

VLIV INOVACE VÝROBNÍCH TECHNOLOGIÍ NA VLASTNOSTI ŽÁRUPEVNÝCH OCELÍ

INFLUENCE OF TECHNOLOGY INNOVATION ON CREEP PROPERTIES OF STEELS

Šárka Neumannová ^{a)}, Tomáš Vlasák ^{a)}, Jan Čech ^{b)} a Marek Štábl ^{b)}

^{a)} SVÚM a.s., Tovární 2053, 250 88 Čelákovice

^{b)} ŽĐAS, a.s., Strojírenská 6, 591 71 Žďár nad Sázavou

Abstrakt

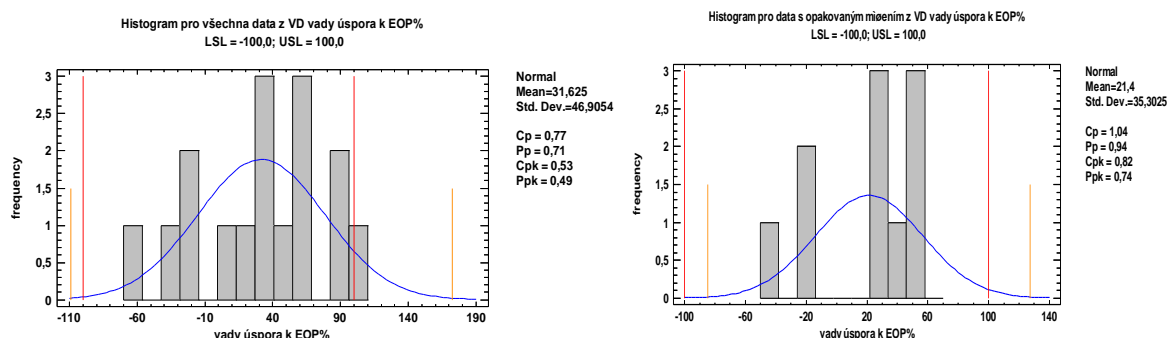
Ve spolupráci společností SVÚM a.s. a ŽĐAS, a.s. byl ověřován vliv zavedení moderní vakuové technologie při výrobě tekutého kovu. Mechanické, a především dlouhodobé creepové vlastnosti, byly porovnány u žárupevných CrMo a CrMoV ocelích, vyrobených dvěma různými technologiemi. Původní, ale stále používanou metodou je zpracování tekutého kovu pomocí elektrické obloukové pece (EOP). Druhou variantou je výroba pomocí moderní vakuové technologie (EOP/LF/VD). Pro mechanické zkoušky byly použity lité a tvářené varianty 3 různých ocelí.

Abstract

The influence of introducing modern vacuum technology in the production of liquid metal was verified in cooperation with SVÚM a.s. and ŽĐAS, a.s. The mechanical and especially the long-term creep properties were compared for CrMo and CrMoV steels, produced by two different technologies. An original but still used method is the processing of liquid metal using an electric arc furnace (EOP). The second variant is production using modern vacuum technology (EOP/LF/VD). Mechanical tests were performed on cast and forged variants of 3 different steels.

Úvod

Ve společnosti ŽĐAS, a.s. v posledních letech výrazně narůstá podíl výroby odlitků ze středně legovaných ocelí odlévaných z ocelí s metalurgickým zpracováním EOP/LF/VD. V rámci přechodu ze starší na novou technologii byl nejprve ověřován vliv sekundární metalurgie na objem vad odlitků. Data byla získána z 80 typů odlitků, které byly vyráběny jak pouze na EOP, tak na EOP/LF/VD.



Obr. 1: Histogramy všech reálně dosažených procentuálních změn objemů vad (vlevo) při výrobě oceli z EOP/LF/VD místo pouze EOP, a tatáž data u odlitků vyráběných s použitím EOP/LF/VD více jak 1x (vpravo) [1]

Ze zpracovaných dat, shrnutých na obr. 1 vyplývá, že u sledovaných odlitků bylo průměrně dosaženo snížení objemu vad odlitků o 21 % při využití sekundární metalurgie EOP/LF/VD. Z detailního rozboru vad odlitků bylo zjištěno, že klesá především podíl lineárních vad v odlitcích. [1]

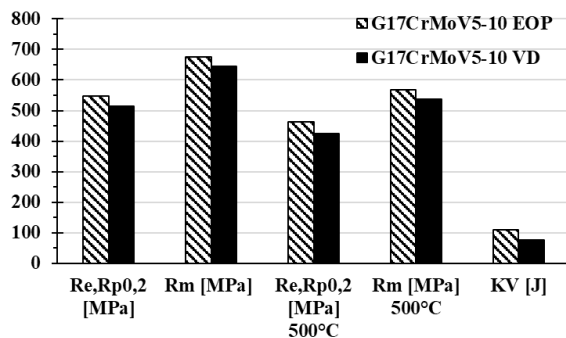
V rámci projektu TH03020028 byly porovnávány vlastnosti martenzitických ocelí, jejichž výroba je ve společnosti ŽDAS, a.s. velmi častá. U jednotlivých ocelí byly zkoušeny lité i tvářené varianty. Porovnávaly se krátkodobé mechanické vlastnosti a dlouhodobé creepové chování.

Pro zkoušky byly vybrány následující materiály:

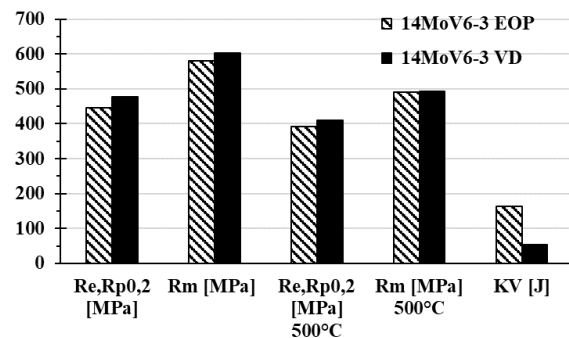
- G17CrMo9-10, 10CrMo9-10,
- G17CrMoV5-10, 14MoV6-3,
- GX23CrMoV12-1, X20CrMoV11-1.

Vliv sekundární metalurgie na mechanické vlastnosti

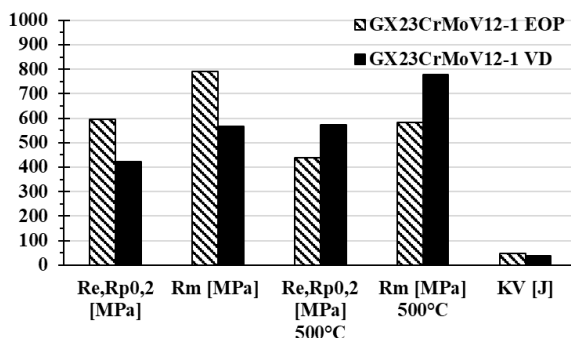
Pro porovnání krátkodobých mechanických vlastností byly vybrány materiály G17CrMoV5-10, 14MoV6-3, GX23CrMoV12-1 a X20CrMoV11-1. Na obr. 2 až obr. 5 jsou zobrazeny získané výsledky všech ocelí. Z výsledků je zřejmé že sekundární metalurgie má pozitivní vliv především na vlastnosti při vysokých teplotách u materiálů GX23CrMoV12-1 a X20CrMoV11-1. Při zkouškách za pokojové teploty vycházely u této ocele lepší hodnoty u materiálu zpracovaného technologií EOP. U materiálů G17CrMoV5-10, 14MoV6-3 jsou mechanické vlastnosti podobné u obou použitých výrobních technologií.



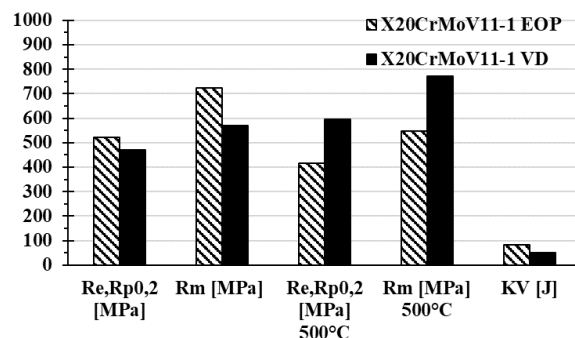
Obr. 2: Porovnání mechanických vlastností G17CrMoV5-10



Obr. 3: Porovnání mechanických vlastností 14MoV6-3



Obr. 4: Porovnání mechanických vlastností GX23CrMoV12-1



Obr. 5: Porovnání mechanických vlastností X20CrMoV11-1

Creepové vlastnosti

Žárupevnost byla zkoušena u všech výše zmíněných ocelí. Zkoušky probíhaly při třech různých teplotách a podmínky zkoušek byly voleny tak, aby zkoušky trvaly od 100 do cca 10 000 hodin. Výsledky byly zpracovány Seifertovým modelem [1] s Larson–Milerovým parametrem, který lze zapsat ve tvaru:

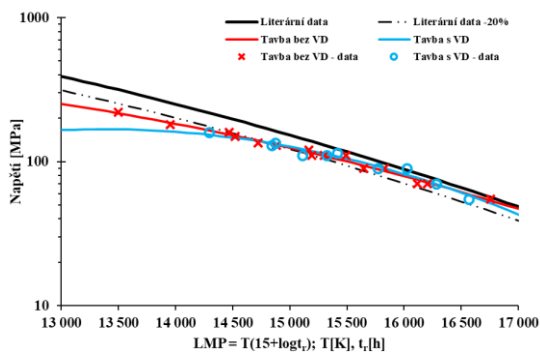
$$\log \sigma = A_1 + A_2 \cdot P_{LM} + A_3 \cdot P_{LM}^2, \quad (1)$$

kde $P_{LM} = T \cdot (\log t_r + A_4)$, σ je napětí [MPa], T je teplota [K], t_r je doba do lomu [h], A_1 až A_4 jsou materiálové konstanty.

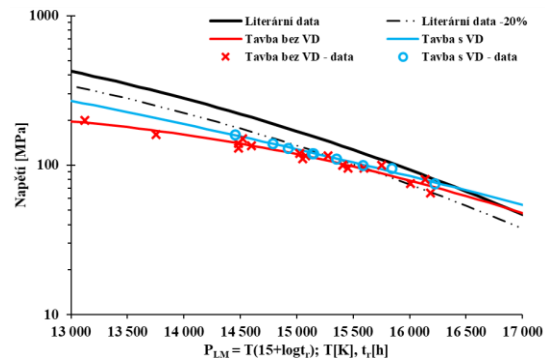
Získané výsledky byly u jednotlivých ocelí porovnány mezi tavbou vyrobenou technologií s VD a tavbou bez VD. Zároveň byly výsledky srovnány s hodnotami, které pro danou ocel stanovuje norma. [3, 4] Porovnání jednotlivých materiálů je uvedeno na obr. 6 až obr. 11.

Z výsledků je patrné následující:

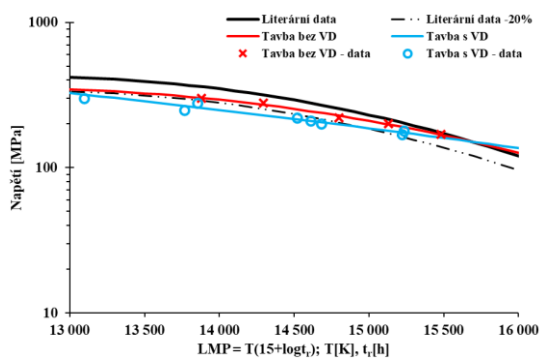
- G17CrMo9-10, 10CrMo9-10 – u těchto ocelí proběhl největší počet creepových experimentů, výsledky jsou srovnatelné u obou technologií,
- G17CrMoV5-10, 14MoV6-3 – u lité varianty byly dosaženy lepší výsledky u tavby bez zpracování technologií EOP-LF-VD, u tvářené varianty zatím vykazuje mírně lepší vlastnosti materiál zpracovaný technologií EOP-LF-VD,
- GX23CrMoV12-1, X20CrMoV11-1 – u lité varianty zatím nebyl proveden dostatečný počet zkoušek, dosavadní výsledky však ukazují na to, že vlastnosti budou u obou typů ocelí srovnatelné, u tvářené varianty se jako lepší jeví tavba zpracovaná technologií EOP-LF-VD.



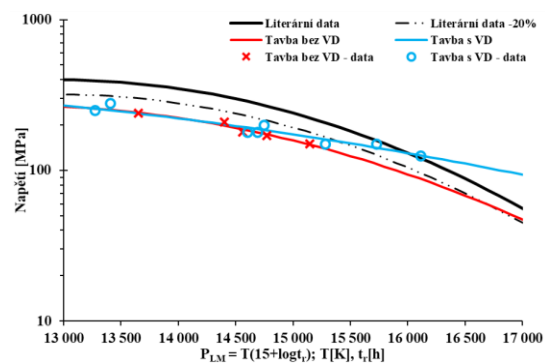
Obr. 6: Porovnání creepových vlastností G17CrMo9-10 [3]



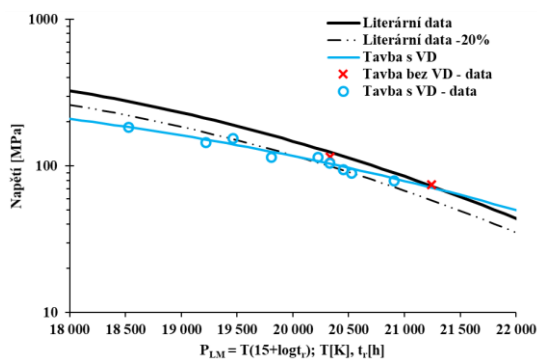
Obr. 7: Porovnání creepových vlastností 10CrMo9-10 [4]



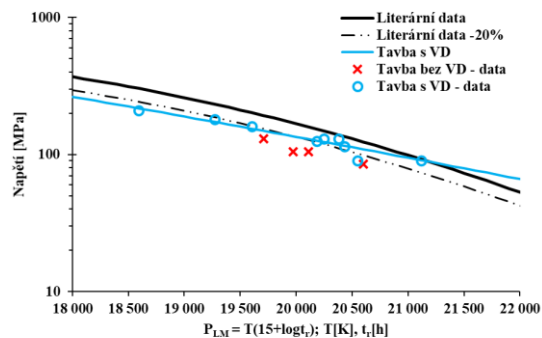
Obr. 8: Porovnání creepových vlastností G17CrMoV5-10 [3]



Obr. 9: Porovnání creepových vlastností 14MoV6-3 [4]



Obr. 10: Porovnání creepových vlastností GX23CrMoV12-1 [3]



Obr. 11: Porovnání creepových vlastností X20CrMoV11-1 [4]

Závěr

Předložený příspěvek shrnuje vliv sekundární metalurgie na vlastnosti vybraných martenzitických ocelí.

V předchozí studii [1] se prokázalo dosažení vyšších plastických vlastností a snížení objemu lineárních vad v odlitcích při použití technologického procesu zahrnující EOP/LF/VD namísto postupu jen s EOP.

Vliv sekundární metalurgie na mechanické vlastnosti se výrazněji projevil u martenzitických ocelí GX23CrMoV12-1 a X20CrMoV11-1 při zkouškách za vysokých teplot. Při ostatních zkouškách byly výsledky u ocelí, zpracovaných technologií EOP/LF/VD stejné nebo o něco nižší než u technologie EOP.

Materiály vyrobené oběma technologiemi dosáhly srovnatelných creepových vlastností. Creepová odolnost některých ocelí vyrobených postupem EOP/LF/VD byla dokonce mírně vyšší.

Výsledky mechanických a creepových zkoušek byly získány v rámci projektu TAČR TH03020028 s názvem „Výzkum a vývoj vlivu moderních vakuovacích metalurgických postupů výroby tekutého kovu na vlastnosti žárupevných ocelí“.

Literatura

- [1] Čech, J. (2014): Vliv sekundární metalurgie na kvalitu ocelových odlitků. *XXI. celostátní konference Výroba a vlastnosti oceli na odlitky s kuličkovým grafitem*, Česká slévárenská společnost, str. 41-49. ISBN 978-80-02-02562-7
- [2] Seifert, W., Melzer, B. (1992): *Rechnerische Auswertung von Zeitstandversuchen am Beispiel des Stahles 13CrMo4-4.15. Vortragveranstaltung „Langezeitverhalten warmfester Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe“*, Düsseldorf.
- [3] ČNI (2017): *ČSN EN 10213+A1, Ocelové odlitky pro tlakové účely*. Technická norma, Český normalizační institut, Praha.
- [4] ČNI (2018): *ČSN EN 10222-2, Ocelové výkovky pro tlakové účely – část 2: Feritické a martenzitické oceli pro použití při vyšších teplotách*. Technická norma, Český normalizační institut, Praha.