

UDK: 006:66.017:621.854:622(045)=163.41

DOI: 10.5937/bakar2401031M

NAUČNI RAD

Oblast: Rudarstvo i upravljanje kvalitetom

Primljen: 26.04.2024.

Prerađen: 03.05.2024.

Prihvaćen: 07.05.2024.

**X-KONTROLNE KARTE KAO SREDSTVO
STATIČKE KONTROLE KVALITETA ISPITIVANJA UŽADI ZA
IZVOZNA POSTROJENJA U RUDARSTVU**

**X-CONTROL CHARTS AS A MEANS OF STATIC QUALITY
CONTROL OF ROPE TESTING FOR EXPORT FACILITIES IN MINING**

Slavica Miletić^{1a}, Biserka Trumić^{1b}, Suzana Stanković^{1c}

¹Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Alberta Ajnštajna 1, 19210 Bor

^{1a} E-mail: slavica.miletic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4526-4715>

^{1b} E-mail: biserka.trumic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8328-7315>

^{1c} E-mail: suzana.stankovic@irmbor.co.rs, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5976-4502>

Izvod

Akreditovana Laboratorija za ispitivanje materijala u sklopu Instituta za rudarstvo i metalurgiju (IRM) Bor primarnu ulogu ima u ispitivanju čeličnih užadi za izvozna postrojenja u rudarstvu.

Pouzdati i validni rezultati ispitivanja zahtevaju posedovanje ispravne i kvalitetne opreme, kao i osposobljenost izvršilaca za tu vrstu ispitivanja.

Ispitivanje ispravnosti i pouzdanosti opreme vrši se pomoću sopstvenog referentnog materijala poznatih karakteristika, potvrđenih u drugim laboratorijama.

U radu su prikazani rezultati ispitivanja uzoraka sopstvenog referentnog materijala na uređaju za ispitivanje jednostavnim uvijanjem.

Dobijeni rezultati korišćenjem X-kontrolne karte pokazali su da je metoda uvijanja uzoraka pod kontrolom, tj. potvrđena je prihvatljivost dobijenih rezultata primenom ispitivanom metodom, čime je ispravnost uređaja na potrebnom nivou.

Ključne reči: X-Kontrolne karte, statička kontrola kvaliteta, ispitivanje užadi, rudarstvo

Abstract

Accredited Laboratory for Materials Testing within the Mining and Metallurgy Institute (MMI) Bor has a primary role in testing steel ropes for export facilities in mining.

Reliable and valid test results require the possession of correct and high-quality equipment, as well as the competence of the operators for this type of test.

Testing of the correctness and reliability of the equipment is carried out using our own reference material of known characteristics, confirmed in other laboratories.

The paper presents the results of testing samples of own reference material on a simple twisting test device.

The results obtained using the X-control chart showed that the method of twisting the samples is under control, i.e., the acceptability of the results obtained using the tested method was confirmed, which means that the correctness of the device is at the required level.

Keywords: X-Control charts, static quality control, rope testing, mining

1. UVOD

Jedan od najvažnijih zahteva savremenog poslovanja je kvalitet proizvoda i usluga zbog povećanja profita i opstanka na tržištu. Kvalitet proizvoda i usluga u rudarskom proizvodnom procesu predstavlja kontrolu proizvodne i organizacione aktivnosti. Program sistema menadžmenta kvalitetom (QMS) sprovodi se u okviru planiranja kompanije. Program obezbeđenja QMS rudarske kompanije uključuje: planiranje, izradu tehničke dokumentacije, merenje i kontrolu proizvodnog procesa, testiranje proizvoda i usluga, pakovanje, dostavu, servisiranje i kontrolu opreme i informacije o kvalitetu proizvoda. Godinama su menadžeri kompanija na razne načine pokušavali da kontrolišu svoje proizvode u cilju poboljšanja kvaliteta proizvoda, ali do generalizacije je došlo kada je Walter Shewhart razvio kontrolne karte. Kontrolne karte su opšte prihvaćena metodologija za praćenje i kontrolu proizvodnog procesa. Svrha kontrolnih karata je povećanje efikasnosti proizvodnje, smanjenje troškova, i jednostavno poboljšanje celokupnog poslovanja [1].

Kontrolne karte su danas u savremenom poslovanju postale neophodan alat za praćenje kvaliteta proizvoda i usluga. To su metode za jednostavnu interpretaciju i korišćenje. Spadaju među najjednostavnije alate on-line statičke kontrole procesa, čija je primena u savremenom poslovanju sve veća i neophodna. Statička kontrola procesa u poslednje vreme se pokazala kao pouzdan i nezamenljiv alat u kontroli proizvoda i usluga. Kontrolne karte predstavljaju inženjersko – matematičko sredstvo i pogodne su za ostvarenje ciljeva statičke kontrole [2].

Primena kontrolnih karta zahteva stručno osoblje koje poseduje znanje i angažovanje iz te oblasti i obuku iz standarda ISO/IEC 17025. Implementacija standarda ISO/IEC 17025 predstavlja „zlatni“ standard pri radu svih akreditovanih laboratorija [3].

U ovom radu prikazan je postupak primene X-kontrolne karte za kontrolu ispitivanja užadi jednostavnim uvijanjem. Karakteristično za ispitivanje jednostavnim uvijanjem je to što čelična žica tokom ispitivanja zadržava početni poprečni presek, tako da je lakše praćenje promene deformacije [4]. Jednostavno uvijanje ima znatno veću primenu kao tehnološko ispitivanje za žice nego za vratila i cevi [5].

Izbor autora za primenu X-kontrolne karte za kontrolu ispitivanja užadi jednostavnim uvijanjem je njihova jednostavna primena i pouzdanost rezultata.

X-kontrolne karte se najčešće koriste za kontrolu metoda prilikom ispitivanja uzoraka u laboratorijama. Proizvodne kompanije X-kontrolne karte primenjuju za kontrolu i praćenje procesa proizvodnje. X-kontrolne karte se koriste za međuproveru opreme i osoblja tokom procesa [6].

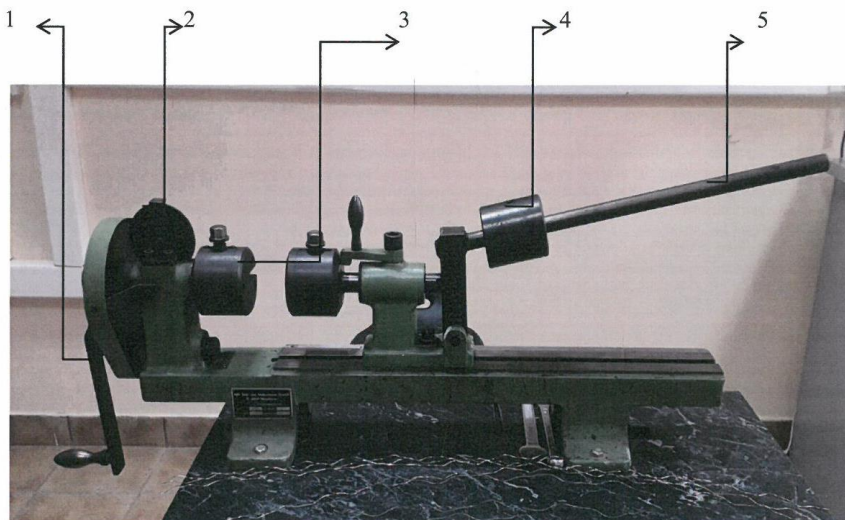
U radu je korišćena akreditovana standardna metoda za ispitivanje čeličnih žica (užadi) jednostavnim uvijanjem na sobnoj temperaturi, Metoda po zahtevima standarda ISO 7800:2012 - Metalni materijali - Žica - Jednostavno ispitivanje uvijanjem. [7]

2. EKSPERIMENTALNI DEO

2.1. Opis principa metode

Metoda po zahtevima standarda ISO 7800:2012 - Metalni materijali - Žica - Jednostavno ispitivanje uvijanjem određuje broj uvijanja do preloma žice. [7]

Komad žice koji se koristi kao epruveta mora biti prav. Žica se ispravlja ručno, ili ako to nije moguće čekićem od bakra, pri čemu se žica postavlja na horizontalnu podlogu od sličnog materijala. Pri ispravljanju se ne sme oštetiti površina žice i epruveta ne sme biti izložena uvijanju.



Sl. 1. Uređaj za ispitivanje jednostavnim uvijanjem

Slika 1 prikazuje uređaj za ispitivanje jednostavnim uvijanjem sa osnovnim elementima:

- 1 - Ručica brojača
- 2 - Brojač
- 3 - Čeljusti
- 4 - Teg
- 5 - Ručica tega

Postupak metode ispitivanje metalne žice po standardu ISO 7800:2012 - Metalni materijali - Žica - Jednostavno ispitivanje uvijanjem:

1. Obeležavanje i postavljanje uzorka: Uzorak se postavlja u otvore čeljusti, pri čemu je teg zakočen i u horizontalnom položaju.
2. Zatezanje uzorka (žice) se vrši viljuškastim ključem.
3. Brojač obrtaja postavimo na nulu.
4. Postupak merenja: kada se namesti uzorak u čeljust i učvrsti, odblokira se teg okretanjem ručice i krene se sa okretanjem ručice sa brojačem. Ručica sa brojačem se okreće nominalnom brzinom ispitivanja, sve dok uzorak ne pukne. Istovremeno krećemo sa uvijanjem uzorka i uključenjem sekundomera.
5. Uzorak se uvija konstatnom brzinom ručno, bez trzaja, i to najviše jedno uvijanje u 2 sekunde. Vodi se računa o ručnoj brzini uvijanja tako da ne dođe do zagrevanja uzorka koje može da utiče na rezultate ispitivanja.
6. Praćenje tokom merenja - broj uvijanja do preloma.
7. Završetak merenja - utvrđivanje broja uvijanja, N_t , do preloma i upisivanje rezultata merenja.
8. Izvlačenje delova uzorka iz čeljusti uređaja i odlaganje na definisanom i predviđenom mestu.
9. Istim postupkom vrše se X merenja.
10. Rezultati merenja se beleže.
11. Okretanjem ručice za 360° postiže se jedan obrtaj na bročajniku.
12. Brzina uvijanja ne sme biti veća od vrednosti datih u tabeli 2 prema Standardu ISO 7800:2012 - Metalni materijali - Žica - Ispitivanje jednostavnim uvijanjem.

Nazivnu slobodnu dužinu epruvete određujemo na osnovu tabele 2 prema Standardu ISO 7800:2012 - Metalni materijali - Žica - Ispitivanje jednostavnim uvijanjem.

Tabela 1. Nazivni prečnici i slobodne dužine između hvataljki [7]

a) Nazivni prečnik, d , b) mm	c) Slobodna dužina između hvataljki d) mm, (nominalno) ^a
e) $0,1 \leq d < 1$	i) $200 d$
f) $1 \leq d < 5$	j) $100 d$
g) $5 \leq d \leq 10$	k) $50 d$
h) $10 < d \leq 14$	l) $25 d^b$
^a Slobodna dužina između hvataljki je maksimum S 500 mm. ^b Jedino za čelične žice.	

Tabela 2. Nominalna brzina ispitivanja za okruglu i oblikovanu žicu [7]

Nazivni prečnik d, ili karakteristična dimenzija D (h) mm	Najveći broj uvijanja u sekundi		
	Čelik	Bakar i bakarne legure	Aluminijum i aluminijumske legure
$d (D) < 1$	1	5	1
$1 \leq d (D) < 1,5$	0,5	2	
$1,5 \leq d (D) < 3$		1,5	
$3 \leq d (D) < 3,6$		1	
$3,6 \leq d (D) < 5$			
$5 \leq d (D) \leq 10$	0,25	0,5	

Po prekidu epruvete uređaj se zaustavlja. Poprečni presek zadržava početni oblik što omogućava da se izbroji broj uvijanja.

Za kvalitetno praćenje procesa ispitivanja užadi jednostavnim uvijanjem uzima se referentni materijal. Sva ispitivanja vrši isti izvršilac na istom uređaju koji je prethodno završio obuku za rad na uređaju za ispitivanje jednostavnim uvijanjem. Izvršilac (operator) osim što poseduje obuku za rad na uređaju za jednostavno uvijanje mora da prođe i obuku za standarde: SRPS ISO 9001:2015 i SRPS ISO IEC 17025:2017.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja pojedinačnih žica, užadi iz sopstvenog referentnog materijala jednostavnim uvijanjem prvog operatera dati su u tabeli 3, a drugog operatera u tabeli 4.

Na tačnost rezultata utiče greška uređaja za jednostavno uvijanje na kome se ispituje užad, greška uređaja za merenje prečnika užadi, mikrometar, kao i greška operatera.

Na osnovu srednjih vrednosti \bar{x} i kontrolnih granica (gornja i donja), predstavlja se X-kontrolna karta. Dijagram opsega mernih vrednosti prvog i drugog operatera prikazani su na slikama 2 i 3, respektivno.

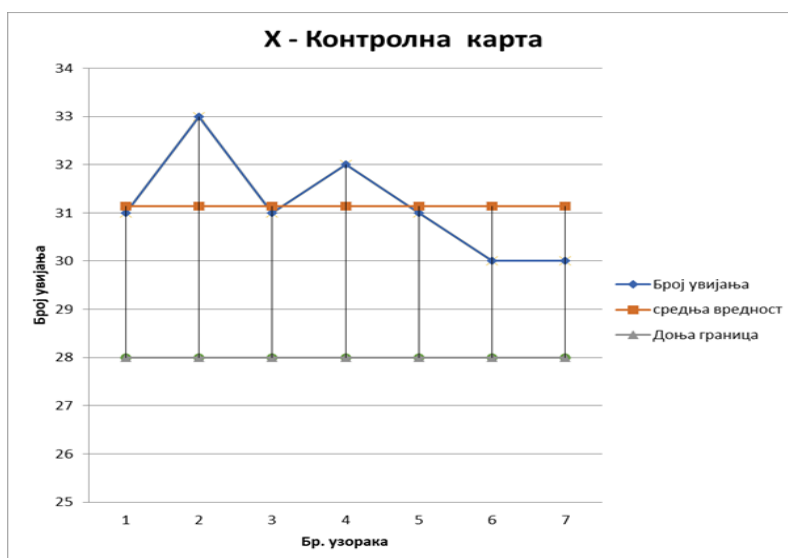
Tabela 3. Rezultati ispitivanja pojedinačnih žica, broj uvijanja, srednja vrednost i donja granica uvijanja prvog operatera

Broj uzoraka	Broj uvijanja	Srednja vrednost, \bar{x}	Donja granica	Prečnik žice, mm
1	31	31,14	28	2,25
2	33	31,14	28	2,25
3	31	31,14	28	2,25
4	32	31,14	28	2,25

5	31	31,14	28	2,25
6	30	31,14	28	2,25
7	30	31,14	28	2,25
\bar{x}	31,14			2,25
Sr	1,069			2,160247

\bar{x} - Srednja vrednost

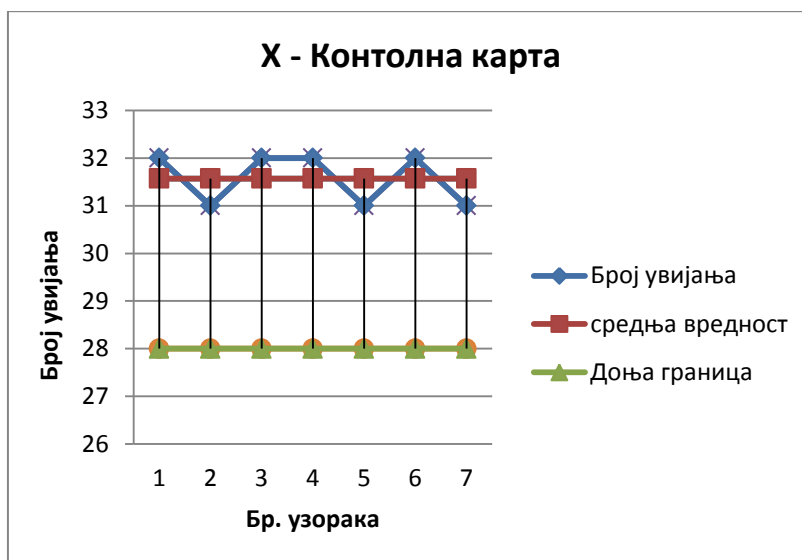
S_r – Standardno odstupanje



Sl. 2. X-Kontrolna karta prvog operatera

Tabela 4. Rezultati ispitivanja pojedinačnih žica, broj uvijaња, srednja vrednost i donja granica uvijaња drugog operatera

Број узорака	Број увијања	Средња вредност, \bar{x}	Доња граница	Прећник žике, mm
1	32	31,57	28	2,23
2	31	31,57	28	2,23
3	32	31,57	28	2,23
4	32	31,57	28	2,23
5	31	31,57	28	2,23
6	32	31,57	28	2,23
7	31	31,57	28	2,23
\bar{x}	31,57			2,23
Sr	0,53			



Sl. 3. X-Kontrolna karta drugog operatera

Na osnovu zahteva standarda SRPS ISO 3154:2020, použena čelična užad za izvozna postrojenja u rudarstvu - Tehnički uslovi isporuke, datih u tabeli 5, vrednosti za nazivni prečnik žice su $d=2,25\text{mm} \pm 0,03\text{mm}$ i zatezne čvrstoće $R_m = 1570\text{N/mm}^2$, a iz sopstvenog referentnog materijala donja granična vrednost za broj uvijanja je 28.

Tabela 5. Najmanji broj uvijanja za $d=2,25\text{mm}$, $R=1570\text{N/mm}^2$ [8]

Ispitna dužina uzoraka	Nazivni prečnik žice d	Najmanji broj uvijanja ¹				
		Gola i pocinkovana žica kvaliteta B			Pocinkovana žica kvaliteta A	
mm	mm	Nazivna zatezna čvrstoća, N/mm^2				
		1570	1770	1960	1570	1770
100xd	$1,8 \leq d < 2,3$	28	26	21	17	14

¹Vrednost uvijanja se primenjuje na užad sa pljosnatim použavanjem.

Za užad sa profilisanim použavanjem koja imaju više slojeva okruglih žica u struku, vrednosti date u tabeli 4 smanjuju se za uvijanje za svaki sloj.

Za užad sa profilisanim použavanjem koja imaju jedan sloj okruglih žica u struku, vrednosti date u tabeli 4 smanjuju se za dva uvijanja.

Obzirom da broj uvijanja u toku ispitivanja svake pojedinačne žice nije bio manji od 28, pokazuje da je metoda za ispitivanje jednostavnim uvijanjem pod kontrolom, pa samim tim nema potrebe za korekcijom ispitivanja.

Dobijeni rezultati ispitivanja jednostavnim uvijanjem, dalje su poslužili za analizu ponovljivosti istih u tu svrhu.

Razlika između maksimalne (33/32) i minimalne vrednosti (30/31) od sedam ispitanih rezultata (tabele 3 i 4) poredi se sa kritičnim intervalom za $n=7$ ispitivanja kod 95% intervala verovatnoće.

Kritični stepen se izračunava kao $C_{RO95} = 4,2$. Vrednosti su date u tabeli 6.

Tabela 6. Faktori za kritični interval $f(n)$ [9]

n	f(n)	n	f(n)	n	f(n)	n	f(n)
2	2,8	14	4,7	25	5,2	37	5,4
3	3,3	15	4,8	26	5,2	38	5,5
4	3,6	16	4,8	27	5,2	39	5,5
5	3,9	17	4,9	28	5,3	40	5,5
6	4,0	18	4,9	29	5,3	45	5,5
7	4,2	19	5,0	30	5,3	50	5,6
8	4,3	20	5,0	31	5,3	60	5,8
9	4,4	21	5,0	32	5,3	70	5,9
10	4,5	14	4,7	33	5,4	80	5,9
11	4,6	22	5,1	34	5,4	90	6,0
12	4,6	23	5,1	35	5,4	100	6,1
13	4,7	24	5,1	36	5,4		

Pošto je dobijena razlika manja od izračunatog kritičkog intervala kod oba operatera, rezultati su ponovljivi, čime se potvrđuje prihvatljivost istih primenom ispitne metode.

4. ZAKLJUČAK

Primena X-kontrolne karte prilikom procesa ispitivanja užadi metodom po standardu ISO 7800:2012 - Metalni materijali - Žica - Jednostavno ispitivanje uvijanjem, dijagram srednje vrednosti i kontrolne granice pokazuju da je metoda pod kontrolom.

Izračunati kritični interval je veći od razlike maksimalne i minimalne vrednosti određivanja ($X_{max} - X_{min}$), čime se potvrđuje prihvatljivost dobijenih rezultata primenjenom ispitnom metodom, $(X_{max} - X_{min}) = 33 - 0 = 3$ kod prvog operatera. Takođe, i kod drugog operatera izračunati kritični

interval je veći od razlike maksimalne i minimalne vrednosti određivanja ($X_{\max} - X_{\min}$), čime se potvrđuje prihvatljivost dobijenih rezultata primenjenom ispitnom metodom, $(X_{\max} - X_{\min}) = 32 - 31 = 1$

Na bazi ovakvih informacija rezultati ispitivanja užadi jednostavnim uvijanje su tačni.

X-kontrolne karte pokazuju da je proces stabilan, uređaj ispravan, implementirana metoda pod kontrolom i nisu potrebne korektivne mere.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je finansijski podržan od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, Ugovor o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor u 2024. godini, evidencioni broj 451-03-66/2024-03/200052.

LITERATURA

- [1] I. Vitez, M. Oruc, R. Sunulahpašić, Ispitivanje metalnih materijala-mehanička i tehnološka ispitivanja, Graforad, Zenica, BiH, 2006, str 48.
- [2] A. Ž. Drenovac, B. Ž. Drenovac, D. M. Drenovac, Kontrolne karte kao sredstvo statičke kontrole kvaliteta, Vojno tehnički glasnik, 1 (2013) 101-122, <https://doi.org/10.5937/vojtehg61-2292>
- [3] M. Đukić, S. Vasiljević, Z. Sovrlić, D. Adamović, Verifikacija i validacija analitičkih metoda u skladu sa standardom ISO/IEC 17025, Bakar, Vol. 48, 2 (2023) 25-34, <https://doi.org/10.5937/bakar2302025D>
- [4] V. Ivušić, M. Franz, Materijali I, Deo Mehanička svojstva materijala, autorizovana predavanja, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1993/1994.
- [5] D. Čorić, Ž. Alar, Odabrana poglavlja iz mehaničkih svojstava materijala, predavanja, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2016/2017.
- [6] S. Miletić, B. Trumić, S. Stanković, Z. Stanojević Šimšić, Međuprovera opreme primenom X-Kontrolne karte u laboratoriji za ispitivanje materijala u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor, Bakar, Vol. 48, 2 (2023) 9-14, <https://doi.org/10.5937/bakar2302009M>

-
- [7] Standard ISO 7800:2012 - Metalni materijali - Žica - Ispitivanje jednostavnim uvijanjem.
 - [8] Standard SRPS ISO 3154:2014 - Použena čelična užad za izvozna postrojenja u rudarstvu - Tehnički uslovi isporuke.
 - [9]. Š. Suljagić, Priručnik za obuku: Provera ispitnih metoda i određivanje merne nesigurnosti, 2002.