

Pojava pukotina na ramovima obrtnih postolja lokomotiva serije JŽ 441

Dragan B. RAJKOVIĆ*

Rad primljen: 10. 5. 2004.
UDK 629.488:629.027 1/2:621.33 "JŽ 441"
Stručni rad

U ovom radu izložen je problem pucanja ramova obrtnih postolja na lokomotivama serije JŽ 441. Ova pojava evidentirana je u poslednjih nekoliko godina. Nema nikakvog pravila kada se i zbog čega pojavljuju pukotine na ramovima obrtnih postolja. Pukotine se javljaju na starim i novijim, kao i na ojačanim i neojačanim ramovima obrtnih postolja. Pojava pukotina ovakvog karaktera skrenula je pažnju od zamora materijala na javljanje prekomernih sila koje izazivaju pukotine. Praćenjem održavanja uočene su pojave koje su date u radu i koje mogu biti uzrok pojave pucanja ramova obrtnih postolja. Provera ovih razmišljanja može se izvesti samo merenjem napona pri simuliranju navedenih pojava.

Ključne reči: serija JŽ 441, pucanje ramova obrtnih postolja

1. Uvod

U ŽTP "Beograd" na lokomotivama serije 441 postoji ozbiljan problem pojave pukotina na ramovima obrtnih postolja. Ova pojava posebno je izražena otkrivanjem pukotina u većem broju početkom 2004. godine. Pukotine su do sada sanirane tako što su se zavarivale. Sada se zagovara zamena postojećih ramova obrtnih postolja novim, što je dobro rešenje ako se konstatuje da ramovi obrtnih postolja ne mogu da se saniraju i pri tom da se nedvosmisleno nadu uzroci njihovog pucanja. Budući da je evidencija o pucanju ramova obrtnih postolja štura, što je posledica samo vizuelnog pregleda i površnog opisa pukotina, bez ispitivanja dubine i dužine pukotine, teško je dati bilo kakvu pouzdaniju ocenu o uzrocima

zbog kojih se javljaju. Uzroci pojava pukotina na ramovima obrtnih postolja do sada nisu razmatrani ni teorijski ni praktično, teorijski u smislu nabiranja mogućih uzroka pojava pukotina ili sprovođenjem analize nekim od programskih paketa za analizu čvrstoće konstrukcija, a praktično merenjem naponskog stanja ramova obrtnih postolja pri različitim opterećenjima. U ovom radu razmatra se pretpostavka o pojavi pukotina koje su rezultat ili posledica nepravilnog održavanja i / ili eksploatacije lokomotiva.

2. Postojeće stanje obrtnih postolja

2.1. Starost i pretrčani kilometri ramova obrtnih postolja

Sve lokomotive pretrčale su do 31. 12. 2003. godine ukupno 282.682.549 km, što po lokomotivi prosečno iznosi 3.106.401 km.

Starost ramova obrtnih postolja vezana je za starost lokomotiva, odnosno vreme nabavke novih lokomotiva, tako da se mogu podeliti po starosti u tri grupe, odnosno tri perioda nabavke:

- Prva grupa lokomotiva nabavljena je u periodu od 1969. do 1972. godine i to 55 lokomotiva, što znači da su starosti od 32 do 34 g. Ova grupa pretrčala je ukupno 181.897.935 km, što prosečno iznosi 3.307.235 km.

- Druga grupa nabavljena je od 1975. do 1977. godine, i to 23 lokomotive, što znači da su starosti od 27 do 29 g. Ova grupa pretrčala je ukupno 63.165.130 km, što prosečno iznosi 2.746.310 km.

- Treća grupa nabavljena je od 1980. do 1988. godine, i to 18 lokomotiva, što znači da su starosti od 16 do 24 g. Ova grupa pretrčala je ukupno 37.619.484 km, što prosečno iznosi 2.089.971 km.

Podaci o pretrčanim kilometrima moraju se uzeti s izvesnom rezervom, jer su se obrtna postolja premeštala sa jedne na drugu lokomotivu. Ramovi obrtnih postolja imali su svoje oznake, i to kao redni brojevi ramova obrtnih postolja ili kao brojevi lokomotiva. Te oznake obeležavane su na više načina, i to kao brojevi upisani na pločicama koje su učvršćene na ramovima obrtnih postolja, kao brojevi utisnuti u pločice, pa onda pločice učvršćene

* Dragan B. Rajković, dipl. inž. maš., ŽTP "Beograd", Sektor VV i TKD

za ramove obrtnih postolja, i kao brojevi utisnuti u obrtna postolja. Na nekim pločicama brojevi su se izbrisali ili su neke pločice otkinute, tako da se brojevi, odnosno oznake ne mogu konstatovati.

2.2. Otkrivene pukotine

Pukotine na ramovima obrtnih postolja otkrivane su kod remontera i u radionicama za kontrolne preglede u depoima ŽTP "Beograd". Pukotine su bile različitih dužina i nalazile su se na sledećim mestima:

- u srednjoj gredi, na mestima učvršćenja oba vučna motora (u raznim pravcima), na donjem i gornjem limu srednje grede;
- u krajnjoj gredi u blizini ušica za učvršćenje vešalica kočnog polužja na prelazu krajnje grede u podužnu gredu.

Lokomotive na kojima su otkrivane pukotine u depou u Novom Sadu pretrčale su od 2.000.354 km (441-748 ojačan ram obrtnog postolja) do 4.289.206 km (441-419 neojačan ram obrtnog postolja).

2.3. Sanacija pronađenih pukotina

Po otkrivanju pukotina u remontnoj radionici MIN iz Niša pristupalo se njihovoj sanaciji. Da bi se sanirale pukotine na ramu obrtnih postolja, potrebno je da se s rama obrtnih postolja skine sva oprema i da se prekontrolišu sve geometrijske mere prema postojećoj mernoj listi za ram obrtnog postolja, pri čemu je ram obrtnog postolja postavljen na ravnu ploču. Za ram koji je kontrolisan i na kome se pojave odstupanja u geometrijskim merama pristupa se otklanjanju odstupanja. Po dovođenju mera rama obrtnih postolja u dozvoljene tolerancije, pristupa se saniranju pronađenih pukotina. Saniranje se sastoji od snimanja pukotina, tj. konstatovanja oblika i dužine pukotine, a zatim izradi tehnologije za zavarivanje pukotina. Za svaku pukotinu radi se posebna tehnologija zavarivanja, odnosno saniranja pukotina.

3. Mogući uzroci nastajanja pukotina

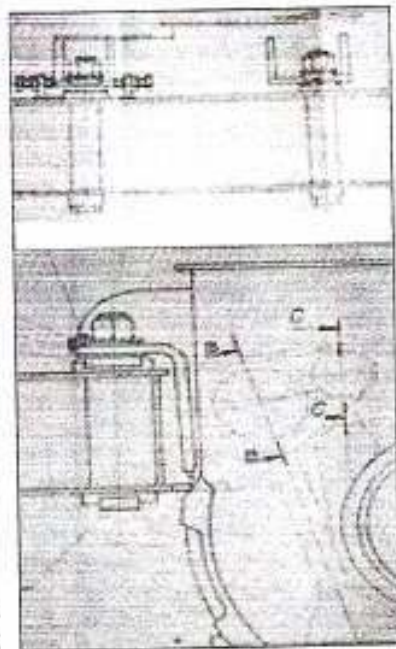
Nastajanje pukotina u direktnoj je vezi s opterećenjem i jačinom materijala. Kad sile opterećenja budu veće od jačine materijala, dolazi do pojave pukotina. Ovo se dešava kad konstrukcija statički nije dobro proračunata, ili kada se pojave dinamičke sile koje nisu uzete u obzir kod konstruisanja. Pojava ovih dinamičkih sila može biti posledica nepredviđenih uticaja u proračunu ili uticaja nepridržavanja propisanih postupaka u održavanju lokomotiva. U daljem tekstu biće razmotreno uočeno nepridržavanje propisanih postupaka i posledice toga.

3.1. Sile pritezanja zavrtnjeva za osiguranje položaja vučnog motora

Vučni elektromotor pričvršćen je za ram obrtnog postolja u tri tačke zavrtnjevima (sl. 1). Zavrtnji treba da savladaju moment sile koju izaziva vučni elektromotor i učvrste vučni elektromotor u tačno određenom položaju. U osloncima vučnog elektromotora javlja se sila koja je jednaka veličini momenta vučnog elektromotora podeljenoj s rastojanjem zavrtnjeva duž ose lokomotive. Konzola vučnog elektromotora pričvršćena je jednim zavrtnjem M48x3 ukupne dužine 253 mm (dužina tela zavrtnja $\varnothing 42 \times 168$). Šape vučnog elektromotora pričvršćene su sa dva zavrtnja M48 x 3, ukupne dužine 435 mm (dužina tela zavrtnja $\varnothing 42 \times 323$). Otvor ključa glave zavrtnja iznosi OK 60, a otvor ključa navrtke OK 75. Moment pritezanja zavrtnjeva za učvršćenje vučnog elektromotora propisan je na crtežu "Rade Končar" broj J322522 od 26. 2. 1986 godine. Prema ovom crtežu moment pritezanja zavrtnja za:

- ušvršćenje konzole iznosi 1300 do 1500 Nm,
- ušvršćenje šape vučnog elektromotora iznosi 1700 do 2000 Nm.

Materijal ovih zavrtnjeva je Č 5431 (švedska oznaka 2 2541-03).



Slika 1. Učvršćenje vučnog motora na srednjoj gredi rama obrtnog postolja

Ovaj materijal ima jačinu na kidanje $\sigma_m = 1000 \text{ N/mm}^2$ a granica elastičnosti iznosi 900 N/mm^2 . Ovaj materijal dozvoljava da zavrtnaj M48 može da se stegne momentom od 7720 Nm bez deformacija. Pri tom momentu pritezanja sila istezanja zavrtnja, koja je posledica tog momenta iznosi 992.790 N. Ova sila je ustvari sila pritiska kojom zavrtnaj deluje na kutijasti ram obrtnog postolja (srednja greda). Sila pri momentu pritezanja od 2070 Nm (veličina momenta koja je propisana za zavrtnaj M48) iznosi 264.740 N. Kada se zavrtnjevi za osiguranje položaja vučnog motora pritežu bez moment ključa, moment može biti manji ili veći od propisanog. Pri tome sila može biti i 3.75 i više puta veća od propisane.

3.1.1. Sile pritezanja zavrtnjeva za osiguranje položaja vučnog motora manje su od propisanih

Sila pritezanja zavrtnjeva za osiguranje položaja vučnog motora

može biti manja samo u slučaju kada se zavrtnji ne pritežu moment ključem. Predviđeno je da se navrtka kojom se pritežu šape i konzola vučnog elektromotora osiguraju od okretanja. Međutim, dešava se da se osigurač ne postavi pravilno i da dođe do odvijanja navrtke i samim tim do pojave zazora između navrtke i šape vučnog elektromotora. Ovaj zazor uslovljava pojavu udarnih opterećenja koja su posledica stepenaste regulacije sile vučnog elektromotora. Ova udarna opterećenja pojačavaju se tokom vremena jer se i sam zazor povećava deformacijom zavrtnja. Na jednoj lokomotivi osiguranje od odvrtnosti navrtke bilo je odlično postavljeno, a ipak su sva tri zavrtnja bila odvijena. Kontrolom dužine i prečnika zavrtnjeva ustanovljeno je da je dužina zavrtnja bila veća (5 mm), a prečnik tela zavrtnja bio je manji nego na crtežu (oko 0,5 mm).

3.1.2. Sile pritezanja zavrtnjeva za osiguranje položaja vučnog motora veće su od propisanih

Sila pritezanja zavrtnjeva za osiguranje položaja vučnog motora može biti veća samo u slučaju kada se zavrtnji ne pritežu moment ključem. Propisana sila pritezanja uračunata je u proračun kod konstruisanja rama obrtnog postolja. Kada je sila pritezanja veća od propisane, ona može biti i više od 3,75 puta veća. Ovolika sila pritezanja izaziva naprezanja zbog kojih u zavrtnju može da dođe do plastične deformacije. Ova plastična deformacija može da izazove pojavu zazora između navrtke i šape ili konzole za učvršćenje vučnog motora ako se na silu pritezanja doda i sila od momenta vučnog motora. Pojava zazora izaziva dodatna, udarna opterećenja kao i u prethodnom slučaju. Ova udarna, dinamička opterećenja zavrtnja periodična su, ali nisu promenljivog smera. Uvek opterećuju

zavrtnj na istežanje zbog prirode opterećenja.

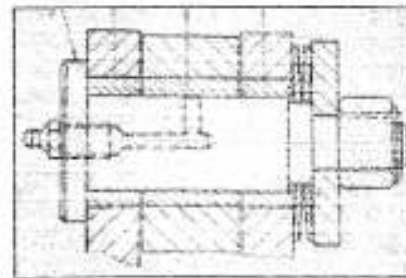
3.2. Dinamička opterećenja rama obrtnih postolja

Dinamička opterećenja rama obrtnog postolja mogu biti uobičajena, tj. ona koja su predviđena proračunima, i neuobičajena, odnosno ona koja nisu uneta u proračune. Neuobičajena dinamička opterećenja ne moraju da se pojave, ali zato ako se pojave, mogu biti uzrok prekomernih opterećenja ramova obrtnih postolja.

3.2.1. Dinamička opterećenja od prekomernih zazora

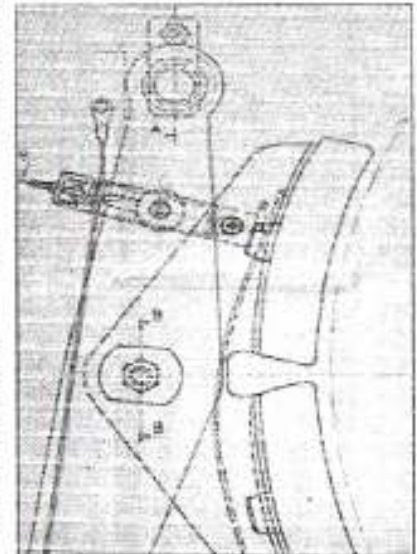
Prekomerni zazori predstavljaju zazore koji nastaju zbog: trošenja elemenata u spoju (čaura i svornjaci) ili zbog pogrešno ugrađenog dela (svornjak manjeg prečnika), ispadanja čaura ili, kao što je prethodno rečeno, zbog plastične deformacije elemenata u obrtnom postolju.

Spoj čaura i svornjaka karakterističan je spoj u kočnom polužju (sl. 2). Svi spojevi u kočnom polužju izvedeni su na taj način (čaura i svornjaci). Takav spoj posebno je osetljiv jer su sile koje se u njemu javljaju velike i ponavljaju se mnogo puta tokom rada lokomotive (zaustavljanje lokomotive). Trenje između svornjaka i čaura treba da se smanji podmazivanjem. Uočeno je da se podmazivanje spoja svornjaka i čaura ne obavlja, pa se može reći da stalno radi suv, bez masti. Ovakvo stanje izaziva pojačano habanje, pa



Slika 2. Spoj čaura i svornjaka
1, 2 – čaura; 3 – svornjak

se zazori povećavaju i kočno polužje pri kočenju trpi udare koji se dešavaju zbog toga što se delovi ubrzavaju dok se ne poništi prekomerni zazor, a kada se on poništi nastaje udar. Ovi udari prenose se na vešalice držača kočnih papuča koje su vezane svornjacima za ušice rama obrtnog postolja.



Slika 3. Vešalice nosača kočnih papuča s ramom obrtnih postolja

Mesta veze vešalice držača kočnih papuča teško su pristupačna (sl. 3), naročito unutrašnja pa se i na ovim mestima obično nalaze i prekomerni zazori. Takođe se na ovim mestima teško menjaju svornjaci ako je potrebna zamena, pa se ugrađuju neodgovarajući.

Pogrešno ugrađivanje delova posledica je nemarnog rada u održavanju ili pogrešno nabavljenih delova. Pogrešno nabavljeni delovi mogu biti neodgovarajući po dimenzijama (manji tako da uslovljavaju veće zazore) ili po mehaničkim karakteristikama (lošiji materijal od potrebnog).

Plastična deformacija svornjaka koji priteže vučni motor izaziva produženje svornjaka i lošu vezu motora za ram obrtnog postolja. Loša veza, tj. postojanje zazora izaziva, pod dejstvom momenta vučnog motora, ubrzanje vučnog motora i