

Provozní zkoušky nové shotcretovací hmoty určené primárně pro opravy a ochranu pracovní vyzdívky pojízdného mísiče

Plant trials with new shotcreting material intended for the repairs and protection of the working lining of a torpedo ladles

Ing. Patrik Mazur; Ing. David Bocek, Ph.D.

TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., Průmyslová 1000, Staré Město, 739 61 Třinec, Česká republika

Nádoba pojízdného mísiče primárně zastává funkci transportního agregátu, jehož hlavním cílem je dopravit v co nejkratším časovém horizontu roztavené surové železo z prostoru vysokých pecí na přelévací stanici ocelárny, kde je dále tekuté surového železo při přelévání distribuováno do nalévací pánve. Kvalita a složení vnitřní pracovní žárovzdorné vyzdívky, společně s vnitřním objemem nádoby, tak přímo ovlivňuje chemické složení a teplotu transportovaného surového železa. V případě, že má pojízdný mísič poškozenou pracovní vyzdívku, je rovněž původcem nekovových vměstků. Pro dosažení co nejdelší možné životnosti žárovzdorné vyzdívky, je nutné v průběhu provozování pojízdných mísičů provádět systematické kontroly spojené s nutnou údržbou. Toto je možné provést pomocí jednotlivých shotcretů nebo lokálních oprav torkretační hmotou při opravách za tepla.

Klíčová slova: Pojízdný mísič; shotcret; provozní zkoušky

The primary function of torpedo ladle is the transport aggregate, which main goal is transport molten pig iron from the blast furnace area to the pouring station of the steel plant in the shortest time possible. The quality and the composition of the refractory lining, together with internal volume of the vessel, thus can directly affect the chemical composition and the temperature of the transported pig iron. In case, that the torpedo ladle has damaged working refractory lining, it could be also the source of non-metallic inclusions. In order to achieve the longest possible service life of the refractory lining, it is demanded to carry out systematic inspections associated with necessary repairs. This can be done using by single shotcreting or local repairs with torcreting material during the hot repairs.

Key words: Torpedo ladle; shotcreting; plant trials with new shotcreting material

1. Charakteristika nádoby pojízdného mísiče

Nádoby pojízdných mísičů "Torpéda", slouží primárně jako transportní agregát tekutého surového železa. Jedná se o vysokokapacitní válcové nádoby, které jsou schopny v Třineckých železárnách pojmout dle stavu a opotřebení vnitřní pracovní vyzdívky až 300 tun tekutého surového železa.

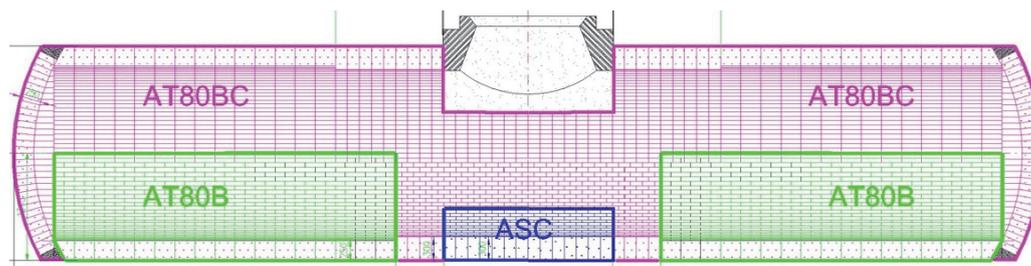
Samotná válcová nádoba pojízdného mísiče je vyrobena ze skružených plechů. Vnitřní prostor nádoby je vyzděn žárovzdorným materiálem, hrdlo nalévacího otvoru je vybetonováno primárně z LCC žárobetonu [1].

Počet provozuschopných pojízdných mísičů přímo ovlivňuje výrobu, v případě jakékoliv nečekané poruchy nebo havárie, tak může dojít k omezení výroby vysokých pecí, a tím pádem i ke snížení produkce celého závodu (ocelárny, válcovny). Na stavu a kvalitě provedených vyzdívek pojízdných mísičů tedy závisí plynulý a bezproblémový chod výroby oceli. Proto je zcela nezbytné nutné provádět údržbu žárovzdorných vyzdívek, která je spojena s různými zednickými opravami [2].

2. Struktura žárovzdorných vyzdívek pojízdných mísičů

Strukturu používaných vyzdívek v pojízdném mísiči v rámci TŽ a.s., obr. 1, lze rozdělit na tři jednotlivé vrstvy. Kombinovaná izolační část vyzdívek, skládající se z mikroporézniích a vláknitých desek společně s vrstvou pěnošamotových cihel, tvoří strukturovanou část izolační vrstvy. Šamotové a andaluzitové tvárnice jsou základem pro další vrstvu trvalé nepracovní (ochranné) vyzdívky. Třetí vrstvou, je pak pracovní vyzdívka, kterou tvoří bauxitové tvárnice, dále to jsou bauxitové tvárnice s přídavkem chromu, ASC tvarovky v místě dopadu společně s hrdlem nalévacího otvoru vybetonovaného z LCC žárobetonu [1].

V rámci dosažení maximální možné životnosti, (která se počítá podle počtu jednotlivých převozů daného pojízdného mísiče), rozlišujeme na základě rozsahu opotřebení pracovní a nepracovní vyzdívky tyto základní druhy zednických oprav.



Obr. 1 Rozmístění jednotlivých typů vyzdívek dle kvality v pracovní vrstvě pojízdného mísiče [1]

Fig. 1 Stratification of refractory lining in torpedo ladle based on the quality

Lokální oprava, kdy dochází ke kompletní výměně žárobetonu výlevky, dle rozsahu a míry opotřebení dochází rovněž k výměně pracovního zdiva zejména v místě dopadu surového železa, dále pak v oblasti přechodu mezi žárobetonem a vrstvou navazujícího pracovního zdiva (oblast přímého styku vyzdívkou se struskou), případně dojde k výměně poškozeného nepracovního zdiva [1].

Při opravě pomocí shotcretu, opět dochází k výměně poškozeného pracovního zdiva, zejména však v oblastech přechodu mezi pracovní vyzdívkou a žárobetonem výlevky. Následně se provádí shotcret. Nástřik shotcretovací hmotou je nutné aplikovat na dokonale očištěnou pracovní vyzdívkou, která je zbavena veškerých nečistot, slitek surového železa a zejména pak zbytků strusky, prachu a dalších nečistot. Množství oprav shotcretem je určeno pak dle stavu a opotřebení pracovní vyzdívkou. Nepřekračuje však počet 4 shotcretů během celé kampaně. Po aplikaci dané shotcretovací hmoty je nezbytné daný pojízdný mísič vysušit dle standardní vysušovací křivky na teplotu odpovídající 1000 °C.

3. Provozní zkoušky nové shotcretovací hmoty

Používání shotcretu pro opravu pojízdných mísičů má v TŽ a.s. velice bohatou historii. První úspěšné provozní zkoušky proběhly v Třinci již v roce 2001. V současné době se používají dvě základní hmoty pro shotcret na bázi Al_2O_3 a SiO_2 v kombinaci s nanovazbou nebo hydraulickou

vazbou. Mezi primární původce degradace vyzdívek v pojízdném mísiči lze bezesporu zařadit vysokopecní strusku. Průměrné chemické složení vysokopecní strusky v TŽ a.s. je: CaO – 37,3 %, MgO – 8,34 %, Al_2O_3 – 8,55 %, SiO_2 – 41,64 %, S – 0,043 %. Hodnota bazicity se pohybuje mezi 0,7 – 0,9. Pro zvýšení bazicity se během odpichu a následného plnění pojízdného mísiče přidává speciální magnezitová polykomponentní směs [1].

Mezi další faktory ovlivňující opotřebení vyzdívkou můžeme zařadit, mechanické poškození způsobené proudem dopadajícího tekutého surového železa do oblasti dopadu při plnění pojízdného mísiče. Teplotní režim a nestabilita rovnoměrného provozování má rovněž zásadní vliv na degradaci vyzdívek [3-4].

V předešlých letech došlo k prudkému nárůstu cen surovin pro výrobu žárovzdorného materiálu a řada firem musela nebyvale navýšit cenu výrobních nákladů. Hledají se tedy jiné alternativy a možnosti, jak nahradit nedostupný nebo drahý materiál. V TŽ a.s. se pro shotcretování pojízdných mísičů používají dvě základní hmoty od dvou různých dodavatelů. Jeden z nich nás oslovil se žádostí o vyzkoušení zcela nové hmoty pro shotcret, kterou by chtěl nahradit stávající, jelikož dostupnost a cena výrobních surovin se začala výrazně navyšovat.

Na konci roku 2022 se tedy přistoupilo k prvním zkouškám, kdy byl pojízdný mísič rozdělen na dvě poloviny a do každé byla aplikována jiná shotcretovací hmota, tedy zkušební s označením A, standardně používaná s označením B, s chemickým složením uvedeným v tab. 1.

Tab. 1 Stručná specifikace jednotlivých shotcretovacích hmot [1]

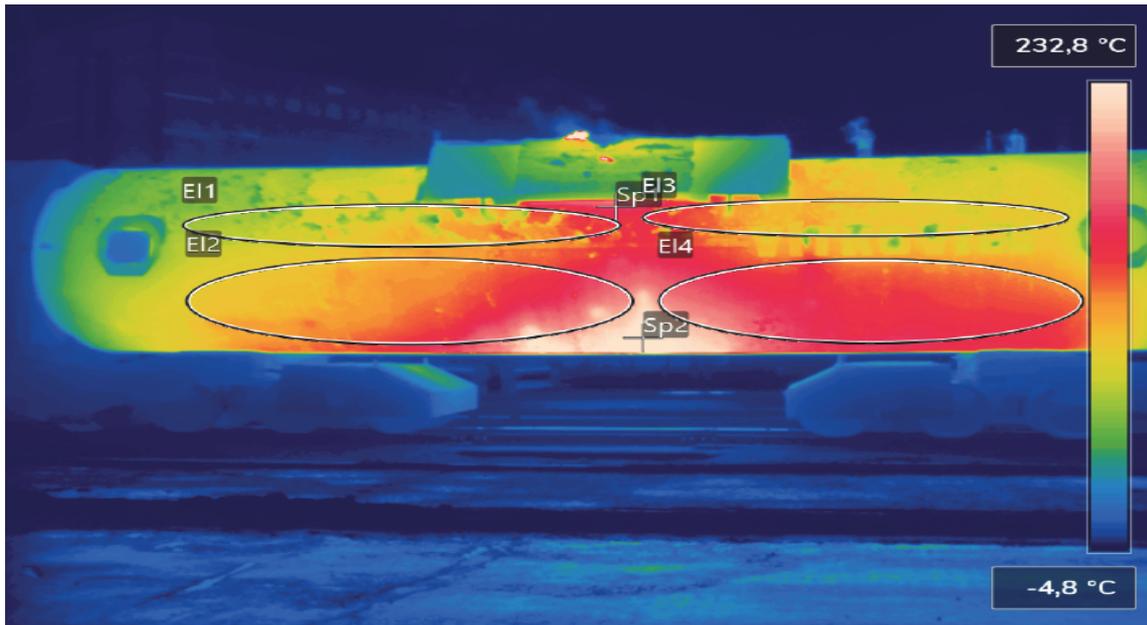
Tab. 1 Chemical and physical specification of shotcreting materials [1]

Shotcretovací hmota	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	TiO_2	Zrnitost	Teplota použití
						[mm]	[°C]
Zkušební hmota A	60,0	34,0	1,0	2,2	-	0-4	1500
Standardní hmota B	62,1	32,8	1,0	1,70	2,2	0-5,6	1600

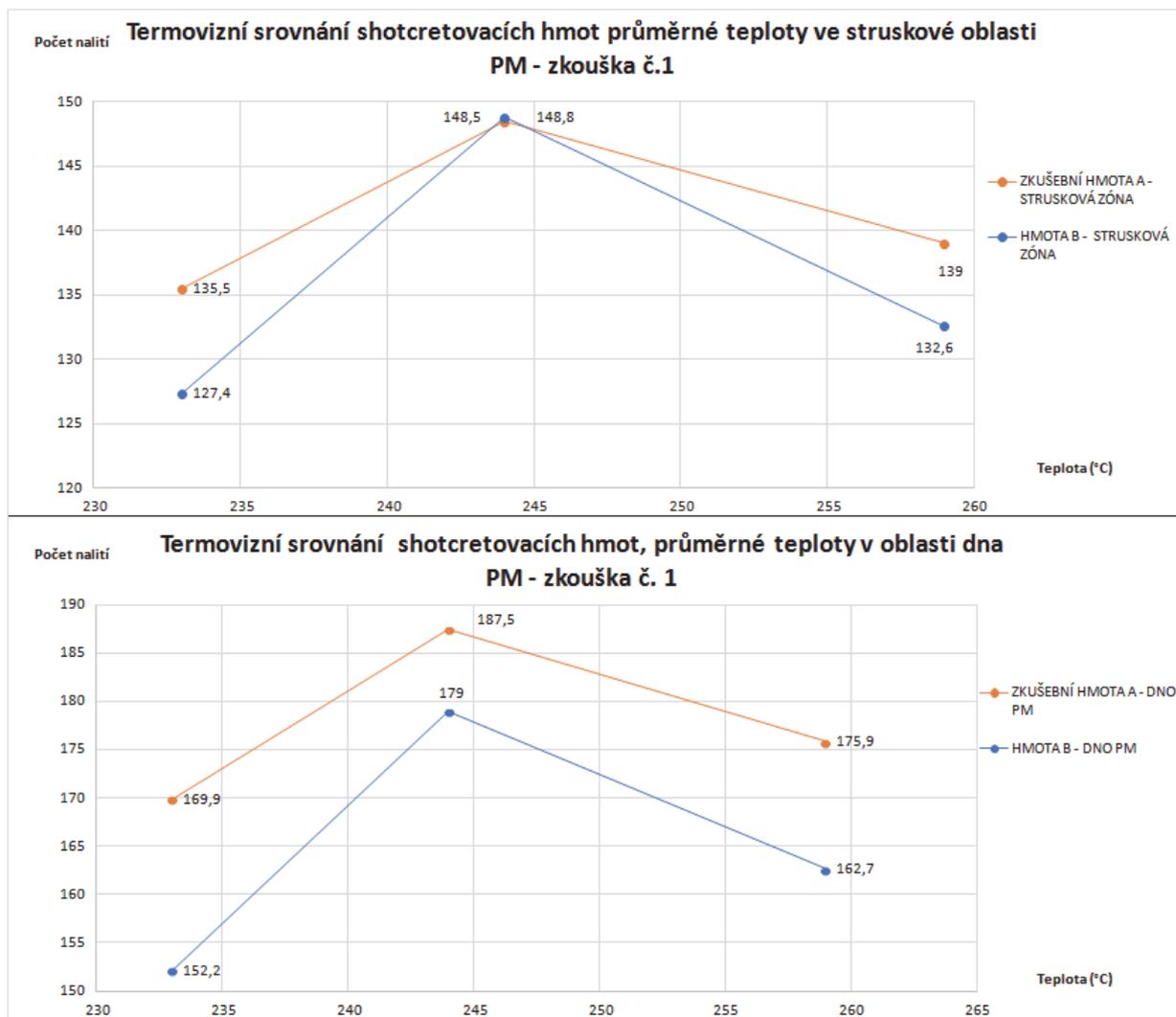
V průběhu provozování, cca po 150 převozech (polovina životnosti mezi jednotlivými kampaněmi shotcretu), byl pojízdný mísič vizuálně zkontrolován. Na základě zřetelného úbytku zkušební shotcretovací hmoty A na jedné z polovin, bylo po horké opravě rozhodnuto, že daný pojízdný mísič bude do konce kampaně podroben zkouškám infračervenou termografií a bude se sledovat

vývoj teplot na pancíři ve čtyřech kvadrantech. Samotná měření prováděl úsek defektoskopie za pomoci kamery FLIR T865, měření je vyobrazeno na obr. 2, včetně rozdělení pojízdného mísiče do jednotlivých kvadrantů.

Byla provedena tři celková měření do konce kampaně a výsledky jsou zpracovány ve formě grafů na obr. 3.



Obr. 2 Zkoušky metodou infračervené termografie, pojezdňý míšič rozdělen na jednotlivé kvadranty
Fig. 2 Trials by infrared thermography tests, torpedo ladle is divided into individual quadrants

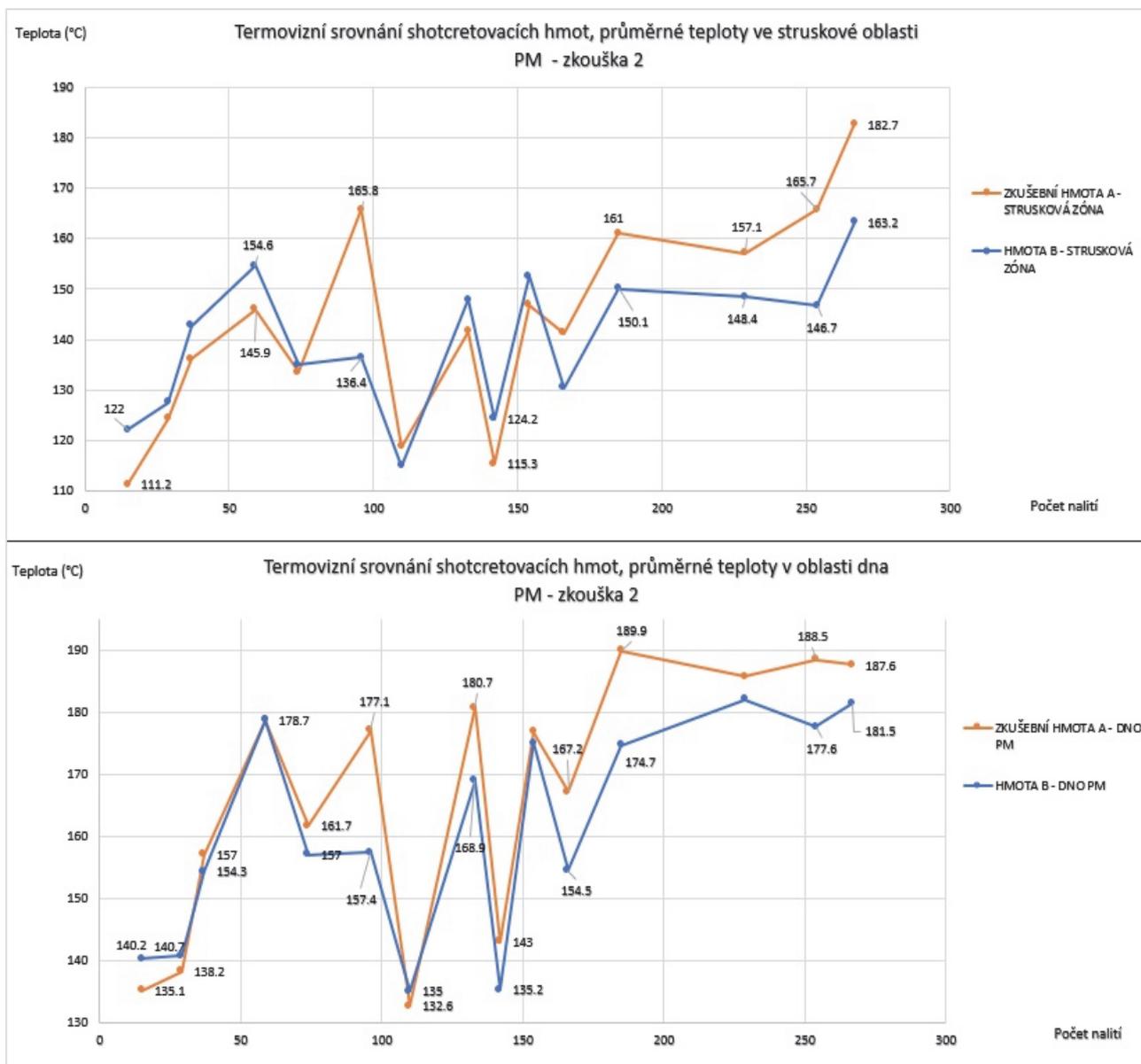


Obr. 3 Výsledky z měření první zkoušky v oblastech struskové zóny a oblasti dna pojezdňého míšiče
Fig. 3 Results from the first trials measurements, in slag zone and the bottom area of the torpedo ladle

Při druhé zkoušce byl kladen důraz na to, aby zkoušky infračervenou termografií probíhaly kontinuálně v průběhu celé kampaně, tak aby bylo možné zajistit co možná největší sběr dat, která by poskytla lepší představu o vývoji teplot. Od začátku roku 2023 tedy na jiném pojízdném mísiči probíhala druhá zkouška. Bylo provedeno 15 měření v průběhu tří měsíců.

Na obr. 4 je zaznamenán vývoj průměrných teplot na pancíři pojízdného mísiče v jednotlivých kvadrantech. Po 96 nalitích dochází k prvním velkému rozdílu takřka o 20 °C, pojízdný mísič následně absolvoval první kontrolu a proběhla první oprava torkretem za tepla.

Důležitým poznatkem je posléze zásadní změna vývoje naměřených teplot na pancíři zhruba po 166 převozech, kdy v oblasti se zkušební shotcretovací hmotou A se začínají standartně objevovat větší teplotní rozdíly v rozsahu 10° C. Sledovaly se rovněž maximální teploty, které se objevují v oblasti dopadu a pod výlevkou. V průběhu celé kampaně mezi jednotlivými shotcretty došlo k nárůstu maximálních teplot na pancíři od počátečních 160 °C až na teplotu blížící se 240 °C.

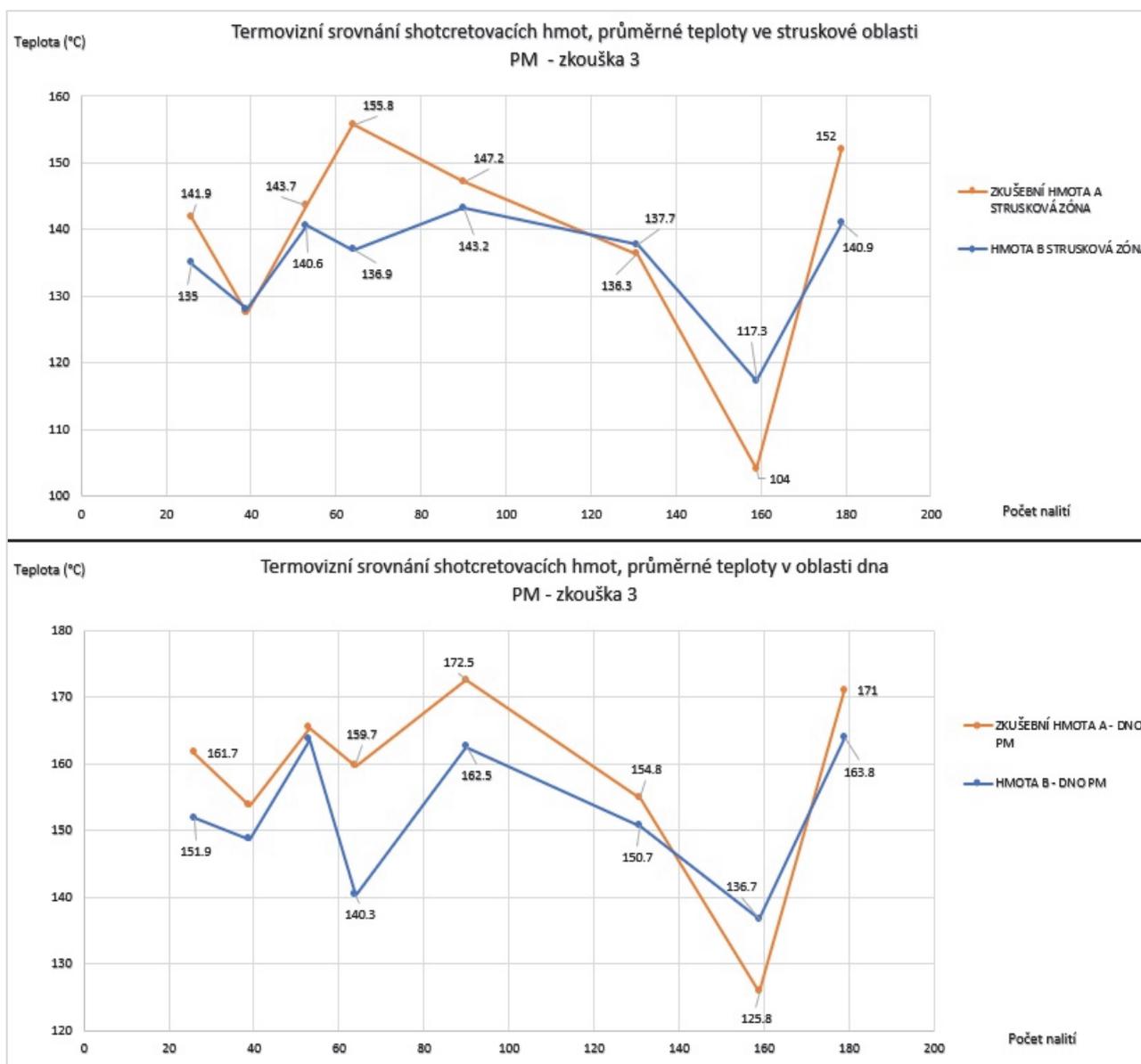


Obr. 4 Výsledky z měření druhé provozní zkoušky v oblastech struskové zóny a oblasti dna pojízdného mísiče
Fig. 4 Results from the second trials, in slag zone and the bottom area of the torpedo ladle

Třetí provozní zkouška započala v únoru roku 2023 na třetím zkušebním pojízdném mísiči. Při aplikaci zkušební shotcretovací hmoty A, došlo ke zhoršené aplikaci, jelikož část nashotcretované stěny tuhla výrazně dříve. Hlavním rozdílem pak bylo sjíždění části zkušební shotcretu A při

aplikaci vrstvy o tloušťce 10 cm. Materiál problematicky držel na stěnách, částečně sjížděl, i proto se aplikace prodloužila.

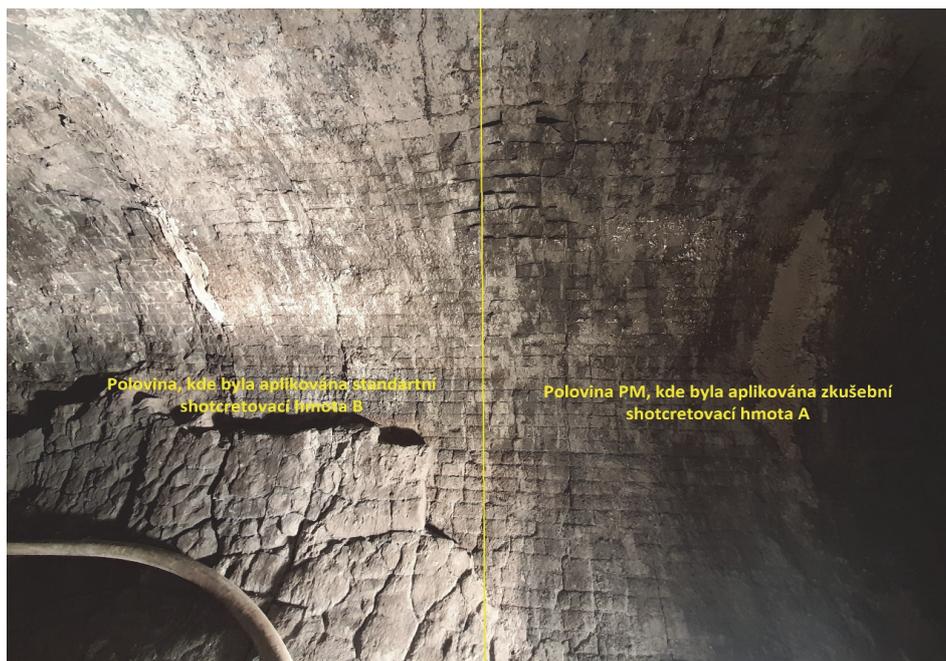
Na obr. 5 jsou zachycena provedená a vyhodnocená měření.



Obr. 5 Výsledky z měření třetí provozní zkoušky v oblastech struskové zóny a oblasti dna pojízdného mísiče
Fig. 5 Results from the third trials measurements, in slag zone and the bottom area of the torpedo ladle

Průměrná spotřeba shotcretovacího materiálu se mezi jednotlivými shotcretami pohybuje mezi 15-22 tunami dané hmoty. Vše souvisí s mírou opotřebení pracovní vyzdívky. Během provozování pojízdný mísič absolvuje 2-3 kontroly, kdy se většinou provádí opravy za tepla za pomoci torkretní hmoty na bázi Al_2O_3 . Na obr. 6 je

fotografie z provedené vizuální kontroly po absolvování kampaně, tedy po cca 300 převozech mezi jednotlivými shotcretami. Porovnání zbytkového materiálu jasně naznačilo vysokou míru opotřebení zkušební shotcretovací hmoty A, která zůstala na pracovní vyzdívce pouze lokálně a v malém rozsahu.



Obr. 6 Foto dna PM, rozděleného žlutou čarou jasně označují přechod mezi jednotlivými hmoty po ukončení kampaně mezi jednotlivými shotcretty
Fig. 6 Figure from the impact place at the bottom of torpedo ladle, divided by a yellow line, clearly indicates the difference between each shotcreting material

4. ZÁVĚR

Po ukončení 3. provozní zkoušky bude rozhodnuto o osudu zkušební shotcretovací hmoty A. Avšak rozdíly průměrných teplot na pancíři v rozmezí 20 °C mezi jednotlivými polovinami pojízdného mísiče a následné vizuální kontroly na konci zkušební kampaně shotcretu jasně ukazují, že se daná hmota neosvědčila. Je možné ji využít jako částečnou náhradu, ale nejsme schopni dosahovat požadovaného počtu 300 převozů, mezi jednotlivými shotcretty, bez rizikového provozování. Díky zkouškám metodou infračervené termografie jsme rovněž zjistili, že jsou pojízdné mísiče na přelévací stanici nerovnoměrně vylévány a preferuje se jedna vylévací kolej, což negativně ovlivňuje stav pracovní vyzdívky pod výlevkou pojízdného mísiče.

Literatura

- [1] Interní dokumentace Třineckých železáren a.s.
- [2] Technical development department. Hot gunning system for repairs of torpedo ladle. Kashima Steel Works, Sumitomo Metal Industries: 1986, ISIJ
- [3] MAISTRY, N. and VAN DER MERWE, J. Analysis of torpedo ladle refractories experiencing premature failure at the spout. *Research report MSc (50/50)*. University of the Witwatersrand, Johannesburg: April 2022, p. 20-47.
- [4] ANAND A. Optimization of 320 T BOM for torpedo ladle. *Technical report*, National Institute of technology Rourkela July 2015, p. 16-25.

ArcelorMittal začíná používat biouhlí přeměněné ze dřeva ve vysoké peci v Gentu

ArcelorMittal uvedl do provozu svůj závod Torero na přeměnu odpadního dřeva na biouhlí pro použití ve vysokých pecích ve svém ocelářském závodě v Gentu, uvedla společnost 20. prosince 2023. První biouhlí vyrobené v továrně Torero procesem zvaným torefakce bylo poprvé použito ve vysoké peci v Gentu 18. prosince 2023. Podle ArcelorMittal projekt sníží roční emise uhlíku z elektrárny o 112 500 mil. tun, čímž se omezí používání fosilního uhlí ve vysokých pecích. Závod Torero měl ročně přeměnit 88 000 milionů tun odpadního dřeva na 37 500 mil. tun bio uhlí. Vzniklý bioplyn při vysokopecním procesu se přeměňuje na etanol. Etanol pak může být použit jako základní prvek k výrobě různých chemických produktů. Evropská komise v červnu schválila 280 mil. eur (308 milionů dolarů) podle pravidel EU pro státní podporu na podporu ArcelorMittal Belgium při částečné dekarbonizaci její výroby oceli v Gentu, kde provozuje dvě vysoké pece. Podpora, která bude mít formu přímé dotace a zvýhodněné půjčky, podpoří výstavbu ocelárny s přímou redukcí železa a nové elektrické obloukové pece, která nahradí jednu ze dvou stávajících vysokých pecí. Zemní plyn, původně používaný v energetickém mixu, bude postupně vyřazován z provozu s elektrárnou, která bude nakonec provozována s využitím obnovitelného vodíku.

Zdroj: S&P Global Platts