPTEREĆENJA ČELIKA KOD ISPITIVANJA NISKO CIKLIČNIM ZAMOROM,

autora: dr Vujadina Aleksića, dipl.inž., IWE, prof. dr Ljubice Milović, dipl.inž., dr Srđana Bulatovića, dipl.inž., dr Bojane Zečević, Mast. inž. tehnol. i Ane Maksimović, Mast. inž. tehnol.

za primenu i korišćenje (u daljem tekstu TR2), šaljem Vam:

P O N U D U

R. br.	Opis	Količina	Cena	Poreska Osnovica	PDV	Iznos PDV	Ukupno
1.	TR2	1	118,000.00	118,000.00	20%	23,600.00	141,600.00
	Ukupno	1				Svega za uplatu	141,600.00

Opcija ponude: 30 dana

Način plaćanja: U roku od 7 dana od dana ispostavljanja računa i predaje TR2 u elektronskoj formi.

Ponudu sastavio autor Tehničkog rešenja:

dr Vujadin Aleksić, naučni saradnik, dipl.inž., IWE

Rukovodilac laboratorije za ispitivanje metala



dr Srđan Bulatović, dipl.ing.

materijali
metali i energetika
putevi i geotehnika
konstrukcije i prednaprezanje



INSTITUT ZA ISPITIVANJE MATERIJALA AKCIONARSKO DRUŠTVO
BEOGRAD(SAVSKI VENAC) Beograd-Savski Venac

160-0000000390940-83

STANJE

prethodno stanje	dnevni promet		novo stanje	broj naloga	
	duguje	potražuje		zaduženja	odobrenja
13,191,458.96	745,741.68	744,886.63	13,190,603.91	34	5
		Raspoloživo stanje	13,190,603.91		

Poreski broj: 100223617

Matični broj: 07008139

Dodeljen okvirni kredit u iznosu od dinara koji važi od . do . sa KS od

PROMENE

Redni broj	Naziv i sedište primaoca - platioca broj računa	poreklo naloga datum prijema datum knjiženja datum valute	IZNOS		Šifra	Svrha doznake	Poziv na broj (zaduženje) Poziv na broj (odobrenje)	Podaci o reklamaciji
			zaduženja	odobrenja				
1.	CEMPROM DOO 32212 PRELJINA 325-9500500201124-67	OTP banka Srbija ad Novi Sad 11.01.2024 11.01.2024 11.01.2024	0.00	541,462.15	221	Promet robe i usluga finalna potrošnja [834645775994001]	2350413111-2565	000DOPR240110Z6P (9074183051)
2.	TRC PRO DOO PETROVARADIN PETROVARADIN 155-0000000024004-69	0000 BEOGRAD 11.01.2024 11.01.2024 11.01.2024	0.00	14,200.00	221	Promet robe i usluga - finalna potrošnja [08700086123425]	P421116-3	000DOPR240110BKJ (9072407234)
3.	DOO PUT-INVEST NOVI SAD NOVI SAD 160-6000001680518-70	999902 HALKOM 11.01.2024 11.01.2024 11.01.2024	0.00	26,400.00	221	2350437111-919	2350437111-919	952PLIH2401101R2 (90746566764)
4.	ADVOKAT KRSTIĆ M.ALEKSANDAR 11000 150-0000001850656-62	0000 BEOGRAD 11.01.2024 11.01.2024 11.01.2024	0.00	19,824.48	221	ZAKUP PP ZA JANUJAR 2024 PR P 825015-4 [DUM00080294747]	P825015-4	000DOPR240110H5V (9072739257)

Prilog 4

Lista ranije prihvaćenih Tehničkih rešenja za svakog autora.

dr Vujadin Aleksić, dipl. inž. rud., IWE, naučni saradnik,

Kategorija M82:

1. Prenosna komora za odmašćivanje biorazgradnjom zauljenih poroznih materijala livenih delova, 2018.
2. Određivanje karakterističnih stabilizovanih histereza matematičkom zavisnošću podataka opterećenja kod LCF ispitivanja čelika, 2022.

Kategorija M83:

1. Uređaj za ispitivanje carinskih plombi udarnim opterećenjem, 2014.

dr Ljubica Milović, dipl.inž., dipl. inž. maš., redovni profesor,

Kategorija M82:

1. Rekonstrukcija pogonskog doboša trakastog transportera, 2012.
2. Prenosna komora za odmašćivanje biorazgradnjom zauljenih poroznih materijala livenih delova, 2018.
3. Određivanje karakterističnih stabilizovanih histereza matematičkom zavisnošću podataka opterećenja kod LCF ispitivanja čelika, 2022.

Kategorija M83:

1. Uređaj za ispitivanje carinskih plombi udarnim opterećenjem, 2014.

dr Srđan Bulatović, dipl.inž. maš., naučni saradnik,

Kategorija M82:

1. Određivanje karakterističnih stabilizovanih histereza matematičkom zavisnošću podataka opterećenja kod LCF ispitivanja čelika, 2022.

Bojana Zečević, Mast. inž. tehnol., istraživač saradnik,

Kategorija M82:

1. Prenosna komora za odmašćivanje biorazgradnjom zauljenih poroznih materijala livenih delova, 2018.
2. Određivanje karakterističnih stabilizovanih histereza matematičkom zavisnošću podataka opterećenja kod LCF ispitivanja čelika, 2022.

Ana Maksimović, Mast. inž. tehnol., istraživač saradnik.

Kategorija M82:

1. Određivanje karakterističnih stabilizovanih histereza matematičkom zavisnošću podataka opterećenja kod LCF ispitivanja čelika, 2022.