

FILIP PEŠIĆ*, DUŠAN STAMENKOVIĆ**

SAVREMENO ODRŽAVANJE SKRETNICA ŽELEZNIČKIH PRUGA MODERN RAILROAD SWITCHES MAINTENANCE

UDK: 656.2+625.1/.55

REZIME:

Skretnice su deo železničke pruge koji je posebno značajan sa aspekta bezbednosti saobraćaja i zbog toga se održavanju skretnica posvećuje velika pažnja. Za efikasno održavanje važan je pouzdan monitoring stanja kako bi se utvrdili defekti u ranoj fazi. U radu je dat prikaz osnovnih defekata kod skretnica i opisani su postupci kojima oni mogu da se detektuju. Savremeni postupci dijagnostike defekata skretnica obuhvataju vizuelni pregled, geometrijska merenja i postupke za utvrđivanje dubinskih defekata ispitivanjem ultrazvukom i vrtložnim strujama. U poslednje vreme razvijaju se dijagnostički sistemi koji se ugrađuju u železnička vozila, koja su uključena u redovni saobraćaj i tako se može obezbediti kontinuirani monitoring stanja skretnica.

Ključne reči: šina, kvar, defekt, održavanje, železnička skretnica, pregled

SUMMARY:

Switches are a part of the railroad that is especially important from the aspect of traffic safety, and that is why great attention is paid to the maintenance of crossroads. Reliable condition monitoring is important for efficient maintenance to identify defects at an early stage. The paper presents the basic defects in switches and describes the procedures by which they can be detected. Modern procedures for the diagnostics of switch defects include visual inspection, geometric measurements and procedures for determining deep defects by ultrasound and eddy current testing. Latterly, diagnostic systems have been developed that are installed in railway vehicles, which are included in regular traffic, and thus continuous monitoring of the condition of switches can be provided.

Key words: rail, failure, defect, maintenance, railroad switch, inspection

* Filip Pešić, Univerzitet u Nišu - Mašinski fakultet, Niš, Aleksandra Medvedeva 14, filip.pesic1@masfak.ni.ac.rs

** Prof. dr Dušan Stamenković, Univerzitet u Nišu - Mašinski fakultet, Niš, Aleksandra Medvedeva 14, stamendu@gmail.com

1. UVOD

Najčešće opšte potrebe železničkih kompanija nameknjene postizanju poboljšano povraćaja investicija u područje RAMS-a (Reliability, Availability, Maintainability and Safety – pouzda-nost, dostupnost, održavanje i sigurnost) mogu se opisati na sledeći način:

- smanjenje troškova održavanja uvođenjem praćenja stanja tamo gde je to tehnički i ekonomski izvodljivo kako bi se smanjio broj neophodnih aktivnosti preventivnog održavanja,
- smanjenje troškova održavanja koloseka primenom postupka optimizacije koji uzima u obzir troškove životnog ciklusa sve korišćene opreme i svih primenjenih aktivnosti održavanja, i koji pomaže u izboru najprikladnije aktivnosti održavanja i određivanju optimalnog intervala preventivnog održavanja. [1]

Skretnice se u opštem smislu posmatraju kao deo železničke pruge, tačnije gornjeg stroja, koji omogućuje prelaz svih tipova železničkih vozila, odnosno vozova, u oba smera, sa jednog na drugi kolosek, bez prekida vožnje.

Skretnice su jedan mašinski sistem koji je veoma bitan sa aspekta bezbednosti jer mala greška ili previd kod projektovanja, izrade, montaže ili održavanja može da ima katastrofalne posledice.

Železničku prugu čine osnovni elementi: donji stroj pruge i gornji stroj pruge. U užem smislu reći gornji stroj, odnosno ono što se naziva kolosek, sastoji se iz osnovnih elemenata i to: šina, pragova, kolosečnog pribora i zastora. U širem smislu gornji stroj obuhvata i druga postrojenja koja služe za saobraćaj vozila, kao što su skretnice, ukrštaji, okretnice, prenosnice, kolosečni triangli i petouglovi, kolske vage, skretnička i mostovska građa i dr. [2]

Vozila mogu prelaziti sa jednog koloseka na drugi preko skretnica, okretnica ili prenosnica. Celi vozovi mogu samo preko skretnica.

Zbog venaca na točkovima, prelaz na drugi kolosek mora da bude neprekidan, odnosno što kraći. Kolosek od kojeg se odvaja drugi kolosek zove se matični, a kolosek koji sa matičnog vodi u skretanje zove se odvojni kolosek. [3]

U okviru održavanja železničke infrastrukture posebna pažnja se posvećuje skretnicama jer su one uzrok mnogih vanrednih događaja. Održavanjem skretnica se bave i mnogi istraživači.

Hassankiadeh [4] opisuje najčešće defekte na skretnicama dobijene praćenjem kvarova na skretnicama 2009. godine na železnicama Ujedinjenog Kraljevstva. U studiji koju je realizovao, obrađeno je ukupno 2458 kvarova. Rusu [5] je za svoj doktorski rad, između ostalog, istražio i koji sve alternativni i savremeni komercijalni pristupi postoje u monitoringu skretnica. Popovićeva, Lazarević i Vilotijević ukazuju da su defekti usled zamora šinskog čelika, u zonama velikih kontaktnih napona pri kotrljanju točkova po glavi šine, izražen fenomen i problem na železnicama širom sveta i daju u svom radu [6] detaljniji mehanizam stvaranja nekoliko defekata takvog porekla, uz razradu detekcije tzv. unutrašnjih grešaka u šini metodama ispitivanja materijala bez razaranja: ultrazvukom i vrtložnim strujama.

Održavanje i obnavljanje desetina hiljada S&C (switches and crossing – skretnice i ukrštaji) sistema širom železničke mreže podrazumeva velike troškove. U 2009. i 2010. godini, menadžment železničke infrastrukture Ujedinjenog Kraljevstva (Network Rail), potrošio je 32 miliona funti na oporavak od kvarova S&C. Ukupni troškovi za samo 27 komada železničkih skretnica u periodu od 30 godina procene dostigli su 6 miliona evra u gradu Češka Lipa (severni region Češke). U Švajcarskoj je više od milijardu švajcarskih franaka, približno 25% budžeta za održavanje i obnavljanje železničkih pruga, iskorišćeno za S&C sisteme. Utvrđeno je da samo 5,5% pruge koju čini S&C od ukupne dužine šinske švedske železničke mreže košta više od 13% ukupnih troškova održavanja, a njihovi kvarovi prouzrokovali su 14% svih kašnjenja vozova. Statistike železnice od Zhuzhou-a do Hengiang-a u Kini pokazale su da je više od 40% ukupnih kvarova povezano sa kvarovima na S&C opremi. Pored toga, utvrđeno je da su održavanje i inspekcija S&C sistema činili oko 19% ukupnih troškova održavanja u Velikoj Britaniji, a u periodu 2011-2012. S&C sistem je koštao vlasnika železničke infrastrukture 24% ukupnog budžeta za održavanje koloseka i 23% budžeta za obnavljanje, dok istovremeno čini samo 5% ukupne dužine koloseka. [7]

U ovom radu je dat prikaz osnovnih defekata kod skretnica i postupci kojima se oni mogu da detektuju.

2. DEFEKTI KOD SKRETNICA

Defekti kod skretnica mogu se klasifikovati na osnovu elemenata gornjeg stroja pruge, kao i na osnovu prirode nastanka defekta i to:

- defekte usled zamora šinskog čelika u strukturi šine ili nekog drugog dela,
- defekte usled kontaktnog zamora šinskog čelika pri kotrljanju točkova po glavi šine,
- defekte od uticaja trenja,
- defekte usled plastične deformacije materijala.

2.1. Defekti usled zamora šinskog čelika u strukturi šine

2.1.1. Širenje defekta u strukturi šine u vidu bubrega

Pukotina kreće iz defekta koji se obično javio još u proizvodnji, a koji se sve više uočava tokom starenja. Velika koncentrisana statička sila ili progresivno pucanje vodi do ovakvog defekta u obliku bubrega (sl. 1). [4]



Slika 1. Širenje stradanja šine u vidu bubrega

Na osnovu kataloga šinskih defekata prema UIC Code 712 [8] naziv šinskog defekta je „kidney-shaped fatigue crack” i kao takav naziv, kao i većina ostalih naziva iz kataloga, se koristi zvanično na svim jezicima sveta u naučnoj i stručnoj literaturi bez prevođenja. [6]

2.1.2. Progresivni prelom u osnovi šine, koji se razvija u poprečnoj ravni

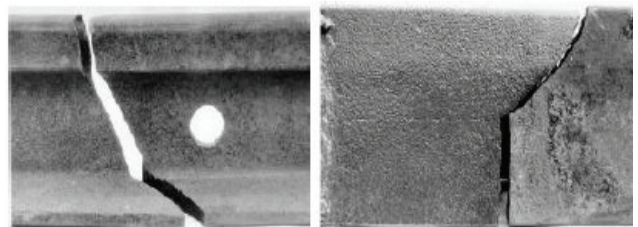
Poprečne pukotine se obično pokreću sa spoljne ivice stopala zbog habanja i / ili korozije na nosaču šine (sl. 2). Kao rezultat savijanja, uvijanja i zaostalih napona vrlo male donje pukotine stope mogu dovesti do potpunog preloma šina. [4]



Slika 2. Poprečna pukotina koja počinje od korozivne jame na donjoj strani stope

2.1.3. Pukotine duž stope šine

Smatra se da je defekt pukotine duž stope šine uzrokovan nepravilnim postavljanjem šine ili greškom u proizvodnji. Defekt obično započinje kao vertikalni uzdužni rascep, koji se može videti dalje od središnje linije stopala kada se verovatno otkida komad stope ili u blizini centralne linije stope, kada se ozbiljnija oštećenja dešavaju i dovode do potpunog preloma šine (sl. 3).



Slika 3. Prelom usled uzdužne pukotine. Levo: bočni pogled, desno: donja strana stope šine [4]

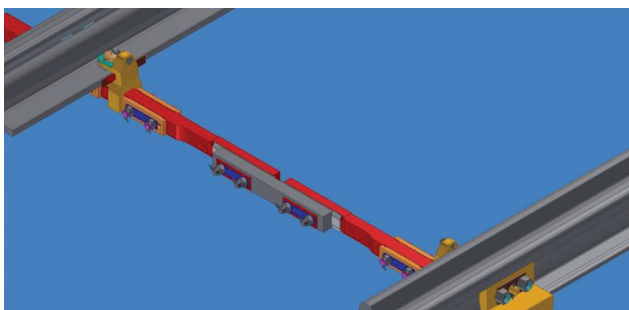
2.1.4. Polomljena potezna poluga mehanizma za preketanje

Koncentracija napona dovodi do mnogih problema, pa i do preloma potezne poluge (sl. 4). Asimetrična sila koja se javlja kao rezultat pomeranja mehanizma ili zamor materijala usled otvaranja i zatvaranja poznati su kao glavni uzroci kvara. Treba što je pre moguće ugraditi zamensku polugu ili nosač odgovarajućeg tipa. Ovo može zahtevati blokadu koloseka.



Slika 4. Polomljena potezna šipka mehanizma [4]

Ovaj defekt se može sprečiti/odložiti primenom vezne ploče koja eliminiše koncentraciju napona. Jedno takvo konstrukcijsko rešenje utvrđeno je u kompaniji Vossloh MIN Skretnice i prikazan je 3D model na slici 5.



Slika 5. Konstrukcijsko rešenje veznom pločom – 3D model [16]

2.1.5. Razdvajanje tzv. špica srca i dodatka

Zbog loše provere učvršćenja i zavrtnjeva srca, ili zbog plastične deformacije šine i efekata vučne sile, dolazi do razdvajanja glavne šine srca sa špicom i dodatne šine (sl. 6). Pre postavljanja novih delova, neophodno je pronaći i ispraviti osnovni uzrok razdvajanja šine i spojne šine.



Slika 6. Razdvajanje špica srca i dodatka [4]

2.1.6. Polomljeni vijci kod podložne ploče ili polomljena podložna ploča

Vijci se mogu slomiti kao rezultat prekomernih uzdužnih sila (klasičnog smicanja - τ s) koje deluju na skretnicu. Iz istog razloga, sama skretnica se može povući uzdužno.

Često će biti potrebno, ako je kolosek sa DTŠ (dugi trak šina), regulisanje razmaka za proširenje, ubacivanje dodatnog odstojnika i popravljanje učvršćenja šina.

Kada podložna ploča pogrešno leži na drvenom pragu, verovatno će doći do loma na osnovnoj ploči (sl. 7). Podložna ploča ne samo da neće moći da izvrši svoju konstrukcijsku funkciju kada se to dogodi, već može prouzrokovati štetu na nosećem drvetu. Iz tog razloga, trebalo bi je zameniti kada se uoči.



Slika 7. Polomljena podložna ploča [4]

2.2. Defekti usled zamora šinskog čelika pri kotrljanju točkova po glavi šine

Posebnu vrstu defekata predstavljaju šinski defekti usled kontaktnog zamora pri kotrljanju. Širom sveta, tako i na šinama u Srbiji, postoje dva osnovna tipa šinskih defekata usled zamora šinskog čelika pri kotrljanju točkova po glavi šine (RCF – Rolling Contact Fatigue): squat defekti i head checking defekti.

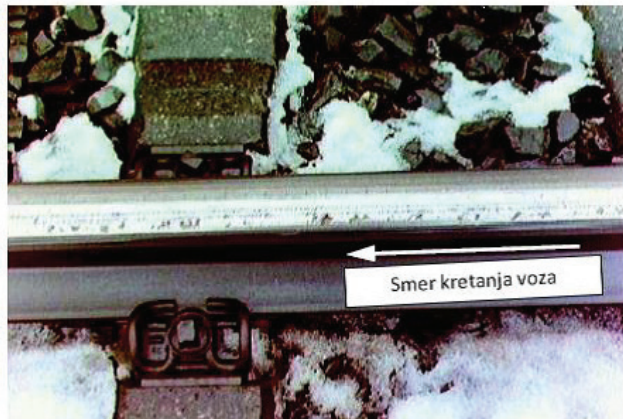
2.2.1. Defekt Head checking – HC

Ovaj defekt se javlja na spoljašnjoj šini u krivinama radijusa do 3.000 m, ali najčešće pri radijusima krivina do 1.500 m. HC defekt se uočava u vidu finih, kratkih, kosih, površinskih prslina na uglavnom pravilnom rastojanju, koje najčešće iznosi 1-7 mm. Pojava površinskih prslina ukazuje da ispod površine već postoje prsline, koje se prostiru do određene dubine i u određenom smeru unutar glave šine. Ukoliko se defekt ne otkloni na vreme, on napreduje dovodeći do odvajanja manjih ili većih delova vozne ivice na glavi šine. Razvijanjem prslina na dole, u krajnjem ishodu često dolazi do loma šine. [6]

U okviru standarda UIC 712, defekt se obeležava kodom 2223.

Neke od preporuka UIC su: držati šinu pod prismotrom; brušenje šine u cilju sprečavanja ili odlaganja širenja defekta; uklanjanje/zamena šine u najkraćem

roku, ako nije moguće vraćanje kvaliteta šine na zadovoljavajući nivo.

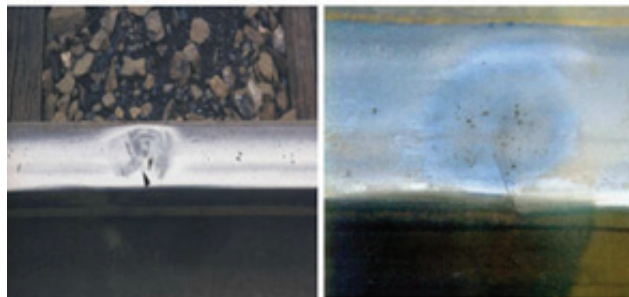


Slika 8. Greška 2223 kroz nekoliko primera

2.2.2. Defekt tipa Squat

Najčešća je ova vrsta defekta, koji karakteriše pojava mikropukotina ispod površine koloseka.

Pukotine u ulubljenju (sl. 9) nastaju usled velikog dinamičkog opterećenja koloseka od kotrljanja točka po šini, što dovodi do zamora materijala. U početku ove pukotine izgledaju kao mala tamna tačka. Zatim se povećavaju sa dna tačke i rastu pod plitkim uglom u uzdužnom smeru. Ponekad je rast pukotina ispod površine u pravcu ka mernom uglu koji je uobičajen kod pokretnih srca. Pukotine se konačno okreću vertikalno i na kraju mogu dovesti do pucanja šine. Najčešće se Squat pojavljuje na voznoj površini. [6]



Slika 9. Greška 227 kroz nekoliko primera [4]

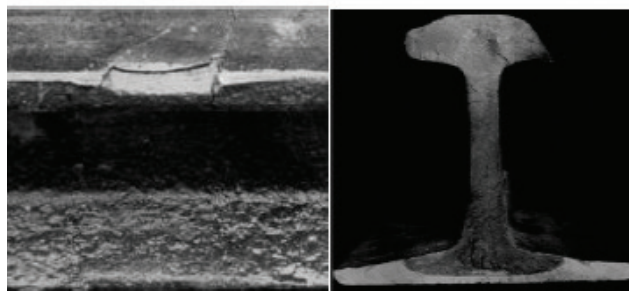
Zavarivanje je poznato kao uobičajeni tretman za ove defekte.

Defekt se obeležava kodom 227 prema UIC code 712.

2.3. Defekti od uticaja trenja

2.3.1. Ljuštenje jezička

Fine pukotine izazvane zamorom na kolosečnoj ivici šine izgledaju kao mreža na površini. Ove specifične pukotine ispod ugla profila dovode do izbijanja materijala (ljuštenja), slika 10. Sanaciono brušenje poznato je kao metod popravke.



Slika 10. Poprečno širenje pukotina krećući od ivice sa ljuštenjem [4]

2.3.2. Trošenje glave glavne šine

Obimno habanje glave (sl. 11) moglo bi dovesti do iskakanja šine ili do otkazivanja mogućnosti uklop-nika za tačno zaključavanje jezička i glavne šine.



Slika 11. Trošenje glave glavne šine menjalice skretnice od prilepljivanja jezička [4]

Popravno brušenje se predlaže u primarnoj fazi, a u nekim slučajevima ispravljanje.

2.3.3. Oštećenje vrha srca

Zbog nedostataka u odlivku ili kao rezultat udaraca zbog neadekvatnog vođenja šina vođica, pojavljuju se oštećenja na vrhu srca (sl. 12).



Slika 12. Oštećenje vrha srca ukrštaja [4]

U zavisnosti od oštećenja vrha, moglo bi se ono što štrči popraviti pomoću ugaone brusilice i navarivanjem ili zamenom skretničkog srca.

2.3.4. Suvi klizni jastučić (ploča) ili suva podložna ploča

Kada se pravilno ne podmazuju, klizni jastučići mogu da se osuše (sl. 13) i na klizajućem postolju može da se pojavi korozija.



Slika 13. Klizalice kompanije Voestalpine (levo) i suvi klizni jastučić (desno) [9]

Jednom kada se ovaj problem otkrije, na postolje treba naneti novo mazivo za stolice odmah. Pre raspodela postojećeg maziva preuzetog sa drugih

klizalica (sklop klizne ploče) takođe može biti opcija u rešavanju problema pre nego što je funkcija skretnice obustavljena.

2.4. Defekti usled plastične deformacije materijala

2.4.1. Defekt zbog tečenja

Defekt zbog tečenja se odnosi na plastičnu deformaciju glavne šine (u blizini jezička) usled cikličnih opterećenja i visokih naprezanja. Tečenje materijala šine često se pojavljuje na nižoj šini u oštrim krivinama. To bi moglo rezultirati smanjenjem širine profila. Generalno, tečenje i formiranje tzv. usana (sl. 14) obično se javljaju u različitim varijantama.



Slika 14. Stvaranje usne [4]

U takvoj situaciji predlaže se popravljanje brušenjem kao reparacija.

2.4.2. Oštra gazna ivica

Oštra ivica se najčešće pojavljuje na jezičku. To dovodi do iskakanja točka šina, odnosno voza iz koloseka. Pored toga, kao rezultat udara točka, može se stvoriti deformisani „nos”, što dovodi do promene mere gabarita kontrolne šine, posebno kada je opušten vijak. Oštre uglove treba ukloniti brušenjem.



Slika 15. Jezičak sa oštrom gaznom ivicom

2.4.3. Polomljen stalak mehanizma za prekretnje

Pre postavljanja stalka, glavna šina mora biti pravilno postavljena na kliznu ploču. Ako ovo nije pravilno urađeno, stalak postaje sve nestabilniji nakon što je

više puta podvrgnut smičućoj i zateznoj sili, a krajnji rezultat će biti polomljen stalak.

Zamenu polomljenog stalka trebalo bi preduzeti odmah nakon otkrivanja.



Slika 16. Polomljen stalak

3. ODRŽAVANJE SKRETNICA

Redovno održavanje koloseka sprovodi se uglavnom u fiksnim intervalima (periodično/ redovno održavanje) i ono se sastoji od pregleda i saniranja/ otklanjanja defekata. Ovi fiksni intervali su različiti u trajanju, u zavisnosti od nivoa i vrste upotrebe predmeta održavanja, kao i od politike kompanije, npr. dve nedelje u tzv. Centralnoj Japanskoj Železničkoj Upravi, šest nedelja u Londonskoj Podzemnoj Železnici itd. [5]

Pravilnikom o tehničkim uslovima i održavanju gornjeg stroja železničkih pruga [17] definisano je održavanje i utvrđeni su rokovi pregleda i merenje skretnica i dilatacionih sprava, na Železnicama Srbije. Za skretnice na otvorenoj pruzi i na glavnim staničnim kolosecima, propisan redovni pregled merilima je jednom mesečno, a vizuelno uz upotrebu čekića jednom nedeljno. Za sve ostale skretnice i dilatacione sprave, propisan redovni pregled merilima je na svaka tri meseca, a vizuelno uz upotrebu čekića jednom mesečno.

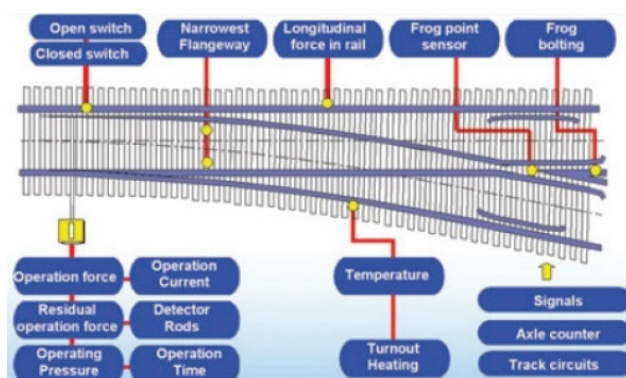
3.1. Kontrolni pregled skretnica

Delovi skretnice, koji su predmet kontrolnih pregleda (merne tačke), su:

- nadgledanje područja kontakta jezička i glavne šine,
- nadgledanje otvaranja menjalice u jednu od strana,
- nadgledanje potezne šipke menjalice ili sistema završavanja menjalice,
- nadgledanje minimalne udaljenosti između jezička i glavne šine, kada je skretnica otvorena na toj strani gde su te dve šine,
- direktno merenje sile potrebne za svaku pojedinu operaciju skretnica,

- zaostali napon u menjalici ili na poluzi (zadržavajuća sila),
- struja i vreme potrebno za rad menjalice,
- nadgledanje pritiska potrebnog menjalici za rad,
- nadgledanje položaja detektora,
- nadgledanje udara na srčištu, ukazujući na habanje šine vođice ili krilne šine,
- nadgledanje sila prednaprezanja vijaka, naročito kod srca,
- uzdužne sile u šini,
- temperatura šine i temperatura okoline.

Jedan od savremenih pristupa celokupnoj kontroli ispravnosti skretnice preko senzora, postavljenih na mernim tačkama, razvila je austrijska kompanija Voestalpine. Lokacije mernih tačaka na skretnici su ilustrovane na slici 17.



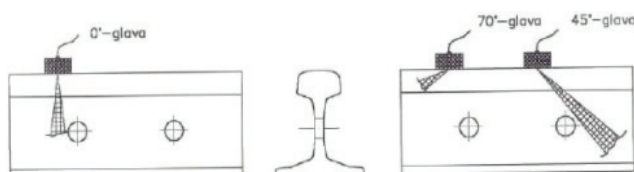
Slika 17. Položaj mernih tačaka na skretnicama, monitoring sistem VAE ROADMASTER 2000 [9]

Što se tiče defekata šina, oni se mogu klasifikovati na površinske i dubinske. Iako većina unutrašnjih defekata daje neke spoljne indikacije o njihovom prisustvu, ipak je moguće da se vizuelnim pregledom ne mogu dovoljno pouzdano da utvrde.

Zbog toga se unutrašnji nedostaci utvrđuju primenom ultrazvučne detektoskopije i ispitivanjem vrtložnim strujama.

3.1.1. Kontrolni pregled ultrazvukom

Ultrazvučno ispitivanje se zasniva na sposobnosti prodiranja ultrazvučnih talasa kroz materijal i odbijanja od raznih nehomogenosti (sl. 18).



Slika 18. Ultrazvučno ispitivanje materijala šine [11]

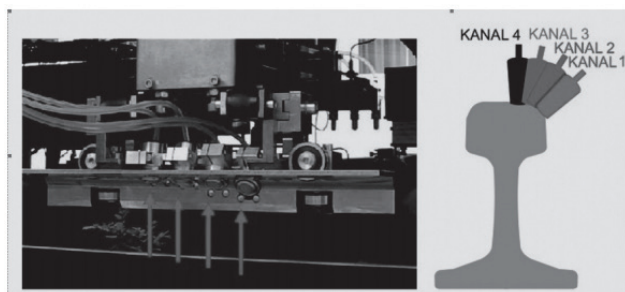
Ovaj metod nije primenljiv za pregled površinskih prslina na malom rastojanju i pod malim uglom u odnosu na gornju površ glave šine. Takođe, ovaj metod ne može da pruži precizno merenje u uzanoj zoni vozne ivice na glavi šine [6].

Radi povećanja verovatnoće otkrivanja pod-površinskih šinskih defekata, u praksi se kombinuju mogućnosti površinskog testiranja šine pomoću vrtložnih struja sa zapreminskim testiranjem pomoću ultrazvuka.

Kombinacija ultrazvučnog pregleda i pregleda na bazi vrtložnih struja povećava verovatnoću ranog otkrivanja RCF defekata. To je način za otkrivanje većine, ali ne i svih RCF defekata.

3.1.2. Pregled vrtložnim strujama

Procedura pregleda pomoću vrtložnih struja (Eddy Current – EC u daljem tekstu) je zasnovana na elektromagnetnoj interakciji između magnetnog polja sonde za testiranje i struja indukovanih u metalu. Promene u raspodeli i intenzitetu vrtložnih struja nastaju usled nehomogenosti površine i potpovršine šinskog čelika. Ove promene se koriste za određivanje dubine prslina. EC pregled šine ima sledeće prednosti: rano otkrivanje inicijalnih prslina (dubina 0,2 mm), detekcija prslina ispod površi glave šine, prenosivost uređaja za testiranje, nema potrošnog materijala, trenutno očitavanje izmerenih rezultata, moguća integracija uređaja u merna kola. Vozila su opremljena osmokanalnim uređajima za ispitivanje šina pomoću vrtložnih struja (sl. 19). U upotrebi su i ručni uređaji za ispitivanje RCF šinskih defekata pomoću vrtložnih struja. [6].



Slika 19. Pregledno vozilo sa osmokanalnim uređajima na bazi vrtložnih struja integrisani u vozilo i položaji sonda [6]

Nije moguće merenje ugla napredovanja prslina u odnosu na gornju površ glave šine primenom EC metode.

Dubina defekta može da se izračuna samo indirektno merenjem dubine prslina i ugla

napredovanja prslina ili ugradnjom EC uređaja u voz koje se već koristi i za brušenje. Ugao se može odrediti na probnom polju kombinovanjem brušenja i EC testiranja. Na osnovu dugog perioda istraživanja, za izračunavanje dubine HC defekta mogu se koristiti vrednosti ugla u širokom rasponu od 15° do 30°. Ovo je ozbiljan nedostatak pregleda EC metodom jer se dubina defekta može meriti samo indirektno.

Ispitivanje pomoću vrtložnih struja može da otkrije bilo kakve nepravilnosti na površini šine, koje su izazvane promenama u čeliku. Moguće je dokazati većinu površinskih nedostataka koji imaju uticaj na bezbednost u saobraćaju. Međutim, teško je da se jasno filtrira EC signal zbog efekta preklapanja signala. Kombinacijom vizuelne detekcije, ultrazvučne metode i metode na bazi vrtložnih struja, kvalitet i pouzdanost informacija se povećava značajno.

3.2. Monitoring i upravljanje defektima

Skretnice imaju veoma složenu strukturu, koja zahteva ne samo veliki broj komponenata (kao što su klasične šine, šine vođice, jezičci, vezice, odstojnici, pragovi, podložne i klizne ploče, stolice itd) već i različite vrste elektro-mehaničkih uređaja za upravljanje skretnicama. [1] Ova složenost železničkih S&C sistema čini ih ranjivim na kvarove, koji na kraju mogu prouzrokovati kašnjenja, čak i fatalne nesreće. [7] Stoga je neophodno razvijati odgovarajuće tehnike praćenja stanja za bavljenje otkrivanjem i dijagnozom grešaka (Fault Detection and Diagnosis - FDD) u S&C sistemima.

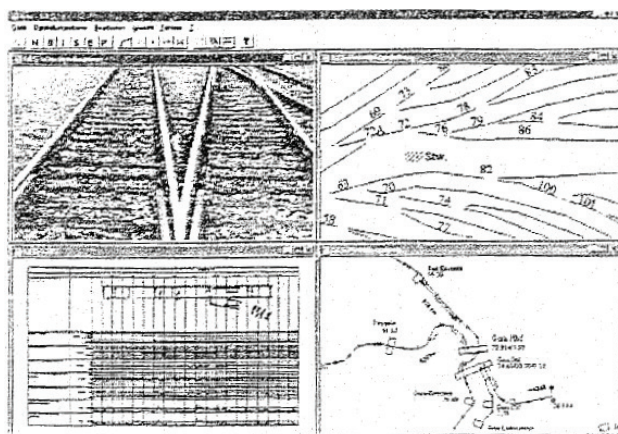
Nadgledanje železničke infrastrukture (Rail Infrastructure Management - RIM) predstavlja jednu od najvažnijih tačaka sistema. [15]

Razlog praćenja je obično dvojak. Prvi razlog je neposredno otkrivanje nepravilnosti koje bi mogle ugroziti sigurnost i pouzdanost železničkog saobraćaja. Međutim, ako je nadzorna tehnika kontinuirana i dovoljno brza da vrši uzastopna nadgledanja u redovnim vremenskim intervalima, dobija se izuzetno važan vremenski aspekt dijagnostike defekata koji je od suštinske važnosti za uspešan rad. To znači da bi takva tehnika nadzora mogla vremenom uvideti ponašanje elementa infrastrukture, a ovo bi moglo omogućiti predviđanje stanja i posledično planiranje održavanja. Ovaj koncept obično predstavlja krajnji cilj bilo kog praćenja stanja.

Savremeno održavanje skretnica železničkih pruga

Pored sofisticiranog vozila za merenje i pregled, takođe se radi sa ručnom opremom za sprovođenje važnih merenja geometrije šine i šinskog pregleda S&C. Oprema za S&C meri, beleži i predstavlja geometriju šine i parametre skretnice kao što su: profil, superelevacija, uvijanje, rad mehanizma za prekratanje i rastojanja. Prenosna oprema prvenstveno se koristi za pregled kritičnih mesta poput zavarenih spojeva, jezičaka i šinskih sastava.

Nakon što se prikupe svi podaci sa različitih uređaja za nadzor, obrađuje ih i prikazuje softver, npr. SwitchView (sl. 20). [6]



Slika 20. Primer iz SwitchView softvera [6]

Cilj SwitchView-a je da objedini sve različite podatke prikupljene o S&C u jedan sistem i da ih predstavi upravljaču (menadžeru) infrastrukture na očigledan i „user-friendly“ način, kako bi olakšao donošenje odluka o upravljanju održavanjem S&C.

4. PRIMERI SAVREMENIH DIJAGNOSTIČKIH SISTEMA ZA MONITORING SKRETNICA

Uređaji za dijagnostiku stanja se mogu podeliti na mobilna merna sredstva/uređaje i stacionarna merna sredstva na samom koloseku.

4.1. Mobilni uređaji za monitoring skretnica

Mobilni uređaji za monitoring skretnica su ugrađeni na specijalna železnička vozila koja vrše pregled koloseka i S&C tokom kretanja.

Eurailsout-ova SIM (Switch Inspection & Measurement) kola (sl. 21) mogu biti prikačena za voz, sa sistemom za pregled skretnica sa kamerama za vizuelni pregled i mernim sistemom za geometrijska merenja.



Slika 21. SIM kola, Eurailsout [9]

Sistem za pregled skretnice ima 8 CCD kamera koje se koriste za sinhrono snimanje video- snimaka S&C pod različitim uglovima. Snimak se može ručno pregledati van mreže sa stola u kancelariji i određene greške se mogu automatski identifikovati obradom slike.

Sistem za merenje skretnice uključuje laserski merni sistem koji koristi princip triangulacije i inercijsku mernu jedinicu (IMU). Laseri mere profil šine na svakih 20 mm dok se kola guraju ili vuku vozom brzinom od 40 km/h. Može se izračunati sledeće: širina koloseka, zazori i horizontalno i vertikalno habanje.

ZETA-TECH-ovo vozilo (sl. 22) za automatski pregled skretnice ASIV (Automatic Switch Inspection Vehicle) je u stanju da ispita fizičke dimenzije skretnice na sličan način kao Eurailsout-ov SIM.



Slika 22. ASIV vozilo, ZETA-TECH [9]

ASIV je opremljen parom jedinica za optičku kontrolu i analizu šina ORIAN™ (Optical Rail Inspection and Analysis), sistem zasnovan na laseru koji proizvodi KLD Labs.

Loccioni-ev FELIX robot (sl. 23), sposoban je da izmeri profil šina, kao i dimenziju skretnice ili ukrštaja. Na mesto merenja se donosi u delovima i tamo montira. Brzina kretanja ovog robota je 5 km/h i može meriti većinu parametara šine, uključujući pohabanost, širnu kanala između vođica skretnice i širinu koloseka sa tolerancijom 0,1 mm. Ovaj uređaj se koristi na mnogim železnicama Evrope.



Slika 23. FELIX robot [9]

Pored prethodno spomenutih specijalizovanih vozila ili vozova sa opremom za kontrolu ispravnosti i praćenje parametara, postoje i sistemi koji su praktični za ugradnju u bilo koji putnički voz.

Primer takvih sistema je RILA-sistem, koji je prvobitno razvio Raildata. To je kompaktan merni sistem koji se lako može pričvrstiti na kraj putničkih vozova i meriti apsolutnu geometriju koloseka, čak i kada se kreće preko skretnica ili ukrštaja. Sistem koristi kombinaciju senzora uključujući GPS, akcelero-metre i linijske lasere i svi potrebni geometrijski parametri mogu biti dostupni sa relativno visokom preciznošću. Sistem je prvi put korišćen 2009. godine u Holandiji, a 2013. godine uspešno je isproban na železnici u Britaniji.

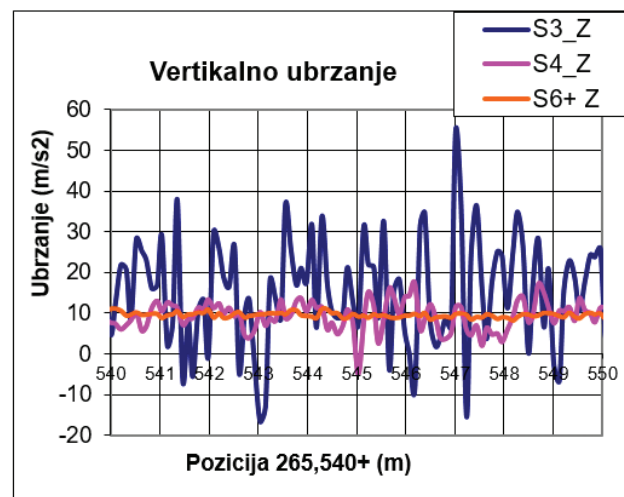


Slika 24. Rila-sistem ugrađen kod putničkog voza [9]

Slično principu RILA-sistema, koji se može instalirati na bilo koje šinsko vozilo za pregled koloseka i samih skretnica i ukrštaja, istraživački tim Mašinskog fakulteta u Nišu je razvio mernu opremu u saradnji sa kompanijom EUROgenyx iz Niša i sproveo istraživanje dinamičkog ponašanja lokomotive u odnosu na položaj lokomotive na pruzi

i njenu trenutnu brzinu. [12] Ovakav merni sistem u kombinaciji sa stereo kamerama mogao bi da detektuje oštećenja na skretnicama koje izazivaju povećane vibracije na obrtnom postolju i sanduku lokomotive.

Na lokomotivi je postavljeno šest troosnih senzorskih modula u tri nivoa (kućište osovinskog ležaja, ram obrtnog postolja i sanduk lokomotive). GPS prijemnik je postavljen na krov lokomotive. Računar za akviziciju podataka postavljen je u kabini lokomotive (slika 25a). Prikaz vibracija na određenoj deonici pruge od 10 metara prikazan je na slici 25b.

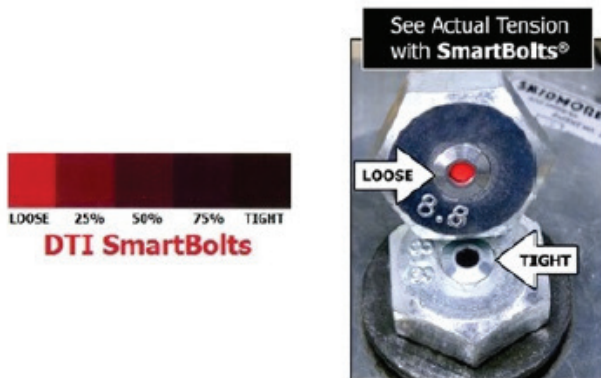


Slika 25. Šema pozicije akceleratorских senzora [12]

4.2. Stacionarna merna sredstva za praćenje rada na koloseku

Primeri stacionarnih mernih sredstava za praćenje rada na koloseku, odnosno na skretnici, koja su već u komercijalnoj upotrebi opisana su u narednom tekstu.

SmartBolts indikatori napreznja američke kompanije Stress Indicators Inc, na vijcima i klinovima. Boja indikatora se linearno menja sa veličinom napreznja u zavrtnju što omogućava laku identifikaciju kada je napreznje u zavrtnju značajno smanjeno. Kompanija proizvodi zavrtnje različitih kvaliteta čelika u rasponu od 4.8 do 10.9.



Slika 26. The SmartBolt indikator napreznja

Pametna vijčana podloška kompanije Smart Component Technologies Limited – samoodrživa je podloška koja je u stanju da bežično prenosi informacije o trenutnom napreznju, a samim tim i o stanju vijčanih spojeva. Kompanija odnedavno radi na uređaju za prikupljanje vibracione energije u svoju „pametnu podlošku“, što daje mogućnost razvoja uređaja za tzv. „namontiraj-i-zaboravi“.

CCD kameru montiranu iznad koloseka su razvili Tehnološki univerzitet u Luleu i švedska saobraćajna uprava (Trafikverket). Kao odgovor na potrebu za S&C inspekcijom, Asplund M. i njegove kolege su razmatrale pregled železničkih S&C-a pomoću fiksne CCD kamere postavljene na kontaktnom vodu iznad skretnice ili ukrštaja, što je predstavljeno na svetskom kongresu o istraživanju na železnici, u Sidneju, 2013. Zaključio je da su mogućnosti zumiranja i nagiba poželjne kako bi se uradili snimci dobre rezolucije različitih delova S&C-a. Vrste inspeksijskih zadataka koje obavlja ovakav sistem su uglavnom vizuelne prirode, dok su mereni inspeksijski zadaci takođe mogući u zavisnosti od performansi kamere. Izmereni zadaci mogu uključivati širinu koloseka, razmak u nekom od kanala S&C za precizno vođenje točka voza i otvaranje jezičaka menjalice skretnice.



Slika 27. Prototip CCD kamere montiran na nadzemnoj liniji (levo) i uzorak slike (desno)

5. ZAKLJUČAK

Skretnice na pruzi su vrlo važni infrastrukturni element železničkog sistema, s obzirom da su najosetljiviji uzimajući u obzir mogućnosti na koje sve načine može doći do kvara. Monitoring, koji predstavlja važan deo u održavanju, potrebno je da bude što detaljniji i pouzdaniji, sa što manje uticaja subjektivne ljudske dijagnostike.

Troškovi održavanja imaju izuzetan uticaj na donošenje odluka u preduzimanju mera i ulaganje u održavanje, naročito preventivno. Međutim, instaliranje što više mernih sistema u putničke vozove, koji po nekoliko puta dnevno voze istom trasom, smanjilo bi troškove održavanja i monitoringa, dugoročno gledano. Dobijanje podataka o izmerenim parametrima biće na taj način brže, sa znatno većim brojem ponovljenih merenja i za više skretnica u kratkom vremenu, što omogućuje pouzdanije praćenje, donošenje odluka i brži rad na razvoju savremenog i automatskog održavanja, sa sve većom preciznošću i u skladu sa razvojem tehnologije i skretnica.

LITERATURA

- [1] Esveld C: Modern Railway Track, 2nd Edition, Railway Engineering, Delft University of Technology, The Netherlands, 2001;
- [2] Milojković T: Gornji stroj železnica, Zavod za novinsko-izdavačku i propagandnu delatnost na jugoslovenskim železnicama, Beograd, 1990;
- [3] Stehlik V: Gornji stroj železnica, Štamparsko preduzeće JŽ, Subotica, 1952;
- [4] Hassankiadeh S. J: Failure Analysis of Railway Switches and Crossings for the purpose of Preventive Maintenance, Master rad, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2011;
- [5] Riley J. E: American Railway Engineering and Maintenance of Way Association – Practical Guide to Railway Engineering - Basic track, Arema Committee 24, Chicago, 2003;
- [6] Popović Z, Lazarević L, Vilotijević M: Upravljanje šinskim defektima usled zamora materijala, Izgradnja 70 9-10, pp. 277-286, 2016;
- [7] Hamadache M, Dutta S, Olaby O, Ambur Sankaranayanan R, Stewart E, Dixon R: On the fault

- detection and diagnosis of railway switch and crossing systems: an overview, Applied Sciences, vol. 9, no. 23, 5129, 2019;
- [8] UIC Code 712, Rail defects, 2002;
- [9] Rusu M. F: Automation of Railway Switch and Crossing Inspection, Electrical and System Engineering, Doktorska disertacija, Birmingham, 2015;
- [10] The Contact Patch, <https://the-contact-patch.com/book/rail/r1603-switches>, 2020 (datum pristupa 02.11.2021) ;
- [11] Jemec V, Grum J: Automated Non-Destructive testing and measurement system for rails, 10th European Conference on Non-Destructive Testing, Moscow, 2010;
- [12] Stamenković D, Banić M, Milošević M: Possibility of railway track condition monitoring, Proceedings of 21st International Seminar "Track Maintenance Machines if Theory and Practice - SETRAS 2016", Žilina, Slovakia, pp. 119-125, 2016;
- [13] Becker R: Innovations and proven equipment at the iaf 2013, Plasser & Theurer, Export von Bahnbau-maschinen GmbH, Wien, 2013;
- [14] Majstorović A: Osnovi zavarivanja i lemljenja i lepljenja, Beograd, 1990;
- [15] Held V; Switches of the future, Voestalpine – One Step Ahead, 2019, <https://www.voestalpine.com/blog/en/innovation-en/switches-of-the-future/>, (datum pristupa 02.11.2021);
- [16] Vossloh MIN Skretnice DOO, Niš, 2015.
- [17] Pravilnik o tehničkim uslovima i održavanju gornjeg stroja železničkih pruga, Sl. glasnik RS, br. 39/2016 i 74, 2016