

## PROCJENA STEPENA OŠTEĆENJA STRUKTURNIH ELEMENATA IZVOZNIH POSTROJENJA

### DAMAGE LEVEL ESTIMATE OF STRUCTURAL ELEMENTS IN MINE HOISTING PLANT

**Dr.sc. Mustafa Hadžalić**

**Institut „Kemal Kapetanović“/Mašinski fakultet, Univerzitet u Zenici, Zenica, BiH**

**Dr. sc. Raza Sunulahpašić, Dr.sc.Mirsada Oruč**

**Metalurško-tehnološki fakultet, Univerzitet u Zenici, Zenica, BiH**

#### **REZIME**

*Izvozna postrojenja predstavljaju jednu od važnijih karika ukupnog tehnološkog kompleksa jamske eksploatacije ležišta mineralnih sirovina. Od sigurnosti i pouzdanosti rada izvoznog postrojenja zavisi kako proizvodnja tako i životi rudara, pa se njenom radu i održavanju posvećuje puna pažnja. Spadaju u najkrupniju opremu rudnika, pa rentabilnost njihovog rada ima značajan uticaj na rad rudnika.*

*Greške u materijalu konstrukcija su neminovne, one prate konstrukciju tokom izrade njenih elemenata, njihovih spajanja i tokom njene upotrebe.*

*U ovom radu prikazana su ispitivanja bez razaranja koja se provode za kontrolu kvaliteta materijala izvoznog postrojenja i to vizuelni i ultrazvučni pregled radi otkrivanja eventualnih grešaka.*

**Gljučne riječi:** izvozno postrojenje, spojni pribor, vizuelna ispitivanja, ispitivanja ultrazvukom

#### **ABSTRACT**

*Mine hoisting are one of the most important links of the entire technological complex of cave exploitation of mineral resource deposits. From the safety and reliability of the operation of the mine hoisting depends on both the production and the lives of the miners, and its work and maintenance is paid full attention. They belong to the largest equipment of the mine, and the viability of their work has a significant impact on the work of the mine.*

*The defects in the construction material are inevitable, they follow the construction during the production of its elements, their joining and during its use.*

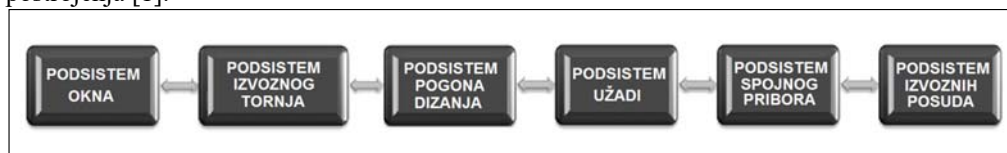
*In this paper, non-destructive testing was carried out for controlling the quality of the material of the structural elements of the mine hoisting, ie visual inspection, and ultrasonic testing to detect possible errors.*

**Keywords:** mine hoisting, coupling accessories, visual testing, ultrasonic testing

#### **1. UVOD**

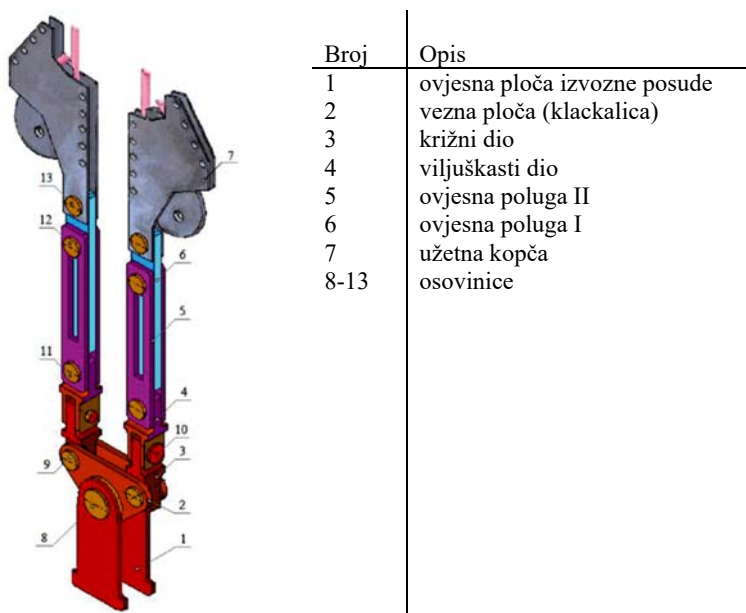
Izvozno postrojenje je skup podsistema ili elemenata i relacija između njih i njihovih karakteristika, kojima se obezbjeđuje prevoz ljudi i materijala u oknima rudnika, slika 1.. Uzajamna povezanost elemenata izvoznog postrojenja, pored toga što ima pozitivnih strana ima i nedostatak koji se sastoji u tome što sa ispadanjem nekog elementa iz sistema dolazi do zastoja rada cjelokupnog postrojenja. To ima za posljedicu značajne ekonomske gubitke za rudarsko

preduzeće i zbog toga se puno pažnje mora posvetiti obezbjeđivanju pouzdanog rada izvoznog postrojenja [1].



Slika 1. Prikaz serijske veze podсистema tehničkog sistema izvoznog postrojenja

Spojni pribor je konstruisan u skladu sa Pravilnikom o tehničkim normativima pri prevozu ljudi i materijala oknima rudnika [2]. Na slici 2. dati su strukturni elementi sklopa podсистema spojnog pribora.



Slika 2. Strukturni elementi sklopa spojnog pribora

Glavne poluge (ovjesne poluge II, poz. 5) spojnog pribora, povezane su preko veznih dijelova, ovjesne poluge I (poz. 6) sa bočnim limovima užetne kopče (poz. 7). U žljeb bočnih limova užetne kopče postavlja se završetak izvoznog užeta, čiji se jedan kraj vezuje pomoću užetnih spojnika. Elementi sklopa spojnog pribora međusobno su povezani osovinicama (svornjacima). Svornjaci su protiv ispadanja osigurani rascjepkama. Drugi kraj glavnih poluga preko križnih elemenata (poz. 3 i 4) spojeni su sa veznom pločom (poz. 2) koja je sa osovinicom spojena sa ovjesnim pločama izvozne posude (poz. 1). Tako se ostvaruje veza između izvozne posude, spojnog pribora i jednog kraja izvoznog užeta.

Danas se postavljaju visoki zahtjevi za vertikalni transport u rudnicima u pogledu kapaciteta i pouzdanosti u eksploataciji. Da bi svi ovi zahtjevi bili ispunjeni, neophodno je sprovesti sveobuhvatne studije i obezbijediti potrebne uslove ispitivanja izvoznih postrojenja, odnosno vitalnih elemenata izvoznih postrojenja. Zbog velikog broja izvoznih postrojenja u upotrebi, enormnog broja korisnika dnevno i velikog broja radnika u ovom sektoru, dešavaju se brojne teže povrede i nesreće sa fatalnim ishodom.

Na osnovu brojnih analiza otkrivena su slaba (kritična) mjesta, odnosno dijelovi postrojenja, a to su: podsistem užadi, podsistem spojnog pribora i podsistem izvoznih posuda. Takođe, na osnovu mnogih istraživanja, došlo se do rezultata da su podsistem spojnog pribora i podsistem izvoznih posuda najnepouzdaniji [1]. Da bi jedno izvozno postrojenje, zadržalo svoje performanse u određenom vremenskom intervalu, mora proći kroz procese pregleda i održavanja koji su bazirani na različitim dijagnostičkim metodama ispitivanja.

U procjeni prihvatljivosti za upotrebu dva su uticaja najznačajnija. Prvi je izbor pogodnog postupka za ocjenu značaja grešaka i integriteta oštećene konstrukcije. Drugi uticaj je utvrđivanje tipa greške, njene veličine i položaja u konstrukciji. Tačnost procjene prihvatljivosti zavisi od tačnosti podataka o greški. Zbog toga se metode za otkrivanje greške i njenu karakterizaciju intenzivno razvijaju, s idejom da se jednom otkrivena greška što efektivnije prati u eksploataciji. Osnovni zadaci kontrole su: osigurati sigurnost izvoznih postrojenja, spriječiti nesreće, materijalne i ljudske gubitke, smanjiti proizvodne troškove pravovremenim detektiranjem neispravnih dijelova i omogućiti uvođenje novih materijala i tehnoloških procesa u cilju postizanja jeftinijeg i sigurnijeg izvoznog postrojenja, [3].

## **2. EKSPERIMENTALNI DIO**

S obzirom na činjenicu da izvozna postrojenja rade u specifičnim uslovima eksploatacije veoma je izvjesno smanjenje pouzdanosti i pojavu grešaka u materijalu, te je i uvođenje i razvijanje metoda ispitivanja bez razaranja opravdano i razumljivo. U ovoj analizi su provedena ispitivanja bez razaranja, koja su uobičajena za kontrolu navedenih dijelova i to vizuelni pregled podsistema izvoznih postrojenja i ultrazvučna ispitivanja.

Ona imaju za cilj da ukažu na zatečeno stanje u kojem se podsistemi izvoznih postrojenja nalaze, kao i da ukažu na postojanje pukotina, njihovu veličinu, položaj i vrstu te stanje spojnih elemenata i spojeva, pojava bilo kakvih deformacija, stanje antikorozivne zaštite i pojava korozije.

### **2.1. Vizuelni pregled spojnog pribora izvoznih posuda**

Kriterijum za ocjenu konstrukcije spojnog pribora i izvoznih posuda RMU "Zenica"-pogon "Raspotočje" definisan je Pravilnikom o tehničkim normativima pri prevozu ljudi i materijala u oknima rudnika, (članovi 98. do 101.), [2]. Prema Pravilniku za vrijeme mirovanja izvozne posude i spojni pribor su detaljno pregledani, a naročito spojni elementi pri čemu je utvrđeno njihovo stanje, odnosno postojanje površinskih grešaka ili oštećenja. Dijelovi spojnog pribora su nakon toga demontirani, brižljivo očišćeni, a spoljne površine su, radi utvrđivanja deformacija i pukotina pregledane pod lupom i ispitane pomoću zvuka udarom, slika 3.

Pregledom je ustanovljeno da nema primjetnih odstupanja oblika i mjera strukturnih elemenata spojnog pribora u odnosu na projektovano stanje dato tehničkom dokumentacijom, osim istrošenosti otvora ovjesne poluge  $I$ , a što je posljedica postupka izrade.



*Slika 3. Vizuelno ispitivanje spojnog pribora izvoznog postrojenja*

Dimenziona kontrola ovjesne poluge I u cilju utvrđivanja deformacija izvršena je na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Zenici u 100% obimu pregleda unutrašnje površine otvora Ø75mm bez posebne pripreme kontrolnih površina, slika 4.

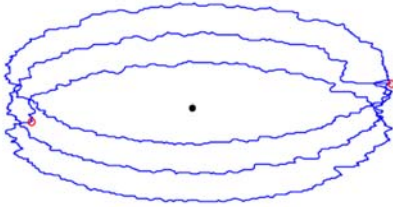


*Slika 4. Dimenziona kontrola ovjesne poluge I spojnog pribora*

Sva mjerenja su provedena u uslovima i mogućnostima dostupnim u Laboratoriju za mjernu tehniku i automatizaciju na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Zenici. Temperatura tokom mjerenja je bila 21°C. Dimenzionalna kontrola je provedena s trokoordinatnom mjernom mašinom proizvođača: Carl Zeiss Germany, model: Zeiss Contura G2 700 Aktiv koji ima mogućnost mjerenja dimenzija, uglova, tolerancija oblika i položaja, digitalizaciju, mjerni raspon: 700x1 000x600 mm i mjernu nesigurnost prema ISO 10360-2:  $MPE-E=(1,8+L/300) \mu m$ ,  $MPE-P=1,8 \mu m$ .

Ovjesna poluga I i CMM mjerni elementi su očišćeni prije mjerenja kako bi se uklonile eventualne nečistoće. Nije bilo drugih uređaja u blizini CMM, niti su bili drugi izvori vibracija (osim vlastitih vibracija CMM-a). Prije mjerenja, umjeravanje mjernih alata i mjernih sistema provedeno je pomoću 25 mm keramičke referentne kugle proizvedene u Zeissu, koristeći postupak kalibracije definisan CMM-ovim softverom Calypso.

Rezultati mjerenja prikazani su na slici 5. i u tabeli 1.



Slika 5. Prikaz izmjerenog otvora  $\varnothing 75\text{mm}$  na dubinama 15; 30 i 45mm

Tabela 1. Rezultati mjerenja ovjesne poluge I, [1]

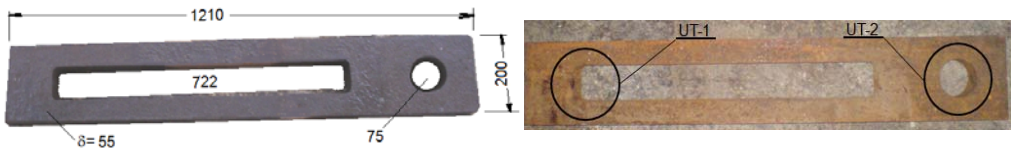
Mjerne veličine	Nominalna vrijednost	Izmjerena vrijednost	Odstupanje %
Prečnik, $d$ [mm]	75,001	77,529	3,26
Udaljenost, $c$ [mm]	82,501	81,118	1,70
Debljina, $t$ [mm]	55,005	54,700	0,56

Kako se iz tabele 1. može vidjeti, rezultati mjerenja ovalnosti otvora  $\varnothing 75\text{ mm}$  na ovjesnoj polugi I ukazuju na odstupanja koja mogu dostići vrijednost preko 1,5 mm. Ovo je jako važno kod analize naponskih stanja u zonama spajanja ovjesne poluge I i osovinice jer je na tom mjestu došlo do dodatnog smanjenja kontaktne površine. Da bi se dobile stvarne slike naponsko-deformacionih stanja u kritičnim zonama potrebno je primijeniti tenzometrijska mjerenja, što nije predmet ovog rada.

## 2.2. Ultrazvučna ispitivanja

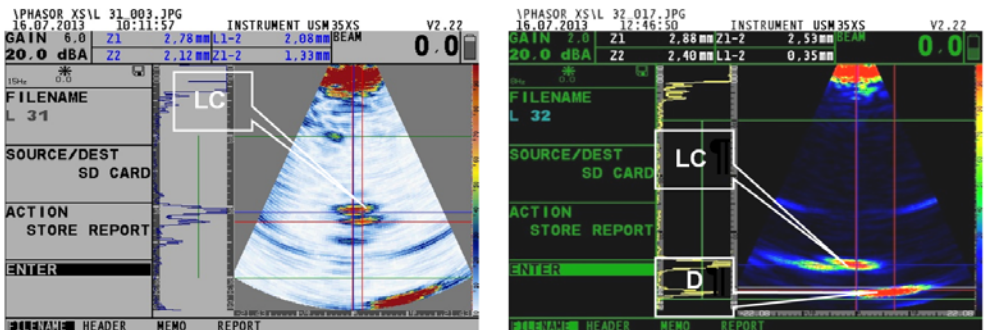
Za obavljenja ispitivanja korišten je: ultrazvučni aparat impulsnog tipa USM 35 XS (uz glave: MWB-45-E, WB-45-2, MB-4S, B2-S); frekvencija 4MHz; proizvođač „GE Inspection technologies Krautkramer“, digitalno pomično mjerilo sa tačnošću očitavanja 0,01 mm, i ostali potreban alat i pribor. Primijenjeni su standardi za ispitivanje: BS EN 1712:1997, [4], BS EN 1712/A1, [5], BS EN 1712/A2, [6] i BS EN 1714:1998, [7].

U zonama kontakta ovjesne poluge I i osovinice izvršena su ispitivanja ultrazvučnom metodom s ciljem utvrđivanja prisustva, položaja i veličine površinskih defekata tipa pukotine, slika 6. Ispitivanja su izvršena u zonama kontakta ovjesne poluge I i osovinice dimenzija  $\varnothing 75\text{ mm}$ .



Slika 6. Dimenzije ovjesne poluge I i mjesta ultrazvučnog ispitivanja

Na slici 7. prikazane su uočene pukotine na ovjesnoj polugi I spojnog pribora.



LC- indikacija pukotine u otvoru i na površini; D - indikacija pukotine u otvoru  $\varnothing 75\text{mm}$

Slika 7. Ultrazvučno ispitivanje ovjesne poluge I

Na osnovu izvršenih ultrazvučnih ispitivanja elemenata spojnih pribora za gornju užad izvoznih posuda, izvoznog postrojenja RMU "Zenica" - pogon Raspotočje, provedenih u skladu sa standardima, najveća izmjerena dubina pukotine je iznosila 1,33 mm, a najveća izmjerena dužina pojedinačne pukotine iznosi 2,88 mm. Sve registrovane pukotine su se javljale u zonama kontakta ovjesne poluge *I* i osovinice, a na drugim mjestima na ovjesnoj polugi *I* se ne pojavljuju.

### 3. ANALIZA REZULTATA I ZAKLJUČCI

Pregledom je ustanovljeno da nema primjetnih odstupanja oblika i mjera strukturnih elemenata spojnog pribora u odnosu na projektovano stanje dato tehničkom dokumentacijom, osim istrošenosti otvora ovjesne poluge *I*, a što je posljedica postupka izrade.

Vizuelnom i ultrazvučnom kontrolom utvrđeno je postojanje pukotina dubine 1,33 mm i najveće dužine 2,88 mm u zonama kontakta ovjesne poluge *I* i osovinice. Međutim, klasičani pregledi i ispitivanja (vizuelna i ultrazvučna) izvoznih posuda i spojnog pribora u skladu sa standardima i pravilnikom [2] ne omogućavaju uvid u pravo stanje, odnosno nosivost istih, ali treba uzeti u obzir postojanje pukotina koje mogu biti inicijalna mjesta za lom.

Kod pregleda i ispitivanja izvoznih posuda i spojnog pribora je usvojena metoda preventivnog održavanja po vremenskom resursu, pa se njihova ispitivanja, odnosno zamjena vrši nakon određenog vremena, bez obzira na tehničko stanje i troškove zamjene istih. Danas, kada postoji odgovarajuća mjerna oprema i uređaji za tehničku dijagnostiku, ovakav pristup pregleda i ispitivanja je nedopustiv, dakle, treba koristiti najnovije naučne metode;

### 4. REFERENCE

- [1] Mustafa Hadžalić: *Razvoj algoritma za određivanje integriteta i vijeka trajanja strukturnih elemenata izvoznih postrojenja*, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Univerzitet u Zenici, Zenica, 2018.
- [2] *Pravilnik o tehničkim normativima pri prevozu ljudi i materijala oknima rudnika – Tehnički propisi*, Rudarstvo, Beograd, 1986, pp. 490-526.
- [3] Mirsada Oruč, Raza Sunulahpašić: *Ispitivanje metalnih materijala II – Defektoskopija*, Univerzitet u Zenici, Fakultet za metalurgiju i materijale, Zenica, 2012.
- [4] BS EN 1712:1997 – Ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva. Ultrazvučno ispitivanje zavarenih spojeva. Nivoi prihvatljivosti;
- [5] BS EN 1712/A1 – Ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva. Ultrazvučno ispitivanje zavarenih spojeva. Nivoi prihvatljivosti. Amandman A1;
- [6] BS EN 1712/A2 – Ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva. Ultrazvučno ispitivanje zavarenih spojeva. Nivoi prihvatljivosti. Amandman A2;
- [7] BS EN 1714:1998 – Ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva. Ultrazvučno ispitivanje zavarenih spojeva.