

UDK: 542.1:006:66.017(045)=163.41

DOI: 10.5937/bakar2302009M

NAUČNI RAD

Oblast: Materijali

Primljen: 07.06.2023.

Prerađen: 06.09.2023.

Prihvaćen: 04.10.2023.

**MEĐUPROVERA OPREME PRIMENOM X-KONTROLNE KARTE  
U LABORATORIJI ZA ISPITIVANJE MATERIJALA U  
INSTITUTU ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR**

**INTER-VERIFICATION OF EQUIPMENT USING THE X-CONTROL  
CARD IN THE LABORATORY FOR MATERIAL TESTING IN  
THE MINING AND METALLURGY INSTITUTE BOR**

Slavica Miletić<sup>1a</sup>, Biserka Trumić<sup>1b</sup>, Suzana Stanković<sup>1c</sup>,  
Zdenka Stanojević Šimšić<sup>1d</sup>

<sup>1</sup>Mining and Metallurgy Institute Bor, Zeleni bulevar 35, 19210 Bor, Serbia

E-mail: slavica.miletic@irmbor.co.rs

**Orcid:**

<sup>1a</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4526-4715>; <sup>1b</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8328-7315>;

<sup>1c</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5976-4502>; <sup>1d</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8584-746X>

**Izvod**

*U savremenom poslovanju akreditovanih laboratorija za ispitivanje prema zahtevima standarda SRPS ISO/IEC 17025 - Opšti zahtevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i laboratorija za etaloniranje najvažnija je ispravnost opreme za ispitivanje. Procedurom za rad Laboratorije za ispitivanje materijala u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor propisano je da se dva puta u toku godine proverava i preispituje ispravnost opreme u cilju dobijanja pouzdanih i validnih rezultata ispitivanja.*

*U radu je prikazan postupak međuprovere ispravnosti uređaja za ispitivanje metalnih materijala zatezanjem primenom X-kontrolne karte.*

*X-kontrolna karta je pomoćni alat za prikupljanje, obradu, analizu i prikazivanje podataka u cilju osiguravanja kvaliteta proizvoda i procesa. Ona pripada statističkoj kontroli procesa (Statistical process control - SPC). Kontrolni grafikon koji nastaje kao rezultat statističke obrade dobijenih podataka zatezne čvrstoće žice na uređaju za ispitivanje zatezanjem, u laboratoriji, oslikava meru kvaliteta ispravnosti uređaja. Glavni cilj X- kontrolne karte je veoma brzo otkrivanje grešaka tokom procesa rada u Laboratoriji za ispitivanje materijala u Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor, tj. provera ispravnosti uređaja.*

**Ključne reči:** međuprovera opreme, kontrolna karta, ispitivanje metalnih materijala

**Abstract**

*In the modern business of accredited testing laboratories according to the requirements of the SRPS ISO/IEC 17025 standard - General requirements for the competence of testing laboratories and calibration laboratories, the most important thing is the correctness of the testing equipment. The work procedure of the Laboratory for Material Testing in the Mining and Metallurgy Insti-*

*tute Bor requires checking the correctness of equipment twice a year in order to obtain the reliable and valid test results. This paper presents the procedure of intermediate verification the correctness of a device for testing the metal materials by tensioning, using a X-control card. The X-control card is an auxiliary tool for collecting, processing, analyzing and displaying data in order to ensure the quality of products and processes. It belongs to the Statistical process control - SPC. The control chart that is created as a result of the statistical processing of the obtained data of tensile strength of wire on a tensile testing device shows the measure of quality the device correctness in the laboratory. The main goal of the X-control card is a very fast detection of errors during the work process of the Laboratory for Material Testing in the Mining and Metallurgy Institute Bor, i.e., checking the correctness of device.*

**Keywords:** *intermediate equipment inspection, control card, metal material testing*

## 1. UVOD

Kontrolne karte su tehnike statističke kontrole procesa (Statistical process control - SPC). SPC je onlajn sistem kontrole kvaliteta, definisan kao filozofija, strategija i metode za poboljšanje sistema, ishoda i procesa [1]. Statističke metode praćenja procesa imaju nezamenljivu poziciju u pametnoj kontroli procesa [2]. Iste su počele da se uspešno primenjuju dvadesetih godina prošlog veka. Implementacija kontrolnih karata je značajno porasla u poslednje vreme.

Tvorac kontrolnih karata je dr Suhart. Prema dr Suhartu, kontrolne karte imaju zadatak:

1. održavanja procesa proizvodnje u stanju kontrole,
2. dovođenje procesa proizvodnje pod kontrolom, i
3. signliziranje da je postignuto stanje kontrole.

Zadovoljstvo potrošača se može obezbediti proizvodima većeg kvaliteta, dok se veći kvalitet proizvoda može postići povećanjem kvaliteta procesa.

Dakle, otkrivanjem i eliminisanjem defekata u procesima, sprečiće se pojava defektnih proizvoda, koji preko nezadovoljstva potrošača narušavaju reputaciju kompanije i u konačnom smanjuju kvalitet njegovog poslovanja i pada proizvodnje.

Za otkrivanje grešaka procesa posebno su značajne kontrolne karte.

Područje primene kontrolnih karata su:

- Upravljanje kvalitetom procesa rada, u cilju sprečavanja proizvodnje neusklađenih proizvoda;
- Kontrola kvaliteta proizvoda u pojedinim fazama proizvodnje;
- Stabilizacija procesa na osnovu otkrivanja grešaka i njihovog isključivanja iz toka procesa;
- Analiza tačnosti i stabilnosti procesa rada;
- Usavršavanje tehnoloških procesa rada sa stanovišta kvaliteta;
- Analiza sistema grešaka obrade u toku odvijanja tehnoloških procesa;
- Primena u svim fazama nekog procesa (ulazna, procesna, izlazna kontrola i kontrola u eksploataciji) i svim tipovima proizvodnje.

Ključni aspekt primene statističke kontrole procesa, pa tako i kontrolne karte kao osnovnog alata u statističkoj kontroli procesa, je da se dobije zadovoljavajući proces, a time i tačan rezultat.

Polaznu osnovu za donošenje odluke o predvidljivosti procesa predstavljaju podaci, izdvojeni i obrađeni na način koji omogućava donošenje relevantnih zaključaka.

Razlozi za primenu X – kontrolne karte u Laboratoriji za ispitivanje materijala Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor je interna korist, održivost laboratorije, smanjenje troškova proizvodnje, kvalitet proizvoda, racionalnost i kontrola procesa.

X – kontrolna karta je jednostavna za konstruisanje i primenu ispitivanja materijala zatezanjem i daje dosta dobru sliku o tačnosti procesa i brzo uočavanje odstupanja od datog procesa [3].

X - kontrolna karta se smatra najvažnijim alatom kontrole kvaliteta procesa, uređaja i operatera. Ona se prikazuje kao grafikon na kojem vertikalna linija predstavlja redosled kontrole i horizontalnu vrednost parametra koji kontrolišemo na uzorcima određene veličine. Grafikon prikazuje varijaciju kvaliteta procesa u odnosu na određene kontrolne granice. Kontrolne granice su date standardom ili se izračunavaju u zavisnosti od procesa ili metode. Kada se varijacija procesa odvija u datim granicama, za taj proces se kaže da je u stanju statističke kontrole. U suprotnom, ako je varijacija procesa van granica kontrole, kaže se da je proces van statističke kontrole.

X - kontrolna karta je dijagram koji pokazuje tačno gde se nalazi proces koji se kontroliše. Izabrane X – kontrolne karte imaju ulogu međuprovere opreme, procesa i operatera i prihvatljive su za procenu kvaliteta dobijenih rezultata od strane Akreditacionog tela Srbije (ATS).

X- kontrolna karta je najjednostavniji oblik kontrole procesa koji pružaju detaljan uvid Laboratoriji za ispitivanje materijala u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor. Implementacijom metode: Ispitivanje zatezanjem metalnih materijala na sobnoj temperaturi, metoda B, SRPS EN ISO 6892-1:2020, dobijaju se rezultati ispitivanja koji se podvrgavaju statističkoj proveru.

## **2. EKSPERIMENTALNI DEO**

U ovom radu je prikazan postupak međuprovere opreme primenom X - kontrolne karte u Laboratoriji za ispitivanje materijala u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor. Implementacijom metode: Ispitivanje zatezanjem metalnih materijala na sobnoj temperaturi, metoda B, SRPS EN ISO 6892-1:2020, dobijeni su rezultati ispitivanja koji su podvrgnuti statističkoj proveru.

U cilju sprovođenja postupka međuprovere ispravnosti uređeja za ispitivanje zatezanjem čelične žice, koristi se sopstveni referentni materijal sa

jasno definisanim i poznatim mehaničkim karakteristikama potvrđenim u izabranoj Akreditovanoj laboratoriji (ATEST o kvalitetu). Sopstveni referentni materijal je uzorak čelične žice odgovarajuće homogenosti i količine koji se u Laboratoriji za ispitivanje materijala Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor kontrolisano čuva i koristi za međuproveru ispravnosti uređaja i proveru kompetentnosti izvršioca do potrošnje istog.

Posedovanjem sopstvenog referentnog materijala sa Atestom o kvalitetu stvaraju se uslovi za ispitivanje mehaničkih karakteristika zatezanjem na uređaju za ispitivanje metalnih materijala zatezanjem.

X - kontrolnu kartu karakterišu centralna linija,  $\bar{x}$ -srednja vrednost dobijenih rezultata na grafiku prikazana u crvenoj boji, kao i kontrolne granice (donja i gornja granica) zatezne čvrstoće.

Donja granica predstavlja vrednosti nazivne zatezne čvrstoće ispitivane žice.

Gornja granica označava vrednosti nazivne zatezne čvrstoće ispitivane žice uvećane za odstupanje prema standardu SRPS ISO 3154:2014 za odgovarajući prečnik žice.

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Laboratorija za ispitivanje materijala u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor, poseduje čeličnu žicu sa Atestom o kvalitetu poznatih karakteristika iz Laboratorije mehaničkih ispitivanja čelične žice, užadi i priveznica, UNIS-Usha – Višegrad. Karakteristike ove žice su:

- Nazivni prečnik žice:  $0,8 \leq d < 1$  mm;
- Nazivna zatezna čvrstoća  $R_m = 1570$  N/mm<sup>2</sup>.

Čelična žica je sopstveni referentni materijal koji se koristi za procenu ispravnosti uređaja i kompetentnosti osoblja u laboratoriji.

Na osnovu zahteva standarda SRPS ISO 3154:2014, použena čelična užad za izvozna postrojenja u rudarstvu – Tehnički uslovi isporuke, datih u tabeli 1, za nazivni prečnik žice sopstvenog referentnog materijala, određena je vrednost gornje zatezne čvrstoće  $R_m = 1920$  N/mm<sup>2</sup> ( $1570$  N/mm<sup>2</sup> +  $350$  N/mm<sup>2</sup>). Donja granična vrednost zatezne čvrstoće ima vrednost nazivne zatezne čvrstoće i iznosi  $1570$  N/mm<sup>2</sup>.

**Tabela 1.** Gornja granica tolerancije za nazivni prečnik žice [4]

Nazivni prečnik žice (d)	Gornja granica tolerancije za nazivnu čvrstoću (R <sub>m</sub> )
mm	N/mm <sup>2</sup>
$0,8 \leq d < 1$	350

Dalje, u cilju provere ispravnosti uređaja za ispitivanja materijala zatezanjem, izvršena su merenja zatezne čvrstoće na sopstvenom referentnom materijalu.

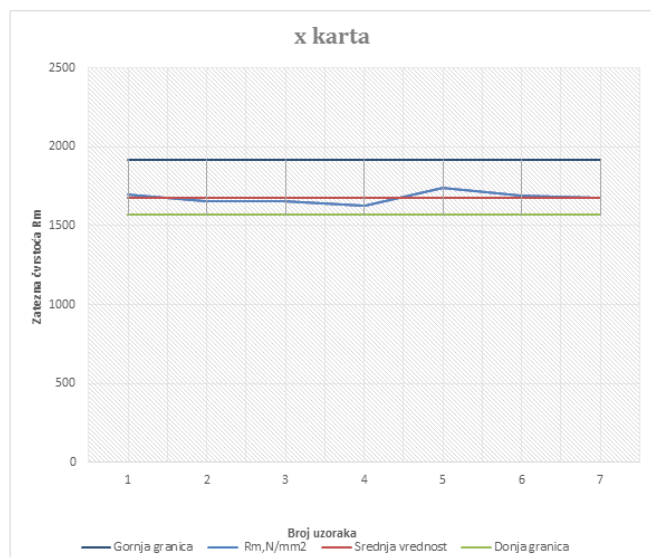
Dobijeni rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 2.

**Tabela 2.** Rezultati ispitivanja zatezne čvrstoće, Rm na sopstvenom referentnom materijalu

Broj uzoraka	Izmereni prečnik žice, (mm)	Zatezna čvrstoća Rm, (N/mm <sup>2</sup> )	$\bar{x}$ -Srednja vrednost, Rm (N/mm <sup>2</sup> )	Donja granica, Rm (N/mm <sup>2</sup> )	Gornja granica, Rm (N/mm <sup>2</sup> )
1	0,9	1700	1677.85	1570	1920
2	0,9	1659	1677.85	1570	1920
3	0,9	1654	1677.85	1570	1920
4	0,9	1627	1677.85	1570	1920
5	0,89	1739	1677.85	1570	1920
6	0,89	1689	1677.85	1570	1920
7	0,91	1677	1677.85	1570	1920

Nakon izvršenih ispitivanja sledila je statistička obrada dobijenih rezultata korišćenjem X – kontrolne karte, prikazana na slici 1.

Na ordinati grafika, tj. X - kontrolne karte, upisuju se vrednosti karakteristike kvaliteta čiju varijaciju posmatramo. U ovom slučaju to je zatezna čvrstoća, Rm. Na apcisi grafika tj. X – kontrolne karte unose se vrednosti broja uzoraka.



**Sl. 1.** X - kontrolna karta

Na osnovu prikazanog grafikona X – kontrolne karte, može se zaključiti da dobijene vrednosti zatezne čvrstoće na ispitivanom sopstvenom referentnom materijalu uređaja za ispitivanje materijala zatezanjem, nalaze se u granicama između donje i gornje vrednosti zatezne čvrstoće i određene su na osnovu zahteva standarda SRPS ISO 3154:2014.

Dobijena X – kontrolna karta pokazuje da je proces pod kontrolom, odnosno da je uređaj za ispitivanje materijala zatezanjem ispravan i spreman za dalja ispitivanja.

#### **4. ZAKLJUČAK**

U radu je prikazana uloga X - kontrolne karte u Laboratoriji za ispitivanje materijala u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor, za kontrolu ispravnosti uređaja za ispitivanje zatezanjem. U tu svrhu korišćen je sopstveni referentni materijal poznatih karakteristika. Ispitivanja zatezanjem metalnih materijala su vršena prema zahtevu standarda SRPS EN ISO 6892-1:2020: Ispitivanje metalnih materijala zatezanjem na sobnoj temperaturi, metoda B. Grafički prikaz X - kontrolne karte pokazuje da tokom procesa ispitivanja sopstvenog referentnog materijala, dobijene vrednosti zatezne čvrstoće ne prelaze kontrolne (donje i gornje) granice.

Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja zatezne čvrstoće sopstvenog referentnog materijala, zaključuje se da je uređaj za ispitivanje metalnih materijala zatezanjem ispravan, a sam proces pod kontrolom.

#### **ZAHVALNICA**

*Istraživanja predstavljena u ovom radu su urađena uz finansijsku podršku Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, u okviru finansiranja naučnoistraživačkog rada u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor, prema ugovoru sa evidencionim brojem 451-03-47/2023-01/ 200052.*

#### **LITERATURA**

- [1] G. Suman, D. Prajapati, Control chart applications in healthcare: A literature review, *Int. J. Metrol. Qual. Eng.*, 9, 5 (2018).  
<https://doi.org/10.1051/ijmqe/2018003>.
- [2] T. Smajdorová, D. Noskiewičová, Analysis and application of selected control charts suitable for smart manufacturing processes, *Appl. Sci.*, 12(11), (2022) 5410. <https://doi.org/10.3390/app12115410>.
- [3] S. Prokić, Kontrolne karte i sposobnost procesa sa individualnim merenjima, Master rad, Univerzitet u Nišu, Prirodno matematički fakultet, Department za matematiku, 2019.
- [4] SRPS ISO 3154:2014 - Použena čelična užad za izvozna postrojenja u rudarstvu – Tehnički uslovi isporuke.