

Odprašení 60 tunové elektrické obloukové pece s intenzifikací kyslíkem v závodě ŠKODA Steel konsorcium, ŠKODA Hutě Plzeň, s. r. o.

Dedusting of the 60 t electric arc furnace with intensification by oxygen in the plant of the ŠKODA, HUTĚ, in Plzeň, s.r.o. (Ltd.)

Jiří Albrecht - Bohuslav Smrž - Jiří Hejma

Exhausting of metallurgic process products from electric arc furnaces is a very difficult design and operational task. A single really reliable equipment is full jacketing of the whole furnace (it also solves the problem of noise emissions) but this can be applied for newly constructed furnaces only. Arc furnaces are exhausted by several methods. The firm of Ing. Albrecht - Průmyslová filtrace (APF) had a task to dedust the electric arc furnace (60 t) in the plant of ŠKODA, HUTĚ, in Plzeň, s.r.o. (Ltd.). This furnace was exhausted up to now by the fourth hole and it was dedusted together with another two furnaces (25 and 30 t) in the CEAG filtration plant. Secondary equipment of the firm APF exhausts from three points, and namely from the covering on the furnace cover, from the covering in the light well above the casting bed, and from the covering in the light well above the charging bed. Besides this also the existing exhausting by the so-called fourth hole of the furnace with the CEAG filter is in full operation. Pneumatic transport brings the dust collected in FVU filters in the pelletizing plant of this filter. Thus the furnace is exhausted by a rather complicatedly regulated system. Dedusting of the electric arc furnace (60 t) is extraordinarily successful and operationally relatively cheap as the exhausted amount of air is minimal and the textile lifetime can be expected very long (considerate operation, low filtration rate, recovery by backwashing).

Odsávání plynů vznikajících při tavení v elektrických obloukových pecích je velmi obtížný konstrukční i provozní úkol. Jediným skutečně spolehlivým zařízením je úplná kapotáž celé pece (řeší i problém emisí hluku), toto provedení lze však aplikovat pouze u nově budovaných pecí.

Firma Ing. Albrecht - Průmyslová filtrace (APF) měla za úkol odprašit již instalovanou 60 t elektrickou obloukovou pec v závodě ŠKODA Steel konsorcium, ŠKODA Hutě Plzeň, s. r. o. Tato pec byla dosud odsávána čtvrtým otvorem (primární odsávání) a spolu s dalšími dvěma pecemi (25 a 30 t) odprašena ve filtrační stanici CEAG.

Je nutno podotknout, že problematika odprašení elektrických obloukových pecí spočívá hlavně v co nejdokonalejším odsátí, čili záchytu emitovaného plynu nad pecí nebo z pece. Vlastní záchyt prachu v textilním filtru nečiní obvykle potíže, jedinou podmínkou je dodržení přípustné teploty plynů na vstupu do filtru.

Odsávání 60 t elektrické obloukové pece čtvrtým otvorem se ukázalo pro bezprašný vnitřní provoz slévárny nedostatečné. Dodatečné (sekundární) odprašení 60 t pece se tedy nesoustře-

dilo jen na vlastní pec, ale i na sázecí a licí pole. Schéma celého odsávání pece je patrné z *obr. 1*.

Vzhledem k tomu, že jsou odsávány dva zákryty ve světlicích haly a zákryt víka pece vyžadující odsávání v různých časech, je problematika odsávání a odprašování této pece náročná i na regulaci. Provoz nové odprašovací stanice musí splňovat podmínky dostatečného odsávání a nesmí rušit provoz stávající filtrační stanice CEAG.

Vysoká účinnost odloučení odsátého prachu, a tím i dodržení emisního limitu, je u filtrů FVU, jak ukázala následná měření, oprávněně předpokládána.

Vlastní filtrační stanice musí být samozřejmě dimenzována na maximální průtok čištěného plynu při použití tří vysokotlakých ventilátorů. Toto řešení umožňuje vypínáním jednotlivých ventilátorů měnit v širokém rozsahu odsávaný objem. Nastavením klapky se pak určí zákryt, z něhož se ve stanovené fázi metalurgického procesu odsává.

Jak je zřejmé ze schématu, odsává sekundární zařízení firmy APF ze třech míst, a to ze zákrytu na víku pece, ze zákrytu ve světlíku nad licím polem a ze zákrytu ve světlíku nad sázecím



Ing. Jiří Albrecht, CSc.,
APF, Praha



Ing. Bohuslav Smrž, APF,
Praha



Ing. Jiří Hejma, CSc.

- V časech, které určuje metalurgický proces, odsávat zákryt víka a zákryt nad licím a nad sázecím polem.
- Odsávaný prach odloučit ve filtrační stanici a poté pneumaticky dopravit do zásobníku peletizačního zařízení filtrační stanice CAEG.

Prostorové uspořádání zákrytů a klapek je zřejmé z technologického schématu (obr. 1).

Pro správnou funkci odsávání je rozhodující dimenze odsávaného množství vzdušiny. Předpokladem je správně navržený potrubní rozvod. Kombinace původního primárního odsávání s odsáváním sekundárním (nově instalovaným) představuje pro návrh průtočných množství určitou komplikaci (je třeba stanovit skutečně odsávané objemy, neboť primární odsávání se podílí i na odsávání zákrytu nad licím polem), nicméně funkci obou zařízení se podařilo velmi dobře spojit. Pro sekundární odsávání byly pro jednotlivé fáze tavby navrženy tyto hodnoty:

Sázení - maximálně 133 600 m³/h ze zákrytu nad sázecím polem. Při této fázi se odsává též 58 000 m³/h primárním odsáváním ze zákrytu nad licím polem.

Tavení: maximálně 74 000 m³/h ze zákrytu víka (k tomu 10 000 m³/h čtvrtým otvorem primárním odsáváním)

Intenzifikace kyslíkem - maximálně 74 000 m³/h ze zákrytu víka, cca 60 000 m³/h ze zákrytu nad sázecím a licím polem, 48 000 m³/h primárním odsáváním ze zákrytu nad licím polem (k tomu 10 000 m³/h čtvrtým otvorem primárním odsáváním).

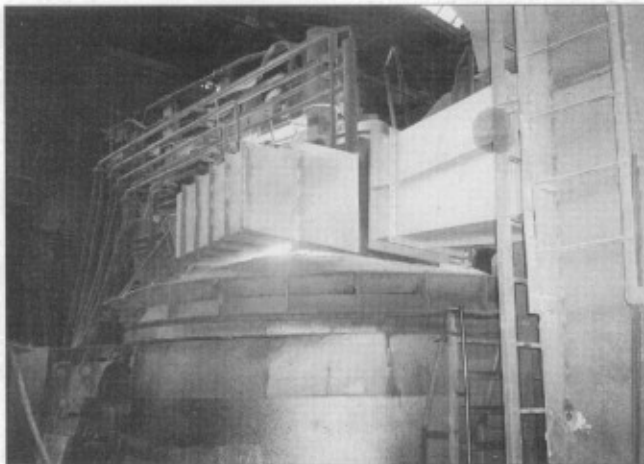
Odpich - maximálně 133 600 m³/h ze zákrytu nad licím polem sekundárním odsáváním a 58 000 m³/h primárním odsáváním. Maximální odsávané množství je tedy cca 192 000 m³/h, z toho 58 000 m³/h primárním odsáváním.

Takto navržené objemy se zdají v porovnání s literárními údaji poměrně malé. Pro odsávání čtvrtým otvorem, což nebylo v zadání pro sekundární odsávání, se udává cca 2000 m³/h na tunu oceli, což by pro pec 60 t představovalo 120 000 m³/h, pro odsávání z prostoru se uvádí cca čtyřnásobek, pro odsávání zákrytů víka hodnota mezi dvěma shora uvedenými.

Jak ukazuje obr. 2 a 3, i pro provoz 60 t pece intenzifikované kyslíkem je odsávané množství zcela dostatečné a k úniku plynu ze zákrytu dochází jen zcela minimálně a krátkodobě. Tento nepatrný únik spalin je zachycen zákrytem nad sázecím a licím polem a odsán do filtru. Pro porovnání je na obr. 4 vidět únik plynů z 60 t pece při intenzifikaci kyslíkem před instalací sekundárního odsávání.

Odsávaný prach je typický pro provoz elektrické obloukové pece, červenohnědý, jemný, o vysoké hustotě (až 3500 kg/m³), cca 70 % částic pod 3 μm. Tento prach nelze odlučovat v jiném zařízení než v textilním filtru.

Firma APF zvolila pro odloučení prachu filtrační stanici 10 x FVU - 200 (obr. 5) s celkovou filtrační plochou 2000 m², což pro navržený průtok představuje filtrační rychlost 1,4 až 2,0 cm/s. Podle zkušeností z obdobných provozů je tato rychlost zárukou vyhovující odlučivosti i relativně dlouhé životnosti použité textilie, v tomto případě Gatex - PES 600. Volba relativně nízké filtrační rychlosti je velmi rozumným řešením, neboť prodlužuje životnost textilie, jejíž náhrada není lacinou záležitostí. Teplotní odolnost této textilie je do 150 °C, což je pro tento případ dostačující. Vysoké teploty se vyskytují pouze u plynů odsávaných čtvrtým otvorem.



OBR. 2. Odsávací potrubí zákrytu víka 60 t elektrické obloukové pece.
FIG. 2. Exhausting piping of the covering of the electric arc furnace cover (60 t).



OBR. 3. Celkový pohled na pec při intenzifikaci kyslíkem s odsáváním zákrytu víka a čtvrtým otvorem.
FIG. 3. General view of the furnace during intensification by oxygen with exhausting from the covering of the furnace cover and by the fourth hole.



OBR. 4. Elektrická oblouková pec odsávaná pouze čtvrtým otvorem při intenzifikaci kyslíkem bez zákrytu víka.
FIG. 4. Electric arc furnace exhausted only by the fourth hole with oxygen intensification without cover.

polem. Kromě toho je v plném provozu existující odsávání tzv. čtvrtým otvorem pece s filtrační stanicí CEAG. Do peletizačního zařízení tohoto filtru je sveden pneumatickou dopravou prach zachycený ve filtrech FVU. Pec je tedy odsávána dosti složitě regulovaným systémem.

Zákryty nad licím a sázecím polem nepředstavují z hlediska tvaru velký problém, jde spíše o jejich velikost a dimenzování odtažovaného množství plynu, zde spíše vzduchu.

Úplně jiná je situace u zákrytu pece (obr. 2). Víko pece je pohyblivé, procházejí jím tři elektrody a napojen je zde čtvrtý otvor, zákryt je tedy volně přisunut k následující pevné části potrubí. I když teplota plynů procházejících zákrytem není tak vysoká jako u plynů odsávaných čtvrtým otvorem, je konstrukce zákrytu značně tepelně namáhána. Odsávání musí zajistit maximálně možný záchyt plynů, tj. otočení jejich původně svislého směru do směru vodorovného. Rychlost plynů vystupujících z netěsností kolem elektrod lze odhadnout na 30 až 40 m/s.

Průchody elektrod víkem pece jsou utěsněny volně přiloženými kroužky z žáropevného materiálu, přesto však v určitých fázích tavby dochází k výronu plynu z pece. Při konstrukci zákrytu bylo tedy nutno brát v úvahu pohybovou energii proudu emitovaných plynů a energii vzduchu nasávaného z okolí.

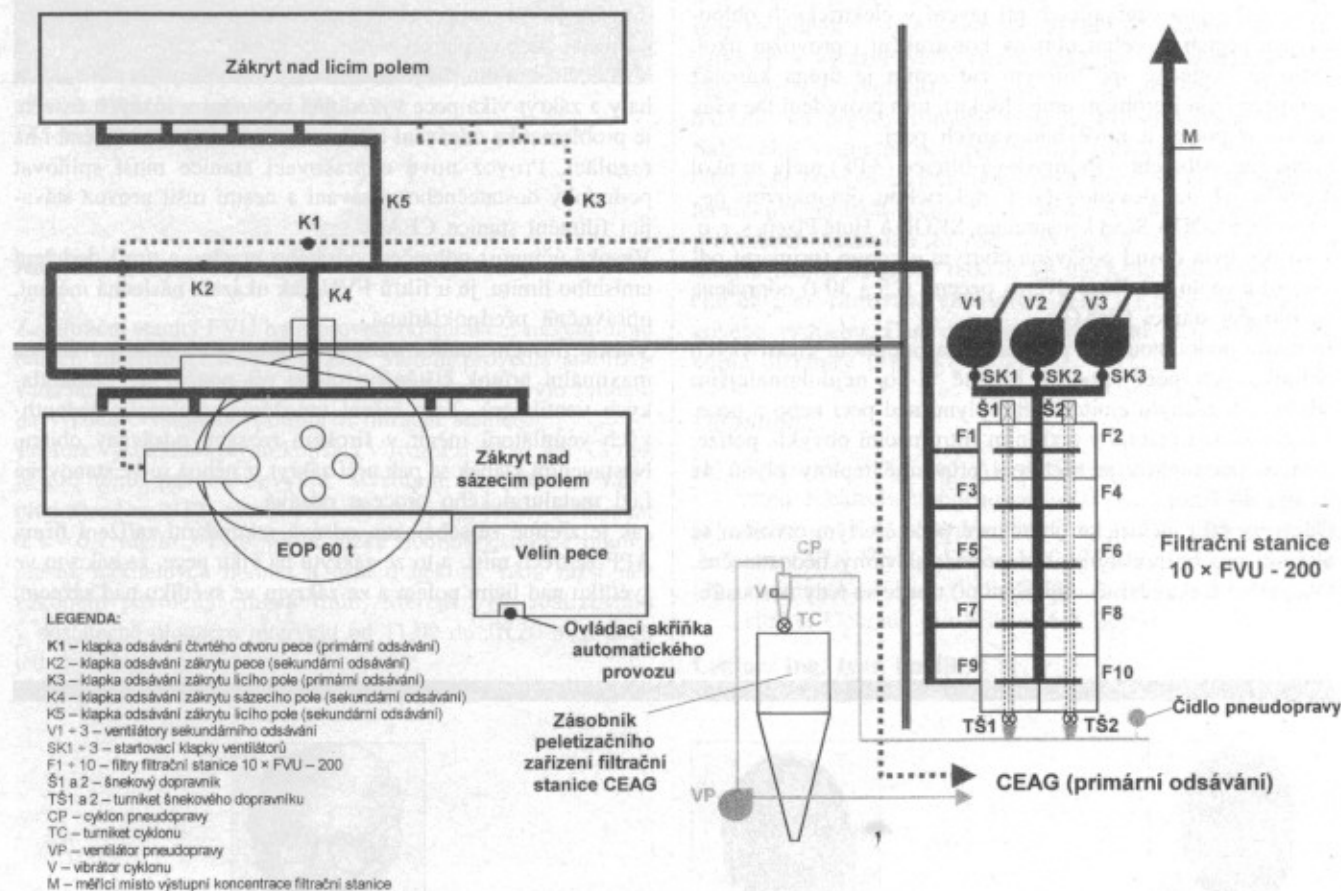
Obecná zásada při konstrukci zákrytů je ta, že zákryt má co nejtěsněji přiléhat k povrchu víka, mezera mezi okrajem zákrytu a povrchem víka musí však umožnit nasávání dostatečného množství vzduchu bez velkého poklesu tlaku. Všechny tyto požadavky byly při konstrukci zákrytu vzaty v úvahu a pro návrh tvaru zákrytu a odsávaného objemu byla vypracována samostatná studie.

Pro odprašení 60 t elektrické obloukové pece bylo zadáno – tavba 60 t (jde o přebudovanou pec 25 t) a požadavek na sekundární odsávání z haly (nad sázecím a licím polem). Zachována musí být i funkce stávajícího primárního odsávání s filtrační stanicí CEAG.

Realizované řešení

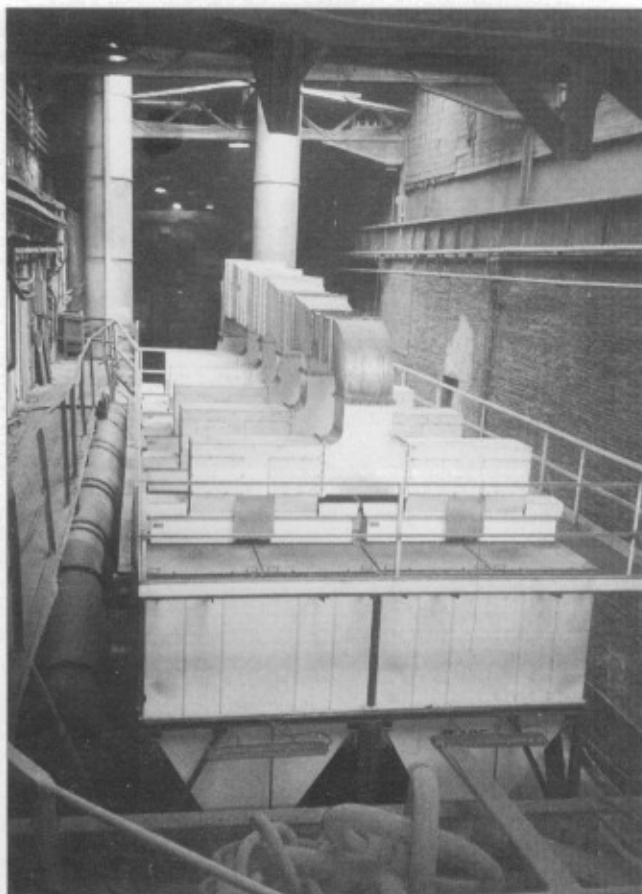
Tyto požadavky řešila firma APF následujícím způsobem: Jak je zřejmé z technologického schématu, je možné plyny odsávat ze zákrytu víka pece, ze zákrytu nad licím polem a ze zákrytu nad sázecím polem. Primárním odsáváním se při odpichu také odsává zákryt nad licím polem. Při sázení a odpichu je odsávání čtvrtého otvoru uzavřeno klapkou.

Sekundární odsávání, instalované firmou APF, má následující funkce:



OBR. 1. Technologické schéma odprašování 60 t elektrické obloukové pece.

FIG. 1. Technologic scheme of dedusting of the electric arc furnace (60 t).



OBR. 5. Filtrační stanice 10 x FVU – 200.
FIG. 5. Filtration plant 10 x FVU – 200.

Naměřené hodnoty emisí

Za filtrační stanicí FVÚ bylo provedeno garanční měření úletu tuhých znečišťujících látek (TZL). Měření provedla autorizovaná laboratoř EKONZULT, Praha. Měřicí místo bylo zvoleno na svislém výstupním potrubí z filtrační stanice.

Teplota výstupního plynu kolísala v rozmezí 40 až 45 °C, což je pro tento provoz obvyklé. Výstupní koncentrace TZL, přepočtené na NTT, pro tři provedená měření ležely v rozmezí 0,3 - 0,7 mg/m³. Tyto velmi nízké hodnoty jsou na hranici přesně měřitelných hodnot a jsou o několik řádů nižší než zákonem povolený emisní limit. Měření bylo realizováno v dostatečně dlouhém intervalu od 11,02 do 16,20 h (průběh jedné tavby).

Kromě uvedeného měření v potrubí bylo provedeno též měření koncentrace TZL v prostoru na střeše haly. Toto měření lze do jisté míry považovat za měření imisní, nejde ovšem o prostor dýchací zóny. Doba odsávání vzorku byla 6,5 h. Naměřená koncentrace 1,9 mg/m³ je vyšší než hodnoty koncentrace za filtrem (v potrubí), což potvrzuje známou skutečnost, že u elektrické obloukové pece je hlavním problémem efektivní zachycení emise přímo u zdroje. Koncentrace na střeše haly mohou být ovlivněny nedostatečně odsávanými (pouze čtvrtými otvory) dalšími elektrickými pecemi.

Závěr

Lze konstatovat, že odprášení 60 t elektrické obloukové pece v závodě ŠKODA Steel konsorcium, ŠKODA Hutě Plzeň, s. r. o., je mimořádně úspěšné a provozně relativně levné, neboť odsávané množství vzdušiny je minimální a lze předpokládat velmi dlouhou životnost textilie (šetrný provoz, nízká filtrační rychlost, regenerace textilie zpětným proplachem). Např. u elektrické obloukové pece v Kovobrasivu Mníšek pod Brdy odprášených filtry FVU byla provozní životnost filtračních textilií 5 let. Použití regenerace zpětným proplachem u filtrů FVU se projevuje též velmi výraznou úsporou provozních nákladů v porovnání s filtry regenerovanými pulzním profukem, neboť tlakový vzduch je nejdražší energie. Regenerace pulzním profukem, kterou lze u filtrů FVU také použít, je sice účinnější, má však dvě velké nevýhody. Jsou to jednak vysoké provozní náklady na výrobu tlakového vzduchu a výrazně větší mechanické namáhání textilie, což zkracuje její životnost, a to se rovněž projevuje zvýšenými náklady na provoz filtrační stanice. Při případném použití tlakového vzduchu pro regeneraci filtračních textilií pro odprášení 60 t elektrické obloukové pece by činily náklady na tlakový vzduch ročně 1 828 864,- Kč, a to při cca 6016 provozních hodinách za rok (128 hodin týdně a 47 týdnů ročně), měrné spotřebě 0,0038 kg nasátého tlakového vzduchu na 1 m³ filtrované vzdušiny a ceně 1 Kč/kg nasátého tlakového vzduchu. Cena tlakového vzduchu je použita z odborné literatury [3].

Literatura:

- [1] Směrnice VDI 3465 Auswurfbegrenzung Stahlwerksbetrieb Elektrolichtbogenofen, VDI Verlag 1975.
- [2] Schmidt, K.G.: Staubbekämpfung in der Giessereiindustrie, VDI Verlag, Düsseldorf 1967.
- [3] Hejma, J.: Filtrace chladicího vzduchu za chladičem slínku, Ochrana ovzduší, č. 5-6, 1999.

Lektor: Ing. Ivan Pavlík, CSC.