

Předeřev vyzděných metalurgických pánví a agregátů pomocí kyslíko-palivových technologií

Dipl.-Ing. Burkhardt Holleis¹; Dipl.-Ing. (FH) Ing. Wolfgang Lorenz²; Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. BSc René Josef Prieler³; Dipl.-Ing. Johannes Rauch¹; Dipl.-Ing. Davor Spoljaric⁴; Dr. Martin Demuth¹; Dipl.Ing. Philipp Schindler¹; Ing. Lukáš Lasota⁵

¹ Messer Austria GmbH, Admiralstraße 13, 2352 Gumpoldskirchen, Rakousko

² Mefkon GmbH, Am Willrother Berg 5, 56594 Willroth, Německo

³ TU Graz, Rechbauerstraße 12, 8010 Graz, Rakousko

⁴ Messer Group GmbH, Kleineswefersstrasse 1 Krefeld 47803, Německo

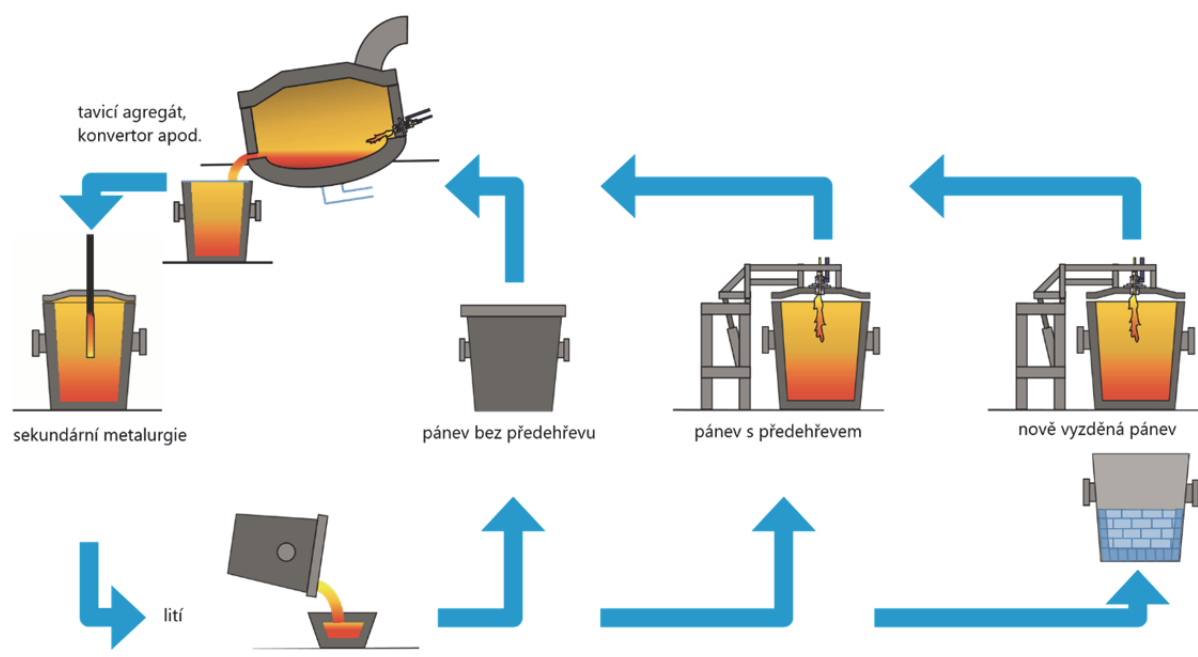
⁵ Messer Technogas s.r.o., Zelený pruh 99, 140 02 Praha 4, Česká republika

Vedle vlastností materiálu jsou hlavními hnacími silami v ocelářském průmyslu vlivy na životní prostředí a výrobní náklady. Výzkum se zaměřuje na nové výrobní cesty, jako je přímá redukce v kombinaci s náhradou uhlovodíků, a vývoj se soustřeďuje na optimalizaci hlavních agregátů, jako jsou tavicí pece, konvertory nebo ohřívací pece. Vyplatí se však analyzovat i procesy doplňující hlavní výrobní cestu za účelem snížení nadcházejících nákladů na provoz přepravních a licích pánví. Jak hlavní agregáty, tak transportní pánve potřebují dokonale zpracovanou koncepci vyzdívky a správně zvolený žáruvzdorný materiál, přizpůsobený procesu a výrobku tak, aby bylo dosaženo jeho maximální životnosti jako významného parametru nákladů. Dále je třeba z provozního hlediska pečlivě zvážit logistiku, aby nedocházelo k plýtvání tepelnou energií naakumulovanou uvnitř žáruvzdorného materiálu vlivem technologických prodlev. V neposlední řadě je důležitá správná volba topného systému, aby bylo dosaženo optimálních provozních nákladů a minimálního množství emisí.

Klíčová slova: předeřev; spalování; vyzdívka; metalurgická pánev; mezipánev; mísič surového železa; kyslíko-palivové spalování; kyslík

Za účelem optimalizace procesů průmyslových ohřevů je vhodné využít kyslíko-palivového spalování jako zdroje tepelné energie pro různé procesy ohřevu. Při ohřevu ocelářských pánví rozlišujeme dva základní režimy ohřevu: rychlý předeřev pánve na provozní teplotu

a proces vysušování /sintrování /temperování nově vyzděných pánví. Kyslíko-palivový ohřev je díky vysoké tepelné účinnosti vhodným řešením pro oba procesy, avšak s drobnými odchylkami.



Obr. 1 Typický pánvový cyklus v ocelářském průmyslu

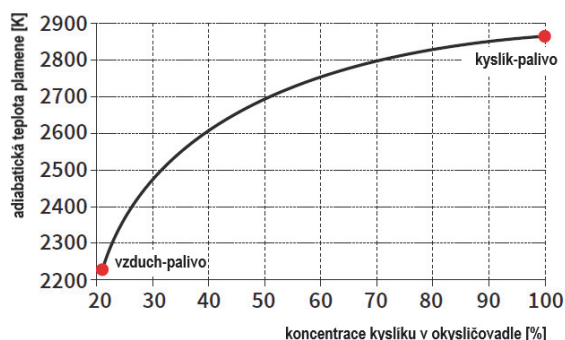
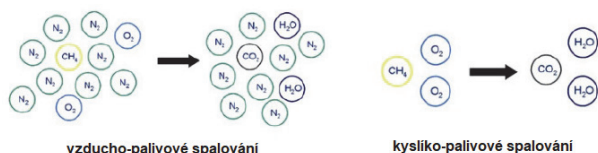
Úvod do spalování a základní mechanismy přenosu tepla

Spalování

Při spalování fosilních paliv se potřebná tepelná energie uvolňuje jejich oxidací. Během metalurgických procesů jako jsou tavení a ohřev materiálu je zpravidla potřeba vysokých teplot. Vzhledem k vysoké spotřebě paliva se při těchto vysokoteplotních procesech uvolňuje značné množství antropogenního skleníkového CO_2 [1]. Například jen ocelářský průmysl je zodpovědný za 5 % z celosvětové spotřeby energie, což vede ke vzniku stejného podílu emisí CO_2 [2]. Pro provoz moderních průmyslových procesů je navíc třeba brát v úvahu náklady na fosilní paliva a jejich dostupnost. Proto se pod vlivem těchto ekonomických a environmentálních otázek vyvíjí mnoho úsilí za účelem zvýšení účinnosti vysokoteplotních procesů.

Účinnost průmyslových spalovacích procesů lze v zásadě zvýšit dvěma způsoby: buďto předehřevem paliva nebo spalovacího vzduchu, anebo zvýšením obsahu kyslíku ve spalovacím vzduchu. Přítomnost 79 % balastního N_2 ve spalovacím vzduchu nebo falešném vzduchu má za následek vysoké tepelné ztráty ve spalinách v případě, že nedochází k rekuperaci tepelné energie prostřednictvím výměníku tepla.

Ohřev metalurgických pánví se posuzuje na základě energetické bilance. Technologie kyslíko-palivového spalování představuje optimalizační potenciál. Kyslík lze do spalovací komory přivádět pomocí hořáků a trysek nebo jím lze obohacovat spalovací vzduch.



Obr. 2 Zjednodušená chemická reakce a adiabatická teplota plamene při konvenčním a kyslíko-palivovém spalování

Kyslíko-palivové spalování lze využít k intenzifikaci vysokoteplotních procesů, vlivem zvýšení tepelné účinnosti a současně k dosažení environmentálních cílů, jako je snížení emisí CO_2 a NO_x . Při konvenčním vzducho-palivovém spalování je dusík obsažený ve spalovacím vzduchu pouze balastem, který pohlcuje obrovské

množství uvolněné tepelné energie. Protože při kyslíko-palivovém spalování není dusík přítomen, v plynné fázi se zahřívají pouze reakční produkty, především CO_2 a H_2O , což vede k vyšší adiabatické teplotě plamene, jak je znázorněno na obr. 2. Počínaje směsí oksyličovadla 21 % O_2 a 79 % N_2 (vzduch) je adiabatická teplota plamene přibližně 2230 K. Se zvyšujícím se obsahem kyslíku v oksyličovadle se zvyšuje adiabatická teplota plamene, kdy maxima je dosaženo při spalování s čistým kyslíkem.

Přenos tepla ze spalin na stěny metalurgického agregátu je velmi závislý na režimu spalování. Při vysokoteplotních procesech je převažujícím mechanismem přenosu tepla záření (radiace). Vyšší teplota plamene při kyslíko-palivovém spalování vede k vyšší intenzitě vyzařování tepelné energie, a tedy ke zvýšenému přenosu tepla radiací. Se snižujícím se obsahem diatermního dusíku se zvyšuje koncentrace H_2O a CO_2 ve spalinách a zvyšuje se tak jejich emisivita. Protože se při kyslíko-palivovém spalování dosahuje vyššího přenosu tepla zářením, zvyšuje se hustota tepelného toku ze spalin na stěny metalurgického agregátu a je tak využito více tepla ze spalovacího procesu. Použití kyslíko-palivových technologií tedy souhrnně vede ke: [3]:

- Zvýšení účinnosti spalovacího procesu: Pro ohřev je k dispozici vyšší tepelný tok, a proto je možné dosáhnout vyšších teplot a rychlejšího ohřevu.
- Snížení objemu spalin a investičních nákladů: Tepelné ztráty spalinami se snižují díky nižšímu objemu spalin v důsledku absence N_2 , což vede k nižší spotřebě paliva. Při kyslíko-palivovém spalování lze snížit tepelný příkon zařízení, což vede ke snížení emisí CO_2 a NO_x [4].

Přenos tepla

Při ohřevu metalurgických pánví se uplatňují všechny tři mechanismy přenosu tepla: (i) vedení (ii) konvekce a (iii) záření.

(i) Vedení

Tento způsob přenosu tepla je charakterizován přenosem energie z molekuly na molekulu prostřednictvím srážek v plynné, kapalně nebo pevně fázi. Přenos energie vedením je úměrný teplotnímu gradientu a součiniteli tepelné vodivosti λ . Při uvažování stacionárního děje se hustota tepelného toku vedením vypočítá pomocí Fourierova zákona (rovnice (1)). V plynné fázi spalovacích procesů má vedení na celkový přenos tepla zanedbatelný vliv.

$$\dot{q}_{ved} = -\lambda \cdot \nabla T \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (1)$$

(ii) Konvekce

Přenos tepla vlivem proudění spalin ve spalovací komoře se nazývá konvekce. Na rozdíl od vedení je konvekce mechanismus sdílení tepla, kdy makroskopickým pohybem objemu spalin s výraznou entalpií a kinetickou

energií dochází k přenosu tepla při jejich proudění z teplejších (chladnějších) do chladnějších (teplejších) míst. Obecně lze konvekci rozdělit na nucenou a přirozenou. Přirozená konvekce je vyvolána rozdíly hustoty v plynné nebo kapalné fázi v důsledku změny teploty. Nucená konvekce je přenos tepla pohybem kapaliny v rámci působení vnějšího proudového pole. Vzhledem k tomu, že přenos tepla přirozenou konvekci má mnohem nižší intenzitu než nucená konvekce, je v této části uvažována pouze druhá z nich. Pro technické účely je důležitý konvektivní přenos tepla ze spalin na povrch tělesa, který je ovlivněn podmínkami proudění v mezní vrstvě na povrchu tělesa. Se zvláštním důrazem na spalování se teplo přenáší z teplejší plynné fáze na chladnější stěny pece a vsázku prostřednictvím mezní vrstvy. Hustota tepelného toku je pak úměrná rozdílu teplot mezi plynem a povrchem (viz rovnice (2)). V následující rovnici je α součinitel přestupu tepla, T_{sp} a T_s jsou teploty spalin a na povrchu stěn.

$$\dot{q}_{konv} = \alpha \cdot (T_{sp} - T_s) \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (2)$$

(iii) Záření

Sdílení tepla prostřednictvím elektromagnetického vlnění se nazývá záření (radiace, sálání). Záření lze klasifikovat v závislosti na vlnové délce. Tepelné záření v technických aplikacích má vlnovou délku mezi 0,1 a 100 μm , což zahrnuje viditelné vlnové spektrum a části ultrafialového a infračerveného spektra. [5]

Záření mezi tělesy

Každé těleso s teplotou vyšší než 0 K vyzařuje tepelné záření, přičemž zářivý tepelný tok je úměrný čtvrté mocnině jeho termodynamické teploty. Maximální tepelnou energii může při určité teplotě vyzařovat tzv. absolutně černé těleso, podle rovnice (3). V této rovnici je σ Stefanova-Boltzmannova konstanta s hodnotou $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ a T je jeho povrchová termodynamická teplota.

$$\dot{q}_{rad,0} = \sigma \cdot T^4 \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (3)$$

Vyzařovaná energie skutečného povrchu je nižší než záření absolutně černého tělesa. Proto je emisivita ε definována jako vyzařované záření reálného povrchu vztahované k emisivitě povrchu absolutně černého tělesa při stejné teplotě. Tepelný tok vyzařovaný „skutečným“ povrchem je tedy definován rovnicí (4), kde ε je emisivita stěny.

$$\dot{q}_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_s^4 \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (4)$$

Tepelný tok mezi dvěma povrchy o různých teplotách vzniká v obou směrech, tedy tepelná energie není přenášena pouze ve směru z teplejšího tělesa na chladnější, ale také naopak. Zářivý tepelný tok vyzařovaný teplejší stěnou je však vyšší, a proto lze čistý zářivý tepelný tok od teplejší stěny k chladnější vypočítat podle rovnice (5).

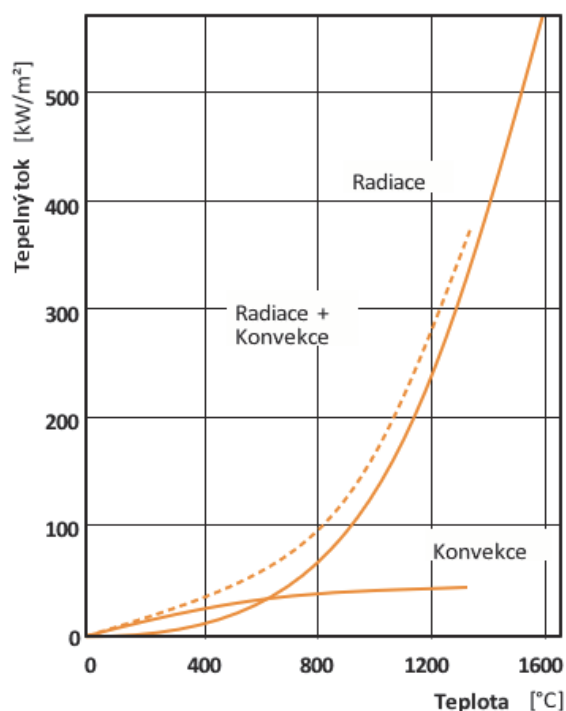
$$\dot{q}_{rad,tep \rightarrow chlad.} = \frac{\sigma}{\left(\frac{1}{\varepsilon_{tep.}} + \frac{1}{\varepsilon_{chlad.}} - 1\right)} \cdot (T_{tep.}^4 - T_{chlad.}^4) \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (5)$$

Záření spalin

Na rozdíl od černého tělesa interagují plyny s tepelným zářením pouze v určitých pásmech vlnových délek, které jsou závislé na struktuře molekul. Proto je nutné určit celkovou emisivitu směsi plynů - spalin. Při procesu spalování uhlovodíků jsou hlavními složkami spalin CO_2 , H_2O a v případě vzducho-palivového spalování také N_2 . Meziprodukty, radikály a složky s menšími koncentracemi mají pouze malý příspěvek k přenosu tepla zářením. Kromě toho lze jedno a dvou atomové plyny jako N_2 a O_2 považovat za diatermické pro tepelné záření. Tepelná energie, která je vyzařována spalinami a přenášena na povrch pánve, lze vypočítat podle rovnice (6). V této rovnici jsou ε_{sp} a ε emisivity spalin a stěn, a_g je pohltivost plynu pro záření a T_{sp} je teplota spalin.

$$\dot{q}_{rad,sp} = \frac{\sigma \cdot \varepsilon}{1 - (1 - a_{sp}) \cdot (1 - \varepsilon)} \cdot (\varepsilon_{sp} \cdot T_{sp}^4 - a_g \cdot T_s^4) \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (6)$$

U vysokoteplotních procesů je dominantním mechanismem přenosu tepla radiace. Tuto skutečnost znázorňuje obr. 3, kde jsou zobrazeny tepelné toky při přenosu tepla pro všechny tři mechanismy v závislosti na teplotě spalin. Z obrázku 3 je rovněž patrné, že konvekce je dominantní pouze do teploty spalin 593 °C (1100 °F) [6]. U vysoko-teplotních procesů se teplota spalin běžně pohybuje nad hodnotou 1000 °C, kde intenzita záření roste úměrně se čtvrtou mocninou jejich teploty.



Obr. 3 Závislost poměrné rychlosti přenosu tepla na teplotě spalin [6]

Energetická bilance ohřevu

Za účelem posouzení účinnosti procesu ohřevu metalurgických pánví v ocelářském průmyslu lze energetickou bilanci zapsat podle rovnice (7).

$$\dot{Q}_p + \dot{Q}_o = \dot{Q}_{z,n} + \dot{Q}_{z,s} + \dot{Q}_{sp} + \dot{Q}_{ak} \quad [W] \quad (7)$$

Na jedné straně do procesu vstupuje energie chemicky vázaná v palivu a entalpie paliva a okysličovadla. Tuto stranu lze rozepsat pomocí rovnice (8).

$$\begin{aligned} \dot{Q}_p + \dot{Q}_o = & \dot{m}_p \cdot c_{p,p} \cdot \Delta T_p + \dot{m}_p \cdot H_i + \\ & + \dot{m}_o \cdot c_{p,o} \cdot \Delta T_o \quad [W] \end{aligned} \quad (8)$$

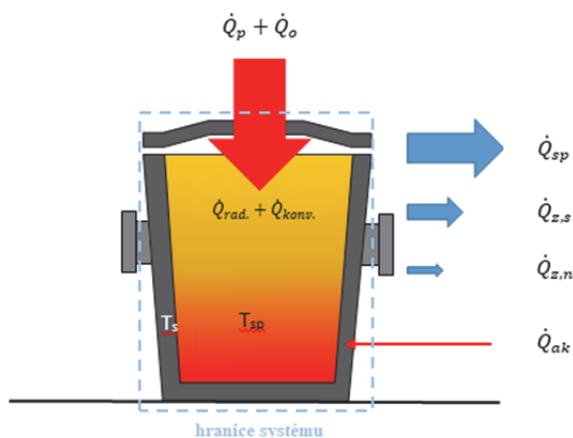
Na straně druhé v rovnici (7) vystupují ztrátové tepelné toky netěsnostmi a stěnami pánve $\dot{Q}_{z,n}$ a $\dot{Q}_{z,s}$, ztrátový tepelný tok odpadních spalin \dot{Q}_{sp} a akumulční tepelný tok do stěn pánve \dot{Q}_{ak} . Ztrátový tepelný tok spalin lze vyjádřit pomocí rovnice (9):

$$\dot{Q}_{sp} = \dot{m}_{sp} \cdot c_{p,sp} \cdot \Delta T_{sp} \quad [W] \quad (9)$$

Proměnné \dot{m} , c_i a H_i v rovnicích představují hmotnostní toky, měrné tepelné kapacity paliva, okysličovadla a spalin a výhřevnost paliva. Teplotní rozdíly pro každou část představují rozdíl oproti referenční hodnotě 0 °C. Rovnici pro akumulční tepelný tok do pánve lze psát jako rovnici (10). V tomto případě teplotní rozdíl znamená nárůst teploty tělesa pánve během procesu ohřevu (od počáteční teploty na konečnou teplotu):

$$\dot{Q}_{ak} = \frac{m_p \cdot c_{p,p} \cdot \Delta T_p}{\Delta t} \quad [W] \quad (10)$$

Tepelná bilance ohřevu metalurgické pánve je znázorněna na obr. 4.



Obr. 4 Energetická bilance ohřevu metalurgické pánve

Aplikace technologie kyslíko-palivového spalování je efektivním řešením vedoucím ke snížení výrobních a provozních nákladů a zároveň ke zvýšení flexibility a výrobní kapacity. Modernizace stávajících zařízení i pořízení nových zařízení mohou významně snížit měrné náklady a emise.

Praktické zkušenosti a aplikace

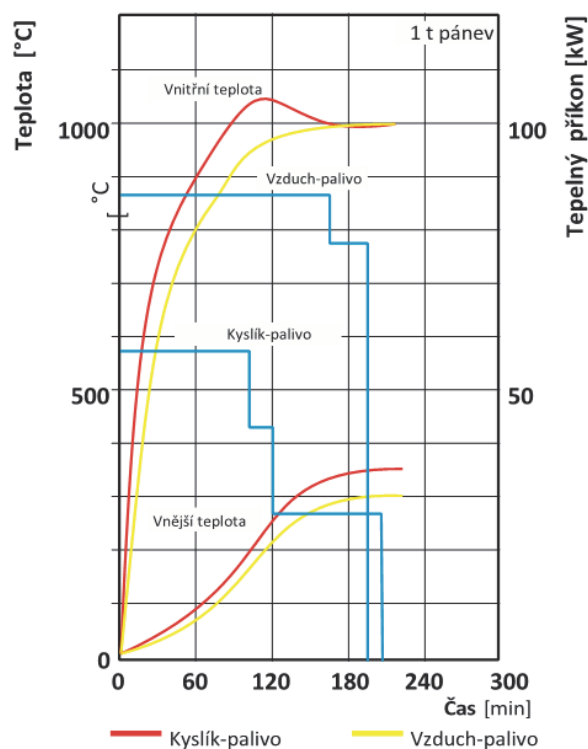
Ohřev metalurgických pánví závisí na tepelném režimu ohřevu, zejména pak na sdílení tepla konvekcí a zářením a na tepelně technických parametrech žáruvzdorné vyzdívky. Pro ohřev pánve na provozní teploty je charakteristický nestacionární přenos tepla. Při udržování teploty pánve se přenos tepla stává stacionárním dějem.

Praktický výzkum v oblasti přehřevu metalurgických pánví

Společnost Messer v minulosti provedla podrobný praktický výzkum s cílem porovnat rozdíly mezi konvenčním a kyslíko-palivovým ohřevem metalurgických pánví.

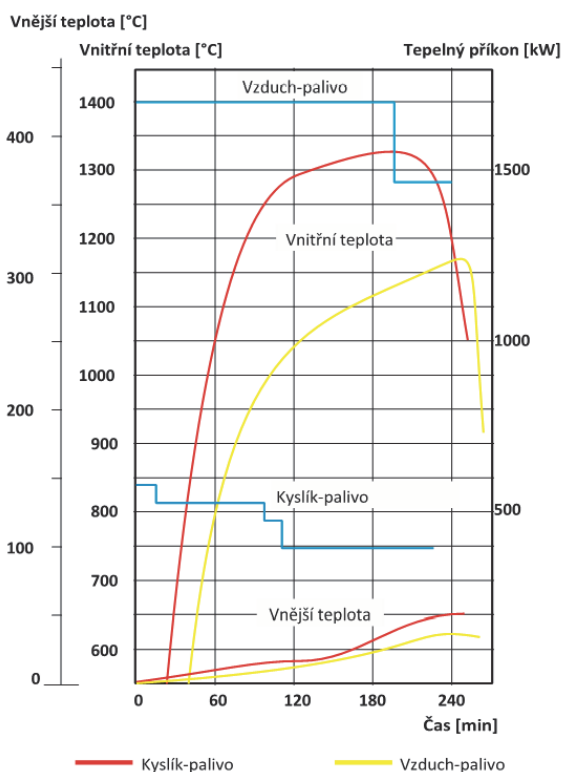
V rámci měření byly ohřívány pánve o kapacitě 1 t ve vertikální poloze kyslíko-palivovým hořákem a obdobně konvenčním vzducho-palivovým hořákem na cílovou teplotu 1000 °C.

Pánev ohřívána kyslíko-palivovým hořákem dosáhla cílové teploty 1000 °C za 90 minut při tepelném příkonu 58 kW. Pánev ohřívána konvenčním vzducho-palivovým hořákem dosáhla cílové teploty za 150 min. při příkonu 88 kW. K udržení cílové teploty bylo v případě kyslíko-palivového hořáku potřeba 28 kW tepelného příkonu a 78 kW v případě vzducho-palivového hořáku. Teplota vnější stěny byla v obou případech stejná – přibližně 350 °C. Teplota vnitřní stěny byla měřena pyrometrem, teplota vnější stěny kontaktním teploměrem. Srovnání obou režimů je znázorněno na obr. 5 [7].



Obr. 5 Srovnání kyslíko-palivového a vzducho-palivového ohřevu 1 t metalurgické pánve [7]

V případě kyslíko-palivového ohřevu došlo při ohřevu na 1000 °C k 64% úspoře zemního plynu a doba ohřevu se zkrátila o 54 %. Při udržování teploty v pánvi 1000 °C bylo dosaženo 64% úspory zemního plynu.



Obr. 6 Srovnání kyslíko-palivového a vzducho-palivového ohřevu 18 t metalurgické pánve [7]

Další příklad ilustruje srovnání ohřevu 18 t transportních pánví. Pánve byly obdobně jako v předchozím případě ohřívány kyslíko-palivovým a vzducho-palivovým hořákem. U kyslíko-palivového ohřevu bylo dosaženo

požadované vnitřní teploty 1350 °C po 190 min. ohřevu při tepelném příkonu hořáku 500 kW. Při ohřevu konvenčním vzducho-palivovým hořákem o příkonu 1700 kW nebylo ani po 240 min. ohřevu dosaženo teploty vyšší než 1150 °C [7]. Srovnání obou režimů je znázorněno na obr. 6.

Ve srovnání s konvenčním vzducho-palivovým systémem došlo k 72% úspoře zemního plynu a doba ohřevu se zkrátila o 67 % při ohřevu pánve na 1150 °C.

Výsledky investic do modernizace a rekonstrukce zařízení

Metalurgické pánve se používají k přepravě a manipulaci s roztavenými kovy. Pánve musí být před použitím ohřaty na provozní teploty, aby se optimalizovala životnost žáruvzdorného materiálu a minimalizovaly se tepelné ztráty taveniny, která nezdědká dosahuje teplot vyšších než 1200 °C. Takto vysokých teplot je v praxi obtížné a neekonomické dosáhnout pomocí zastaralých vzducho-palivových systémů bez účinné rekuperace tepelné energie ve srovnání s kyslíko-palivovými hořáky. Kratší doba ohřevu a úspora paliva díky vyšší tepelné účinnosti snižují celkové náklady na kyslíko-palivové hořáky, a to i přes dodatečné náklady na kyslík.

Jak již bylo popsáno v kapitole o spalování, kyslíko-palivové spalování je stechiometrické. Analýzy složení spalin před a po aplikaci kyslíko-palivové technologie na daný vysokoteplotní proces ukázaly, že obsah kyslíku ve spalinách je výrazně nižší než u vzducho-palivových technologií, pokud je proces vhodně optimalizován za účelem dosažení vhodných tlakových podmínek uvnitř pánve.

V následující tabulce jsou uvedeny údaje získané v praxi. Příklady obsahují procesy ohřevu pánví, sintrování/vysušování nově vyzdřených pánví a ohřev mezipánví kyslíko-palivovými hořáky.

Tab. 1 Úspora paliva při aplikaci kyslíko-palivové technologie na ohřev metalurgických pánví

Proces	Velikost pánve [t]	Spotřeba zemního plynu		
		Vzduch-palivo	Kyslík-palivo	Úspory
		[Nm ³ .h ⁻¹]		[%]
Ohřev pánve	1	8,8	5,8	64
Ohřev pánve	2	12,4	7,9	64
Ohřev pánve	12	35	40	57
Ohřev pánve	18	165	45	72
Ohřev pánve	60	91	48	47
Ohřev pánve	60	154	60	61
Ohřev pánve	120	205	87	58
Ohřev pánve	140	150	55	64
Ohřev pánve	225	138	51	63
Ohřev mezipánve		152	54	64
Vysušování pánve	225	158	95	40

Snížení spotřeby paliva až o 65 % a zkrácení doby ohřevu až o 50 % nebo i více u kyslíko-palivového spalování

vede ke značným ekonomickým úsporám i navzdory dodatečným provozním nákladům na kyslík ve srovnání

se vzducho-palivovými hořáky. V závislosti na počtu provozních hodin může být návratnost investice kratší než jeden rok.

Ekonomické hledisko přehřevu pánví

Kratší doba ohřevu a úspora paliva díky vyšší termické účinnosti snižují celkové provozní náklady na provoz kyslíko-palivových hořáků, a to i navzdory dodatečným nákladům na kyslík. Na příkladu níže je uvedena ekonomika provozu a úspory před a po instalaci kyslíko-palivového systému pro ohřev 140 t pánve. Byl použit hořák Messer Oxipyr, pracovní teplota pánve činila 1000 °C a počet provozních hodin za rok byl uvažován jako 5500. Z výpočtu účinnosti spalování vyplývá, že při provozní teplotě pánve 1000 °C bez rekuperace tepelné energie

k přehřevu spalovacího vzduchu lze spotřebu zemního plynu snížit o 64 %. Termická účinnost spalovacího procesu při mírně nadstechimetrických podmínkách stoupá ze 40 % na 80 %. Dalších úspor lze dosáhnout také optimalizací geometrie a regulace hořáku, což vede k optimálnímu prohřívání pánve v celém objemu. [8]. Významné úspory lze dosáhnout také na emisních povolenkách. V tab. 2 je uveden příklad ekonomiky provozu. Výpočet byl proveden pro poněkud pesimistický scénář současného vývoje v roce 2022 uvažující velmi drahé vstupy jak na straně zemního plynu, tak na straně kyslíku. Z tabulky je však patrné, že velmi dramatických úspor lze dosáhnout i v současnosti s poměrně vysokými cenami kyslíku, které kopírují vývoj ceny elektřiny. Jako zajímavá se jeví také úspora na emisních povolenkách, jejichž cena v současné době činí přibližně 99 EUR/t_{CO2}.

Tab. 2 Srovnání ekonomiky provozu ohřevu 140 t pánve [8]

	Vzduch-palivo	Kyslík-palivo (Messer Oxipyr® F)
Spotřeba zemního plynu (Nm ³ ·h ⁻¹)	150	55
Cena zemního plynu (EUR/Nm ³)	1,22	1,22
Hodinové náklady na zemní plyn (EUR/h)	183	67,1
Potřebný objem spalovacího vzduchu (Nm ³ ·h ⁻¹)	1650	0
Výrobní cena spalovacího vzduchu (EUR/Nm ³)	0,002	0
Hodinové náklady na spalovací vzduch (EUR/h)	3,3	0
Spotřeba kyslíku (Nm ³ ·h ⁻¹)	0	110
Cena kyslíku (EUR/(Nm ³))	0	0,3
Hodinové náklady na kyslík (EUR/h)	0	33
Pracovní hodiny (h/a)	5500	5500
Celkové vstupní náklady (EUR/h)	186,3	100,1
Celkové roční vstupní náklady (EUR/a)	1024650	550550
Roční úspora (EUR/a)		474100
Návratnost investice (měs.)		<<12
Roční produkce CO ₂ (t/a)	1650	605
Cena emisní povolenky (EUR/t)	99	99
Roční náklady na emisní povolenky (EUR/a)	163350	59895
Roční úspora na emisních povolenkách (EUR/a)		103455

Vysoce účinné průmyslové topné systémy

Je třeba také popsat rozdíl mezi přehříváním a sušením/sintrováním metalurgických pánví v případě použití kyslíko-palivových technologií, neboť každý režim má svá specifika. Při sušení a sintrování se musí křivka ohřevu přesně řídit specifikací dodavatele žáruvzdorného materiálu. Pro teplotní úroveň nižší než 600 °C není kyslíko-palivové spalování nejvýhodnějším systémem, protože jak již bylo řečeno, v této teplotní úrovni převládá spíše konvekční přenos tepla, který je u kyslíko-palivového systému nižší než u vzduchopalivového v důsledku nižšího objemu spalin. Existuje však poměrně jednoduché, efektivní a ekonomické řešení:

Nejefektivnější režim pro sušení a sintrování nově vyzdění pánve:

- Sušení se zahájí při stechiometrickém spalování zemního plynu se spalovacím vzduchem obohaceným kyslíkem.
- Přechod na nadstechimetrické kyslíko-palivové spalování v okamžiku, kdy začne vyhořívat pojivo, přebytečný kyslík poslouží k dohoření vzniklých uhlovodíků.
- Po vyhoření pojiva přechod zpět na stechiometrické spalování.

Nejefektivnější režim přehřevu metalurgické pánve:

- Stechiometrické kyslíko-palivové spalování.

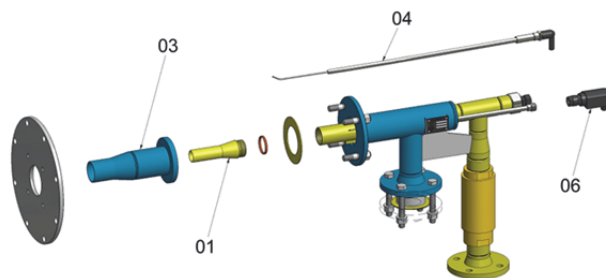
Tento zásadní rozdíl mezi procesem sušení/sintrování a předehevu má vliv na konstrukci spalovacího systému a výběr hořáku. Například se může jednat o aplikaci kyslíko-palivových hořáků v kombinaci se vzduchovým blokem, nebo instalace hořáků typu vzduch-palivo-kyslík.

Nově dodaná i rekonstruovaná zařízení splňují všechny evropské předpisy a normy.

Přestavba stávajícího zařízení na kyslíkopalivový systém

V případě přestavby konvenčního vzducho-palivového systému bude stávající vzducho-palivový systém demonstván. Dimenze a stavební délky původních přípojek budou zachovány za účelem minimalizace nákladů. Vzhledem k menšímu průměru kyslíko-palivového hořáku je však nutná úprava žáruvzdorného materiálu víka, tak aby bylo chráněno ústí hořáku. Stávající rozvody zemního plynu je možné využít, kyslíkové rozvody je nutné vybudovat.

Nový ovládací panel s regulačními řadami bude umístěn v blízkosti předešlého ohřívacího systému s volným výhledem na pánev. Elektrická skříň s tlačítky a dotykovou obrazovkou bude součástí ovládacího panelu nebo umístěna na přání zákazníka. Změna technologických parametrů se bude provádět na dotykové obrazovce. Obsluha může být manuální nebo automatická. V automatickém režimu jsou možné různé programy. Konečné uspořádání a umístění na základě dohody, design je šitý na míru pro každou aplikaci.



Obr. 7 Kyslíko-palivový hořák Messer Oxipyr®-F

Instalace nové předešlého ohřívacího systému

Společnost Messer také spolupracuje při dodávkách předešlého ohřívacího systému se společností MEFKON GmbH & Co. KG, jejíž systémy sklopných přímých ohřevů metalurgických pánví společnosti jsou navrženy podle nejnovějších norem, technologií a požadavků zákazníka. Základními vlastnostmi všech konstrukcí je maximální energetická účinnost, nízké emise a maximální provozní spolehlivost.

Základním předpokladem k vysoce účinnému systému ohřevu je maximálně těsné uzavření pánve, stálá regulace teploty a topného cyklu a stechiometrické řízení spalovacího poměru plyn/vzduch/kyslík v celém regulačním rozsahu hořáku. V neposlední řadě je v rámci řešení potřeba určit odhadované roční náklady na provoz. Výsledky takové analýzy očekávaných úspor nákladů mohou vést k návratnosti investic v rozmezí už mezi 6 až 18 měsíci.



Obr. 8 Vertikální, horizontální a mezipánvová ohřívací stanice společnosti MEFKON GmbH & Co. KG.

Literatura

- [1] MILFORD, R. L., PAULIUK, S., ALLWOOD, J. M., and MULLER, D. B. Environ. Sci. Technol. 47 (2013) 3455–3462; MOYA, J. A. and PARDO, N., J. Clean. Prod. 52 (2013) 71–83.
- [2] PARDO, N. and MOYA, J. A. Energy 54 (2013) 113–128; HASANBEIGI, A., PRICE, L., CHUNXIA, Z., ADEN, N., XIUPING, L., and FANGQIN, S. J. Clean. Prod. 65 (2014) 108–119; CHEN L., YANG, B., SHEN X., XIE, Z. and SUN, F. Appl. Therm. Eng. 86 (2015) 151–160.
- [3] Baukal CE. Oxygen-enhanced combustion. 2nd Edition. Boca Raton: CRC Press; 2013.
- [4] Riley MF. Dilute oxygen combustion - Phase 4 report: Optimized reheat furnace design. Report-ID DE-FC36-95ID13331, April 2003, Online: <http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/877124>
- [5] Modest MF. Radiative heat transfer. 3rd Edition. Boston: Academic Press; 2013.
- [6] TRINKS, W. Industrial furnaces. 6th Edition. Hoboken, New Jersey: Jon Wiley & Sons, Inc.; 2004.
- [7] GROSS, G. Sauerstoff-Brenner für das wirtschaftliche Aufheizen von Pfannen und Konverter, gas aktuell p9-13,
- [8] SPOLJARIC, D., POTESSER M., HOLLEIS, B., DEMUTH, M. and RAUCH, J. Energy and emission optimization potentials for the steel production due to application of oxygen combustion; 3rd Eurasia - Mena Steel Summit 22 - 23 January 2013 Istanbul.