

ANALIZA POUZDANOSTI VALJAČKIH VALJAKA KAO SVOJSTVA KVALITETA MAŠINSKOG SISTEMA

ANALYSIS OF RELIABILITY OF ROLING ROLLS AS FEATURE OF MACHINE SYSTEM QUALITY

doc.dr.Mustafa Imamović
Mašinski fakultet u Zenici
Zenica

Ključne riječi: pouzdanost, valjački valjci, otkazi valjaka, funkcije pouzdanosti

REZIME:

Valjački valjci su veoma bitni konstrukcioni elementi valjačkih stanova. Pored ove funkcije oni obavljaju i funkciju alata u toku proizvodnog procesa valjanja. Njihov kvalitet je bitan na kvalitet valjanog proizvoda, a njihov vijek trajanja i učestalost otkaza veoma su značajni sa aspekta cijene koštanja valjanih čeličnih proizvoda.

U ovom radu je vršena analiza pouzdanosti valjaka koji pripadaju linijskoj valjačkoj pruzi za proizvodnju srednjih čeličnih profila. Pri tome se došlo do rezultata koji pokazuju nivo pouzdanosti valjaka za različite uslove rada. Utvrđeni rezultati mogu da posluže za ocjenu kvaliteta valjaka kao i baza za planiranje aktivnosti u proizvodnji valjaka i njihovoj eksploataciji sa ciljem poboljšanja ukupnog kvaliteta.

Keywords: reliability, rolling rolls, rolls failures, reliability functions

SUMMARY:

Rolling rolls are very essential construction element of rolling stands. Besides this function, they perform and tools function during the productive rolling process. Their quality are essential to quality of rolled product, and their lifetime and frequency of failure are very important with aspect of cost price rolled steel products.

In this paper is performed rolls reliability analysis which fall to linear rolling track for produce middle steel sections. At that we came to results which demonstrate level of rolls reliability for different operating conditions. Established results to be able to serv for estimate rolls quality as and base for planning of activity in rolls production and their use with improvement total quality target.

1. UVOD

U strukturi troškova prerade na valjaonicama, valjački valjci učestvuju sa 5 do 15% u ukupnim troškovima. Oni se mogu svrstati u veće troškove zajedno sa troškovima polu fabrikata i energije. Zbog takvog značaja veoma je bitno da su valjci u eksploataciji kvalitetni tj. da njihova postojanost u radu bude što duža, bez otkaza, kako bi se ovi troškovi sve više umanjili. Prijevremeni otkazi valjaka u radu mogu imati negativan ekonomski efekat u

proizvodnom procesu. Dakle, cilj je da valjci budu takvih karakteristika da rade sa što manje otkaza tj. da imaju visok nivo pouzdanosti.

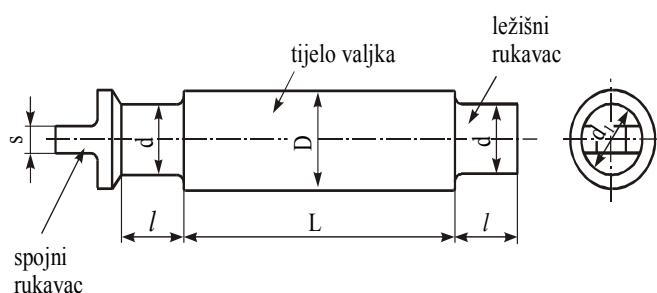
U cilju uspostavljanja pokazatelja kvaliteta postavlja se zahtjev uspostavljanja modela utvrđivanja i praćenja pouzdanosti valjaka u toku rada i predviđanja rada u budućnosti. To podrazumijeva praćenje stanja, registrovanje pojava, te donošenje odluka na osnovu prikupljenih informacija, te predviđanje rada valjaka. Ukoliko se sve ove aktivnosti detaljno sagledaju tj. ukoliko se uspostavi adekvatan model pouzdanosti to će utjecati na smanjenje troškova za nabavku valjaka, a time i niže jedinične cijene valjanih proizvoda.

Uspostavljanje opšteg modela je veoma otežano zbog veoma širokog asortimana valjanja i njenog utjecaja na pouzdanost valjaka. Zbog toga je u ovom radu dat primjer rješenja problema, utvrđivanja pouzdanosti valjaka na valjaonicama za valjanje srednjih profila. Rezultati do kojih se došlo su utvrđeni na srednjoj profinjenoj valjaonici i mogu se koristiti za slične valjaonice.

2. KARAKTERISTIKE VALJAKA I VRSTE NJIHOVIH OTKAZA

2.1. Osnovne karakteristike valjaka

Valjci su osnovni elementi valjačkih stanova na kojima se vrši plastična deformacija metala tj. na njima se odvija proces valjanja. Za različite vrste valjačkih stanova upotrebljavaju se različiti valjci po veličini, obliku i vrsti materijala.

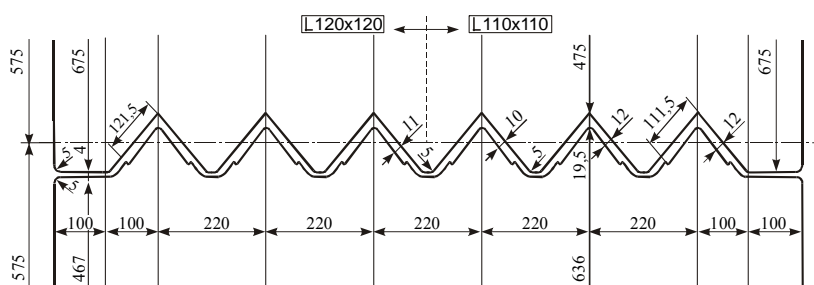


Slika 1. Valjački valjak.

Dio valjka na kojem se izvodi valjanje zove se tijelo valjka, a dijelovi na kojima se valjak oslanja u ležajevima zovu se ležišni rukavci, slika 1. Tijelo valjka može biti različito izvedeno. Ono može biti glatko – glatki valjci, stepenasto, kalibrovano, konično i ekscentrično kalibrovano.

Kalibrovani valjci, imaju na svojoj površini urezane žljebove, kanale specijalnog oblika, slika 2.

Kada su dva valjka u paru, tada žljebovi u oba valjka zajedno čine otvore, tzv. kalibre kroz koje se propušta valjani materijal.



Slika 2. Kalibracija radnog dijela valjka

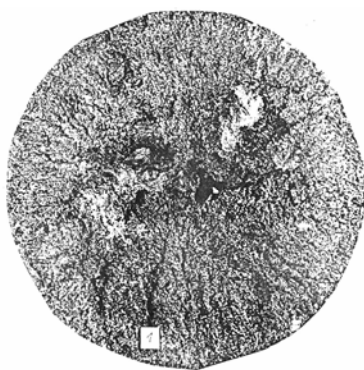
Kalibrovani valjci služe za valjanje prostih i fazonskih profila različitog oblika. Na glatkim valjcima se valjaju plosnati profili, limovi i trake. Glavne dimenzije valjačkih valjaka su: promjer i dužina tijela valjka, promjer i dužina ležišnog rukavca, te promjer i dužina spojnog rukavca. One se određuju u postupku proračuna na osnovu mjerodavnog opterećenja.

Promjer valjaka D nije stalna veličina, pošto se valjci tokom rada troše (kod profilnih valjaka

troše se kalibri) i kada se istroše do određene granice moraju se čistiti, tj. sa radne površine skida se određeni sloj materijala dok se ne dobije čista radna površina, odnosno kalibri propisane geometrije. Debljina sloja koja se skida je 1 – 5 mm za manje valjke a 5–10 mm za veće valjke. Broj prečišćavanja je različit za određene vrste valjaka i on se definiše konstruktivno, a zavisi od debljine sloja koji se skida u toku jednog prečišćavanja.

2.2. Oblici otkaza valjaka

Osnovni oblici kritičnih stanja valjačkih valjaka su: lomovi valjaka i istrošenost (habanje) radnih kalibara. Pri tome su lomovi valjaka česta pojava i javljaju se kao lomovi zamora i statički lomovi.

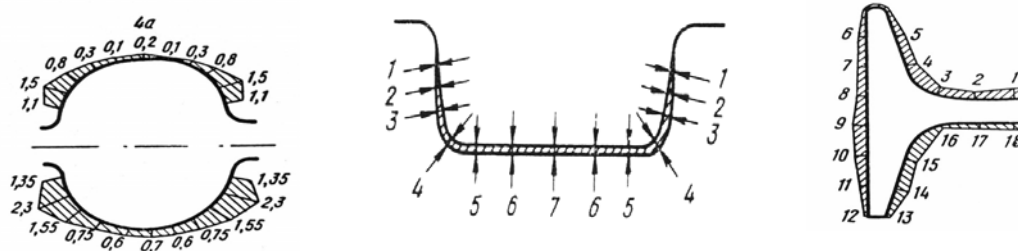


Slika 3. Izgled loma valjka

Statički lomovi nastaju uslijed naglog povećanja opterećenja koja se javljaju kao posljedica određenih pojava u toku deformacije valjanog materijala. Lomovi uslijed zamora nastaju kada su radni naponi izazvani opterećenjem veći od dinamičke izdržljivosti materijala od koga je napravljen valjak. Inicijalno mjesto nastanka lomova su lokacije najvećih koncentracija radnih napona: radni kalibri i rukavci valjaka na pogonskoj strani valjka gdje je utjecaj opterećenja najveći, slika 3.

Istrošenost radnih kalibara valjaka su stalna pojava zbog tehnološkog procesa koji se obavlja i funkcije valjaka u tom procesu, slika 4.

Zbog toga valjci poslije određenog perioda rada (određene količine izvaljanog materijala) dolaze u kritično stanje, kada ne ispunjavaju svoju funkciju te ih je neophodno zamijeniti. Dakle, valjak je došao u stanje otkaza. Nakon toga se ovi valjci ponovo tokare, te im se formira propisan oblik i dimenzije kalibara uz smanjenje ukupnih dimenzija. Ovakav postupak se ponavlja sve dok valjak ne dostigne kritične konstrukcione dimenzije.



Slika 4. Istrošenost kalibara valjaka

Habanje valjaka zavisi od veoma mnogo utjecajnih faktora a najznačajniji su: mehaničke karakteristike valjaka i valjanog materijala, temperatura valjanog materijala, stepen redukcije, brzina deformacije, proklizavanje materijala, sila trenja, efikasnost hlađenja itd. Veoma je teško odrediti utjecaj svakog od faktora jer su oni međuovisni. Postoje metode za određivanje njihovog utjecaja ali se ovdje ne obrađuju.

3. METODOLOGIJA UTVRĐIVANJA POUZDANOSTI VALJAKA

3.1. Definicija pouzdanosti

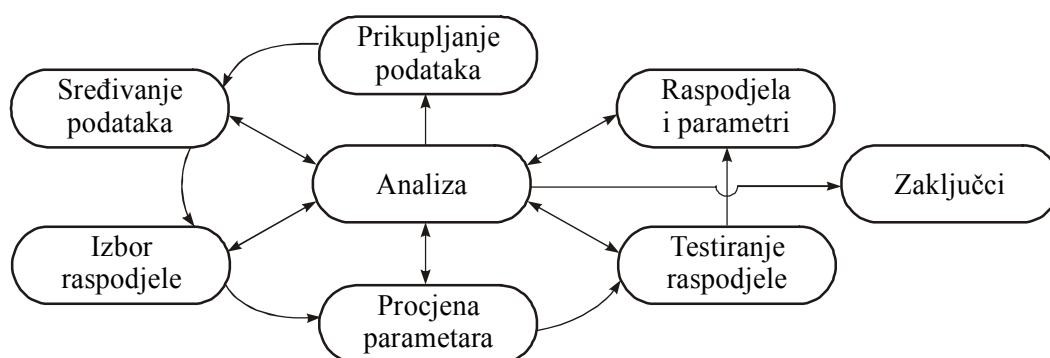
Pouzdanost intuitivno podrazumijeva uspjeh i predstavlja vjerovatnoću da će sistem (dio) uspješno funkcionisati u određenom vremenskom intervalu. Drugim riječima, pouzdanost podrazumijeva da u određenom intervalu vremena nije bilo otkaza. Shodno tome definicija pouzdanosti je: *Pouzdanost je vjerovatnoća da će sistem / konstrukcija (element, komponenta ili proizvod) raditi bez otkaza u određenom vremenskom intervalu u specificiranim uslovima i sa definisanim performansama* [1].

3.2. Tok analize pouzdanosti

Za određivanje pouzdanosti valjaka neophodno je posjedovati određene podatke koji karakterišu valjke, vrijeme u radu i otkazu. Ovi podaci koji nastaju kao rezultat praćenja ponašanja valjaka tokom njihovog korištenja su slučajnog karaktera i nastaju pod dejstvom velikog broja utjecajnog faktora. Kao takvi oni se ne mogu upotrijebiti. Zato je pronalaženje adekvatnog matematičkog modela, od ovih podataka kojim se može predstaviti zakonitost (raspodjela) ponašanja sa aspekta pojave otkaza, jedan od osnovnih elemenata prognoziranja i optimizacije pouzdanosti.

Na osnovu ovako utvrđenog oblika raspodjela može se donijeti zaključak o uzroku pojave otkaza. Tako npr., logaritamska normalna raspodjela pojave otkaza upućuje na mogućnost njihove pojave uslijed zamora, normalna raspodjela na pojavu otkaza uslijed istrošenosti (habanja), hipereksponecijalna na pojavu otkaza uslijed ne efikasnog održavanja itd. [2].

Analizu pouzdanosti valjaka primjenom odgovarajućeg oblika raspodjele na osnovu podataka iz eksploatacije moguće je izvršiti realizacijom slijedećih aktivnosti: procjena pokazatelja pouzdanosti, određivanje teorijskog zakona raspodjele i testiranja teorijskog modela raspodjele. Dakle, u cilju određivanja parametara pouzdanosti valjaka neophodna je obrada podataka o ponašanju valjaka sa aspekta pojave otkaza u realnim uslovima eksploatacije. Ona se može provesti prema definisanom toku, slika 5. Ovo je opšti tok analize. Za određene elemente neka od aktivnosti može biti posebno definisana.



Slika 5. Tok analize pouzdanosti

Treba napomenuti da način analize podataka, kao veoma bitna aktivnost, zavisi od ukupnog broja podataka u eksperimentu. U odnosu na broj podataka postoje dvije različite procedure i to: metoda rangiranja i metoda relativnih frekvenci. Metoda rangiranja se primjenjuje kada je broj parametara u skupu manji od 50, a metoda relativnih frekvencija za skupove veće od 50 [3].

4. EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE POUZDANOSTI VALJAKA

U cilju provjere metodologije i primjene toka analize pouzdanosti na valjcima valjaonica proveden je postupak praćenja i ponašanja valjaka. Prikupljeni su podaci o stanju valjaka u radu na jednoj srednjoj profilnoj valjaonici za toplo valjanje čeličnih profila. Analiza je imala za cilj utvrđivanje pouzdanosti valjaka s obzirom na istrošenost. Dakle, druge vrste otkaza ovdje nisu uzimane u obzir iako su bile prisutne. Treba naglasiti da je kod ovih valjaka ovakva vrsta otkaza najznačajnija.

Druga vrsta otkaza po značaju su lomovi valjaka koji se također pojavljuju u eksperimentu ali se i oni u ovom istraživanju nisu razmatrali zbog ograničenog cilja istraživanja.

Tabela 1. Vrijeme u radu i ostvarena proizvodnja na valjcima valjačkog stana $\phi 575$ (1)

Red broj	Vrijeme rada	Proizvodnja	t/sat		Red broj	Vrijeme rada	Proizvodnja	t/sat
	sati	t				sati	t	
1	609,0	29378	38,38		11	2579,0	67075	26,16
2	1156,0	37242	32,24		12	5669,0	124837	22,02
3	2709,0	90939	33,56		13	2397,0	57926	24,26
4	2345,0	88727	37,83		14	4505,0	108847	23,05
5	2232,0	80916	36,25		15	4398,0	105324	23,94
6	1212,0	30017	24,76		16	4477,0	102367	22,86
7	1188,0	32377	27,25		17	1991,0	41031	20,60
8	523,0	17975	34,36		18	4385,0	104800	23,82
9	3021,0	78903	26,11		19	2973,0	72591	24,41
10	636,0	17178	27,01		20	2579,0	58800	22,79
Materijal valjaka P-18A; konačan proizvod: UNP, INP, okrugli profili, R-110					Materijal valjaka P-18A; konačan proizvod: UNP, INP, okrugli profili, R-110			

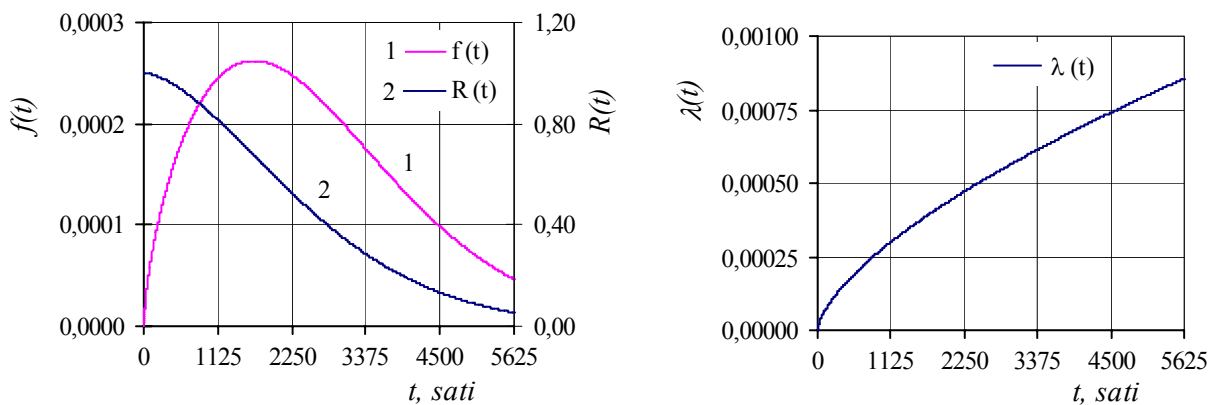
Rezultati prikupljanja podataka o vremenu rada valjaka na jednom valjačkom stanu $\phi 575$ (1) su dati u tabeli 1., a eksperiment i proračun je proveden za valjke na četiri ista valjačka stana srednje valjaonice. Vremenska slika stanja valjaka je utvrđena na osnovu prethodno definisane strukture i bloka dijagrama kao i prethodno postavljenog informacionog sistema iz kojeg su se naknadnim postupkom utvrdile sve bitne veličine o otkazima valjaka.

Red broj	Valjački stan	Parametar raspodjele	
		β	η
1	$\phi 575$ (1)	1,65	2941,77
2	$\phi 575$ (2)	1,33	1036,19
3	$\phi 575$ (3)	1,41	730,72
4	$\phi 575$ (4)	1,73	690,15

Tabela 2. Parametri Weibull-ove raspodjele valjaka

Nakon ovoga su za podatke o vremenu u radu valjaka utvrđeni statistički pokazatelji skupa podataka. Pod ovim se podrazumijeva određivanje vrijednosti slučajno promjenljivi koje na određen način pokazuju spektar njenih mogućih promjena, odnosno osobina raspodjele. Provodeći metodologiju datu na slici 5. došlo se do zaključka da se ovi podaci o otkazima mogu najbolje prikazati na osnovu teorijske Weibull-ove raspodjele definisane sa parametrima β i η [3].

U tabeli 2. su dati utvrđeni parametri Weibull-ove raspodjele β i η za različite valjačke stanove (1, 2, 3 i 4) tj. njihove valjke. Grafički prikaz funkcije raspodjele pouzdanosti i gustine otkaza na osnovu prethodno provedenog postupka su dati na slici 6.



Slika 6. Funkcije pouzdanosti, gustine i intenziteta otkaza valjaka valjačkog stana $\phi 575$ (1)

Tabela 3. Teorijske vrijednosti pokazatelja pouzdanosti valjaka valjačkog stana $\phi 575$ (1)

Red. br.	Vrijeme t, sati	Učestanost, $f(t)$	Pouzdanost, $R(t)$	Intenzitet otkaza, $\lambda(t)$
1	0	0,000000	1,000000	0,000000
2	560	0,000179	0,937403	0,000191
3	1120	0,000244	0,816267	0,000299
4	1680	0,000262	0,672662	0,000390
5	2240	0,000248	0,528570	0,000470
6	2800	0,000216	0,397887	0,000543
7	3360	0,000176	0,287860	0,000612
8	3920	0,000136	0,200649	0,000677
9	4480	0,000100	0,135014	0,000738
10	5040	0,000070	0,087843	0,000797
11	5625	0,000046	0,054167	0,000856

Tabela 4. Teorijske vrijednosti pokazatelja pouzdanosti valjaka valjačkog stana $\phi 575$ (2)

Red. br.	Vrijeme t, sati	Učestanost, $f(t)$	Pouzdanost, $R(t)$	Intenzitet otkaza, $\lambda(t)$
1	0	0,000000	1,000000	0,000000
2	280	0,000699	0,839044	0,000834
3	560	0,000674	0,643311	0,001048
4	840	0,000562	0,469373	0,001198
5	1120	0,000434	0,329941	0,001317
6	1400	0,000319	0,224945	0,001417
7	1680	0,000225	0,149385	0,001505
8	1960	0,000153	0,096929	0,001584
9	2240	0,000102	0,061591	0,001655
10	2520	0,000066	0,038394	0,001720
11	2800	0,000042	0,023515	0,001781

5. ZAKLJUČCI

Na osnovu istraživanja datog u ovom radu mogu se izvesti slijedeći zaključci:

- Istrošenost valjaka je jedan od bitnih oblika otkaza u radnom vijeku.
- Testiranjem većeg broja valjaka moguće je utvrditi funkcije pouzdanosti valjaka. Testiranje se može obaviti primjenom toka analize date na slici 5.
- Funkcije pouzdanosti se za valjačke valjke, kao što je pokazalo istraživanje, mogu prikazati pomoću Weibull-ove raspodjele sa parametrima β i η . Vrijednosti su im date u tabeli 2.
- Za valjačke valjke srednje profilne valjaonice od datog materijala i pri datim uslovima rada za vrijeme $t > 2800$ sati pouzdanost počinje intenzivno opadati $< 0,397$.
- Ovi podaci do kojih se došlo istraživanjem mogu da posluže za bolje planiranje održavanja i eksploatacije kao i poduzimanju određenih mjera u cilju povećanja kvaliteta valjaka. Time se mogu sniziti troškovi proizvodnje na ovakvim valjaonicama.

6. LITERATURA

- [1] Zeljković V., Papić Lj.: Testiranje pouzdanosti, Lola institut, Beograd, 2001.
 [2] Vujanović N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Vojno izd. i novinski centar Beograd, 1987.
 [3] Imamović M., Konstrukcioni aspekti izbora i proračuna pouzdanosti osnovnih dijelova valjačkih stanova, Zenica, 2004.