

Tehnička dijagnostika stanja i ispitivanje materijala kritičnih mjesta čelične konstrukcije rotornih bagera i odlagača

MERIM M. ALIČIĆ, JP Elektroprivreda BiH

ZD Rudnici „Kreka“ u Tuzli, Tuzla, Bosna i Hercegovina

ALMIS M. ALIČIĆ, KC Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo,
Bosna i Hercegovina

SAMIR Ć. SOFTIĆ, JP Elektroprivreda BiH

ZD Rudnici „Kreka“ u Tuzli, Tuzla, Bosna i Hercegovina

Stručni rad

UDC: 621.879.48

DOI: 10.5937/tehnika2104457A

U Bosni i Hercegovini značajna proizvodnja uglja se odvija na površinskim kopovima, što zahtjeva neprekidan rad na poslovima održavanja mašina i uređaja za površinsku eksploataciju. Složenost konstrukcije rotornih bagera, njihova visoka cijena, i visoki troškovi otkaza i održavanja, ukazuju na potrebu istraživanja i razvoja efikasnog sistema za dijagnostiku. Predmet istraživanja su čelične konstrukcije tri rotorna bagera SRs 402 15/1.5 (komada 3) i odlagač A2RsB8500.60 (komada 1), koji su u procesu proizvodnje uglja i otkrivke, na površinskom kopu Rudnika "Dubrave" u Dubravama JP Elektroprivreda BiH ZD Rudnici „Kreka“ u Tuzli.

ključne riječi: dijagnostika, održavanje, bager rotorni, čelična konstrukcija, zamor

1. UVOD

Pod pojmom tehničke dijagnostike danas se podrazumijevaju sve aktivnosti koje se sprovode sa ciljem ocjene trenutnog tehničkog stanja sistema radi poduzimanja planiranih aktivnosti održavanja ili davanja prognoze tehničkog stanja sistema u budućnosti.

Tehnička dijagnostika, kao sastavni dio procesa održavanja prema stanju, treba da utvrdi tehničko stanje sastavnog dijela sistema sa određenom tačnošću u određenom trenutku vremena. To je zapravo nauka koja se bavi prepoznavanjem tehničkog stanja sistema [1].

Zadaci tehničke dijagnostike su:

- provjera ispravnosti tehničkog stanja sistema,
- provjera radne sposobnosti tehničkog sistema,
- provjera funkcionalnosti,
- istraživanje otkaza (mjesto, oblik i uzrok otkaza).

Tehnički sistemi predstavljaju organizovan skup elemenata i relacija između njih i njihovih karakteristika povezanih i objedinjenih međusobno u cjeli-

nu, sa istom funkcijom cilja. Različiti tehnički sistemi imaju različite funkcije cilja. Ispravnost sistema je tehničko stanje sistema pri kome on odgovara svim zahtjevima ispravnosti propisanim normativno tehničkom dokumentacijom.

U skladu sa Tehničkim propisima za pregled i ispitivanje nosivih čeličnih konstrukcija, potrebno je vršiti kontrolu stanja elemenata i cjeline konstrukcije, sve radi osiguranja kvalitete i ispravnosti konstrukcije u pogledu sigurnosti [2].

Kontrola se vrši u obliku pregleda u sljedećim vremenskim razmacima:

- Redovni pregledi: svake godine,
- Glavni pregledi: svakih 5 godina,
- Vanredni pregledi: poslije elementarnih nepogoda,
- Dopunski pregledi: 3 mjeseca nakon tehničkog pregleda i poslije prve zime.

2. POLIGON ISTRAŽIVANJA

Poligon istraživanja su rotorni bageri SRs-402 15/1,5 (komada 3) i odlagač A2RsB8500.60 (komada 1), koji se koriste za otkopavanje i odlaganje otkrivke u Rudniku „Dubrave“ u Dubravama, JP Elektroprivreda BiH d.d. Sarajevo ZD Rudnici „Kreka“ d.o.o. Tuzla. Svi bageri SRs-402 15/1,5 (komada 3) i odlagač A2RsB8500.60 (komada 1), na otkopavanju i odlaganju otkrivke pušteni su u rad 1987. godine.

Adresa autora: Merim Aličić, JP Elektroprivreda BiH, ZD Rudnici „Kreka“, Tuzla, Mije Keroševića Guje 1, Bosna i Hercegovina

e-mail: merim.alicic@gmail.com

Rad primljen: 18.08.2020.

Rad prihvaćen: 06.10.2020.



Slika 1 - Rotorni bager SRs 402 15/1.5

U tabeli br.1 dat je pregled tehničko – tehnoloških karakteristika rotornog bagera SRs 402. Rotorni bageri SRs 402 15/1.5 (int.br.3, 4 i 5) (TAKRAF, Istočna Nemačka), proizvedeni su 1986. godine.

Tabela 1. Tehničko – tehnološke karakteristike rotornog bagera SRs 402

Proizvođač	Takraf – DDR
Tip	SRs (H) 401- B1
Godina proizvodnje	1986
Vrsta pogona	električni
Instalisana snaga (kW)	934
Masa (tona)	495
Priključni napon (kV)	6
Brzina kretanja bagera (m/min)	6
Radius kopanja (m)	20,5
Prečnik rotora mjereno po ivici zuba na vedricama (m)	8
Dužina katarke radnog točka (m)	16
Dužina katarke radnog točka u horizontali (m)	16,5
Ugao zakretanja gornjeg dijela bagera	270°/190°
Dužina predajnog transporter (m)	25
Teoretski kapacitet na otkrivci (m ³ /h r.m)	3000
Teoretski kapacitet na uglju (m ³ /h r.m)	2500
Maksimalna visina kopanja (m)	15
Dubina kopanja (ispod planuma) (m)	1,5
Dužina bagera (m)	47
Širina bagera (m)	12
Visina bagera (m)	13
Brzina rezanja (m/s)	2,84 – 20,9
Broj vedrica (kom)	14
Srednji pritisak na tlo (N/cm ²)	9,3
Ugao okretanja u odnosu na predajnu katarku	±105°
Dužina gusjenice (m)	8
Širina gusjenice (m)	2,8



Slika 2 - Odlagač A2RsB8500.60

U tabeli br. 2. dat je pregled tehničko – tehnoloških karakteristika odlagača A2RsB8500.60.

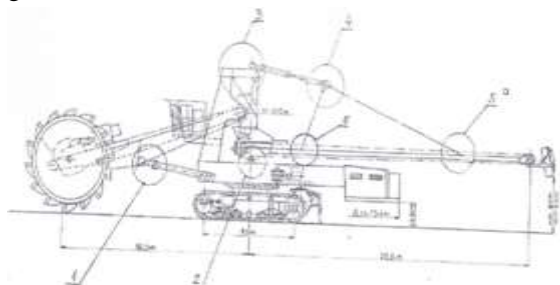
Tabela 2. Tehničko – tehnološke karakteristike odlagača A2RsB8500.60

Proizvođač	Takraf – DDR
Temperaturno područje (°C)	-20 do +40
Dozvoljeni rad kod brzine vjetrova (m/s)	max. 20
Osobine materijala za transport	V = 0,035 m ³
Dozvoljeni nagib radne površine za rad odlagača	
- uzdužni	3%
- poprečni	3%
Za transport odlagača	
- uzdužni	5% (3%)
- poprečni	3% (5%)
Teoretski kapacitet (m ³ /h r.m)	8500
Nasipna težina (t/ m ³)	1,6
Masa: (t)	oko 1190
- prednji dio (t)	793
- ostalo (t)	427
Maksimalna dužina, visina, širina	132, 28, 25
Prijemna strana (od sred. stroja do sred. bubnja)	60
Širina trake	2000
Nagib korita trake	360
Brzina trake (m/s)	5,3
Zatezni put (mm)	1200
Vezna traka (m)	52
Traka za čišćenje (mm)	2000
Brzina trake za čišćenje (m/s)	0,7
Visina istresanja (m)	17
Visina nasipanja (m)	15
Srednji specifični pritisak na tlo (kPa):	
- prednji dio	72
- međuprostor	70
Najmanji radius krivine (m)	oko 80
Brzina pomjeranja (m/min)	6

Proizvođač	Takraf – DDR
Zakretno područje	
- gornji stroj prednji dio ka međutransporteru	$\pm 105^\circ$
- prijemni dio ka gornjem sroju	$\pm 90^\circ$
- prijemni dio ka potpornim kolicima	$\pm 20^\circ$
Ulazni napon	6 kV; 50Hz
Ulazni vod (kVA)	2300
Osvjetljenje, upravljanje, signalizacija (V)	220,110,60,24
Uređaj za pomjeranje:	
- pogonske gusjenice - pojedinačno	3
- zaokretne gusjenice – pojedinačno	2
Širina gusjenica (mm)	3600
Širina gusjenične ploče (mm)	650
Međutransporter:	
- pogonske gusjenice - pojedinačno	2
širina gusjenica (mm)	3000
Brzina pomjeranja (m/min)	6
Zakretno područje donjeg postroja	$\pm 120^\circ$
Visina dizanja prijemne katarke (m)	7
Prijemna traka transportera (m)	19

2.1. Ispitivanje kritičnih mjesta čelične konstrukcije rotornih bagera SRs 402

Na slici br. 3 dat je prikaz kritičnih mjesta čelične konstrukcije bagera SRs 402 15/1.5, koja će se koristiti za ispitivanje i ocjenu stanja čelične konstrukcije rotornih bagera.



Slika 3 - Kritična mjesta čelične konstrukcije bagera SRs 402

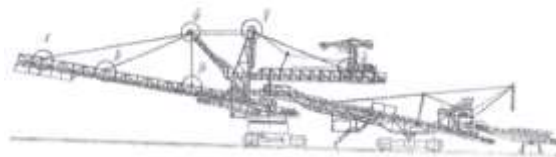
U tabeli br. 3 dat je prikaz izrađenog broja sati rotornih bagera SRs 402.

Tabela 3. Pregled izrađenog broja sati rotornih bagera SRs 402

Tehnički podaci	Bager SRs 402		
Interni broj	Int.br.3	Int.br.4	Int.br.5
Proizvođač	TAKRAF	TAKRAF	TAKRAF
God proizvodnje	1986	1986	1986
Broj izra. sati (h)	29165	68790	68790

2.2. Ispitivanje kritičnih mjesta čelične konstrukcije odlagača A2RsB8500.60

Na slici br. 3 dat je prikaz kritičnih mjesta čelične konstrukcije odlagača, koja će se koristiti za ispitivanje i ocjenu stanja čelične konstrukcije odlagača.



Slika 4 - Kritična mjesta čelične konstrukcije odlagača A2RsB8500.60

U tabeli br. 4 dat je prikaz izrađenog broja sati odlagača A2RsB8500.60.

Tabela 4. Pregled izrađenog broja sati odlagača A2RsB8500.60

Tehnički podaci	Odlagač A2RsB8500.60
Proizvođač	TAKRAF
God proizvodnje	1986
Broj izra. sati (h)	68790

3. REZULTATI ISPITIVANJA

3.1. Bager SRs 402 interni br 3

3.1.1. Izvještaj o vizuelnom pregledu

Na bageru SRs 402 - interni broj 3, vršen je vizuelni pregled metalne konstrukcije i zavarenih spojeva, na čvornim mjestima broj 1, 2, 3, 4, 5 i 6. Anti-korozivna zaštita je u jako lošem stanju. Na čvornom mjestu broj 3 uočene su indikacije tipa pukotine, koje su kasnije ispitane magnetnom i ultrazvužnom metodom



Slika 5 - Indikacije na mjernom mjestu broj 3 SRs 402 - interni broj 3

3.1.2. Izvještaj o magnetnom ispitivanju

Na čvornom mjestu broj 3. na „pilonu“ konstatovane su 4 linearne indikacije na ugaonim zavarenim spojevima. Ostali zavareni spojevi na čvornim mjestima br. 4, 5. i 6 zadovoljavaju uslove iz EN ISO 23278.

IZVJEŠTAJ O MAGNETNOM ISPITIVANJU		Lbr.: 057/19	
		Kl.br.: 114.02303810	
		List: 5	Listova 39
Objekat: Bager SRs 402- int.br. 3	Pozicija: Zavareni spojevi na „Kritičnim mjestima“		
Ugovor: 475/19	Br. komada: 6 zona prema skici		

PODACI O ISPITIVANJU

Materijal:	Postupak zavarivanja:
Obim ispitivanja: Odredio naručilac	Ispitivanje izvedeno:
Ispitivanje prema: EN ISO 17 638	Kriterij: EN ISO 23278
Aparat tip: Tiede permanentni magnet	Struja magneta: ----
Sredstvo ispitivanja: TIEDEMF-655 WB	Jačina struje [A]: --
Suhi: DA	Jačina polja [kA/m]: 2-6
Mokri: NE	Razmak elektroda [mm]: 140
Fluorescentni: NE	Demagnetiziranje: NE
Magnetiziranje: Spojno longitudinalno	Etalon: MTU-3, MT-Y-AC4712
Kvalitet površine: Brušeno	Osjetljivost: 10 µm

IZVJEŠTAJ O MAGNETNOM ISPITIVANJU		Lbr.: 057/19	
		Kl.br.: 114.02303810	
		List: 6	Listova 39

Datum	Zona	Indika cija	Položaj indikacije			Greška
			x mm	y mm	l mm	
19.11.2019.	3 D	1	-	-	50	NO
19.11.2019.	3 D	2	-	-	120	NO
19.11.2019.	3 D	3	-	-	80	NO
19.11.2019.	3 D	4	-	-	80	NO
19.11.2019.	4 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	4 L	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	5 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	5 L	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	6 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	6 L	-	-	-	-	OK

3.1.3. Izvještaj o ultrazvučnom ispitivanju

Ultrazvučno ispitivanje izvršeno je od strane firme „IMQ“ na 6 prethodno definisanih mjesta tehničkom specifikacijom u obimu od 100 % po standardu EN ISO 11666 5817-8. Ispitivanje je izvršeno na brušenoj površini, a korišten je uređaj USM 35X5 i litijeva mast.

IZVJEŠTAJ O ULTRAZVUČNOM ISPITIVANJU		Lbr.: 057/19	
		Kl.br.: 114.02303810	
		List: 7	Listova 39
Objekat: Bager SRs 402- int.br. 3	Pozicija: Zavareni spojevi na „Kritičnim mjestima“		
Ugovor: 475/19	Br. komada: 6 zona prema skici		

PODACI O ISPITIVANJU

Materijal:	Postupak zavarivanja:			
Obim ispitivanja: Odredio naručilac	Ispitivanje izvedeno:			
Ispitivanje prema: EN ISO 17 640	Kriterij: EN ISO 11 666			
Aparat TIP: KRAUTKRAMER USM 35	Test blok: V1, V2			
Sonda	Ugao [°]	Frekvencija [MHz]	OSJETLJIVOST	
MWB4	60	4	Skala	Dijagram
MWB4	45	4	---	DA
---	---	---	---	DA
Prigušenje [dB/m]: 4		Pojačanje [dB]: 52/48		
Kontaktno sredstvo: Litijeva mast		Kvalitet površine: Brušeno		

Na čvornom mjestu broj 3. na „pilonu“ konstatovane su 4 linearne indikacije na ugaonim zavarenim spojevima. Dužina indikacije, položaj i fotografije date su u izvještaju.

Ostali zavareni spojevi na čvornim mjestima br. 4, 5 i 6 zadovoljavaju uslove iz EN ISO 11 666.

IZVJEŠTAJ O ULTRAZVUČNOM ISPITIVANJU		Lbr.: 057/19	
		Kl.br.: 114.02303810	
		List: 8	Listova 39

Datum	Zona	Indikacija	Položaj indikacije			Greška
			x mm	y mm	l mm	
19.11.2019.	3 D	1	-	5-10	50	NO
19.11.2019.	3 D	2	-	5-10	120	NO
19.11.2019.	3 L	3	-	5-10	80	NO
19.11.2019.	3 L	4	-	5-10	80	NO
19.11.2019.	4 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	4 L	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	5 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	5 L	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	6 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	6 L	-	-	-	-	OK

3.2. Bager SRs 402 interni br 4**3.2.1. Izvještaj o vizuelnom pregledu**

Na bageru SRs 402 - interni broj 4 vršen je vizuelni pregled čelične konstrukcije zavarenih spojeva na čvornim mjestima broj 1,2,3,4,5 i 6. Na čvornom mjestu broj 4. uočene su indikacije tipa pukotine, koje su kasnije ispitane magnetnom i ultrazvučnom metodom.



Slika 6 - Indikacije na mjernom mjestu broj 4 SRs 402 - interni broj 4

3.2.2. Izvještaj o magnetnom ispitivanju

Na čvornom mjestu br. 4 na „pilonu“ konstatovane su 4 linearne indikacije na ugaonim zavarenim spojevima. Dužine indikacija, položaj i fotografije, date su u izvještaju. Ostali zavareni spojevi na čvornim mjestima br. 3, 5 i 6 zadovoljavaju uslove iz EN ISO 23278.

IZVJEŠTAJ O MAGNETNOM ISPITIVANJU		Lbr.: 057/19	
		Kl.br.: 114.02303810	
		List: 14	Listova 39
Objekat: Bager SRs 402- int.br. 4	Pozicija: Zavareni spojevi na „Kritičnim mjestima“		
Ugovor: 475/19	Br. komada: 6 zona prema skici		

PODACI O ISPITIVANJU

Materijal:	Postupak zavarivanja:
Obim ispitivanja: Odredio naručilac	Ispitivanje izvedeno:
Ispitivanje prema: EN ISO 17 638	Kriterij: EN ISO 23278
Aparat tip: Tiede permanentni magnet	Struja magneta: ----
Sredstvo ispitivanja: TIEDEMF-655 WB	Jačina struje [A]: --
Suhi: DA	Jačina polja [kA/m]: 2-6
Mokri: NE	Razmak elektroda [mm]: 140
Fluorescentni: NE	Demagnetiziranje: NE
Magnetiziranje: Spojno longitudinalno	Etalon: MTU-3, MT-Y-AC4712
Kvalitet površine: Brušeno	Osjetljivost: 10 µm

IZVJEŠTAJ O MAGNETNOM ISPITIVANJU	I.br.: 057/19
	Kl.br.: 114.02303810
	List 15 Listova 39

Datum	Zona	Indikacija	Položaj indikacije			Greška
			x mm	y mm	l mm	
19.11.2019.	3 D	1	-	-	100	NO
19.11.2019.	3 D	2	-	-	100	NO
19.11.2019.	3 L	3	-	-	70	NO
19.11.2019.	3 L	4	-	-	130	NO
19.11.2019.	4 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	4 L	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	5 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	5 L	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	6 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	6 L	-	-	-	-	OK

3.2.3. Izvještaj o ultrazvučnom ispitivanju

Ultrazvučno ispitivanje izvršio je „IMQ“, na 6 prethodno definisanih mjesta tehničkom specifikacijom u obimu od 100 % po standardu EN ISO 11666 5817-8. Ispitivanje je izvršeno na brušenoj površini, a korišten je uređaj USM 35X5 i litijeva mast. Detaljni podaci o parametrima ispitivanja, ocjenom rezultata dati su u izvještaju o ultrazvučnom ispitivanju.

IZVJEŠTAJ O ULTRAZVUČNOM ISPITIVANJU	I.br.: 057/19
	Kl.br.: 114.02303810
	List: 16 Listova 39
Objekat: Bager SRs 402- int.br. 4	Pozicija: Zavareni spojevi na „Kritičnim mjestima“
Ugovor: 475/19	Br. komada: 6 zona prema skici

PODACI O ISPITIVANJU

Materijal:	Postupak zavarivanja:				
Obim ispitivanja: Odredio naručilac	Ispitivanje izvedeno:				
Ispitivanje prema: EN ISO 17 640	Kriterij: EN ISO 11 666				
Aparat TIP: KRAUTKRAMER USM 35	Test blok: V1, V2				
Sonda	Ugao [°]	Frekvencija [MHz]	OSJETLJIVOST		
MWB4	60	4	Skala	Dijagram	Ekviva.
MWB4	45	4	---	DA	φ 3mm
---	---	---	---	DA	φ 3mm
Prigušenje [dB/m]:	4		Pojačanje [dB]: 52/48		
Kontaktno sredstvo: Litijeva mast	Kvalitet površine: Brušeno				

Na čvornom mjestu broj 4. na „pilonu“ konstatovane su 4 linearne indikacije na ugaonim zavarenim spojevima. Dužina indikacije, položaj i fotografije date su u izvještaju. Ostali zavareni spojevi na čvornim mjestima br. 3, 5 i 6 zadovoljavaju uslove iz EN ISO 11 666.

IZVJEŠTAJ O ULTRAZVUČNOM ISPITIVANJU	I.br.: 057/19
	Kl.br.: 114.02303810
	List 17 Listova 39

Datum	Zona	Indikacija	Položaj indikacije			Greška
			x mm	z mm	l mm	
19.11.2019.	3 D	1	0	5-10	100	NO
19.11.2019.	3 D	2	0	5-10	100	NO
19.11.2019.	3 L	3	0	5-10	70	NO
19.11.2019.	3 L	4	0	5-10	130	NO
19.11.2019.	4 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	4 L	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	5 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	5 L	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	6 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	6 L	-	-	-	-	OK

3.3. Bager SRs 402 interni br 5

3.3.1. Izvještaj o vizuelnom pregledu

Na bageru SRs 402 - interni broj 5 vršen je vizuelni pregled čelične konstrukcije i zavarenih spojeva na čvornim mjestima broj 1, 2, 3, 4, 5 i 6. Antikorozivna zaštita u jako lošem stanju.

Na čvornom mjestu broj 3 uočene su indikacije tipa pukotine, koje su kasnije ispitane magnetnom i ultrazvučnom metodom.



Slika 7 - Indikacije na mjernom mjestu broj 3 SRs 402 - interni broj 5

3.3.2. Izvještaj o magnetnom ispitivanju

Na čvornom mjestu br. 3 na „pilonu“ konstatovane su 3 linearne indikacije na ugaonim zavarenim spojevima.

ZVJEŠTAJ O MAGNETNOM ISPITIVANJU	I.br.: 057/19
	Kl.br.: 114.02303810
	List 23 Listova 39
Objekat: Bager SRs 402- int.br. 4	Pozicija: Zavareni spojevi na „Kritičnim mjestima“
Ugovor: 475/19	Br. komada: 6 zona prema skici

PODACI O ISPITIVANJU

Materijal:	Postupak zavarivanja:
Obim ispitivanja: Odredio naručilac	Ispitivanje izvedeno:
Ispitivanje prema: EN ISO 17 638	Kriterij: EN ISO 23278
Aparat tip: Tiede permanentni magnet	Struja magneta: ----
Sredstvo ispitivanja: TIEDEMF-655 WB	Jačina struje [A]: --
Suhi: DA	Jačina polja [kA/m]: 2-6
Mokri: NE	Razmak elektroda [mm]: 140
Fluorescentni: NE	Demagnetiziranje: NE
Magnetiziranje: Spojno longitudinalno	Etalon: MTU-3.MT-Y-AC4712
Kvalitet površine: Brušeno	Osjetljivost: 10 μm

Dužine indikacija, položaj i fotografije, date su u izvještaju. Ostali zavareni spojevi na čvornim mjestima br. 4, 5 i 6 zadovoljavaju uslove iz EN ISO 23278.

IZVJEŠTAJ O MAGNETNOM ISPITIVANJU			I.br.: 057/19 Kl.br.: 114.02303810 List 24 Listova 39			
Datum	Zona	Indikacija	Položaj indikacije			Greška
			x mm	y mm	l mm	
19.11.2019.	3 D	1	-	-	130	NO
19.11.2019.	3 D	2	-	-	60	NO
19.11.2019.	3 D	3	-	-	60	NO
19.11.2019.	3 L	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	4 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	4 L	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	5 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	5 L	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	6 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	6 L	-	-	-	-	OK

3.3.3. Izvještaj o ultrazvučnom ispitivanju

Ultrazvučno ispitivanje izvršio je „IMQ“ na 6 prethodno definisanih mjesta tehničkom specifikacijom u obimu od 100 % po standardu EN ISO 11666 5817-8. Ispitivanje je izvršeno na brušenoj površini, a korišten je uređaj USM 35X5 i litijeva mast. Detaljni podaci o parametrima ispitivanja, ocjenom rezultata dati su u izvještaju o ultrazvučnom ispitivanju.

IZVJEŠTAJ O ULTRAZVUČNOM ISPITIVANJU		I.br.: 057/19 Kl.br.: 114.02303810 List 25 Listova 39	
Objekat: Bager SRs 402- int.br. 5	Pozicija: Zavareni spojevi na „Kritičnim mjestima“		
Ugovor: 475/19	Br. komada: 6 zona prema skici		

PODACI O ISPITIVANJU

Materijal:	Postupak zavarivanja:				
Obim ispitivanja: Odredio naručilac	Ispitivanje izvedeno:				
Ispitivanje prema: EN ISO 17 640	Kriterij: EN ISO 11 666				
Aparat TIP: KRAUTKRAMER USM 35	Test blok: V1, V2				
Sonda	Ugao [°]	Frekvencija [MHz]	OSJETLJIVOST		
MWB4	60	4	Skala	Dijagram	Ekviva.
MWB4	45	4	---	DA	∅ 3mm
---	---	---	---	DA	∅ 3mm
Prigušenje [dB/m]:	4		Pojačanje [dB]: 52/48		
Kontaktno sredstvo: Litijeva mast	Kvalitet površine: Brušeno				

Na čvornom mjestu broj 3. na „pilonu“ konstatovane su 4 linearne indikacije na ugaonim zavarenim spojevima. Dužina indikacije, položaj i fotografije date su u izvještaju. Ostali zavareni spojevi na čvornim mjestima br. 4, 5 i 6 zadovoljavaju uslove iz EN ISO 11 666.

IZVJEŠTAJ O ULTRAZVUČNOM ISPITIVANJU			I.br.: 057/19 Kl.br.: 114.02303810 Lis 26 Listova 39			
Datum	Zona	Indikacija	Položaj indikacije			Greška
			x mm	y mm	l mm	
19.11.2019.	3 D	1	-	5-10	130	NO
19.11.2019.	3 D	2	-	5-10	60	NO
19.11.2019.	3 D	3	-	5-10	60	NO
19.11.2019.	3 L	-	-	-	-	NO
19.11.2019.	4 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	4 L	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	5 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	5 L	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	6 D	-	-	-	-	OK
19.11.2019.	6 L	-	-	-	-	OK

4. ODLAGAČ A2RSB8500.60

4.1. Izvještaj o vizuelnom pregledu

Na odlagaču A2RSB8500.60 vršen je vizuelni pregled čelične konstrukcije i zavarenih spojeva na čvornim mjestima broj 1, 2, 3, 4, 5 i 6. Vizuelnim pregledom nisu konstatovana nikakva oštećenja na zavarenim spojevima čvornih mjesta. Konstatovan je nedostatak vijaka na čvornom mjestu br. 6. odlagača.



Slika 8 - Nedostatak vijaka na čvornom mjestu br. 6 odlagača A2RSB8500.60

4.2. Izvještaj o magnetnom ispitivanju

Zavareni spojevi na čvornim mjestima br. 1, 2, 3, 4, 5 i 6 zadovoljavaju uslove iz EN ISO 23278.

IZVJEŠTAJ O MAGNETNOM ISPITIVANJU		I.br.: 057/19 Kl.br.: 114.02303810 List 32 Listova 39	
Objekat: Odlagač A2RSB8500.60	Pozicija: Zavareni spojevi na „Kritičnim mjestima“		
Ugovor: 475/19	Br. komada: 6 zona prema skici		

PODACI O ISPITIVANJU

Materijal:	Postupak zavarivanja:		
Obim ispitivanja: Odredio naručilac	Ispitivanje izvedeno:		
Ispitivanje prema: EN ISO 17 638	Kriterij: EN ISO 23278		
Aparat tip: Tiede permanentni magnet	Struja magneta: ----		
Sredstvo ispitivanja: TIEDEMF-655 WB	Jačina struje [A]: --		
Subi: DA	Jačina polja [kA/m]: 2-6		
Mokri: NE	Razmak elektroda [mm]: 140		
Fluorescentni: NE	Demagnetiziranje: NE		
Magnetiziranje: Spojno longitudinalno	Etalon: MTU-3, MT-Y-AC4712		
Kvalitet površine: Brušeno	Osjetljivost: 10 µm		

IZVJEŠTAJ O MAGNETNOM ISPITIVANJU		I.br.: 057/19 Kl.br.: 114.02303810 Lis 33 Listova 39	
--------------------------------------	--	--	--

Datum	Zona	Indikacija	Položaj indikacije			Greška
			x mm	y mm	l mm	
21.11.2019.	1 D	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	1 L	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	2 D	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	2 L	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	3 D	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	3 L	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	4 D	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	4 L	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	5 D	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	5 L	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	6 D	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	6 L	-	-	-	-	OK

4.3. Izvještaj o ultrazvučnom ispitivanju

Zavareni spojevi na čvornim mjestima br. 1, 2, 3, 4, 5 i 6 zadovoljavaju uslove iz N ISO 11 666.

IZVJEŠTAJ O ULTRAZVUČNOM ISPITIVANJU		I.br.: 057/19
		Kl.br.: 114.02303810
		List: 34 Listova 39
Objekat: Bager SRs 402- int.br. 5	Pozicija: Zavareni spojevi na „Kritičnim mjestima“	
Ugovor: 475/19	Br. komada: 6 zona prema skici	

PODACI O ISPITIVANJU

Materijal:	Postupak zavarivanja:				
Obim ispitivanja: Odredio naručilac	Ispitivanje izvedeno:				
Ispitivanje prema: EN ISO 17 640	Kriterij: EN ISO 11 666				
Aparat TIP: KRAUTKRAMER USM 35	Test blok: V1, V2				
Sonda	Ugao [°]	Frekvencija [MHz]	OSJETLJIVOST		
MWB4	60	4	Skala	Dijagram	Ekviva.
MWB4	45	4	---	DA	φ 3mm
---	---	---	---	DA	φ 3mm
Prigušenje [dB/m]: 4			Pojačanje [dB]: 52/48		
Kontaktno sredstvo: Litijeva mast			Kvalitet površine: Brušeno		

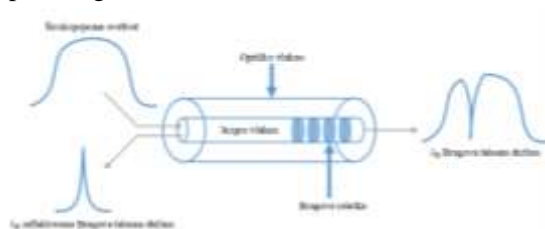
IZVJEŠTAJ O ULTRAZVUČNOM ISPITIVANJU		I.br.: 057/19
		Kl.br.: 114.02303810
		Lis 35 Listova 39

Datum	Zona	Indikacija	Položaj indikacije			Greška
			x mm	y mm	l mm	
21.11.2019.	1 D	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	1 L	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	2 D	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	2 L	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	3 D	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	3 L	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	4 D	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	4 L	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	5 D	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	5 L	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	6 D	-	-	-	-	OK
21.11.2019.	6 L	-	-	-	-	OK

5. SAVREMENE METODE ISPITIVANJA - FIBER BRAGG-OVI OPTIČKI SENZORI

Još jedna, potpuno nova tehnologija sa ciljem ocjene trenutnog tehničkog stanja sistema koja izrasta u standard jeste višemedno optičko vlakno sa ugrađenom Bragovom rešetkom. Bragova rešetka je element mehaničkog optičkog filtera koji je ugrađen unutar vlakna i koji ima promenjivi index prelamanja zraka svjetlosti. Taj dodatni optički element je utisnut ili ugrađen u uobičajeno višemedno optičko vlakno. Bragova rešetka djeluje tako, što je filter podešen da reflektuje samo veoma uske, tačno definisane, opsege talasnih dužina emitovane svjetlosti koja putuje duž vlakna, omogućavajući na taj način da svjetlost svih ostalih talasnih dužina, koje postoje u njenom višemednom talasnom opsegu, nesmetano prođe kroz taj filter. Radi se o svojevrsno sazdanom optičkom filteru, potpuno zavisnom od strogo definisanog položaja i fizičkog rasporeda svojih elemenata. Bragove rešetke su osjetljive na promene temperature, naprezanja, pritiska, vibracija, sila, savijanja i drugo.

Zbog toga, kada se dogodi da se optičko vlakno neznatno savije ili pomjeri, istog momenta se i ta fina, sitna rešetkasta struktura malo promjeni, a s njom se mijenjaju i talasne dužine reflektovane svjetlosti, što ne ostaje neprimijećeno od strane veoma kvalitetnog i preiznog kontrolera.



Slika 9 - Princip rada optičkog vlakna sa Bragovom rešetkom

Kako bi se utvrdila promjena mjerene veličine, porebno je očitati promjenu Bragove talasne dužine. Ispitivanje Bragg-ovim optičkim senzorom podrazumeva očitavanje i konvertovanje ovog pomjeraja talasne dužine u promjenu električnog signala koja se može izmeriti korišćenjem standardnih mjernih uređaja [9].

Ugradnjom fiber – Bragovih optičkih senzora na čvorna mjesta čelične konstrukcije bagera SRs-402 15/1,5 (komada 3) i odlagač A2RsB8500.60 (komada 1), moguće je u svakom trenutku vremena, pratiti ocjenu trenutnog stanja čelične konstrukcije bagera i odlagača.

Kako se radi o kompatibilnoj opremi fiber – Bragov optički senzor, šalje povratni signal na monitor - displej kod rukovaoca bagera ili na zvučno - alarmnu signalizaciju bagera, kako bi u slučaju pojave pukotina ili svake promjene stanja čelične konstrukcije bagera, upozorio rukovaoca da bager zaustavi.

Ugradnjom opreme fiber – Bragovih optičkih senzora na konstrukcije bagera i odlagača one postaju „SMART“ konstrukcije. Fiber – Bragova optička tehnologija je trenutno u svijetu najsavremenija oprema za ocjenu trenutnog stanja tehničkog sistema.

6. ZAKLJUČAK

U toku ispitivanja kritičnih mjesta čelične konstrukcije rotornih bagera SRs 402 interni broj 3,4 i 5 kao i odlagača A2RsB8500.60 od strane konzorcija TTUD Maneco d.o.o. Kakanj i Energoinvest – Institut za materijale i kvalitet „IMQ“ d.o.o./Laboratorija za ispitivanje bez razaranja Sarajevo, uočena su oštećenja (pukotine) na rotornim bagerima SRs 402 interni broj 3, 4 i 5 i to na dijelu noseće čelične konstrukcije bagera (pilon) [3].

U skladu sa rezultatima navedenog izvještaja, neophodno je izvršiti sanaciju oštećenih mjesta (pukotine) na dijelu noseće čelične konstrukcije rotornih bagera SRs 402 interni broj 3, 4 i 5. Radove na sanaciji

oštećenih mjesta moraju se izvršiti sa kvalifikovanim osobljem i opremom sa tehnologijom zavarivanja u skladu sa EN 473 i stručnom osposobljenosti zavarivača u skladu sa BAS EN ISO 9606-1.

Poznavanje stanja i ponašanje rotornih bagera i pridružene opreme u svakom trenutku je osnovni cilj dijagnostike. Na taj način mogu da se osiguravaju optimalni parametri funkcionisanja sistema, ali i da se predvidi pogodan rok do eventualne revitalizacije i rekonstrukcije, da bi dalji rad bio siguran i ekonomičan. Ovakvim pristupom se definišu osnovni i posebni zahtjevi za pouzdano i trajno korišćenje rotornih bagera [4].

LITERATURA

- [1] Adamović Ž *Tehnička dijagnostika*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1996.,
- [2] Tehnički propisi za pregled i ispitivanje nosivih čeličnih konstrukcija, *Sl. l. 6/65*.
- [3] Veispahić N, Koro A, *Izveštaj - Ispitivanje metodom bez razaranja, kritičnih mjesta čelične konstrukcije rotornih bagera SRs-402 i odlagača A2RsB-8500.60*, Konzorcij TTUD Maneco d.o.o. Kakanj i Energoinvest – Institut za materijale i kvalitet „IMQ“ d.o.o./Laboratorija za ispitivanje bez razaranja Sarajevo, pp 5-39, 2019.
- [4] D. Daničić, T. Maneski, D. Ignjatović, *Dijagnostika stanja i ponašanja čelične konstrukcije rotornih bagera*, Integritet i vek konstrukcija, Broj 10 Beograd, pp 53-59, 2010.
- [5] Sonsino, C.M, Fischer G, *Local Assessment Concepts for the Structural Durability of Complex Loaded Components*, The First Symposium on Structural Durability, Darmstadt, 2005.
- [6] Zuber N, Ličen H, Klašnja-Miličević A, *Applied Remote Condition Monitoring of the Bucket Wheel Excavator*, Research and Design in Commerce and Industry, Vol.7, No25, pp.31-40, 2009.
- [7] Wang J, Yang, J. B, Sen P, *Safety analyses and synthesis using fuzzy sets and evidential reasoning*, Reliability Engineering and System Safety, Vol. 47, pp.103-118. 1995.
- [8] Maneski T, *Proračun naponskog stanja u radijalnim ravnima sprave C 700S primenom metode konačnih elemenata*, Projekat, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, 2000.
- [9] Aličić A, *Tehnička dijagnostika raspodjeljenih naprezanja građevinskih struktura fiber Bragg-ovim optičkim senzorima*, Magistarski rad, Tuzla 2013.

SUMMARY

TECHNICAL CONDITION DIAGNOSTICS AND MATERIAL TESTING OF CRITICAL POINTS OF STEEL STRUCTURE OF ROTARY EXCAVATORS AND DEPOSITORS

In Bosnia and Herzegovina, significant coal production takes place in surface mines, which requires continuous work on the maintenance of machines and devices for surface exploitation. The complexity of the construction of rotary excavators, their high cost, and high costs of failure and maintenance, indicate the need for research and development of an efficient diagnostic system. The subject of research are the steel structures of three rotary excavators SRs 402 15 / 1.5 (piece 3) and the depositor A2RsB8500.60 (piece 1), which are in the process of coal production and overburden, at the open pit mine „Dubrave“ in Dubrave JP Elektroprivreda BiH ZD Rudnici „Kreka“ in Tuzla.

Key words: *diagnostics, maintenance, rotary excavator, steel structure, fatigue*