

**POVEĆANJE KVALITETA SPOJNOG MJESTA
NA ROTORIMA ASINHRONIH MOTORA
PRIMJENOM TEHNOLOGIJE TVRDOG LEMLJENJA**

**ROTORS JOINT QUALITY IMPROVEMENT OF
ASYNCHRONOUS MOTORS WITH THE APLICATION OF
HARD SOLDER TEHNOLOGY**

Dr sci. Kazafer Bečić, docent
Dr sci. Muhamed Mehmedović, docent
Dr sci. Emir Šarić, docent

Univerzitet u Tuzli
Mašinski fakultet

REZIME

Unapređenje postojećih tehnoloških i proizvodnih procesa te uvođenjem novih postupaka i tehnologija spajanja kaveza rotora visokonaponskih asinhronih motora čini jedan od najvažnih elemenata za postizanje kvaliteta spoja. Analiza postignutog kvaliteta spoja izvršena je komparacijom vremena trajanja motora u radu izrađenog postojećom i novom tehnologijom tvrdog lemljenja.

Ključne riječi: zastoj 1, naprezanje 2, zalemljeni spoj 3, tehnologija lemljenja 4

SUMMARY

Improvements of existing technological and production processes, and also introduction of new joining procedures and technologies, in joining squirrel-cage rotors of high-voltage asynchronous motors are vital in achieving the best quality of joint. Analisis of achieved joint quality was conducted by comparing lifetime of motors produced with existing technology and those produced with the aplication of hard solder technology.

Key words: brakedown 1, stress 2, solder 3, solder technology 4

1. UVOD

Vlastitim istraživanjima i praćenjem literature došlo se do spoznaje da kvarovi na rotorima kaveznih motora predstavljaju sve veći procenat ukupnih otkaza motora. To se naročito odnosi na veće i velike asinhronne kavezne motore, koji rade u teškim uslovima rada (vlazi, nečistoći, vibracijama) u kojima usljed velikih preopterećenja rotorskog kratkospojnog kaveza dolazi do pucanja kaveza, a manifestuje se u obliku pucanja štapa ili segmenta kratkospojnog prstena. Nakon što je došlo do pucanja ili odvajanja od prstena jednog štapa, zbog povećanih termičkih i mehaničkih naprezanja, dolazi do pucanja ili odvajanja i susjednih štapova. Ukoliko lim paket rotora nije pažljivo i čvrsto složen, posebno kod brzohodnih motora, može doći do pucanja ili deformiranja krajnjih limova u dnu utora (zuba)

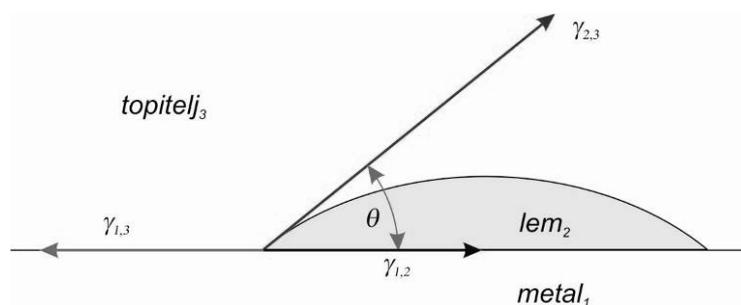
[01]. Otrgnuti komadići lima (zubi) zabijaju se velikom brzinom u statorski namot, što znači stvaranje međuzavojskih spojeva i potpuno uništenje namota.

2. UTJECAJNI FAKTORI NA ČVRSTOĆU ZALEMLJENOG SPOJA

Zalemljeni spoj nije homogeno tijelo, već je heterogeni sklop različitih materijala, s različitim fizičkim i hemijskim svojstvima. U najjednostavnijem slučaju sklop se sastoji iz osnovnog i dodatnog metala. Pri proučavanju čvrstoće takvog heterogenog spoja ne vrijede pojednostavljene pretpostavke teorije elastičnosti, koje vrijede za homogena metalna tijela, gdje se deformacije usljed vanjskih sila prenose jednoliko od površine ili mase na susjedna područja. Nije dovoljno poznavanje čvrstoće dodatnog i osnovnog metala da bi se mogla predvidjeti i čvrstoća zalemljenog spoja kao cjeline, već treba uzeti u obzir i sljedeće utjecajne faktore:

- čvrstoća osnovnog materijala,
- hemijski sastav talila,
- veličina i kvalitet pripremljene površine za lemljenje,
- veličina zazora,
- oblik spoja,
- postupak lemljenja,
- temperatura lemljenja,
- vrijeme lemljenja.

U zavisnosti o izabranom postupku lemljenja i obliku radnog komada, rastopljeni lem je u dodiru s površinom radnog komada u vremenu od nekoliko sekundi do nekoliko minuta. Usljed toga dodira dolazi do međusobne difuzije između lema i osnovnog materijala [02]. Širina te zone zavisi od vrsti osnovnog materijala i primijenjenom lemu te o parametrima lemljenja. Vrsta i veličina difuzione zone i njezina istežljivost imat će veliki utjecaj i na mehanička svojstva cjelokupnog zalemljenog spoja. Na *Slici 01.* je prikazana napetost površina kod kvašenja osnovnog metala lemom.



Slika 01. Napetosti graničnih površina kod kvašenja osnovnog metala lemom

2.1. Greške u zalemljenom spoju

Od ukupnog broja grešaka kod tvrdo lemljenih spojeva, značajan udio čine greške uzrokovane pri izvođenju procesa lemljenja [03]. Nakon procesa lemljenja provodi se vizuelna kontrola zalemljenih spojeva. Ispitivanja se provode u cijelosti (100%) ili statističkim uzorkovanjem. Preporučuje se 100% ispitivanje. Mehanička i metalurška ispitivanja koja su destruktivna i zahtijevaju izradu posebnih uzoraka, moguća su jedino u

laboratoriju, u fazi razvoja i izrade prototipa, te prilikom povremene ocjene sposobnosti i stabilnosti procesa automatskog lemljenja. Pri vizuelnom pregledu, registriraju se greške, upisuju u statističke listove, obrađuju se i na osnovi njih se daje ocjena kvalitete zalemljenih spojeva.

Kvalitet spojeva manifestuje se pri izvođenju tehnoloških procesa. Sve greške nisu istoga stepena utjecajnosti na funkcionalnost lemljenog sklopa. Sama provjera spoja vrši se postupkom bez razaranja.

3. KOMPARIJACIJA VREMENA TRAJANJA MOTORA U RADU IZRAĐENOG POSTOJEĆOM I NOVOM TEHNOLOGIJOM REGRESIONOM ANALIZOM

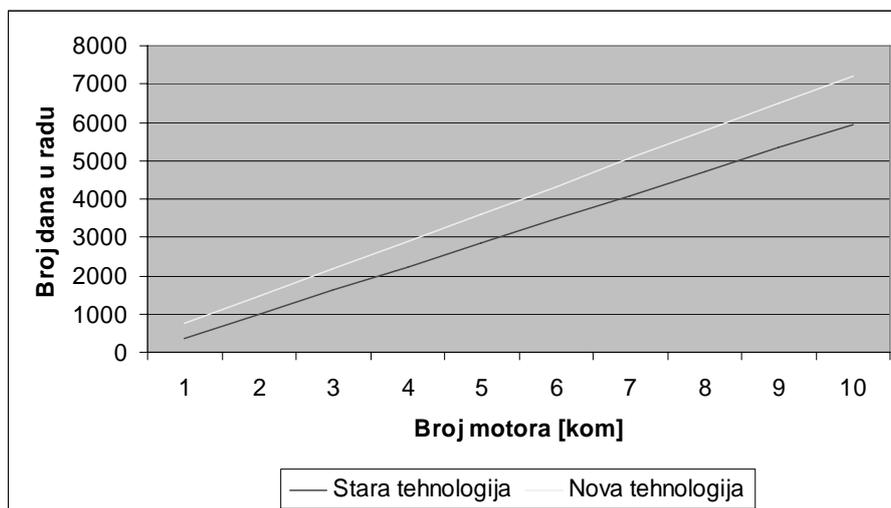
Grupišući motore približno istih ili sličnih uslova rada i približnih snaga moguće je formirati skupinu uzoraka koja će regresionom analizom omogućiti komparaciju postojeće i nove tehnologije spajanja po kriteriju broja dana provedenih u radu i cijene reparacije.

Skupine motora koji su remontovani čine motori (pogonske jedinice) slijedećih radnih pogona :

- drobilčnih postrojenja,
- rashladnih ventilatora i
- mlinskih postrojenja.

Kako je osnovni pokazatelj kvaliteta primijenjenih tehnologija na rotoru visokonaponskih asinhronih motora dužina vršenja funkcije kriterijuma u datom području, odnosno sistemu sa projektovanim vremenom i datim uslovima okoline, izvršeno je poređenje vremena između dva zastoja motora, čiji su namoti rotora izrađeni novim i postojećim tehnologijama tvrdog lemljenja, metodom regresione analize[04].

Komparacije postojeće i nove tehnologije izrade kaveza rotora po prethodnim kriterijima date su u *Tabeli 01.* i na *Dijagramima 01.* i *02.*

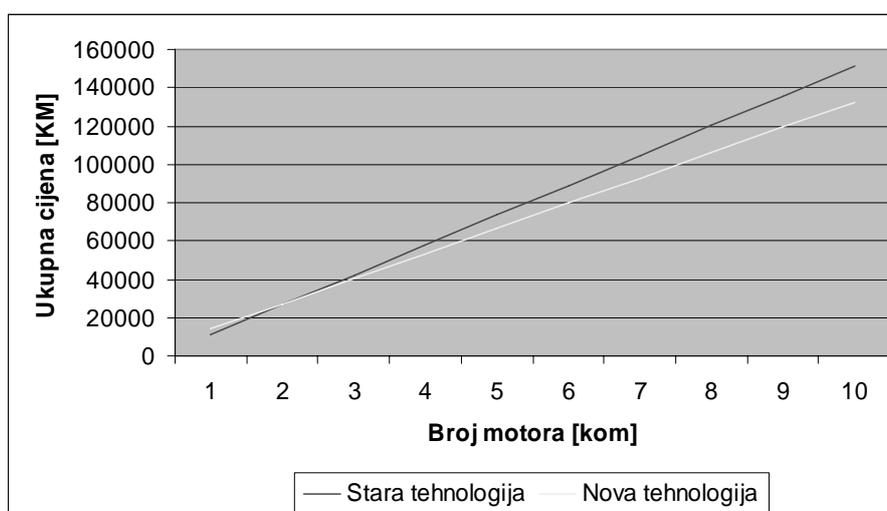


Dijagram 01. - Prikaz odnosa postojeće i nove tehnologije izrade kaveza rotora u zavisnosti od vremena provedenog u radu prema tabeli 01

Tabela 01. - Tabelarni prikaz frekventnog prolaza motora približnih snaga 500 kW korištenih za pogon rashladnih ventilatora za određeni vremenski period sa cijenom koštanja opravke kavezatorora

PRIMJENA POSTOJEĆE TEHNOLOGIJE za izradu namota rotora (od 1994. do 1999.) (garancija za izvedene radove 6 mjeseci)					PRIMJENA NOVE TEHNOLOGIJE za izradu namota rotora (od 1999. do 2004.) (garancija za izvedene radove 12 mjeseci)				
Mot or broj	Datum dopreme	Datum otpreme	broj dana u pogonu	Cijena irade namota [KM]	Mot or broj	Datum dopreme	Datum otpreme	broj dana u pogonu	Cijena izrade namota [KM]
1	21.03.1994	18.04.1994	628	14.800	1	07.09.2000	05.10.2000	733	13.600
1	06.01.1996	03.02.1996	611	14.600	1*	08.10.2002	05.11.2002	692	13.400
1	06.10.1997	03.11.1997	513	14.500	2	03.11.1999	01.12.1999	790	13.600
1	31.03.1999	28.04.1999	526	13.900	2	29.01.2002	26.02.2002	771	13.300
2	05.08.1993	02.09.1993	586	14.700	2*	07.04.2004	05.05.2004	145	13.100
2	12.12.1994	09.01.1995	572	14.700	3	15.03.2001	12.04.2001	770	13.500
2	18.09.1996	16.10.1996	490	14.500	3*	22.05.2003	19.06.2003	466	13.300
2	03.02.1998	03.03.1998	610	14.200	4	06.03.2000	03.04.2000	704	13.400
3	08.05.1996	05.06.1996	558	14.400	4	28.02.2002	28.03.2002	696	13.200
3	15.12.1997	12.01.1998	612	14.200	4*	22.02.2004	21.03.2004	190	13.100
3	16.09.1999	14.10.1999	518	13.800	5	08.01.2001	05.02.2001	679	13.400
4	22.02.1994	22.03.1994	420	14.700	5*	16.12.2002	13.01.2003	623	13.100
4	16.05.1995	13.06.1995	572	14.700	6	23.03.2001	20.04.2001	722	13.500
4	05.01.1997	02.02.1997	590	14.300	6*	12.04.2003	10.05.2003	506	13.200
4	15.09.1998	13.10.1998	510	14.100					
5	16.06.1996	14.07.1996	572	14.400					
5	06.02.1998	06.03.1998	531	14.000					
5	19.08.1999	16.09.1999	480	13.600					
6	03.10.1994	31.10.1994	611	14.800					
6	03.07.1996	31.07.1996	571	14.500					
6	22.02.1998	22.03.1998	528	14.100					
6	01.09.1999	29.09.1999	541	13.900					

Iz dijagrama 01 se vidi da se primjenom nove tehnologije izrade namota rotora primjetno povećava broj dana provedenih u radu motora u odnosu na kaveze rotora izrađene starom tehnologijom.



Dijagram 02. - Prikaz odnosa postojeće i nove tehnologije izrade kaveza rotora u zavisnosti od cijene opravke kaveza rotora prema tabeli 01

Iz dijagrama se vidi da se novim tehnološkim postupkom troškovi izrade kaveza rotora smanjuju u odnosu na kaveze rotora izrađene postojećom tehnologijom.

4. ZAKLJUČAK

Jedan od vrlo prikladnih modela prikazivanja karakteristika pouzdanosti elemenata sistema, odnosno vremena rada elemenata sistema, do pojave otkaza je metoda regresione analize. Povezujući ukupan broj motora koji se nalaze u radu teških pogona približno istih snaga sa određenim vremenom trajanja stanja u radu predstavljena je onom pravom koja je urađena za stanje izrade kaveza rotora motora postojećom i novom tehnologijom.

Iz dijagrama se vidi da nova tehnologija izrade kaveza rotora motora pruža veću pouzdanost i duže stanje trajanja u radu uz manju cijenu izrade..

Imajući u vidu da motor ima svoj vijek trajanja, kao i da vrijednosti mehaničkih i električnih pokazatelja stanja padaju sa vremenom, odnosno brojem popravki, onda ovi rezultati imaju još veću vrijednost.

5. LITERATURA

- [1] Pavličević M.: O raspodjeli deformacija i naprezanja u rotorima kaveznih elektromotora pri teškim uvjetima pokretanja, Doktorska disertacija, Zagreb, 1990.
- [2] Kralj S.: Utjecajni faktori na čvrstoću zalemljenih spojeva, Zavarivanje, HDTZ, Zagreb, 1979.
- [3.] Hrestak M.: Fizikalno-hemijske pojave u procesu tvrdog lemljenja i njihov utjecaj na svojstva zalemljenog spoja I dio, Zavarivanje, HDTZ, Zagreb, 1977.
- [4] Bečić K.: Utjecaj reparature namota rotora na čvrstoću konstrukcije kod visokonaponskih asinhronih motora, Doktorska disertacija, Univerzitet u tuzli, Mašinski fakultet, 2005.

