

ODBORNÉ VZDĚLÁVÁNÍ ÚŘEDNÍKŮ
PRO VÝKON STÁTNÍ SPRÁVY
OCHRANY OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICCE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

Metalurgie neželezných kovů Slévárenství – Část 1

Ing. Vladimír Toman



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Metalurgie neželezných a železných kovů není určena primárně k výrobě finálních výrobků pro použití obyvatelstvem přímo, ale vytváří materiálovou základnu pro navazující odběratelská odvětví.

Výroba odlitků ze železných kovů v Evropské unii se dlouhodobě pohybuje na úrovni cca 12 mil. tun/rok, z neželezných kovů cca 3 mil.t/rok (z nich většinu tvoří odlitky z hliníku a jeho slitin). Počet sléváren je značný – jedná se o malé a střední podniky – a činí cca 1600 u železných kovů a cca 1400 u neželezných kovů.

Mezi nejvýznamnější odběratelská odvětví v EU pro slévárny náleží a z výroby sléváren železných odebírají (údaje za rok 2003):

- stavebnictví, veřejné služby – 10%,
- strojírenství – 30%,
- automobilový průmysl – 50%,
- ostatní (elektronika, aeronautika, a další - 10%.



evropský
sociální
fond v ČR



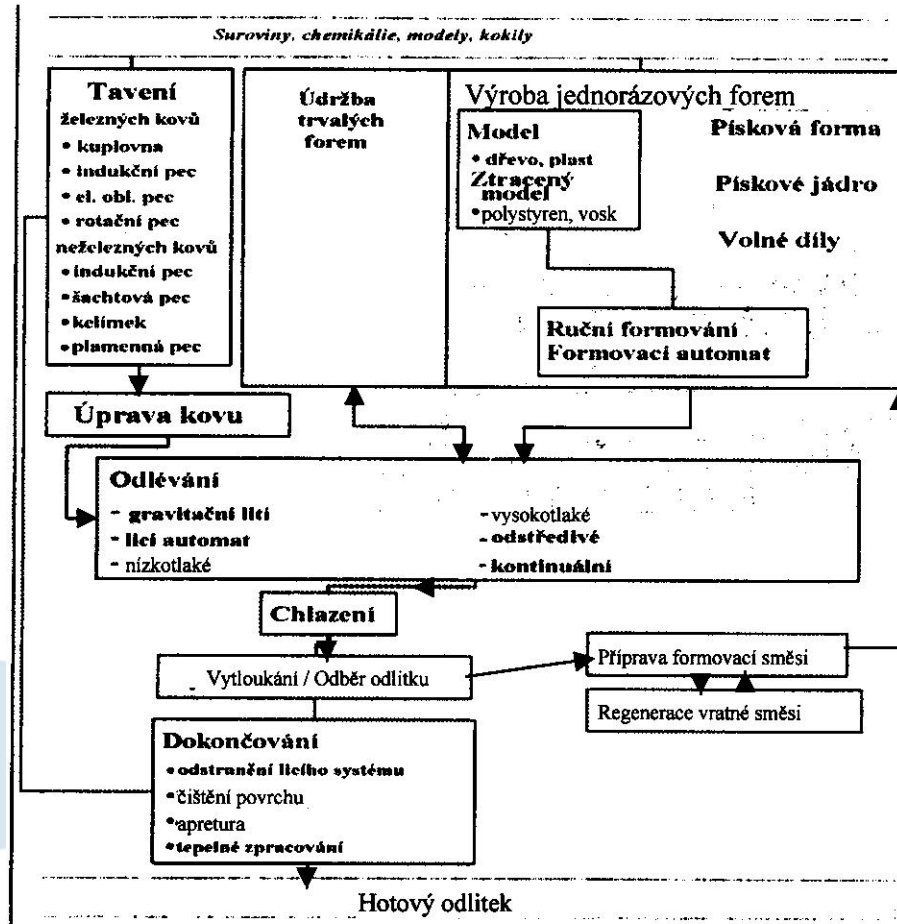
OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Vymezení sléváren

- Podle CZ-NACE:
- 24.5 – Slévárenství
 - Výroba odlitků z litiny (s lupínkovým grafitem, s kuličkovým grafitem, ostatní)
 - Výroba odlitků z ocelí (z uhlíkatých ocelí, z legovaných ocelí)
 - Výroba odlitků z lehkých neželezných kovů
 - Výroba odlitků z ostatních neželezných kovů
- Podle zákona 76/2002 S., příloha 1 a směrnice 2010/75/EU, příloha 1, je následující:
 - 2.4 – Slévárny železných kovů o výrobní kapacitě větší než 20 tun denně
 - 2.5b – Zařízení na tavení, včetně slévání slitin, neželezných kovů, včetně přetavovaných produktů (rafinace, výroba odlitků apod.), o kapacitě tavení větší než 4 t denně u olova a kadmia nebo 20 t denně u všech ostatních kovů.

- Slévárny taví železné kovy, neželezné kovy a slitiny. Přetváří je do výrobku konečného tvaru nebo blízky jejich konečnému tvaru odléváním roztaveného kovu nebo slitiny a jeho ztuhnutím ve formě.
- Slévárenství je oblast zasahující do mnoha oborů průmyslu. Skládá se ze široké řady různých zařízení s velikostí od malých až po velmi velké.
- Obecné schéma slévárenského postupu je uvedeno na následujícím obrázku. Postup může být rozdělen do následujících hlavních činností:
 - výroba modelů
 - skladování a manipulace se surovinami
 - tavení a zpracování kovů (tavírna)
 - příprava forem a jader, formovacích postupů (formovna)
 - odlévání tekutého kovu do forem, chlazení z důvodu tuhnutí
 - vytloukání odlitků z forem (tavírna)
 - konečná úprava surového odlitku – povrchová úprava (čistírna a další dokončovací dílny)
 - tepelné zpracování.



Zdroj: BREF on the Smitheries and Foundries Industry, European Commission, Sevilla 2005

- V závislosti na typu kovu, velikosti sérií a typu výrobku mohou být používány různé postupy výrob.
- Hlavní rozdělení v tomto odvětví je obecně založeno na typu kovu (železný, neželezný) a na používaném typu forem (jednorázové nebo trvalé formy). Je možno použít jakoukoliv kombinaci.
- Slévárny železných kovů ve velké míře používají jednorázové formy (t.j. formování do písku), slévárny neželezných kovů většinou používají trvalé formy (t.j. tlakové lití a kokily). V rámci každé z těchto základních možností postupů existují různé technologie v závislosti na typu používané pece, systému výroby forem a jader (bentonit nebo různá chemická pojiva), podle používaného systému odlévání a úpravy odlitků. Každá z možností má své vlastnosti, výhody a nevýhody, které se projeví také v oblasti životního prostředí.
- Možné negativní dopady slévárenství na životní prostředí souvisejí nejvíce s přítomností tepelných přísad a používáním minerálních přísad. Dopady na životní prostředí jsou proto spojeny především s vývinem odpadních plynů a spalín, s jejich opětovným využíváním nebo s likvidací zbytků minerálů.

- Emise vypouštěné do ovzduší jsou tak klíčovým problémem. Slévárenský postup vytváří minerální látky znečištěné kovem, kyselé sloučeniny, zplodiny neúplného spalování a těkavé organické látky. Hlavním problémem je však prach, který je emitován při tavení kovu, formování písku, odlévání i při dokončovacích operacích. Vznikají různé typy prachu s různým složením. Jakýkoliv prach může obsahovat kov nebo oxidy kovu. Ze vsázky znečištěné oleji mohou vznikat také i dioxiny (PCDD/PCDF) i když v malých objemech.

Na dalším obrázku je uveden přehled materiálového toku ve slévárenském postupu.



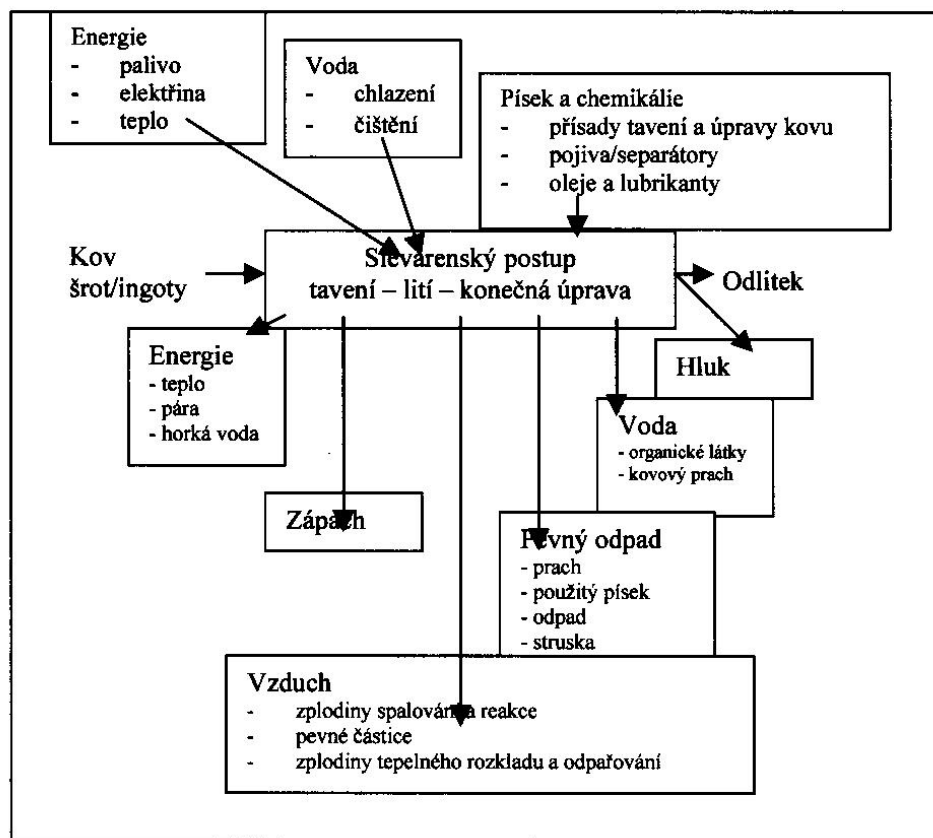
evropský
sociální
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Přehled materiálového toku ve slévárenském postupu



Zdroj: BREF on the Smitheries and Foundries Industry, European Commission, Sevela 2005

Odlitky z litiny

pocházejí především z kovu roztaveného v kuplovnách, které jsou dominantním výrobním zařízením – tvoří více než polovinu výrob. Kuplovna má negativní vliv na životní prostředí především z důvodu velkého objemu spalin, které vyžadují úpravu.

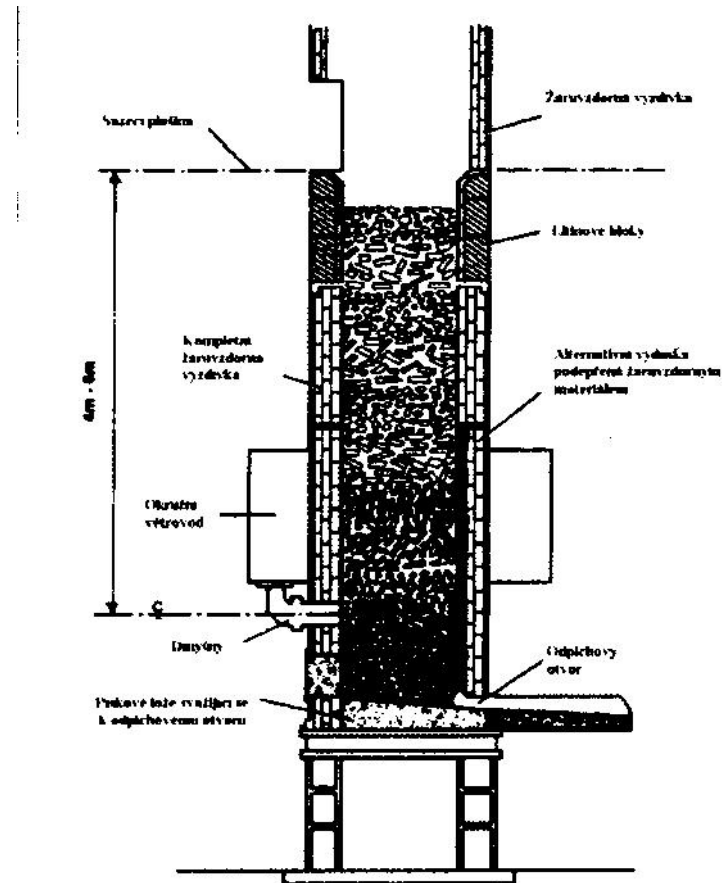
Hlavním způsobem opakovaného odlévání slitin železa je do forem na syrovo s jádry. Pojivem jádra je pryskyřice /metoda "cold-box" s aminem nebo metoda hot-box). Pro přesné odlitky se používá formovací proces "croning" nebo spalitelného modelu.

Odlitky, které jsou vyráběny v malých počtech, jsou vyráběny ve formách z chemicky vytvrditelných směsí. Existuje také odlévání do trvalých forem (kokil), které však mají krátkou životnost a nejsou proto pro odlévání slitin železa nejvhodnější.

Při výrobě jader a forem k pojení písku jsou využívány různé přísady. Při odlévání jsou pak z nich vytvářeny zplodiny reakce a rozkladu, které obsahují anorganické i organické (např. aminy, VOC) sloučeniny. Vytváření zplodin rozkladu (především VOC) pokračuje i během chlazení odlitků a odstraňování forem. Zplodiny mohou rovněž nepříjemně zapáchat.

Hlavním tavicím agregátem je kuplovna, jejíž schematický náčrtek je následující:

Tavící pece - kuplovný



Zdroj: HUT (2003). "Foundry pictures database", Helsinki University of Technology

Kuplovna

je šachtová pec se žáruvzdornou vyzdívkou. Kovová vsázka je ohřívána spalováním koksu. Pro vyšší intenzitu spalování je spalovací vzduch vháněn z okružního větrovodu do nístěje pece dmyšami, které jsou umístěny kolem obvodu pece.

Vstupní suroviny: součástí vsázky jsou kov (surové železo, ocelový šrot, zlomková litina, slévárenský vratný materiál), koks, legující prvky (FeSi, SiC), činidla tvořící strusku (SiO_2) tavidla (např. CaCO_3). Vsázka je dodávána sázecím otvorem do horní části šachty. Spalovací plyny proudí od dmyšen směrem vzhůru a předávají teplo vsázce před tím, než opustí pec komínem kuplovny.

Když předeheřtá vsázka dosáhne spalovacího pásma, její kovové součásti se začnou tavit vysokým teplem způsobeným hořením koksu. Roztavený kov steče do spodní části (nístěj), která je umístěna pod spalovacím pásmem. Na povrchu kovu plave struska, ve které se zachycují nečistoty a která je tvořena SiO_2 , Al_2O_3 a FeO. Tavní činidla snižují bod tavení a viskozitu strusky.

Jakmile tekutý kov v nístěji dosáhne určité hladiny, provede se vypuštění kovu tzv. odpichovým otvorem. Struska se vypouští samostatně a to výše uvedeným otvorem.

Pokud je dmýchaný vzduch nasáván z atmosféry při normální teplotě okolí, nazývá se kuplovna studenovětrná. Pokud je vzduch ohříván (využití tepla odpadního plynu nebo externí ohřev), mluvíme o horkovětrné kuplovně.

Pro zachycení odlučovaných částic z odpadních plynů se může použít různých typů zařízení k zachycení prachu (multicyklon, tkaninové filtry, elektrostatické odlučovače). Jedná se především o zachycení části emisí vzniklých z hoření koksu, jako jsou např. N_2 , CO_2 , H_2O , CO a menší množství SO_2 a především TZL.

S ohledem na vysoký obsah CO ve spalinách se používá také dospalování – buď samostatně nebo přímo v šachtě pece.

Porovnání emisních limitů podle platné legislativy:

Hodnoty spojené s BAT pro slévárny z roku 2005:

studenovětrná kuplovna: $TZL = 2 - 20 \text{ mg/Nm}^3$, $SO_2 = 100 - 400 \text{ mg/Nm}^3$,
 $NO_x = 20 - 70 \text{ mg/Nm}^3$, $VOC = 10 - 20 \text{ mg/Nm}^3$, PCDD/F max 0,1 ng
TEQ/ Nm^3 .

horkovětrná kuplovna: $TZL = 2 - 20 \text{ mg/Nm}^3$, $SO_2 = 20 - 100 \text{ mg/Nm}^3$, $NO_x =$
 $20 - 200 \text{ mg/Nm}^3$, $CO = 20 - 1000 \text{ mg/Nm}^3$, PCDD/F max 0,1 ng TEQ/ Nm^3

Hodnoty podle vyhlášky 415/2012 Sb.:

$TZL = 20 \text{ mg/Nm}^3$, $NO_2 = 400 \text{ mg/Nm}^3$, $CO = 1000 \text{ mg/Nm}^3$ (platí v komíně za
rekuperátorem u horkovětrných kuploven)

Odlitky z oceli

Ocel se obvykle taví v elektrických obloukových pecích nebo v indukčních pecích bez jádra (IP).

Jakmile je kov roztaven, může být rafinován (odstranění uhlíku, křemíku, síry nebo fosforu) ba dezoxydován (snížení obsahu kyslíčnicků železa). a to vše v závislosti na materiálu a požadavku na jakost konečného výrobku.

O elektrických obloukových pecích je podrobně pojednáno v části metalurgie železných kovů, proto si zde ukážeme další tavící agregát

Porovnání emisních limitů (údaje v mg/Nm³):

Hodnoty spojené s BAT pro slévárny z roku 2005:

EOP: TZL = 2 – 20, NO_x = 10 – 50, CO = 200, PCDD/F max 0,1 ng TEQ/Nm³.

Hodnoty podle nařízení vlády 294/2011 Sb.:

TZL = 20, NO₂ = 400, CO = 1000, PAH = 0,2.

Primární technická opatření ke snížení emisí (výběr z BAT):

popsána u EOP v části metalurgie železných kovů

Rotační pec

Skládá se z horizontální válcové nádoby, v níž je ohřívána kovová vsázka hořákem, který je umístěn na jednom konci pece. Kouřové plyny opouštějí pec na opačné straně. Jako palivo se používá topný olej, zemní plyn v kombinaci se vzduchem nebo čistým kyslíkem. Pec může být naklněna v určitém úhlu, až vertikálně (v případě sázení vsázky), pomocí naklápěcího mechanismu. Během ohřevu a tavení se pec pomalu otáčí a dovoluje tak přenos i rozvod tepla. Pecní atmosféra je řízena poměrem vzduch(kyslík)/palivo. Po kontrole taveniny se otevírá odpichový otvor na přední straně pece a tekutý kov se je vyléván do pánve. Nakonec je struska stažena přes odpichový otvor do struskové pánve.

Vsázkou pro tavení je surové železo, slévárenský vrat, ocelový šrot, struskotvorné přísady (písek, vápno) a nahličovadlo (grafit). Při tavení se spalují také Fe, C, Si, Mn a S, které se musí v průběhu tavy dodávat.

Primární technická opatření:

- použití kyslíkopalivového hořáku
- dodatečné spalování plynu na výstupu z pece
- použití čisté vsázky pro zabránění vzniku dioxinů a furanů.

Porovnání emisních limitů (údaje v mg/Nm³):

Hodnoty spojené s BAT pro slévárny z roku 2005:

EOP: TZL = 2 – 20, SO₂ = 70 – 130, NO_x = 50 - 250, CO = 20 - 30, PCDD/F max 0,1 ng TEQ/Nm³.

Hodnoty podle vyhlášky 415/2012 Sb (rotační pec) – vztažné podmínky A:

TZL = 30/20 (od 1.1.2016), SO₂ = 1700, NO_x = 400, CO = 300 (pro kapalná paliva)

TZL = 20, NO_x = 400, CO = 200 (pro plynná paliva).



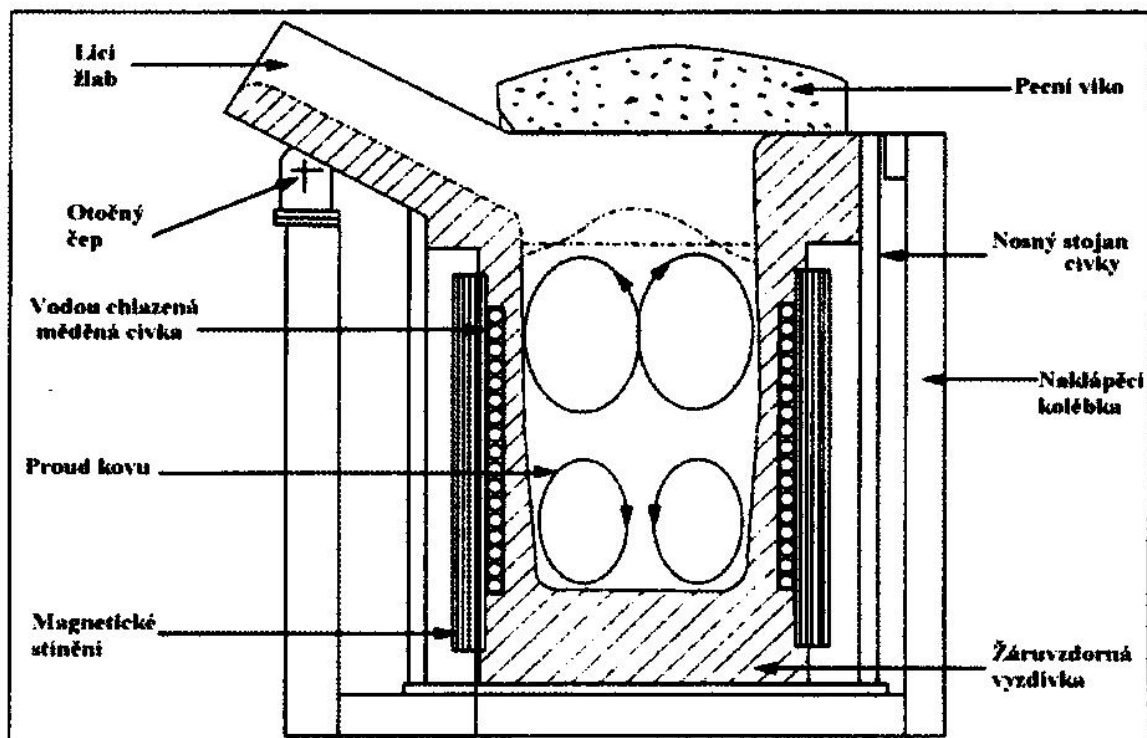
evropský
sociální
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Indukční pec - schéma



Zdroj: ETSU (1992). "Guidance Notes for the Efficient Operation of Corelas Induction Furnaces (Good Practice – Guide 50)", Energy Efficiency Office – Department of the Environment.

- Tato pec je jako víceúčelové zařízení možno podle použité frekvence elektrického proudu používat k tavení mosazných, hliníkových, litinových třísek, oceli, různých slitin mědi, pro přesné lití a pro šperkařství. Pece se také odlišují svojí velikostí.

Porovnání emisních limitů (údaje v mg/Nm³):

Hodnoty spojené s BAT pro slévárny z roku 2005:

EOP: TZL = 2 – 20, NO_x = 10 – 50, CO = 200, PCDD/F max 0,1 ng TEQ/Nm³.

Hodnoty podle vyhlášky 415/2012 Sb.:

TZL = 20, vztažné podmínky = A



evropský
sociální
fond v ČR

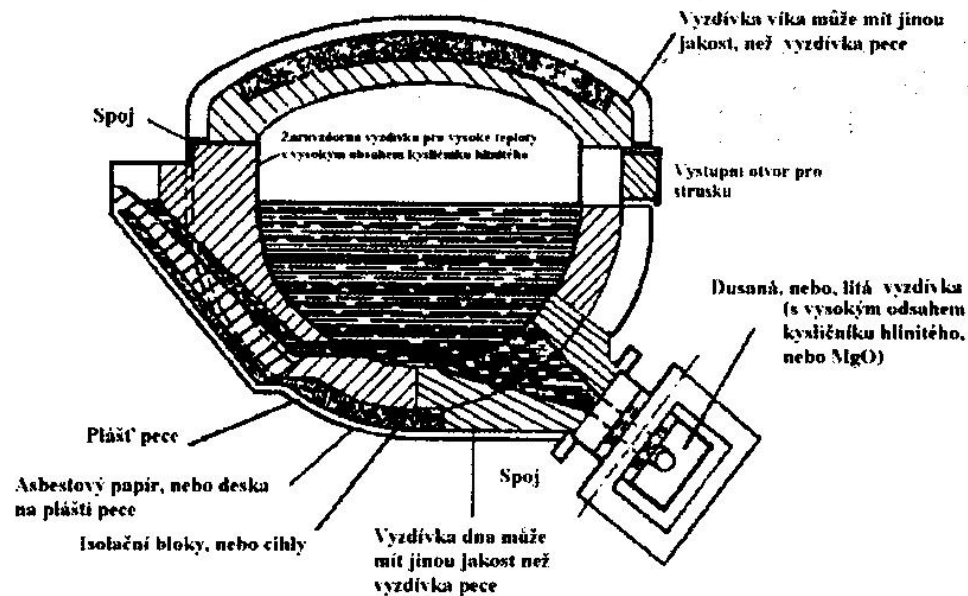


OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Další typy pecí ve slévárnách – kanálková indukční pec

Pozn.: Žárovzdorná vyzdívka pro vysoké teploty s velkým obsahem kyslíčnicku hlinitého může být z cihel, nebo jako výduska, nebo odlitá ze žáruvz. materiálu



Zdroj: ETSU (1993). „Electric Holding of Hot Metal in Iron Foundries“, Energy Efficiency Office – Department of the Environment

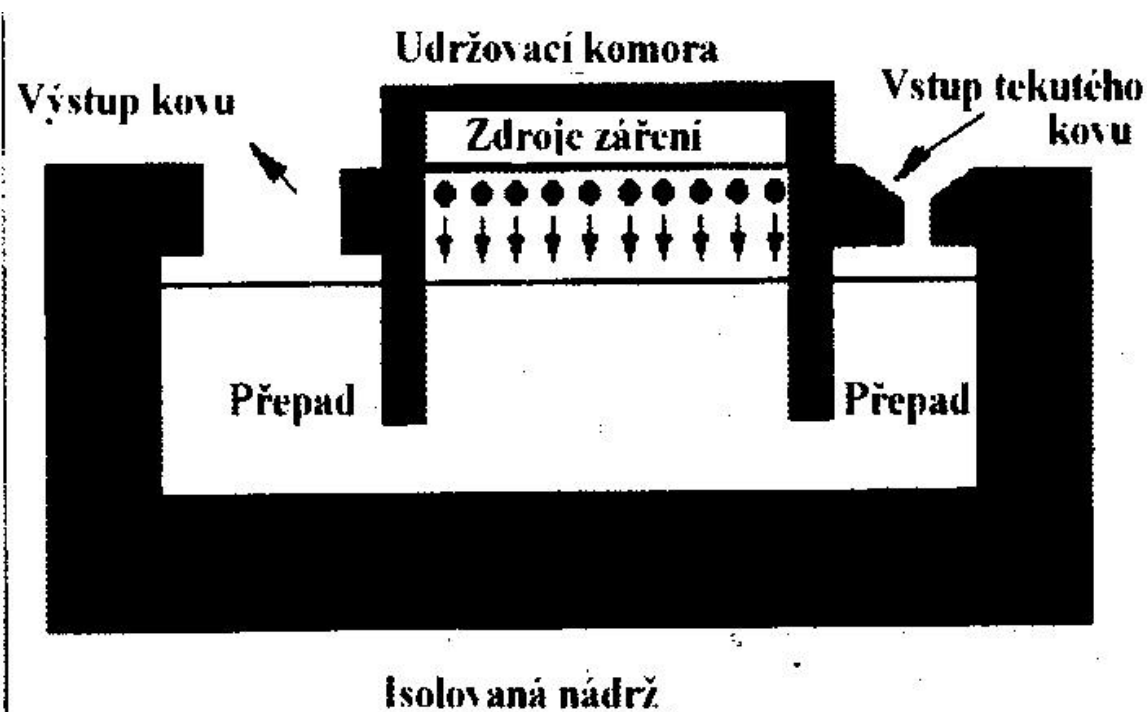
Popis procesu

- tento typ pecí se používá především pro účely udržování taveniny, může však být vyjimečně použit jako agregát pro tavení a udržování kovu.
- Skládá se z velké tepelně izolované vany, která je vybavena izolovaným vrchním víkem pro zavážení vsázky. Dno má jedno nebo několik kanálků ve tvaru písmene U, kolem nichž je vodou chlazená indukční cívka, která ohřívá kov a způsobuje jeho cirkulaci. Pec je upevněna v hydraulickém rámu pro odpich a údržbu.
- Kelímek má být naplněn pro bezporuchový provoz pece nejméně do třetiny své kapacity. Kvůli velkému obsahu kelímku jsou jakékoliv změny ve složení taveniny sníženy (snížená flexibilita – proto se nepoužívá ve slévárnách hliníku, kde jsou nutné časté změny složení taveniny).
- Užívá se jako udržovací pec ve slévárnách slitin železa a slouží pro vyrovnání potřeby kovu mezi tavírnou a formovnou

Porovnání emisních limitů (údaje v mg/Nm³):

- neuvádí se – jen drobné ze znečištěné vsázky

Odporové pece s vytápěným (tepelným) víkem



Zdroj: ETSU (1994). „Improving Metal Utilisation in Aluminium Foundries (Good Practice – Guide 142)“, Energy efficiency Office – Department of the Environment

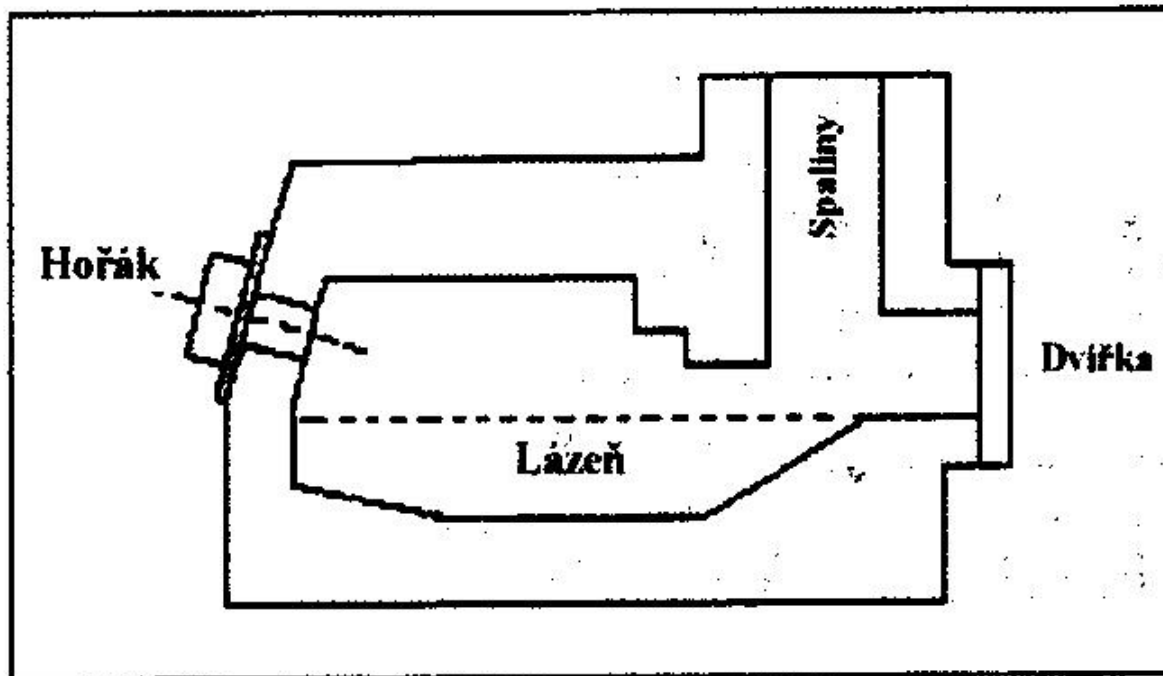
Pec se vyznačuje silnou izolací s řadou odporových prvků v zavěšeném otočném víku. Používá se především ve slévárnách neželezných kovů (hliník) s tlakovým litím s centralizovaným tavícím zařízením jako zásobník roztaveného kovu.

Některé pece jsou vybaveny i tak, že mohou být plně utěsněny a natlakovány plynem, aby sloužily jako dávkovací pece, které zajišťují přesné dávky kovu pro tlakové nebo gravitační lití.

Pro pece nejsou v legislativě stanoveny emisní limity.



Nístějová pec (plamenná pec)



Brown, J.R. (1999). „Foseco Non-ferrous Foundryman’s Handbook 11th Ed.“, Butterworth Heineman, ISBN 0 7506 4286 6.

Princip činnosti

Horký vzduch a plyn z topného oleje nebo horký vzduch a plyn se spalují, jsou dmýchány nad kov /tavbu) a jsou odtažovány z pece a následně upravovány. Je využívána při tavení velkého množství neželezných kovů a pro rafinaci, pro udržování různých materiálů.

Účinnost tavení v peci není vysoká. V praxi se může zvýšit obohacením paliva kyslíkem nebo použitím kombinací plynu a pevného paliva pro prodloužení délky plamene.

Vsázkou jsou

Porovnání emisních limitů (údaje v mg/Nm³):

Hodnoty spojené s BAT pro slévárny z roku 2005 - nístějové pece pro hliník:

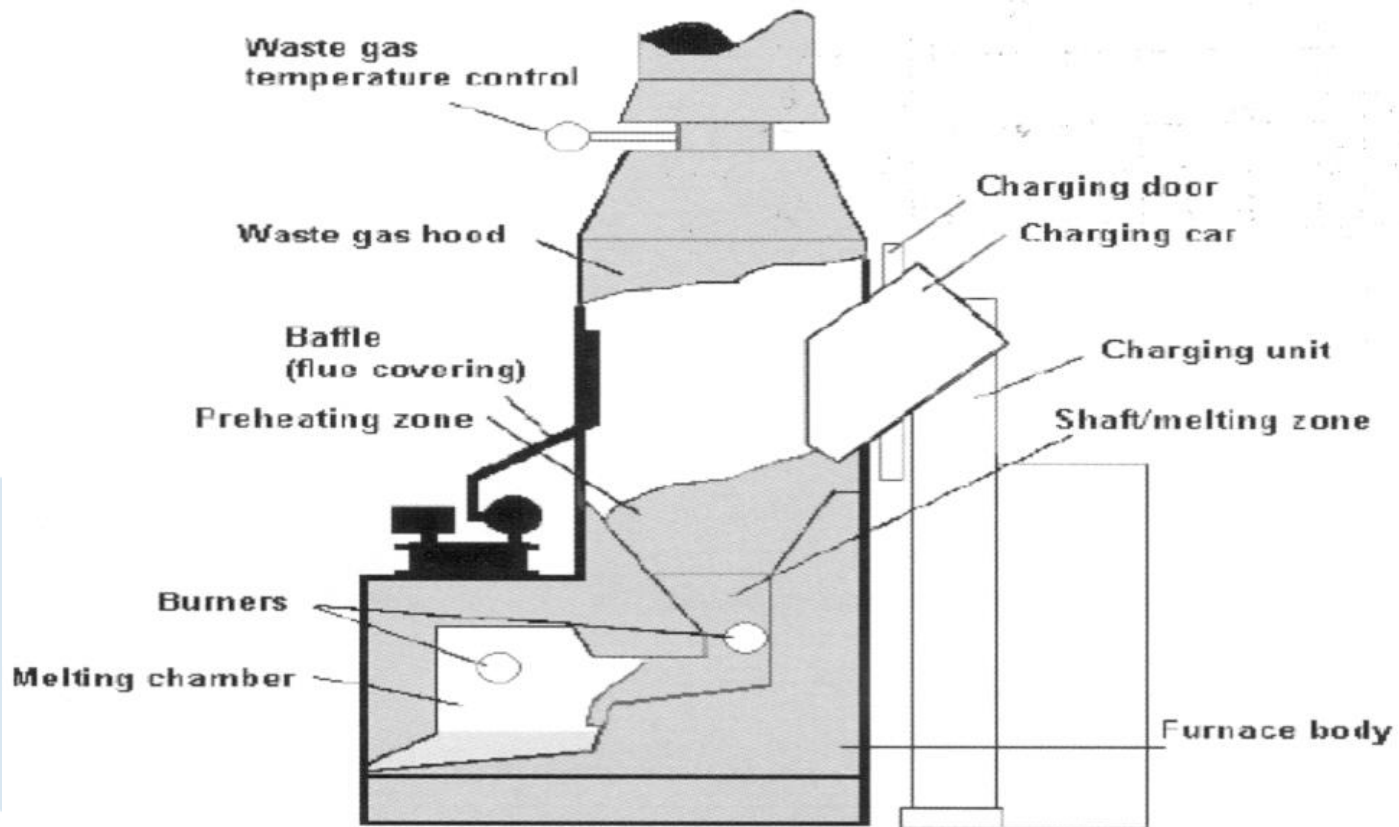
TZL = 1 – 20 mg/m³, chlor = 3 mg/m³, SO₂ = 15 mg/m³, NO_x = 50 mg/m³, CO = 5 mg/m³, TOC = 5 mg/m³.

Hodnoty podle vyhlášky 415/2012 Sb. – pecní agregáty pro výrobu neželezných kovů:

společné emisní limity: NO_x = 400 mg/m³, TOC = 50 mg/m³, vztažné podmínky = A

TZL: 10 mg/m³ pro výrobu olova, 20 mg/m³ při výrobě mědi a zinku, včetně pecí Imperial Smelting, 50 mg/m³ pro ostatní výroby (30 mg/m³ pro ostatní výroby od 1.1.2016).

Šachtová pec



Zdroj: ETSU (1994). „Improving Metal Utilisation in Aluminium Foundries (Good Practice – Guide 142)“, Energy efficiency Office – Department of the Environment

- Šachtové pece pro hliník:

Jednoduchá vertikální pec se sběrnou nístějí uvnitř nebo vně pece, hořákovým systémem na spodním konci a sázecím systémem v horní části. Hořáky (obvykle plynové) jsou navrženy pro oxidační nebo redukční atmosféru. Kov je dávkován vrchem pece a nataven v průběhu průchodu dolů šachtou. Spalovací plyny jsou obvykle odsávány a čištěny. Někdy se používá dodatečně přivedeným kyslíkem nad tavícím pásmem dodatečné spalování s cílem rozložit všechn oxid uhlíku, olej, VOC nebo dioxiny.

Pec se používá pro tavení čistého kovového materiálu, příležitostně i pro tavení kovu kontaminovaného organickým materiálem. Používá se také pro předehřev vsázkového materiálu před tavením. Pec se z důvodu složité konstrukce používá pouze pro kovy s nízkým bodem taven., především hliníku.

Porovnání emisních limitů (údaje v mg/Nm³):

Hodnoty spojené s BAT pro slévárny z roku 2005:

TZL = 1 – 20, chlor = 3, NO_x = 120, SO₂ = 30 – 50, CO = 150, VOC = 100 - 150

Hodnoty podle vyhlášky 415/2012 Sb.:

TZL = 20 mg/m³, NO_x = 400 mg/m³, CO = 200 mg/m³, vztažné podmínky = A
(pro plyná paliva)

Kelímková pec

Jednoduché kelímky, které jsou ohřívány externě spalováním plynu, případně topného oleje nebo elektřinou, pro nižší teploty i jinými médii. Je zabráněno kontaktu taveniny s přímým plamenem, čímž se zamezí oxidaci a odpařování kovu.

Používá se pro natavení malého množství kovu (do 500 kg/dávka), a pro malé výrobní kapacity.

Kelímek se při odlévání naklápí ručně, pomocí jeřábu nebo mechanicky.

Do kelímku je vsazena tuhá vsázka a je postupně roztavena.

Pro každý neželezný kov je kelímek z jiného materiálu – např. pro hliník z litiny, pro měděné slitiny z grafitu nebo karbidu křemíku (karborunda).

Pro tento typ pecí nejsou v BREF ani NV určeny emisní limity.



evropský
sociální
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Úpravy kovů po tavení

Po roztavení kovu a před jeho odlitím do formy se provádějí následující úpravy kovů (pouze výčet, pro tyto operace nejsou předepsány emisní limity – jsou součástí emisních limitů tavicích agregátů):

Úpravy oceli:

- dezoxidace
- legování.

Úpravy litiny:

- legování
- homogenizace
- odsíření a oduhličení litiny roztavené v kuplovně
- nodularizace litiny (pro získání tvárné litiny)
- očkování taveniny (pro jemnou krystalickou struktur)



evropský
sociální
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚŠTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Úprava neželezných kovů:

- hliník:
 - odplynění (inertním plynem)
 - modifikace a rafinace zrna
 - použití tavidel (pro odstranění nečistot).
- hořčík:
 - modifikace zrna
 - přidání tavidla (pro odstranění nečistot)
 - odplynění (argonem)
 - řízená oxidace (přidáním berylia)
- měď:
 - dezoxidace
 - odplynění (argonem, dusíkem)
 - použití tavidla (pro odstranění hliníku) – pro každý typ slitin specifická tavidla

Technická opatření ke snížení emisí do ovzduší ve slévárnách

- Použití čistého kovového šrotu pro tavení – limituje emise VOC a PCDD/F
- řízení jakosti koksu na vstupu – snížení emisí SO₂, těkavých látek (pro kuplovny),
- dmýchání větru obohaceného kyslíkem – snížení emisí dioxinů a furanů ze studenovětrných kuploven,
- bezkoksová šachtová kuplovna (palivem zemní plyn) – snížení emisí TZL, nižší CO₂, žádné SO₂ nebo CO
- vytápění kuplovny koksem a plyne – jako u předchozí,
- náhrada kuplovny elektrickou indukční nebo rotační pecí – snížení emisí TZL, SO₂, CO₂,
- dodatečné spalování v šachtě (komíně) kuplovny/šachtové pece (eliminace hlavních organických sloučenin, které se jinak vážou na TZL.
- snížení unikajících emisí, především TZL (přikrytí nádob, skladování v krytých skladech, použití uzavřených dopravníků a pneumatické dopravy)
- sekundárním odprášení hal sléváren
- používání neznečištěné vsázky a přídatné spalování odpadních plynů (omezení emisí dioxinů a furanů)
- sběr a čištění odpadních plynů a spalin (snížení emisí TZL a emisí z hoření koksu – CO, dioxiny, HF, NO_x)