SCIENTIFIC PAPERS
OF THE UNIVERSITY OF PARDUBICE
Series B
The Jan Perner Transport Faculty
**3** (1997)

# OPTIMALIZACE MATERIÁLOVÝCH A TECHNOLOGICKÝCH PARAMETRŮ PROCESU NAVAŘOVÁNÍ POJEZDOVÝCH HRAN

Libor BENEŠ, Eva SCHMIDOVÁ

Katedra dopravních prostředků

## 1. ÚVOD

Na údržbu svršku železničních a tramvajových tratí jsou celosvětově vynakládány obrovské finanční prostředky. K největšímu opotřebení kolejnic pro tramvajovou a železniční dopravu dochází v exponovaných místech tratí, jako jsou výhybky, oblouky, přechody, brzdné a rozjezdové úseky v bezprostředním okolí zastávek apod. Kolejnice jsou tímto způsobem namáhány ihned po jejich instalaci do tratě, a to intenzitou, odpovídající druhu a frekvenci provozu. Následkem může být v lepším případě poškození kolejnice nebo kola, v horším případě pak i vykolejení vozidla. Příčinou může být buď „ojetá" kolejnice nebo okolek kola při opotřebení nad dovolenou toleranci.

V městské dopravě je opotřebení v obloucích zhruba 3x větší než na přímých úsecích tratí, přičemž životnost paty kolejnice se pohybuje kolem 15-ti let. Z praxe je známo, že některé oblouky je nutno z důvodu opotřebení hlavy kolejnice měnit až každé 3 roky. Výměna kolejnic i výhybek je náročná operace, jak časově, tak finančně, zvláště pokud je provázena vyzvednutím a opětovným uložením z panelů nebo z dlažby. Situace je navíc komplikovaná požadavkem dopravní výluky na daném úseku tratě [1].

Zdrojem uvedených problémů, vzniklých provozem, je intenzívní namáhání v systému kolo-kolejnice, který podléhá především adhezívním, abrazívním a korozním aspektům opotřebení, přičemž převládající je adhezívní složka, vznikající mezi kolem a pojížděným úsekem kolejnice [2].

Na základě dosavadních zkušeností a s využitím současných poznatků vědy a možností techniky lze jako vhodné opatření ke zvýšení životnosti kolejnic v exponovaných úsecích tratí aplikovat pro uvedené typy součástí kolejového svršku některou z řady dnes již poměrně rozšířených technologií navařování funkčních ploch. V současné době se sice

i v našich podmínkách navařování kolejnic a výhybek provádí, ovšem v naprosté většině aplikací se jedná o tzv. reprofilaci (renovaci) provozem opotřebeného kolejnicového materiálu. Tyto rekonstrukční práce jsou ovšem spojeny s již zmiňovanou nutností výluky na daném úseku tratě, a tedy i se značnými časovými i ekonomickými ztrátami.

Mnohem racionálnější metodu zvyšování životnosti součástí kolejového svršku představuje navaření exponovaných funkčních ploch (výhybek a kolejnic) ještě před jejich uvedením do provozu. Na rozdíl od běžně aplikovaných postupů navařování opotřebovaných kolejnicových prvků uložených do tratě, není tedy prezentovaná technologie určena k jejich renovaci, ale zvýšení užitných vlastností kolejnic a výhybek je dosaženo navařením pojezdové hrany ještě před jejich instalací na místo určení.

Důležitým požadavkem z hlediska prevence nadměrného opotřebení nákolků kolejových vozidel v souvislosti s aplikací navrhované technologie je ovšem zachování určitého poměru tvrdosti mezi kolem a kolejnicí. Hodnoty tvrdosti navařené vrstvy mají být na úrovni stejné nebo jen nepatrně vyšší než tvrdost základního materiálu.

## 2. TECHNICKÉ PROVEDENÍ

Vývojem zmíněné technologie navařování exponovaných úseků součástí kolejového svršku ještě před jejich prvním uložením do tratě se zabývá skupina tvořená pracovníky materiálového oddělení katedry dopravních prostředků DFJP (dislokované pracoviště Česká Třebová) ve spolupráci s vývojovým oddělením DT výhybkárna a mostárna, spol. s r.o. Prostějov, které zastupuje jeho vedoucí Ing. Josef Zbořil.

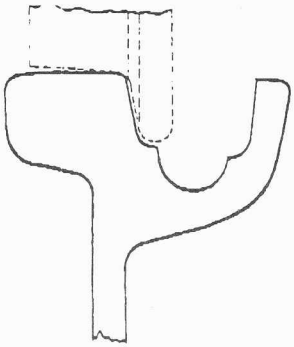
Cílem těchto prací, zaměřených na zvýšení kvality uvedených kolejnicových materiálů, je dosažení vyšších užitných vlastností - především pak odolností proti adhezívnímu opotřebení. Takto navařené pojezdové hrany kolejnic a komponent výhybek podle provedených pozorování jsou výrazně odolnější vůči kluznému i valivému otěru pod velkým tlakem pojížděných vozidel, tady tzv. „vyjetí", které v obloucích s malým poloměrem může u běžně používaných kolejnic často dosahovat úrovně až 15mm.

Na základě znalostí průběhu opotřebení používaných tramvajových kolejnic (***obr. 1***) se v uvedených úsecích nejprve vyfrézuje drážka, do které je poté navařeno několik vrstev austenitického tvrdonávaru na bázi Mn-Cr oceli. Jako mezivrstva (tzv. „vypolštářování") se používá rovněž austenitický materiál, Cr-Ni ocel (***obr. 2***). Návary byly naneseny na základní materiál typu UIC 900A s profilem žlábkové kolejnice NT 1.

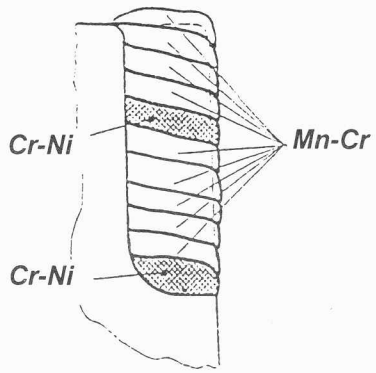
Vzhledem k značným obtížím při svařování, resp. navařování C-Mn kolejnic, které jsou vzhledem k vysokému obsahu uhlíku velmi náchylné k zakalení i na vzduchu, je nezbytně nutné věnovat značnou pozornost průběhu teplotního režimu.

Po opracování navařeného úseku na požadovaný profil (broušením, hoblováním) je dosaženo vysokých hodnot tvrdosti návaru jeho následným zpevněním plastickou deformací za studena, tzv. roztemováním. Vzhledem k austenitické struktuře obou aplikovaných materiálů lze tímto způsobem výrazně zvýšit tvrdost v oblasti pojezdové hrany, kde v provozu dochází ke styku kola s kolejnicí. Úroveň tvrdosti po měření na hlavě kolejnice pak dosahuje již po obrobení hodnot cca 280-290 HB a po značném zpevnění až 450-490 HB (hloubka zpěchované vrstvy je cca 0,5-1 mm).

Tato technologie navařování byla úspěšně odzkoušena jak v ověřovacích zkouškách, tak v provozních podmínkách a je předmětem užitného vzoru.



*Obr. 1 Profil opotřebené pojezdové hrany žlábkové kolejnice*




*Obr. 2 Skladba navařených vrstev (MnCr tvrdonávar a CrNi mezivrstva)*

## 3. MATERIÁL A EXPERIMENTÁLNÍ METODY

Pro posouzení materiálových a technologických parametrů byla zkušebně navařena řada kolejnic, přičemž hlavní pozornost se soustředila na ovlivnění soudržnosti návaru se základním materiálem při různých teplotních režimech procesu navařování.

### 3.1 Použitý materiál a technologie navařování

Jako základní materiál k navařování austenitickou ocelí typu 16Mn13Cr s mezivrstvou 18Cr8Ni6Mn byla použita kolejnicová ocel UIC 900A, která představuje dnes nejpoužívanější materiál železničního i tramvajového provozu, aplikovaný také pro nově budované železniční rychlostní koridory. Zkušební kolejnice měly profil NT 1, délku 500mm a materiálové parametry podle ***tab. 1***.

***Tab. 1*** *Materiálové parametry navařované kolejnice*

| Chemické složení navařované kolejnicové oceli UIC 900A | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Prvek | C | Mn | Si | P | S |
| [hm. %] | 0.720 | 0.860 | 0.200 | 0.022 | 0.018 |

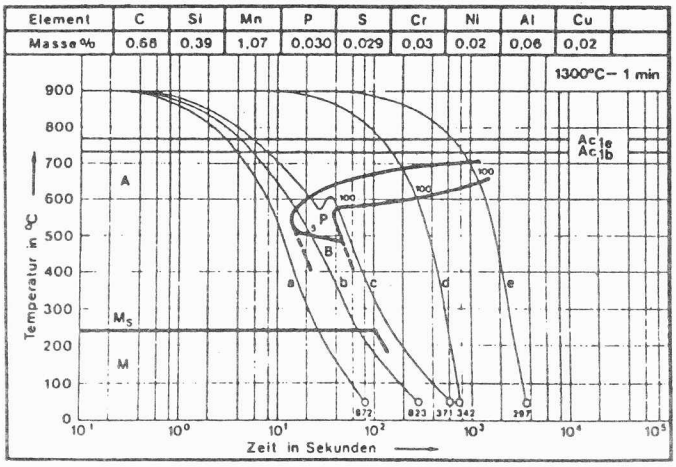
| Mechanické vlastnosti použité kolejnicové oceli UIC 900A | | | |
|---|---|---|---|
| $R_m$ [MPa] | $A_5$ [%] | Z [%] | KCV [J/cm$^2$] |
| 980 | 14.6 | 24.3 | 30 |

Uhlíkový ekvivalent, zjištěný podle [3] a zohledňující hlavní přítomné prvky v tomto kolejnicovém materiálu, dosahuje hodnoty 0.863.

První série návarů odpovídala technologii navařování bez předehřevu, která je sice z hlediska provozních nákladů poměrně atraktivní, ovšem vzhledem k vysoké hodnotě uhlíkového ekvivalentu (silně prokalitelný materiál) a s tím spojenému latentnímu nebezpečí vzniku defektů v navařeném spoji musí být předem pečlivě experimentálně ověřena.

Druhá série představuje technologii navařování s předehřevem. Tímto technologickým opatřením se současně sníží rychlost ochlazování (čímž se zabrání případné tvorbě martenzitu), sníží se teplotní spád (a tím i tepelná pnutí) a navíc se usnadní oddifundování vodíku. Pro stanovení teploty předehřevu posloužil jako orientační vodítko diagram ARA daného kolejnicového materiálu UIC 900A (*obr. 3*). Teplota předehřevu $T_p$ byla volena v blízkosti teploty $M_S$.

Třetí řada vzorků pak reprezentovala technologii s aplikací předehřevu ($T_p$) a následného dohřevu (teplota dohřevu $T_d \approx M_S$) s chladnutím v izolačním zábalu, kterým se rychlost ochlazování, a tedy i nebezpečí vzniku nežádoucích strukturních složek ještě výrazněji sníží.




*Obr. 3 Diagram rozpadu austenitu oceli UIC 900A*

### 3.2 Použité experimentální metody

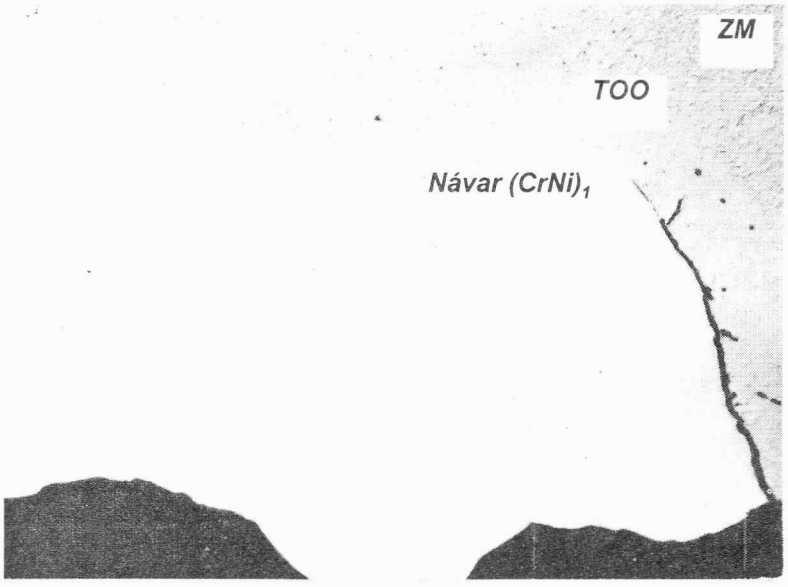
Ze zkušebně navařených kolejnic byla vyříznuta řada vzorků, následně podrobených metalografické analýze. Popisované technologie byly vzájemně porovnány na základě výsledků makro / mikrostrukturního studia (světelný mikroskop *NEOPHOT 32*), s hodnocením průběhů mikrotvrdosti (počítačem řízený mikrotvrdoměr *LECO-400 M*) a identifikací přítomných mikročástic lokální elektronovou mikroanalýzou (analytický rastrovací elektronový mikroskop *JXA-840 A*).

## 4. DOSAŽENÉ VÝSLEDKY A JEJICH DISKUSE

Výsledky provedených materiálových rozborů svědčí o výrazných rozdílech v makro / mikrostruktuře navařených vzorků. Pro lepší přehlednost budou v následujícím textu jednotlivé technologie dokumentovány nejprve odděleně a teprve poté (v kapitole 5), na základě porovnání dosažených výsledků, se ozřejmí ta technologie, která je z materiálového hlediska nejpříznivější.

### 4.1 Technologie navařování bez předehřevu

První z uvedených technologií, tzn. navařování bez dodatečných teplotních opatření (první série vzorků - navařování za studena) je nutno na základě provedených šetření označit jako nevyhovující. Na rozhraních mezi základním materiálem (***ZM***) a návarem, popřípadě v teplem ovlivněné oblasti (***TOO***), byla zjištěna přítomnost trhlin značné velikosti (***obr. 4***), které se šíří po hranici návar-základní materiál, případně z ***TOO*** do základního materiálu. Elektronová analýza prokázala, že jejich povrch je zoxidovaný.

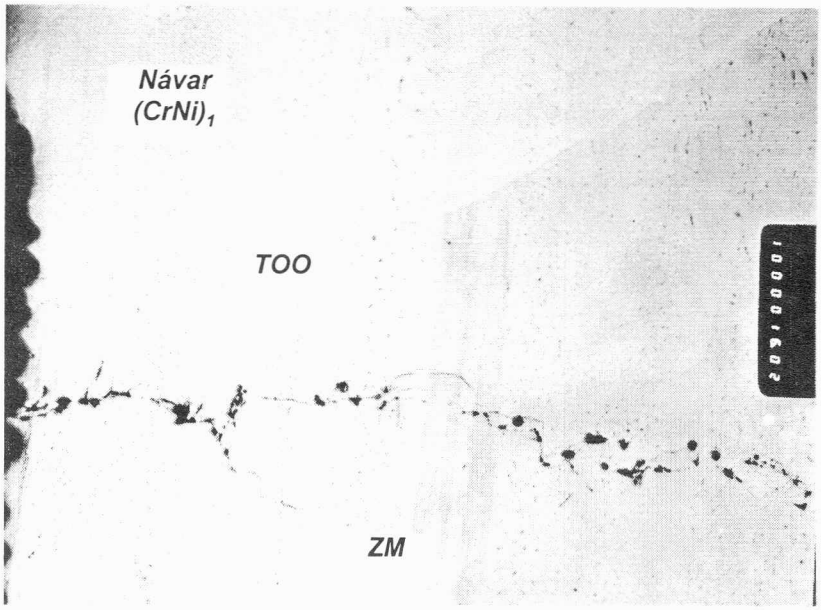



***Obr. 4*** *Trhlina na rozhraní mezi návarem a TOO (zv. 6.3x)*

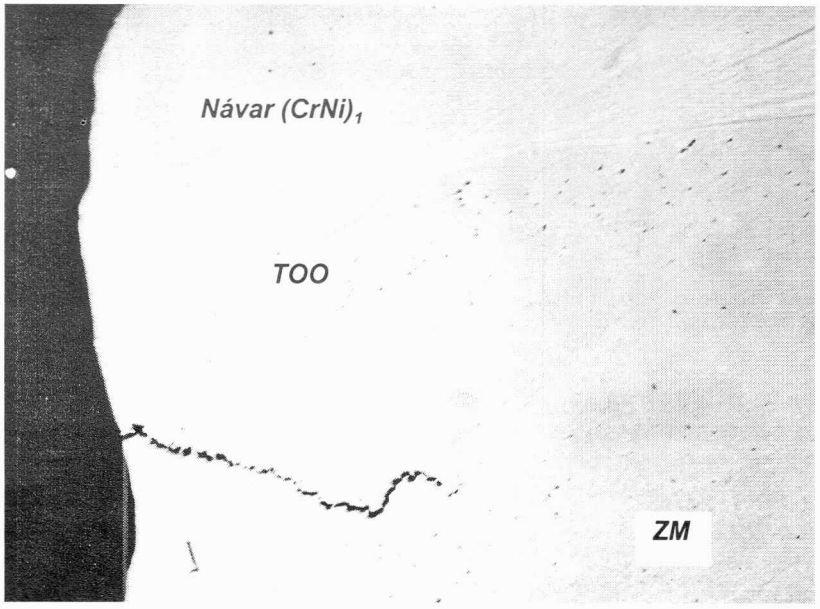
Vzhledem k silnému znečištění mikrostruktury použité kolejnicové oceli lze očekávat, že zde tyto trhliny budou sledovat řádky přítomných inkluzí, obzvláště pak v případě jejich vyloučení ve směru souhlasném se směrem kolmým k nejvyššímu tahovému napětí (***obr. 5***). Jednotlivé „skoky", jimiž se šíří magistrální trhlina, jsou typické pro zvýšený obsah vodíku ve svarovém spoji. Napojení návaru na základní materiál představuje místo se zvýšenou koncentrací napětí (vrubový účinek v místě přechodu), kde lze rovněž za daných podmínek očekávat iniciaci trhliny (***obr. 6***).

S uvážením podmínek navařování a s ohledem na chemické složení použitého materiálu lze zjištěné trhliny klasifikovat jako tzv. **opožděné trhliny**. Tyto trhliny jsou defektem, který nejvíce ohrožuje bezpečnost svarů všech ocelí o vyšší pevnosti; tvoří se v zakalené struktuře teplem ovlivněné oblasti a mohou být příčinou následného křehkého porušení či zárodkem únavového lomu [4]. Je zřejmé, že zkřehnutí v teplem ovlivněné oblasti, které předcházelo uvedenému porušení, je vyvolané transformací zhrublého austenitu na martenzit; ta je doprovázena nárůstem tvrdosti nad kritickou hodnotu (***obr. 7***) a závisí na prokalitelnosti oceli a rychlosti ochlazování. Významnou roli zde sehrává rovněž přítomnost vnitřních pnutí - strukturních i tepelných; trhliny se často iniciovaly v oblastech se zvýšenou

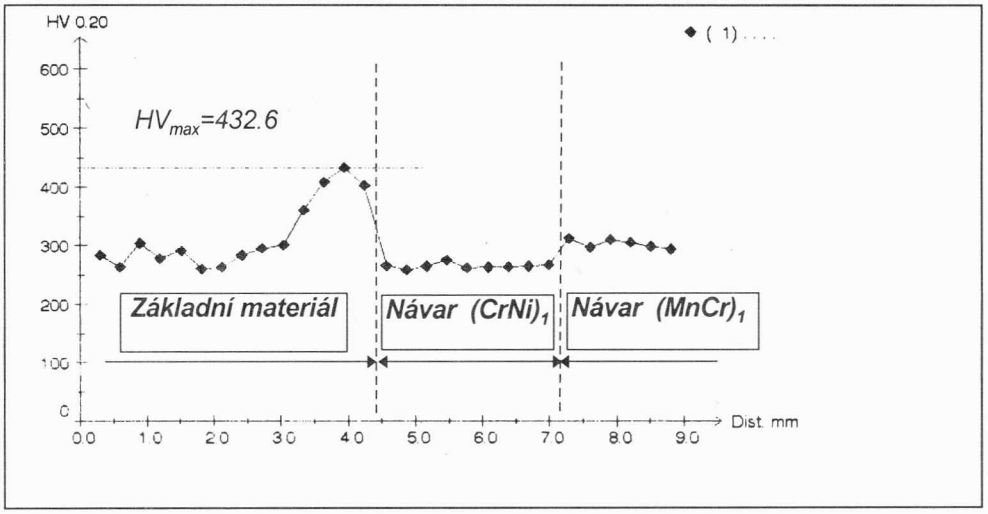
koncentrací napětí, jak dokumentoval například ***obr. 6***. Ke zkřehnutí přispívá i vodík, rozpuštěný ve svarovém spoji - viz „skoky" na ***obr. 5***.



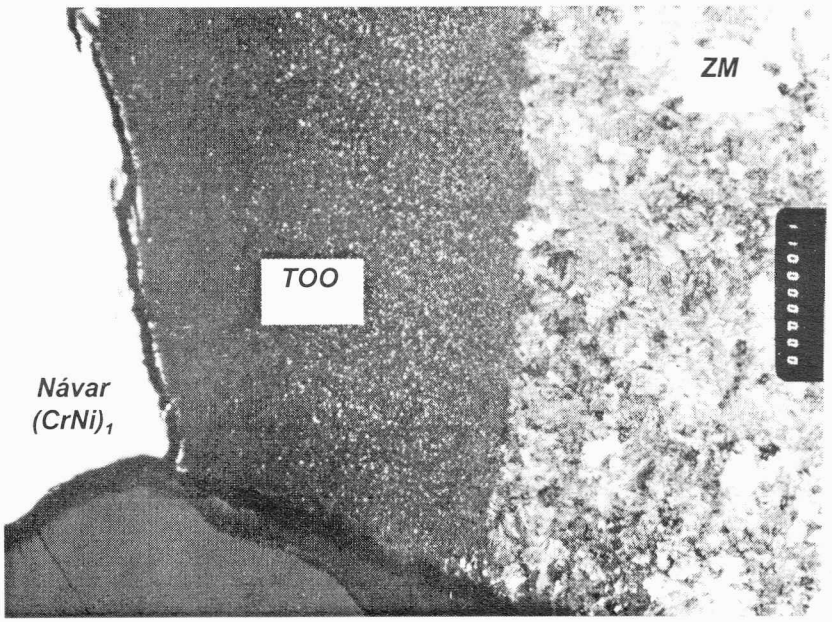

***Obr. 5*** *Trhlina, procházející řadou nečistot z TOO do ZM (zv. 16x)*



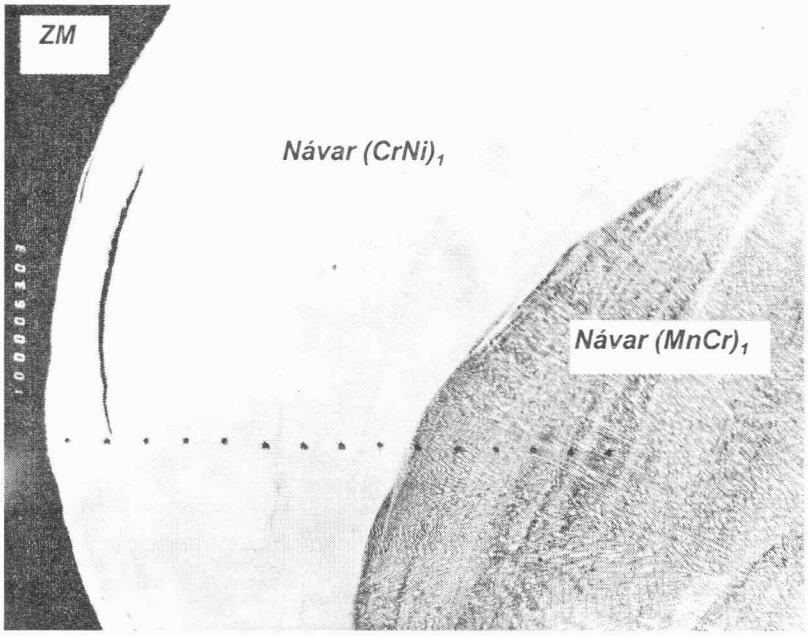

***Obr. 6*** *Trhlina, vycházející z podnávarové oblasti (zv.16x)*




**Obr. 7** *Průběh mikrotvrdosti návarem a kolejnicí (viz umístění vpichů na obr. 9)*




**Obr. 8** *Trhlina na hranici návar - kolejnice (zv. 63x)*




*Obr. 9 Řada vpichů po měření mikrotvrdosti (zv. 63x)*

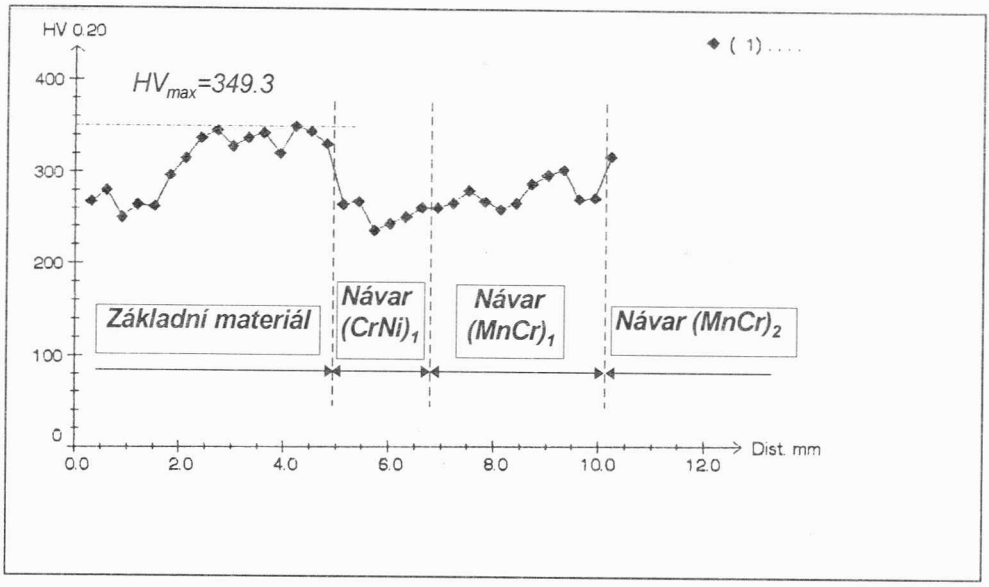
Rozbor mikrostruktury v bezprostředním okolí teplem ovlivněné oblasti prokázal na rozhraních základní materiál - mezivrstva (Cr-Ni) a základní materiál - tvrdonávar (Mn-Cr) jemně perlitickou strukturu s přechodem do hrubších zrn perlitu kolejnicové oceli - ***obr. 8***. Z hodnot mikrotvrdosti (***obr. 7***) i s ohledem na výskyt trhlin v navařeném spoji lze usuzovat, že v samotné TOO bude přítomen popuštěný martenzit. Jeho existence však prozatím nebyla přímo prokázaná.

### 4.2 Technologie navařování s předehřevem

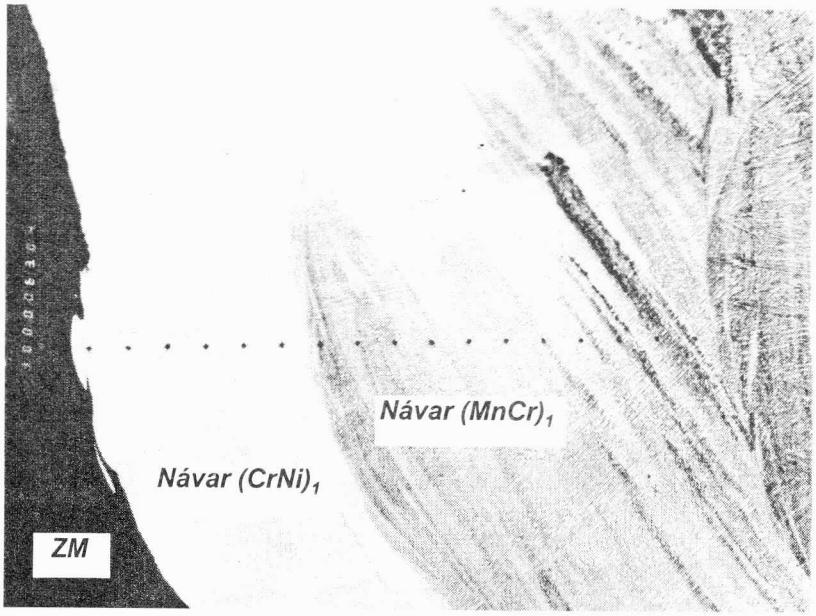
Vliv předehřevu je patrný již z přiložených mikrosnímků, ale nejvýrazněji jej dokumentuje průběh mikrotvrdosti napříč navařenou pojezdovou hranou - ***obr. 10***. V teplem ovlivněné oblasti se maximum mikrotvrdosti snížilo průměrně o 83 HV.

Výraznější teplotní ovlivnění je možné pozorovat na mikrosnímcích navařeného spoje. Ve srovnání s technologií, diskutovanou v *odstavci 4.1*, se zde objevuje mírný nárůst velikosti dendritů. Na výbrusech lze identifikovat poměrně značné dendritické i pásmové odmíšení, s čímž souvisí i ztížené leptání návaru a rozdílný stupeň naleptání jednotlivých oblastí navařené housenky - ***obr. 11***.

Studium mikrostruktury návarů dokládá přítomnost dendritů prorůstajících jednotlivými vrstvami, jejichž tvar a velikost u těchto návarů na bázi austenitu odpovídá danému teplotního cyklu.

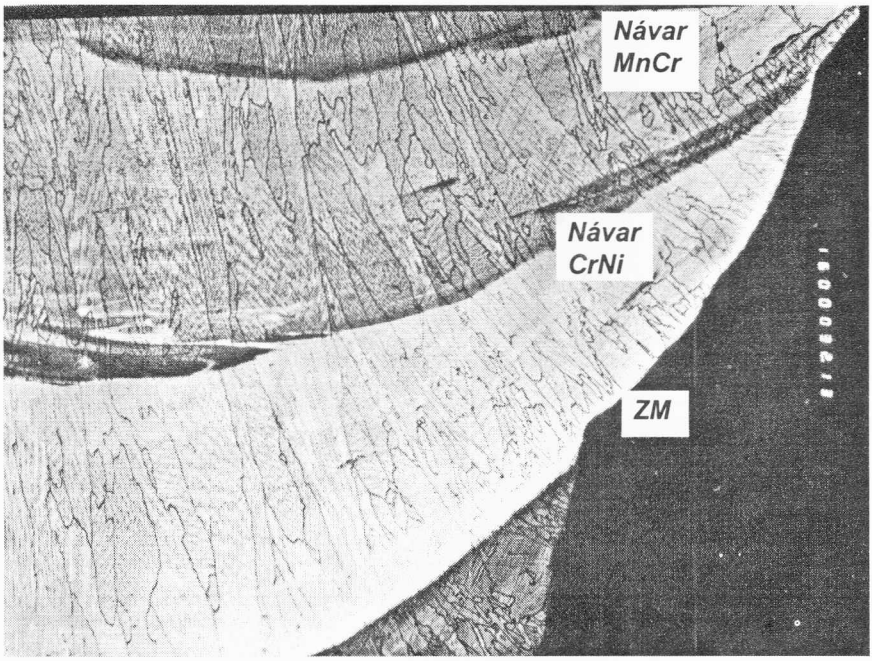



**Obr. 10** *Průběh mikrotvrdosti návarem a kolejnicí (viz umístění vpichů na obr. 11)*




**Obr. 11** *Řada vpichů po měření mikrotvrdosti (zv. 63x)*

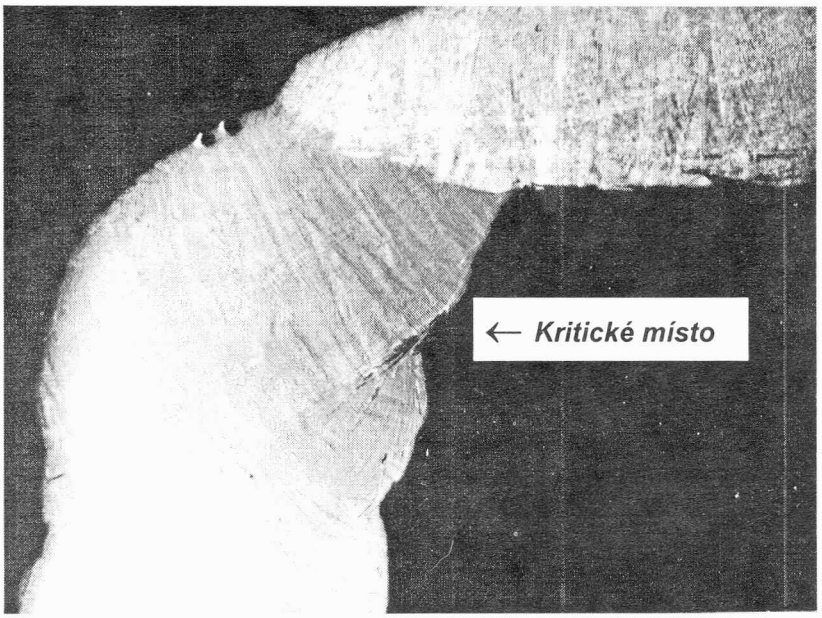
Nepotvrdila se zde tzv. nárazníková funkce vložené CrNi - mezivrstvy, o které je několik zmínek v literatuře [5]. Dendrity totiž procházejí z MnCr - návaru přes CrNi - mezivrstvu, aniž by se zde jejich prorůstání návarem zastavilo - ***obr. 12***. Tím dochází mezi těmito poměrně hrubšími dendrity ke kumulaci napětí s potenciálním nebezpečím vzniku defektů.



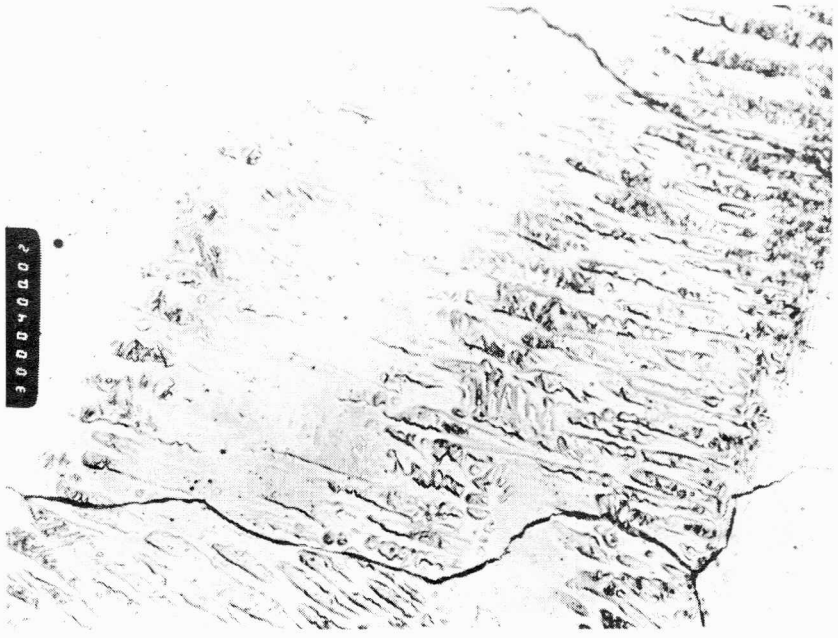

*Obr. 12 Prorůstání dendritů jednotlivými návary (zv. 32x)*

V místech zakončení sousedících návarů, která z hlediska koncentrace napětí představují kritická místa - ***obr. 13***, byly detekovány poměrně jemné vlasové trhliny, sledující hranice dendritů a vznikající vlivem natavení a opětovného ztuhnutí již ztuhlé navařené housenky při nanášení následující vrstvy - ***obr. 14***. Povrch těchto trhlin však nebyl zoxidovaný - analýzy neprokázaly přítomnost kyslíku - a lze proto očekávat, že poklepáním po navaření, případně až pojížděním koly vozidel v provozu dojde k jejich zavaření. Případný výskyt těchto trhlinek na vnější straně návaru je eliminován jeho následným zabroušením do požadovaného tvaru profilu.

Z výsledků elektronové mikroanalýzy i z průběhu mikrotvrdosti je zřejmé, že na hranicích mezi CrNi - a MnCr - návarem dochází k odmíšení niklu („měkký přechod"), zatímco mezi dvěma sousedícími MnCr - návary se tento jev nevyskytoval („ostrý přechod"). Kolísání úrovně mikrotvrdosti v rámci jedné navařené vrstvy potvrzuje již zmiňované poměrně značné pásmové odmíšení; světlejší oblasti vykazují vyšší hodnoty mikrotvrdosti než oblasti tmavé.




*Obr. 13* *Kritické místo u zakončení sousedících návarů (zv. 6.3x)*



*Obr. 14* *Vlasové (tepelné) trhliny mezi sousedními zrny (zv. 400x)*

### 4.3 Technologie navařování s předehřevem a dohřevem

Na základě vizuálního posouzení ani po provedení makro / mikrostrukturního hodnocení uvedených vzorků nebyla v samotných návarech ani v teplotně ovlivněné oblasti shledána přítomnost necelistvostí ani jiných defektů.

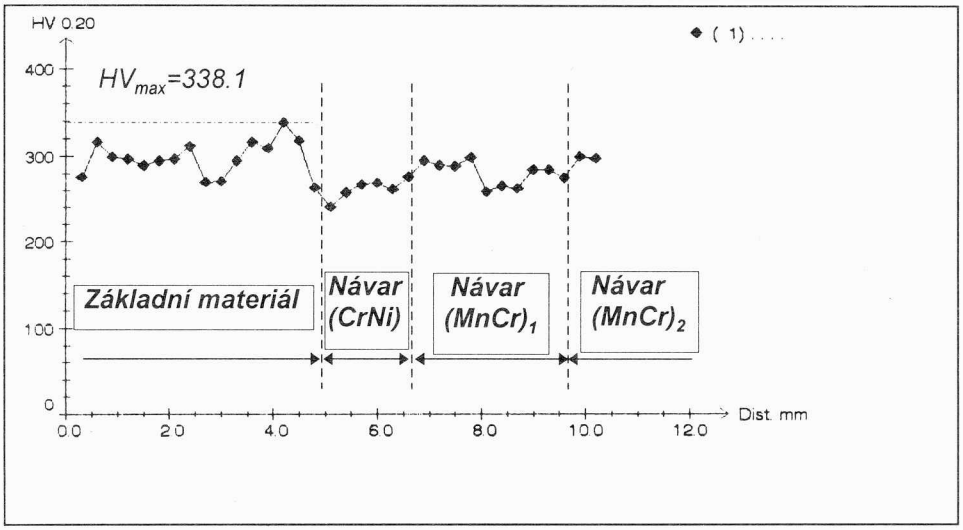
Vzhledem k delší teplotní expozici je mikrostruktura navařených spojů více homogenní a také naleptání je rovnoměrnější. Díky příznivějším difúzním podmínkám zde dochází k většímu promíšení jednotlivých navařených vrstev, proto také na snímcích lze jen stěží pozorovat posloupnost kladení jednotlivých housenek. Rovněž další mírný nárůst velikosti dendritů, resp. zrn souvisí s daným teplotním režimem.

Hranice zrn i mezidendritické prostory dekoruje jemná disperze intermetalických částic. Vzhledem k tomu, že jejich velikost nepřesahuje 1μm, nemají negativní vliv na kvalitu navařeného spoje. Lokální chemická analýza prokázala, že se jedná o nečistoty vnesené zřejmě v průběhu navařování z přídavného materiálu. Jistá obava z výskytu nežádoucích karbidů v CrMn - návaru vystavenému teplotní expozici během dohřevu nebyla prokázána ani lokální analýzou provedenou po hranicích zrn (***tab. 2***).

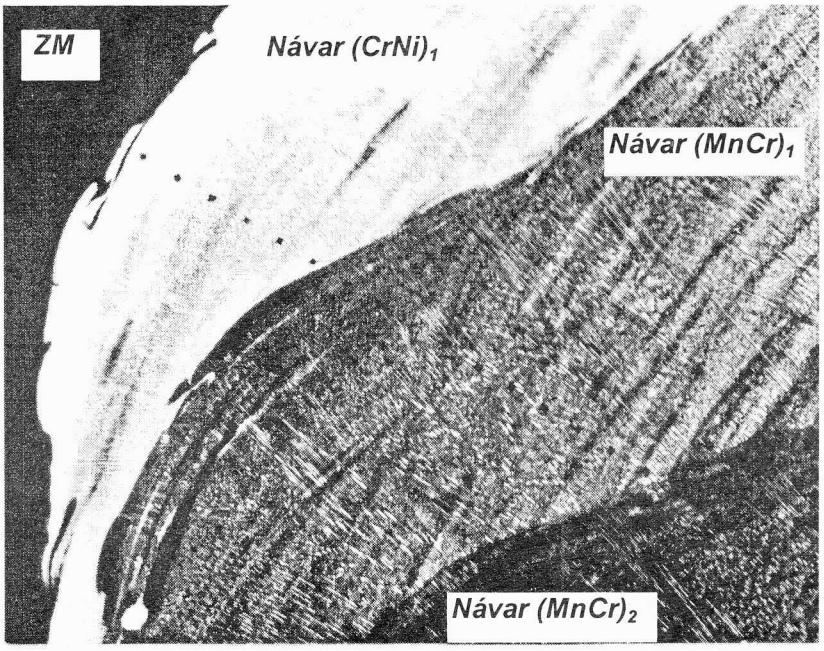
*Tab. 2 Výsledky lokální (bodové) elektronové mikroanalýzy, provedené v CrNi - návaru (ozn. N1 až N11), resp. v základním materiálu (ozn. ZM). Analýzy byly provedeny uvnitř zrn, resp. po hranicích mezi zrny (viz první sloupec - ozn. v závorce). Hodnoty jsou uvedeny v hmotnostních %.*

| | Al | Si | S | Ti | Cr | Mn | Fe | Ni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N1 (zrno) | | 0.4 | | | 9.6 | 13.2 | 76.4 | |
| N2 (hranice) | | 0.8 | | | 13.6 | 15.9 | 69.4 | |
| N3 (hranice) | | 0.9 | | | 12.3 | 15.6 | 70.9 | |
| N4 (hranice) | | 0.5 | | | 13.2 | 15.9 | 70.2 | |
| N5 (zrno) | | 0.4 | | | 11.7 | 16.0 | 71.4 | |
| N6 (hranice) | | 1.1 | | | 15.6 | 16.8 | 66.3 | |
| N7 (hranice) | | 0.6 | | | 13.1 | 14.8 | 71.1 | 0.4 |
| N8 (zrno) | 0.3 | 1.9 | 7.2 | 4.2 | 9.5 | 35.1 | 41.8 | |
| N9 (zrno) | 0.7 | 2.2 | 1.1 | 7.9 | 8.9 | 37.5 | 41.5 | |
| N10 (zrno) | | 0.5 | 0 | | 36.7 | 19.5 | 42.6 | 0.5 |
| N11(zrno) | 1.7 | 1.7 | 0.3 | 33.1 | 7.5 | 53.3 | 2.2 | |
| ZM (v TOO) | | 1.3 | 0.2 | | | 1.2 | 97.1 | |

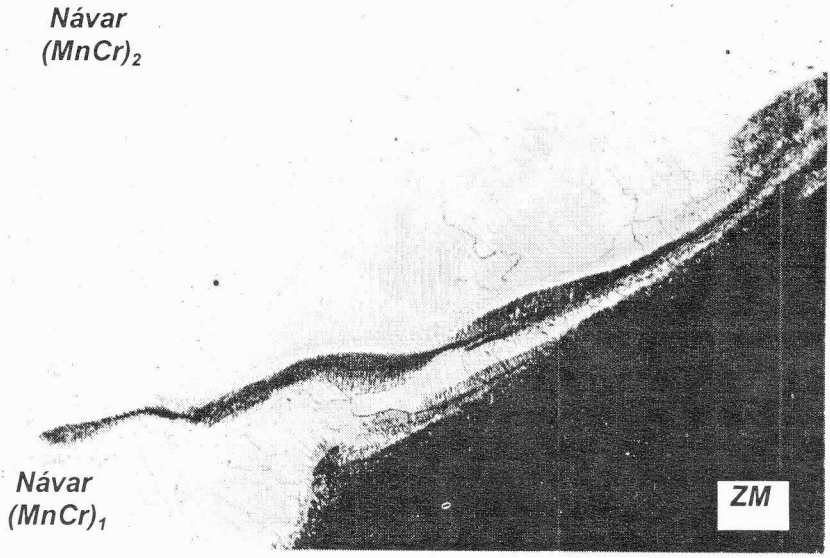
Průběh mikrotvrdosti (***obr. 15***) ve srovnání s technologií navařování bez předehřevu a dohřevu svědčí o dalším poklesu úrovně HV v teplem ovlivněné oblasti - průměrně o 94 HV, což je příznivé z hlediska prevence výskytu nežádoucích křehkých strukturních složek v TOO.



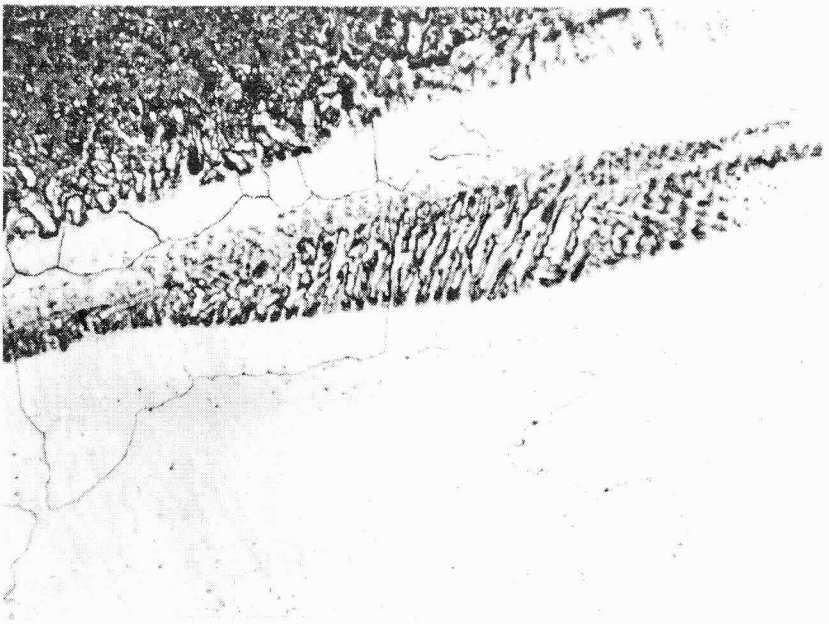

**Obr. 15** *Průběh mikrotvrdosti návarem a kolejnicí (viz umístění vpichů na obr. 16)*




**Obr. 16** *Řada vpichů po měření mikrotvrdosti (zv. 63x)*




*Obr. 17 Detail kritického místa s napojením návarů (zv. 63x)*



*Obr. 18 Síť jemných trhlinek po hranicích primárních zrn - detail z obr. 17 (zv. 250x)*

Přítomnost již zmíněných, velice jemných a povrchově nezoxidovaných vlasových tepelných trhlinek, které je možné svařit v průběhu plastické deformace (poklepáním či pojezdem), je v tzv. kritických místech (***obr. 13***) zachycena na ***obr. 17***, detailně pak na ***obr. 18***. Tyto trhliny, které vycházejí z kritických míst a sledují hranice primárně

krystalizovaných zrn, však nepředstavují pro navařený spoj riziko degradace s ohledem na jejich následné deformačně indukované zacelování.

## 5. ZÁVĚR

Provedené experimentální práce potvrdily představu o možnosti zlepšení užitných vlastností kolejnicových ocelí s perlitickou strukturou navařením pojezdové hrany tvrdonávarem na bázi austenitu s mezivrstvou.

Na základě porovnání materiálových a technologických parametrů, sledovaných u jednotlivých technologií, je možné z hlediska kvality a přilnavosti návaru k základnímu materiálu označit jako nejvhodnější proces navařování s aplikací předehřevu a dohřevu, kde nebyla prokázána přítomnost nebezpečných defektů ani nežádoucích strukturních složek

Použití technologie bez předehřevu se z hlediska výskytu opožděných trhlin jeví jako neperspektivní; technologie s předehřevem bez dohřevu je sice přijatelná, ovšem pouze za předpokladu přísného dodržení daného technologického postupu. Technologickou nekázní je možné i zde vytvořit podmínky ke vzniku defektního navařeného spoje.

Z metalografických rozborů i na základě lokální elektronové mikroanalýzy je zjevný vysoký stupeň znečištění navařovaného kolejnicového materiálu UIC 900A. Zjištěná lokální zvýšení obsahů síry a hliníku vysvětlují přítomnost sulfidů, hlinitanů i dalších nečistot, jejichž velikost často překračuje 5μm. Podle očekávání i tyto částice přispívají k případné degradaci navařeného spoje.

*Poděkování: Autor považuje za svoji milou povinnost poděkovat pracovníkům odboru fázové a strukturní analýzy Ústavu materiálového inženýrství Františka Píška FS VUT v Brně, jejichž vědomosti a zkušenosti značnou měrou přispěly k dosažení prezentovaných výsledků.*

*Poděkování patří rovněž Nadání Josefa, Marie a Zdeňky Hlávkových za sponzorství při řešení výzkumného úkolu, kterého se mu dostalo udělením nadačního daru.*

*Lektorovala: Doc. Ing. Eva Münsterová, CSc.*

Předloženo v lednu 1998.

### Literatura

[1] Foldyna, V. et al.: Navařování kolejnic technologií automatem pod tavidlem. In: sborník přednášek odborného semináře Svařování v železniční dopravě, únor 1997, Česká Třebová, 37-52.

[2] Beneš, L. - Foret, R. - Karczmarczyk, E. - Pindor, J.: Mikrostruktura a mechanické vlastnosti legovaných kolejnicových ocelí. In: Sci. Pap. Univ. Pardubice Ser. B 2 (1996), 111-122.

[3] Žák, J. - Novák, M.: Teorie svařování, skripta VUT Brno (1988), 96-108.

[4] Hrivňák, I.: Teória zvaritelnosti kovov a zliatin. Bratislava, VEDA (1989), 124-155.

[5] Winter, K. - Schabereiter, H. - Reiterer, J.: Regenerieren von Straßenbahnschienen mittels der UP-Schweißung. In: Schweisstechnik 5 (1995), 74-78.

## Resumé

### OPTIMALIZACE MATERIÁLOVÝCH A TECHNOLOGICKÝCH PARAMETRŮ PROCESU NAVAŘOVÁNÍ POJEZDOVÝCH HRAN

Libor BENEŠ, Eva SCHMIDOVÁ

Ve spolupráci s *DT výhybkárna a mostárna, spol. s r.o. Prostějov* byla vyvinuta a v několikaměsíčním zkušebním provozu ověřena technologie navařování exponovaných úseků nově pokládaných tramvajových kolejnicových prvků. V příspěvku je předloženo metalografické hodnocení těchto návarů na bázi austenitických materiálů (CrNiMn, resp. MnCr) s ohledem na použité technologické parametry procesu navařování.

## Summary

### OPTIMIZING THE MATERIALS AND TECHNOLOGIC PARAMETERS OF HARD SURFACING THE RUNNING EDGE OF RAIL COMPONENTS

Libor BENEŠ, Eva SCHMIDOVÁ

The new technology of hard surfacing on the exposed parts of tramway permanent way components before their first putting into operation was developed and checked up afterwards together with the company *DT výhybkárna a mostárna Ltd. Prostějov* (manufacturer of points and bridges) during the several months lasting trial operation. The metallographic investigation of the austenitic-based buildups (CrNiMn and MnCr, respectively) with respect for the used technologic parameters is discussed in the paper.

## Zusammenfassung

### OPTIMIERUNG DER MATERIAL- UND TECHNOLOGISCHEN PARAMETR BEI PROZESSEN DER ANSCHWEIßUNG AUF BEFAHRENEN KANTEN DER KOMPONENTEN (TEILEN) VON STRAßENBAHNWEICHEN.

Libor BENEŠ, Eva SCHMIDOVÁ

In der Zusammenarbeit mit *DT Weichen- und Brückenbauanstalt Prostějov* wurde eine Technologie der Anschweißung von angriffeingesetzten Abschnitten der neugelegten Straßenbahnweichen entwickelt und in einem mehrmonatlichen Betrieb überprüft.

In dem Beitrag wird auf der Basis der austenitischen Materialien mit Rücksicht auf die verwendeten Parametr eine metallographische Bewertung von diesen Anschweißungen vorgelegt.