

# Usporedba normi o svojstvima čelika za željezničke tračnice

Ivan Vitez, Tomislav Hozjan

## Ključne riječi

čelici za željezničke tračnice, zahtjevi normi, Kodeks UIC 860V, prijedlog EN, propisana svojstva

## Key words

steel for railway rails, standard requirements, UIC 860V Codex, European Prestandard, specified properties

## Mots clés

aciers pour rails de chemin de fer, exigences des normes, Code UIC 860V, projet de norme européenne, propriétés prescrites

## Ключевые слова

стали для железнодорожных рельсов, требования норм, Кодекс UIC 860V, предложение EN, предписанные свойства

## Schlüsselworte:

Stahl für Eisenbahnschienen, Normforderungen, Kodex UIC 860V, Vorschlag der EN, vorgeschriebene Eigenschaften

I. Vitez, T. Hozjan

## Usporedba normi o svojstvima čelika za željezničke tračnice

U radu je ukratko prikazana usporedba propisanih svojstava čelika za željezničke tračnice prema Kodeksu UIC 860V i važnim nacionalnim normama (ASTM, AREA, GOST, BS, JIS itd.) s prijedlogom novog europskog standarda pr EN 13674-1:1999. Povećani zahtjevi glede eksploatacije i većih brzina traže poboljšanje osiguranja kvalitete. To je dovelo i do dopune prijedloga nove europske norme temeljene na novim metodama ispitivanja, da bi se postigla veća sigurnost željezničkog prometa.

I. Vitez, T. Hozjan

## Comparison of standards on the properties of steel for railway rails

Prescribed properties of rails as specified in UIC 860V Codex and relevant national standards (ASTM, AREA, GOST, BS, JIS, etc.) are compared with the newly proposed European prestandard pr EN 13674-1:1999. More stringent operating requirements and higher speeds call for significant quality improvements. This has resulted in elaboration of the new European prestandard which mainly introduces new testing methods to be implemented in order to achieve greater safety in railway traffic.

I. Vitez, T. Hozjan

## Comparaison des normes relatives aux propriétés des aciers pour rails de chemin de fer

L'article présente brièvement une comparaison des propriétés prescrites de l'acier pour rails de chemin de fer selon le Code UIC 860V et les normes nationales importantes (ASTM, AREA, GOST, BS, JIS, etc.) avec le projet de la nouvelle norme européenne EN 13674-1:1999. Les exigences sévères sur le plan de l'exploitation et des vitesses plus élevées demandent une amélioration de l'assurance de la qualité. Il en est résulté un complément du projet de la nouvelle norme européenne, fondé sur les nouvelles méthodes des essais, en vue d'assurer une plus grande sécurité du trafic du chemin de fer.

И. Витез, Т. Хозьян

## Сравнение норм о свойствах стали для железнодорожных рельсов

В работе вкратце показано сравнение предписанных свойств стали для железнодорожных рельсов по Кодексу UIC/УИЦ 860V/B важным национальным стандартам (ASTM, AREA, GOST, BS, JIS и т.д.) с предложением нового европейского стандарта по EN 13674-1:1999. Повышенные требования в отношении эксплуатации и больших скоростей требуют улучшение обеспечения качества. Это привело к дополнению предложения новой европейской нормы, основанной на новых методах испытаний, с целью достижения большей надежности железнодорожного движения.

I. Vitez, T. Hozjan

## Vergleich der Normen für die Eigenschaften des Stahls für Eisenbahnschienen

Im Artikel ist kurz der Vergleich dargestellt zwischen den vorgeschriebenen Eigenschaften des Stahls für Eisenbahnschienen nach dem Kodex UIC 860V und wichtigen nationalen Normen (ASTM, AREA, GOST, BS, JIS usw.) und dem Vorschlag des neuen europäischen Standards EN 13674-1:1999. Grössere Anforderungen hinsichtlich des Betriebs und der höheren Geschwindigkeiten verlangen eine Besserung der Qualitätssicherung. Das führte auch zur Ergänzung des Vorschlags der neuen europäischen Norm, begründet auf neuen Untersuchungsmethoden, um höhere Sicherheit des Eisenbahnverkehrs zu erreichen.

Stručni rad

Professional paper

Ouvrage professionnel

Отраслевая работа

Fachbericht

Autori: Prof. dr. sc. **Ivan Vitez**, Strojarski fakultet Slavonski Brod, Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku; **Tomislav Hozjan**, dipl. ing. građ., HŽ, HŽ-Infrastruktura, Građevinski poslovi, Zagreb

### 1 Uvod

Željezničke su tračnice vrlo važan element kolosijeka čiji su temeljni zadaci da sigurno nose i vode željeznička vozila te da što dulje traju bez oštećenja. U suvremenim uvjetima eksploatacije željezničke su tračnice izložene i porastu brzina i osovinskog opterećenja i porastu naprezanja od zavarenih kolosijeka. Zbog tih povećanih zahtjeva glede uvjeta eksploatacije, morali su se postaviti i u normama za proizvodnju i isporuku tračnica veći zahtjevi za kvalitetu čelika za tračnice. Zbog toga norma Međunarodne željezničke unije Codex UIC 860 V obavezuje proizvođače tračnica da se moraju potruditi proizvesti tračnice sa što boljim svojstvima što se tiče:

- zaostalih naprezanja
- sadržaja nemetalnih uključaka i
- lomne žilavosti.

Rastućim opterećenjima kolosijeka i povećanim zahtjevima za kvalitetu, naročito u posljednjih 40 godina, proizvođači su uspješno odgovorili:

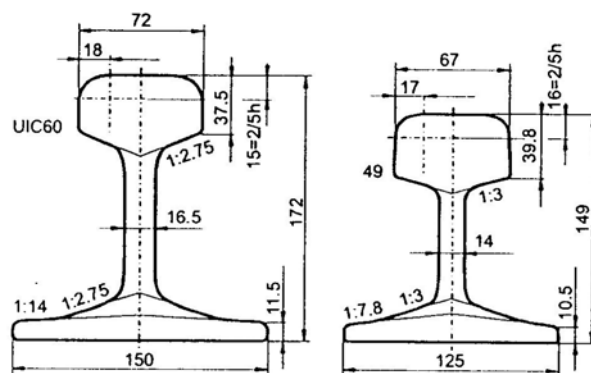
- porastom mase tračnica po dužnom metru s 45 do 77 kg/m. U novije se vrijeme u Europi sve više koriste tračnicama tipa UIC 60 s propisanom masom od 60,34 kg/m, umjesto tipa 49,43 kg/m (slika 1.) od raznih vrsta čelika za tračnice
- porastom vlačne čvrstoće čelika za tračnice sa 700 do 1300 MPa kod prirodno-tvrdih tračnica (bez toplinske obradbe) s izmjenom sadržaja legiranih elemenata
- povećanom čistoćom čelika za tračnice s čvrstoćom većom od 900 MPa smanjivanjem dopuštenih sadržaja štetnih primjesa fosfora i sumpora s 0,050 do 0,030% maksimalno
- proizvodnjom sve duljih tračnica s 12 do 120 m.

Povećanje mase tračnica po duljinskom metru i čvrstoće omogućilo je veće momente otpornosti, a time i podnošenje većih osovinskih opterećenja uz umanjeno trošenje materijala. Porast vlačne čvrstoće čelika za tračnice, a time i njegove dinamičke izdržljivosti, ostvaren je uglavnom izmjenom kemijskog sastava i čistoće čelika. Potrebna sigurnost od krhkog loma ostvarena je propisanim svojstvima deformabilnosti (istezanje, otpornost na udar), lomnu žilavost, mikrostrukturu i čistoću metala.

Tablica 1. Propisani kemijski sastav i vlačna svojstva čelika za tračnice po UIC 860V

Vrsta čelika	Kemijski sastav, elemenata u % mase						Vlačna čvrstoća $R_m$ , MPa	Istezanje $A_5$ , min, %
	C	Mn	Si	Cr	$P_{max}$	$S_{max}$		
R0700	0,4-0,6	0,8-1,25	0,05-0,35	-	0,05	0,05	680-830	14
R0900 A	0,6-0,8	0,8-1,3	0,1-0,5	-	0,04	0,04	880-1030	10
R0900 B	0,55-0,75	1,3-1,7	0,1-0,5	-	0,04	0,04	880-1030	10
R1100 *	0,6-0,82	0,8-1,3	0,3-0,9	0,8-1,3	(0,025)	0,03	$\geq 1080$	9

\* Drugi legirajući elementi kao V ili Mo, Nb mogu se upotrijebiti prema dogovoru između proizvođača i kupca



O = središte uzorka za ispitivanje vlačne čvrstoće iz glave Z-tračnica

Slika 1. Izgled i osnovne razmjere tračnica tipova 49 i UIC 60-

Suvremena tehnologija proizvodnje željezničkih tračnica i zahtjevi za visokim brzinama na željeznicama traže stalno poboljšavanje osiguranja kvalitete, što uvjetuje i dopunu relevantnih norma s novim metodama ispitivanja radi utvrđivanja propisanih svojstava [1] do [8].

### 2 Propisana svojstva čelika za željezničke tračnice

#### 2.1 Zahtjevi norme UIC 860V

Tehničke uvjete izradbe i isporuke željezničkih tračnica propisala je normom UIC 860V Međunarodna željeznička unija, norma je usklađena s trendovima u svijetu za njihovu suvremenu proizvodnju.

U tablici 1. je pregled propisanih vrijednosti kemijskog sastava i vlačnih svojstava za četiri vrste prirodno tvrdih čelika za tračnice [7, 9].

Iz tablice 1. slijedi da se porast vlačne čvrstoće kod čelika za tračnice ostvaruje povećanjem sadržaja ugljika, mangana, silicija i kroma, dok se potrebna čistoća čelika postiže smanjivanjem dopuštenog sadržaja fosfora i sumpora.

#### 2.2 Zahtjevi vodećih norma u svijetu

U tablici 2 pregledno su dani kemijski sastavi i mehanička svojstva čelika za tračnice po vodećim normama u svijetu (uključivo i UIC 860V), koji su svrstani u tri grupe čelika:

1.

Tablica 2. Kemijski sastav i mehanička svojstva čelika za tračnice po vodećim normama

Čelici za tračnice	C	Kemijski sastav elemenata u %				Cr	Vlačna čvrstoća R <sub>m</sub> , MPa	Iscizanje, min.vr. A <sub>5</sub> , %	Vrijednosti tvrdoće HB
		Mn	Si	P <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>				
<b>Normalni:</b>									
R700 UIC 860V/86	0,40-0,60	0,80-1,25	0,05-0,35	0,05	0,05	-	680-830	14	Približne: 200-245
R700 BS 11/78	0,45-0,60	0,95-1,25	0,05-0,35	0,05	0,05	-	min. 710	9	≥ 210
R700 JIS E 1101/74	0,55-0,70	0,60-0,95	0,07-0,35	0,045	0,05	-	min. 687 <sup>1)</sup>	9	≥ 203
R750 i JRS 01104	0,60-0,75	0,60-0,95	0,07-0,35	0,045	0,05	-	min. 736 <sup>2)</sup>	9	≥ 218
R800 i JRS 01104	0,60-0,75	0,70-1,10	0,10-0,30	0,035	0,04	-	min. 785 <sup>3)</sup>	8	≥ 233
R800 i JRS 01104	0,60-0,75	0,70-1,10	0,13-0,30	0,035	0,04	-	min. 785	10 <sup>4)</sup>	≥ 233
<b>Otporni na trošenje:</b>									
R900A UIC 860V/86	0,60-0,80	0,80-1,30	0,10-0,50	0,04	0,04	-	880-1030	10	262-304
R900B UIC 860V/86	0,55-0,75	1,30-1,70	0,10-0,50	0,04	0,04	-	880-1030	10	262-304
A BS 11/78 (R900A)	0,65-0,78	0,80-1,30	0,05-0,50	0,05	0,05	-	min. 880	8	≥ 262
B BS 11/78 (R900B)	0,50-0,70	1,30-1,70	0,05-0,50	0,05	0,05	-	min. 880	8	≥ 262
90-114 lb/yd AREA/84*	0,67-0,80	0,70-1,00	0,10-0,50	0,035	0,037	max.0,25	-	-	Propisane: min. 248
≥115 lb/yd AREA/84**	0,72-0,82	0,80-1,10 <sup>5)</sup>	0,10-0,50	0,035	0,037	max.0,25	-	-	min. 269 ili 286 gg
M71 GOST ili TU	0,64-0,77 <sup>6)</sup>	0,60-0,90	0,13-0,28	0,040	0,050	-	-	-	Približne: -
M74 GOST 24182/80	0,69-0,80 <sup>7)</sup>	0,75-1,05	0,18-0,40	0,035	0,045	-	min. 863	5 (A <sub>10</sub> )	≥ 256
M76 GOST 24182/80	0,71-0,82 <sup>8)</sup>	0,75-1,05	0,18-0,40	0,035	0,045	-	min. 883	4 (A <sub>10</sub> )	≥ 263
<b>Vrlo otporni na trošenje:</b>									
R1100 UIC 860 V/86 <sup>9)</sup>	0,60-0,82	0,90-1,30	0,30-0,90	0,03	0,030	0,80-1,30	min. 1080	9	Približne: ≥ 319
ASTM A1-84		bez podataka							Propisane: 321-388 (TO)
M74 i M76 GOST 18267-82		sastava kao kod GOST 24182 (bez TO)					min. 1166	6 (A <sub>10</sub> )	341-388 (TO)
THS11 Thyssen <sup>10)</sup> (R1100)	0,60-0,80	0,80-1,30	max. 0,90	0,030	0,030	0,70-1,20	min. 1080 i min. 1140 gg	9	min. 340 (TO)
THS12 Thyssen <sup>10)</sup> (R1200)	0,70-0,80	0,80-1,30	0,80-1,20	0,030	0,030	0,80-1,20	min. 1200	8	min. 360 (TO)
Mn-Si Voest-Alpine (R1000)	0,71 <sup>11)</sup>	1,35	0,70	0,030	0,030		980	10	-
Cr-Mn Voest-Alpine (R1100)	0,68 <sup>12)</sup>	1,25	0,55	0,030	0,030	1,05	1080	10	-

1) Tračnice tipa 37 kg/m, 2) Tračnice tipa 50 kg/m, 3) Tračnice tipova 40N i 50N, 4) Tračnice tipa 60 kg/m, 5) Gornja granica (gg) mangana može biti do 1,25%,

6) Tračnice tipova R38 i R43, 7) Tračnice tipa R50, 8) Tračnice tipova R65 i R75, 9) Drugi legirajući elementi kao npr. V ili Mo dogovaraju se između proizvođača

i kupca, 10) Sadržaj vanadija ≤ 0,20%, 11) Srednje vrijednosti rezultata ispitivanja, 12) Orijentacijske vrijednosti s specijalnom dezoksidacijom,

\* Tračnice tipova 44,6 do 56,6 kg/m, \*\* Tračnice tipova ≥ 57,0 kg/m

normalni ( $R_m \geq 700, 750$  i  $800$ , najviše do  $830$  MPa)

2. otporni na trošenje ( $R_m \geq 880$  do  $1030$  MPa)
3. vrlo otporni na trošenje ( $R_m \geq 1080$  do  $1400$  MPa) [3, 10].

### 3 Zahtjevi prijedloga nove europske norme pr EN 13674-1

Prijedlog nove europske norme za željezničke tračnice pr EN 13674-1 od lipnja 1999. – dio 1. obuhvaća simetrične tračnice sa širokom stopom s mase  $\geq 46$  kg/m. Izradio ga je Europski komitet za normiranje (CEN - *Comite Europeen de Normalisation*, engl. *European Committee for Standardization*) od nacionalnih komiteta 19 država (Austrija, Belgija, Češka, Danska, Finska, Francuska, Njemačka, Grčka, Island, Irska, Italija, Luksemburg, Nizozemska, Norveška, Portugal, Španija, Švedska, Švicarska i Ujedinjeno Kraljevstvo) i upućen je na javnu raspravu.

Moderna tehnologija proizvodnje željezničkih tračnica i zahtjevi za visokim brzinama na željeznicama dali su potpuno nov pogled na filozofiju i sadržaj ovog dijela prijedloga EN. Gdjegod je to moguće primjenjuje se norma za osiguranje kvalitete EN ISO 9002 i posljednja dokazana tehnologija proizvođača. Dva glavna dijela prijedloga EN su: kvalifikacijska i prijamna ispitivanja. Kvalifikacijska ispitivanja traže i neka svojstva kojih nije bilo u prethodnim nacionalnim ili internacionalnim normama (kao npr. lomna žilavost  $K_{Ic}$ ). Prijamna ispitivanja kontroliraju propisana svojstva koja osiguravaju proizvodnju željezničkih tračnica visoke kvalitete i zahtjeve željezničkih uprava.

Načelno je prijamni kriterij utemeljen na izmjerenim vrijednostima tvrdoće, po kojima su uvedene i nove oznake vrsta čelika za željezničke tračnice [4].

U tablici 3 dane su vrste čelika za tračnice, raspon tvrdoća i lomne žilavosti, opis i izgled utisnute oznake na vratu. Tablica 3. Vrste čelika, rasponi tvrdoća, lomne žilavosti i drugo

Vrste čelika	Rasponi tvrdoća, HBW	Lomna žilavost, $K_{Ic}$ [MPa m <sup>1/2</sup> ]		Opis	Oznaka na vratu
		mini. pojedinačna	srednja		
200	200-240	30	35	C-Mn	_____
220	220-260	30	35	C-Mn	=====
260	260-300	26	29	C-Mn	=====
260 Mn	260-300	26	29	C-Mn	=====
320 Cr	320-360	24	26	1 %Cr	=====
350 HT	350-390	30	32	C-Mn s TO <sup>1)</sup>	=====
350 LHT	350-390	26	29	niskolegirano s TO <sup>1)</sup>	=====

<sup>1)</sup> s toplinskom obradom

### 3.1 Kvalifikacijska ispitivanja

Sva kvalifikacijska ispitivanja moraju se izvršiti najmanje jednom svakih pet godina i pri znatnim promjenama u proizvodnom procesu kod svih vrsta čelika za tračnice. Dopunska ispitivanja zaostalih napreznja valja obaviti na raspoloživim vrstama čelika svake dvije godine, a najveća uzdužna zaostala napreznja u stopi su do  $250$  MPa.

Propisana su sljedeća kvalifikacijska ispitivanja:

- lomna žilavost,  $K_{Ic}$  (vidi tablicu 3., s pet ispitnih uzoraka savijanjem u 3 točke)
- brzina rasta pukotine umaranja ( $17$  m/Gc pri  $\Delta K = 10$  MPa m<sup>1/2</sup> i  $55$  m/Gc pri  $\Delta K = 13,5$  MPa m<sup>1/2</sup>, izuzev za vrste 200 i 320 Cr)
- ispitivanje umaranjem (vijek svakog ispitnog uzorka mora biti  $\geq 5 \times 10^6$  ciklusa pri  $\epsilon_{uk} = 0,00135$ ),
- zaostala napreznja u stopi tračnice
- variranje tvrdoće toplinski tretiranih tračnica od centra linije površine kotrljanja (do  $\pm 15$  HBW od srednje vrijednosti rezultata)
- vlačna čvrstoća i istezljivost ( $R_m$  i  $A_5$ ), uglavnom se računaju višestrukum regresijskome analizom
- segregacije (Baumanov sumporni otisak po ISO 4968)
- ostali kvalifikacijski zahtjevi.

### 3.2 Prijamna ispitivanja

U okviru prijamnih ispitivanja obavlja se niz laboratorijskih ispitivanja:

- kemijski sastav (opći, maks. dopušteni % H, O, Al, V, N te oligoelemenata)
- mikrostruktura (pri povećanju x 500)
- dekarbonizacija (najviše. do  $0,25$  mm)
- oksidna čistoća ( $K_3 < 10$  na najmanje 95% uzoraka)
- sumporni otisak (postoji 13 referentnih prihvatljivih ili neprihvatljivih otisaka)
- tvrdoća (HBW 2,5 mm/1,839 kN, 15 s; maksimalno dopuštena varijacija do 30 HBW)
- vlačno ispitivanje ( $d_o = 10$  mm,  $L_o = 5 d_o$  za vrste 350 HT i 350 LHT;  $R_m$  i  $A_5$  većinom se računaju s pomoću predvidljivih jednadžbi iz 100 do 200 šarža s dopuštenim rasipanjem do  $12,5$  MPa kod  $R_m$  odnosno do 1% kod  $A_5$ ).
- Tablica 4. pokazuje propisani kemijski sastav i mehanička svojstva, a tablica 5, najviše dopuštene vrijednosti rezidualnih elemenata.

Tablica 4. Kemijski sastav i mehanička svojstva

Vrste čelika i stanje	% Mase										10 <sup>-3</sup> % (ppm)		R <sub>m</sub> min. MPa	Istezanje min. A <sub>5</sub> , %	Tvrdoća površine kotrljanja, HBW
	C	Si	Mn	P max	S	Cr	Al max	V max	N max	O	H				
200 Tekuće	0,40/0,60	0,15/0,58	0,70/1,20	0,035	0,008/0,035	<0,15	0,004	0,030	0,009	20	3,0				
220 Čvrsto	0,38/0,62	0,13/0,60	0,65/1,25	0,040	0,008/0,040	<0,15	0,004	0,030	0,010	20	3,0	680	14	200/240	
220 Tekuće	0,50/0,60	0,20/0,60	1,00/1,25	0,025	0,008/0,025	<0,15	0,004	0,030	0,008	20	3,0				
260 Čvrsto	0,50/0,60	0,20/0,60	1,00/1,25	0,025	0,008/0,025	<0,15	0,004	0,030	0,008	20	3,0	770	12	220/260	
260 Tekuće	0,62/0,80	0,15/0,58	0,70/1,20	0,025	0,008/0,025	<0,15	0,004	0,030	0,009	20	2,5				
260 Min	0,60/0,82	0,13/0,60	0,65/1,25	0,030	0,008/0,030	<0,15	0,004	0,030	0,010	20	2,5	880	10	260/300	
260 Tekuće	0,55/0,75	0,15/0,60	1,30/1,70	0,025	0,008/0,025	<0,15	0,004	0,030	0,009	20	2,5				
320 Čvrsto	0,53/0,77	0,15/0,60	1,25/1,75	0,030	0,008/0,030	<0,15	0,004	0,030	0,010	20	2,5	880	10	260/300	
320 Tekuće	0,60/0,80	0,50/1,10	0,80/1,20	0,020	0,008/0,025	0,80/1,20	0,004	0,18	0,009	20	2,5				
350 Čvrsto	0,58/0,82	0,48/1,12	0,75/1,25	0,025	0,008/0,030	0,75/1,25	0,004	0,20	0,010	20	2,5	1080	9	320/360	
350 Tekuće	0,72/0,80	0,15/0,58	0,70/1,20	0,020	0,008/0,025	<0,10	0,004	0,030	0,009	20	2,5				
350 HT	0,70/0,82	0,13/0,60	0,65/1,25	0,025	0,008/0,030	<0,15	0,004	0,030	0,010	20	2,5	1175	9	350/390	
350 Tekuće	0,72/0,80	0,15/0,58	0,70/1,20	0,020	0,008/0,025	0,30 max	0,004	0,030	0,009	20	2,5				
350 LHT	0,70/0,82	0,13/0,60	0,65/1,25	0,025	0,008/0,030	0,30 max	0,004	0,030	0,010	20	2,5	1175	9	350/390	

Tablica 5. Maksimalno dopušteni sadržaj rezidualnih elemenata

Vrste čelika	Mo	Ni	Cu	Sn	Sb	Ti	Nb	Cu & 10 Sn	Elementi	% mase
200, 220, 260, 260 Mn	0,02	0,10	0,15	0,030	0,020	0,025	0,01	<0,35	Cr+Mo+Ni+Cu+V	<0,35
320 Cr	0,02	0,10	0,15	0,030	0,020	0,025	0,01	<0,35	Ni+Cu	<0,16
350 HT	0,02	0,10	0,15	0,030	0,020	0,025	0,04	<0,35	Cr+Mo+Ni+Cu+V	<0,25
350 LHT	0,02	0,10	0,15	0,030	0,020	0,025	0,04	<0,35	Mo+Ni+Cu+V	<0,20



Ostala prijamna ispitivanja tračnica su: dimenzijske tolerancije; mjerila (kontrolni kalibri), inspeksijski zahtjevi/tolerancije za unutarnju i površinsku kvalitetu.

Unutarnja kvaliteta se kontrolira ultrazvučno u kontinuiranom procesu proizvodnje, a obuhvaća najmanje 70% glave i najmanje 60% vrata tračnice. Površinska kvaliteta obuhvaća kontrolu: izbočenosti, oštećenja od valjanja kao šavovi, ogrebotine, krhotine, i sl.; oštećenja u hladnom stanju, površinska oštećenja mikrostrukture (martenzit ili bijela faza), automatsku kontrolu stope na površinska oštećenja (pukotine).

Tablica 6. Oznake profila tračnica po pr EN i ranije oznake

Redni broj	Profil tračnica	Ranije oznake profila
1.	46 E 1	SBB I
2.	46 E 2	U33
3.	46 E 3	NP 46
4.	46 E 4	46 UNI
<b>5.</b>	<b>49 E 1</b>	<b>DIN S49</b>
6.	49 E 2	S49 T
7.	49 E 3	DIN 549 b
8.	49 E 4	HUSH 113lb/54 Kg
9.	50 E 1	U50E
10.	50 E 2	50EB-T
11.	50 E 3	BV 50
12.	50 E 4	UIC 50
13.	50 E 5	50 UNI
14.	50 E 6	U 50
15.	52 E 1	52 RATP
16.	54 E 1	UIC 54
17.	54 E 2	UIC 54 E
18.	54 E 3	DIN S54
19.	55 E 1	U55
20.	56 E 1	BS 113lb BR Variant
<b>21.</b>	<b>60 E 1</b>	<b>UIC 60</b>

Profili tračnica, dimenzije, svojstva i linearna masa moraju biti u skladu s propisom u prijedlogu ove norme. Pri-

jedlog norme sadrži 21 različiti profil željezničkih tračnica s masama od 46 do 60 kg/m (tablica 6.). Profili na slici 1. imaju sljedeće oznake: 49 = 49 E1, a UIC 60 = 60 E1.

#### 4 Zaključak

Po normi UIC 860V/1996. bile su propisane četiri vrste perlitnih čelika s čvrstoćama 700 do 1100 MPa za željezničke tračnice (tablica 1.), a u prijedlogu EN/1999. dano je sedam vrsta perlitnih čelika s rasponom tvrdoća između 200 do 390 HBW (tablica 3.).

Prijedlog EN/1999. ima dvije glavne vrste ispitivanja: kvalifikacijsku i prijamnu. Kvalifikacijska ispitivanja uvode i neka svojstva kojih nije bilo u prijašnjim normama (točka 3.), a uključuje i tipične rezultate iz relevantnih prijamnih ispitivanja. Prijamna ispitivanja kontroliraju propisana svojstva koja osiguravaju proizvodnju tračnica visoke kvalitete i zahtjeve željezničkih uprava u skladu s normom EN ISO 9002 prema posljednjoj dokazanoj tehnologiji.

Prijamni je kriterij utemeljen na mjerenjima vrijednosti tvrdoće, a vrijednosti vlačnog ispitivanja su dio kvalifikacijskih ispitivanja.

Nova svojstva koja traže kvalifikacijska ispitivanja su: lomna žilavost, brzina rasta pukotine umaranja, ispitivanje umaranjem, zaostala naprezanja u stopi tračnice, kontinuirana ultrazvučna kontrola itd.

Prijedlog nove europske norme EN 13674-1:1999 povećao je broj propisanih vrsta čelika za željezničke tračnice s 4 na 7, što je usklađeno s propisima vodećih nacionalnih normi, uveo nov način označavanja čelika za tračnice prema tvrdoći i znatno postrožio uvjete prijama željezničkih tračnica s nizom novih svojstava. To je vrlo važno za povećanje sigurnosti i pouzdanosti željezničkog prometa, a posebice u uvjetima većih brzina.

*Ovaj je rad napisan u okviru prve faze projekta "Usvajanje tehničke dijagnostike i rješavanje problematike održavanja tračnica na prugama HŽ", a prikazani rezultati nastali su u okviru programa TEST – Tehnologijski istraživačko-razvojni projekti uz potporu Ministarstva znanosti i tehnologije RH.*

#### LITERATURA

- [1] Becker, K.; Krämer, W.; Rank, A.: *Moderne Schienenenerzeugung*, Stahl und Eisen, 105 (1985.), Nr. 23, 1329-1332.
- [2] Bienzeisler, H.; Schmedders, H.; Wick, K.: *Moderne Schienenenerzeugung bei der Thyssen Stahl AG*, Thyssen Technische Berichte, (1988.) H. 1, 147-159.
- [3] \*\*\* Different norms: UIC 860V/1986, ASTM A1-84, AREA 1984, GOST 24182-80, GOST 18267-82, BS 11/1985, JIS 1101-1980, JIS E 1120-1978, Draft pr EN 13674-1/1999.
- [4] \*\*\* ORE-Frage D156: *Möglichkeiten zur Verbesserung der Gebrauchseigenschaften von Schienen durch metallurgische Massnahmen*, Bericht 1, Utrecht, 1984.
- [5] Schweitzer, R.; Flügge, J.; Heller, W.: *Einflüsse auf das Bruchverhalten von Schienen*, Stahl und Eisen, 105 (1985.), Nr. 1451-1456.
- [6] Strassburger, Ch.: *Entwicklungstendenzen bei Grund- und Qualitätstählen*, Stahl und Eisen, 107 (1987.), Nr. 4, 143-150.
- [7] Vitez, I.: *The fracture toughness and the fatigue strength of railway rails*, Metalurgija 35(1996.)1, 49-51.
- [8] Vitez, I.; Krumes, D.; Šimunović, K.: *Investigation of correlation between fatigue endurance and tensile strength of steel*, Metalurgija 38 (1999) 1, 25-30.
- [9] Vitez, I.; Budić, I.; Krumes, D.: *The Correlations between Impact Energy and Fracture Toughness*, Proceedings of the Charpy Centenary Conference, Poitiers, 2001, Vol. 1, 225-231.
- [10] Vitez, I.; Marušić, V.; Marković, R.; Kladarić, I.: *Propisana svojstva i mikrostruktura čelika za željezničke tračnice*, Tehnički vjesnik 6 (1999) (3, 4), 9-16