

Nová pánvová pec v elektroocelárně Třineckých železáren, a.s.

New Ladle Furnace at EAF Plant in Třinecké železářny, a.s.

Ing. Bohuslav Chmiel; Ing. Jaromír Kaleta; Ing. Michal Sikora; Ing. Miroslav Pustowka; Ing. Vladimír Troszok

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

Příspěvek je věnován představení projektu výstavby malé pánvové pece 11 t (LF – Ladle Furnace) v elektroocelárně Třineckých železáren, a.s., která byla začleněna do stávajícího komplexu mimopecního zpracování VOD/VD. Je popsán časový průběh výstavby a zprovoznování. Dále je popsána konfigurace LF a VOD/VD, která umožňuje umístit pánev s ocelí do jednoho kesonu a tento keson dle potřeby převážet pod víko LF nebo VOD/VD. Jsou uvedeny základní parametry LF a jejího příslušenství a je nastíněna základní technologie včetně sortimentu vyráběných ocelí. V současné době probíhá optimalizace a vývoj nových technologií, stejně tak hodnocení chemického složení a mikročistoty zpracovávaných ocelí na tomto zařízení. Tato nová technologie umožňuje rozšířit stávající sortiment jakostí ocelí. V souvislosti s výstavbou LF proběhla také příprava a certifikace elektroocelárny pro dodávky do náročného automobilového průmyslu dle standardu IATF 16949:2016.

Klíčová slova: pánvová pec (LF); komplex mimopecního zpracování; mikročistota oceli

The paper describes the latest upgrades of small electric ladle furnace (11 t) in EAF plant in Třinecké železářny, which has been realized this year. A new ladle furnace has been introduced into the existing production flow of the secondary treatment including steel vacuum degassing using the VOD/VD system. Ladle furnace construction and its commissioning are described in details. The paper is also focused on a discussion regarding ladle furnace and VOD/VD system configuration enabling ladle positioning into the single caisson, which can be moved, according to the metallurgical requirements, below either the ladle furnace or VOD/VD degasser lid. Even though a fundamental technology has been established by the metallurgical company for generally produced steel grades, additional optimisation of the technology is still in progress to reach the most demanding customer requirements concerning chemical composition and microcleanliness. It is therefore expected that the ladle furnace commissioning at the electric arc steel plant will enable an additional extension of the existing product portfolio. To reach that aim, the electric arc steel plant has been approved for the automotive industry according to IATF 16949:2016 this year as well.

Key words: ladle furnace (LF); secondary metallurgy complex; steel microcleanliness

V roce 2020 byla v Třineckých železárnách, a.s. (TŽ) do trvalého provozu uvedena pánvová pec na elektroocelárně. Myšlenky o její výstavbě a předběžné studie vznikly již kolem roku 2005. V roce 2015 byla vypracována finální studie, která byla základem pro schválení a realizaci projektu výstavby pánvové pece o nominální hmotnosti 11 t oceli. Nízká hmotnost tavby 11 t je pro pánvovou pec spíše výjimečná, ale dlouhodobé zkušenosti s provozováním maloobjemového zařízení VOD/VD v TŽ nás utvrzovaly v reálnost projektu. Ve světě jsou známé projekty a zkušenosti s pecemi o vyšší hmotnosti tavby [1 - 4]. Řešení bylo navrženo s ohledem na využitelné prostory elektroocelárny a minimalizaci úprav. Po získání všech potřebných povolení včetně změny integrovaného povolení pro elektroocelárnu byla zpracována dokumentace pro stavební povolení a další příslušné navazující stupně dokumentací [5]. Následně byl zahájen proces stavebního řízení [6] a samotné stavební práce včetně zázemí pro operátory byly provedeny v roce 2018. Instalace pece včetně příslušenství proběhla v roce 2019 bez výrazného omezení provozu elektroocelárny. Od září roku 2019

probíhaly studené a teplé zkoušky, na něž navázalo období zkušebního provozu. Koncem února 2020 byla provedena kolaudace a uvedení LF do trvalého provozu.

1. Charakteristika řešení komplexního mimopecního zpracování s novou pánvovou pecí

Pánvová pec (LF) je umístěna vedle stávajícího zařízení VOD/VD v pozici na prodloužené koleji stávajícího převážecího vozu s kesonem, do něhož se umísťuje pánev s tekutou ocelí. Konfigurace zařízení LF pece umožňuje v mezipoloze (mezi VOD/VD a LF) vložení pánve s ocelí pomocí jeřábu do vakuovacího kesonu a tento keson převážet buď pod víko VOD/VD, nebo pod víko nové LF. Toto řešení eliminuje časy přesunu pánve a tepelné ztráty oceli, které jsou u maloobjemových taveb vysoké. Původní stanoviště VOD/VD je nezávislé na LF a umožňuje výrobu oceli stávajícími technologiemi. Využívá se především pro výrobu nízkouhlíkových, vysokolegovaných i konstrukčních ocelí s využitím původních

zásobníků struskotvorných a legujících přísad a dvou zařízení dvoužilových podavačů drátů a plněných profilů. Celkový pohled na LF ukazuje obr. 1 a 2.



Obr. 1 Celkový pohled na zařízení pánvové pece (foto: P. Zubek)
Fig. 1 General view of the ladle furnace equipment



Obr. 2 Celkový pohled na zařízení pánvové pece (shora)
Fig. 2 General view of the ladle furnace equipment (from above)

Veškeré úkony mimopecního zpracování (MPZ) jsou ovládány operátorem z jednoho místa, kdy kleson lze přemísťovat, aniž by bylo nutno odpojovat přívod míchacího plynu. Ovládání a zobrazení stavu celé technologie je realizováno pomocí vizualizačního programu InTouch. Data jsou přenášena do nadřazené úrovně, určené pro řízení procesu a archivaci procesních dat.

2. Parametry, konstrukce a příslušenství LF

Projektované parametry pánvové pece uvádí tab. 1 [7]. Při projektování pánvové pece se vycházelo ze stávajících podmínek výroby na elektroocelárně, hmotnosti tavby a geometrie pánve. Pánev se pokládá stávajícím způsobem do vakuovacího kesonu a po převozu pánve do polohy LF se pokládá víko pece. Víko pokrývá celý obvod kesonu, dosedá na přírubu kesonu, a tím utěšňuje jeho vnitřní prostor vůči okolní atmosféře. Odsávání spalin se provádí pomocí klobouku nasazeného na vrchním krytu víka. Pod víkem se automaticky udržuje nastavený pod-

tlak pomocí regulační klapky. Ve víku jsou umístěny pecní dvířka, otvor pro dávkování přísad a otvor pro podávání plněných profilů. Víko se zvedá hydraulicky pomocí stabilního zdvihového ramene, spojeného s vodicím sloupem zdvihu. Víko pece s příslušenstvím je zobrazeno na obr. 3.

Tab. 1 Parametry pánvové pece
Tab. 1 Ladle furnace parameters

Parametr	Hodnota
Nominální hmotnost tavby	11 t
Výkon transformátoru	1,6 – 2,5 MVA
Stupně sekundárního napětí	140, 125, 110, 100 V
Průměr elektrod	250 mm
Rychlost ohřevu	2,5 – 5 °C/min
Maximální spotřeba el. energie při ohřevu 1 t vsázky o 1 °C	0,55 kWh
Maximální/skutečná spotřeba elektrod	12/6,88 g/kWh



Obr. 3 Víko pánvové pece (foto: P. Zubek)
Fig. 3 Cover of ladle furnace

Zdvih elektrod se skládá ze sloupů zdvihu elektrod s hydraulickými válci a z elektrovodných ramen. Na konci ramen jsou upínací boxy elektrod. Pecní transformátor s tlumivkou je umístěn v samostatné trafokobce a je napojen na vysokonapěťový rozvod 6 kV. Součástí pece jsou hydraulické a pneumatické rozvody a chladicí okruhy s vodním hospodářstvím.

Pracoviště LF je dále vybaveno 9 zásobníky struskotvorných a legujících přísad, které jsou v automatickém režimu navažovány a dopravovány do pánve. Nové zásobníky LF tak umožňují rozšířit stávající zásobníky VOD/LF. Nový dvoužilový podavač plněných profilů v kombinaci se dvěma původními dvoužilovými podavači rozšířil možnosti využití přesného legování, mikrolegování nebo modifikaci vměstků. Pracoviště je dále vybaveno manipulátorem k odběru vzorků a měření teploty, resp. aktivity kyslíku v oceli. Měření i odběr vzorků je možný jak v poloze LF skrz pecní dvířka, tak i v mezipoloze. V mezipoloze se provádí i ruční měření obsahu vodíku pomocí zařízení Hydriis. Přidávání přísad a plněných profilů je možné jak v automatickém, tak

ručním režimu. Pro určení množství legur používá operátor již dříve vyvinutý legovací model, který navrhuje optimální druh a množství přísad s ohledem na skutečné a požadované chemické složení oceli a cenu přísad. Součástí výstupu legovacího modelu je i výpočet poklesu teploty oceli vlivem legování nebo výpočet teploty likvidu podle aktuálního chemického složení oceli.

3. Technologie

Výstavbou LF spolu s procesem VD se podstatně rozšiřují technologické možnosti výroby oceli na elektroocelárně. Odsíření oceli na LF pod hodnotu $S < 0,005 \%$ bez vakuového zpracování oceli nebo desoxidace oceli pomocí hliníku je obtížné. V případě hliníkem uklidněných ocelí lze dosáhnout hodnoty $S < 0,002 \%$. Typická uváděná doba zpracování oceli v procesu LF je 45 min. Účinně lze obsah S snížit v procesu VD, a to na hodnoty $S < 0,001 \%$. Odsíření je v procesu VD podporováno intenzivním promícháváním oceli a strusky v průběhu vakuování [8–10]. Na elektroocelárně TŽ byl proces odsíření během vakuování oceli po chemickém ohřevu ovlivněn především vysokou aktivitou kyslíku ve strusce na začátku vakuování a množstvím oxidů Al_2O_3 z chemického ohřevu. Dosažení vhodného poměru CaO/Al_2O_3 vyžadovalo velké množství přísady CaO [11].

Na elektroocelárně TŽ je ocel vyrobena v elektrických obloukových pecích, které svou konstrukcí neumožňují bezstruskový odpich oceli do pánve. Po odpichu oceli z EOP je proto provedeno stažení strusky (zachováno z původní technologie). Po usazení pánve do kesonu a připojení inertního plynu (Ar) pro homogenizaci oceli v pánvi se přidává dávka pevných struskotvorných přísad. Chemický ohřev oceli byl nahrazen ohřevem pomocí elektrického oblouku. První ohřev LF slouží hlavně k vytvoření tekuté strusky. Následuje legování a ohřev na teplotu potřebnou pro vakuování a dohotovení tavby. Během ohřevu oceli na pánvové peci nedochází k degradaci strusky produkty z chemického ohřevu včetně zvýšeného množství lehce redukovatelných oxidů. Tím je snížen propal prvků především Al, Si, Ti nebo Zr. Vyšší stabilita chemického složení strusky umožnila snížení doby homogenizace, a tím i teploty oceli před vakuováním. Použití bazických strusek rovněž umožnilo přenesení procesu odsíření na zařízení MPZ. Nízký obsah kyslíku ve strusce a bazicita strusky umožňují dosažení nízkých obsahů síry s menším množstvím strusky, než vyžadovala původní technologie odsíření oceli v EOP. Další výhodou je možnost dohřevu po vakuování, aniž by se změnilo chemické složení oceli a strusky

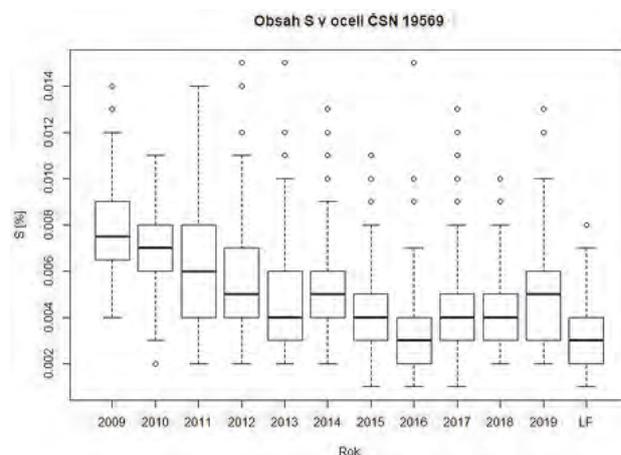
Po ukončení ohřevu oceli na LF se keson s pánví převezde do mezipolohy, kde se na pánve umístí klenbička, která brání rozstříku kovu se struskou a snižuje tepelné ztráty během procesu VD. Keson je pak přemístěn pod víko VOD/VD, kde proběhne vakuování oceli. Po ukončení procesu se provádí kontrola chemického složení oceli,

případně je provedena jeho korekce, modifikace vměstků a čerění oceli. V případě potřeby je v závěru zpracování možno provést korekci licí teploty dohřevem oceli na LF. Mimopecní zpracování oceli je ukončeno po dosažení licí teploty odvozem pánve na odlévárnu.

4. Sortiment vyráběných ocelí

Na novou technologii ohřevu se v současné době převádí stávající sortiment výroby oceli. Jsou to zejména oceli nástrojové, ložiskové a řada střednělegovaných ocelí pro různé použití včetně oceli pro Slévárnu Třinec, a.s., u kterých je vyžadováno vakuování. Zařízení LF lze použít i pro dohotovení taveb vysocilegovaných ocelí vyráběných technologií VOD. Přechod na novou technologii byl téměř bezproblémový u většiny vyráběného sortimentu. Možnost nauhličení oceli omezuje využití LF pro ohřev nízkouhlíkových konstrukčních ocelí s obsahem $C < 0,01 \%$. Potvrzuje se pozitivní posun v odsíření oceli.

Například u nástrojové oceli ČSN 19 569 (1.2362) při použití dřívější technologie odsíření na EOP spolu se stahováním strusky po odpichu z pánve [12] se dosahovalo obsahu síry pod $0,005 \%$, ale výsledky nebyly stabilní. S technologií LF bylo u této oceli prozatím dosaženo průměrného obsahu síry $0,0032 \%$ (106 taveb včetně teplých zkoušek LF). Trend průměrů a rozptýlů původní technologie a technologie LF je patrný na obr. 4.



Obr. 4 Vývoj obsahu síry v oceli ČSN 19569 (1.2362)

Fig. 4 Sulfur content in steel ČSN 19569 (1.2362)

Zvláštní pozornost složení strusek vyžadovaly oceli s omezeným obsahem stopových prvků, především Ca a Ti. Použití bazických strusek změnilo také morfologii vměstků, která je ovlivněna vakuováním oceli ve vakuovacím kesonu, kde dochází k intenzivnímu míchání oceli a emulgaci bazické strusky v oceli. Optimalizace technologie stále probíhá. V současné době probíhá především sběr a analýza procesních dat. Dalším cílem je optimalizace mikročistoty oceli. Pozornost je zaměřena rovněž na ověřování různých typů vyzdívek pánví za účelem zvýšení jejich životnosti.

5. Certifikace pro automobilový průmysl dle IATF 16949:2016

V souvislosti se stavbou pánvové pece bylo rozhodnuto o přípravách a začlenění výroby z elektroocelárny pro automobilový průmysl dle standardu IATF 16949:2016.

Tento standard je založen na normě ČSN EN ISO 9001 a představuje společný systém požadavků na kvalitu v automobilovém průmyslu a zvyšuje konkurenceschopnost výrobců na dodávky do tohoto odvětví. Již v průběhu výstavby a zprovoznování LF byly revidovány prakticky všechny technologické předpisy elektroocelárny ve smyslu požadavku normy IATF. Byly vypracovány plány kvality, FMEA a proběhla aktualizace příslušných dokumentů systému managementu jakosti v rámci TŽ. Po celopodnikovém systémovém auditu v září 2020 bylo dosaženo certifikace elektroocelárny v rámci standardu IATF 16949:2016. Nyní bude možno vyrábět doplňkový automobilový sortiment, který není možno plnit z velkých taveb kyslíkové konvertorové ocelárny, zejména s ohledem na hmotnost nebo chemické složení oceli

Závěr

Elektroocelárna je nově vybavena moderním zařízením LF, které spolu s původním VOD/VD tvoří komplex mimopecního zpracování oceli. Předpokládané parametry jako rychlost ohřevu, spotřeba elektrické energie a elektrod jsou dosahovány. Probíhá optimalizace struskového režimu a vyzdívek pánví. Jsou potvrzovány zakázky, které s ohledem na chemické složení nebo mikročistotu nebyly dříve přijímány. Nově je možno potvrzovat zakázky pro automobilový průmysl.

Literatura

- [1] MARTÍNEK, L., FILA, P. Zkušenosti s provozem pánvové pece ve Žďárských strojírnách a slévárnách, In *XIII. Konference elektroocelářů a mimopecní rafinace oceli*, 1997, Rožnov pod Radhoštěm.
- [2] MARTÍNEK L., FILA P., BALCAR M. Rozvoj sekundární metalurgie v podmínkách malé elektroocelárny, In *XIV. Konference elektroocelářů a mimopecní zpracování oceli*, 1999, Rožnov pod Radhoštěm.
- [3] KLEMP, W., STŘIBRNÝ, Z., GAJDA, J., PROCHÁZKA, L. Výstavba pánvové pece v Poldi-Hütte s.r.o. a první provozní výsledky, *METAL* 2005.
- [4] TEMBERGEN, D., EICHERT, T., TRIPLAT, J. SMS Mevac GmbH, Germany S. Petovar, A. Rozman, SIJ Metal Ravne, Slovenia, New Ladle Metallurgical Centre at Metal Ravne.
- [5] Projekt HTL, s.r.o., Projektová dokumentace stavby a technologie, 2018.
- [6] ZAHUTA, L., ČKAIT 1102399, Generální projektant.
- [7] PRIMETALS. Manuál pro provoz a údržbu.
- [8] FRANK NICOLAAS HERMANUS SCHRAMA, ELISABETH MARIA BEUNDER, BART VAN DEN BERG, YONGXIANG YANG & ROB BOOM. Sulphur removal in ironmaking and oxygen steelmaking, *Ironmaking & Steelmaking*, 44 (2017) 5, 333-343, DOI: 10.1080/03019233.2017.1303914.
- [9] STOLTE, G. *Secondary metallurgy*. 1st ed. Düsseldorf, Verlag Stahleisen GmbH, 2002.
- [10] Turkdogan, E. T. *Fundamentals of steelmaking*. London: The Institute of Materials, 1996.
- [11] MICHALEK, K., ČAMEK, L., GRYC, K., HUCZALA, T., TROSZOK, V. Possibilities for desulphurization of an alloy steel in a VOD device while using chemical heating. *Materiali in Tehnologije*. 47 (2013) 1, 135-140. ISSN 1580-2949.
- [12] CHMIEL, B., HUCZALA, T., MORÁVKA, J. Současný stav, vývoj a možnosti výroby nových typů nástrojových ocelí v TŽ, a. s. *Hutnické listy*. 66 (2013) 1, 17-21, ISSN 0018-8069.

Na rekonstrukci plynojemu použili přes 700 tun oceli

Zásadní modernizaci prošel plynojem pro jímání a využití plynu z kyslíkové konvertorové ocelárny Třineckých železáren. Revize na jaře ukázala, že celková rekonstrukce zvonu plynojemu je nezbytná.

„Plynojem jsme odstavili k provedení revize na konci dubna. Zjištěný technický stav nás vedl k rozhodnutí se do opravy pustit ihned a využít odstávku zařízení, která měla původně trvat 30 dní. Kompletní rekonstrukce zvonu plynojemu proběhla během sedmi měsíců,“ **konstatoval Petr Matuszek, ředitel Energetiky Třinec, která plynojem provozuje.** Náklady se vyšplhaly na 105 milionů korun.

Rekonstrukce zařízení patřila k těm náročnějším. „Jen vypuštění bazénu plynojemu s trvalou náplní 55 milionů litrů vody, což je pro představu asi 20 plaveckých bazénů, trvala 17 dní,“ **upřesňuje Petr Matuszek.** Demontáž starého zvonu zabrala další měsíc. Souběžně s tím se chystala dodávka a montáž nového zvonu, která trvala asi čtyři měsíce a její součástí byla oprava vstupního a výstupního potrubí včetně příslušenství plynojemu.

V listopadu pak pracovníci Energetiky Třinec během šesti dnů znovu napustili bazén vodou a začaly komplexní zkoušky s novým zvonem konvertorového plynojemu. Celkem firma na rekonstrukci použila více než 710 tun oceli a provedla 6,5 kilometrů svarů.

Plynojem s kapacitou 50 000 metrů krychlových plynu kruhového půdorysu průměru 70 metrů a výšky 33 metrů jímá konvertorový plyn, který vzniká při výrobě oceli. Za rok tímto zařízením projde více než 210 milionů metrů krychlových. Jde o plyn bez zápachu, který obsahuje až 70 % oxidu uhelnatého, a proto jej huť dál využívá jako palivo.

Konvertorový plyn začaly Třinecké železářny jímát v roce 1988. Od té doby prošlo zařízení několika většími opravami. Po letošní rekonstrukci by měl plynojem znovu sloužit k jímání konvertorového plynu nejméně dalších 30 let.

-z tiskové zprávy-