

ANALIZA TROŠENJA BANDAŽA TOČKOVA ELEKTROLOKOMOTIVA

ANALYSIS OF THE WHEEL BANDAGE ATTRITION OF ELECTRIC LOCOMOTIVES

Dr Borislav Gojković
Saobraćajni fakultet Doboj

REZIME

Razvoj željezničkih vozila podrazumijeva povećanje brzine, komforosti, mirnoće hoda i visoke bezbjednosti. Shodno tome kretao se i razvoj točkova koji se ugrađuju na ta vozila, posebno točkova sa navučenim bandažama. Svi proizvođači su dužni pridržavati se zakonskih normi i objava UIC, a koje definišu parametre i uslove izrade točkova željezničkih vozila. Problematika trošenja bandaža točkova elektrolokomotiva serije 441 tokom vijeka eksploatacije biće predmet istraživanja u ovom radu. Za analizu trošenja bandaža koji se danas najviše koriste u upotrebi potrebno je identifikovati uticajne faktore. Analiza će podrazumijevati sagledavanje kompleksnosti problema sa svih mogućih aspekata i korake koji se mogu poduzeti kako bi se trošenje svelo na zadovoljavajuću mjeru ne ugrožavajući bezbjednost. Na kraju će biti predloženi rezultati analize trošenja bandaža točkova elektrolokomotive serije 441.

Ključne riječi: bandaž točkova elektrolokomotiva, analiza trošenja bandaža, uticajni faktori

SUMMARY

The development of railway vehicles includes the increase of speed, amenities, easiness of walking and high safety. The development of the wheels built in these vehicles, especially the wheels with the bandages, went together with it. All the producers are obliged to follow the law standards and UIC announcements, which define the parameters and conditions of the production of railway wheels. The problem of the wheel bandage attrition of electric locomotives of the 441 series during the period of exploitation will be a subject of research in this work. For the attrition analysis of the bandages that are used very often today, it is necessary to identify the influential factors. The analysis will include the consideration of the problem complexity from all the possible aspects and the steps that can be taken to reduce the attrition as much as possible without jeopardizing the safety. The analysis of the wheel bandage attrition of electric locomotives of the 441 series will be presented at the end.

Key words: wheel bandage of electric locomotives, analysis of bandage attrition, influential factors

1. UVOD

Zahtjevi za brzim, efikasnijim i udobnijim prevozom doveli su do razvoja željezničkih vozila. Analogno tom razvoju kretao se i razvoj točka željezničkog vozila (lokomotiva i kola). Razlikujemo dvije vrste točkova i to: monoblok točak (točak izrađen iz jednog dijela – kompaktan) i točkovi sa navučenim bandažama. Svi proizvođači dužni su se pridržavati zakonskih normi i objava UIC (Međunarodna željeznička unija), koje definišu parametre i uslove izrade točkova željezničkih vozila.

Kako je predmet ovog rada analiza trošenja bandaža točkova tokom eksploatacije potrebno je prvo identifikovati one koji se danas najviše koriste u upotrebi, te identifikovati uticajne faktore koji najčešće utiču na trošenje. Analizirajući problematiku trošenja, kao najuticajnije faktori mogu se definisati oni koji su zavisni od: voznog parka, gornjeg stroja kolosjeka, uslova eksploatacije, materijala šine i bandaža točkova, te uslova okoline. Za analizu je potrebno sagledavanje kompleksnosti uticaja svakog od nabrojanih, a u cilju poduzimanja neophodnih koraka za svođenje trošenja na zadovoljavajuću mjeru, ne ugrožavajući sigurnost saobraćaja. To je prevashodno potrebno radi sve masovnijeg razvoja vozova velikih brzina. Poznato je da u razvijenim zemljama svijeta imamo vozove sa komercijalnim brzinama do 250 km/h, a tendencija je postizanje i većih. Sve to upućuje na ozbiljnost ovog problema i na kompleksnost analize koju je potrebno istraživati na našim željeznicama.

2. RAZVOJ TOČKA

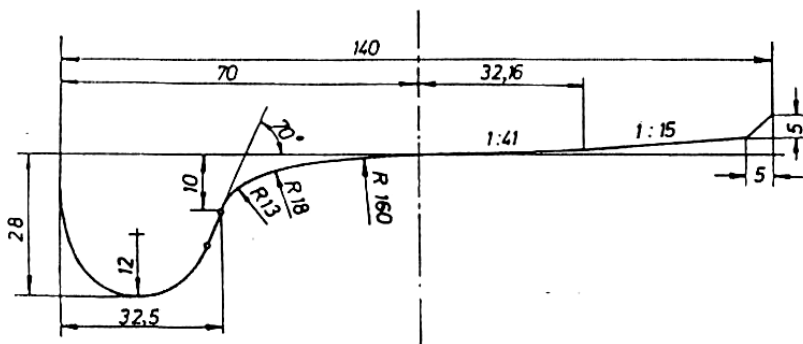
Početak razvoja željeznice vezan je za razvoj transporta rude u rudnicima Engleske na početku industrijske revolucije u XVIII vijeku. Od tada se može smatrati i početak razvoja točka kao osnovnog konstruktivnog dijela osovinskog sklopa, trčućeg stroja željezničkih vozila. Kako je osovinski sklop jedan do najodgovornijih sklopova željezničkog vozila, to je i točak kao element jedan od najznačajnijih. Poznato je da propisi i odredbe definišu kompletan životni vijek točka od projektovanja, izrade, ispitivanja, prijema iz proizvodnje, upotrebe, eksploatacije, održavanja do prijedloga za kasaciju i rashodovanje. Zato je potrebno tokom eksploatacije stalno kontrolisanje trošenja istog sa poduzimanjem neophodnih mjera za sigurnost.

Prvi konstruktor Džordž Stivenson je u trčaći stroj parne lokomotive ugradio točak tako konstruisan da je do današnjeg dana zadržao svoje glavne karakteristike, a to su: čvrst sklop sa osovinom (kolski slog), određeni oblik i dimenzije, karakterističan profil točka sa vijencem i obodom, te kvalitetan materijal za izradu. U pogledu konstrukcije razvile su se dvije vrste točkova i to: točkovi sa bandažom, koji se sastoje od tijela točka i na njega čvrsto navučenog bandaža osiguranog sa prstenom za pričvršćenje i monoblok točkovi koji su izrađeni iz jednog komada sa obodom čiji profil odgovara profilu bandaža.[1]

Osovinski sklop (kolski slog) koji se sastoji od jedne osovine i na nju dva čvrsto navučena točka, a koji je ugrađen u vozilo i nosi postolje vozila, omogućuje njihovo kretanje po kolosijeku i do danas se zadržao kao konstrukciono rješenje. U pogledu funkcije koju ima u trčaćem stroju vozila i opterećenja koja prenose na kolosijek, razlikujemo dvije vrste točkova i to:

- pogonske koje prenose obrtni moment i preko točka obodnu silu, inercijalne sile i težinu vozila na kolosijek,
- slobodne, koji se slobodno okreću u ležištima i prenose samo težinu vozila i inercijalne sile na kolosijek

Najveće promjene u razvoju točka evidentirane su kod povećanja opterećenja, mehaničkog i termičkog, kojima je točak izložen. Ove promjene u pravcu povećanja opterećenja su posljedica permanentnog razvoja željezničkog saobraćaja koji je praćen povećanjem nosivosti, brzine i frekvencije saobraćaja. Osovinski pritisak se povećao od 5 t sa razvojem željezničke tehnike na 31 t, a brzine su se povećale sa 40 km/h na oko 250 km/h, a danas kod vodećih željeznica Evrope i svijeta sa tendencijom daljnjeg rasta. Ovo dalje ima za posljedicu povećanje mehaničkog, a naročito termičkog naprezanja točka koje potiče od procesa kočenja pri zaustavljanju vozova koji saobraćaju velikim brzinama. Da bi točak izdržao navedena opterećenja i bio u mogućnosti da ekonomično vrši svoju funkciju u trčaćem stroju vozila najviše pažnje se poklanja modifikacijama, razvoju tehnologije izrade i materijala od koga se izrađuju. Na slici 1. dat je profil točka definisan objavom UIC 510-2 [3]



Slika 1. Profil točka željezničkih vozila

3. ANALIZA UTICAJNIH FAKTORA NA TROŠENJE BANDAŽA TOČKA

Poznato je da mjesto dodira točka i šine u praksi nije tačka, jer dolazi do deformacije usled ogromnog pritiska na mjestu dodira. Utvrđeno je da se taj kontakt vrši po površini oblika tkz. Hercove elipse. Nadalje se pojavljuje sila trenja uslovljena kretanjem lokomotive po šinama i njihovim kočenjem. Ova sila je nekada potrebna što veća, naročito pri kretanju niz velike nagibe sa krivinama, te se tada koristi uređaj sa pijeskom, kao posljedica ovog povećanja sile trenja je izraženo trošenje bandaža točkova. To trošenje pri kretanju na pravcu i bez uspona je manifestovano u pojavi trošenja u obliku oluka na površini kotrljanja. Dakle, problem se pojavljuje pri kretanju sa krivinama na nagibu.

Istraživanja pokazuju da je trošenje na elektrolokomotivama serije 441 izraženije i da se vijek trajanja točkova sa bandažima kreće u dijapazonu od 160.000 do 500.000 pretrčanih kilometara i da struganje istih vrlo rano počinje.

Kao najuticajniji faktori trošenja bandaža točkova elektrolokomotive mogli bi se navesti kao:

- materijal bandaža točka i šine
- položaj pruge
- konstrukcija osovinskog sklopa, ovješnja i sanduka
- uslovi eksploatacije
- uticaj okoline

3.1. Materijal bandaža točka i šine

Fizičke, hemijske i tehnološke osobine materijala za izradu bandaža točka i šine treba uzeti u obzir jer svakako utiču na trošenje. Za bandaže je materijal definisan objavom UIC 810-1 koja razlikuje kvalitete B1 do B6 sa termičkim obradama N (normalizovan ili normalizovan i otpušten) i T (kaljen i otpušten). Kako je materijal standardizovan, odabir se preporučuje i vrši izbor, te je potrebna kvalitetna izrada i prijem istih. Za prijem istih postoji procedura tehničkog prijema. Posebno je važno za šaržu kontrolisati hemijski sastav, fizičke osobine i mjere za svaki pojedinačni bandaž. Problem je količina porudžbine za šaržu koja se proizvodi, često se zahtijeva veća porudžbina i različiti proizvođači bandaža, komercijalno uslovljeni. Hemijski sastav bandaža točka elektrolokomotiva dat je u tabeli 1.

Tabela 1. Hemijski sastav bandaža točka na lokomotivi 441

Hemijski sastav		
Čistoća	Ostali elementi	
P≤0.05%	Mn < 1,2%	Cr < 0.3%
S≤0.05%	Si < 0.05%	Mo < 0.05%
P+S≤0.05%	Cu < 0.3%	V < 0.05%
-	Ni < 0.3%	-

Željezničke šine se izrađuju od niskougljeničnog čelika kod koga su velika tvrdoća i otpornost na habanje postignuti na račun loše zavarljivosti i žilavosti. Inače od čelika za šine se zahtijeva da ima veliku čvrstoću, otpornost na habanje i žilavost. Preporuka UIC – a na bazi višegodišnjeg ispitivanja problema trošenja je da odnos tvrdoće bandaza točka i šine ne treba da bude veći od 1,1 u korist bandaza tj. bandazi točkova treba da imaju tvrdoću 10% veću od tvrdoće šine. Hemijski sastav i mehanička svojstva materijala šine dati u tabeli 2.[2]

Tabela 2. Hemijski sastav i mehanička svojstva materijala šine

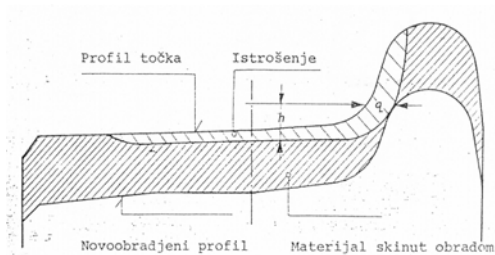
Kvalitet UIC860	Sadržaj elementa u masi %						Zatezna čvrstoća Rm (N/mm ²)	Izduženje A _c (%)
	C	Mn	Si	Cr	P _{max}	S _{max}		
700	0.40-0.60	0.80-1.25	0.05-0.35	-	0.05	0.04	680-830	≥14
800	0.50-0.70	0.80-1.25	0.10-0.35	-	0.05	0.04	730-830	≥12
900 A	0.60-0.80	0.80-1.30	0.10-0.50	-	0.04	0.05	min 880	≥10
900 B	0.55-0.75	1.30-1.70	0.10-0.50	-	0.04	0.05	≤1030	-
1100	0.60-0.82	0.90-1.30	0.30-0.90	0.80-1.30	-	0.03	≥1080	≥9

3.2. Položaj pruge

Kad se pomene položaj pruge misli se prvenstveno na konfiguraciju, bilo sa aspekta uspona ili padova, bilo postojanja više krivina na lijevo ili desno. Kako je karakteristika kretanja željezničkih vozila prinudno kretanje po utvrđenom pravcu tj. željezničkim šinama pruge. Pošto je gradnja pruge uslovljena konfiguracijom terena, ona sadrži krivine, padove, uspone i ravne terene. Pri kretanju u krivinama bandazi točkova se naslanjaju na glavu šine što dovodi do trošenja istih, a na usponima dolazi do proklizavanja točkova i veće potrošnje, te na padovima dolazi do zagrijavanja bandaza točkova i kod kočenja kočionim papučama do potrošnje bandaza. Na ravnim terenima je izraženo trošenje u obliku oluka kao rezultat kotrljanja točka po šini.

3.3. Konstrukciono rješenje osovinskih sklopova, ovješnja i sanduka

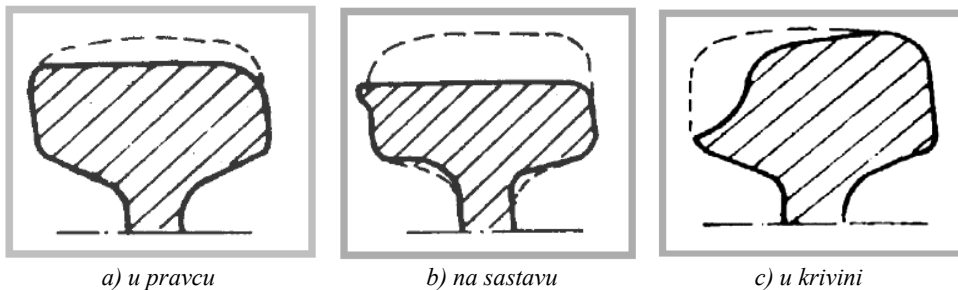
Ovi konstrukcioni zahtjevi su veoma važni za trošenje bandaza točkova kao i kinematika kretanja točaka po šini. Analiza pokazuje da se poslije svake investicione opravke gdje se rastavlja lokomotiva, izvezuju se postolja i osovinski sklopovi dolazi do osjetnijeg trošenja bandaza točkova. Utvrđeno je da razlog tog trošenja kao posledica lošeg podešavanja lokomotive, poremećaja geometrije lokomotive, često jedno postolje poprečno pomaknuto u odnosu na drugo. To dovodi do toga da su vijenci jednih točkova daleko više u kontaktu sa bočnom ivicom šine od drugih. Od geometrijskih mjera obrtnog postolja zavisi i paralelnost osovina lokomotive. Ova paralelnost mnogo utiče na trošenje vijenca bandaza točkova te je neophodna kontrola i eliminacija uzroka. Najčešće je potrebno popravljati dosjed centralnog svornjaka nastao kao posljedica olabavljenja ili pucanja zavarenog centralnog svornjaka u odnosu na vodilice osovinskih slogova. Kako je i veza postolja i sanduka ostvarena isključivo preko torzionih opruga primarnog ogibljenja potrebno je vršiti podešavanje tačnog razmaka između postolja i sanduka, a koji se pojavljuje zbog zakretanja opruga i deformisanja istih usled stalnog bočnog prenapona u dužem vremenskom periodu. Ove opruge tjeraju postolje u određenom smjeru, a rezultat je promjena geometrije lokomotive. Da bi se ovo eliminisalo potrebno je vršiti kontrolu stanja opruga i podesiti ih tako da se osigura da u toku vožnje točkovi jedne strane budu postavljeni strogo u pravcu, u osi. Nadalje je obaveza pregleda stanja zavojnih opruga, hidrauličkih amortizera i gumeno metalnih elemenata koji su zavisni od vremena starosti, fizičkih karakteristika i vanjske temperature. Najbolje se ovaj problem prepoznaje mjerenjem profila bandaza točka što oslikava sve pogrešnosti, a koje su dovele do povećanog trošenja. Na slici 2. dat je prikaz mogućeg trošenja profila točka.[4]



Slika 2. Moguće trošenje profila točka

3.4. Uslovi eksploatacije

Uslovi eksploatacije veoma mnogo i bitno utiču na trošenje bandaža točkova. Neki su vezani za ljudski faktor, a neki su uzrok drugih poremećaja. Brojni su razlozi zbog kojih dolazi do trošenja u eksploataciji. Prilikom vijuganog kretanja lokomotive koje je izazvano u podužnom smjeru, a koje je uzrok odstupanja tolerancije kolosijeka, razmaka točkova i pohabanosti bandaža točkova. Dolazi do zanošenja vozila te bandadž naliježe na ivicu šine i on se zato brže i više troši. Jedan od fenomena je i poniranje lokomotivskog sanduka bočno oko vertikalne ose kolosijeka, što dovodi do promjene sila na točku, a samim tim i opterećenja, odnosno rasterećenja točkova jedne strane lokomotive. Kao rezultat javlja se povećana sila trenja koja uzrokuje povećanje trošenja bandaža točkova. Slično ovom fenomenu je oscilovanje masa lokomotive oko poprečne ose u pravcu ose kolosijeka što izaziva rasterećenje prednjeg obrtnog postolja, a preopterećenje zadnjeg i obrnuto. Postoji opasnost dizanja točkova na šinama, a krajnji efekat je povećana potrošnja bandaža točkova. Na slici 3. dat je izgled trošenja šine u pravcu, na sastavu i u krivini.[5]



Slika 3. Izgled istrošenosti šine

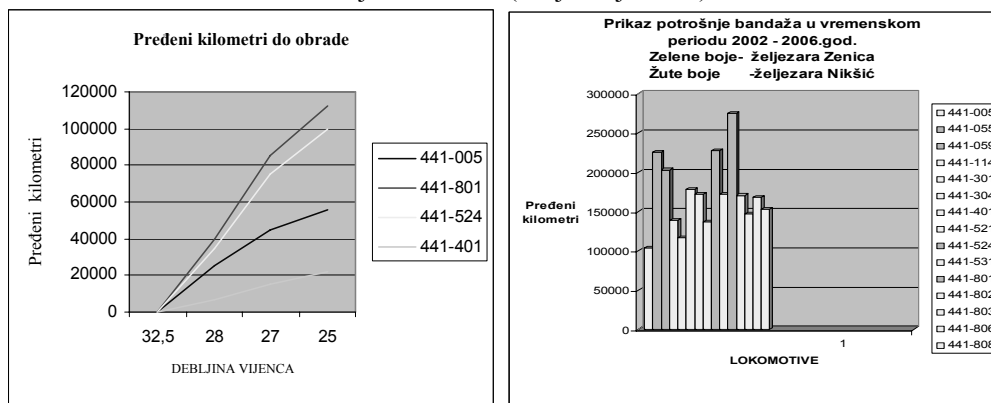
Promjena režima vučne sile uzrokuje trzanje lokomotive i proklizavanje točkova, a to uzrokuje veće trošenje bandaža točkova. Prilikom prolaska kroz krivinu dolazi do zakretanja lokomotive te se javlja kombinacija kretanja, kotrljanja i klizanja točka što dovodi opet do povećanja trošenja bandaža jer je kruta veza između točkova sa osovinom. Uticaj kočenja u toku vožnje je vezan za način upravljanja funkcionalnosti protivklizne zaštite sistema kočenja. Na lokomotivi je kočnica sa trenjem i sa pritiskom kočionih papuča od sivog liva po površini profila točka u određenim slučajevima može izazvati ravna mjesta na profilu, te ako se to desi treba obezbijediti da ne dođe do dodatnih opterećenja točka na šinu. Ako se pak pri kočenju izazove povećanje temperature može dovesti do pojave zakretanja bandaža na tijelu točka što može ugroziti sigurnost kretanja lokomotive po šinama.

Svakako jedan od najznačajnijih faktora u eksploataciji je podmazivanje vijenca bandaža. Već je objašnjeno o trenju na mjestu dodira točka i šine. Da bi se smanjilo trenje potrebno je ugraditi uređaj za podmazivanje. Još važnije je da se redovno kontrolirše ispravnost istog jer je podmazivanje vrlo bitno i značajno za trošenje bandaža točkova.

4. REZULTATI ANALIZE TROŠENJA BANDAŽA

Prateći potrošnju bandaža na elektrolokomotivama serije 441 došlo se do zaključka da za slučaj istrošenosti na profilu vijenca preko dozvoljene vrijednosti idu na struganje što je nepovoljno jer se znatno skraćuje vijek eksploatacije točkova.

Analizirani su proizvođači bandaža i to željezare Zenica, Nikšić i Vitkovice iz Češke. Utvrđeno je da su bandaži željezare Zenica daleko više prešli kilometara od bandaža željezare Nikšić što navodi na mogućnost različite strukture unutar iste proizvodne šarže. Na slici 4. na lokomotivama 441-801 i 441-524 su ugrađeni bandaži željezare Zenica (gornje dvije krive), a na 441-005 i 441-401 bandaži željezare Nikšić (donje dvije krive).



Slika 4. Prikaz potrošnje bandaža različitih proizvođača bandaža

Analizirajući potrošnju bandaža na lokomotivi 441-005 i to pojedinačno trošenje profila dolazimo do rezultata da na istoj lokomotivi sa istim bandažama (isti proizvođači i ista geometrija) imamo dvostruku razliku između prvog trošenja profila i posljednjeg u drugom struganju što upućuje na nedostatak podmazivanja, različitost strukture materijala i uslova eksploatacije.

5. ZAKLJUČAK

Da bi se izbjeglo povećano trošenje bandaža točkova potrebno je vršiti analizu uticajnih faktora navedenih i analiziranih u ovom radu. Na potrošnju bandaža točkova najveći uticaj imaju pravilno izabrani materijali to jest iste šaraže i isti proizvođači, zatim pravilno podmazivanje koje se ogleda u ispravnosti uređaja za podmazivanje vijenca točka. Prilikom investicionih opravki lokomotiva posebnu pažnju treba posvetiti podešavanju geometrijskih mjera obrtnih postolja lokomotiva, ovješnja i gumeno metalnih elemenata. Redovno mjeriti profil bandaža točka i preduzimati na vrijeme radove struganja.

6. LITERATURA

- [1] Aleksandrov V.: Željeznička vučena vozila, Želind, Beograd 2000.
- [2] Ivić M.: Željezničke pruge, Saobraćajni fakultet, Beograd 2005.
- [3] Jovanović R., Vasiljević M.: Ispitivanje pruga i vozila, Saobraćajni fakultet, Doboj 2008.
- [4] Jovanović R.: Osovinski sklopovi željezničkih vozila, Saobraćajni institut CIP, 1996.
- [5] Radosavljević A., Kožulj T., Bečejac LJ.: Tehničko-eksploatacione karakteristike vučnih vozila na željeznici, Želind, Beograd 1998.