

VÝVOJOVÉ KROKY K VYSOCE ODOLNÉ ŽELEZNIČNÍ KOLEJNICI

Dr. Ing. Albert Jörg
voestalpine Schienen GmbH / Technická podpora zákazníků
Leoben / Donawitz, Rakousko

1. ÚVOD

Rozvoj železničních kolejnic byl vždy závislý na znalosti materiálových možností oceli a technických možnostech průmyslové výroby oceli a tvoří neustále se dynamicky rozvíjející systém. Nepřetržitě úsilí v oblasti výzkumu umožňuje, že dnes existují moderní, vysoce odolné kolejnice i pro ty nejzatíženější tratě.

2. VÝVOJ OCELI PRO VÝROBU KOLEJNIC

Vývoj moderních ocelí pro výrobu kolejnic začíná zavedením legující koncepce zaměřené na výrobu perlitické struktury materiálu. U kolejnicové oceli je perlit velice vhodná struktura, protože v sobě spojuje schopnost odolávat nejvyššímu kontaktnímu namáhání s vysokou odolností proti únavě. Tato struktura se vytváří v průběhu ochlazování kolejnice po válcování, kdy se původní austenitická ocel transformuje na ocel perlitickou. Difuzí uhlíku dochází ve struktuře k tvorbě oblastí bohatých na uhlík a naopak oblastí chudých na uhlík, z nichž se následně vytváří lamely feritu a lamely cementitu. Odolnost proti opotřebení perlitu je dána lamelami cementitu. Ty vykazují 7 až 10 krát vyšší tvrdost než lamely feritu. Jeho odolnost proti únavě je dána stavbou lamenární struktury: tvrdá fáze (lamely cementitu) a měkká fáze (lamely feritu) se vzájemně doplňují ve stavbě mikrostruktury. Ve dvousložkovém systému železo – uhlík existuje čistý perlit při obsahu uhlíku v železe přibližně 0,8 %.

Již ve třicátých letech dvacátého století byly vyrobeny kolejnice z oceli s obsahem uhlíku 0,6 % a tvrdostí cca 200 HBW. Další vývoj směřuje k vyššímu obsahu uhlíku a směrem k vyšší tvrdosti (např. třída kolejnicové oceli R260). Důvodem je skutečnost, že odpovídající vyšší obsah uhlíku vede bezprostředně k vyšší odolnosti proti opotřebení. Avšak obsah uhlíku 0,8 % představoval po mnoho desetiletí absolutní technickou hranici, která nemohla být překročena. Proto bylo zapotřebí zaměřit se na mechanické vlastnosti perlitu, především na tvrdost, která přímo souvisí s odolností materiálu. Zvyšující se tvrdost kolejnice vede k lepším užitným vlastnostem kolejnic v provozu. Aby se zvýšila tvrdost oceli pro výrobu kolejnic, která je výsledkem konstrukce jemného lamelárního perlitu, musí být zasaženo do difuze uhlíku během tvorby perlitu. Dlouhý čas nebyla jiná alternativa než použití legujících prvků, jako např. chrom (třída kolejnicové oceli R320Cr). Avšak lepší vlastnosti kolejnic s sebou přinesly zhoršenou svařitelnost. Dodnes patří tato skupina ocelí k nejhůře svařitelným.

3. VÝVOJ VYSOCE ČISTÉ OCELI PRO VÝROBU KOLEJNIC

Nedostatek technických možností dalšího zvýšení obsahu uhlíku nebo tvrdosti oceli pro výrobu kolejnic a tím i zlepšení jejich chování v koleji vedl na druhé straně v letech 1950 – 1980 ke snahám o zásadní zlepšení kvality oceli pro výrobu kolejnic. Významný pokrok ve vývoji představovala např. lepší metalurgická kvalita oceli

vyrobené v kyslíkovém konvertoru LD. Zavedením kontinuálního lití oceli bylo dosaženo menšího rozptylu mechanických vlastností oceli a snížení nežádoucích vměstků. Také u odplynění oceli, kdy dochází k odstranění plynných produktů vzniklých během reakcí při výrobě oceli, byl dosažen obrovský pokrok. Díky technologii vakuování oceli metodou RH bylo dosaženo nejnižšího obsahu vodíku a nejvyššího stupně čistoty oceli. Všechna tato zlepšení vedla k tomu, že u kolejnic ze současně vyráběných ocelí již nedochází k lomům „ledvinového“ tvaru, tedy k lomům způsobeným výrobními vadami.

4. VÝVOJ TEPELNĚ ZPRACOVANÉ OCELI PRO VÝROBU KOLEJNIC

Stavbou technologicky pokročilejších průmyslových zařízení v osmdesátých letech bylo možné realizovat do praxe teoretické úvahy o dalším zvyšování tvrdosti kolejnic. Návazným tepelným zpracováním po procesu válcování (např. řízeným ochlazováním kolejnice z doválcovací teploty) může být docíleno vytvoření jemně lamelární struktury bez toho, aniž by bylo nutné dodávat do oceli legovací prvky. Kolejnice vyrobené tímto způsobem (např. třída oceli R350HT) vykazují výborné vlastnosti: výrazně lepší než legované, tepelně nezpracované kolejnicové oceli, jako např. R320Cr, avšak bez jejich negativních vlastností. Z tohoto důvodu se tepelně zpracované kolejnice již velkoplošně prosadily a jsou používány u mnoha správců železniční infrastruktury. Jen u voestalpine Schienen GmbH v Donawitzu byly vyrobeny a dodány zákazníkům více než 2 miliony tun tepelně zpracovaných kolejnic z oceli třídy R350HT (u voestalpine jsou vyráběny také pod obchodním označením HSH®).

5. VÝVOJ VYSOCE ODOLNÉ OCELI

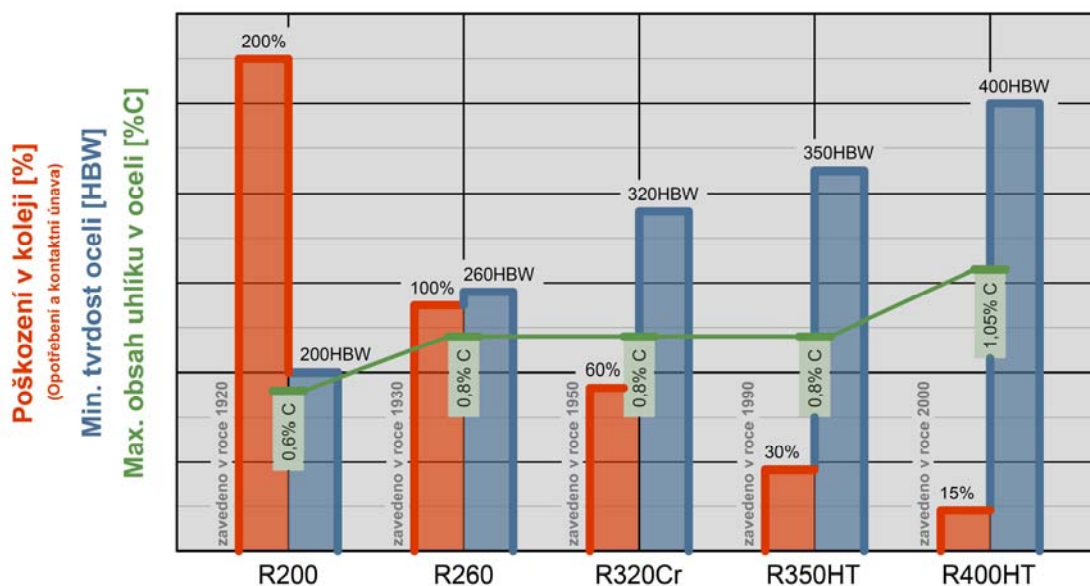
Vývoj kolejnic nebyl zdaleka uzavřen implementací techniky tepelného zpracování. Bylo zapotřebí radikální změny způsobu myšlení inženýrů v železničním průmyslu a nových konceptů výroby kolejnic - do výroby byly zavedeny dva metalurgické druhy oceli, a to nadeutektoidní druhy ocelí (HE oceli) a bainitické oceli.

Ocel HE 400 UHC HSH® (třída oceli R400HT podle EN13674-1) je nadeutektoidní, což lze odvodit i z označení „HE“, s obsahem uhlíku větším než 0,9 %. Obsah uhlíku je u těchto typů oceli výrazně vyšší, než byl dlouhou dobu existující technologický limit obsahu uhlíku 0,8 %. I tvrdost kolejnice stoupla na 400 HBW a více. Struktura této oceli je stoprocentně perlitická a je vytvářena kombinací speciálního legovacího konceptu a tomu přizpůsobené válcovací technice s navazujícím tepelným zpracováním. Tento typ oceli je charakteristický třemi znaky: vysokou tvrdostí oceli v porovnání se standardními typy oceli, zesílenými cementitovými lamelami a cíleně změněnou rovnováhou obou fází cementitu a feritu v perlitu. Díky tomu je nanejvýš pozitivně ovlivněn nejen průběh opotřebení, ale také úspěšně potlačován efekt z kontaktní únavy (RCF). Výsledkem je v porovnání s ocelí R350HT 2x vyšší odolnosti proti opotřebení, 2x vyšší odolnosti proti kontaktně-únavovým vadám (např. head checking) a 4x vyšší odolnosti proti vzniku vln z prokluzu. Všude tam, kde je požadována vedle odolnosti proti vadám z kontaktní únavy i odpovídající odolnost proti opotřebení a tvorbě skluzových vln, se v Evropě používá tato kolejnicová ocel stále více. V kolejích s provozem těžké nákladní dopravy se během posledních let tyto druhy kolejnicové oceli etablovaly jak pro oblouky, tak i do přímých úseků.



Obr. 1: Zjišťování rozsahu poškození kolejnic

Bainitická ocel pro výrobu kolejnic Dobain[®] MP380 výrobce voestalpine Schienen GmbH vychází ve svém chemickém složení z perlitu, proto vykazuje stejné sekundární vlastnosti (tepelnou roztažnost a elektrickou vodivost) jako dnes obvykle používané kolejnicové oceli. Největší rozdíl spočívá v bainitické struktuře, pro kterou byl vyvinut nový typ tepelného zpracování. V konečné fázi se u feritu a cementitu nejedná o lamelární formu, jak je tomu u perlitické oceli, nýbrž cementitické části jsou zasazeny do feritické matrice. Jedná se tedy o strukturu složenou opět z měkké a tvrdé fáze, u které však není prostor pro rozvoj trhlin. Z tohoto důvodu zůstávají takové kolejnice vložené do trati bez trhlin. Odolnost proti opotřebení je také poměrně vysoká, a proto vynikají poměrně dlouhou životností v koleji. Tyto kolejnice jsou zvláště vhodné nejen do oblouků s očekávaným výskytem head checking, ale i pro přímé koleje, kde mohou vést trakční síly k tvorbě trhlin na kolejnicích.



Obr. 2: Jakosti oceli pro výrobu kolejnic podle EN13674-1:2011

6. ZÁVĚR

V nedávné době byly vyvinuty dvě revoluční oceli pro výrobu kolejnic, obě s cílem vyřešit problémy správců železniční infrastruktury s poškozováním kolejnic a tím minimalizovat nutnost údržby kolejnic a maximalizovat jejich životnost. Toto splňují obě výše uvedené oceli používané pro výrobu kolejnic, tj. R400HT (400UHC HSH ®) a bainitická ocel Dobain ® MP380, z nichž každá je vyrobena pomocí jiného konceptu a které se v koleji výborným způsobem doplňují.

Lektoroval: Ing. Martin Táborský, SŽDC, Praha