



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách u stacionárních zdrojů nespádajících pod BREF

Výroba a zpracování kovů a plastů

konečná verze



Obsah:

1	Předmluva.....	4
1.1	Zadání projektu	4
1.2	Způsob zpracování dokumentu	5
1.3	Struktura referenčního dokumentu	5
2	Oblast působnosti.....	6
2.1	Stacionární zdroje zahrnuté do referenčního dokumentu	6
2.2	Související procesy a činnosti	7
2.3	Stacionární zdroje nezahrnuté do referenčního dokumentu	7
3	Techniky používané v odvětví a jejich emisní úrovně	9
3.1	Kovárny – ohřívací pece a pece na tepelné zpracování s projektovaným tepelným výkonem 1 – 5 MW včetně a nad 5 MW (kód 4.5.)	9
3.1.1	Používané techniky a postupy	9
3.1.2	Techniky snižování emisí do ovzduší	10
3.1.3	Dosahované emisní úrovně	11
3.2	Doprava a manipulace se vsázkou nebo produktem (kód 4.6.1.)	12
3.2.1	Používané techniky a postupy	12
3.2.2	Techniky snižování emisí do ovzduší	22
3.2.3	Dosahované emisní úrovně	31
3.3	Žihací a sušící pece (kód 4.6.2.)	32
3.3.1	Používané techniky a postupy	32
3.3.2	Techniky snižování emisí do ovzduší	33
3.3.3	Dosahované emisní úrovně	34
3.4	Tavení v elektrické obloukové peci (kód 4.6.3.)	35
3.4.1	Používané techniky a postupy	35
3.4.2	Techniky snižování emisí do ovzduší	36
3.4.3	Dosahované emisní úrovně	39
3.5	Tavení v elektrické indukční peci (kód 4.6.4.)	40
3.5.1	Používané techniky a postupy	40
3.5.2	Techniky snižování emisí do ovzduší	43
3.5.3	Dosahované emisní úrovně	45
3.6	Kuplovný (kód 4.6.5.)	46
3.6.1	Používané techniky a postupy	46
3.6.2	Techniky snižování emisí do ovzduší	48
3.6.3	Dosahované emisní úrovně	53
3.7	Tavení v ostatních pecích – plynná paliva (kód 4.6.7.)	55
3.7.1	Používané techniky a postupy	55
3.7.2	Techniky snižování emisí do ovzduší	56
3.7.3	Dosahované emisní úrovně	57
3.8	Doprava a manipulace se surovinou nebo produktem (kód 4.8.1.)	59
3.8.1	Používané techniky a postupy	59
3.8.2	Techniky snižování emisí do ovzduší	62
3.8.3	Dosahované emisní úrovně	64
3.9	Tavení a odlévání neželezných kovů a jejich slitin (kód 4.10.)	65
3.9.1	Používané techniky a postupy	65
3.9.2	Techniky snižování emisí do ovzduší	67
3.9.3	Dosahované emisní úrovně	68
3.10	Povrchová úprava kovů a plastů a jiných nekovových předmětů a jejich zpracování s objemem lázně do 30 m ³ včetně, procesy bez použití lázně (kód 4.12.a)	69
3.10.1	Používané techniky a postupy	69



3.10.2	Techniky snižování emisí do ovzduší.....	87
3.10.3	Dosahované emisní úrovně.....	91
3.11	Obrábění kovů (brusírny a obrobny) a plastů, jejichž celkový elektrický příkon je vyšší než 100 kW (kód 4.13.)	92
3.11.1	Používané techniky a postupy.....	92
3.11.2	Techniky snižování emisí do ovzduší.....	94
3.11.3	Dosahované emisní úrovně.....	95
3.12	Svařování kovových materiálů, jejichž celkový elektrický příkon je roven nebo vyšší než 1000 kVA (kód 4.14.)	96
3.12.1	Používané techniky a postupy.....	96
3.12.2	Techniky snižování emisí do ovzduší.....	96
3.12.3	Dosahované emisní úrovně.....	96
3.13	Žárové pokovování zinkem (kód 4.17.).....	97
3.13.1	Používané techniky a postupy.....	97
3.13.2	Techniky snižování emisí do ovzduší.....	103
3.13.3	Dosahované emisní úrovně.....	115
4	Nejlepší dostupné techniky.....	116
4.1	Primární (preventivní) BAT pro obecné použití.....	116
4.2	Primární specifické BAT pro slévárství.....	117
4.3	Primární a sekundární BAT pro slévárství.....	117
4.3.1	Kovárny – ohřívací pece a pece na tepelné zpracování s projektovaným tepelným výkonem 1 – 5 MW včetně a nad 5 MW (kód 4.5.).....	117
4.3.2	Doprava a manipulace se vsázkou nebo produktem (kód 4.6.1.).....	118
4.3.3	Žihací a sušící pece (kód 4.6.2.).....	119
4.3.4	Tavení v elektrické obloukové peci (kód 4.6.3.).....	119
4.3.5	Tavení v elektrické indukční peci (kód 4.6.4.).....	120
4.3.6	Kuplovný (kód 4.6.5.).....	120
4.3.7	Tavení v ostatních pecích – plynná paliva (kód 4.6.7.).....	121
4.3.8	Doprava a manipulace se surovinou nebo produktem (kód 4.8.1.).....	122
4.3.9	Tavení a odlévání neželezných kovů a jejich slitin (kód 4.10.).....	122
4.4	Primární specifické BAT pro povrchové úpravy.....	123
4.5	Primární a sekundární BAT pro povrchovou úpravu kovů a plastů a jiných nekovových předmětů a jejich zpracování s objemem lázně do 30 m ³ včetně, procesy bez použití lázní (kód 4.12.a).....	123
4.6	Primární a sekundární BAT pro obrábění kovů (brusírny a obrobny) a plastů, jejichž celkový elektrický příkon je vyšší než 100 kW (kód 4.13.).....	125
4.7	Primární a sekundární BAT pro svařování kovových materiálů, jejichž celkový elektrický příkon je roven nebo vyšší než 1000 kVA (kód 4.14.).....	126
4.8	Primární a sekundární BAT pro žárové pokovování zinkem (kód 4.17.).....	126
5	Použité zdroje.....	128



1 PŘEDMLUVA

1.1 Zadání projektu

V oblasti ochrany ovzduší se desítky let kontinuálně provádí analytické a výzkumné práce. Většina z nich se zaměřuje na úroveň znečištění ovzduší, její příčiny a důsledky. Během posledních dekád ale nebyla provedena (až na výjimky) žádná souhrnná a plošná analýza technické úrovně stacionárních zdrojů, které jsou v České republice v provozu, ani obdobná analýza nových technik a technologií dostupných na trhu. Výjimku tvoří skupina spalovacích stacionárních zdrojů, kde se s ohledem na tvorbu evropského právního předpisu pro spalovací stacionární zdroje o jmenovitém tepelném příkonu do 50 MW a revizi Göteborského protokolu prováděla rovněž analýza technických a ekonomických aspektů regulace této skupiny stacionárních zdrojů.

Od roku 2007 se ekologizace stacionárních zdrojů staly předmětem masivní podpory z prostředků Evropské unie. Prostřednictvím Operačního programu Životní prostředí (dále také jen „OPŽP“) bylo podpořeno snížení vlivu stacionárních zdrojů na vnější ovzduší prostřednictvím necelých 2 tis. projektů. Do ekologizace stacionárních zdrojů bylo (resp. v řadě případů investice stále je) investováno cca 40 mld. Kč.

Je oprávněným zájmem Ministerstva životního prostředí, aby mělo k dispozici informace o tom, zda je podpora směřována na řešení technicky vyspělá a pokročilá. Ministerstvo životního prostředí zajímá, zda byly podporovány nejlepší dostupné techniky – ve volném významu tohoto spojení [nikoliv ve smyslu definice dle zákona č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a o omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci), ve znění pozdějších předpisů, dále také jen „zákon o integrované prevenci“, neboť v řadě případů podporované stacionární zdroje nespádají pod integrovanou prevenci a nejlepší dostupné techniky ve smyslu právní úpravy pro ně nejsou stanoveny].

Podpora ekologizace stacionárních zdrojů má pokračovat i v dalším programovém období prostřednictvím OPŽP 2014+. Finančních prostředků je k dispozici výrazně méně, a proto musí být cíleny maximálně efektivně na velmi účinná technická opatření.

Z tohoto důvodu zadalo Ministerstvo životního prostředí v roce 2015 zpracování studie „Zpracování referenčních dokumentů o nejlepších dostupných technikách u stacionárních zdrojů nespádajících pod BREF“. Předmětem této studie bylo na základě důkladné analýzy trhu zpracovat referenční dokumenty o nejlepších dostupných technikách pro stacionární zdroje, které nejsou většinou pokryté zákonem o integrované prevenci, a tím umožnit Ministerstvu životního prostředí u zdrojů znečišťování ovzduší celkové vyhodnocení aplikace nejlepších dostupných technik v rámci prioritní osy 2 a prioritní osy 3 OPŽP, a dále pak usnadnit žadatelům o finanční podporu z evropských fondů na oblast ochrany ovzduší orientaci ve volbě nejefektivnějších technik za účelem zvýšení environmentálních přínosů finančních prostředků poskytovaných z OPŽP 2014+.

Tento dokument neslouží k vymezení působnosti zákona o integrované prevenci a nemůže být takto použit. Popisované technologie mohou za určitých okolností spadat do režimu zákona o integrované prevenci jako zařízení provozující průmyslovou činnost uvedenou v příloze č. 1 tohoto zákona nebo jako přímo spojená činnost.

Z předmětu studie vyplývají rovněž její hlavní dva účely

- a. **efektivnější čerpání finančních prostředků** díky úpravě hodnocení, případně kritérii přijatelnosti v OPŽP 2014+ a



- b. lepší orientace žadatelů v dostupných technických řešeních** prostřednictvím uceleného dokumentu popisujícího příslušné odvětví (resp. skupinu stacionárních zdrojů dle přílohy č. 2 k zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů, dále také jen „zákon o ochraně ovzduší“), jehož součástí je i popis a soupis zjištěných dostupných technik pro omezování znečišťování ovzduší.

1.2 Způsob zpracování dokumentu

Proces zpracování standardních BREF prováděný dle právní úpravy EU pro oblast integrované prevence je proces několikaletý, založený na rozsáhlých mnohostranných jednáních a výměně rozsáhlých dat o provozu obrovského vzorku zařízení.

Tento postup nebyl s ohledem na vymezený časový rámec řešení projektu (pouze několik měsíců) možný. Fyzická návštěva všech stacionárních zdrojů byla neproveditelná. I při nezapočtení stacionárních zdrojů nevyjmenovaných v příloze č. 2 zákona o ochraně ovzduší, kterých je v České republice statisíce a jejichž výčet není dostupný, existuje skupina stacionárních zdrojů vyjmenovaných v příloze č. 2 zákona o ochraně ovzduší, která zahrnuje cca 46 tis. stacionárních zdrojů. V této skupině zdrojů jsou sice rovněž stacionární zdroje, které nejsou předmětem řešení projektu (jsou uvedena v příloze č. 1 k zákonu o integrované prevenci), ale i tak přesahuje představa fyzické návštěvy každého stacionárního zdroje finanční i časový rámec projektu. Z tohoto důvodu se při řešení projektu vycházelo z informací již dostupných, tj. informací dostupných především u odborných útvarů státní správy, mimo jiné Ministerstva životního prostředí, krajských úřadů, Českého hydrometeorologického ústavu a Státního fondu životního prostředí ČR.

Za účelem získání aktuálních informací o vývoji a dostupnosti technik byli kontaktováni výrobci technik a technologií používaných u stacionárních zdrojů ke snižování emisí znečišťujících látek.

Po zpracování pracovních verzí byly dokumenty poskytnuty k připomínkám vybraným oborovým svazům – Hutnictví železa, a.s. nebo SVUOM s.r.o.

Klíčovým prvkem přípravy dokumentů a analýzy trhu byla i rozsáhlá rešeršní práce a analýzy projektů podpořených v rámci prioritní osy 2 OPŽP.

Významné okrajové parametry řešení, např. přesné vymezení řešených stacionárních zdrojů a členění na referenční dokumenty, byly závazně odsouhlasovány ze strany zadavatele studie, tj. Ministerstva životního prostředí.

1.3 Struktura referenčního dokumentu

První částí referenčního dokumentu je kapitola *Předmluva*. V rámci této kapitoly je stručně popsáno zadání tvorby a účel referenčních dokumentů, způsob jejich vypracování a jejich struktura.

Druhá kapitola *Oblast působnosti* přesně uvádí, na které stacionární zdroje v členění dle přílohy č. 2 k zákonu o ochraně ovzduší se dokument vztahuje a které související výrobní a další procesy dokument popisuje. Současně jsou zde uvedeny stacionární zdroje, které jsou z oblasti působnosti referenčního dokumentu vyloučeny.

Třetí kapitola *Techniky používané v odvětví a jejich emisní úrovně* tvoří popis technik používaných v provozovaných stacionárních zdrojích a technik dostupných na trhu. Kapitola je tvořena primárně z informací dostupných státní správě, z dotazníkového šetření a z jednání se stakeholdery. Kapitola obsahuje rovněž okrajové podmínky stanovené v právní úpravě (specifické emisní limity, podmínky provozu).

Poslední kapitola *Nejlepší dostupné techniky pro podporu z OPŽP* tvoří souhrnný přehled nejlepších dostupných technik určených pro podporu v rámci prioritní osy 2 OPŽP 2014+.



2 OBLAST PŮSOBNOSTI

2.1 Stacionární zdroje zahrnuté do referenčního dokumentu

Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách pro výrobu a zpracování kovů a plastů zahrnuje tyto skupiny stacionárních zdrojů v členění dle přílohy č. 2 k zákonu o ochraně ovzduší

- 4.5.a Kovárny – ohřívací pece a pece na tepelné zpracování s projektovaným tepelným výkonem 1 – 5 MW včetně
- 4.5.b Kovárny – ohřívací pece a pece na tepelné zpracování s projektovaným tepelným výkonem nad 5 MW
- 4.6.1. Doprava a manipulace se vsázkou nebo produktem
- 4.6.2. Žihací a sušící pece
- 4.6.3. Tavení v elektrické obloukové peci
- 4.6.4. Tavení v elektrické indukční peci
- 4.6.5. Kuplovny
- 4.6.7. Tavení v ostatních pecích – plynná paliva
- 4.8.1. Doprava a manipulace se surovinou nebo produktem
- 4.10. Tavení a odlévání neželezných kovů a jejich slitin
- 4.12.a Povrchová úpravu kovů a plastů a jiných nekovových předmětů a jejich zpracování s objemem lázně do 30 m³ včetně, procesy bez použití lázně
- 4.13. Obrábění kovů (brusírny a obrobny) a plastů, jejichž celkový elektrický příkon je vyšší než 100 kW
- 4.14. Svařování kovových materiálů, jejichž celkový elektrický příkon je roven nebo vyšší než 1000 kVA
- 4.17. Žárové pokovování zinkem

V České republice se nachází více než 4000 stacionárních zdrojů, které spadají pod zpracovaný referenční dokument. Dle přílohy č. 2 zákona o ochraně ovzduší a údajů dle REZZO lze tyto zdroje členit následovně:

Tabulka 2.1.1. Členění zdrojů dle přílohy č. 2 zákona o ochraně ovzduší a REZZO

Typ zdroje	Kód dle přílohy č. 2 k ZOO/REZZO	Počet zdrojů
Kovárny – ohřívací pece a pece na tepelné zpracování s projektovaným tepelným výkonem 1 – 5 MW včetně	4.5.a	102
Kovárny – ohřívací pece a pece na tepelné zpracování s projektovaným tepelným výkonem nad 5 MW	4.5.b	61
Doprava a manipulace se vsázkou nebo produktem	4.6.1.	375
Žihací a sušící pece	4.6.2.	126
Tavení v elektrické obloukové peci	4.6.3.	18
Tavení v elektrické indukční peci	4.6.4.	82
Kuplovny	4.6.5.	22
Tavení v ostatních pecích – plynná paliva	4.6.7.	17
Doprava a manipulace se surovinou nebo produktem	4.8.1.	166
Tavení a odlévání neželezných kovů a jejich slitin	4.10.	332



Povrchová úpravu kovů a plastů a jiných nekovových předmětů a jejich zpracování s objemem lázně do 30 m ³ včetně, procesy bez použití lázní	4.12.a	1805
Obrábění kovů (brusírny a obrobny) a plastů, jejichž celkový elektrický příkon je vyšší než 100 kW	4.13.	754
Svařování kovových materiálů, jejichž celkový elektrický příkon je roven nebo vyšší než 1000 kVA	4.14.	125
Žárové pokovování zinkem	4.17.	46
Celkem		

Zdroj: REZZO 2014

Z údajů uvedených v tabulce 2.1.1. vyplývá, že největší zastoupení v průmyslu výroby a zpracování kovů a plastů zaujímá povrchová úpravu kovů a plastů a jiných nekovových předmětů a jejich zpracování s objemem lázně do 30 m³ (téměř 50 %). Významný podíl má také obrábění kovů (brusírny a obrobny) a plastů, jejichž celkový elektrický příkon je vyšší než 100 kW s více než 700 zdroji. Slévárny železných kovů (celkem 640 zdrojů) a slévárny neželezných kovů (celkem 498 zdrojů) zahrnují velké množství zdrojů, které jsou již pokryty zákonem o integrované prevenci a mají vydáno platné integrované povolení. Část z 1805 zdrojů povrchová úpravu kovů a plastů a jiných nekovových předmětů a jejich zpracování s objemem lázně do 30 m³ je rovněž pokryta zákonem o integrované prevenci a má vydáno platné integrované povolení nebo je součástí zařízení s platným integrovaným povolením.

2.2 Související procesy a činnosti

Mezi související činnosti zahrnuté do referenčního dokumentu patří zejména nakládání se vstupními surovinami a materiály a výstupními produkty – jejich skladování, doprava a manipulace se surovinami, materiály a produkty.

2.3 Stacionární zdroje nezahrnuté do referenčního dokumentu

Působnost tohoto dokumentu byla definována na základě vybraných ustanovení zákona o ochraně ovzduší, který v příloze č. 2 definuje vyjmenované stacionární zdroje Výroba a zpracování kovů a plastů, kódy 4.1.1. až 4.17.

Po dohodě se zadavatelem projektu nebyly do tohoto zahrnuty níže uvedené zdroje, a to z následujících důvodů:

- Pražení nebo slinování kovové rudy, včetně siřníkové rudy
 - 4.1.1. Příprava vsázky
 - 4.1.2. Spékací pásy aglomerace
 - 4.1.3. Manipulace se spečencem jako chlazení, drcení, mletí, třídění
 - 4.1.4. Peletizační provozy (drcení, sušení, peletizace)
 - Všechny zdroje jsou pokryty zákonem o integrované prevenci a mají vydáno platné integrované povolení.
- Výroba železa
 - 4.2.1. Doprava a manipulace s vysokopecní vsázkou
 - 4.2.2. Odlévání (vysoká pec)
 - 4.2.3. Ohřívače větru



-
- Všechny zdroje jsou pokryty zákonem o integrované prevenci a mají vydáno platné integrované povolení.
 - Výroba oceli
 - 4.3.1. Doprava a manipulace se vsázkou nebo produktem
 - 4.3.2. Nístějové pece s intenzifikací kyslíkem
 - 4.3.3. Kyslíkové konvertory
 - 4.3.4. Elektrické obloukové pece
 - 4.3.5. Pánvové pece
 - 4.3.6. Elektrické indukční pece s projektovaným výkonem nad 2,5 t/h
 - Všechny zdroje jsou pokryty zákonem o integrované prevenci a mají vydáno platné integrované povolení.
 - Zpracování železných kovů ve válcovnách a kovárnách
 - 4.4.a Válcovny za tepla a za studena, včetně ohřívacích pecí a pecí na tepelné zpracování o projektovaném výkonu do 10 t včetně zpracované oceli za hodinu
 - 4.4.b Válcovny za tepla a za studena, včetně ohřívacích pecí a pecí na tepelné zpracování o projektovaném výkonu nad 10 t zpracované oceli za hodinu
 - Většina zdrojů je pokryta zákonem o integrované prevenci a má vydáno platné integrované povolení.
 - Slévárny železných kovů (slitin železa)
 - 4.6.6. Tavení v ostatních pecích – kapalná paliva
 - Žádné zdroje nejsou uvedeny v REZZO.
 - Metalurgie neželezných kovů
 - 4.7. Úprava rud neželezných kovů
 - Žádné zdroje nejsou uvedeny v REZZO.
 - Výroba nebo tavení neželezných kovů, slévání slitin, přetavování produktů, rafinace a výroby odlitků
 - 4.8.2. Pecní agregáty pro výrobu neželezných kovů
 - 4.9. Elektrolytická výroba hliníku
 - 4.11. Zpracování hliníku válcováním
 - Všechny zdroje jsou pokryty zákonem o integrované prevenci a mají vydáno platné integrované povolení.
 - Povrchová úpravu kovů a plastů a jiných nekovových předmětů a jejich zpracování
 - 4.12.b Povrchová úpravu kovů a plastů a jiných nekovových předmětů a jejich zpracování s objemem lázně nad 30 m³
 - Nanášení ochranných povlaků z roztavených kovů s projektovaným výkonem menším než 1 t pokovené oceli za hodinu včetně
 - Nanášení ochranných povlaků z roztavených kovů – procesní vany s projektovaným výkonem větším než 1 t pokovené oceli za hodinu
 - Všechny zdroje jsou pokryty zákonem o integrované prevenci a mají vydáno platné integrované povolení.



3 TECHNIKY POUŽÍVANÉ V ODVĚTVÍ A JEJICH EMISNÍ ÚROVNĚ

3.1 Kovárny – ohřívací pece a pece na tepelné zpracování s projektovaným tepelným výkonem 1 – 5 MW včetně a nad 5 MW (kód 4.5.)

Kovárenský průmysl České republiky je tradičním oborem. V současné době jsou trhem průmyslově produkováných výkovků všechna odvětví strojírenství. Největší význam má u nás i ve světě automobilový sektor. Výkovky jsou nenahraditelné pro své mechanické vlastnosti, zajišťující bezpečný provoz všech strojů a zařízení, ve kterých jsou použity. Kovárny průběžně modernizují svá výrobní zařízení, aby byly co nejvíce konkurenceschopné.

Zdroj: <http://www.skcr.org/>

Kovárny byly z oblasti působnosti Referenčního materiálu nejlepších dostupných technik pro kovárny a slévárny (květen 2005) vyloučeny, protože žádná z evropských kováren nevyhovuje podmínkám stanoveným v příloze I kategorie 2.3.b) – Kovárny s buchary, jejichž energie přesahuje 50 kJ na buchar a jejichž spotřeba tepelné energie přesahuje 20 MW.

3.1.1 Používané techniky a postupy

V kovárnách jsou nejčastěji využívány krokové ohřívací pece pro ohřev vstupního materiálu (předvalek, blok, ...) na danou kovací teplotu. Palivem těchto pecí obvykle bývá zemní plyn. Ohřátý vstupní materiál vypadává z krokové pece na zesílený válečkový dopravník, odkud je dopraven na točnu, kde je zastaven sklopným nárazníkem a poté pneumaticky zatlačen do odokujňovače. Odokujňovač slouží k odstranění okují. Při průchodu odokujňovačem se materiál ostříkuje tlakovou vodou. Okuje jsou splachovány do okujové jímky. Materiál je po vyjetí z odokujňovače dále dopravován válečkovým dopravníkem ke kovacímu lisu, kde je zastaven na dopravníku pevným stavitelným nárazníkem, zatlačen na podávací stůl, jehož vychýlením se dostane do osy manipulátoru. Kování se provádí na kovacích lisech. Vykovaný výrobek je dopraven válečkovým dopravníkem na stůl kyslíkového řezacího stroje, který slouží k upalování konců výrobků. Po vykování a upálení konců výrobek chladne na dopravním systému pracoviště řezacího stroje a na krokovém chladníku. Po vychladnutí se výrobky tepelně zpracovávají v krokových žihacích pecích. Účelem tepelného zpracování je získání požadované struktury a mechanických vlastností vyrobené nápravy. Po skončeném normalizačním žihání jsou výrobky vlastní vahou dopraveny před rovnací lis, kde jsou zastaveny sklopným nárazníkem.

Zdroj: Archiv CENIA

Tváření je technologický postup, při němž dochází k požadované změně tvaru polotovaru, popřípadě ke změně jeho vlastností, působením vnějších tvářecích sil na polotovar. Podstatou změny tvaru je vznik plastických deformací, k nimž dojde při dosažení meze kluzu materiálu. Tváření za tepla probíhá nad rekrystalizační teplotou (nad 70 % hodnoty teploty tání daného materiálu), kdy nedochází ke zpevňování materiálu vlivem deformací. Na povrchu oceli vznikají vlivem nutného ohřevu pro tváření a tím oxidací materiálu okuje – směs oxidů železa.

Ocelové ingoty jsou přiváženy na převážecím voze. Mostovým jeřábem jsou ingoty vkládány do ohřívacích pecí. V pecích dochází k ohřevu na kovací teplotu. Rychlost a teploty ohřevu se liší dle druhu tvářené oceli. Po ohřátí je ingot přenesen jeřábem k lisu a uchopen kleštěmi jednoho z tvářecích manipulátorů. Poté je lisován na kovacím lisu. Ohřev a tváření mohou být vzhledem



k velikosti polotovaru opakovány. Vylisovaný polotovar je řízeně vychlazován, případně žihán v žihacích pecích nebo kalen či popouštěn.

Zdroj: Archiv CENIA

Tepelné zpracování oceli – zušlechťování, kalení, popouštění a žihání – se provádí za účelem dosažení požadované struktury materiálu a mechanických vlastností. Operace probíhají podle technologického předpisu pro každou značku materiálu a druh tepelného zpracování – předpis určuje závislost teploty materiálu na čase. Přímý ohřev, setrvání na teplotě a řízené chlazení se provádí v pecích na zemní plyn, ochlazení je prováděno na vzduchu nebo ponořením do roztoku kalícího prostředku ve vodě. Manipulace s materiálem – nasazení do pece, vyndání z pece, vložení a vyjmutí materiálu do chladicího bazénu – provádí manipulátor a mostové jeřáby.

Žihání zahrnuje ohřev na žihací teplotu, výdrž na žihací teplotě, řízené ochlazení k dosažení rovnovážného stavu materiálu. Je prováděno ke snížení tvrdosti, odstranění nebo snížení pnutí, k dosažení struktur vhodných k obrábění nebo tváření za studena nebo k dalšímu tepelnému zpracování materiálu.

Zušlechťování oceli obvykle sestává ze dvou základních operací – kalení a popouštění.

Kalení zahrnuje ohřev nad kritickou kalící teplotu, setrvání na kalící teplotě, ochlazení v lázni rychlostí větší než je kritická. Vytvoří se částečně nebo zcela nerovnovážná struktura – martenzitická nebo bainitická. Kalení zvyšuje pevnost, tvrdost a křehkost materiálu.

Popouštění zahrnuje ohřev na popouštěcí teplotu (nižší než kalící), setrvání na popouštěcí teplotě, ochlazení. Popouštění následuje ihned po kalení, aby se zabránilo působení tepelných a strukturních vnitřních pnutí materiálu vznikajících při ochlazení materiálu při kalení – zmenšuje se pevnost, tvrdost a křehkost a zvětšuje se houževnatost oceli.

3.1.2 Techniky snižování emisí do ovzduší

Hlavními zdroji emisí v kovárnách jsou ohřívací pece. Pece jsou obvykle ohřívány přímým procesním ohřevem, palivem bývá nejčastěji zemní plyn.

Emise z ohřívacích pecí a z tepelného zpracování zahrnují hlavně spaliny, zvláště z pecí vyhřívaných plynem a olejem. Složení spalin závisí na typu paliva. Pece vyhřívané olejem způsobují vznik emisí SO₂, které se při použití zemního plynu nevyskytují. Při kalení vznikají emise dýmu, vodní páry nebo olejové mlhy, které závisejí na kalícím médiu. Hladiny emisí závisejí na spotřebě energie, stavbě hořáku a jeho údržbě, zachycování je jednoduché u žihacích pecí.

Zachycování emisí v různých pecích se příliš neliší, emise jsou odsávány potrubím odpadních plynů. Obecně se žádná další úprava plynu neprovádí.

Obecně platí, že kalení je proces, který probíhá v dávkách. Z tohoto důvodu se hladiny emisí podstatně mění. Emise z kalicích lázní se považují většinou za bezvýznamné vůči prostředí, ale při sériové výrobě mohou na významu nabývat. Údaje o velikosti zdroje (emisní poměry) a chemické sloučeniny nebyly nalezeny.

3.1.2.1 Použití čistých paliv v hořácích v pecích tepelného zpracování

Základním opatřením integrovaného procesu pro snížení emisí v hořákem vytápěných pecích pro tepelné zpracování je použití čistých paliv, např. zemního plynu, nebo paliva s nízkým obsahem síry. Automatizované pecní operace dovolují přímou kontrolu pracovního režimu i teploty a minimalizují nadbytečnou spotřebu energie.



Sníží se vývin škodlivin založených na spalování, jako jsou CO, SO₂, NO_x.

Vybavení pecí řízenými nízkoemisními hořáky na zemní plyn vede ke snížení spotřeby plynu a snížení emisí SO₂, NO_x a CO.

Ekonomické údaje nejsou k dispozici.

3.1.3 Dosahované emisní úrovně

Z údajů dostupných v REZZO 2014 jsou pro 102 zdrojů z kováren – ohřívací pece a pece na tepelné zpracování s projektovaným tepelným výkonem 1 – 5 MW včetně uvedeny emise pro TZL, SO₂, NO_x, CO a VOC.

Monitoring emisí TZL a VOC není národní legislativou (vyhláškou č. 415/2012 Sb.) požadován. Emisní koncentrace TZL (18 zdrojů) se pohybují od 2 do 13 mg/m³. U emisí VOC (14 zdrojů) je emisní koncentrace uvedena pouze u 2 zdrojů a jsou nižší než 1 mg/m³.

Emisní limit pro SO₂ neplatí pro pece používající jako palivo pouze zemní plyn a od 1.1.2016 je 400 mg/m³. V REZZO 2014 jsou údaje o emisních koncentracích SO₂ uvedeny pouze u 14 zdrojů a pohybují se většinou výrazně pod 50 mg/m³.

Emisní limit pro NO_x je dle národní legislativy 400 mg/m³. Emisní koncentrace NO_x jsou uvedeny u 87 zdrojů a dosahují v průměru méně než 90 mg/m³.

Emisní limit pro CO je dle národní legislativy 800 mg/m³. Emisní koncentrace CO jsou uvedeny u 89 zdrojů a dosahují (s výjimkou jedné odlehle hodnoty) v průměru méně než 90 mg/m³.

Rovněž pro kovárny – ohřívací pece a pece na tepelné zpracování s projektovaným tepelným výkonem nad 5 MW jsou v REZZO 2014 uvedeny emise pro TZL, SO₂, NO_x, CO a VOC pro 61 zdrojů.

Monitoring emisí TZL a VOC není národní legislativou (vyhláškou č. 415/2012 Sb.) požadován. Emisní koncentrace TZL (28 zdrojů) nepřevyšují (s výjimkou jedné odlehle hodnoty) 20 mg/m³. U emisí VOC (10 zdrojů) nejsou emisní koncentrace uvedena vůbec.

Emisní limit pro SO₂ neplatí pro pece používající jako palivo pouze zemní plyn a od 1.1.2016 je 400 mg/m³. V REZZO 2014 jsou údaje o emisních koncentracích SO₂ uvedeny pouze u 11 zdrojů a dosahují maximálně 50 mg/m³.

Emisní limit pro NO_x je dle národní legislativy 400 mg/m³. Emisní koncentrace NO_x jsou uvedeny u 52 zdrojů a jejich průměrné hodnoty se pohybují těsně nad 100 mg/m³.

Emisní limit pro CO je dle národní legislativy 800 mg/m³. Emisní koncentrace CO jsou uvedeny u 52 zdrojů a jejich průměrné hodnoty se pohybují kolem 70 mg/m³.



3.2 Doprava a manipulace se vsázkou nebo produktem (kód 4.6.1.)

Doprava a manipulace se vsázkou nebo produktem ve slévárnách železných kovů zahrnuje všechny činnosti a procesy, které předcházejí nebo následují vlastní proces tavení v tavicí peci. Jedná se zejména o:

- skladování surového materiálu a manipulaci s ním,
- výrobu forem a jader, technologii formování,
- odlévání, nebo lití a chlazení,
- vytloukání odlitků z forem,
- povrchovou úpravu (obrábění),
- tepelné zpracování.

Slévárny železných kovů ve velké míře používají jednorázové formy (tj. formování do písku). Existují různé technologie podle systému výroby forem a jader (bentonit nebo různá chemická pojiva), podle používaného systému odlévání a konečné úpravy. Každá z těchto možností má své technické, ekonomické a životního prostředí se týkající vlastnosti, výhody a nevýhody.

Dopady sléváren železných kovů na životní prostředí jsou převážně spojeny s vývinem odpadních plynů a spalín, s jejich opětovným používáním nebo s odstraňováním zbytků minerálů. Emise, které jsou vypouštěny do ovzduší, jsou klíčovým problémem životního prostředí. Slévárenský postup vytváří minerální látky znečištěné kovem, kyselé sloučeniny, zplodiny neúplného spalování a prchavé organické látky. Hlavním problémem je prach, protože je přítomen ve všech krocích postupu. Vznikají různé typy prachu s různým složením. Prach je emitován při formování, odlévání i při dokončovacích operacích. Jakýkoli vytvořený prach může obsahovat kov nebo oxidy kovu.

Při slévárenském procesu unikají emise do ovzduší vzduchu na několika místech. Proces zahrnuje různé zdroje emisí (např. z horkých odlitků, ostřiva, horkého kovu). Klíčovou otázkou ve snižování emisí není pouze zpracování proudu odpadních plynů a spalín, ale také jejich zachycení.

3.2.1 Používané techniky a postupy

3.2.1.1 Suroviny a manipulace s nimi

Písek (ostřivo) je běžně dodáván ve velkém množství a je rozdělen přímo do sila pomocí pneumatického dopravníku, dopravního pásu nebo drapáku. Speciální ostřiva mohou být dodána ve vacích případně v cisternách. Použité písky se skladují pro regeneraci v silech nebo na hromadách, což je výhodné pro jejich pozdější dopravu na místo, jejich opětovného použití nebo k odstranění.

Tekutá pojiva a olejové produkty jsou dodávány v sudech, ve velkoobjemových kontejnerech nebo v cisternách. Jsou skladovány v dodaných kontejnerech, v případě vlakových cisteren jsou vyloženy přímo do určených skladů. Kontejnery jsou napojeny na potrubí přímo k jednotce písek/pryskyřice/míchání katalyzátoru. Některé katalyzátory a ko-reaktanty se používají v plynné formě. Jsou také dodávány jako kapaliny a manipulace s nimi je podobná jako s kapalinou až do fáze vypaření a smíchání s nosným plynem. Vypařovací zařízení je uzavřeno a proces vypařování lze provádět různými metodami.



Hrubé pevné zbytky, jako je použitý žáruvzdorný materiál nebo strusky, se skladují na oddělených hromadách, v rozdělených skladovacích prostorách či v boxech. Jejich přemístění a manipulace s nimi se děje pomocí malých vysokozdvizných vozíků. Jemné pevné zbytky se shromažďují ve filtrační jednotce do velkoobjemových vaků nebo kontejnerů, které mohou zajistit skladování před dopravou k odstranění. Aby se zabránilo kontaminaci půdy různými druhy materiálů, používají se různé specifické prostředky.

3.2.1.2 Výroba forem a jader

Formování sestává z výroby formy, do které bude nalit roztavený kov. U některých forem potřebujeme mít přesně stanovené vlastnosti, abychom vyrobili jakostní odlitky, např.:

- reprodukovat s vysokou rozměrovou přesností tvar modelu odlitku,
- dát odlitku hladký povrch, abychom se vyhnuli následnému čištění,
- zabránit jakýmkoliv vadám, jako jsou praskliny, bodliny apod.

Tak jako forma definuje vnější tvar odlitku, jádro definuje vnitřní tvar nebo alespoň jeho části, jež nelze dosáhnout formováním.

Formy mohou být zařazeny do dvou velkých skupin:

- formy na jedno použití (jednorázové) – tyto formy jsou vyrobeny speciálně pro každý odlitek a po odlití jsou zničeny; obvykle jsou vyrobeny z ostřiva a pojeny chemicky nebo jílem, nebo jsou bez pojiv; do této skupiny mohou být začleněny odlitky přesného lité vyráběné v keramických formách
- trvalé formy (formy vícenásobného použití) – se používají pro tlakové, kokilové a odstředivé lité; jsou vyrobeny z kovu, což je pro ně typické.

Jádra, která jsou vyrobena pro litinové odlitky, jsou vždy vyrobena z křemenného ostřiva. Volba použité pojivové technologie závisí na takových faktorech, jako je velikost odlitku, výkon výroby, litý kov, vlastnosti vytloukání apod.

V případě formování do formovací směsi může být forma vyrobena ručně nebo mechanickým pěstováním, jako je střešování, lisování, impulz, vibrace apod. Když má forma dostatečnou pevnost, je uvolněna od modelu, jenž je potom použit k výrobě nové formy.

Jádra mohou být v závislosti na své velikosti vyráběna stejným postupem, ale jádra malé nebo střední velikosti jsou často zhotovena foukáním nebo vstřelováním do dřevěných, plastových nebo kovových jaderníků.

3.2.1.3 Suroviny – Křemenné ostřivo

Nejpoužívanějším typem žáruvzdorného ostřiva je křemenné ostřivo, protože je široce dostupné a relativně levné. Křemenný písek se skládá z minerálního „křemene“ (SiO_2), který je víceméně ryzí a čistý v závislosti na svém původu. Jeho měrná hmotnost v suchém stavu kolísá mezi 2,5 až 2,8 kg/dm^3 . Sytná hmotnost suchého křemenného ostřiva činí 1,4 až 1,6 kg/dm^3 .

Tepelná expanze křemenného písku vytváří pohyb formy po lité při chladnutí, proto se používají specifické přísady pro výrobu jader, aby se předešlo vadám odlitků. Mohou to být dřevěné piliny, oxid



železa nebo regenerovaný písek. Písek obsahující živce má menší tepelnou rozpínavost než čistý křemenný písek a nižší bod slinování.

V technologii formování na syrovo je rozložení velikosti zrna ostřiva ve směsi velice důležité. Jemnější ostřivo bude mít více zrn na jeden gram a tím větší plochu povrchu. Vyžaduje to přidávání více pojiva na stejnou pevnost formy. Provozovatelé proto zkoušejí použít hrubší písek, ale takový, který ještě splňuje konečné hledisko dobrého povrchu. Pro velmi hladké povrchy je třeba použít jemný písek, obvykle takový, jež má střední zrna v rozmezí 0,12 – 0,16 mm, v některých případech se také používá jemné ostřivo jako náhrada za nátěry forem.

Dále jsou využívána chromitová, zirkonová a olivínová ostřiva.

Chromitové ostřivo má vyšší žárovzdornost než křemenné, je tepelně stabilnější a má větší chladicí schopnost. Chromitový písek zajišťuje lepší povrch u větších odlitků, je proto používán pro výrobu větších odlitků a v oblasti forem, kde je vyžadováno chlazení.

Obecné vlastnosti zirkonového ostřiva jsou podobné jako u chromitu, ale při užití zirkonového ostřiva lze dosáhnout lepšího povrchu odlitku. S těmito fyzikálními a tepelnými vlastnostmi se počítá při jeho užití pro formování nebo pro výrobu jader v obtížných případech i navzdory jeho vysoké ceně.

Olivínové ostřivo se vyrábí drcením přírodních skal, což vysvětluje jeho rozdílné vlastnosti. Používá se pouze pro formování a výrobu jader manganových ocelových odlitků. Přítomnost manganu vylučuje přítomnost křemíku, protože tyto dva komponenty reagují a tvoří snadno tavitelnou sloučeninu.

3.2.1.4 Pojiva a jiné chemikálie

Bentonit je jíl – montmorilonit, který má lamelární strukturu. Přidáním vody struktura jílu nabobtná adsorpcí molekul vody. Jíl se potom stává zpracovatelný a během míchání může být rozestřen tak, že pokrývá zrna písku.

Přírodní vápenaté bentonity po smíchání s vodou nabobtnají ani nevytváří gely. Dnes se používají pouze pro speciální odlitky. Tyto bentonity mohou být „aktivovány“ po úpravě bezvodým uhličitánem sodným a dávají „sodou aktivované bentonity“. Takto upravené bentonity se všeobecně používají ve slévárnách litin a oceli po celé Evropě. Jejich vlastnosti se přibližují vlastnostem přírodního sodného bentonitu.

Přírodní sodné bentonity při míchání s vodou silně nabobtnají. Hlavními rysy bentonitové směsi jsou vysoká vaznost, přijatelné změny vlastností směsi s měnícím se obsahem vody, vysoký odpor k tepelné degeneraci při vysoké teplotě. Protože se dovážejí z USA, kde se obecně používají, jejich cena celkově limituje jejich použití.

Roztavený kov, který je odléván do formy z bentonitové směsi, tuto směs značně ohřívá. Toto teplo odstraňuje ze směsi vlhkost a narušuje pojivovou strukturu bentonitu. Jestliže během lití a chladnutí zůstává bentonit pod deaktivací teplotou, lamelární struktura se udrží, stejně jako schopnost nabobtnat a udržet kohezi. Deaktivací teplota kolísá podle typu bentonitu.

Ceny za bentonit se pohybují mezi 70 – 250 EUR/t v závislosti na balení a typu (Česká republika, 2003).

V průběhu několika dekád byla vyvinuta řada chemických pojiv. Jsou to jedno nebo několikasořkové systémy komponentů, které jsou smíchány se slévarenským ostřivem, až jsou ostřiva pokryta tenkým filmem. Po smíchání začíná reakce vytvrzování, vázání zrn písku a tvorba pevnosti formy.

Pryskyřice mohou být klasifikovány podle způsobu vytvrzování:



- pryskyřice tuhnoucí za studena,
- plynem vytvrzované pryskyřice,
- pryskyřice vytvrzované za horka.

Polysacharidová pojiva se používají hlavně ve slévárnách oceli, aby se zvýšila pevnost a tuhost směsi a snížil otěr na syrovo. Existují dva hlavní typy polysacharidových pojiv – škrob a dextrin. Škrob je základní materiál a vyrábí se z mnoha rostlinných materiálů. Nejrozšířenější je pro slévárenské účely kukuřičný škrob. Dextrin je re-polymerizovaná forma škrobu, která se vyrábí jeho tepelným zpracováním.

Škroby, jakmile vyhoří, mohou pomoci redukovat defekty způsobené expanzí. Dovolují zrnům písku deformovat se, aniž by se deformovala forma. Polysacharidy zvyšují pevnost za syrova, pevnost po vysušení i tuhost, ale mohou snížit tekutost. Dextriny vylepšují tekutost a retenci vlhkosti. Zabraňují přesušení formy a drobitosti hran.

Polysacharidové přísady nezlepšují odolnost písku proti erozi nebo odolnost kovu proti penetraci.

3.2.1.5 Úprava bentonitové formovací směsi

Jednou z hlavních výhod použití bentonitové směsi pro formování je to, že formovací směs z forem může být po odlití upravena pro několikanásobné použití.

Vratná směs obvykle obsahuje kovové částice jako otřepy, rozstřík po lití, kusy vtoků, nebo dokonce části odlitku. Všechny tyto části musí být nejprve odstraněny za pomoci magnetických odlučovačů. Jestliže se nedosáhne separace kovových částic magnetickou cestou, nebo separace není možná, pak se provádí pomocí separátorů, které využívají vířivé proudy. Zbytkové hroudy směsi jsou rozbity. Rozdrobení vratné směsi musí být provedeno do takové velikosti zrna, aby se předešlo oddělení písku a bentonitu.

Směs musí být obvykle vychlazená, aby si udržela hladinu vlhkosti upravené směsi jako konstantu, aby se tak zabránilo jakékoliv ztrátě vlhkosti vypařováním. Chlazení se často provádí ve fluidním loži, které také dovolí, aby směs byla odprášena odstraněním nadbytečného množství jemných podílů.

Vratná směs je potom prosívána, aby se odstranily hrudky. Je uskladněna před mícháním s požadovaným množstvím přísad, bentonitu, vody atd., aby se připravila pro formování jako bentonitová formovací směs.

3.2.1.6 Formovací směs vázaná jílem (bentonitová směs pro formování na syrovo)

Formování na syrovo je nejběžnější proces formování. Bentonitová směs se pro výrobu jader obvykle nepoužívá. Jádra jsou vytvářena užitím chemicky spojených systémů. Bentonitová směs je jediný proces, který používá navlhčenou formovací směs. Směs je tvořena asi 85 až 95 % křemenného (nebo olivínového či zirkonového) ostřiva, 5 až 10 % bentonitového jílu, 3 až 9 % uhlíkatých materiálů, jako jsou prachové uhlí, ropné výrobky, kukuřičný škrob nebo dřevěná moučka a 2 až 5 % vody. Jíl a voda působí jako pojivo, které drží zrna ostřiva pohromadě. Když je roztavený kov odléván do formy, uhlíkaté materiály vyhořívají, tvoří redukční atmosféru, která zabraňuje oxidaci kovu během jeho tuhnutí.

Bentonitová směs má řadu výhod proti ostatním licím metodám. Proces lze použít jak pro odlévání slitin železných a neželezných kovů, tak i pro různorodé výrobky. Tím se liší od ostatních metod lití. Bentonitová směs se například používá k výrobě malých i velkých odlitků až do jedné tuny. Jestliže je jednotná směs udržována a jsou přesně řízeny vlastnosti směsi, můžeme u odlitků dosáhnout velmi úzkých tolerancí. Proces může být také výhodný pro svůj relativně krátký čas, jehož je třeba pro výrobu



formy ve srovnání s jiným procesem. Také relativní jednoduchost procesu ho činí ideálním pro mechanizovaný proces.

Ačkoliv se ruční formování stále používá, mechanizované formování je v současné době nejrozšířenější. Formovací stroj musí provést dvě po sobě následující operace, a to zhuštění formovací směsi, po kterém následuje oddělení modelu od zpevněné formovací směsi.

Formovací stroje pracující s nasypáním formovací směsi a s dolisováním používají tlak, aby slisovaly formovací směs pomocí ploché (rovné) lisovací hlavy, nebo dělené hlavy s několika lisovacími písty. Formování se samotným dolisováním je méně účinné pro vyšší poloviny formy. V těchto případech se směs zhušťuje (upěchovává) střešením.

Při výrobě forem metodou impulzního formování (impact) je formovací směs plněna gravitačně do rámu. Je zhuštěna rázem (impulzem) vzduchu a rychlým otevřením ventilu. Proces umožňuje rovnoměrné a vysoké zhuštění směsi zvláště u formovací směsi, která obklopuje model.

Bezrámové formování jak s vertikální, tak i s horizontální dělicí rovinou dosahuje vysoké výrobní efektivity. Lze rovněž dosáhnout vysoké přesnosti forem. Proces však vyžaduje účinné seřízení a vysokou jakost modelů.

3.2.1.7 Formování a výroba jader do chemicky tvrzených směsí

Chemicky tvrzené systémy se primárně používají pro výrobu jader. Jádra vyžadují jiné chemické vlastnosti než formy. Vytvrzovací systémy, které se používají pro výrobu jader, mohou být jiné než systémy užívané pro formy. Jádra musí být schopna vydržet velké namáhání roztaveným kovem, pokud roztavený kov plní formu a často musí být odstraněna i z malých dutin ve ztuhlém odlitku. Znamená to, že používaný vazný systém musí umožnit výrobu pevných tvrdých jader, která se po ztuhnutí odlitku rozpadnou. Proto jsou jádra vyráběna z křemenného písku (příležitostně z olivínového nebo zirkonového ostříva) a účinných chemických pojiv. Ostřívo s pojivem je umístěno do jaderníku, kde je v požadovaném tvaru zpevněno. Jádro je vyjmuto. Vytvrzování směsi se děje chemickou nebo katalytickou reakcí případně teplem.

Vytvrzování směsi za studena – ST směsi (samotvrdnoucí) – je účinné při teplotě okolí. Proces začíná, když je do směsi přidána poslední komponenta. Poté pokračuje po dobu několika minut až hodin v závislosti na procesu, tzn. na množství, druhu pojiva a tvrdidla.

Procesy se mnohem častěji používají k výrobě forem než jader. Zvláště se používají pro odlitky středních nebo velkých rozměrů.

Formaldehydové pryskyřice s kyselými katalyzátory se používají již od roku 1958. Všechny komponenty jsou relativně levné. Většinou se používají pro výrobu velkých dílů. Jsou použitelné pro všechny typy slitin. Vytvrzování těchto pryskyřic je obtížnější a ve srovnání s furanovými pryskyřicemi méně pravidelné.

Pryskyřice jsou buď fenolformaldehydové (PF), močovinoformaldehydové, nebo fenolformaldehydové kopolymery (UF/PF). Jsou to „rezoly“ s poměrem fenol/formaldehyd vyšším než jedna. Katalyzátory jsou silné kyseliny sulfonové jako paratoluen, xylén, kyselina benzensulfonová, někdy se k nim přidává kyselina sírová nebo fosforečná, obvykle se užívají ve zředěné formě.

Furanové pryskyřice s kyselými katalyzátory se obecně používají pro formování a výrobu jader středně velkých a velkých rozměrů, pro střední výrobní dávky a pro všechny typy slitin. Pouze pro odlitky z oceli se používají určité typy, protože se mohou vyskytnout trhliny, výronky a bodliny. Proces dovoluje dobrou flexibilitu ve výrobě a vyznačuje se dobrými vlastnostmi. Furfurylalkohol (FA) má tu nevýhodu,



že je základním strategickým výrobkem, u kterého kolísá cena. Furanová pojiva jsou srovnatelná s formaldehydovými pojivy tím, že jejich mechanismus tuhnutí a kyselé katalyzátory jsou stejné pro oba procesy.

Přídavek kyselého katalyzátoru do furanové pryskyřice způsobuje exotermickou polykondenzaci, která vytvrzuje pojivo. Furanové pryskyřice jsou dostupné v různých složeních a všechny jsou založeny na furfurylalkoholu:

- furanová pryskyřice (FA),
- močovino-formaldehyd-furfurylalkohol (UF-FA),
- fenol-formaldehyd furfurylalkohol (PF-FA),
- močovino-formaldehyd-fenol furfurylalkohol (UF-PF-FA),
- rezorcinol-furfuryl alkohol (R-FA).

Pro vylepšení pojiva pojivového systému pryskyřice-křemenný písek se téměř vždy používá silan. Katalyzátory jsou silné kyseliny sulfonové, jako je paratoluenxylen nebo benzensulfonová, někdy se k nim přidává kyselina sírová nebo fosforečná, obvykle se užívají ve zředěné formě.

Procesy vytvrzování plynem pracují na principu vytvrzování pomocí vhánění katalyzátoru nebo tvrdidla v plynné formě. Rychlost vytvrzování může být velmi vysoká a umožňuje vysoký výrobní výkon. Jsou vhodné pro jádra a formy omezených velikostí ve středních či velkých výrobních dávkách. Použití těchto procesů se během let velmi rozšířilo.

Chemie mnoha těchto procesů vytvrzování plynem je podobná procesům vytvrzování za studena. Z důvodu plynné formy katalyzátorů je někdy nezbytné shromažďovat je a jejich emise upravovat.

Cold-box (aminy tvrzený fenolický uretan) se běžně používá k výrobě malých forem a jader o hmotnosti 100 kg a více. Zajišťuje hladkost povrchu odlitků a jejich vysokou rozměrovou přesnost. Vlastnosti při odstraňování jader jsou vynikající a ostřívo může být snadno regenerováno. Tento proces je nejběžnější pro výrobu jader.

Chemie tohoto procesu založeného na polyuretanu zahrnuje např. fenolickou pryskyřici a izokyanát (MDI). Jako katalyzátor se používá terciální amin, jako je triethylamin (TEA), dimetyletylamin (DMEA), dimetylisopropylamin (DMIA) nebo dimetylpropylamin (DMPA). Amin se používá jako pára za použití stlačeného vzduchu, dusíku nebo CO₂ jako nosiče plynu. Jak pryskyřice, tak i izokyanát jsou rozpustné v aromatických rozpouštědlech, které mají vysoké body varu. Je třeba přísně zabránit styku s vodou, protože silně reaguje s izokyanátem a oslabuje pojivo.

Amin se dodává buď generátorem, ve kterém je podpurný plyn (přednostně inertní) nasycen parami aminu, nebo injektorem, jenž dávkuje množství aminu potřebné k chemické reakci do směsi stlačeným vzduchem nebo plynným dusíkem. Spotřeba pojiva kolísá od 1,0 do 2,0 % na základě hmotnosti směsi s poměrem pryskyřice a izokyanátu 50:50.

Amin je katalyzátor a není tedy reakcí spotřebován. Po vytvrzení zůstává ve směsi nebo ve formě, případně v jádru, a musí být proto vyloučen. Perioda vylučování trvá současně 10 až 15krát déle než vhánění aminu. Množství aminu požadované pro vytvrzování je asi 0,05 % podle hmotnosti směsi, ale běžně se používá 0,10 až 0,15 %.

Ve variantě „Cold Box Plus“ je jaderník vyhříván na 40 – 80 °C použitím cirkulující horké vody. To dokonce zlepšuje mechanické vlastnosti jader, ale má za následek delší dobu výroby.

Křemičitan sodný vytvrzovaný CO₂ (vodní sklo) představuje skutečně výhody. Je levný, snadno se s ním manipuluje a je nezávadný pro životní prostředí. Také pro zdraví dělníků a pro spolehlivost operace má tento postup výhody proti organickým pojivům. Nicméně použití již není z technických důvodů tak výhodné (špatná schopnost upěchování a rozpadavost, nízká mechanická pevnost, citlivost



na zadrobeniny, absorbování vody a špatná recyklace). Použití vodního skla vede ke zvýšeným nákladům na čištění. Jádra mají plnou pevnost pouze po periodě sušení. To snižuje jejich použitelnost v automatizovaných procesech. Postup proto nachází hlavní použití v malých slévárnách.

Obecně používaným silikátem je křemičitan sodný, který je definován svou koncentrací (obsah pevné sušiny) a modulem (poměr oxidu křemičitého a sodného $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$). Tento modul má rozsah 2,0 až 2,8, nejrozšířenější je 2,0 až 2,3. Silikát je smíchán s pískem při jeho obsahu mezi 2 až 4 %. Přidávají se společně přísady zlepšující rozpadavost při vytřásání a odjádrování. Tyto přísady jsou obvykle přimíchávány se silikátem.

Vytvrzování probíhá dmýcháním oxidu uhličitého, jenž má slabě kyselé charakter. Spotřeba CO_2 by neměla převýšit 1 až 2 % hmotnosti směsi s dobou dmýchání plynu v rozsahu od 10 do 60 sekund. Vytvrzené formy a jádra nevyžadují čištění od plynu.

Vytvrzování za horka probíhá ohřevem směsi ostřiva s pryskyřicí nebo častěji tak, že se umožní jeho kontakt s vyhřátým modelovým zařízením. Tyto procesy zajišťují vysokou rozměrovou přesnost, která může být dosažena použitím kovových modelů vysoké jakosti. Ty však mohou být velmi drahé. Z tohoto důvodu se pro výrobu jader omezené velikosti, užívaných v hromadné výrobě používá vytvrzování za horka. Jejich využití po léta velmi rozšířené, nyní ustupuje, protože je nahrazováno jinými procesy (vytvrzování plynem).

Hot-box založený na furanech nebo fenolech se používá k výrobě jader o vysoké rozměrové přesnosti a dobré mechanické pevnosti. Aby se tohoto dosáhlo, provozovatelé potřebují mít velmi dobré znalosti a potřebují mít zajištěno řízení výrobního procesu. Omezení procesu je dáno jeho cenou. V zásadě je to dáno cenou pryskyřice, energie, modelového zařízení a dále špatnými pracovními podmínkami. V současné době se proces používá pro výrobu malých nebo středně velkých jader v hromadné výrobě. Pojivo (pryskyřice) a teplo aktivující katalyzátor jsou předem smíchány s pískem a směs je vstřelována do vyhřátého jaderníku či modelu, kde je vytvrzena přibližně za 5 až 60 sekund.

Lze využít široký výběr pryskyřic, jako jsou:

- močovina-formaldehyd (UF),
- močovina-formaldehyd-furfurylalkohol (UF-FA),
- fenol-formaldehyd (PF),
- fenol-formaldehyd-furfurylalkohol (PF-FA),
- močovina-formaldehyd-fenol-formaldehyd (UF-PF),
- močovina-formaldehyd-fenol-formaldehyd-furfurylalkohol (UF-PF-FA).

Katalyzátory jsou soli amonia a minerálních kyselin někdy s přísadou močoviny pro snížení volného formaldehydu. Dodatečně se používají další přísady, jako jsou silany, oxidy železa, ochranné prostředky a silikonový olej.

Obsah pryskyřice kolísá od 1,2 do 3 % na základě hmotnosti ostřiva (písku) s průměrem asi 1,8 %. Obsah katalyzátoru kolísá od 10 do 25 % na základě hmotnosti pryskyřice. Většina předpisů byla optimalizována na 20 %. Teplota, která je používána pro vyhřívání modelu, je v rozsahu od 230 do 290 °C, optimum je nastaveno na 220 až 250 °C. Jestliže ve snaze urychlit proces překročí teplota stanovenou mez, jádra se spálí a během lití zkrěhnou.

Skořepiny (Croning) jsou mezi výrobními procesy forem a jader jediným procesem, který může používat písek předem obalovaný pryskyřicí. Je dodáván přímo dodavatelem a připraven k přímému použití. Obalování písku pryskyřicí se však může provádět také ve slévárně nebo v jaderníku.

Písek je nasypán na model, nebo foukáním dopraven do jaderníku. Je vytvrzován ohřátím kovovým modelem nebo v jaderníku, kde vytvoří vytvrzenou povrchovou vrstvu. Neohřátý či nevytvrzený písek



se může vrátit otočením modelu dolů a může být opětovně použit. Vytvrzený písek tvoří „skořepinu“, která dala jméno celému procesu.

Tento proces umožňuje vysokou rozměrovou přesnost a dobrý konečný povrch odlitku, dobré vlastnosti při vytlačování, při odjádrování a pro skořepinové směsi dovoluje téměř neomezenou dobu skladování. Nevýhodou procesu je cena skořepinové směsi a cena modelového zařízení. Jeho použití je omezeno na výrobu malých, středně velkých forem a jader v hromadné výrobě.

Pro obalování písku se používá pryskyřice jako fenolický „novolak“ s poměrem fenol/formaldehyd menší než 1. K pryskyřici se přidává hexametylentetramin jako tvrdidlo. „Hexa“ se při 160 °C rozkládá na dva základní komponenty, a to formaldehyd a amoniak. Pokud je skořepinová směs v kontaktu s přehřátým modelem, hexametylentetramin se rozkládá a formaldehyd spojuje zrnka ostřiva (pojiva), a tvoří tak charakteristickou pevnou vazbu.

3.2.1.8 Povrchová ochrana chemicky tvrzených směsí forem a jader

Zručností slévače je schopnost vyrobit vysoce jakostní odlitky bez vad, vyžadující pouze minimální konečné úpravy a opravy. Aby se toho dosáhlo, je ideální minimalizovat všechny nežádoucí interakce, které se během lití mohou vyskytnout mezi formou, jádrem a kovem. Tyto účinky mohou být vyvolány různými příčinami, jako je expanze písku, chyby přechovávání, abraze písku, penetrace kovu, chemický rozklad nebo interakce mezi pojivy atd.

Z těchto důvodů je často vhodné natřít formy nebo jádra žárovzdorným nátěrem, dát tak konečnému odlitku hladký povrch a snížit náklady na čištění.

Nátěry jsou dostupné buď již hotové k použití, nebo jako hmota pro rozmíchání ve vodě či v alkoholu. Obvykle obsahují následující komponenty:

- jeden nebo více žárovzdorných materiálů jako jsou mastek, pyrofylit, slída, zirkon, magnezit, křemen, atd. nebo grafit, koks atd.,
- ředidla mohou být kapaliny s alkoholem (izopropanol, etanol) nebo s vodou,
- pojiva stálá za vysokých teplot jako jsou bentonity, pryskyřice, kyseliny boritá,
- reologické prostředky jako jsou bentonity nebo syntetické polymery,
- aditiva, povrchově aktivní činidla, odpěňovače, fungicidy, atd.

Nátěry mohou být nanášeny na formu nebo na jádro různými prostředky:

- štětcem pro malá jádra nebo pro místní aplikace,
- namáčením pro komplexní tvar jader; tento proces je často automatizován,
- nástřikem, obvykle bez vzduchu,
- poléváním nátěru pro velká nebo středně velká jádra a formy.

Sušení nátěrů na bázi vody se provádí ohřevem v sušicí peci horkým vzduchem, infračervenými paprsky nebo mikrovlnami. Během natírání, ani během sušení nevznikají problémy s emisemi. Z těchto důvodů vodní nátěry stále více vytlačují nátěry na bázi alkoholu, nicméně jejich použití čelí technickým problémům, které jsou spojeny s dodržением podmínek jakosti nátěru a podmínek pro sušení.

3.2.1.9 Odlévání do netrválých forem

Odlévání je ústřední činností při výrobě odlitků. Dokončená forma je vyplněna tekutým kovem při účinku gravitační síly, odstředivé síly nebo tlaku. Po odlití je odlitek ochlazen, aby bylo dosaženo ztuhnutí a je odstraněn z formy pro další chlazení a úpravu.



Existují dva typy pánví, které se používají pro odlévání tekutého kovu, a to pánev s hubičkou a čajníková pánev. Další typ pánve (se zátkovou výpustí) je specifický pro ocel.

- lití přes hubičku – v tomto typu pánve je kov vyléván přes hubičku, proud je řízen naklápěním pánve převodu s ručním kolem, od chvíle, kdy kov teče z horní části pánve, musí být povrch kovu očištěn od strusky nebo se musí použít zarážka pro zabránění vstupu strusky do formy, hubičkové pánve se používají pro odlévání malých odlitků z litin;
- čajníkové pánve – přepážka ze žárovzdorného materiálu před hubičkou pánve zajišťuje, že je kov odebrán ze dna pánve bez strusky, roztavený kov je obvykle čistší než kov lity z pánve s hubičkou, nevýhodou je, že úzká výpust může způsobit „zamrznutí“ taveniny, jestliže je odpichová teplota nízká;
- pánve se spodní výpustí – pánev je vybavena licí výlevkou ve dně, která je uzavřena žárovzdornou zátkovou tyčí, kov je odebrán ze dna, a proto neobsahuje strusku ani nekovové části, jako jsou produkty dezoxidace, které jsou schopny vyplavat na povrch taveniny, proud kovu teče směrem dolů, takže během lití nedochází k žádnému pohybu proudu, nevýhodou je, že rychlost vytékání a množství kovu se během lití mění se změnou ferostatické výšky.

Automatické odlévací linky jsou často vybaveny licí pecí. Licí linka se zastaví ve chvíli, kdy je forma v přesné poloze, tj. pod licí výpustí. Kov je vyléván během určité doby zvedáním zátky. Protože se v licím zásobníku udržuje konstantní hladina kovu, lije se do formy pevné množství roztaveného kovu. Hladina kovu v licím zásobníku je řízena zařízením, které řídí tlak plynu uvnitř pece. Licí pec je doplňována roztaveným kovem z tavicí pece v pravidelných časových intervalech.

Odlévané formy jsou dopravovány formovací linkou do chladicí linky. Doba, po kterou je kov umístěn v chladicí lince, určuje konečnou teplotu odlitku v místě jeho vytloukání z formy. Tato teplota musí být dostatečně nízká, aby zajistila odlitku dostatečnou pevnost během vytloukání i při další manipulaci. Velké formy nejsou během lití přemísťovány. Doba chlazení může být i několik dnů.

V případě samostatného formování jsou formy vázané jilem nebo formy tvrzené chemicky obvykle rozrušeny vibrací. Ve většině případů je odlitá forma umístěna na vibrační rošt jeřábem. Vibrací je oddělen písek od odlitku i z formovacího rámu. Odlitek a formovací rám zůstávají na roštnici, směs propadá a je vrácena do procesu. Odlitky se obvykle přenášejí do chladicí části slévárny pro další chlazení okolním vzduchem.

Podobný vytloukáci proces je často prováděn v mechanizovaných systémech a starších nízkokapacitních automatizovaných systémů. Zde jsou formovací rámy přeneseny z dopravního pásu pomocí zdvihadel nebo jiných dopravních zařízení a jsou umístěny na vytloukáci rošt. Nakonec jsou odlitky přemísťovány k vychladnutí nebo umístěny v chladicím zařízení odlitků. V mnoha systémech je použitá směs s odlitkem vytlačována ven z formovacího rámu a následného řízeného chlazení písku a odlitku je dosaženo v kombinovaném nebo separátním chladicím zařízení, jako jsou chladicí bubny, řetězový dopravník, fluidizační chladicí lože atd.

Řízené chlazení odlitků a vratné směsi pokračuje v rotačních bubnech, případně na vibračních dopravníkových žlábech. Odlitek může být chlazen v závěsných koších závěsových dopravníků. V mnoha případech je použit proud vzduchu, který je směřován na odlitek. V některých případech je použita jemná sprcha vodou, aby se urychlil účinek chlazení.



3.2.1.10 Dokončovací operace a operace po odlévání

Dokončování surových odlitků zahrnuje všechny nezbytné úpravy, které jsou nutné pro zajištění konečného výrobku.

Podle procesu mohou být požadovány různé kroky, jako jsou:

- odstranění vtokového systému,
- odstranění zbytkové formovací směsi z povrchu jader v dutinách odlitku (čištění povrchu),
- odstranění přebytkového kovu z povrchu odlitku včetně výronku v dělicí rovině forem,
- oprava vad odlitku,
- příprava odlitku pro dodatečné mechanické úpravy, montáž, tepelné zpracování, nátěr atd.

V některých případech provádějí slévárny také kompletaci, povrchovou úpravu odlitků a následně jejich nátěr.

Při dokončování surového odlitku a odstraňování vtokového systému se provádí tyto operace:

- ulamování, prostřihování,
- v případě křehkých materiálů jako je litina s lupínkovým grafitem a bílá temperovaná litina, mohou být nálitky a vtoky ulomeny, pro tento účel se začíná ve zvýšené míře používat hydraulické zařízení,
- broušení brusnými kotouči, poloautomatické nebo manuální,
- řezání plamenem,
- pro odstranění masivních kusů kovu se používají kyslíko-acetylenové nebo kyslíko-LPG hořáky,
- řezání pilou,
- materiály, které jsou citlivé na teplo, se obvykle odřezávají.

Čištění povrchu odlitku (odstranění zbytků formovací směsi) se provádí v tryskacích kabinách. Tryskací prostředek je přizpůsoben tryskanému materiálu a je různý, od tryskací drti po skleněné korálky. Čištění modelových desek a trvalých forem se provádí skleněnými korálky, hliníkovými korálky nebo obilím zmraženým pomocí CO₂.

Odlitky jsou zavěšeny na závěsné drážce a pohybují se v dávkách v tryskací kabině. Pro menší kusy se používá pohyblivý pás. Velké kusy se tryskají ručně, tlakovzdušným, nebo vodním tryskačem v uzavřené kabině. V tomto případě jsou velmi důležité osobní ochranné prostředky. Vyžaduje se helma s maskou proti prachu. Hrubý prach (směs a okuje), který se vytváří tryskáním odlitých kusů, je sbírán společně s tryskacím prostředkem. Je odprášen, magneticky separován a prosíván. Z odsávaného vzduchu je jemná frakce společně s hrubou frakcí odstraněna odfiltrováním. Při čištění tryskacího prostředku je důležité před opětovným použitím odstranit ostřívo (písek), které může způsobit rychlé opotřebení metacích lopatek.

Otřepy, které se vyskytují v místě styku formy a jádra v podobě not (výronky), a nepravidelnosti na ostatním povrchu, jsou odstraněny použitím kotoučových nebo pásových brusek.

Ostatní použité postupy zahrnují:

- vibrační broušení – odstranění otřepů a ostatních malých přebytků materiálu na povrchu odlitku může být provedeno obrušováním; součásti jsou otáčeny v bubnech nebo vibračních kontejnerech s abrazivními tělísky, které způsobují, že se odlitky třou o sebe a o abrazivní elementy, v typické jednotce jsou odlitky broušeny použitím lože z brusných kamenů tvaru kuželu společně s přídanou emulzí vody a mýdla, hrubost a velikost brusných kamenů se různí v závislosti na velikosti odlitku,



- čištění v bubnu – omíláním, tento postup se používá pro odstraňování tenkých otřepů nebo malého množství zbytků kovu na odlitku, během procesu se otřepy odstraňují samy jako výsledek vzájemných nárazů v rotujícím bubnu, současně jsou hrany zaobleny, někdy procesu napomáhá kapalina.

Automatizace těchto procesů je obtížná pro rozmanitost tvarů otřepů, pro potřebu snadno a rychle odlitky upnout. Automatické broušící stroje jsou ve zvýšené míře používány v sériové výrobě. Do takového stroje jsou vloženy surové odlitky a jsou obroušeny. Ručního dobrušování už zpravidla není třeba.

V automatizovaných linkách se používají další postupy:

- obrážení – sériové odlitky jsou navrženy tak, že na předem určených místech vzniknou nevyhnutelné otřepy, jestliže jsou série dosti velké, navrhuje se pro jejich odstranění obrážecí nástroje, které rychle otřepy odstraní a zajistí odlítkům požadovanou konturu
- frézování – s vývojem elektronického řízení pro obráběcí stroje se stává stále snadnější navrhovat programy pro obrábění odlítků, pro menší série je možné použít frézky s jejich jednoúčelovými nástroji namísto obrážecích strojů, během takového procesu jsou kusy upínány zařízením stroje a procházejí několika různými frézkami.

Na závěr lze provádět svařování pro spojení odlítků a pro opravu vad zavařováním. Ve většině těchto případů se používá svařování obloukem. Podle požadavků na svařování, zavařování a podle zařízení se používá tyčová, nebo svařovací elektroda. Může se použít inertní plyn. Drážkování je využíváno u ocelových odlítků a spočívá ve vytváření žlábků pro odstranění vad, pomocí řezacího hořáku s mědi potaženou uhlíkovou elektrodou.

3.2.2 Techniky snižování emisí do ovzduší

Při výrobě forem a jader se používají různé přísady jako pojiva směsi. Při pojení ostřiva a lití kovu vznikají tyto zplodiny jako produkty reakce a rozpadu. Pojiva jsou organická nebo anorganická. Uvolňování TZL při rozpadu produktů dále pokračuje během odlévání, chlazení a vytloukání forem. TZL a uvolněné částice jsou hlavním problémem ve všech stádiích slévárenského procesu, a to u každého použitého procesu. TZL se uvolňují při výrobě a zpracování pískových forem či jader, právě tak jako při dokončování odlítků (jak z jednorázových, tak i z trvalých forem).

Množství ostřiva použitého při odlévání na jednorázovou formu má za následek emise prachu během různých fází formování.

Aminy jsou používány jako katalyzátory ve většině běžně užívaných systémů výroby jader. To má za následek řízené emise aminů ze vstřelovacích strojů na výrobu jader a rozptýlené emise aminů, které vznikají při manipulaci s jádry.

Emise těkavých organických sloučenin (hlavně rozpouštědel, BTEX a v menší míře fenol, formaldehyd atd.) jsou výsledkem používání materiálů, např. pryskyřic, organických rozpouštědel nebo nátěrů vyráběných na organické bázi a použitých při formování a výrobě jader. Organické sloučeniny jsou tepelně rozkládány během odlévání kovu a jsou emitovány také při vytloukání a chlazení.

Složení bentonitu přidávaného do písku závisí na specifických vlastnostech jak písku, tak i bentonitu, stejně tak jako na požadované pevnosti a prodyšnosti dokončené formy. V bentonitové směsi jsou přimíchány další přísady:

- uhelný prach – používá se hlavně pro slévárny litin, někdy však bývá v menším rozsahu použit i v některých slévárnách neželezných kovů; obsah uhelného prachu v bentonitové směsi se mění od 2 do 3 % pro malé odlitky do 7 nebo 8 % pro těžké odlitky; příliš mnoho uhelného prachu může být příčinou vzniku vad v odlitku nebo příčinou nezaběhnutí; existují různé výrobky,



kteřé mohou uhelný prach nahradit; ve srovnání s uhelným prachem jsou obyčejně přidávány v trochu jiné koncentraci;

- polysacharidová pojiva – škrob a dextrin se používají hlavně ve slévárnách oceli k zamezení výskytu vad způsobených rozpínáním křemene a pro vázání vlhkosti ve směsi písku; účinné přísady polysacharidových pojiv k novým bentonitovým směsím se pohybují mezi 0,5 a 0,75 %; v jednotné formovací směsi je část polysacharidových pojiv spálena během odlévání; proto je doporučený příravek do každého nového mísicího cyklu 0,1 až 0,25 % podle množství vyhořelého pojiva, množství zbytků jader a příravedku nového písku.

Emise procesů vytvrzování za studena mohou být popsány následovně:

- fenolické – páry formaldehydu a fenolu mohou být emitovány vlivem tlaku par těchto složek; protože se však polymerizace vyskytuje při teplotě okolí, jsou tyto tlaky par nízké a jsou dány použitou rychlostí; emise jsou nepodstatné
- furany – páry formaldehydu, fenolu, furfurylalkoholu a alkoholů mohou být emitovány vlivem tlaku par těchto složek, protože se však polymerizace vyskytuje při teplotě okolí, jsou tyto tlaky par nízké a dané užitou rychlostí; emise jsou nepodstatné.

Emise z procesů vytvrzovaných plynem mohou být popsány následovně.

- cold-box – páry formaldehydu, fenolu, izokyanátu a aromatických ředidel jsou emitovány v malém množství z důvodu nízkého tlaku par; emise aromatických rozpouštědel jsou nejvyšší během jejich vytlačování z jader; nejvýznamnějšími emisemi jsou aminy, které mají nízký práh detekce zápachu a venku mohou obtěžovat; aminy jsou nebezpečné s relativně nízkou hodnotou limitu expozice, navíc velmi nepříjemný zápach ve velmi nízké koncentraci.

Cold-box – páry aminu je třeba zachytit přímo u jádrařského stroje, jakýkoliv přebytek aminu je zachycen jaderníkem; je důležité kontrolovat větrání skladu jader; pokud je to možné, formovací a jádrařské stroje mají být zakrytovány i jádra mají být ve skladu zakrytována.

Procesy vytvrzování za horka jsou charakterizovány emisními problémy, a to při ohřevu, kdy emitují pryskyřice, katalyzátory škodlivé chemikálie, včetně čpavku a formaldehydu, jež mohou být také zdrojem obtěžujícího zápachu. Pro snížení zápachu bylo zkoušeno mnoho postupů jako je praní, spalování nebo biologické snížení, žádný z nich se neukázal jako účinný.

Emise z procesů vytvrzování za horka mohou být popsány následovně:

- emise hot-boxu – modely jsou obyčejně zahřívány plynovými hořáky na otevřeném prostoru a vytvářejí emise spalin; odpadní plyn může obsahovat fenol, čpavek, formaldehyd a monoizokyanáty (pokud pryskyřice obsahuje dusík);
- emise ze skořepinových směsí – ve srovnání s procesem hot-box je použití recyklovaného písku malé; obalované písky obsahují 2 až 3krát více pryskyřice, protože jsou ale teploty modelu přibližně stejné, dopad na životní prostředí je podobný.

V případě používání nátěrů na bázi alkoholu, musí být pracovní prostor větrán, aby se předešlo nebezpečí exploze. Natřené formy a jádra jsou většinou zapáleny, což omezuje emise. Jestliže nejsou zapáleny, probíhá sušení řízené při odsávání s úpravou emisí VOC.

Při přehřívání pánve se tvoří plyny jako výsledek hoření zemního plynu jako zdroje energie.

Během odlévání se mohou vyskytnout následující typy emisí:

- sloučeniny rozložitelné teplem, tj. exotermické obklady, mohou reagovat za uvolňování dýmů nebo par;



- chemické sloučeniny z pojiv a některých nátěrů se mohou uvolňovat jako výsledek tepelného rozkladu nebo odpařování, tj. spaliny, vodní pára a prchavé organické sloučeniny, některé z produktů degradace mohou zapáchat.

Během ochlazování a vytloukání postupuje proces tepelného rozkladu a jsou uvolněny sloučeniny, zejména řízené difúzí a rychlostí vypařování. Při odstraňování (vytloukání) forem a jader z odlitků vzniká nejvíce tuhých částic, protože formy musí být alespoň částečně rozdrceny.

Druhý krok chladnutí, kde se pro zvýšení rychlosti ochlazování používá k chlazení vodní mlha, neuvolňuje nic než vodní páru.

Typ emisí během lití závisí na typu pojiva. Emise jsou srovnatelné s emisemi během mísení, ale s přídavkem produktů pyrolýzy vyskytujícím se při kontaktu směsí s horkým kovem.

Emise tuhých částic z odtahu vzdušiny z čištění dosahují emisních hladin pod 30 mg/Nm³. Tkaninový odlučovač a mokrá proudový Venturiho odlučovač dosahují maximální hladiny emisí tuhých částic pod 10 mg/Nm³. Mokré vírové odlučovače jsou nejméně účinným systémem.

K eliminaci úniku emisí tuhých částic mohou být použity následující postupy:

- přikrytí nádob, zakrytování skipů,
- vyhýbání se venkovním nebo nepřikrytým skladům,
- tam, kde jsou venkovní sklady nevyhnutelné, použití sprejů, pojiv, řízení postupů pro skladování, větrolamy, atd.,
- čištění kol dopravních prostředků a dopravních cest (tj. vyhnout se přenosu znečišťujících látek do vody a vzduchu),
- použití uzavřených dopravníků, pneumatické dopravy (je třeba zhodnotit zvýšenou spotřebu energie), minimalizace spadů,
- vysávání formoven a jaderen ve slévárnách používajících pískové formy s výjimkou ploch, kde má směs technickou funkci nebo funkci související s bezpečností (např. prostory odlévání) a s výjimkou ručně formujících zakázkových sléváren,
- udržovat venkovní dveře zavřené, např. použitím automatického systému zavírání nebo záklopek,
- provádění kvalitního úklidu, tj. zajistit, aby byly prováděny pravidelné kontroly odpovědným a pověřeným pracovníkem a udržovat aktuální záznamy o úklidu.

Pro čištění shromážděných plynů z odtahu mohou být použity různé suché a mokré systémy odlučovačů. Výběr vhodného postupu závisí na složení, toku a podmínkách proudu odtahu. Návrh postupu snižování emisí je rozhodující. Pro návrh postupu se používají faktory jako je účinnost, vhodnost metody, vstup a výstup materiálu, který má být shromážděn a odtážen.

Ve slévárství se používají následující postupy:

- 1) prach a odstraňování tuhých částic
 - cyklony (vírové odlučovače),
 - suché tkaninové odlučovače,
 - mokré odlučovače;
- 2) systémy odlučování plynu (SO₂, Cl, odstranění aminu)
 - mokré odlučovače používající odlučovací věže, proudové Venturiho odlučovače a desintegrátory;
- 3) separátory olejových par:
 - mokré elektrostatické srážače;



4) odstranění CO a organických látek:

- dodatečné spalování,
- biofiltr.

Pro odstranění prachu a tuhých částic se používají jak mokré, tak i suché systémy. Hlavní výhodou suchých systémů je, že prach je zachycen suchý, což dovoluje jeho následné opětovné použití. Navíc se do jiného média nepřenáší žádné znečištění jako v případě mokrých systémů. Pro plynné sloučeniny jako SO₂ a chloridy jsou tkaninové filtry neúčinné, protože je neabsorbují do povrchu filtru. Dále jsou popsány systémy použité pro odstranění prachu a tuhých částic:

- cyklony – vírové odlučovače – jestliže jsou použity vhodné prostředky (tj. žárovzdušná ocel, žárovzdušná vyzdívka), může se použít cyklónového odlučovače pro vyčištění horkých spalin (500 – 600 °C); k dosažení hladiny emisí na 20 mg/Nm³ je účinnost příliš nízká; cyklony se používají hlavně jako odlučovače jisker před tkaninovým filtrem jako krok úprav předcházející jiným systémům pro snižování emisí;
- multicyklona – činnost odlučování cyklony se zvyšuje se zmenšujícím se průměrem, použití paralelních sérií malých cyklon dovoluje odlučování malých částic prachu bez velkého poklesu tlaku v čistícím zařízení;
- tkaninový filtr – tento typ odlučovače se široce používá v různých částech slévárenského procesu pro jeho dobrou účinnost a nízké hodnoty emisí, dosahuje dobré účinnosti u jemných vylučujících se částic při tavení; částice pod jeden mikron, jako jsou oxidy kovů, mohou být také odlučovány; pro dobrý provoz je třeba zajistit následující prostředky: chlazení spalin (T= 130 – 160°C), oddělení jisker (použitím cyklonu); dodatečné spalování organických materiálů (ke snížení rizika požáru) lze užít pro spaliny s vysokým obsahem VOC; jako „požární zed“ pro ochranu tkaninového filtru bylo zaznamenáno v některých případech u spalin z bubnů s vykládkou; tento postup se běžně nepoužívá, místo toho se směšuje proud odpadního plynu s vysokým obsahem částic s proudem plynu se zvýšeným obsahem VOC (případně se vzduchem), aby se předešlo zalepení filtru a zanesení odtahového potrubí;

Mokré odprašovací systémy, jako je proudový Venturiho odlučovač a desintegrátor, se používají při úpravě plynů vznikajících při tavení. Pračky plynů jsou užívány také pro odprašení zplodin, které nevznikly při tavení, tj. vzniklých v jiných procesech užívaných ve slévárnách. Ve srovnání se suchými systémy, mají mokré systémy následující nevýhody: vyšší spotřebu energie, zvýšenou údržbu (koroze, bakterie); výsledkem jsou odpadní vody a břečka, která se musí odstraňovat. Výhody představuje zachycení vodou rozpustných složek (jako je SO₂, chloridy), rychlé ochlazení, které zabraňuje tvoření dioxinů, nízké investiční náklady a menší restrikce vstupní teploty.

3.2.2.1 Zachycování odsávaného vzduchu a tuhých částic z úpravny bentonitové formovací směsi a jeho čištění

Pouze v několika různých etapách úpravy bentonitové formovací směsi se generují tuhé částice. Tuhé částice jsou generovány zejména vibračním sítem a v procesu chlazení. Tato zařízení mají zákryty pro úpravu a zachycování tuhých částic. Jednotky jsou uzavřeny a spojeny s centrálním odlučovačem. Při instalaci odlučovače se musí počítat s rosným bodem odváděného vzduchu a typem tuhých částic. Odsávaný vzduch z úpravny bentonitové formovací směsi je nasycen vodou, proto jsou nejvhodnější pro zachycení odtahu mokré systémy (často nízkotlakého typu). Vlhký systém se však příliš nepoužívá, je nahrazen suchým odlučovačem. Posledně jmenované zařízení má tu výhodu, že část částic může recirkulovat a že se netvoří odpadní vody. Mokré systémy jsou dále náchylné k vnitřní korozi



a k vytváření produktů tuhých částic a oxidace. Mokrý odlučování nečistot odsávaného vzduchu může mít za následek problémy s čištěním odpadní vody. Zachycené tuhé částice obsahují bentonit, který se obtížně sedimentuje.

Při použití tkaninového filtru se musí zabránit problémům s kondenzací. Kondenzace může způsobit usazování prachu, ucpávání nebo trhání filtrační tkaniny. Přídavek chladicí vody do vratné směsi se musí dodat řízeným způsobem, aby se minimalizovala tvorba páry. Rosný bod proudu vzduchu se může zvýšit ohřevem pomocí plynového hořáku.

Přínosem je to, že shromážděné tuhé částice jsou suché, a tak mohou být snadno přepravovány. Po separaci částic podle velikostí se může hrubá frakce a část jemné frakce vracet zpět do směsi.

Použitím suchého tkaninového filtru je možno bezpečně dosáhnout zbytkové koncentrace tuhých částic 10 mg prachu/Nm³ ve výduchu do atmosféry. Pro mokrý odlučovač je účinnost trochu nižší, běžné hodnoty emisí tuhých částic jsou 50 – 100 mg/Nm³, ačkoliv byly hlášeny i nižší hodnoty.

Tento postup je použitelný v nových a existujících úpravách bentonitové formovací směsi.

3.2.2.2 Cold box: zachycení par aminu a úprava odtahovaného plynu

Při profukování CB jader plynem vznikají odpadní plyny, které před jejich emisí do atmosféry potřebují čištění. Aby se chránilo pracovní prostředí, jsou vstřelovací stroje jader zakryty a vyplachovány vzduchem. Před otevřením stroje pro odebrání čerstvě vyrobeného jádra se odsávají plynné zbytky plynu.

Sběrné odsávací systémy se mohou instalovat pro zabezpečení dobrých pracovních podmínek během kontroly, manipulace a skladování čerstvě vyrobených jader. K tomu se instalují zákryty nebo odsávací systémy, například na kontrolním stole, nad manipulační oblastí a nad skladem.

Odsávané páry aminu vyžadují úpravu, aby se předešlo obtěžujícímu zápachu. Může se užít jedna z následujících metod.

Adsorpce aktivním uhlíkem je velmi účinná, ale provozní náklady jsou neúměrné, takže může být doporučena, jen pokud je odsávaný objem plynu malý.

Spalování: Aby byl tento proces účinný, musí být hořák dodatečného spalování přesně navržen, aby zajistil teplotu nejméně 800 °C s minimální dobou přítomnosti plynů na teplotě 2 sekundy. Spotřeba energie je vysoká a proces je v provozu drahý. Jestliže slévárny provozují kuplovny, odtahový plyn může být vháněn do kuplovny a tam spalován.

Chemické odlučování: Odsáté plyny jsou zavedeny do lázně. Aminy reagují s kyselinou sírovou, fosforečnou a pH roztoku je normálně udržováno pod hodnotou 3. Roztok mění svoje složení a je třeba jej čas od času vyměnit, aby se odstranily koncentrované soli. Následně je vyžadováno odstranění nebezpečných odpadů pro recyklaci aminu.

V zimě je potřeba ohřát odsátý vzduch, aby se zabránilo kondenzaci aminu uvnitř odtahového potrubí. To lze provést využitím odpadního tepla z kompresoru nebo blízkých zařízení.

Zachycení odtahu umožňuje snížení emisí aminu a souvisejících emisí tuhých částic.



Použitím jakékoliv metody mohou být udrženy emise aminů pod 5 mg/Nm³.

3.2.2.3 Sběr a odstranění VOC

Emise VOC (hlavně rozpouštědla, BTEX a v menším rozsahu fenol, formaldehyd, atd.) jsou výsledkem přípravy chemicky tvrzených směsí a také dalších následných procesů lití, chlazení a vytlačování. Tyto složky jsou škodlivé a tvoří emise tuhých částic.

Snížení VOC brání ta skutečnost, že do sběrného systému vstupuje velké množství okolního vzduchu.

Pro odstranění VOC se používají následující postupy:

- adsorpce a aktivace,
- dodatečné spalování,
- biofiltr.

Pro adsorpci do aktivovaného uhlíku prochází odsávaný plyn přes uhlíkové lože. Po nasycení je uhlík tepelně zpracován. Aktivovaný uhlík má velmi vysokou adsorpční (a snižovací) účinnost. Pro benzen je účinnost > 99 %.

Tento proces má následující nevýhody:

- vysoký objem plynů vyžaduje velké množství aktivovaného uhlíku,
- tuhé částice a aerosoly musí být z odtahového plynu odloučeny ještě před uhlíkovou adsorpcí, protože velmi jemné prachové částičky vykazují tendenci lepit se; čištění je možné pouze při použití mokrého postupu, kde se generuje odpadní voda.

Pro úspěšné využití dodatečného spalování pro eliminaci VOC z odtahových plynů jsou nezbytné minimální koncentrace. Tyto limitní hodnoty mají specifické složení a závisí na použitém postupu. Dodatečné spalování je možné u plynu odsátého při skořepinovém formování. Odsátý plyn z licího pole nemá dost vysokou hladinu VOC, aby mohlo docházet k dodatečnému spalování. Alternativou pro dodatečné spalování je použití odtahového plynu od vstřelovaček jader ke spalení v kuplovně.

3.2.2.4 Čištění odsávaných plynů použitím biofiltru

Biofiltrace je založena na schopnosti mikrobů, žijících ve vlákninovém rašelinovém filtračním loži, oxidovat zapáchající plyny a přetvořit je na plyny nezapáchající. Plyn, který je čištěn, je hnán ventilátorem přes lože vlhkého materiálu filtru a vystupuje bez pachu na horní straně. Zapáchající složky jsou absorbovány ve vodní frakci a rozloženy mikroorganismy žijícími v materiálu filtru. Dobrá funkce filtru závisí na rovnováze mezi dodanou živinou (složky pro snižování/rozklad) a počtem mikroorganismů.

Ve slévárnách se biofiltry používají pro odstranění aminů z výroby jader metodou Cold-box a pro odstranění VOC (benzen) z plynů odsátých na licím poli.

Kritické parametry pro fungování biofiltru jsou následující:

- prodyšnost vrstvy filtru - plyn musí proudit přes lože v dobrém kontaktu s materiálem filtračního lože; přebytek jemného materiálu ve filtračním loži může způsobit ucpávání, vzrůst odporu, a tedy tlaku, a vyfukování materiálu z lože;
- zvlhčování média filtru – pro kontinuální nebo přerušované zvlhčování materiálu lože se může použít systém disperze vody;



- úprava odsávaného vzduchu – odtahové plyny mají být navlhčeny před vstupem do filtru, jenž má být udržován v optimálním provozu a při konstantní teplotě (30 °C), to však může vyžadovat předehřev odsávaného plynu;
- odpovídající úprava vody – biofiltr produkuje zbytkovou vodu obsahující fenol a kresol, ten se upravuje v systému odpadní vody před likvidací, nebo recirkulací; recirkulace vyžaduje dodatečné odstraňování soli.

Zavedení postupu biofiltrace ve slévárně vyžadovalo dlouhou optimalizační dobu, dokud nebyla schopna fungovat uspokojivě.

Bylo zjištěno, že důležité jsou následující charakteristiky použití:

- uzavření biofiltračního lože poklopem, aby se předešlo problémům s CO a kondenzací během instalace, filtrovaný vzduch je odsáván přes centrální komín výduch;
- přísná kontrola kvality vody (např. obsah soli), zvláště pokud se používá systém, který neprodukuje odpadní vodu;
- dodávání živných solí do rozstříkované vody, aby se udržela aktivita lože;
- řízení hodnoty pH materiálu lože a přísada vápna pro udržování neutrální hodnoty pH.

Snížením emisí aminů nebo VOC emisí jaderny a licího pole se eliminují emise benzenu a ostatních VOC. Účinnost značně kolísá podle širokého spektra faktorů, jako jsou podmínky počasí, stáří substrátů apod. Pro užití samotných biofiltrů platí postup jako pro snížení VOC. Jejich hlavním cílem je snížení zápachu.

Tento postup je použitelný v nových a existujících slévárnách, které užívají metodu tzv. na syrovo (použití bentonitových směsí). Také v jadernách s metodou Cold-box je postup čištění plynů biofiltrem často využíván. Použitelnost je omezena u sléváren s třísměnným provozem. Protože biofiltry vyžadují velice stabilní podmínky po celý rok. V každém známém případě použití bylo vyžadováno velké individuální úsilí v oblasti výzkumu a vývoje, aby se dosáhlo přijatelných výsledných hodnot.

3.2.2.5 Zakrytování formovacích a odlévacích linek

Je pravidlem, že čím větší je slévárna, tím rozsáhlejší je sběr emisí během lití, chladnutí a vytloukání.

Omezením lití na pevné ploše je možno odsávat menší množství vzduchu a lze snadněji zachytit emise pomocí zákrytů a odsátí ventilátory. Úprava vzduchu pak bude efektivnější.

Při sériové výrobě se s rostoucí výrobou emise zvyšují. Bez odsávání může v ovzduší na licím poli docházet k nepříjemným koncentracím škodlivých substancí. Pro snížení znečištění jsou v pracovní oblasti umístěny odtahové ventilátory, nebo ofukovací ventilátory, umístěné co možná nejtěsněji u formy, tak, aby nebránily lití. Prvky odsávacího zařízení jsou uspořádány takovým způsobem, že všechny emise vyskytující se při lití jsou z pracovní oblasti odstraněny. Rychlost vzduchu ve volném prostoru odsávání se udržuje mezi 0,5 a 1,0 m/s.

Zakrytováním formovacích a odlévacích linek se dosahuje se snížení difúzních emisí CO, PAH a ostatních organických produktů rozkladu.

Tento postup lze použít v nových a stávajících zařízeních, kde se využívá sériové lití a chladnutí.



Tato technologie je běžně používána ve velkosériových slévárnách.

3.2.2.6 Zachycení a úprava odsávaného plynu (vzdušiny) od vytloukání

Postup použitý pro sběr emisí z vytloukání závisí na stupni mechanizace, na emisích, které mají být odsáty, a na velikosti nejmenšího a největšího odlitku odlitého na stejné lince.

Ve většině sléváren se odlitky uvolňují z forem na vytloukacích roštích zabudovaných do země. Systémem pro snížení emisí, který se obvykle používá, je zákryt s ventilátorem u roštu. Zákryty mohou být instalovány na obou stranách roštu a to bez ohledu na jeho velikost. Je-li to možné, je zadní strana roštu rovněž uzavřena. Často je odsávané místo umístěno pod roštem. Naplnění spodního odsávaného místa uvolněnou směsí představuje riziko. Překážku na vstupu do potrubí často tvoří hrudky směsi, nebo kondenzovaná pára s tuhými částicemi.

Nejlepším způsobem k dosažení dobré hladiny emisí s relativně malou rychlostí ventilace je dodržet postup, kdy se vytloukací jednotka nachází v uzavřené jednotce. Střešní otvory s pohyblivým víkem, dvířky, vstupním a výstupním skluzným žlabem umožňují použití jeřábu nebo jiného přepravního prostředku. Uzavřené kabiny snižují hladinu hluku.

V automatizovaných linkách je odlitý balík směsi často vytlačován z formovacího rámu hydraulickým mechanismem lisovací deskou, potom je odlitek oddělen od směsi na vytloukacím roštu nebo v rotačním bubnu. Vratná směs odchází na ochlazení. Vytloukací bubny, které se nyní používají ve zvýšené míře, jsou pro odsávání emisí velmi vhodné, ale představují nevýhodu z důvodu možných emisí zápachu.

Množství odsávaného znečištěného vzduchu je dáno požadavkem na množství emisí, na kvalitu ovzduší pracovního prostoru, dále povolenou teplotou vstupu do odlučovače a druhem použitého filtračního materiálu u textilního filtru, pak také doporučeným zatížením hmotnostního tahu tuhých částic na m² filtru. V zásadě je požadováno minimalizovat přísávání vzduchu, aby nebyly investiční a provozní náklady vysoké. V některých případech se však přísává větší množství vzduchu, nebo se odsávaný plyn ředí, aby se snížila teplota plynu před vstupem do filtru.

Vhodnými postupy pro odprášení jsou odstředivé virové odlučovače (cyklony) kombinované s mokkými, nebo suchými odlučovači s tkaninovým filtrem, používají se také biofiltry.

Pro volně stojící odsávané vytloukací rošty do šířky dvou metrů je pro každý m² plochy roštu potřeba odsávat 7000 až 9000 Nm³/h v případě jednostranného zákrytu. S dvoustranným zákrytem se instaluje odsávání 5000 Nm³/h na každý m² plochy roštu.

Jestliže je odsávané místo pod vytloukacím roštem (roštnicemi), množství odsávaného vzduchu na m² je kolem 700 Nm³/h povrchu roštu.

Při vytloukání forem z bentonitových směsí jsou emise páry značné. Kombinace tuhých částic a páry může vést k zalepování potrubí, jestliže teplota klesne pod rosný bod, nebo ještě více až k bodu mrazu. Překonat tento problém znamená vhánět do potrubí horký vzduch, odlučovač a potrubí musí být izolovány, nebo musí být do potrubí ventilátoru vstřikovávána voda (bez prachu), aby se předešlo těmto potížím.



3.2.2.7 Postupy čištění odsátého vzduchu – řezání, cizelování a odjehlování

Všechny procesy tepelného řezání generují emise. Sběrem odtahu je dosaženo zakrytování pracovního místa a intenzivní odsávání vznikajícího dýmu. Je důležité umístit sběrné prvky co nejbližší ke zdroji emisí, ale tak, aby to nebránilo provozu. Jako prospěšná se ukázala kombinace mobilní ruky pro přímou a dodatečnou mobilní kabinu. Pečlivou úpravou prvků odsávání je tuhými částicemi znečištěný vzduch odváděn ze zóny dýchání dělníka. Obvyklými procesy čištění odsáté vzdušiny jsou mokré praní a suché odlučovače s tkaninovým filtrem. Je třeba poznamenat, že systémy jsou konstruovány pro malé velikosti zrn emitovaných dýmů. Separátory se používají jako u předchozí separace.

Stacionární abrazivní řezací stroje jsou odsávány. Obvyklé procesy čištění odsátého vzduchu jsou cyklony, mokré praní a suché odlučovače s tkaninovými filtry.

Řezání pilou, ulamování a odstřihávání jsou ruční procesy, které způsobují jen malé emise a za normálních podmínek nevyžadují opatření k jejich snížení.

Při cizelování a odjehlování se tvoří hlavně hrubé částice, které je obtížné odsáváním odstranit. Práce je hlavně prováděna v kabinách, a to z bezpečnostních důvodů. Ve speciálních případech, např. při odstraňování spálené směsi, mohou být tuhé částice odsáty odsávacím ramenem. Odsátý vzduch je čištěn v cyklonách, v mokřích odlučovačích a v suchých tkaninových odlučovačích.

Mokré odlučovače a suché textilní odlučovače, které byly instalovány, pracovaly úspěšně po mnoho let. Pracovní kabiny pro čištění se zabudovanými vysoce výkonnými jednotkami pro zachycení tuhých částic mohou být provozovány bez komína odtahu, protože jejich výstup je čistší než obvyklý vzduch v čistírně. Pomáhají tak zlepšit pracovní podmínky na pracovišti.

Aplikací suchých textilních filtrů se může dosáhnout hladiny emisí pod 10 mg/Nm³.

Použitím mokrého odlučovacího systému lze dosáhnout hladiny emisí pod 20 mg/Nm³.

Tyto postupy se užívají v nových a stávajících slévárnách.

3.2.2.8 Náhrada nátěrů na bázi alkoholu za nátěry na bázi vody

Nátěry se používají na povrch forem a jader pro vytvoření žáruvzdorné vrstvy na rozhraní forma-kov pro dosažení dobrého vzhledu odlitku. Nátěry slouží ke snížení výskytu výronků, erozí, defektů z penetrace a také ke snížení dokončovacích operací. Hlavní složkou nátěrů na bázi alkoholu je izopropylalkohol. Nátěr se vysušuje vypařováním, nebo zapálením ředidla. To vytváří emise VOC. Nátěry na bázi vody byly vyvinuty jako jejich alternativa.

Výhody vodných nátěrů jsou:

- bezpečnost (žádné riziko ohně),
- zdraví dělníků (nižší expozice organických par),
- snížené náklady na ředidla (voda versus alkohol),
- většinou lepší povrchová úprava odlitků.



Obtíže s implementací jsou:

- potřeba delšího času procesu a prostoru, neboť jádra potřebují delší čas sušení, nebo je dokonce nutné využít sušicí linku, průchozí sušicí peci apod.,
- změna procesu vyžaduje případ od případu optimalizační periodu,
- bujení bakterií způsobuje krátkou životnost nátěru (1 – 2 týdny) a způsobuje zápach,

Nátěry na bázi vody mohou být sušeny okolním vzduchem, sušicí pecí, mikrovlnou pecí, nebo pecí s infračerveným zářením. Vodní nátěry zpravidla vyžadují delší dobu sušení ve srovnání s nátěry na bázi alkoholu. Sušením vznikají škodlivé emise, které mohou i zapáchat. Sušení jader je možné za použití sušicí linky. Ta dopravuje jádro od výroby jader ke skládání formy, a tím je dodržena nezbytná doba sušení. Doprava jader také může procházet přes sušicí linku. Mikrovlnné a infračervené sušení je využíváno u menších sérií.

3.2.3 Dosahované emisní úrovně

Z údajů dostupných v REZZO 2014 jsou pro 375 zdrojů zahrnutých mezi dopravu a manipulaci se vsázkou nebo produktem uvedeny emise TZL, SO₂, NO_x, CO a VOC.

Emisní limit je dle národní legislativy (vyhlášky č. 415/2012 Sb.) stanoven pouze pro TZL a to ve výši 100 mg/m³. Emisní koncentrace jsou uvedeny u 274 zdrojů a pohybují se v průměru na úrovni 10 mg/m³ (s výjimkou jedné odlehle hodnoty).

Monitoring emisí SO₂, NO_x a CO není národní legislativou požadován. Zdroje emitující tyto látky jsou do kategorie 4.6.1 téměř ve všech případech zařazeny chybně, protože se jedná tavicí agregáty, žíhací nebo sušicí pece.

Vyhlášky č. 415/2012 Sb. dále stanovuje technické podmínky provozu: Omezování emisí VOC vznikajících při výrobě forem a jader běžně dostupnými prostředky např. minimalizací spotřeby pojiva, náhradou nátěrů na bázi alkoholu za nátěry na bázi vody, použitím takových rozpouštědel pro výrobu jader cold-box, která nejsou na bázi aromatických uhlovodíků. Emisní koncentrace VOC jsou uvedeny u 45 zdrojů a dosahují (s výjimkou tří odlehlých hodnot) v průměru méně než 25 mg/m³.



3.3 Žihací a sušící pece (kód 4.6.2.)

Ve slévárnách železných kovů se používají žihací pece pro účely tepelného zpracování odlitků.

Sušící pece jsou využívány zejména pro:

- sušení vstupních surovin – písku používaného pro výrobu forem a jader,
- sušení odlitků – v případě aplikace povrchových nátěrů.

3.3.1 Používané techniky a postupy

3.3.1.1 Žihací pece

Pro temperování (žihání) odlitků se používají komorové pece, pece s horním víkem, nebo tunelové pece. Ohřev takových pecí se provádí elektřinou, plynem případně topným olejem.

Vozová žihací pec je projektována jako pecní komora s vyzdívkou z keramických vláken, tvořící vlastní pracovní prostor pece s pojízdou nistějí (vozem), vyjíždějící po kolejišti po zdvižení dveří. Vůz vyjíždí do prostoru před pec k naložení nebo odebrání žihané vsázky.

Spodní část obvodových stěn tvoří pevný díl pece s připojovacími přírubami pro horizontální hořáky. Čelní stěna pece je obložena žáruvzdornými odlitými profily. Čelní portál pece tvoří dva svařované sloupky nesoucí konstrukci pro uložení zvedacího mechanismu dveří.

Odtahový systém tvoří výstupní potrubí spalin v zadní stěně pece, napojené na přerušovač tahu. Na výstup z přerušovače tahu je napojeno potrubí pro odvod spalin ke komínu. Zařazením přerušovače tahu do odtahu spalin se dosáhne konstantních tlakových poměrů v peci při jakémkoliv změně příkonu hořáků v průběhu žihacího cyklu, což je jednou ze základních podmínek rovnoměrného rozložení teploty v pracovním prostoru pece.

Vyzdívka pece je provedena z keramických vláknitých materiálů s příslušnou izolací z minerálních desek.

Topný systém pece tvoří odpovídající počet vysokorychlostních trysek podle typu pece. V plynovém a vzduchovém přívodu ke každému hořáku je umístěn ovládací elektromagnetický ventil a uzavírací ventil. V přívodu plynu k hořáku je zabudován rovnotlaký regulátor pro dodržení konstantních spalovacích poměrů a zabezpečení provozu hořáků. Každý hořák je vybaven elektrickým zapalováním a ionizačním hlídáním plamene.

Spalovací vzduch pro hořáky dodává samostatný ventilátor, umístěný ve ventilátorovně a napojený přívodním potrubím na rozvod spalovacího vzduchu k hořákům.

Chladicí systém pece tvoří odpovídající počet chladících trysek podle typu pece. Trysky jsou zpravidla umístěných horizontálně v obou bočních stěnách pod stropem pece. Trysky jsou napojeny na rozvod chladicího vzduchu od samostatného ventilátoru chladicího vzduchu. Chladicí trysky jsou ovládány elektrohydraulickými pohony zabudovanými do přívodu ke každé trysce.

Žihací proces v automatickém cyklu probíhá podle druhu vsázky.

Při žihání je napětí v odlitku způsobené litím a následným ochlazením sníženo a struktura se stane rovnoměrnou.

Žihání pro vytvoření ferritické matrice zahrnuje prohřev odlitků na 900 – 925 °C po dobu 3 – 5 hodin. Následuje pomalé ochlazování při cca 20 – 35 °C/h přes kritické rozmezí teplot (asi 800 – 710 °C) a konečné chladnutí v peci, např. při 50 – 100 °C/h, na 200 °C.



U ocelových odlitků, které procházejí před expedicí tepelným zpracováním, např. normalizací, nastávají strukturální změny. Vzniklé pnutí odlitku musí být sníženo (žihání na odstranění pnutí).

Většinu ocelových odlitků je nutno tepelně zpracovat, aby se dosáhlo požadovaných mechanických vlastností, aby se odstranilo napětí, aby se získala vhodná odolnost vůči korozi a aby se zabránilo problémům v průběhu dokončovacích operací. Tepelné zpracování je určeno podle třídy oceli. Pro odstranění chemických a strukturálních segregací se obvykle provádí žihání při vysokých teplotách. Uhlíkaté a nízkolegované oceli procházejí normalizačním žiháním a chlazením vzduchem.

Austenitické a duplexní nerezavějící oceli jsou tepelně zpracovány žiháním. K odstranění vnitřního napětí materiálu se provádí i dodatečné tepelné zpracování.

Odlitky se změnami průřezu nebo odlitky složitého tvaru vytvářejí vnitřní pnutí. Toto potom způsobí rozměrové změny po opracování. Pro stabilizaci odlitků a odstranění vnitřního pnutí jsou odlitky ohřívány na teplotu 200 °C po dobu 5 hodin a poté pomalu ochlazovány v peci.

3.3.1.2 Sušící pece

Sušení vstupních surovin (písku) se provádí v pecích otápěných elektrinou, zemním plynem, případně topným olejem.

Suška písku pro přípravu jadrových a formovacích směsí ohřevem zemním plynem slouží k vysoušení písků na vstupu o vlhkosti 3 – 8 %, na výstupu cca 0 %. Písek je přiváděn do násypky, odkud se dopravuje do komory sušky písku (nad fluidní rošt). Pomocí vzduchu se dopravuje přes chladničku, kde dochází k třídění. Přesušený písek padá do podavače, odkud pomocí pseudopravy se přepravuje do betonového síla.

Sušení nátěrů na bázi vody se provádí ohřevem v sušící peci horkým vzduchem, infračervenými paprsky nebo mikrovlnami. Během sušení nevznikají problémy s emisemi. Z těchto důvodů vodní nátěry stále více vytlačují nátěry na bázi alkoholu, nicméně jejich použití čelí technickým problémům, které jsou spojeny s dodržением podmínek jakosti nátěru a podmínek pro sušení.

3.3.2 Techniky snižování emisí do ovzduší

Emise z pecí tepelného zpracování zahrnují hlavně spaliny, zvláště z pecí vyhříváných plynem a olejem. Složení spalin závisí na typu paliva. Pece vyhřívané olejem způsobují vznik emisí SO₂. Ty se nevyskytují při použití zemního plynu.

Pece pro tepelné zpracování jsou kontinuálními zdroji emisí. Hladiny emisí závisejí na spotřebě energie, stavbě hořáku a jeho údržbě, zachycování je jednoduché u žihacích pecí. Zachycování emisí v různých pecích se příliš neliší, emise jsou odsávány potrubím odpadních plynů. Obecně se žádná další úprava plynu neprovádí.

3.3.2.1 Použití čistých paliv v hořácích v pecích tepelného zpracování

Základním opatřením integrovaného procesu pro snížení emisí v hořákem vytápěných pecích pro tepelné zpracování je použití čistých paliv, např. zemního plynu, nebo paliva s nízkým obsahem síry.



Automatizované pecní operace dovolují přímou kontrolu pracovního režimu i teploty a minimalizují nadbytečnou spotřebu energie.

Sníží se vývin škodlivin založených na spalování, jako jsou CO, SO₂, NO_x.

Tyto postupy se používají u pecí pro tepelné zpracování vytápěných hořákem.

3.3.2.2 Sušící pece

Při sušení písku pro přípravu jadrových a formovacích směsí jsou omezovány zejména emise TZL. Nejčastěji jsou aplikovány textilní filtry nebo mokré hladinové odlučovače.

3.3.3 Dosahované emisní úrovně

Z údajů dostupných v REZZO 2014 jsou pro 126 zdrojů žíhacích a sušících pecí uvedeny emise pro TZL, SO₂, NO_x, CO, VOC a NH₃.

Národní legislativa (vyhláškou č. 415/2012 Sb.) stanovuje emisní limit pro SO₂ ve výši 400 mg/m³, který neplatí pro pece používající jako palivo pouze zemní plyn. Emisní koncentrace SO₂ jsou uvedeny u 16 zdrojů a v průměru jsou nižší než 13 mg/m³ (s výjimkou dvou odlehlých hodnot).

Vyhláška č. 415/2012 Sb. stanovuje emisní limit pro NO_x ve výši 400 mg/m³. Emisní koncentrace NO_x jsou uvedeny u 86 zdrojů a dosahují (s výjimkou jedné odlehlé hodnoty) v průměru 30 mg/m³.

Emisní limit pro CO je národní legislativou stanoven ve výši 800 mg/m³. Emisní koncentrace CO jsou uvedeny u 85 zdrojů a jejich průměrná hodnota je 60 mg/m³.

Monitoring emisí TZL, VOC a NH₃ není národní legislativou požadován. Emisní koncentrace TZL se u 22 zdrojů pohybují v průměru na úrovni 5 mg/m³. Emise VOC jsou uvedeny pouze u 2 zdrojů a jejich emisní koncentrace jsou 1,2 a 10,7 mg/m³. Emisní koncentrace NH₃ je uvedena pouze u 1 zdroje a to ve výši 0,3 mg/m³.



3.4 Tavení v elektrické obloukové peci (kód 4.6.3.)

3.4.1 Používané techniky a postupy

Elektrická oblouková pec je pec tavící v dávkách. Skládá se z tělesa vyzděného žáruvzdorným materiálem, které má tvar velké vany a parabolicky tvarované nistěje. Široký tvar pece dovoluje manipulovat s materiálem velkých rozměrů a vede k účinným reakcím mezi struskou a kovem. Typický průměr pláště se pohybuje od 2 do 4 m. Pec bývá přiklopena žáruvzdorným víkem, které má držák pro tři grafitové elektrody. Elektrody jsou nesený rameny, jež dovolují jejich pohyb nahoru a dolů. U většiny pecí se používá sázení přes víko. Odkloněním víka a elektrod stranou může být pec zavezena s použitím sázecího koše s padacím dnem nebo magnetem. Kovová vsázka je ohřívána elektrickým obloukem, který je tvořen třífázovým elektrickým střídavým proudem mezi třemi grafitovými elektrodami a vsázkou. Tyto elektrody jsou umístěny nad vsázkou působící jako nulový vodič.

Pec se odpichuje naklápěním a roztavený kov vytéká žlábkem. Ovladatelná dvířka umístěná naproti vylévacího žlabu umožňují stahování strusky a odebrání vzorků před odpichem.

Vyzdívka pece může být kyselá (žáruvzdorná hmota na základě SiO_2) nebo zásaditá (žáruvzdorná hmota na základě MgO). Zásaditá vyzdívka dovoluje použití téměř všech druhů ocelového šrotu. Pec může být rovněž použita pro výrobu vysoce legovaných a manganových ocelí. Pokud je použit šrot s vysokým obsahem fosforu nebo síry je pro odstranění těchto prvků obvykle přidáván vápník a vápenec. Kyselá vyzdívka by byla těmito sloučeninami napadena, proto se kyselý typ žáruvzdorného materiálu používá pro tavení šrotu s nízkým obsahem síry nebo fosforu.

Elektrické obloukové pece se téměř výhradně používají pro tavení oceli. Pouze v několika málo případech jsou aplikovány pro výrobu litiny, což vyžaduje přidávání nahličovadla do tavby. Elektrické obloukové pece, které jsou navrhovány pro účely sléváren oceli, mají rozsah kapacity od 2 do 50 tun. Mohou být provozovány přerušovaně a jsou vhodné pro široký rozsah složení oceli. Mohou natavit ocel o vysokých teplotách s časy natavení od jedné do dvou hodin. Pak je dosaženo vysoké tepelné účinnosti až 80 %¹. Spotřeba energie kolísá od 500 do 800 kWh/t roztavené oceli v závislosti na kapacitě pece, spotřebě tekutého kovu, na rafinačních postupech a na teplotách odpichu. Typický čas tavení se pohybuje v rozmezí od 1 do 4 hodin.

3.4.1.1 Tavení a rafinace v kyselé vyzděné elektrické obloukové peci

Vzhledem k chemické povaze kyselé vyzdívky (Si-Al) jsou rafinační schopnosti tohoto typu pece omezeny schopností oduhličení. Vsázce musí být kvůli přijatelnému množství síry a fosforu věnována značná pozornost, protože tyto prvky nelze kyselým procesem odstranit. Vsázka se skládá z vyváženého množství surového železa, slévárenského vratu a nakupovaného šrotu. Obsah uhlíku ve vsázce musí být takový, aby po natavení jeho hodnota 0,2 až 0,4 %.

Oduhličení začíná vháněním kyslíku do roztavené lázně, to vytváří silné míchání, během něhož je uhlík v tavenině spalován. Ve stejnou dobu je „var“ snižován pomocí FeO , spaluje se Si, vylučuje se z lázně H_2 a N_2 . Všechny nečistoty (oxidy) jsou zachyceny ve strusce. V průběhu tavení může být přidáván písek (SiO_2), aby dodal strusce správnou konzistenci. Vhánění kyslíku je zastaveno, pokud uhlík dosahuje správné koncentrace. Je přidán křemík a mangan, aby se zastavila reakce varu.

Po odstranění (stažení) strusky je tekutý kov kontrolován a upraven, je-li to potřeba. Nakonec je kov dezoxidován přidáváním hliníku, případně jiného činidla, do proudu taveniny během odpichu, aby se zabránilo tvorbě bublin CO v průběhu ochlazování. Dodatečnou rafinaci odsířením a odfosfořením lze provést v AOD nebo VODC konvertoru.



3.4.1.2 Tavení a rafinace v zásaditě vyzdéné elektrické obloukové peci

Zásaditá vyzdívka na bázi MgO umožňuje rafinovat kov v peci samotné, proto je možné zavážet pec skutečně jakoukoliv kombinací odpadu a slévárenského vratu. Tavení se zásaditou vyzdívkou se používá tehdy, pokud má odpad vyšší obsah fosforu nebo síry, než je požadováno. Odstranění fosforu z taveniny se provádí periodickým přidáváním vápna během tavení. Po vhánění kyslíku do lázně se tvoří kysličník fosforu, jenž je zachycen ve strusce společně s ostatními kysličníky kovů a nečistotami. Vápno udržuje strusku velmi zásaditou, což stabilizuje kysličník fosforu. Ve stejnou dobu je spalován uhlík. Po dostatečné době reakce je vhánění kyslíku zastaveno, struska je pak zcela odstraněna.

Odsíření se provádí v následujícím stádiu obdobným způsobem, ale při vyšší teplotě. Do taveniny se opět přidá vápno, případně vápenec. Ten reaguje se sírou a tvoří nerozpustný CaS, který je zachycen ve strusce. Periodické dodání uhlíku, hliníku nebo FeSi redukuje oxidy kovů (např. oxidy manganu, chromu), a tím minimalizuje ztráty těchto prvků z kovové lázně. Všechny ostatní nečistoty (oxidy) jsou zachyceny ve strusce a odstraněny během konečné operace stažení strusky.

Je-li to potřeba, je po rafinaci složení kovu kontrolováno. Nakonec je kov dezoxidován přidáním hliníku nebo jiných činidel do kovové lázně, před odpichem, aby se předešlo tvorbě bublin CO během tuhnutí. Jestliže to konečné složení slitiny vyžaduje, lze dále kov upravovat v AOD nebo VOD konvertoru.

3.4.2 Techniky snižování emisí do ovzduší

Škodlivé emise z tavení, z úpravy kovů obecně souvisejí s používáním přísad, paliv nebo s výskytem nečistot ve vsázce. Použití přísad pro úpravu kovů uvolňuje produkty reakce. Přítomnost nečistot (např. olej, barva, ...) v kovovém materiálu, který se používá pro přetavení, může potenciálně způsobit vznik zplodin neúplného spalování a TZL. Rovněž jakékoliv uvolněné TZL mohou obsahovat kov a oxidy kovu. Vypařování prvků za vysokého tlaku par se objevuje během tavení a malé částčky kovu unikají z lázně.

Emise elektrických obloukových pecí pocházejí ze vsázky, tavení a rafinace, vznikají rovněž během odpichu pece.

Během sázení se z otevřené pece emituje prach a další nečistoty. Při zavážení horké pece (při tavení s roztaveným základem) se jakékoliv hořlaviny jako je tuk, barva nebo olej zapalují, vzniká kouř ze spalin, zvláště z organických materiálů a z prachových částček. Také mechanická abraze vyzdívky pece vytváří dodatečný prach.

Během tavení a ohřevu kovové vsázky se vytváří dým kysličníku kovu, který se významně zvyšuje během oduhličování. Vháněním plynného kyslíku do roztaveného kovu se vyvíjí množství dýmu oxidu železa, jenž opouští pec jako rudý dým. Přidávky struskotvorných materiálů zvyšují emise pece, ale pouze v malém množství, a to krátkodobě.

Emise lze zaznamenat i během přelévání roztaveného kovu do pánve nebo udržovací pece.

Emise ze samotných tavicích operací se nazývají primární emise. Dýmy a prach jsou sekundárními emisemi, pocházejí ze vsázky a vznikají při odpichu.

Budeme-li posuzovat množství emisí, různé zdroje prachu a emise dýmu, jak je popsáno výše, zjistíme velké rozdíly mezi jednotlivými slévárnami. Tyto rozdíly jsou ovlivněny čistotou vsázkového materiálu, použitým postupem sázení, složením vsázky, rafinačními úpravami a přísadami do tavby. Protože se v peci nespalují žádná paliva, emise závisí výhradně na těchto parametrech.



Podíl vylučovaných částic, jak je znám z literatury, kolísá od 2 do 20 kg/t železné vsázky s průměrem 5 až 8 kg/t. Nejvyšší poměr emisí je zaznamenán na začátku tavicího cyklu, během úpravy oduhličení a v průběhu vsázení.

Složení vylučovaných pevných částic závisí v první řadě na jakosti oceli, která se vyrábí. Například nízkolegovaná ocel netvoří emise, které obsahují chrom nebo nikl, zatímco vysokolegované oceli ano. Jiným důležitým faktorem je jakost kovového odpadu. Tavení galvanizovaného ocelového vratu vede k podstatným emisím zinku a jeho oxidů.

Použití vhodného zakrytování pece dovoluje zachytit až 98 % pecního plynu. Zachycený plyn je potom čištěn, obvykle použitím textilního filtru. To redukuje emise částic na úroveň menší než 20 mg/m³.

Viditelné dýmy jsou emitovány během sázení do horké pece a při začátku tavicího cyklu. Dostupná literatura neříká nic o množství a složení těchto sekundárních emisí. Povaha dýmu je opět závislá na čistotě sázeného materiálu s ohledem na jeho obsah oleje, tuku, barvy a jiných organických látek.

Elektrické obloukové pece se používají hlavně pro tavení oceli. V první řadě vytváří emise tuhých částic a plynné složky jako oxidy dusíku, oxid uhelnatý a organické sloučeniny. Organické sloučeniny závisejí na množství nečistot ve vsázce. Suroviny použité jako vsázkový materiál jsou ve slévárně tříděny tak, že obvykle neobsahují materiály, které mohou produkovat dioxiny. Organické sloučeniny jsou rozkládány na neškodné produkty, když je kovový odpad přehříván.

Hladina tuhých částic je obvykle než 10 mg/Nm³, je-li použit tkaninový filtr. Mokré čištění udává emise tuhých částic nižší než 25 mg/Nm³.

Elektrické obloukové pece dovolují úpravu tavby a legování, jestliže jsou provozovány se zásaditou vyzdívkou. To umožňuje použití i znečištěného šrotu jako suroviny pro tavení, jestliže je zavážen šrot, který obsahuje organické sloučeniny nebo sloučeniny chloru. Během ochlazování proudu kouřových plynů se tvoří dioxiny. To může být ten případ, kdy se používá šrotu např. z elektronického vybavení, transformátorů nebo drcených vozidel. Elektrická oblouková pec s kyselou vyzdívkou nedovoluje úpravu kovu, a proto je možnost vsázkování kontaminovaného vratu omezená. To také snižuje riziko tvorby dioxinu.

3.4.2.1 Sběr odtahových plynů

Vylučující se tuhé částice z elektrické obloukové pece jsou velmi jemné a je obtížné zachytit je. Instalace systému zachycení částic a dýmu na elektrické obloukové peci je nejobtížněji řešitelný problém. Existuje několik metod, které mají různé výhody a nevýhody.

Zákryt upevněný na víku je umístěn na víku pece a sbírá dým přes mezeru mezi pláštěm pece a víkem. Je zachycován dým vystupující z pracovních dvírek a také z odpichového otvoru. Zákryty montované na víko jsou velmi těžké a bývají deformovány teplem. Jestliže se zákryty instalují na existující elektrické obloukové pece, mohou vzniknout problémy kvůli zvýšenému zatížení zvedacího a otočného mechanismu víka. Typická rychlost odsávaného množství plynů je 7 500 až 15 000 Nm³/t.

Zákryt bočního odtahu je namontován na pecní víko a sbírá dýmy emitované přes průchody elektrod. Klapky usměřují proud vzduchu směrem ke krytu. Dále se používají zákryty nad pracovními dvířky a nad odpichovým otvorem pro zachycení emisí v těchto místech. Ve srovnání se zákryty namontovanými na víko jsou zde vyšší rychlosti odsávání, protože pro zachycení dýmu je nutná velká



rychlost odtahu plynu. Pokud by se nenamontovalo přiléhající těsnění je možno očekávat některé úniky polutantů do atmosféry závodu. Bylo hlášeno, že zákryty bočního odtahu zvyšují spotřebu elektrod.

Přístřešek: Velký odtahový zákryt je umístěn nad celou pecí, nad sázecím systémem. To vytvoří velkou mezeru mezi pecí a odtahovým systémem, u kterého je obtížné odsávat vystupující kouř a prach i při vysoké rychlosti odsávání. Křížový tah může vážně porušit účinnost sběru. Tyto nevýhody způsobují, že jsou tyto sběrné systémy nevýhodné.

Odsávání přímo z pece nebo „čtyřmi otvory“: Dýmy jsou sbírány přes vodou chlazený nebo žárovzdorně vyzdřený rozvod, který je spojen se čtyřmi otvory ve víku pece. Okolní vzduch je nasáván přes připojený rozvod, a tak je dodáván kyslík pro hoření plynného CO v neředěných a horkých odtahových plynech. Tím se zabrání explozi v systému sběru tuhých částic (prach, dým). Spalovací komora dosahuje velkých rozměrů, aby se zaručilo dostatečné spalování ve všech stádiích tavicího cyklu. Spálený plyn (900 °C) je chlazen ředěním s okolním vzduchem, vstřikováním vody, výměníky tepla (vodní pláště), nebo použitím dlouhého vedení. Tento chladicí proces je potřebný pro ochranu zařízení odlučovače. Použití řídicího systému tlaku v peci dovoluje relativně malou rychlost odběru pece – 2000 až 4000 Nm³/tunu. Spotřeba elektrod je obecně vyšší, je způsobena oxidací.

Částečné uzavření pece: Kolem pece a odpichového otvoru jsou upevněny mobilní nebo pevné zákryty. Zákryty kolem pece jsou instalovány tak, aby umožnily sázení a odpich. Zákryty kolem odpichu jsou vybaveny mobilním zákrytem a bočními stěnami pro stejný účel. Odtahové plyny jsou sbírány přes hlavní odpadové potrubí na vrcholu víka za pomoci ventilátorů uvnitř potrubí, které vedou prachy a dýmy k odtahu. S těmito typy je možno dosáhnout účinnosti sběrného systému až 98 %.

Úplné uzavření pece sestává z velké pevné odsávané místnosti obklopující tavicí pec a licí jámu. Zákryt je vybaven pohyblivým víkem, nebo bočními panely, které jsou přizpůsobeny k sázení i k odpichu. Tento postup také představuje provozní obtíže kvůli vysokým teplotám a hladině hluku uvnitř místnosti, nicméně výhody zahrnují nízkou vnější hladinu hluku a nízkou spotřebu energie. Spotřeba energie se odhaduje o 30 až 50 % nižší než u energie spotřebované pro přístřešek

Zachycování spalin dovoluje řízené odsávání a úpravu proudu spalin, výsledkem je minimalizace jak volně unikajících, tak odvedených emisí.

Výše uvedené postupy jsou použitelné pro všechny nové a existující elektrické obloukové pece s následujícími omezeními:

- při instalaci pevného zákrytu víka na existující pec mohou vzniknout problémy z důvodu zvýšeného konstrukčního zatížení otáčecího mechanismu při zvedání víka,
- přímé odsávání pece použitím čtyř otvorů je omezeno na velké elektrické obloukové pece, protože víko musí být dost velké, aby se přizpůsobilo čtyřem otvorům bez jakéhokoliv konstrukčního zeslabení; postup se nedá použít pro tavení litiny, protože vstupní proud vzduchu generuje zvýšenou oxidaci uhlíku.

Konstrukce a montáž přístřešku nad dvěma elektrickými obloukovými pecemi (s kapacitou 8,5 tuny) zahrnují investice 275 000 EUR (ceny rok 1996), včetně nákladů na další přestavbu potrubí a odlučovacího systému.



3.4.2.2 Čištění odsávaného plynu

Systém čištění plynů pro spaliny v mnoha případech u elektrických obloukových pecí vyžaduje vysokou účinnost, protože velikost částic je malá. Pro odprášení odsávaných plynů se používají suché tkaninové filtry. Proudové Venturiho odlučovače nebo desintegrátory se užívají méně vzhledem k jejich vysoké energetické spotřebě. Úprava vody před likvidací je nezbytná, je třeba také likvidovat mokré odfiltrované břečky. Tkaninové odlučovače se na rozdíl od elektrostatických filtrů používají častěji, zejména s ohledem na kolísání teploty plynu ve velkém rozsahu a koncentraci znečišťujících látek v odsátých plynech.

Jestliže se rozhodneme pro tkaninový filtr, je třeba dbát zvýšené opatrnosti, aby se filtr ochránil prostřednictvím cyklonů nebo multicyklonů, které jsou odolné vůči vysokým teplotám.

Zařízení pro chlazení plynu: Zde jsou odsáté plyny chlazeny ředěním s okolním vzduchem, vstřikováním vody, výměníky tepla nebo použitím dlouhého rozvodu. Vstřikování vody má tu další výhodu, že rychlé ochlazení odsátých plynů zabrání rekombinaci jakýchkoliv částečně spálených organických složek, což vede k čistším emisím. Systém chlazení vyžaduje účinný řídicí systém, aby se zabránilo plynům, které jsou příliš horké, vstupovat do textilních filtrů.

Instalaci nové sběrné a filtrační jednotky ve stávající slévárně používající dvě tavicí pece (obě s výkonem 8,5 t/h) se emise prachu snížily z 10 – 13 kg/h a ze 145 – 150 mg/Nm³ na 0,2 – 0,25 kg/h a 2,8 – 2,98 mg/Nm³. Došlo zde rovněž k výraznému snížení difúzních emisí z taviřny.

3.4.3 Dosahované emisní úrovně

Z údajů dostupných v REZZO 2014 jsou pro 18 zdrojů elektrických obloukových pecí uvedeny emise TZL, SO₂, NO_x a CO.

Emisní limit pro TZL je dle národní legislativy (vyhlášky č. 415/2012 Sb.) 20 mg/m³. Emisní koncentrace jsou uvedeny u 10 zdrojů a pohybují se většinou výrazně pod 10 mg/m³ (v průměru 2 mg/m³).

Monitoring emisí SO₂ není národní legislativou požadován. U emisí SO₂ jsou emisní koncentrace uvedeny pouze u 3 zdrojů a pohybují se v širokém rozmezí 0,05 až 66,3 mg/m³.

Emisní limit pro NO_x je dle národní legislativy 400 mg/m³. Emisní koncentrace NO_x jsou uvedeny u 10 zdrojů a dosahují v průměru 10 mg/m³.

Emisní limit pro CO je dle národní legislativy 1000 mg/m³. Emisní koncentrace CO jsou uvedeny u 10 zdrojů a dosahují v průměru méně než 150 mg/m³.



3.5 Tavení v elektrické indukční peci (kód 4.6.4.)

3.5.1 Používané techniky a postupy

Indukční pece se používají pro tavení jak železných, tak i neželezných kovů. Existuje několik typů indukčních pecí, ale všechny pracují na principu využití silného magnetického pole, které se vytváří průchodem elektrického proudu cívkou, jež je umístěna kolem kelímku pece. Magnetické pole tvoří napětí a následně elektrický proud v kovu, který má být nataven. Elektrický odpor kovu produkuje teplo a to taví kov. Indukční pece se vyrábějí ve velkém rozsahu velikostí. Protože neexistuje kontakt mezi vsázkou a nosičem energie je indukční pec vhodná pro tavení oceli, litiny a neželezných kovů ve všech vhodných vyzdívkách.

Dobrá funkčnost obvodu vodního chlazení je pro prevenci přehřívání cívky zásadní. Vodní chladicí systémy jsou proto navrhovány tak, aby zajišťovaly nejvyšší úroveň spolehlivosti.

3.5.1.1 Indukční kelímková pec – vysokofrekvenční

Indukční kelímková pec (bez jádra) je pec tavící po dávkách, sestávající z vodou chlazené měděné cívky, uvnitř je pak kelímek vyzdřený žáruvzdornou vyzdívkou. Vnější strana je izolována a kryta ocelovým pláštěm. Tělo pece je upevněno v rámu vybaveném naklápěcím mechanismem. Indukční kelímková pec je žáruvzdorně vyzdřená pec tvaru hrnce s otevřeným vrškem pro zavážení a stahování strusky.

Podle kapacity se pec zaváží zdvihovým magnetem nebo vibračním dopravníkem. Velké množství sléváren používá indukční pece pro výrobu relativně malého množství taveniny s různým chemickým složením. Kapacity pecí dosahují od 10 kg do 30 tun. Do cívky se elektrickou sítí přivádí střední nebo vysoká frekvence střídavého proudu (50, 250, příp. 1 000 Hz).

V závislosti na instalovaném výkonu a praxi tavení může tepelná účinnost převyšovat 80 %, obvykle se pohybuje mezi 60 a 70 %. Jestliže budeme brát v úvahu elektromagnetický výkon, bude výsledná hodnota 15 – 20 %. Ve srovnání s ostatními typy pecí je účinnost indukční pece podstatně nižší.

Indukční pece bez jádra mohou být navrženy pro provoz při jakékoliv frekvenci od 50 Hz výše. Indukční ohřev tekutého kovu způsobuje míchací efekt. Čím je nižší frekvence primárního proudu, tím je míchání intenzivnější. Proto pracují pece v hlavní frekvenci při 50 nebo 60 Hz, neboť turbulence je větší než v peci provozované při frekvenci vyšší. Z důvodu vysoké turbulence je vstupní výkon k hlavní frekvenci omezen na cca 250 kW na tunu kapacity. S vyššími frekvencemi může být hustota příkonu zvýšena třikrát až čtyřikrát nad tuto úroveň.

Frekvence provozu také ovlivňuje propustnost proudu. Čím vyšší je frekvence, tím nižší je hloubka průniku indukovaného proudu. To má vliv na minimální velikost kusů vsázky a na velikost pece. Pece s frekvencí 50 Hz nejsou použitelné při kapacitách pod 750 kg. Kusy vsázky menší než 10 mm v průměru mohou být ohřáté při 10 kHz, takže lze užít pece o kapacitě 5 kg. Dostupnost spolehlivých měničů frekvence dovoluje vývoj aplikací specifických jednotek.

Frekvence jsou obvykle omezeny na 250 až 350 Hz (v případě různých frekvencí), protože při vyšších frekvencích není homogenizace kovu dostatečná. Vyšší frekvence se užívá ve specifických případech a dále u velmi malých pecí.

Pro provoz indukčních pecí bez jádra jsou podstatné systémy vodního chlazení. Chlazení cívky chrání jak cívku, tak i izolaci proti tepelnému poškození nejen během normálního provozu, ale také v době chlazení, kdy je přívod elektrické pece odpojen a pec vyprázdněná. Používá se několik typů chlazení,



a to s uzavřeným okruhem s výměnou tepla nebo s otevřeným vypařovacím systémem. Dostupnost tohoto chladicího systému otevírá možnosti pro interní obnovu energie.

Indukční kelímkové pece (bez jádra) se používají pro tavení a nemohou být použity k rafinaci, proto musí být indukční pec ve slévárnách oceli zavezena surovinami „vhodného“ chemického složení odpovídajícího požadovanému složení tavenin. Z tohoto důvodu se většinou používá ocelový šrot. Je-li to nezbytné, může být kov rafinován po tavení v AOD konvertoru nebo ve speciální pánvi, která je určena k jeho úpravě.

Pece s velkým výkonem dovolují tavení metodou „odpichu a vsázky“. Pec je po odpichu zcela vyprázdněna a zavezena studeným materiálem pro zahájení dalšího tavicího cyklu. Metoda „roztaveného základu“ se používá při nízké frekvenci (hlavní frekvence) pecí a tam, kde je přibližně jedna třetina taveniny vylita do pánve před přidáním studeného materiálu. Použitím poslední zmíněné metody u pecí s nízkou frekvencí zvyšuje se významnou měrou rychlost výroby, protože dochází k lepšímu elektromagnetickému spojení mezi taveninou a cívkou ve srovnání s menší hustotou pevné (studené) vsázky.

Ocel obsahující více než 0,2 % reaktivních prvků Al, Ti a Zr, nemohou být taveny v oxidačním prostředí, jako je vzduch. Vyžadují inertní atmosféru nebo metodu tavení a odlévání ve vakuu. Lze toho dosáhnout umístěním indukční pece ve vakuu nebo ve vzduchotěsné komoře. V prostředí vakua se zajistí velmi dobré odplynění taveniny. Vysoce oxidovatelné prvky jsou přidány do vakua nebo se nasypávají za přítomnosti inertního plynu.

Indukční pece jsou vynikajícími tavicími jednotkami, ale jsou méně účinnými udržovacími pecemi. Pokud jsou použity pro tavení, je natavený kov ihned po dosažení požadované teploty přemístěn do účinné udržovací pece. Mnoho typů indukčních kelímkových pecí (bez jádra) se vyrábí v provedení s pevným nebo vyjímatelným kelímkem.

Výhody

- vyšší flexibilita ve vyráběných slitinách a v režimu tavení, je to ideální tavicí postup pro zakázkovou slévárnu a speciální slitiny,
- krátké časy tavení,
- nižší zatížení životního prostředí způsobené slévárnou,
- malá údržba závisující na životnosti žárovzdorné vyzdívky,
- dobré řízení procesu, podpora počítačem a plně automatický provoz, který činí řízení teploty optimální,
- maximální možná tepelná účinnost, jsou-li parametry postupu kalkulovány a nastaveny pro konkrétní použití,
- intenzivní míchání v lázni vytváří taveninu homogenní,
- zavážení vsázkou, odebrání vzorků a stahování strusky, udržování tekutého kovu (i když s nízkou účinností).

Nevýhody

- z důvodu monopolu místního dodavatele elektřiny je provozovatel plně závislý na podmínkách připojení místní elektrické sítě, na energetických nákladech, na možných vedlejších nákladech (řízení špičky, atd.),
- náklady na energii jsou mnohem vyšší než náklady na fosilní paliva,
- čištění tavby v indukční peci je omezeno z důvodu malého množství strusky a relativně malého kontaktu mezi struskou a taveninou, to vyžaduje použití vysoce jakostní, a tím i mnohem dražší vsázky než je tomu u kuplovny nebo u elektrické obloukové pece,



- instalace vyžaduje nákladnou investici, ačkoliv provozovatel může ušetřit dodatečné investice na ochranu životního prostředí, čisté náklady na tunu instalovaného obsahu pece jsou asi 375 000 EUR,
- ostatní tavicí postupy jsou vhodnější pro kapacity > 15 t/h, podle vyráběné slitiny je možné zvolit horkovětrnou kuplovnu nebo elektrickou obloukovou pec,
- pec má nízkou účinnost během udržování roztavené slitiny z důvodu ztráty tepla ve vodou chlazené cívce.

3.5.1.2 Kanálková indukční pec

Tento typ pece se používá především pro účely udržování taveniny, i když může být používán i jako kombinovaný agregát pro tavení a udržování.

Kanálková indukční pec se skládá z velké, tepelně izolované vany, která je vybavena izolovaným vrchním víkem pro zavážení vsázky. Dno má jeden nebo několik kanálků ve tvaru písmene U. Kolem těchto kanálků je vodou chlazená indukční cívka, jež ohřívá kov a způsobuje jeho cirkulaci. Indukční proud má frekvenci místní elektrické sítě. Pec je upevněna v hydraulickém výklopném rámu pro odpich a údržbu. Používají se také pece, které nejsou naklápěcí i pece přetlakové.

Aby byl umožněn provoz v peci, je třeba ponechat minimální množství roztaveného kovu uvnitř kelímku a kanálu. Kelímek má být naplněn minimálně do jedné třetiny své kapacity. Obvykle se uvádí dvě hodnoty, pokud se definuje kapacita udržovací pece a to celková kapacita a užitečná kapacita například 60/35 tun. Rozdíl mezi těmito dvěma hodnotami představuje množství kovu, které musí zůstat v peci.

Tepelné ztráty způsobené chladicí vodou a stěnami pece jsou nízké ve srovnání se ztrátami v indukční peci bez jádra. Pec vybavená licím kanálem na čajníkovém principu dovoluje snížit oxidaci tavby a opotřebení vyzdívky.

Kvůli velkému obsahu kelímku jsou jakékoliv změny ve složení taveniny eliminovány. Tento princip je v rozporu s flexibilitou pece, kdy změna na jiné složení taveniny vyžaduje dlouhou dobu. Prakticky je natavené složení udržováno na stejné hodnotě.

Kanálková indukční pec má hlavní uplatnění jako udržovací pec ve slévárnách slitin železa. Je to také pec pro výběr duplexu s kuplovkami. Kapacita kolísá mezi 5 a více než 100 tunami. Udržovací pec slouží pro vyrovnání potřeby kovu mezi tavírnou a formovnou. Pokud uvažujeme o použití udržovací pece, je velmi důležité mít celkový pohled na slévárnu. Pro dosažení požadovaných hodnot mohou existovat nákladově efektivnější a energeticky účinnější metody. Před tím, než se rozhodneme, je rozumné prozkoumat pečlivě všechna možná řešení. Pro odlévání hliníku se zřídka bude používat kanálkový typ pece z důvodu obtížného udržování průchodnosti kanálu a pro aktuální potřeby úpravy zůstatkové taveniny.

Pokud budeme rozhodovat o velikosti kanálkové pece, je důležité, abychom vzali v úvahu požadavky na objem výroby. Výběr menší pece může být i výhodnější, i když je menší pec méně efektivní, protože ztráta účinnosti je nahrazena její sníženou roční spotřebou elektrické energie ve srovnání s pecí větší.

Výhody

- vysoká tepelná účinnost, proto se používá jako udržovací pec,
- minimální propal legujících prvků,
- nenáročná údržba.



Nevýhody

- v peci musí být udržováno minimální množství taveniny, aby byla garantována správná funkce pece,
- pec nemůže provádět studený start z důvodu omezené hustoty elektromagnetického výkonu, jakého může být v cívce dosaženo,
- je obtížné sledovat opotřebení kanálu,
- existuje potenciální nebezpečí náhodného průsaku z důvodu umístění indukční cívky ve dně,
- je obtížné předejít kontaktu mezi chladicí vodou a kovem.

3.5.2 Techniky snižování emisí do ovzduší

Škodlivé emise z tavení, z úpravy kovů obecně souvisejí s používáním přísad, paliv nebo s výskytem nečistot ve vsázce. Použití přísad pro úpravu kovů uvolňuje produkty reakce. Přítomnost nečistot (např. olej, barva, ...) v kovovém materiálu, který se používá pro přetavení, může potenciálně způsobit vznik zplodin neúplného spalování a TZL. Rovněž jakékoliv uvolněné TZL mohou obsahovat kov a oxidy kovu. Vypařování prvků za vysokého tlaku par se objevuje během tavení a malé částčky kovu unikají z lázně.

V indukční kanálkové peci není spalováno žádné palivo ani uhlí a neprovádí se žádný rafinační proces. Emise jsou výhradně závislé na čistotě a složení vsázkového materiálu. Rozlišují se dvě kategorie emisí. První a hlavní kategorie se vztahuje k čistotě vsázky, tj. rzi, nečistotám, slévárenskému písku, oleji, galvanizovanému nebo pájenému kovu. To jsou všechno prvky, které dávají vzniknout emisím, tj. prachu a dýmu (organickému nebo kovovému). Druhá kategorie emisí se vztahuje k chemickým reakcím při vysokých teplotách, a to při úpravě složení kovu nebo při jeho udržování. Vzniká metalurgický dým z oxidace.

Emise způsobuje žárovzdorná vyzdívka (kyselá na bázi SiO_2 , neutrální Al_2O_3 , nebo na alkalické bázi MgO), kvůli ní se mohou objevit emise malého množství částček prachu.

Je obtížné obdržet reprezentativní údaje o emisích, které mají příčinu v nečistotě vsázky. Znečištění vsázky je hlavním zdrojem emisí a je v každé slévárně odlišné.

Tavení litiny a oceli v indukčních pecích produkuje ve srovnání s kuplovnou nízké emise. Předchází se zde emisím, které pocházejí z fosilního paliva. Použitím speciálních záchytných systémů, jako je boční odtah, pohyblivá víka a částečné zakrytí pece je účinnost zachycení plynů a tuhých částic (spalin) až 95 %. Čištění spalin se provádí hlavně použitím suchých systémů. Tím je možné dosáhnout úrovně emisí pod 5 mg/Nm^3 .

Zavážení zaolejovaného vratu nebo třísek do studené pece vede od začátku tavení k přítomnosti organických par v odcházejícím plynu, které nebudou spáleny. Přidání tohoto druhu kovového odpadu do roztavené lázně (praxe roztaveného zbytku) může být velmi nebezpečné, protože se mohou v kovové lázni projevit malé exploze, které mohou způsobit rozstřík kovových kapek a jisker mimo pec.

Indukční pece vykazují snížené emise NO_x a nižší riziko tvorby dioxinu.

3.5.2.1 Sběr odtahových plynů

Při instalaci odtahového sběrného systému na indukční pec bez jádra je nejobtížnějším problémem vyřešit zachycení kouře a tuhých částic, protože zde neexistuje odtahová šachta. V poslední dekádě se používá několik metod, každá má výhody i nevýhody.



Celkové větrání pracoviště: Používá se kombinace na stěnu namontovaných žaluzií a střešních ventilátorů, které jsou umístěny nad plošinou pece, tím se zvyšuje přirozená ventilace kouře a dýmu, jejich přímé odvětrání do okolí. S přepážkami zavěšenými ve střeše, které mají vysoký odpor odtahu, je účinnost často špatná a dochází ke snadnému rušení průvanem.

Odsávání přístřeškem: Protože nízko umístěný kryt překáží systému zavážení pomocí jeřábu, musí být nad ním instalovány větší kryty. Tyto přístřešky vytvářejí velké spáry mezi pecí a odsávacím systémem a to ztěžuje řízení stoupajícího kouře a dýmu, i když se využije velkých odsávacích výkonů. Příčný proud vzduchu (průvan) může vážně narušit účinnost systému. Tyto nevýhody dělají sběrné systémy neatraktivními.

Odklopné boční zákryty jsou účinnější, pokud jsou aplikovány ve spojení s vibračním podavačem. Výřezy v zákrytu umožňují sázení. Během odpichu je zákryt odsunut nad pánev, a dovoluje tak účinné odsávání dýmu.

Boční odtahové zákryty: Umístění odsávacího zákrytu vedle pece nabízí výhodu dobrého přístupu k peci a nepřekáží sázečím systémům. Z důvodu vysokého vztlaku odsávaných plynů se dosahuje účinného odsávání, zvláště když je zákryt umístěn mimo plošinu pece. V tomto případě je však řízení odsávání během odpichu špatné. Přístavek k peci tento problém řeší, ale může překážet při sázení. Účinnost se může zlepšit instalací vzduchových trysek na opačné straně krytu, které foukají tuhé částice a dýmy do krytu. Tato zařízení jsou neúčinná, pokud je proud vzduchu jakkoliv rušen, což je případ vsázení.

Odsávání přes hubičku: Na vrcholu pece je umístěn sací kroužek tak, že se pohybuje s pecí během stahování strusky, nebo při odpichu. Tento systém nepřekáží při sázení. S uzavřeným víkem nabízí odsávání přes hubičku velmi dobré řízení odsávání, protože je co nejbližší emisnímu zdroji. Dýmy neprocházejí přes dýchací zónu operátorů pece. Nicméně řízení odsávání se podstatně snižuje, pokud je víko pece otevřené, například během vsázení.

Odsávání přes víko: Plyn je odsáván přes víko pece. Tento způsob je velice účinný. Je používán většinou výrobci pecí. Odsávání se řídí podle režimu pece: tavení, vsázkování, odlévání.

Pozornost musí být věnována materiálu používanému pro zákryty a rozvody, protože plyny mohou mít vysoké teploty. Jedná se zejména o případy, kdy je vstup sběrného systému blízko pece. Při návrhu je třeba počítat s ohřevem radiací a konvekcí z roztavené kovové lázně. Řádná údržba ve spojení s čidly teploty snižuje riziko požáru.

Důležitou roli hraje čistota šrotu. Pokud šrot obsahuje organickou hmotu, může se teplota odsátého plynu zvýšit spalováním tohoto materiálu. To si vyžaduje použití žárovzdorné oceli, nebo dokonce žárovzdornou vyzdívkou sběrného zařízení. Olejové nánosy, které se tvoří kondenzací olejových par v potrubí, tím akumulují tuhé částice. Pokud se pravidelně neodstraňují, mohou být příčinou nebezpečí zakouření. Při užití čistého šrotu se používá nízkouhlíkatá ocel a není potřeba mít zajištěn přístup pro čištění potrubí a zákrytů.

Zachycení plynu dovoluje řízené odsávání i úpravu proudu plynu, výsledkem je minimalizace jak volně unikajících, tak odvedených emisí.



Instalace zařízení pro zachycení emisí zplodin tavení je použitelná ve všech nových a existujících instalacích indukčních pecí ve slévárnách železných kovů.

3.5.2.2 Čištění odsátého plynu

Systémy čištění plynu pro spaliny indukční pece musí být účinné, protože rozměr částic, které je třeba zachytit, je malý. Častěji se používají tkaninové filtry než elektrostatické odlučovače. Jsou vhodnější pro kolísání teplot plynu ve velkém rozsahu a koncentrací částic a také ve velkém rozsahu v odsátých plynech.

Při použití tkaninových filtrů je třeba dbát opatrnosti, pokud se týká přítomnosti oleje ve šrotu, protože olejové páry mohou kondenzovat na tkanině filtru. Zde mohou zalepovat póry a způsobit, že odstranění přilnutých tuhých částic je nemožné. Existuje také nebezpečí požáru. Rychlá ztráta tlaku systému, pokud se průduchy zalepí, snižuje výkon odsávacího zařízení. Proto, aby se zabránilo znečištění okolí pece, musí být média filtru měněna nebo regenerována (vyprána) častěji než u použití čistého šrotu. Použití textilie s povlakem nebo injektáž vápna do potrubí před filtrem může být řešením tohoto problému. Dále, jestliže se olejové páry spalují ve vedení, musí být proces spalování dostatečně pomalý, aby došlo k dobrému spálení olejových par, než páry vstoupí do skříně filtru. Teplota plynu nesmí přesáhnout navrženou teplotu textilie, v tomto případě by bylo třeba plyny ochlazovat.

Používané mokré odlučovače mají vysokou spotřebu energie (Venturi), protože uhlíkatý metalurgický dým sestává z velmi malých částíček. Tyto odlučovače vyžadují značný příkon ventilátoru, aby se tvořila dostatečná turbulence v odlučovači pro sběr částic. Proud odtahovaných plynů je proto udržován na minimu a s menším vstupem okolního vzduchu. Za normálních podmínek zde není problémem koroze. Jestliže jsou však do vsázky přidávány třísky, které obsahují kapaliny, je třeba zjistit, zda některé z těchto kapalin neobsahují síru, což by mohlo vést k tvorbě SO_2 . To by mohlo vyvolat problémy v zařízení, protože absorpce SO_2 v odlučovači vede k okyselení vody a eventuální korozi zařízení, pokud se voda slévárenskou technologií neupraví.

Tento postup je použitelný ve všech nových a existujících instalacích indukčních pecí ve slévárnách železných kovů.

3.5.3 Dosahované emisní úrovně

Z údajů dostupných v REZZO 2014 jsou pro 82 zdrojů elektrických indukčních pecí uvedeny emise TZL, SO_2 , NO_x , CO a VOC.

Emisní limit je dle národní legislativy (vyhlášky č. 415/2012 Sb.) stanoven pouze pro TZL a to ve výši 20 mg/m^3 . Emisní koncentrace jsou uvedeny u 68 zdrojů a v průměru se pohybují na hranici 3 mg/m^3 (s výjimkou jedné odlehle hodnoty).

Monitoring emisí SO_2 , NO_x , CO ani VOC není národní legislativou požadován. U emisí SO_2 jsou emisní koncentrace uvedeny u 9 zdrojů a nepřevyšují 10 mg/m^3 . Emisní koncentrace NO_x jsou uvedeny také u 9 zdrojů a kolísají od 0,47 do 35 mg/m^3 . Emisní koncentrace CO jsou uvedeny rovněž u 10 zdrojů a dosahují maximálně 45 mg/m^3 . Emisní koncentrace VOC jsou uvedeny pouze u 2 zdrojů a dosahují hodnoty $13,4 \text{ mg/m}^3$.



3.6 Kuplovný (kód 4.6.5.)

3.6.1 Používané techniky a postupy

3.6.1.1 Studenovětrná kuplovna

Kuplovna je šachtová pec s žáruvzdornou vyzdívkou, kde je kovová vsázka ohřívána spalováním koksu. Spalovací vzduch dodávaný ventilátory je vháněn do nístěje dmyšnami. Věmec dmyšen a řídicích ventilů dovolují kontrolu a dodávku spalovacího vzduchu do šachty pece. Kov (surové železo, ocelový šrot, zlomková litina, slévárenský vratný materiál), koks, legující prvky (FeSi, SiC), činidla tvořící strusku (SiO_2) a tavidla (např. CaCO_3) jsou dodávány sázecím otvorem do horní části šachty. Spalovací plyny proudí vzhůru od dmyšen a předávají teplo vsázce před tím, než opustí pec komínem kuplovný.

Když přehřátá vsázka dosáhne spalovacího pásma, kovové části se začnou tavit vysokým teplem a za přítomnosti kyslíku začne hořet vsázkový koks. Roztavený kov teče v kapičkách koksovým ložem a shromažďuje se v místě zvaném nístěj, jež je pod spalovacím pásmem. Všechny nečistoty jsou zachyceny ve strusce, která je tvořena SiO_2 , CaO , Al_2O_3 a FeO . Tavicí činidla snižují bod tavení a viskozitu strusky. Struska má nižší hustotu a plave v nístěji na hladině roztaveného kovu. Jakmile tekutý kov v nístěji dosáhne určité hladiny, otevře se odpichový otvor, kov vytéká odpichovým otvorem, tj. kanálem vyzděným ohnivzdornou vyzdívkou případně odpichovým žlabem do samostatného předpeci nebo pánve. Může být souvisle veden přímo do udržovací pece.

Struska se vypouští zvlášť, její výpusť je umístěna v horní úrovni. Sbírá se v nádobách souvisle, granulace se ve vodním proudu nebo ve speciálním zařízení pro suchou granulaci.

Tato konfigurace kuplovný se nazývá studenovětrná kuplovna (SVK). Je to kuplovna používaná pro dmýchání vzduchu, který je nasáván z atmosféry při normální teplotě prostředí.

Pro snížení emisí CO a zvýšení energetické účinnosti je možné uvažovat o změně na horkovětrnou kuplovnu. Pro středně velké slévárny, které zpracovávají méně než 2000 tun dobrých odlitků za měsíc je obtížné uvažovat používání horkovětrné kuplovný, protože ta vyžaduje vysoké investice. Horkovětrné kuplovný jsou zpravidla používány pro nepřetržité tavení. Náklady provozu jsou příliš vysoké. Náklady provozu jsou příliš vysoké a u některých typů výroby (jako jsou smaltované litinové odlitky, kuchyňské zboží, ohřívací zařízení, závaží apod.) je výhodnější studenovětrná kuplovna než kuplovna horkovětrná. Tyto typy odlitků dovolují používat velké množství zlomkové litiny ve vsázce, což je vsázkový materiál stále rozšířený v zemích staré průmyslové Evropy. Tento vsázkový materiál velmi vyhovuje studenovětrné kuplovně.

Výhody

- náklady na investice jsou 125 000 – 150 000 EUR na tunu instalovaného výkonu za hodinu, včetně instalace odprášení,
- možnost použití různých druhů levného šrotu díky rafinačním a nauhličovacím operacím,
- tepelná účinnost je přijatelná, jestliže jsou využity vhodné prostředky.

Nevýhody

- výrobní režim není flexibilní,
- obtížné řízení produkce z důvodu pomalosti systému,
- drahá vsázka se surovým železem, malý podíl ocelového odpadu,
- pomalá změna složení litiny,
- nasíření kovu v kuplovně,



- zatížení životního prostředí způsobené slévárnou, tj. větším množstvím prachu, strusky a žáruvzdorné vyzdívky,
- potřeba instalace rozsáhlého zařízení pro odprášení velkého množství spalin o vysoké teplotě.

3.6.1.2 Horkovětrná kuplovna

Pro optimalizaci účinnosti kuplovny se musí spalovací vzduch předehřát. Tento postup se používá v horkovětrné kuplovně (HVK), která dmýchá předehřátý vzduch.

Výhody horkovětrného provozu mohou být shrnuty následovně:

- snížení spotřeby koksu,
- zvýšená teplota kovu,
- zvýšená rychlost tavení,
- snížení nasíření,
- snížení tavicích ztrát,
- zvýšené nauhličení a odtud schopnost náhrady surového železa ocelovým šrotem ve vsázce pece.

Všech výhod nelze dosáhnout ve stejném čase. Například zvýšení podílu ocelového šrotu ve vsázce může vyžadovat zvýšení podílu koksu pro nauhličení. To snižuje rychlost tavení a zvyšuje množství nasíření.

Existují dvě metody ohřevu dmýchaného vzduchu (větru):

- rekuperace – tj. využití zbytkového („latentního“) tepla kouřových plynů k ohřevu spalovaného vzduchu, spaliny jsou odtahovány zpravidla pod sázečím otvorem, smíchány s dostatkem vzduchu a spáleny v přídavné spalovací jednotce, to vyvolává exotermickou oxidaci CO, spálené plyny jsou vedeny přes výměník tepla (rekuperátor), teplo je převáděno do spalovaného vzduchu a dmýchaný vzduch je ohříván na teplotu 500 až 600 °C nad těmito teplotami vznikají problémy se spékáním pecního prachu na povrchu rekuperátoru,
- externí ohřev – spalovaný vzduch je ohříván některými externími způsoby, např. plynovým, palivovým hořákem případně elektrickým odporem.

Kombinace obou způsobů dovoluje vysoký ohřev dmýchaného vzduchu až na 1 000 °C. Tyto vysoké teploty však vyžadují použití dražších žáruvzdorných materiálů a mohou způsobit příliš vysokou teplotu taveniny.

Systémy rekuperace nabízejí vyšší využití energie a tepelnou účinnost. Jakost koksu může mít vliv na celkovou účinnost dmýchání.

Pro středně velké slévárny, které vyrábějí do 2 000 tun dobrých odlitků za měsíc, je obtížné uvažovat o horkovětrné kuplovně, protože vyžaduje vysoké investice. Za těchto okolností převažuje pro některé typy výroby studenovětrná kuplovna. Horkovětrná kuplovna zůstává nejrozšířenějším používaným zařízením pro hromadnou výrobu ve slévárnách, tj. pro odlitky automobilového průmyslu, odstředivé lití nebo odlitky pro dopravní prostředky.

Horkovětrné kuplovny jsou většinou určeny pro dlouhé kampaně, při kterých se používá jedna pec, čímž se minimalizují náklady a čas určený za jejich údržbu.



Výhody

- snížení spotřeby koksu,
- vysoké teploty roztaveného kovu na žlábků,
- vysoká tavicí kapacita,
- menší nasíření v kuplovně,
- možnost použití různých druhů levného železného šrotu nízké jakosti,
- možnost použití více ocelového šrotu pro vyšší nauhličení.

Nevýhody

- velice drahá investice kvůli nezbytnému požadavku na ochranu životního prostředí (spalování CO),
- výrobní režim není flexibilní,
- obtížné řízení produkce, protože systém je pomalý,
- pomalá změna složení litiny,
- zatížení životního prostředí způsobené slévárnou, tj. větším množstvím prachu, strusky a žárovzdorné vyzdívky,
- potřeba instalace rozsáhlého zařízení pro odprášení velkého množství spalin o vysoké teplotě.

3.6.2 Techniky snižování emisí do ovzduší

Škodlivé emise z tavení, z úpravy kovů obecně souvisejí s používáním přísad, paliv nebo s výskytem nečistot ve vsázce. Použití koksu jako paliva, ohřev kelímků plynem nebo olejovými hořáky, může způsobit emise a produkty spalování. Také použití přísad pro úpravu kovů uvolňuje produkty reakce. Přítomnost nečistot (např. olej, barva, ...) v kovovém materiálu, který se používá pro přetavení, může potenciálně způsobit vznik zplodin neúplného spalování a TZL. Rovněž jakékoliv uvolněné TZL mohou obsahovat kov a oxidy kovů. Vypařování prvků za vysokého tlaku par se objevuje během tavení a malé částice kovu unikají z lázně.

Kuplovny mohou být zaváženy širokou škálou materiálů a mnohé z nich mohou obsahovat volné částice, jako je rez, písek a neželezné materiály. Metalurgický koks se může lámat a tvořit malé kousky. Stejně tak mohou být drceny i tavicí materiály. Drcení a mechanická abraze během přípravy vsázky i během vsazení generuje částice, z nichž část je okamžitě emitována.

Prach se vytváří také během tavení a to abrazí vsázky o vyzdívku.

Třetím zdrojem emitovaných částic je popel z koksu, který vzniká v tavicím pásmu a není zachycen do strusky.

Pevné částice emisí z různých zdrojů, jestliže jsou dosti lehké, mohou být strhovány spalovacími plyny kuplovny. Za určitých podmínek se v tavicím pásmu může vytvářet metalurgický dým, jenž je viditelný na komíně kuplovny. Kouř obsahuje aglomeráty sférických částic sazí menších než mikron a oxidy ZnO, PbO atd. Nastává to v případě, kdy jsou tyto kovy obsaženy v kovové vsázce nebo železném šrotu, pokud je šrot galvanizován nebo natřen. Emise kouře se zvyšuje s množstvím koksu a kontaminujících látek ve vsázce, teplotou dmýchání a množstvím dmýchání kyslíku.

Kouř je vzduchem nesená látka, která vzniká nekompletním spalováním organických látek v kuplovně. Kontaminující látky v odpadu (jako je olej, tuk, dřevo, textil a guma) tvoří olejové páry ve spalinách. Páry a částečně spálené organické látky mohou nepříjemně zapáchat.

Nečistoty odpadu a jeho skladba významně ovlivní povahu emisí. Spalování koksu tvoří emise plynů CO₂, CO a SO₂. Snižování množství vsázkového koksu (zvyšováním tepelné účinnosti) nebo (částečná či úplná) náhrada koksu zemním plynem, může pomoci snížit hladinu těchto substancí.



Kouřové plyny z kuploven, které jsou vytápěné koksem, jsou složeny z N_2 , CO_2 , H_2O , CO a menšího množství SO_2 . U konvenčních kuploven, kde se kouřový plyn shromažďuje nad sázecím otvorem, musí být rozlišeny podmínky toku plynů pod a nad sázecím otvorem, protože okolní vzduch vstupuje otevřeným sázecím otvorem. Tento vstup mění podstatně celkový proud vzduchu i složení plynu.

Jestliže jsou kychtové plyny dostatečně horké, mohou shořet spontánně spolu s nasávaným vzduchem ($CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$) a teplota se může zvýšit na $900\text{ }^{\circ}C$. Do odtahu odejde jen trochu nebo žádný CO . Jestliže ke spalování nedochází, vstupující vzduch bude mít chladicí účinek asi 100 až $300\text{ }^{\circ}C$ a rovnováha CO/CO_2 zůstane nezměněna. Teplota kychtových plynů pod sázecím otvorem je v první řadě závislá na výšce vsázky; vstup okolního vzduchu je dán kapacitou ventilátor nebo přirozeným tahem.

Proud neředěného horního kupolního plynu je proporcionální ke spotřebě plynu. Při rozumném zvýšení množství vsázeného koksu a při totéž množství vzduchu se sníží výkon pece při udržování stejného proudu kychtových plynů (v tunách taveného kovu/h). Teplota kovu se také zvýší. Rychlost spalování ($C + O_2 \rightarrow CO_2$) více koksu a dmýchání vzduchu znamená zvýšený tok kychtových plynů.

Rychlost proudu kychtových plynů nad sázecím otvorem může být dva až pětkrát vyšší v závislosti na požadované teplotě (která závisí na druhu použitého zařízení na odstranění tuhých částic) zředěných plynů. V případě rekuperace u horkovětrné kuplovny je vše závislé na možné přítomnosti komory dodatečného spalování. Typické hodnoty rychlosti toku jsou 3000 až $4000\text{ Nm}^3/t$ kovové vsázky pro studenovětrnou kuplovnu a 900 až $1400\text{ Nm}^3/t$ kovové vsázky, pokud je zajištěno dodatečné spalování. Složení kouřových plynů je určeno rychlostí ředění (přirozený tah nebo výkon ventilátoru), stupněm spontánního spalování CO a samotným dodatečným spalováním. Může být prováděno na základě celkového nebo částečného proudu plynů.

Horkovětrné systémy používají mokré odlučovací zařízení, jehož výsledkem je také snížená hladina emise SO_2 . Dezintegrátor ukazuje lepší výsledky odloučení než Venturiho filtr. Použití dodatečného spalování jasně ovlivňuje obě hladiny CO a NO_x pod optimální pracovní podmínky. Analýza dat úplného měření kampaně ukazuje, že suboptimální provoz horkovětrné kuplovny má za následek zvýšení emisí CO (2000 mg/Nm^3), ve srovnání s $5 - 20\text{ mg/Nm}^3$ za optimálních podmínek. Podle toho také stoupají emise VOC a PAH .

Použití suchého odlučování (tj. aplikace tkaninových filtrů) sníží hladinu emisí tuhých částic na méně než 20 mg/Nm^3 . Mokré čištění vykazuje emise do 80 mg/Nm^3 (s rozsahem od $5,4$ do 78 mg/Nm^3).

V kuplovně je vždy přítomen značný nadbytek chloru z koksu. Koks je také zdrojem dostatečného množství uhlíku. V případě špatné jakosti šrotu může být nutný jeho dodatečný přísun. Za specifických provozních podmínek se mohou vyskytnout podmínky pro tvorbu dioxinu. Syntézy de-novo se vyskytují hlavně během ochlazování spalín, a to jak u studenovětrných, tak u horkovětrných kuploven.

Při použití mokrého systému čištění kouřového plynu s dezintegrátorem prochází kouřový plyn kritickou teplotní fází ($250 - 450\text{ }^{\circ}C$) rychle a s nízkým obsahem prachu (s obsahem uhlíku). Současně jsou mokřým procesem čištění odstraněny chloridy. To výrazně snižuje riziko syntézy de-novo.

Instalací sekundární řady dmyšů pro studenovětrnou kuplovnu se může zlepšit tepelná účinnost studenovětrné kuplovny. V šachtě kuplovny se vytvoří dvě pásma vysokých teplot, což významně ovlivní teplotu tavení litiny a výkon kuplovny. Současně se mírně snižuje obsah CO v kychtových plynech.

Druhá řada dmyšů se používá jako standardní postup pro nově instalované kuplovny a může být aplikována u stávající instalace během rekonstrukce. Tento postup se užívá pro provoz s dmýcháním horkého větru (horkovětrné kuplovny).



Tepelná účinnost studenovětrné kuplovny může být zlepšena obohacením spalovaného vzduchu kyslíkem, což zvýší spalovací teplotu koksu. Je tak možno snížit jeho spotřebu a dosáhnout vyšší odpichové teploty.

Účinnost obohacování větru kyslíkem závisí na metodě, kterou je kyslík do kuplovny dmýchán. Byly vyvinuty tři procesy:

- přímé obohacení dodávek dmýchaného vzduchu – kyslík je přiváděn do hlavního proudu dmýchaného vzduchu; tento postup se používá u většiny studenovětrných kuploven;
- vhánění do nístěje – kyslík, který dodávají vodou chlazené injektory, jejichž počet závisí na velikosti kuplovny, se vhání do koksového lože z hlavního okruhu; tímto způsobem je používán kyslík účinnější než jeho využití k obohacení dodávky dmýchaného vzduchu; tento způsob vhánění kyslíku lze doporučit u kuploven s kontinuálním odpichem, protože u přerušovaného odpichu vzniká riziko, že struska nebo kov mohou dostat na úroveň injektorů;
- injektory v dmyšnách – kyslík je vháněn do kuplovny injektory vsazenými do každé dmyšny, nebo do každé druhé dmyšny; účinnost této metody spočívá ve způsobu vhánění kyslíku přímým vháněním kyslíku (přímé obohacení větru kyslíkem) nebo vháněním kyslíku do nístěje; tento postup se používá ve 20 – 30 % případů, ale hlavně u horkovětrných kuploven.

Výsledkem dmýchání kyslíku je snížení spotřeby koksu a lepší kontrola postupu. Navíc bylo hlášeno snížení emisí dioxinů a furanů ze studenovětrných kuploven.

Náhrada kuplovny elektrickou indukční nebo rotační pecí vede ke snížení přímých emisí CO a SO₂, snížení tvorby tuhých částic a snížení množství strusky.

3.6.2.1 Sběr plynu, čištění a chlazení

Návrh systému sběru a čištění plynu je založen na podmínkách, které vznikají během konce dmýchání. V průběhu této fáze provozu systému vznikají nejnejpříznivější podmínky a největší množství emisí. Na konci tavicí kampaně už není pec zavážena vsázkovým materiálem. Teploty plynu se postupně zvyšují, protože již nejsou chlazeny studenou vsázkou v šachtě. V kontaktu s kyslíkem hoří CO automaticky, teploty proto mohou dosáhnout až 1200 °C, nebo dokonce ještě více. Sběr kouřových plynů a systém jejich úpravy řeší vzniklé nepříznivé podmínky.

Pro sběr plynu se používají dva systémy:

- odtah nad sázecím otvorem – odtahové kouřové plyny jsou odebírány na konci komínu kuplovny pomocí rozvodu a ventilátoru, který je umístěn po proudu, otvor nad sázecím otvorem je důležitý pro vstup vzduchu, který je nezbytný k zamezení emisí kupolních plynů do prostoru slévárny; objem dodatečného vzduchu může mnohokrát převýšit proud plynu kuplovny, což zvyšuje velikost zařízení a náklady pro jeho sběr a čištění; redukce velikosti sázecího otvoru lze také využít, ale toto řešení je omezeno, protože hrozí nebezpečí exploze v případě, že je smícháno příliš málo kyslíku s CO, který je obsažen v kychtových plynech (pulzační spalování);
- odtah pod zavážecím otvorem – odtahové plyny jsou odebírány pod zavážecím otvorem přes prstencový odtah, nevyžaduje se žádný vstup vzduchu, protože plyny nemohou být emitovány ven sázecím otvorem; řídicí systém musí dostatečně fungovat během kolísání poměru dmýchání větru kuplovny, příliš malý výkon odtahu může mít za následek emise nevyčištěných plynů přes komín kuplovny a naopak příliš velký výkon odtahu zapříčiní přisávání vzduchu, což může způsobit spalování a přehřívání kychtových plynů (nebezpečí exploze).



Chlazení následuje po sběru, kdy plyny vyžadují chlazení podle použitého systému odlučovače. U horkovětrného provozu je možné použít teplo získané z chlazení plynů pro předehřev dmýchaného vzduchu.

Je možno použít několik postupů pro chlazení odebraných plynů:

- potrubní rozvod jako chladič – průchod chlazených plynů přes dlouhý potrubní rozvod snižuje teplotu přirozenou konvekcí a radiací; tento systém je jednoduchý, ale zabírá mnoho místa a nenabízí řízené chlazení, je zde nebezpečí kondenzace;
- výměník tepla vzduch-plyn – chladný okolní vzduch je profukován přes soustavu trubek nebo desek, kde se plyny ochladí; sběr tuhých částic a následná potřeba čištění povrchů trubek výměníku, který přivádí teplo, může vést ke komplexnímu a drahému návrhu systému; výhodou je možné použití ohřátého vzduchu pro externí účely ohřevu; horkovětrné kuplovny s rekuperací jsou vybaveny spalovací komorou a výměníkem tepla (rekuperátorem) pro ohřátí dmýchaného vzduchu;
- výměník tepla voda-plyn – jedná se o podobný systém, jako je výše uvedený, ale dražší, protože potřebuje sekundární vodní chladicí systém; výměník tepla je obvykle chlazen oběhem minerálního oleje, výměník voda-plyn se příliš nepoužívá (nebo jen zřídka);
- sycení vodou – plyny jsou chlazený odpařováním vody, která je vstřikovávána do proudu plynu; mokré odlučovače pracují lépe, jestliže jsou plyny před čištěním v saturační komoře chlazený, pokud je použit pouze textilní filtr, je možný jen částečný rozstřík vody, aby se zamezilo zalepování textílie kondenzující vodou; dobrý řídicí systém je nezbytný pro garanci správné funkce systému, chlazení plynů má výhodu, že rychlé chlazení snižuje riziko tvorby dioxinů.

Pro zachycení odlučovaných částic z odpadních plynů se může použít různých typů zařízení k zachycení prachu. Obecně platí, že mokré odlučovače mají nízké investiční náklady, ale vyšší požadavky na údržbu. Vyžadují vysoký vstup energie pro dosažení přijatelné účinnosti čištění. Odstranění břečky je složité a voda z odlučovače se musí před likvidací upravovat. Suché odlučovače mají vyšší investiční náklady a potřebují lepší řízení podmínek vstupu plynu (teplota, kondenzace vody nebo organických par, poměr $\text{CO}:\text{O}_2$, jiskry). Obvykle potřebují méně energie než mokré odlučovače. Suché kupolní tuhé částice mohou být recyklovány do kuplovny.

U kupolních systémů se používají jak proudové Venturiho odlučovače, tak desintegrátory.

Venturiho proudové odlučovače: Voda je rozprašována do plynů, které procházejí Venturiho trubicí. Zrychlení proudu plynu v hrdle Venturiho trubice způsobuje intenzivní smíchání obou médií. Tuhé částice jsou zvlhčeny, stávají se těžší, takže mohou být separovány v cykloně, nebo v jiném systému umístěném následně. Jestliže je proud plynu zvlhčen, Venturiho hrdlo se nastaví tak, aby byla zajištěna účinnost sběru odloučených částic.

Desintegrátory: Tak zvané dynamické odlučovače sestávají z kolíků montovaných soustředně v rotor a statoru, přes které je proud plynu hnán pomocí ventilátorů umístěných za desintegrátorem, nebo lopatkami větráku na vnějším konci rotoru desintegrátoru. Voda vháněná do středu rotoru je rozptylována kolíky na drobné kapénky a rozptýlena do proudu plynu. Mokré částice narážejí na stěny statoru a jsou shromažďovány na dně desintegrátoru. Systém pracuje účinně, pokud je proud plynu řízen.

Separátor pro odstranění malých tuhých částíček ve vodních kapičkách je umístěn za mokrým odlučovačem.

Multicyklony jsou často používány ve spojení s tkaninovým filtrem a zachycují hrubé tuhé částice. Pomáhají zabraňovat žhavým částíčkám koksu, aby zasahovaly tkaninu filtru. Za předpokladu, že je použita žárovzdomná vyzdívka a ocel vysoké jakosti při návrhu cyklonu, může pracovat



při vysokých teplotách. Účinnost cyklonů není dostatečná, aby splnila požadované vyčištění plynů, proto se obvykle používají v kombinaci ostatními systémy čištění.

Ideální je stav, pokud jsou plyny před čištěním spalovány. To zabrání problémům s usazováním uhlíkatého materiálu, nebo s rizikem vzniku ohně. Tkaninové filtry mohou být navrženy tak, aby zajistily dobrou účinnost pro sběr částic metalurgického dýmu, jako je ZnO.

Elektrostatické odlučovače jsou v evropských slévárnách méně obvyklé. Nejlépe vyhovují tam, kde jsou konstantní podmínky, například u kuploven s dlouhou kampaní. Jsou citlivější vůči různým teplotám plynu, proudu a vlhkosti. Existuje riziko exploze, pokud se plyny smíchají se vzduchem v relativně velkém objemu. Precipitátor musí být před použitím elektrického příkonu propláchnut

3.6.2.2 Dodatečné spalování ve spalovací komoře

Spalovací komora dodatečného spalování s hořákem se instaluje za kuplovnou. Za normálních podmínek musí být jednotka dodatečného spalování předeřhřata hořákem se zemním plynem. V zapálené kuplovně udržuje spalování malý hořák, nebo je využito samozápalnosti plynů. Typ a poloha spalovací komory mohou být různé podle složení procesu, jsou to buď horizontální, nebo vertikální typy spalovací komory.

Horkovětrná kuplovna s rekuperátorem a mokřým odlučovačem: V tomto uspořádání jsou plyny čištěny před spalováním. To redukuje usazování tuhých částic v rekuperátoru, což zlepšuje přenosy tepla. Nevýhodou je vyšší spotřeba energie v jednotce dodatečného spalování, protože plyny jsou ochlazovány v mokřém odlučovači. Ochlazování odtahových plynů je prováděno kontinuálně, aby se snížila velikost odlučovače jednotky

Horkovětrná kuplovna s rekuperátorem a suchým tkaninovým filtrem: Horké, tuhými částicemi, znečištěné plyny jsou vedeny přímo do jednotky dodatečného spalování. Kontrola spalovacího procesu je nezbytná pro zabránění sintrování částic prachu na stěnách rekuperátoru, který potřebuje pravidelné čištění. Plyny potřebují před vstupem do tkaniny filtru další chlazení, protože opouští rekuperátor při teplotě 500 až 600 °C.

Vysoká spotřeba energie pro dodatečné spalování je ekonomicky výhodná jenom tehdy, jestliže uvolněné teplo odpadních plynů může být znovu použito, jako je tomu u horkovětrné kuplovny s rekuperátorem. Přejít od kuplovny studenovětrné k horkovětrné kuplovně může pro samotný důvod spalování v určitých situacích narážet na ekonomická omezení. Horkovětrné kuplovny s dlouhou kampaní zahrnují vyšší investiční náklady a používají se u výkonů převyšujících 10 t/h natavené litiny. V menších slévárnách nemusí znamenat tato metoda výroby litiny správný výběr.

3.6.2.3 Dodatečné spalování v šachtě (komíně) kuplovny

Kychtové plyny jsou spalovány v šachtě vháněním vzduchu do horní části vsázky, nebo v komíně v místě nad horní úrovní vsázky. Proud vzduchu je nastaven tak, aby se kychtové plyny zapálily spontánně při vhodném obsahu CO a vhodné teplotě. Trysky pro vhánění vzduchu mohou být umístěny v jedné, nebo ve dvou úrovních. Dělení proudu vzduchu nad různé hladiny, výběr průměru a poloha trysek jsou založeny na zkušenostech. Cílem optimalizace je spalovat CO bez zapálení koksu. Tah bude také přisávat dovnitř vzduch vsázecím otvorem. Nadbytek vzduchu dovolí dokonalejší hoření CO.



Pro udržování plamene může být instalován podpurný hořák. Při použití vsázky s nízkým obsahem koksu (< 6 – 8 %) jsou učiněna méně přísná bezpečnostní opatření.

Dodatečné spalování kouřových plynů musí být kombinováno s ochlazováním plynu, jestliže se používá tkaninový filtr. Pro horkovětrné kuplovny je chlazení kombinováno s přehříváním větru. U studenovětrné kuplovny se může použít rychlé ochlazování současně se vstřikováním vody do šachty pece. Alternativně lze užít výměník tepla (odtahový plyn-vzduch).

Instalace dodatečného spalování může být kombinována s rekonstrukcí na horkovětrný provoz.

Dodatečné spalování omezuje emise CO, eliminuje hlavní organické sloučeniny. Jestliže nejsou organické sloučeniny spáleny, budou zachyceny v tuhých částicích, nebo emitovány komínem. Dodatečné spalování snižuje riziko výbuchu ve filtru.

Z ekonomických důvodů je použití dodatečného spalování výhodnější u horkovzdušných kuploven. V poslední době byl také použit systém dodatečného spalování pro studenovětrné kuplovny bez komplikovanosti instalace pro horký vítr. Dodatečné spalování „v šachtě“ se proto používá jak v kuplovnách s horkovětrným, tak s provozem studenovětrným. V České republice byly všechny studenovětrné kuplovny předmětem studia pro dodatečné spalování v komíně. Spalování nebylo v žádném případě spontánní po celou dobu tavení. Bylo nezbytné instalovat zapalovací hořáky s nezanedbatelným výkonem. Objem emisí kuplovny se také zvýšil.

Vysoká spotřeba energie dodatečného spalování musí být vyhodnocena proti přínosům. U horkovětrných kuploven může být uvolněné teplo odpadních plynů znovu použito, což snižuje investice.

Vysoká spotřeba energie dodatečného spalování je ekonomicky výhodná jen tehdy, jestliže uvolněné teplo odpadních plynů může být znovu použito, jako je tomu v rekuperátoru horkovzdušné kuplovny. Přejít ze studenovětrné kuplovny na kuplovnu horkovětrnou pro jediný důvod spalování plynu není možný. Horkovětrná kuplovna je přednostně postavena pro dlouhou kampaň, zahrnuje vyšší investiční náklady a používá se jen s výrobním výkonem natavení litiny 10 t/h nebo více. V menších slévárnách by tato metoda výroba nemusela být správným výběrem.

Investiční náklady na dvě studenovětrné kuplovny vnitřního průměru 850 mm, která vyrábí 4,5 tuny za hodinu, 10 hodin denně a 5 dnů v týdnu se pohybují v řádu 300 000 EUR.

3.6.3 Dosahované emisní úrovně

Z údajů dostupných v REZZO 2014 jsou pro 22 zdrojů kuploven uvedeny emise TZL, SO₂, NO_x, CO a VOC.

Emisní limit pro TZL je dle národní legislativy (vyhláška č. 415/2012 Sb.) 20 mg/m³. Emisní koncentrace jsou uvedeny u 19 zdrojů a v průměru nedosahují 10 mg/m³ (s výjimkou jedné odlehle hodnoty).

Pro SO₂ je emisní limit dle národní legislativy 400 mg/m³. Emisní koncentrace uvedeny u 17 zdrojů a pohybují se (s výjimkou dvou odlehlých hodnot) v průměru pod 100 mg/m³.

Emisní limit pro NO_x je dle národní legislativy 400 mg/m³. Emisní koncentrace NO_x jsou uvedeny u 19 zdrojů a dosahují v průměru méně než 50 mg/m³ (s výjimkou jedné odlehlé hodnoty).

Emisní limit pro CO dle národní legislativy ve výši 1000 mg/m³ platí v komíně za rekuperátorem u horkovětrných kuploven. Emisní koncentrace CO jsou uvedeny u 12 zdrojů a s výjimkou dvou odlehlých hodnot se v průměru pohybují pod 170 mg/m³.



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Dle národní legislativy je pro studenovětrné kuplovny stanoven emisní limit TOC ve výši 50 mg/m³. Emisní koncentrace VOC jsou uvedeny u 12 zdrojů a v průměru nedosahují 12 mg/m³.



3.7 Tavení v ostatních pecích – plynná paliva (kód 4.6.7.)

3.7.1 Používané techniky a postupy

3.7.1.1 Rotační pec

Rotační pec se skládá z horizontální válcové nádoby, ve které je ohřívána kovová vsázka hořákem, jenž je umístěn na jedné straně pece. Kouřové plyny opouštějí pec opačnou stranou. Pro generování potřebného tepla se používá topný olej, zemní plyn v kombinaci se vzduchem, nebo s čistým kyslíkem. Naklápací mechanismus dovoluje, aby byla pec zvednuta v určitém úhlu, případně ve vertikální poloze. Tato poloha se užívá pro zavážení pece pomocí koše s odklopným dnem nebo vibračním žlabem, a to při opravě vyzdívky nebo její obnově. Během ohřevu a tavení se pec pomalu otáčí, a dovoluje tak přenos i rozvod tepla. Pecní atmosféra je řízena poměrem vzduch (kyslík)/palivo.

Jakmile je kov roztaven a po kontrole složení upraven, otevírá se odpichový otvor na přední straně pece a tavenina je vylévána do pánve. Z důvodu nízké tekutosti plave struska v peci na kovové lázni, a nakonec je stažena přes odpichový otvor do struskové nádoby.

Tavicí cyklus trvá 1,5 až několik hodin. Pro kontinuální výrobu nataveného kovu instalují slévárny 2 až 4 rotační pece, které se provozují návazně. Tepelná účinnost rotační pece je velmi vysoká, tj. při 50 až 65 %, v závislosti na kapacitě. Tohoto vysokého využití se dosahuje aplikací čistého kyslíku místo vzduchu jako spalovacího média.

Pro tavení litiny je pec zavezena surovým železem, slévárenským vratem, ocelovým šrotem, struskotvornou přísadou (tj. písek, vápno) a nauhličovacím činidlem (tj. grafitem). Tavicí cyklus začíná mírnou oxidací a krátkým plamenem (vzduchový faktor, $\lambda = 1,03$), který dodává vysokou vstupní energii. Pec se postupně otáčí o 90° a směr rotace se čas od času mění. Tímto způsobem mohou stěny pece předávat teplo vsázce konvekcí. Jakmile je vsázka natavena, je plamen redukován, aby se předešlo nadbytečné oxidaci legujících prvků. Během přehřívání a udržování taveniny se používá dlouhý redukční plamen ($\lambda = 0,9$) a pohyb pece se mění na plnou plynulou rotaci. Vrstva strusky zajišťuje izolaci hladiny kovu a zabraňuje propalu legujících prvků. Po kontrole, úpravě složení tavby a teploty se otevře odpichový otvor, a kov je vylit do pánví. Struska plave na lázni kovu a je stažena odděleně poté, co je kov vylit z pece.

Životnost žárovzdorné vyzdívky je z velké části závislá na teplotě přehřátí a na složení vsázky. Během sázení je třeba předejít mechanickým rázům a studenému startu. Pecní atmosféra, doba udržování, rychlost rotace a poloha hořáku mají také vliv na životnost vyzdívky. Ta za normálních podmínek činí 100 až 300 tavicích cyklů.

Vzhledem k charakteru rotační pece jako pece dávkové zajišťuje tato ve slévárně litiny stejnou flexibilitu jako indukční kelímková pec (bez jádra). Investiční náklady jsou však mnohem nižší.

Pětitonová pec stojí 500 000 – 600 000 EUR, přičemž 30 % nákladů připadá na odtahový systém a odprašování. Indukční pec bude stát třikrát více. Pec rotační je také dobrou alternativou místo malé kuplovny z důvodu vyšší flexibility a nižších nákladů na ochranu životního prostředí. Rotační pece se používají k tavení objemů od 2 do 20 tun s výrobní kapacitou od 1 do 6 t/h.

Výhody

- možnost rychlé změny slitiny,
- tavení je bez nečistot, bez nasíření,



- nízké investiční náklady,
- malý odprašovací systém z důvodu malého množství spalin,
- snadná údržba.

Nevýhody

- snadný propal C, Si, Mn,
- není-li provozována kontinuálně, může dojít k vysoké spotřebě plynu nebo kyslíku,
- spotřeba energie se zvýší, jestliže se do vsázky přidá více ocelového šrotu.

3.7.2 Techniky snižování emisí do ovzduší

Vylučování částic má původ v nečistotách, které jsou na vsázkovém materiálu, v opotřebení vyzdívky během sázení a tavení, ve spalování legujících prvků a různých přísad ve vsázce. Hlášené údaje vykazují celkovou rychlost tvorby emisí od 0,3 do 2,9 kg/t kovové vsázky.

Vznik CO_2 se odhaduje na 120 kg/t kovové vsázky. Tepelná účinnost pece je velmi vysoká – 50 až 65 %, v závislosti na obsahu rotační pece. Tato vysoká výtěžnost je dosahována použitím čistého kyslíku namísto vzduchu jako spalovacího média. Při spalování v redukční atmosféře (plameni) může být spalování tekutého paliva nebo plynu neúplné. Za těchto podmínek se může tvořit CO. V tomto případě odcházejí spaliny při teplotě 1 500 °C a CO hoří spontánně při kontaktu s okolním vzduchem, který se používá k ochlazování plynu.

Jestliže se používá palivo, které obsahuje síru, mohou vznikat značné emise SO_2 . Zemní plyn nebo propan však podstatné emise SO_2 nevykazují.

Při použití systému spalování, kde se využívá vzduch (jako zdroj O_2), nebo kde rotační pec není utěsněna tak, aby nebyl vzduch neřízeným způsobem přisazován do pece, vznikají emise NO_x . Vznik emisí NO_x je významný v režimu oxidačního plamene, nízký je v režimu redukčního plamene. V kouřových plynech pětikutové pece byly naměřeny emise NO_x ve výši od 50 do 250 ppm NO_x , které pocházejí z oxidace atmosférického dusíku při vysoké teplotě (2800 °C). Emise uhlikatých látek pravděpodobně pro vysokou teplotu plamene a relativně čistý vsázkový materiál nebyly zjištěny.

Pro rotační pece, které pracují s jednoduchými hořáky vzduch/palivo, je maximální emise prachu asi 250 mg/m³ po velmi krátkou dobu (mezi 3 sekundami kontinuálně, ale také v rozmezí delším než jedna minuta) po zavezení vsázky až do počátku tavicího cyklu. Proto jakmile začíná být vsázka v tekutém stavu, redukuje se emise částic na méně než 30 mg/m³ během normálního chodu. Emise částic se mohou pohybovat až ve výši 150 – 200 mg/m³ během „pevné“ fáze tavby. Množství činí 40 % spalitelných emisí. Špička emisí z rotačních pecí sestává z méně než 80 % nespáleného paliva a vyskytuje se během sázení, kdy je hlavní pecní hořák zhasen a znovu zapalován. Emise z pece se vyskytují v každé fázi, včetně sázení, i během dodatečného spalování, které musí být plně v provozu. Následující úrovně prachu surového plynu byly nahlášeny pro rotační pec kyslík-plyn bez hořáku s dodatečným spalováním. Průměrné emise prachu mezi dvěma rozlišenými fázemi tavení jsou 400 – 450 mg/Nm³. Jedná se o fázi roztavování vsázky s hladinou emisí částic 150 mg/Nm³ a tekutou fází tavení kovu, kdy se dosáhne maxima emisí až 1500 mg/Nm³ při zahájení rotace a 600 – 700 mg/Nm³ během normálního provozu.

Rotační pec má omezené možnosti legování, proto vsázka rotační pece obsahuje čistý kovový vsázkový materiál. Při vysoké teplotě plamene opouštějí horké plyny pec mezi 1000 a 1300 °C. Dodatečné spalování se vyskytuje uvnitř pece. De-novo syntéza je možná, jestliže spaliny chladnou pomalu. Údaje o emisích dioxinů se pohybují v rozsahu 0,004 – 0,61 ngTEQ/Nm³.



Pro tavení nebo přehřívání licích pánví se teplota plamene zvyšuje přidáním čistého kyslíku v hořácích namísto vzduchu, to umožňuje účinnější přenos tepla do taveniny a snižuje spotřebu energie.

Jestliže těsný uzávěr pece zabraňuje přísávání vzduchu, nemůže se oxidací atmosférického dusíku tvořit žádný NO_x , celkový tok spalin z kyslíko-plynového hořáku je menší, protože zde není přítomen dusík. To dovoluje použití menších zařízení na odlučování tuhých částic.

Postupy snižují spotřebu energie a také emise NO_x a CO_2 díky vyšší teplotě spalování.

Investiční náklady: 3400 – 4500 EUR.

3.7.2.1 Sběr odtahových plynů a čištění odpadního plynu

Ve většině případů je odlučovací zařízení potřebné pro splnění dnešních směrnic vlivu na životní prostředí. Pro tento účel se instalují suché tkaninové odlučovače, ale je technicky možné použít i mokré odlučovače. Aby se snížila teplota odsávaných plynů, jsou plyny ředěny okolním vzduchem. Toho lze dosáhnout vstupem vzduchu přes štěrby mezi odtahem pece a tvarovaným odsávacím potrubím. Tato mezera vždy existuje, protože umožňuje tělu pece rotaci a naklápění. Odsávací potrubí je často teleskopické. Obvyklé zředění pro snížení emisí je nepřijatelné. Pokud je však zředění použito pro chlazení plynů, musí mít výdech správné rozměry pro větší proudění plynu. Někdy jsou odpadní plyny ředěny, a potom přiváděny do výměníku tepla vzduch-plyn pro další ochlazení. Tímto způsobem je teplota plynu snížena z původních 1500 na 200 °C nebo ještě méně. Při této teplotě mohou být plyny vedeny do tkaninového filtru pro očištění.

Použití přídatného spalování dovoluje snížení emisí organického uhlíku a spalitelných částic. Postup může být také účinný při snižování rizika tvorby dioxinů při ochlazování plynů. Dodatečné spalování je instalováno za pecí a před výměníkem tepla. Může být použit jeden z následujících typů hořáků pro dodatečné spalování:

- termální spalovací pec: spalování v otevřeném plameni,
- katalytická spalovací pec: spalování za nižších teplot použitím katalýzy, která má za následek vyšší účinnost a nižší emise NO_x ,
- rekuperační spalovací pec: spalování s využitím tepla pro přehřívání spalovacího vzduchu, které má za následek vyšší teplotní účinnost a nižší spotřebu paliva,
- katalytická rekuperační spalovací pec: kombinace předešlých dvou typů.

Očekává se, že dodatečné spalování může dosáhnout 80 až 98 % účinnosti pro spálení spalitelných částic emitovaných z rotační pece. Horké plyny z dodatečného spalování mohou být odváděny rekuperátorem a mohou přispívat k přehřevu spalovacího vzduchu vedeného k hlavnímu hořáku pece. Rekuperátory přináší úsporu energie do 15 %.

Tento postup je použitelný pro všechny nové a existující instalace rotačních pecí ve slévárnách železných kovů.

3.7.3 Dosahované emisní úrovně

Z údajů dostupných v REZZO 2014 jsou pro 17 zdrojů pro tavení v ostatních pecích – plynná paliva uvedeny emise TZL, SO_2 , NO_x , CO a VOC.

Emisní limit pro TZL je dle národní legislativy (vyhláška č. 415/2012 Sb.) 20 mg/m³. Emisní koncentrace jsou uvedeny u 11 zdrojů a nepřekračují 4 mg/m³ (s výjimkou dvou odlehklých hodnot).



Pro SO_2 ani pro VOC nejsou emisní limity dle národní legislativy stanoveny. Emisní koncentrace SO_2 jsou uvedeny pouze u 2 zdrojů (5 a 146 mg/m^3), emisní koncentrace VOC je u jediného zdroje 1,6 mg/m^3 .

Emisní limit pro NO_x je dle národní legislativy 400 mg/m^3 . Emisní koncentrace NO_x jsou uvedeny u 12 zdrojů a s výjimkou jedné hodnoty jsou pod 100 mg/m^3 .

Emisní limit pro CO dle národní legislativy 200 mg/m^3 . Emisní koncentrace CO jsou uvedeny u 12 zdrojů a s výjimkou jedné hodnoty jsou pod 70 mg/m^3 .



3.8 Doprava a manipulace se surovinou nebo produktem (kód 4.8.1.)

Doprava a manipulace se vsázkou nebo produktem ve slévárnách neželezných kovů zahrnuje všechny činnosti a procesy, které předcházejí nebo následují vlastní proces tavení v tavicí peci. Jedná se zejména o:

- skladování surového materiálu a manipulaci s ním,
- výrobu forem a jader, technologii formování (pokud je využívána),
- odlévání, nebo lití a chlazení,
- vytloukání odlitků z forem (pokud je využívány),
- povrchovou úpravu (obrábění),
- tepelné zpracování.

Slévárny neželezných kovů většinou užívají trvalé formy (tj. tlakové lití a gravitační lití).

Pro neželezné odlitky se odlévá asi 30 % slitin mědi do jednorázových forem, 10 % odlitků ze slitin lehkých neželezných kovů se odlévá ve formě pro jedno použití.

3.8.1 Používané techniky a postupy

3.8.1.1 Pojiva a jiné chemikálie

Uhelný prach se obvykle přidává do bentonitových směsí pro formování na syrovo. Používá se v omezeném rozsahu v některých slévárnách neželezných kovů. Uhelný prach se může smísit s malým množstvím pryskyřice a s výrobky z oleje. Během odlévání tepelným rozpadem vzniká „lesklý uhlík“, který zlepšuje povrch odlitku a jeho vyjímání z formy. Uhelný prach se přidává ze tří důvodů:

- vytváří inertní atmosféru v dutině formy spalováním organických složek, které zpomalují oxidaci kovu (tvorba strusky),
- snižuje penetraci kovu mezi zrna křemene povlakem grafitového filmu, který napomáhá dosažení hladkého povrchu odlitku,
- snižuje množství písku, jež zůstává na povrchu odlitku po jeho vyjmutí z formy.

Uhelný prach může během lití vytvářet s příměsí černého a lepkavého prachu, vzniklého manipulací, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH).

Za uhelný prach existují různé náhrady. Skládají se ze směsí s vysokou těkavostí. Materiály s vysoce lesklým grafitem jsou smíchány s jilem. Pro životní prostředí jsou obecně přijatelnější než uhelný prach, tj. během lití produkují méně dýmu, ačkoliv některé náhrady za uhelný prach vytvářejí v písku více PAH.

3.8.1.2 Formování s použitím přírodního písku

Některé slévárny používají přírodně pojený písek. Je to písek, který obsahuje přirozené procento jílů. Aby se aktivovala vazná aktivita jílu, je třeba přidat vodu. Je-li potřeba, mohou se přírodní písky míchat také s některými přísadami.

Přírodní písek nemá stejné požadavky na mísič jako bentonitová směs. Tento typ písku je používán především v malých slévárnách neželezných kovů (např. mědi).



3.8.1.3 Příprava trvalých (kovových) forem

Formy jsou vyráběny z kovových materiálů s dutinou přizpůsobenou tvaru odlitku. Jejich sestava dovoluje formování, lití a vyjímání odlitku. Tyto kovové formy jsou používány pro gravitační, vysokotlaké, odstředivé, kontinuální a nízkotlaké lití. Na rozdíl od pískových netrvalých forem mohou být použity opakovaně a z toho důvodu se nazývají trvalé formy.

Jestliže je tvar odlitku obtížně výrobitelný použitím kovových jader, mohou být použita jádra písková. Písková jádra se například používají k vytvarování rozšiřujících se trub odlévaných odstředivě. Trvalé formy jsou obvykle natřeny „bílým nebo černým nátěrem“. Tato vodou rozpustná činidla jsou žárovzdorná. Jejich funkcí je zajistit ochranu kokily, regulovat její chladnutí a zajistit lubrikaci. Působí také jako dělicí prostředek.

V několika případech se černění provádí spalováním acetylenu bez přítomnosti vzduchu, a to tvorbou acetylenové černě, která přilne na kokilu. Neadhezní černidlo musí být sbíráno a před emisí filtrováno. Trvalé formy (nebo kokily) jsou obecně vyráběny mimo slévárnu. Slévárny, které odlévají do kokil, mají dílnu pro montáž kokil a pro jejich údržbu a opravu. Tento typ operace nemá žádný vliv na životní prostředí.

3.8.1.4 Odlévání do trvalých forem

Odlévání je ústřední činností při výrobě odlitků. Odlévání do trvalých forem zahrnuje vstřikování, nebo nalití roztaveného kovu do kovové formy, respektive kokily. Dokončená forma je vyplněna tekutým kovem při účinku gravitační síly, odstředivé síly nebo tlaku. Po odlití je odlitek ochlazen, aby bylo dosaženo ztuhnutí, a je odstraněn z formy pro další chlazení a úpravu. V omezeném rozsahu se při gravitačním a nízkotlakém lití používají jádra z chemicky tvrzených směsí.

Pro gravitační a nízkotlaké odlévání do kokil jsou využívány trvalé ocelové kokily, do které pod vlivem gravitace nebo plynu o nízkém tlaku je nalévána tavenina. Pro odlití dutin odlitku a komplexních vnitřních tvarů se mohou použít jádra z pískové směsi. Odlitky z kovové formy tuhnou rychle, a proto mají strukturu s jemným zrnem a s dobrými charakteristikami pevnosti.

Při nízkotlakém lití je kovová forma upevněna nad utěsněnou pecí obsahující roztavený kov. Žárovzdorně vyžděná dopravní trubka zasahuje ze dna kokily do roztaveného kovu. Pokud je do pece zaveden vzduch pod nízkým tlakem (15 – 100 kPa), roztavený kov stoupá trubkou a vtéká do dutiny kokily za nízké turbulence. Vzduch odchází z kokily dělicí rovinou a výfuky. Po té kov ztuhne, je tlak vzduchu uvolněn a dovolí tavenině ve stoupací trubici klesnout zpět do pece. Po uplynutí doby chlazení a ztuhnutí odlitku je kokila otevřena a odlitek vytažen. Z důvodu nepřítomnosti vtoků a nálitků je výtěžnost odlitku mimořádně vysoká, obvykle nad 90 %. Odlitek má dobrou rozměrovou přesnost a dobrý povrch. Komplexní odlitek může být vyroben za použití pískových jader. Tento postup je užíván u hliníkových odlitků, např. automobilových dílů, jako jsou kola, hlav válců, skříní elektrických motorů a domácího kuchyňského nádobí. Pro dobré uvolnění odlitku a jeho chlazení musí být kokila natřena. Obvykle se nátěr aplikuje jedenkrát za směnu. Životnost zápusťky pohybuje se kolem 30 000 – 50 000 odlitů.

U gravitačního kokilového lití je roztavený kov odléván pod gravitací do trvalé formy nebo do kokily. Nabízí se široký výběr strojů pro gravitační lití do kokil, od jednoduchých, sestavovaných ručním ovládáním ozubeného kola a pastorku při ručním odlévání, až po karuselové stroje, obvykle s naklápěcím mechanismem pro plnění kokily a často s ovládaným licím robotem. Kokily jsou natřeny nátěrem na bázi žárovzdorného materiálu a s řízením rychlosti chlazení. Čas pro vytažení odlitku z kokily může kolísat mezi 4 až 10 minutami, což závisí na typu odlitku. Proces je proto relativně pomalý



ve srovnání s tlakovým litím. Aby se dosáhlo rozumné rychlosti výstupu, obsluhuje pracovní 2 – 4 kokily v sekvencích, které dovolí 30 – 60 lití za hodinu. Automatický karuselový stroj může mít 4 – 6 stanic s několikanásobnými sestavami, které umožňují dosažení výrobní rychlosti kolem jednoho odlitku za minutu. Tento proces se široce používá pro odlévání hliníku pro série 1000 a více než 100 000 kusů za rok, např. pro výfukové potrubí, hlavy válce a vodní čerpadla.

Nátěry trvalých forem jsou běžně složeny z vody, vysokoteplotního pojiva (křemičitan sodný), žárovzdorného plnidla nebo směsi plnidel. Rozlišují se dvě kategorie nátěrů:

- izolační, který obsahuje směsi izolačních minerálů, jako je talek, slída, křemelina, oxid titanu, oxid hlinitý atd.,
- lubrikační, založený na koloidním grafitu nebo nitridu boru pro uvolnění odlitku.

Nátěry jsou obvykle do zápustky nastříkovány. Pečlivost a pozornost při přípravě kokily, příprava nátěru, jeho aplikace, typ zařízení pro nátěr mohou být přínosem pro využití jakosti a produktivity.

Termín pro „kokilové lití“ obvykle zahrnuje „tlakové lití do kokil“. Proces vysokotlakého odlévání do kokil využívá kovovou zápustku (kovovou formu), do které pod tlakem roztavený kov hnán. Použití vysokého tlaku způsobí rychlý a turbulentní proud kovu, který dovoluje výrobu odlitků s velkou plochou povrchu a tenkými tloušťkami stěn. Zápustky jsou obvykle vyrobeny ze dvou bloků oceli, každý obsahuje část dutiny, která je v době lití uzamčena. Z důvodu vysokého tlaku kovu je maximální velikost odlitku omezena maximální uzamykací silou odlévaných polovin. Pro tvarování vnitřních povrchů se užívají vytažitelná a odstranitelná jádra. Pro vysoké tlaky kovu mohou být použita pouze kovová jádra. To omezuje komplikovanost odlévaného kusu. Kov je udržován pod tlakem až do ztuhnutí a vychlazení. Poloviny zápustek jsou potom otevřeny a odlitek je vyjmut obvykle pomocí automatického vyhazovacího systému. Zápustky jsou před použitím přehřáté a natřené. Pro udržování požadované pracovní teploty jsou chlazeny buď vzduchem, nebo vodou. Používají se dva základní typy vysokotlakých odlévacích strojů, a to s horkou nebo se studenou komorou.

Vysokotlaké stroje s horkou komorou obsahují zásobník roztaveného kovu, kokilu a dopravní zařízení kovu. To automaticky vytáhne roztavený kov ze zásobníku a vtlačí jej pod tlakem do kokily. K vytvoření nezbytného tlaku v kokile se často používá ocelový píst a systém válců s husím krkem. Tento stroj využívá pro dopravu roztaveného kovu ze zásobníku do zápustky litinový kanál. Tlak se může pohybovat v rozsahu od několika barů až nad 350 barů. Postupy s horkou komorou se používají hlavně pro slitiny zinku a hořčíku.

Vysokotlaké stroje se studenou komorou mají zásobník roztaveného kovu oddělený od liciho stroje, dostatečné množství kovu pro jedno odlití je ručně nalito z pánve, nebo se lije mechanicky do malé komory, ze které je vehnáno do kokily pod vysokým tlakem. Tlak je vytvořen hydraulickým systémem, ten je spojen s pístem a jeho hodnota bývá běžně v rozsahu od několika set do 700 barů. Ve stroji se studenou komorou je teplota kovu právě nad bodem tavení, je v kašovitém stavu, protože kov je ve styku s pístem a válcem po velmi krátkou dobu. Tento proces je použitelný hlavně pro hliníkové odlitky, menší odlitky z hořčíkových slitin, slitin zinku, a dokonce pro slitiny s vysokým bodem tavení, jako jsou mosazi a bronz.

Pro úspěšné vysokotlaké lití je podstatná správná lubrikace zápustek a pístů. Lubrikace zápustky má vliv na jakost odlitku, hustotu, konečný povrch, snadné vyplnění dutiny a snadné vyhození odlitku. Správná lubrikace může také zvýšit rychlost výroby, snížit požadavky na údržbu a na zanášení materiálu na líci zápustky. Ačkoliv jsou vypracovány speciální předpisy, obecně jsou lubrikanty (také zvané dělicí prostředky) směsí lubrikantu a nosného materiálu. Předpisy mohou také navrhovat přísady pro brzdění koroze, zvýšení stability během skladování a pro rezistenci k bakteriálnímu rozpadu. Lubrikační materiály jsou typicky minerální oleje a vosky ve vodních emulzích. Zvýšené použití nachází silikonové oleje a syntetické vosky. Dnes se používají lubrikanty jak na bázi vody, tak i na bázi



rozpouštědel. Lubrikanty na bázi vody na trhu převládají (95 %). Aplikují se na otevřenou zápustku nástřikem mezi každým odlitím. Používají se ředěné roztoky lubrikantu. Využívají se alternativní elektrostatické práškové nátěry.

Vysokotlaké lití není vhodné pro ocel a pro slitiny s vysokým bodem tavení. Postup se široce používá pro hliníkové odlitky, kokily jsou však drahé. Jejich životnost může být vyšší než 150 000 kusů, proto je proces nejvhodnější pro dlouhodobou výrobu odlitků. Jednou z hlavních výhod vysokotlakého lití je, proti ostatním metodám, výroba odlitku velmi komplikovaných tvarů. Schopnost odlévat odlitky komplikovaných tvarů často umožňuje výrobu jednoho odlitku místo sestavy litých komponentů. To velice snižuje náklady na lití, právě tak jako náklady, které jsou spojeny se zpracováním a opracováním. Vysokotlaké lití vyrábí odlitky, které mají vysoký stupeň rozměrové přesnosti a také jakostní povrch ve srovnání s ostatními metodami lití. Mohou také pomoci snížit nebo eliminovat nákladné kroky opracování. Použitím metody vysokotlakého lití mohou být nakonec vyrobeny odlitky s relativně tenkou stěnou. To může mít za následek podstatnou úsporu materiálových nákladů vzhledem k váze komponentů.

Ve srovnání s jinými procesy se při vysokotlakém lití tvoří relativně málo odpadu. Nicméně některé emise plynů a dýmu se během vstřikování kovu vyskytnou. Vytvářejí se dýmy oxidů kovu, protože se některé kovy vypařují a kondenzují. Plynové emise mohou pocházet ze samotného roztaveného kovu, a to z vývoje chemikálií lubrikantu, protože je stříkán do horké kovové zápustky nebo z kontaktu roztaveného kovu s lubrikantem. Emise mohou odcházet do vody z průsaků, rozlitím hydraulického oleje, ohříváním oleje a také z chladicí vody.

Kontinuální lití je vysoce produktivní zařízení pro výrobu tyčí, trub a profilů. Rychlým chladnutím lze získat materiál s jemným zrnem a s dobrými mechanickými vlastnostmi. Roztavený kov je odléván do vodou chlazené kokily (krystalizátoru), která je otevřená u dna, nebo na boku. Kokila dává výrobku požadovaný tvar. Intenzivním chlazením vnější povrch kovu tuhne, současně je pomalu vytahován ven z formy. Kontinuálním litím a protahováním se výrobek stává delší. Hořák řezá tyče na požadované délky. Tento postup se používá pro lití slitin železných i neželezných kovů. Technologie se aplikuje pro odlévání tyčí, desek a plátů.

3.8.2 Techniky snižování emisí do ovzduší

Složení bentonitu přidávaného do písku závisí na specifických vlastnostech jak písku, tak i bentonitu, stejně tak jako na požadované pevnosti a prodyšnosti dokončené formy. V bentonitové směsi jsou přimíchány další přísady:

- uhelný prach – používá se hlavně pro slévárny litin, někdy však bývá v menším rozsahu použit i v některých slévárnách neželezných kovů; obsah uhelného prachu v bentonitové směsi se mění od 2 do 3 % pro malé odlitky do 7 nebo 8 % pro těžké odlitky; příliš mnoho uhelného prachu může být příčinou vzniku vad v odlitku nebo příčinou nezaběhnutí; existují různé výrobky, které mohou uhelný prach nahradit; ve srovnání s uhelným prachem jsou obvykle přidávány v trochu jiné koncentraci;

V současné praxi tlakového lití je separátor na bázi vody po zředění nanášen stříkáním na otevřenou formu v poměru 1:50 – 1:200. Kromě nátěru formy je tento nástřik používán pro chlazení. To vede k rozdílu v použití vody. Užití tohoto postupu způsobuje úbytek a prosakování vody, až 40% únik vody a separátoru do systému odpadních vod slévárny.

Hladiny emisí a spotřeby pro proces výroby odlitků do trvalých forem závisí na typu použité slitiny, velikosti povrchu taveniny, množství pískových jader, která jsou vložena do formy, poměru povrchu



a objemu odlitku. Písková jádra jsou hlavním zdrojem emisí. Mezi základními postupy lití není žádný významný rozdíl. Pro širokou různorodost procesů a aplikací není možné předložit průměrné údaje.

Hladiny emisí ze vzdušiny od tryskání dosahují úrovně emisí pod 30 mg/Nm³. Průměrná hodnota se pohybuje pod 15 mg/Nm³. Mokrý proudový Venturiho odlučovač je nejméně účinný, zanechává emisní faktor vysoko nad údaji ostatních postupů. Na druhou stranu působí také jako bezpečnostní zařízení k zabránění výbuchu hliník-prach.

3.8.2.1 Formování do trvalých forem: sběr emisí ze separačních prostředků

Nástřik forem u vysokotlakého lití separačním prostředkem na bázi vody vytváří mlhu s koncentrací produktů rozpadu. Mlha je shromažďována pomocí odsávacího víka a elektrostatického odlučovače.

Přínosem pro životní prostředí je snížení emisí separátoru obsahujícího organické sloučeniny, prevence difúzních emisí.

Tento postup se používá u stávajících zařízení. Tam, kde prevence nebo minimalizace postřiků nevyhovuje, je třeba realizovat měření na výdychu z odlučovače.

3.8.2.2 Postupy čištění odsátého vzduchu – řezání, cizelování a odjehlování

Všechny procesy tepelného řezání generují emise. Sběrem odtahu je dosaženo zakrytování pracovního místa a intenzivní odsávání vznikajícího dýmu. Je důležité umístit sběrné prvky co nejbližší ke zdroji emisí, ale tak, aby to nebránilo provozu. Jako prospěšná se ukázala kombinace mobilní ruky pro přímou a dodatečnou mobilní kabinu. Pečlivou úpravou prvků odsávání je tuhými částicemi znečištěný vzduch odváděn ze zóny dýchání dělníka. Obvyklými procesy čištění odsáté vzdušiny jsou mokré praní a suché odlučovače s tkaninovým filtrem. Je třeba poznamenat, že systémy jsou konstruovány pro malé velikosti zrn emitovaných dýmů. Separátory se používají jako u předchozí separace.

Stacionární abrazivní řezací stroje jsou odsávány. Obvyklé procesy čištění odsátého vzduchu jsou cyklony, mokré praní a suché odlučovače s tkaninovými filtry.

Řezání pilou, ulamování a odstřihávání jsou ruční procesy, které způsobují jen malé emise a za normálních podmínek nevyžadují opatření k jejich snížení.

Při cizelování a odjehlování se tvoří hlavně hrubé částice, které je obtížné odsáváním odstranit. Práce je hlavně prováděna v kabinách, a to z bezpečnostních důvodů. Ve speciálních případech, např. při odstraňování spálené směsi, mohou být tuhé částice odsáty odsávacím ramenem. Odsátý vzduch je čištěn v cyklonách, v mokrých odlučovačích a v suchých tkaninových odlučovačích.

Mokré odlučovače a suché textilní odlučovače, které byly instalovány, pracovaly úspěšně po mnoho let. Pracovní kabiny pro čištění se zabudovanými vysoce výkonnými jednotkami pro zachycení tuhých částic mohou být provozovány bez komína odtahu, protože jejich výstup je čistší než obvyklý vzduch v čistírně. Pomáhají tak zlepšit pracovní podmínky na pracovišti.

Aplikací suchých textilních filtrů se může dosáhnout hladiny emisí pod 10 mg/Nm³.



Použitím mokrého odlučovacího systému lze dosáhnout hladiny emisí pod 20 mg/Nm³.

Tyto postupy se užívají v nových a stávajících slévárnách. Obecně platí, že slévárny neželezných kovů nepoužívají dokončovací operace, které generují větší množství tuhých částic.

3.8.3 Dosahované emisní úrovně

Z údajů dostupných v REZZO 2014 jsou pro 166 zdrojů pro dopravu a manipulaci se surovinou nebo produktem uvedeny emise TZL, SO₂, NO_x, CO a VOC.

Emisní limit je dle národní legislativy (vyhláška č. 415/2012 Sb.) stanoven pouze pro TZL a to ve výši 50 mg/m³ (od 1. ledna 2016 platí pro provoz sléváren neželezných kovů o kapacitě tavení větší než 4 t za den emisní limit 20 mg/m³). Emisní koncentrace jsou uvedeny u 76 zdrojů a pohybují se průměru kolem 5 mg/m³.

Monitoring emisí SO₂, NO_x a CO není národní legislativou požadován. Zdroje emitující tyto látky jsou do kategorie 4.8.1 téměř většinou zařazeny chybně, protože se převážně jedná o žíhací nebo sušící pece.

Emisní limit pro VOC není ve vyhlášce č. 415/2012 Sb. stanoven. Emisní koncentrace VOC jsou uvedeny u 23 zdrojů a v průměru jsou nižší než 10 mg/m³ (s výjimkou jedné odlehle hodnoty).



3.9 Tavení a odlévání neželezných kovů a jejich slitin (kód 4.10.)

3.9.1 Používané techniky a postupy

3.9.1.1 Nístějová pec (plamenná pec)

Nístějová pec (plamenná pec) je statická pec s přímým vytápěním. Horký vzduch a plyn z topného oleje nebo horký vzduch a plyn se spalují, jsou dmýhány nad kov (tavbu) a odtahovány z pece. Nístějová pec nachází své hlavní uplatnění při tavení neželezných kovů.

Nístějová pec je žáruvzdorně vyzděná obdélníková nebo kruhová pec, která je vyhřívána hořáky, jež jsou namontovány ve víku, případně ve stěně. Ke zvýšení rychlosti tavení se používají různá paliva nebo kyslíkopalivové hořáky. Obvykle se provádí odsávání a úprava spalovacích plynů. Pece jsou částečně utěsněny, víka zajišťují odsávání během odpichu a sázení. Pec může být konstruována v mnoha konfiguracích podle typu kovu a použití. Různá jsou také provedení nístěje a bočních stěn pro specifické účely tavení, dmyšny a trysky pro spalované plyny. Pece mohou být někdy naklápěny.

Účinnost tavení nístějové pece není obvykle vysoká z důvodu nízkého převodu tepla z hořáku na vsázku. V praxi se účinnost může zlepšit obohacením paliva kyslíkem nebo použitím kombinace plynu a pevného paliva pro prodloužení délky plamene. Tyto pece se používají pro tavení v dávkách, k rafinaci, udržování různých materiálů. Nístějové pece jsou využívány hlavně pro tavení velkého množství neželezných kovů.

Velké nístějové pece mají vysokou rychlost tavení a mohou pracovat s kusovou vsázkou, ale přímý kontakt mezi plamenem a vsázkou může vést k vysokým ztrátám kovu, naplynění a výraznému znečištění oxidy. Řízení teploty je také obtížné. Tyto potíže mohou být překonány některými praktickými zkušenostmi, například množství stěrů lze snížit použitím některých tavidel. Moderní hořáky pak snižují problémy s řízením teploty. Po odpichu, filtraci a odplynění se může přistoupit k další úpravě, protože kov je převezen do udržovacích pecí.

3.9.1.2 Šachtová pec

Jedná se o jednoduchou vertikální pec se sběrnou nístějí (uvnitř nebo vně pece), hořákovým systémem na spodním konci a sázecím systémem v horní části. Hořáky jsou obvykle plynové a jsou navrženy pro oxidační nebo redukční atmosféry. To dovoluje, aby se kov natavil s oxidací, nebo bez ní. Kov je dávkován vrchem pece a nataven v době, kdy prochází dolů šachtou. Nezávislé řízení poměru palivo/vzduch se obvykle provádí pro každý hořák. Průběžné monitorování CO nebo vodíku se také provádí pro každou řadu hořáků, a monitorování spalovacích plynů dokonce pro každý hořák v řadě. Spalovací plyny jsou obvykle odsávány a čištěny. Někdy se aplikuje dodatečné spalování, aby se rozložil všechny oxid uhlíku, olej, VOC nebo dioxiny, jež se uvolňují. Aby se zajistilo dodatečné spalování v horní části šachty nebo vysoké pece, používá se nad tavicím pásmem dodatečně přivedený kyslík. Pec se používá pro tavení čistého kovového materiálu, ale příležitostně může být použita i pro tavení kovu, který je kontaminován organickým materiálem. Je-li do pece dodán zaolejovaný kov, prochází teplotním gradientem, který je mezi sázecí oblastí a hořáky. Nízká teplota může vytvářet mlhu částečně spáleného organického materiálu. Šachtová pec se také užívá pro přehřev vsázkového materiálu před tavením. Tento typ pece se využívá pouze pro tavení neželezných kovů, zvláště hliníku. Kvůli složité konstrukci a náročné obnově žáruvzdorné vyzdívky se pec používá pouze pro kovy s nízkým bodem tavení, proto jsou požadavky na údržbu vyzdívky pece poměrně omezené. Obvyklá životnost vyzdívky činí 4 až 8 let. Moderní typy pecí s řízeným systémem hořáků za pomoci počítače dosahují využití energie 650 kWh/t nataveného hliníku (při 720 °C). Teoretická energetická potřeba



je 320 kWh/t, proto činí tepelná účinnost 50 %.

Šachtová pec je průběžná tavicí pec s velkou kapacitou, s výkonem od 0,5 do 5 t/ a udržovací kapacitou do 50 t. Pro udržovací funkci pece je změna slitiny obtížná.

Výhody

- z důvodu dlouhého předeřevu je vsázka před zahájením tavení velmi dobře vysušena, proto je pec velmi vhodná pro Al z důvodu sníženého rizika naplynění vodíkem,
- relativně nízké investiční a provozní náklady, provozní náklady se drží nízkou díky efektivnímu předeřívání, automatickému řízení a dlouhé životnosti vyzdívky,
- technickými výhodami jsou: nízké naplynění, vynikající řízení teploty a nízká ztráta kovu.

Nevýhody

- žádná flexibilita, co se týká možnosti změny slitiny.

3.9.1.3 Kelímková pec

Existují jednoduché kelímky, které jsou ohřívány externě spalováním plynu, případně topného oleje, elektřinou nebo pro nižší teploty jinými médii. Je zabráněno kontaktu taveniny s přímým plamenem, aby se zamezilo vytvoření přehřátých míst na dně kelímku. V tavenině se tak zajistí dobré řízení teploty, a tím se zamezí oxidaci a odpařování kovu.

Tento typ pece se používá pouze pro tavení neželezných kovů. Z důvodu nepřímého ohřevu (přes stěny kelímku) nedochází k žádnému naplynění spaliny nebo plynem. Tyto pece se používají pro výrobu malého množství nataveného kovu (méně než 500 kg na dávku) a pro malé výrobní kapacity.

Pro odlévání roztaveného kovu do forem se kelímek naklápí ručně, pomocí jeřábu, případně mechanicky. Pro materiály na bázi mědi se používají kelímky z grafitu nebo karborundu (karbid křemíku), zatímco hliník může být nataven také v litinových kelímcích.

Studená vsázka je vsazena do kelímku, aby se roztavila, spustí se vytápění na plný výkon. Při 50 až 100 °C, pod teplotou bodu tavení, je energie vypnuta a vsázka je dále ohřívána tepelnou setrvačností kelímku. Po dosažení požadované teploty je vypnut řídicí systém. Po odstranění strusky se může provádět úprava taveniny. To zahrnuje odstranění kyslíku, odplynění, rafinaci zrna, doplnění prchavých kovů, jako jsou zinek a hořčík, poté se struska před litím stáhne ještě jednou.

Kromě pravidelné obnovy kelímku není potřeba žádné údržby. Čas obnovy je primárně závislý na tavené slitině. Několikanásobné změny slitin způsobují rychlejší opotřebení kelímku. Kelímky z SiC používané pro nízkotavitelné slitiny mají životnost od 130 do 150 vsázek. Pro slitiny s vysokou tavicí teplotou je životnost 50 až 80 vsázek.

Tepelná účinnost je 750 – 3 000 kWh/t pro hliník, tj. 15 – 30 % účinnost.

Výhody

- jednoduchá technologie,
- snadná údržba,
- flexibilita, co se týká změny slitiny.

Nevýhody

- nízká účinnost a výrobní kapacita.



3.9.1.4 Tavení a odlévání mědi a slitin mědi

Měď a slitiny mědi se obvykle taví v kelímkových pecích. Používají se také středofrekvenční indukční pece s křemennou vyzdívkou nebo pece vyzdžené oxidem hliníovým.

U slitin mědi závisí množství vypouštěných tuhých částic na velikosti obsahu zinku ve slitinách.

Tvorba strusky a stěru se pohybuje kolem 60 kg/t roztaveného kovu. Hodnota je podobná hodnotě pro tavení v indukčních nebo plamenných pecích a pro různé slitiny mědi. Složení strusky závisí na typu tavené slitiny. Obecně je obsah mědi v rozsahu 45 – 55 %. Konstantní jakost strusky může být znehodnocena smícháním různých typů strusek ze slévárny, je však potřebná pro recyklaci mimo slévárnu.

3.9.1.5 Tavení a odlévání zinku a slitin zinku

Ve slévárnách zinku je nejčastěji využíváno odlévání tlakovým litím. K lití se používá slitiny Zamac (ZnAl4Cu1 nebo ZnAl4). Housky slitiny zinku jsou roztaveny společně se zmetky a nálitky v plynu vyhřívané kelímkové peci liciho stroje. Dělicí prostředek je před odlitím nastříkán na povrch formy. Odlitý kus je ochlazován ve vodní lázni a je odstraněn vtokový systém. Odlitek je následně odmaštěn a broušen. Spaliny tavení jsou shromážděny a odprášeny v suchém odlučovači.

3.9.2 Techniky snižování emisí do ovzduší

Plamenná (nebo také pálicí) pec existuje v různých velikostech a tvarech. Velké plamenné pece dovolují rychlé tavení a mohou zpracovat kusovou vsázku, ale přímý kontakt mezi plamenem a vsázkovým materiálem může vést k vysokým ztrátám kovu. Kov tvoří s plynem oxidy, které ho znečišťují. Řízení teploty může být také obtížné. Tento typ pece se používá méně pro relativně nízkou tepelnou účinnost (kolem 1100 KWh/t). Užívá se rovněž pro tavení slitin mědi.

Kelímkové pece jsou nepřímo ohřívány palivovými hořáky nebo hořáky elektrických rezistorů. Pro kelímky s palivovým hořákem není tepelná účinnost tak vysoká jako pro ostatní tavicí pece, protože je obtížné využít teplo produktů spalování. Jsou relativně drahé; protože plamen není v kontaktu s nataveným kovem, jsou ztráty kovu nízké, jakost taveniny vysoká a změny slitiny se tak provádí snadno.

Pro hliníkové slitiny je hrubý odhad množství emitovaných pevných částic kolem 0,3 kg/t nataveného kovu.

Ve slévárnách neželezných kovů je při tavení housek a inertního vratu riziko tvorby dioxinu velmi nízké. Při tavení čistých neželezných kovů není přítomen ani chlor, ani uhlík nutný pro tvorbu a opakovanou tvorbu dioxinu.

3.9.2.1 Předcházení viditelným emisím během tavení a úpravy kovu

Za normálních provozních podmínek tavicí proces, pokud jde o čistou tavbu kovu, neemituje viditelný kouř. Během zavážení pece je možné, že se může tvořit viditelný kouř. Může to být způsobeno hořícími nečistotami ve vsázce, jako je olej nebo barva, nebo plamenem hořáku, který je zhasen, a nespálené pevné nebo tekuté palivo je emitováno. V těchto případech je možné instalovat dodatečný hořák.



Pro zachycení viditelného kouře mohou být instalovány také zákryty. Tavení čistého šrotu předchází nebo minimalizuje tyto typy emisí.

Tato technologie se týká nových i stávajících kelímkových a nístějových pecí.

Některé existující pece byly zpětně vybaveny zařízením na odsávání a snižování nečistot. Tento postup je provázen praktickými obtížemi. Použití tohoto zařízení omezuje obsluhu, například jeřábu i pece samotné. Aby bylo odsávání účinné, je obvykle provedeno takovým způsobem, že se pohybuje s tělesem pece při naklopení pro lití v případě emisní provozní špičky. Toho nelze vždy snadno dosáhnout s existujícími tělesy pece. Mohou se vyskytnout také problémy spojené s umístěním připojeného vedení. V některých případech je nutné upravit hlavní plošiny pece a okolí, aby se umožnila instalace vedení.

3.9.3 Dosahované emisní úrovně

Z údajů dostupných v REZZO 2014 jsou pro 332 zdrojů pro tavení a odlévání neželezných kovů a jejich slitin uvedeny emise TZL, SO₂, NO_x, CO a VOC.

Emisní limit pro TZL je dle národní legislativy (vyhláška č. 415/2012 Sb.) stanoven ve výši 50 mg/m³ (od 1. ledna 2016 platí emisní limit 20 mg/m³). Emisní koncentrace jsou uvedeny u 215 zdrojů a v průměru nepřevyšují 3,5 mg/m³.

Vyhláška č. 415/2012 Sb. stanovuje emisní limit pro NO_x ve výši 400 mg/m³. Emisní koncentrace NO_x jsou uvedeny u 191 zdrojů a v průměru se pohybují nad hranicí 30 mg/m³.

Národní legislativa (vyhláška č. 415/2012 Sb.) dále stanovuje emisní limit pro Zn ve výši 10 mg/m³, který platí pro tavení a odlévání zinku a jeho slitin. Údaje o emisích Zn nebyly v REZZO 2014 k dispozici.

Emisní limity stanovené vyhláškou č. 415/2012 Sb. platí pouze pro tavení a odlévání o projektované kapacitě 200 kg slitiny/den a vyšší.

Emisní limity pro SO₂, CO a VOC nejsou ve vyhlášce č. 415/2012 Sb. stanoveny. Emisní koncentrace SO₂ jsou uvedeny u 19 zdrojů a s výjimkou jedné odlehlé hodnoty nepřevyšují 25 mg/m³. Emisní koncentrace CO jsou uvedeny u 96 zdrojů a v průměru se pohybují na úrovni 30 mg/m³. Emisní koncentrace VOC jsou uvedeny u 17 zdrojů a v průměru jsou nižší než 20 mg/m³.



3.10 Povrchová úpravu kovů a plastů a jiných nekovových předmětů a jejich zpracování s objemem lázně do 30 m³ včetně, procesy bez použití lázní (kód 4.12.a)

Povrchová úprava kovů a plastů netvoří samostatné výrobní odvětví, ale poskytuje služby širokému spektru dalších odvětví. Desky tištěných kovů lze považovat za výrobky, ale jsou široce používány v další výrobě, např. počítačů, mobilních telefonů, bílé techniky, vozidel, atd.

Povrchové úpravy nevytvářejí výrobky, ale mění povrchové vlastnosti již vyrobených dílů nebo výrobků pro další použití. Kovy a plasty jsou upravovány, aby se změnily jejich povrchové vlastnosti: dekorační a odrazové, zvýšila se tvrdost a odolnost k oděru, zajistila se korozní ochrana a jako základ ke zvýšení přilnavosti dalších úprav jako je nanášení nátěrových hmot nebo fotocitlivých povlaků pro tisk.

Měď, mosaz nebo ostatní slitiny jsou povrchově upravovány také v menších kontinuálních reel-to-reel zařízeních. Desky plošných spojů jsou vyráběny z desek plastů nebo skleněných vláken, které jsou vrstvené (obvykle s mědí), nebo z plastových folií.

Plasty, které jsou levnější materiál a snadněji se odlévají nebo lisují, si uchovávají své vlastnosti, jako jsou izolační vlastnosti a pružnost, zatímco povrch může získat vlastnosti, jaké mají kovy. Desky tištěných spojů (PCB) jsou zvláštním případem, kdy jsou složité elektronické obvody vyráběny nanášením kovů na povrch plastů.

Povrchové úpravy kovů

Důvody použití:

- Dekorativní,
- zvýšení tvrdosti (úprava řezných hran a zvýšení odolnosti k poškození a opotřebení),
- ochrana proti korozi.

Úprava povrchů plastů

Plasty jsou v současné době široce používány nejen jako náhrada kovů, ale také pro své specifické vlastnosti.

Důvody použití:

- dekorativní,
- odrazivost,
- odolnost,
- elektrická vodivost.

Těchto vlastností lze dosáhnout vytvořením vrstvy kovu na povrchu plastů. Specifickým případem jsou plošné spoje, kde jsou složité elektronické obvody zhotovovány nanášením kovů na povrch plastu – obvykle desky z pryskyřice nebo skleněného vlákna, ale také plastové fólie. Na vnitřní povrch těchto otvorů je během výroby také nanášena vrstva kovu umožňující následné pájení elektronických součástek.

3.10.1 Používané techniky a postupy

Všechny povrchové úpravy, s několika výjimkami, vyžadují nějaké předúpravy (např. odmaštění), dále následuje minimálně jedna hlavní činnost (např. elektrolytické pokovování, anodická oxidace nebo chemická úprava) a konečně sušení. Všechny procesy byly vyvinuty pro díly zavěšené na rámech



nebo závěsech; některé procesy jsou také prováděny na dílech v rotujících bubnech, a několik procesů povrchových úprav se provádí na svitcích nebo pásech podkladového materiálu. PCB jsou vyráběny převážně ve výrobních sekcích, které mohou zahrnovat přes 60 operací.

Výrobní linky jsou obvykle tvořeny jednotlivými sekcemi a malé linky mohou být tvořeny řadou nádrží. Všechny linky (s výjimkou linky jednoduchého fosfátování železa) jsou tvořeny více než jednou úpravou či operací, obvykle se zařazenými oplachy mezi jednotlivými operacemi. Některé operace jsou bezvodé, jako je sušení nebo vrtání desek plošných spojů.

Velikost a uspořádání zařízení a hlavní a doplňkové činnosti jsou dané:

- typem prováděné povrchové úpravy,
- zavedenými kvalitativními normami a požadavky,
- typem, velikostí a počtem upravovaných dílů,
- dopravníkovými systémy potřebnými pro manipulaci s díly.

Mimo uvedené činnosti mohou být díly nebo polotovary předběžně nebo následně upravovány dalšími operacemi jako je lisování, tvarování, ohýbání, řezání, vrtání, svařování, pájení, atd.

První výrobní operací v provozu je dodávka a uložení vstupních dílů, polotovarů a surovin. Díly nebo součástky jsou zavěšovány na dopravník a prochází předúpravou, např. odmašťováním. Většina dílů nebo polotovarů je předupravena ve více než jedné výrobní operaci, a některé z nich mohou být nejprve zavěšeny do pokovovací linky. Díly nebo polotovary jsou poté povrchově upravovány v jedné nebo více výrobních operacích, které jsou hlavní technologií. Oplachy jsou obvykle zařazeny mezi jednotlivé výrobní operace, a vždy mezi předúpravou a/nebo výrobní operací. Povrchová úprava je ukončena následnou úpravou, jako je sušení a díly nebo polotovary jsou skladovány a expedovány.

Elektrolytické procesy vyžadují elektrolyt pro vytvoření elektrického článku mezi dvěma elektrodami. Jestliže je díl nebo polotovar zapojen do obvodu v článku pro elektrolytické vylučování, kationty se začnou pohybovat směrem ke katodě. Kov se vylučuje za současného vývinu vodíku jako sekundární katodické reakce. Anionty se pohybují směrem k anodě.

Typ, uspořádání a velikost ostatních částí linky a doplňujících zařízení je dán typem elektrolytického článku a jeho součástí. Typ elektrolytického článku závisí na:

- průmyslovém využití zhotovovaného výrobku,
- typu povlaku a požadované tloušťce (kovový povlak a/nebo konverzní povlak),
- typu podkladu (dílu), který je pokovován,
- způsobu vedení procesu: závěsný, hromadný nebo kontinuální.

Elektrolytické články mohou být rozděleny z hlediska své funkce podle čtyř základních parametrů:

- geometrie elektrolytického článku,
- proudová hustota,
- typ elektrolytického roztoku (uvedený dále pro každý proces),
- typ anody.

Používají se dva typy anod:

- rozpustné anody,
- nerozpustné anody.



3.10.1.1 Techniky pro vstup do procesu

Jestliže jsou díly v odpovídajícím stavu pro požadovanou povrchovou úpravu, vstupují do procesu jedním z dále uvedených dopravních způsobů:

- závěsy nebo rošty – rámy nesoucí díly samostatně nebo ve skupinách,
- bubny a zvony – plastové válce obsahující několik dílů,
- pásy (ocelové hliníkové) – pásy nebo svitky podkladového materiálu.

V ojedinělých případech jsou díly upravovány in situ (viz elektrolytické pokovování tamponováním a anodická oxidace – viz dále).

Pokovování a anodická oxidace tamponováním je speciální technologie, vyvinutá pro selektivní pokovování přenosnými zařízeními s anodami, které jsou obaleny absorpčním materiálem, takže není nutné díly ponořovat do roztoku elektrolytu.

3.10.1.2 Předúprava dílů a polotovarů

Díly nebo polotovary musí být před povrchovou úpravou očištěny od prachu, kovových třísek a písku z forem, nesmí být znečištěny korozí a mastnotami tak, aby bylo dosaženo jednotného naneseného povlaku a trvalé adheze povlaku k podkladu. Mnoho dílů nebo polotovarů je konzervováno olejem jako ochrana před korozí v době přepravy nebo se na povrchu vyskytují zbytkové mastnoty z tvářecích operací, jako je lisování.

V operacích předúpravy povrchu se nejen odstraní mastnoty a oleje, ale také vrstvy oxidů a zajistí se chemicky aktivní povrch pro další procesy.

Mechanické předúpravy

Tyto procesy jsou spojeny se vznikem prachu. Předúpravy:

- Broušení a leštění
- Abrazivní tryskání
- Odjehlování/odokujování

Elektrolytické a chemické leštění

Chemické a elektrochemické leštění jsou selektivní reakce rozpouštění kovu, kdy dochází k rozpouštění vysokých hrotů mikronerovností drsného povrchu rychleji než ostatních částí povrchu.

Výhody těchto postupů:

- obdoba procesu anodické oxidace a elektrolytického pokovování; tyto operace lze jednoduše zařadit do linky, lze snadno provádět kontrolu, a lze jimi zcela nahradit mechanické leštění,
- lze snadno provádět hromadným způsobem a náklady na pracovní sílu jsou tedy nižší, především v případě dílů, pro které nelze proces mechanického leštění automatizovat,
- povrch je čistý a zajišťuje lepší přilnavost vyloučených povlaků a vyšší korozní odolnost,
- lesk a zbarvení povrchu je často velmi vysoké a nedochází ke tvorbě „květu“.

Emise z kyselých lázní, především ty, které obsahují šestimocný chrom, je nutné odsávat a následně upravovat. V případě používání kyseliny dusičné, musí být odsávané emise vypírány, aby byly odstraněny oxidy dusíku (NO_x).

Při této technologii nevzniká prašné znečištění a hluk jako v případě mechanického leštění.



Odmašťování rozpouštědly

Odmašťování rozpouštědly znamená obvykle použití chlorovaných uhlovodíků (CHC), alkoholů, terpenů, ketonů, lakového benzínu nebo uhlovodíků. CHC jsou používány vzhledem k jejich dobré odmašťovací účinnosti a universálnímu použití, rychlému vysychání a nehořlavosti, ale je jejich používání omežováno předpisy na ochranu zdraví a životního prostředí. Používají se dva způsoby odmašťování: odmašťování za studena a odmašťování v parách.

Vodné odmašťování

Díly jsou ponořeny do pracovního roztoku po dobu několika minut nebo jsou postříkány odmašťovacími roztoky. Roztoky jsou obvykle alkalické nebo neutrální, ale mohou být i kyselé, a obvykle pro zvýšení odmašťovacího účinku pracují při zvýšených teplotách. Hlavní složkou těchto vodných odmašťovacích roztoků jsou hydroxidy nebo kyseliny, křemičitany, fosforečnany a komplexotvorné látky a smáčedla. Vodné odmašťovací roztoky pracují jako nestabilní emulze (tzv. deemulgující lázně) nebo jako stabilní emulze.

Další techniky čištění

- Odstředivky – používají se pro jednotlivé šarže k odstranění přebytečné vazelíny, a obvykle se používají pro menší díly před hromadným způsobem povrchové úpravy.
- Manuální stírání – Pro manuální stírání se používají čisté tkaniny a rozpouštědla, nebo absorbční látky jako mletá křída nebo vápenec.

Moření a odstraňování okují

Moření a odstraňování okují jsou chemické postupy k rozpouštění kovů používané k zesvětlení a/nebo k odstranění oxidických vrstev z odmaštěných povrchů před dalšími procesy povrchové úpravy. Během procesů moření se chemickou reakcí s mořicí látkou na bázi kyseliny odstraní s povrchu nežádoucí nebo přilnavé vrstvy jako jsou okuje, vrstvy oxidů a dalších korozních produktů kovů. Pokud je nutné účinně odstranit silné oxidické vrstvy, používají se specifické koncentrace kyselin, teplota a doba moření. Nejčastěji se používá kyselina chlorovodíková nebo sírová. Ve zvláštních případech se užívá kyselina dusičná, fluorovodíková nebo fosforečná nebo směs kyselin. K účinnému odmoření některých slitin se používají roztoky obsahující fluoridy. Moření hliníku a jeho slitin se obvykle provádí v roztocích hydroxidu sodného, popřípadě s přídavkem fluoridů. Nádrže pro moření je nutné vybavit odsáváním, aby se odstranily vznikající aerosoly, popř. plynná kyselina chlorovodíková a oxidy dusíku při použití kyseliny dusičné.

Moření a vyjasňování hliníku

Leptání hliníku a jeho slitin se obvykle provádí roztoky hydroxidu sodného, s případným přídavkem fluoridů. Před chemickým nebo elektrolytickým pokovováním je nutné k dosažení dobré přilnavosti na povrch aplikovat zinečnatany. Lázeň tvoří roztok hydroxidu sodného s přídavkem zinečnatanů.

Elektrolytické moření, aktivace a odmašťování

Účinnost moření může být zvýšena zapojením podkladu jako anody. Po chemickém moření kovů často následuje elektrolytická aktivace, aby se z povrchu odstranily všechny zbylé nežádoucí úsady, např. oleje a nečistoty zachycené v mikronerovnostech drsného povrchu. Tyto úsady se odstraní působením elektrolytický vzniklého H_2 na povrchu katody a plynného O_2 vznikajícího na anodě. Základní složky roztoku jsou obdobné jako u alkalických odmašťovačů, ale koncentrace složek je obvykle dvojnásobná. Vany pro moření je nutné vybavit odsáváním, aby se odstranily intenzivně vznikající aerosoly.



Snímání kovových povlaků

Chemické postupy jsou jednoduše aplikovatelné a vyžadují nižší náklady na zařízení. Na druhé straně, elektrolytické procesy jsou rychlejší, ekonomičtější a lépe regulovatelné. Proto jsou především používány pro takové činnosti, jako je snímání kovových povlaků ze závěsových kontaktů. Reakcí kyselin s kovovým povlakem a s podkladovým materiálem vznikají dýmy a mlha kyselin, které mohou způsobit problémy s čistotou ovzduší v lokalitě, zdravotní problémy pracovníků a poškození zařízení v daném provozu.

Předúprava plastů (leptání)

Tento postup je nutný v případě povrchové úpravy plastů chemickým pokovováním a při výrobě desek plošných spojů.

- Kondicionování plastů – dosahuje se jím potřebné smáčivosti povrchu pro následné pokovování zaplněných (neprázdných) povrchů a dobré adheze kovových vrstev. Pracovní roztok obsahuje kyselinu sírovou nebo hydroxid a uhličitán sodný, organická, ve vodě rozpustná, biodegradovatelná rozpouštědla (deriváty alkoholů, glykolů). Při výrobě PCB se k čištění používá směs pemzy a vody, které zajistí mikroskopicky zdrsňený povrch s dostatečnou přilnavostí dalších vrstev.
- Moření plastů (leptání) – Moření plastů je předpokladem pro dobrou adhezi kovu na povrchu. Provádí se ve vodném roztoku kyseliny chromové (až do 380 g/l) s povrchově aktivními látkami. Provádí se u povrchů plastů typu ABS k oxidaci a rozpuštění složek butadienu a k vytvoření povrchu s potřebnou drsností. Nádrže pracovních roztoků musí být vybaveny odsáváním k odstranění malého množství vznikajících aerosolů a kyselých plynů.

3.10.1.3 Oplachování a výnos

Výnos je kapalina z předcházejících výrobních operací, která ulpěla na povrchu dílů nebo podkladů. Oplachování je nutné:

- mezi dvěma základními výrobními operacemi, aby se zabránilo kontaminaci pracovních roztoků,
- k zajištění toho, aby nedošlo k poškození povrchu dílů a/nebo podkladů zbytky chemikálií následnou reakcí nebo vznikem skvrn vysycháním rozpuštěných chemikálií.

3.10.1.4 Hlavní výrobní operace

Elektrolytické pokovování mědi a slitinami mědi

Elektrolytické měděné výrobky jsou běžnou součástí každodenního života, jako jsou mince, knoflíky nebo zipy s patinou pro galanterní účely. Tyto typy výrobků lze pokovovávat v závěsných linkách nebo hromadě v bubnech. Pokovování mědi je také základní technologií pro výrobu desek tištěných spojů. Vany pracovních lázní by měly být vybaveny odsáváním.

Lázně pro pokovování mědi:

- **Mědění v kyanidové lázni** – Elektrolyty kyanidu měďného s nízkou teplotou se používají pro nanesení tenkého základního povlaku na oceli a zinkových odlitcích k zabránění samovolnému vylučování (cementaci) mědi a nanesení povlaků s malou přilnavostí. Tento elektrolyt tvoří kyanid měďný a kyanid sodný. Další vysoce účinné elektrolyty obsahující kyanid měďný a kyanid sodný s vínanem draselno-sodným pracují s vysokou hustotou proudu.
- **Mědění v kyselé lázni** – Pro mědění se v současné době používají nejčastěji kyselá lázně. Kyselá mědicí lázně na bázi síranu měďného a kyseliny sírové pracují s vysokým proudovým



výtěžkem a vytvářejí lesklé a leštitelné povlaky jako mezivrstvy pod dekorativní, lesklé povlaky niklu a mědi na konstrukce nábytku, koupelnové vybavení, dráty, atd. Roztoky neobsahují kyanidy, nedochází ke vzniku uhličitánů a roztoky mají vyšší elektrolytický výtěžek.

- **Mědění v difosforečnanové lázni** – Difosforečnanové elektrolytické roztoky se v současné době prakticky nepoužívají. Tyto roztoky se používají pro speciální technické aplikace jako je ochrana tepelně namáhaných dílů, např. vrstva pro tažení drátů, a pro vytvoření silných lesklých vrstev, které se již dále neleští nebo se leští jen omezeně, pro zabránění vodíkovému křehnutí a jako mezivrstva pod povlaky niklu a stříbra. Difosforečnanové elektrolyty lze použít také pro pokovování průchozích otvorů, panelů a podkladů desek plošných spojů a pro tvorbu mezivrstev, ale jen jako náhrada kyselých mědicích elektrolytů.
- **Mosazení** – Mosaz je slitina mědi a zinku, ale může obsahovat i nikl, cín nebo olovo. Pro vytvoření dekorativních povlaků slitin mědi a zinku se obvykle používá roztok směsi kyanidů mědi a zinku.
- **Bronzové povlaky** – Pro dekorativní pokovování se používají kyanidové bronzové slitiny.

Elektrolytické pokovování niklem

Elektrolytické a chemicky vyloučené povlaky niklu se používají pro velmi mnoho průmyslových i spotřebních výrobků. Primární funkcí těchto povrchových úprav je zvýšit korozní odolnost podkladových kovů, odolnost k opotřebení a ořezu. Niklové povlaky vytváří ve srovnání s jinými dekorativními povlaky i hladké, velmi reflexní a korozně odolné povlaky.

Technologie niklování – zahrnující jak elektrolytické, tak chemické (autokatalytické) procesy – je možné rozdělit do několika kategorií:

- Elektrolytické povlaky nikl/chrom
- Elektrolytické povlaky niklu s jiným vrchním povrskem
- Elektrolytické povlaky niklu
- Elektrolytické kompozitní povlaky niklu
- Elektrolytické povlaky slitin niklu
- Galvanoplastické povlaky niklu
- Chemicky vyloučené povlaky niklu

Obvykle je používáno odsávání a jsou používány odlučovače aerosolů; kapalně odpady z odlučovače a mokřích odlučovačů je nutné zpracovávat v čistírně odpadních vod.

Lázně pro elektrolytické pokovování niklem:

- **Wattsovy niklovací lázně** – Wattsovy niklovací lázně jsou nejrozšířenějším typem lázní používaným v galvanickém průmyslu, včetně lázní pro vylučování povlaků nikl-chrom, povlaků niklu s jiným vrchním povrskem a kompozitních niklových povlaků. Lázně obsahují síran nikelnatý, chlorid nikelnatý a kyselinu boritou.
- **Amidosíranové niklovací lázně** – Tyto lázně se běžně používají, a to především v galvanoplastice, kde je bezpodmínečně nutné nízké vnitřní pnutí ve vyloučených površích. Mohou se používat roztoky neobsahující chloridy (ale pouze v případě, že je používána niklová anoda depolarizovaná sírou), aby se vnitřní pnutí v povlaku snížilo na minimum. Roztoky se používají také pro hromadné pokovování v bubnech a pro pokovování malých pásů, kde jejich vyšší elektrická vodivost umožňuje rychlejší rychlost vylučování, a při tvorbě tlustších povlaků.
- **Chloridové niklovací lázně** – Lázně na bázi chloridu nikelnatého mají velmi omezené použití vzhledem k velmi vysokému vnitřnímu napětí vylučovaných povlaků. Jedinou výjimkou



je Woodova lázeň pro tenké povlaky, která má obvyklé složení 240 g/l hexahydrátu chloridu nikelnatého a 125 ml kyseliny chlorovodíkové pracující při 20 – 30 °C.

- **Síranové niklovací lázně** – Lázně na bázi síranu nikelnatého bez přítomnosti chloridu nikelnatého se používají zřídka, protože nezajišťují dobrou rozpustnost niklové anody. Elektrolyty obsahující síran nikelnatý a kyselinu sírovou jsou někdy používány pro vyloučení podobných povlaků jako Woodovy lázně.
- **Další niklovací lázně** – V literatuře jsou uváděny lázně bázi fluoroboritanu nikelnatého, ale ve skutečnosti jsou pro průmyslové aplikace používány ojediněle.
- **Lázně pro vylučování slitinových povlaků** – Pro galvanoplastiku se používá slitiny nikl-kobaltu, protože jsou tvrdší než čistě niklové povlaky. Povlaky slitiny nikl-železo našly vzhledem ke svým magnetickým vlastnostem uplatnění v elektronickém průmyslu. Lázně používané pro vylučování obou slitinových povlaků jsou obvykle na bázi běžných Wattsových nebo amidosíranových lázní se stejnými pracovními podmínkami a požadavky na údržbu lázní.

Chromování

Chromové povlaky našly široké uplatnění jako dekorační vrchní povlaky (lesklé chromové povlaky) a jako funkční povlaky (tvrdý chrom) díky své vysoké tvrdosti a odolnosti k oděru. Lesklý chrom se vylučuje z tradičně používaných elektrolytů na bázi šestimocného chromu nebo z novějších lázní na bázi trojmocného chromu.

Povlaky tvrdého chromu (obvykle označované jako „tvrdý chrom“) tvoří silné povlaky na určitých dílech (hřídelové pohony, hydraulické válce, ložiska podvozků letadel, čepy, ventily, atd.), kde zajišťují vysokou odolnost k mechanickému poškození a oděru. Tvrdé chromové povlaky lze vyloučit pouze z lázní šestimocného chromu.

V elektrolytech dochází na katodě k vývoji vodíku, a tím i ke vzniku aerosolů z lázní. Teoreticky, mohou z chloridových lázní trojmocného chromu vznikat nebezpečné organické halogenované sloučeniny (AOX) a plynný chlor, ale pracovní lázně jsou upravovány aditivy, aby k této reakci nedocházelo. Tyto problémy se nevyskytují při používání síranových lázní.

Vany pracovních lázní jsou obvykle vybaveny odsáváním pro odstranění aerosolů obsahujících chrom. Lázně obsahují látky pro snížení pění a tím i snížení množství vznikajícího aerosolu ať jsou lázně odsávány nebo nejsou. Tyto látky jsou založeny na PFOS, které jsou toxické a persistentní.

Odsáté aerosoly lze upravovat vhodným odlučovačem aerosolů a zkondenzované kapaliny lze upravovat spolu s ostatními kapalnými odpady obsahujícími šestimocný chrom.

Lázně pro chromování:

- **Lázně pro vylučování lesklých chromových povlaků (lázně s šestimocným chromem)** – Elektrolyty pro vylučování lesklých povlaků ze sloučenin šestimocného chromu obsahují kyselinu chromovou a katalyzátor, tvořený síranovými nebo fluoridovými ionty. V případě, že má povlak zajišťovat i vysokou korozní odolnost, lze vyloučit v obdobných lázních i tzv. „mikrotrhlinkový“ chromový povlak.
- **Lázně pro vylučování lesklých chromových povlaků (lázně s trojmocným chromem)** – Elektrolyty na bázi trojmocného chromu tvoří sloučeniny chromu např. sírany nebo chloridy spolu s dalšími potřebnými chemikáliemi. Trojmocný chrom je možné použít pouze pro dekorativní povlaky a nelze jím nahradit povlaky šestimocného chromu pro tvrdé chromování. Není nutné zavádět odsávání par a mokrou vypírku odsávané vzdušiny nebo přídavek látek pro snížení tvorby pěny. Lázně ale musí obsahovat aditiva pro zamezení tvorby volného chloru nebo AOX. V některých případech je potřebné odsávání, aby byly odstraněny všechny kyselé páry. Odsáté a zachycené dýmy se následně využijí při údržbě lázní doplňováním po odpaření a účinném snížení svého objemu.



- **Černé chromování** – Černé dekorativní chromové povlaky se vytvářejí na dílech a součástkách obdobných jako pro lesklé chromování. Také tyto povlaky se vylučují na mezivrstvu niklu. Obvykle jsou pro dosažení vysoce dekorativního vzhledu následně upravovány emulzemi. Povlaky se vylučují z elektrolytů na bázi šestimocné kyseliny chromové a katalyzátorů (dusitany, fluoridy).
- **Lázně pro vylučování tvrdého chromu** – Elektrolyty pro vylučování povlaků tvrdého chromu tvoří kyselina chromová a katalyzátor (sírany, směs síranů a fluoridů, speciální prostředek neobsahující fluoridy).

Zinkování a pokovování slitinami zinku

Povlaky zinku a slitin zinku jsou nejrozšířenější elektrolytickou povrchovou úpravou zajišťující korozní odolnost a/nebo levný dekorativní povlak na řadu železných a ocelových výrobků pro automobilový průmysl, stavebnictví a další odvětví průmyslu. Povlaky zinku musí být následně upravovány. Zinkové rudy obsahují kadmium.

Lázně pro zinkování a pokovování slitinami zinku:

- **Alkalické kyanidové zinkovací lázně** – Tyto lázně se používají především pro technické (nedekoratивní) korozně odolné povlaky. Lázně obsahují oxid zinečnatý, hydroxid sodný a kyanid sodný.
- **Alkalické bezkyanidové zinkovací lázně** – Tyto elektrolyty se používají pro vylučování korozně odolných vrstev (nedekoratивní povlaky). Pracovní roztok obsahuje oxid zinečnatý a hydroxid sodný nebo draselný. Nedostatkem lázní je nepřítomnost stabilizujících kyanidů. Tvorbu aerosolů z lázní lze snížit použitím povrchově aktivních látek, které vytvářejí pěnu překrývající vanu. Odpěnovače mohou být ale na bázi PFOS, které jsou toxické a biologicky neodbouratelné.
- **Kyselé zinkovací lázně** – Z kyselých zinkovacích lázní se vylučují lesklé dekorativní povlaky používané např. pro nábytkové kování, nákupní vozíky a košíky. Elektrolyty obsahují chlorid zinečnatý, chlorid draselný a/nebo sodný, kyselinu boritou a povrchově aktivní látky. Používají se pouze rozpustné anody. Proces má nižší spotřebu energie než alkalické procesy. Nádrže pracovních lázní musí být vybaveny odsáváním pro odstranění výparů obsahujících chloridy, které mohou vyvolat korozi zařízení. V případě, že odsávaná vzdušina prochází odlučovačem, je nutné upravit pH kondenzátu a odstranit z něj zinek.
- **Lázně pro vylučování zinkových slitin** – Povlaky zinkových slitin poskytují dobrou korozní odolnost a jsou používané především v automobilovém průmyslu. Nádrže pracovních lázní musí být vybaveny odsáváním pro odstranění aerosolů a výparů chloridu amonného. Odsávaná vzdušina prochází odlučovačem aerosolu.

Kadmiování

Kadmium je používáno především pro ochranu dílů zhotovených z oceli a hliníkových nebo titanových slitin. Vzhledem ke své toxicitě bylo používání kadmia omezeno na speciální případy, kde jej není možné nahradit - v letectví a kosmonautice, vojenské technice, důlní zařízení, jaderný průmysl a některé elektrické spoje, kritické z hlediska bezpečnosti. Kadmiování je možné z kyselých i alkalických kyanidových lázní. Předúprava povrchu je obdobná jako při zinkování. Po pokovování jsou povlaky často pasivovány kyselinou chromovou. Elektrolyty obsahují kyanidy, sírany nebo fluoridy.



Cínování a pokovování slitinami cínu

Cínované kovy jsou široce používány v mnoha aplikacích vzhledem ke svým jedinečným vlastnostem. Nejběžnější slitinou cínu pro elektrolytické povlaky je povlak cínu a olova. Elektrolyty obsahují fluoroboritany cínaté, cínčité a olovnaté, kyselinu fluoroboritou a aditiva.

Elektrolyty neobsahující fluoroboritany cínu a olova jsou v současnosti založeny na bázi organické metansulfonové kyseliny (MSA). Elektrolyty jsou stabilnější, vzniká menší množství kalů, povlaky se vylučují vyšší rychlostí, vyloučené povlaky mají lepší vlastnosti a strukturu. Často se používají pro pokovování malých sviteků a v bubnových procesech. Nádrže pracovních lázní musí být vybaveny odsáváním pro odstranění aerosolů vznikajících při procesu.

Elektrolytické povlaky drahých kovů

Specifické vlastnosti těchto povlaků jako je vodivost, tvrdost a odolnost k oděru vedly k jejich rozšíření v elektrotechnickém a elektronickém průmyslu. Využívané drahé kovy jsou stříbro, zlato, paladium a jeho slitiny, rhodium, platina. Vany pracovních lázní musí být ve většině případů vybaveny odsáváním par.

Autokatalytické vylučování povlaků (katalyticky redukováné chemické povlaky)

Tyto procesy se podle EN ISO 4527: 2003 označují také jako ne-elektrolytické pokovování, ale tento výraz není vhodný. Základním požadavkem pro průběh reakce je přítomnost katalytického kovu – kovu, který se bude vylučovat. Výhody tohoto procesu jsou:

- za předpokladu, že je roztok dostatečně promícháván tak, aby se po celou dobu vylučování dostával do kontaktu s celým povrchem dílu čerstvý neochuzený roztok, je vyloučený povlak rovnoměrný na celém povrchu, i v případě, že díl je členitý,
- povlaky jsou obvykle méně porézní než stejné povlak vyloučené elektrolyticky,
- jednodušší manipulace s díly,
- pokovování i nevodivých povrchů (jako jsou plasty),
- povlaky mají často specifické vlastnosti, protože jsou tvořeny slitinou kovu a sloučeninou vznikající z redukčního činidla.

Druhy autokatalytických povlaků:

- **Autokatalytické povlaky niklu na kovech** – Roztoky pro autokatalytické povlaky niklu jsou na bázi síranu nikelnatého a chloridu nikelnatého. Jako redukční činidla se nejčastěji používají fosfornan sodný, NaBH_4 a dimethylamoniumboran. Roztoky také obsahují komplexotvorné látky (organické karboxylové kyseliny) a tlumící roztoky jako je hydroxid sodný a uhličitán sodný. Jako leskotvorná přísada se v některých případech přidává kadmium. Jako náhrada je v některých roztocích použito olovo. V souladu s požadavky směrnice pro likvidaci automobilů neobsahují v současné době nové lázně ani kadmium, ani olovo. Nádrže pracovních lázní musí být vybaveny odsáváním a odlučovačem pro odstranění aerosolů obsahujících nikl.
- **Autokatalytické povlaky niklu na plastech** – Podobně jako autokatalytické povlaky mědi se používají bezproudé roztoky niklu k vytvoření základní vodivé vrstvy na plastových površích před elektrolytickým pokovováním. Před pokovováním je nutné plasty naleptat. Pracovní lázně obsahují síran nebo chlorid nikelnatý, redukční látky, např. fosfornan sodný, dimethylaminoboritan a především, komplexotvorné sloučeniny jako jsou organické kyseliny. Používají se roztoky jak slabě kyselé (kyselina sírová), tak alkalické (hydroxid sodný nebo amonný). V případě používání alkalických roztoků nebo procesů prováděných při zvýšené teplotě je vhodné použít odsávání par.



- **Autokatalytické povlaky mědi na kovech a plastech** – Tato technologie je základní technologií při výrobě desek plošných spojů a při pokovování plastů. Před pokovování je nutné plasty naleptat. Depozice mědi začíná na kovových zárodcích např. paladiu a pokračuje autokatalyticky a vzniká základní vodivá vrstva. Roztok obsahuje měď, hydroxid sodný, komplexotvorné sloučeniny, např. EDTA nebo podobné v množství nebo viny a redukční látky, např. formaldehyd. Nádrže pracovních lázní musí být vybaveny odsáváním k odstranění plynů (formaldehyd a další).

Povlaky imerzní nebo cementované – nekatalyticky redukované chemické povlaky

Tyto povlaky se tvoří, jestliže je kov redukován z roztoku, buď chemicky (i), nebo je-li podkladový kov z hlediska elektrochemických potenciálů aktivnější, než kov, jehož ionty jsou obsaženy v roztoku.

Desky plošných spojů

Při výrobě desek plošných spojů se běžně používají vysoce čisté povlaky zlata, stříbra a cínu.

Zrcadla

Nejnámější použití je pro vytváření zrcadlových povlaků ze stříbra, přesto že mohou být v současné době používány i jiné techniky (depozice z par). Dvě hlavní nevýhody procesu jsou, že lze vyloučit pouze tenké povlaky a že povlak se vyloučí na všech površích včetně vany.

Prvním krokem při stříbření zrcadel je aktivace povrchu skla chloridem cínatým. Poté následuje postřik roztokem dusičnanu stříbrného a redukčního činidla. Vyloučené stříbro je opláchnuto demineralizovanou vodou. Vrstva stříbra je ukotvena vyloučením mědi redukcí s železem nebo zinkem; tato vrstva je silná několik mikrometrů. Měď se vysráží z roztoku reakcí s elektropozitivnějším stříbrným povlakem. Před několika lety byl patentován belgický postup, kde je k ukotvení vrstvy stříbra používán roztok cínatých solí. Tento postup používá i největší výrobce zrcadel v ČR. K pasivaci jsou používány roztoky merkaptosilanů.

Elektrolytické nanášení nátěrových hmot

Proces se používá se pro nanášení ochranných povlaků po dekorativních povrchových úpravách (např. nanášení lakových povlaků na mosazné povlaky) a jako náhrada povlaků pro korozní ochranu např. náhrada konverzních povlaků šestimocného chromu úplně nebo ve spojení s povlaky trojmocného chromu. Tyto povlaky také snižují tření a umožňují, že jsou díly distribuovány bez poškození povrchu.

Lakování

Lakování se používá pro ochranné a silnější dekorativní povlaky nebo k náhradě protikorozních ochranných povlaků jako je chromátování. Povlak lze nanášet ponorem ve vhodných vodných roztocích nebo elektrolyticky.

Vrchní povlaky jsou nanášeny bezprostředně po chromování nebo vytvoření konverzního povlaku trojmocného chromu ponorem ve vhodném prostředku nebo elektrolyticky.

Olejování

Povlak oleje je nanášen na povrch stříkáním, ždímacími válci nebo elektrostatickým zařízením. Tímto postupem se vytváří povlak se zvýšenou ochrannou proti vzniku „bílé koroze“ (oxidických vrstev na zinkovém povlaku). Povlak oleje působí také jako mazivo, které snižuje následné poškození pokovených pásů abrazí, usnadňuje manipulaci a pomáhá při následných operacích lakování a potiskování.



Anodická oxidace

Anodická oxidace kovů je proces elektrolytické oxidace povrchu, který využívá přirozeného sklonu kovu k oxidaci; povlaky jsou 1000krát silnější než přirozená vrstva. Nejdůležitější materiál, který je anodicky oxidován, je hliník, na kterém vzniká vrstva oxidu hlinitého; v menších množstvích jsou anodicky oxidovány hořčík, titan, tantal a niob.

Hliník je obvykle (90% případů) anodicky oxidován elektrolytem kyseliny sírové. Ve zvláštních případech může být hliník anodicky oxidován i dalšími postupy: kyselinou fosforečnou, směsí kyseliny sírové a šťavelové, směsí kyseliny sírové a salicylové a kyselinou chromovou.

Proces lze provádět při různých proudových a tvarech kmitu podle typu pracovního roztoku a požadavků na anodický povlak. V různých procesech se užívá stejnosměrný proud, střídavý proud a stejnosměrný proud současně se střídavým proudem.

Upravované díly a polotovary tvoří anodu. V průběhu anodizačního procesu se negativně nabitý aniont pohybuje k anodě, kde se vyloučí za ztráty jednoho nebo více elektronů. Kov reaguje s kyslíkem daného aniontu a na povrchu se vytváří vrstva oxidů.

Typy anodické oxidace:

- **Anodická oxidace hliníku kyselinou sírovou** – Na většině hliníkových slitin vzniká bezbarvá, transparentní vrstva oxidu hlinitého, ale na slitinách obsahujících větší množství takových prvků jako je železo, hořčík, křemík a další vznikají šedé nebo hnědé barevné povlaky. Pro dekorativní a ochranné povlaky jsou vytvářeny povlaky anodickou oxidací kyselinou sírovou. V případě potřeby je možné snížit vznik aerosolů vrstvou pěny. Následně používané odpěňovače mohou ale být na bázi PFOS, které jsou toxické a biologicky neodegradovatelné. K použití PFOS existují náhradní techniky, které jsou úspěšně používány.
- **Anodická oxidace hliníku kyselinou chromovou** – Tímto procesem vznikají povlaky oxidu hlinitého na většině hliníkových slitin se světle až tmavě šedým zbarvením. Proces se používá především pro aplikace v letectví a vojenské technice. Elektrolyt obsahuje 30 – 100 g kyseliny chromové na litr. Pracovní nádrže by měly být vybaveny odsávacím systémem, aby se odstranily vznikající aerosoly kyselin a další plyny.

Barevná anodická oxidace hliníku

Hliník lze barvit na mnoho barev a odstínů ve spojení s anodickou oxidací kyselinou sírovou nebo následně postupem, který je označován jako „barevná anodická oxidace“. Používají se čtyři postupy:

- Barvení ponorem
- Elektrolytické barvení
- Interferenční barvení
- Anodické barvení

Utěsnění anodických povlaků

Po anodické oxidaci kyselinou sírovou se obvykle provádí utěsnění. Utěsněním se zvýší korozní odolnost a odolnost ke vzniku skvrn oxidického povlaku. Zabraňuje také vymývání barviva a zlepšuje jeho odolnost k degradaci světlem. Utěsnění lze provádět procesem za tepla nebo za studena. Postupy utěsnění za tepla vyžadují odsávání a mají vysokou spotřebu energie.

Konverzní fosfátové povlaky

Fosfátové povlaky jsou nejrozšířenějším typem konverzních povlaků a pravděpodobně nejrozšířenějším typem povrchové úpravy. Používají se k povrchovým úpravám oceli, hliníku a zinku pro:

- tváření za studena,



- kontinuálně zpracovávané kovy,
- korozní odolnost,
- mazání povrchů ložisek,
- podklad pro nátěry,
- elektrická izolace.

Fosfátové procesy mají mnoho variant, ale nejdůležitější jsou alkalické (železnaté) a zinečnaté fosfátování.

Fosfátové roztoky jsou obvykle nanášeny postřikem nebo ponorem podle počtu, velikosti a tvaru zpracovávaných dílů. Podle způsobu aplikace mohou vznikat rozdíly ve složení a morfologii fosfátových povlaků. Kontinuálně zpracovávané pásy jsou fosfátovány procesem navalování a vysušení, kde je fosfatizační roztok nanášen na pás a dále, bez oplachu, je vysušen za vzniku fosfátového povlaku.

Ze zdravotních a environmentálních důvodů byly vyvinuty:

- bez-dusitanové procesy s hydroxylaminem, nitroguanidinem, nebo peroxidem vodíku jako urychlovači,
- bez-niklové procesy,
- bez-chromátové následné procesy založené na organických sloučeninách titanu, anorganických sloučeninách zirkonia, nebo polymerních sloučeninách,
- bez-odpadové fosfatizační linky používající ultrafiltraci k čištění, peroxid vodíku k urychlení fosfátování, a srážení a iontovou výměnu pro po-oplachové bez-chromátovací procesy pro všechny následně aplikované nátěrové povlaky.

Typy fosfátování:

- **Železnaté fosfátování** – Používá se v případě, že protikorozní ochrana nemusí splňovat přísné požadavky. Pro fosfátování ocelových podkladů obsahují roztoky kyselé alkalické fosforečnany, volnou kyselinu fosforečnou a malé množství aditiv: oxidační činidla (tj. chlorečnany, chromany nebo dusitany), fosforečnany (tj. dvojfosforečnany nebo trifosforečnany) a speciální aktivační látky (tj. fluoridy nebo molybdenany). První reakcí je moření za vzniku iontů Fe^{2+} z podkladu (oceli). Tyto ionty reagují s fosforečnanovými ionty za vzniku málo rozpustného fosforečnanu železa, který se vyloučí a silně váže na kovový povrch. Roztoky železnatého fosfátu obvykle obsahují povrchově aktivní látky pro čištění a zaolejované povrchy mohou být upraveny v jedné operaci (tzv. „sdružené odmašťování-fosfátování“).
- **Zinečnaté fosfátování** – Zinečnaté fosfátování je především používané pro povrchovou úpravu oceli a zinku (nebo zinkových povlaků na oceli) a sloučenin těchto kovů s hliníkem. Základními složkami jsou ionty zinku a fosforečnany, a oxidační činidla, často dusitan sodný. Obvyklá aditiva jsou dusičnany, fluoridy, fluorokřemičitany, ionty niklu nebo manganu. Obvykle lze proces fosfátování rozdělit do následujících pěti kroků: moření, urychlení, tvorba komplexů, tvorba povlaku, tvorba kalu. Proces zinkového fosfátování prováděný především před nanášením nátěrů lze rozdělit podle tloušťky (závisí na koncentracích lázní).
- **Manganaté fosfátování** – Tento proces se provádí pouze ponorem, a jako urychlovač je často používán dusičnan železnatý.

Konverzní chromátové povlaky

Konverzní chromátové povlaky se používají pro zvýšení protikorozní odolnosti různých kovových povrchů, včetně elektrolyticky vyloučených povlaků zinku a kadmia, zinkových odlitků litých pod tlakem, slitin cínu, hliníku, hořčíku a manganu, dále mědi, mosazi a bronzu, niklu, stříbra a korozivzdorné oceli.



Postupy jsou často označovány jako „chromátování“, protože původně byl v lázních používán pouze šestimocný chrom ve formě chromátového iontu. Chromátování je používáno téměř ve všech oblastech strojírenství a je významnou technologií při následných úpravách elektrolytických povlaků zinku.

Sdružené fosfátování a chromátování se provádí jak s lázněmi obsahujícími šestimocný chrom (Cr^{VI}), tak s lázněmi obsahujícími trojmocný chrom (Cr^{III}), a používá se jako předúprava hliníku před nanášením nátěrových hmot.

Typické složení chromátových roztoků tvoří kyselina chromová, dichromany, chloridy, fluoridy, sírany, boritany, dusičnany a acetáty, které se používají v různých kombinacích a koncentracích podle požadovaných odstínů povlaků a vlastností vrstev.

Konverzní povlaky s největší tloušťkou (olivově zelené a černé), které poskytují největší protikorozi ochranu zinku, lze vytvořit pouze postupem používajícím šestimocný chrom.

Černá pasivace bez Cr^{VI} již byla také vyvinuta, a při aplikaci spolu s utěsněním poskytuje srovnatelnou protikorozi ochranu.

Ve srovnání s konverzními povlaky šestimocného chromu konverzní povlaky trojmocného chromu:

- mají při stejném barevném odstínu srovnatelnou nebo vyšší korozní odolnost,
- čerstvě připravené pasivační roztoky nevyžadují dobu záběhu lázně,
- barevný odstín a vylučování povlaku je v průběhu životnosti lázně více rovnoměrné,
- životnost pasivační lázně je obvykle minimálně dvakrát větší než lázně šestimocného chromu a je omezena spíše přítomností nečistot než spotřebou aktivních chromových složek, která by vedla ke snížení schopnosti lázně vylučovat povlaky,
- nelze vytvářet široké rozpětí barevných odstínů a korozních vlastností jako v případě šestimocného chromu,
- vyžaduje větší kontrolu procesu,
- pro dosažení srovnatelné korozní odolnosti s tmavými povlaky vytvořenými z lázní Cr^{VI} lze požadovat vrchní povlak nebo utěsnění povlaku.

Typy konverzních chromátových povlaků:

- **Konverzní chromátové (Cr^{VI}) povlaky** – Tradiční procesy jsou všechny založeny na použití kyselých oxidických lázní. Pro tvorbu konverzních povlaků se používá celá řada vhodných procesů, ve kterých vznikají dekorativní a ochranné povlaky se zabarvením od transparentního až po duhově žluté na mosazi, hnědé, olivově zelené a černé.
- **Konverzní chromátové (Cr^{VI}) povlaky na elektrolytický vyloučených povlacích zinku** – Povlaky se vylučují chemickou reakcí ve vodných roztocích. Používá se řada procesů, kterými se vytvářejí dekorativní a ochranné povlaky s odstínem od transparentní přes duhově žlutou k mosazné, hnědé, olivově zelené a černé.
- **Konverzní chromátové (Cr^{VI}) povlaky na mědi, mosazi a bronzu** – Povrchová úprava nejen pasivuje povrch, ale také zajišťuje účinné chemické leštění povrchu. Dále se chromátové povlaky na mědi a slitinách mědi používají jako konečná úprava a jako celková nebo částečná náhrada mechanického leštění před pokovováním niklem nebo chromem. Přednostně jsou používány světlé chromátovací lázně vzhledem k tomu, že při jejich použití nevznikají dýmy.
- **Konverzní chromátové (Cr^{VI}) povlaky na hliníku** – Na hliníku vznikají konverzní chromátové nebo fosfáto-chromátové povlaky od světle žlutých při chromátování po zelené při sdruženém fosfáto-chromátování. Hlavní oblast použití techniky je v předúpravě před nanášením nátěrových nebo práškových hmot, ale používá se i na hliníkové díly v letectví, elektronice a pro další aplikace. K dispozici jsou lázně obsahující nízké koncentrace Cr^{VI} .
- **Konverzní chromátové (Cr^{VI}) povlaky na hořčíku a jeho slitinách** – Úprava se často používá pro úpravu polotovarů pro zajištění dobrých podmínek při skladování. Chromátování se také



používá jako předúprava hořčíku a jeho slitin před následujícím pokovováním, především pro autokatalytické niklové povlaky. Používají se dva základní způsoby procesu: moření (pro ochranu dílů pro skladování a přepravu) a úprava dichromanem, která zajišťuje maximální protikorozi ochranu a zvyšuje přilnavost při nanášení nátěrových hmot.

- **Konverzní chromátové (Cr^{III}) povlaky na hliníku a na elektrolyticky vyloučených povlacích zinku** – Tyto povlaky a lázně pro jejich vyloučení neobsahují šestimocný chrom a proto nezpůsobují environmentální nebo zdravotní problémy spojené s šestimocným chromem. Procesy pro tvorbu modrých povlaků na bázi trojmocného chromu vznikají na kyselých, kyanidových nebo alkalických bezkyanidových zinkových elektrolytických povlacích obdobné povrchy jako při procesech se šestimocným chromem.
- **Vrchní povlaky na chromátové konverzní povlaky** – Ochranné vlastnosti povlaků lze zvýšit nanesením vhodných vrchních povlaků, buď organických nebo anorganických, a/nebo směsí anorganických a organických povlaků. Tyto vrchní povlaky mají dvě funkce: samozacelovací vlastnosti, které zajišťují ochranu proti místnímu mechanickému poškození během manipulace; podstatné snížení množství Cr^{III} uvolňovaného z upraveného povrchu, a snížení koeficientu tření.

Barvení kovů

Tepelnými úpravami, ponorem do chemických nebo elektrolytických roztoků lze vytvořit širokou škálu barev a odstínů na různých kovech. Nejrozšířenějším postupem je ponor v chemických roztocích. Vytvořené povlaky závisí více na pracovních a provozních podmínkách procesu než na použitém činidle. Jako první byly užívány roztoky sulfidů a polysulfidů v alkalických prostředích obsahujících sodné, amonné nebo barnaté sole pracující při běžné nebo vyšší teplotě. V současné době jsou spíše užívány roztoky obsahující kovové ionty (měď, selen, molybden, atd.) v kyselém prostředí a pracující při běžné teplotě.

Malé díly lze barvit hromadně, kde se velmi pěkného vzhledu povrchu dosahuje leštěním abrazivními prostředky. Všechny barevné povlaky vytvořené sulfidy je nutné přeštit ocelovým kartáčem za sucha nebo za mokra a je nutné je ochránit vrchním nátěrem transparentního laku.

Chemické černění – oxidické povlaky

Chemické oxidické povlaky vytvořené ponorem se obvykle používají pro vytvoření požadovaného vzhledu, jako podklad před nanášením nátěrů, nebo pro jejich schopnost vázat olejové povlaky na povrchu.

Páry z alkalických pracovních roztoků nebo roztoků obsahujících chrom je nutné odsávat a vypírat.

Čerňené kovy jsou ocel, korozivzdorné oceli, měď, mosaz, hliník.

Vyjasňování

Pro vyjasňování oceli a získání velmi čistého povrchu se používá koncentrovaná kyselina dusičná. Je nutné upozornit, že při tomto procesu vznikají v odpadních plynech oxidy dusíku.

Měď a mosaz jsou vyjasňovány oxidací povrchové vrstvy. Hliník a některé jeho slitiny lze pro zvláštní případy jako je zesvětlování a dekorativní úpravy vyjasňovat chemickými nebo elektrochemickými postupy.

Moření v kyselině fosforečné se používá speciálně pro takové díly, jako jsou podvozky automobilů nebo rámy jízdních kol.

Kyselé dýmy, především ty, které obsahují NO_x , je nutné vypírat, s možným dalším zpracováním.



Leptání – Alkalické leptání hliníku

Nejčastěji používaný postup pro leptání hliníku je použití roztoku hydroxidu sodného, s nebo bez dalších přísad.

Chemické leptání

Chemické leptání je proces, který se používá k odstranění kovů na dílech jejich rozpouštěním v kyselé nebo alkalické lázni bez dalšího přísunu energie (mechanické nebo elektrické).

Kov je odstraněn z celého povrchu dílů ponořených v lázni, která zajišťuje styk povrchu s roztokem. Části povrchu, ze kterých není požadováno odstranění povlaku, jsou maskovány.

Nejdůležitější aplikací tohoto postupu je zpracování hliníkových slitin pro letecký průmysl. Používá se především na plechy, které byly před tímto přesně ohýbány, a které musí mít stejnou hmotnost.

Chemické leptání lze také použít na slitiny titanu, korozivzdorné oceli a některé speciální slitiny niklu, kobaltu nebo manganu.

Používané chemické látky jsou:

- pro hliník: hydroxid sodný s přísadami (glukonan sodný, sulfid sodný),
- pro titan: kyselina fluorovodíková s kyselinou dusičnou,
- pro korozivzdorné oceli: kyselina chlorovodíková s kyselinou dusičnou nebo fosforečnou.

Všechny tyto parametry ovlivňují rychlost procesu, rovnoměrnou tloušťku a drsnost vytvořeného povrchu.

3.10.1.5 Následné činnosti

Sušení s předehřevem v teplé vodě

Po provedení všech mokrých výrobních operací je nutné díly nebo polotovary rychle a účinně osušit, aby se zabránilo vzniku skvrn a korozního napadení. Nejjednodušším způsobem je ponoření do horké vody. Díly jsou ponořeny na dobu několika vteřin a poté jsou ponechány k vyschnutí na atmosféře.

Nevýhodou sušení s předehřevem horkou vodou jsou vysoké energetické ztráty z hladiny v nádrži.

Tento postup je obvyklý v malých provozech s manuální závěsnou technikou povrchové úpravy (a pro malé množství zpracovávaných dílů).

Sušení horkým vzduchem

Sušení v automatizovaných provozech se závěsným způsobem zpracování je nejjednodušeji prováděno v lince horkým vzduchem. Závěsy jsou umístěny v sušárně na konci provozní linky; sušárna má stejné rozměry jako ostatní vany v lince, aby nedošlo k nerovnoměrnosti posunu v lince. Úniky horkého vzduchu ze sušárny snižují tepelnou účinnost zařízení.

Sušení s použitím vzduchových nožů

Zvyšuje se používání místních sušáků, jako jsou přesné trysky nebo „air knives“, které jsou více energeticky účinné než běžné sušárny.

Tepelné zpracování k odvodňování

Tepelné zpracování k odstranění navodňování vznikajícím při moření, elektrolytickém odmašťování a elektrolytickém vylučování kovů procesy, kde je proudová účinnost nižší než 100%, nebo při chemickém vytváření povlaků (fosfátování).

3.10.1.6 Hromadné procesy

Příprava dílů – Odjehlování, leštění a odmašťování v centrifugách.



Hlavní výrobní operace – Hlavní výrobní operace jsou shodné jako při závěsovém pokovování s výjimkou chromování a anodické oxidace, které není možné provádět hromadně. Upravované díly by měly být malé a bez velkých rovných ploch, které by se v procesu pokovování mohly spojit. V tomto případě dochází ke vzniku skvrn nebo spálení a vzniká nerovnoměrná povrchová úprava.

Sušení hromadně zpracovávaných dílů – Při povrchových úpravách prováděných hromadně lze využít sušení odstředěním nebo sušení horkým vzduchem podle typu součástek. Sušení odstředěním je účinnější a energetiky účinnější.

3.10.1.7 Výroba desek plošných spojů

Desky plošných spojů jsou základem řady elektronických součástek. Jsou tvořeny elektronickými obvody, často složitými, kde jsou tenké elektricky vodivé spoje nanесeny na nevodivém podkladu. Moderní elektronické přístroje vyžadují velmi vysokou přenosovou kapacitu, které se dosahuje na „vícevrstvách“ nebo „více-vrstvých deskách“ (MLB), kde je více vodivých vrstev (pamětí) odděleno nevodivými vrstvami. Další vývoj této techniky jde směrem k HDI deskám (deskám s vysokou kapacitou propojení).

Výroba je složitou řadou jednotlivých operací a liší se podle specifického typu desek. Při výrobě desek se uplatňuje více než 40 výrobních operací, i když pro výrobu určité desky nemusí být použity všechny výrobní operace. Řada z těchto operací má malý nebo žádný vliv na životní prostředí a jsou pospány jen stručně.

Obecně, základním materiálem jsou fenolový papír, epoxy papír nebo epoxidový sklolaminát. Ve speciálních případech se používají keramické materiály, pružné nebo neohebné materiály. Na základní materiál je z jedné nebo z obou stran nanесena vrstva mědi. Výjimečně, pro speciální použití např. v letectví, se používají i jiné kovy než měď.

Tyto polymerní desky mají na vnější straně nalaminovanou měděnou fólii. Na desky a měděnou fólii jsou nanесeny motivy spoje a proces výroby pokračuje dalšími kroky. Při výrobě vícevrstvých desek se některé operace opakují.

Přípravné procesy

- Návrh motivu
- Vznik podkladu pro tisk
- Přenesení návrhu na desku plošného spoje (sítotisk nebo fototisk)

Výrobní procesy

Mechanická a chemická příprava

Řezání na požadované rozměry – Před nanесením fotorezistu je deska nařezána nebo ražena na požadovanou velikost a tvar, a předběžně jsou vyvrtány otvory pro místní a základní spoje přes celou desku. Deska se očistí, aby se s povrchu mědi odstranila koroze.

Počáteční čištění – Povrch mědi se nejprve čistí NaOH nebo směsí tenzidů a kyselin (H_3PO_4). Poté se provádí tři další operace:

Kartáčování – Povrch desky se zdrsní kartáčováním rotačními kartáči se štětinami nebo netkanými brusnými papíry s postřikem vodou, která smyje uvolněnou měď.

Zdrsnění – Aby bylo dosaženo požadované drsnosti povrchu mědi, používá se spíše než odstranění mědi tlakový postřik suspenzí inertní pemzy (SiO_2 72,0 %; Al_2O_3 13,0 %; $K_2O_{4,2}$ %; Na_2O 3,5 %; 7,5 % není definováno).



Chemické zdrsnění nebo mikroleptání – Provádí se leptáním postříkem roztoku chloridu měďnatého nebo mořením kyselým peroxosíranem sodným. Povrch se opláchne postříkem v kaskádově uspořádaném oplachu a vysuší.

Vrtání

Pro vrtání se používají jedno-vřetenové NC řízené stroje, které jsou ale rychle nahrazovány více-vřetenovými CNC/DNC řízenými stroji nebo stroji pro vrtání laserovým nebo rentgenovým paprskem pro vytvoření desek s velkou kapacitou otvorů pro HDI technologie.

Vznik primárního obvodu

Výrobní procesy nanášení primárního obvodu mohou být automatizovány a spojeny v jedné kontinuální výrobní lince.

Nanášení rezistu – Během první operace je na předupravený povrch nanесena vrstva fotocitlivého rezistu (pryskyřice), který se nanáší v kapalném nebo suchém formě. Pro nanášení se používají dva různé postupy: navalování kapalného rezistu a laminace suchého rezistu.

Tisk – Obvod je natištěn na jakýkoliv typ fotorezistu – manuálně nebo automaticky

Vyvíjení – Rezist je vyvolán při průchodu horizontální kontinuální linkou postříkem roztoku uhličitanu sodného. Touto operací vznikají konečné obvody a základní desky pro následné operace.

Proces síťotisku – V ojedinělých případech jsou ještě desky s nepokovenými otvory vyráběny technologií síťotisku. Na povrch mědi na desce je přes síťo nanесena vrstva speciálního inkoustu. Vyvolaný povrch mědi se odstraní při následném procesu leptání. Motiv plošného spoje je tím dokončen; ale může dále následovat další úpravy s nepájivou maskou.

Pokovování otvorů (pth, prokov)

Pokovováním otvorů se vytváří elektricky vodivé spojení mezi obvody plošných spojů na obou stranách dvojstranné desky nebo mezi vícevrstevnými obvody plošných spojů MLB. Obvykle se jedná o trojstupňový proces, odmaštění, aktivaci a chemické (autokatalytické) vyloučení mědi. Je ovšem snaha nahradit autokatalytické vylučování mědi přímým pokovováním

Elektrolytické vyloučení vodivého spoje

Elektrolytické pokovování se používá k vytváření primárních spojů:

- zabudování (zvýšení tloušťky) vodivého spoje (primárního spoje),
- ochrana povrchu mědi před leptacím roztokem (leptuvzdorná vrstva),
- pokovení propojení kontaktů drahými kovy.

Předčištění, deoxidace a čištění

Desky, na které již byly nanесeny motivy síťotiskem nebo fototiskem, jsou očištěny od všech zbytků mastnot, otisků prstů, atd. Volný povrch mědi je poté deoxidován roztokem peroxodvojsíranu sodného nebo roztokem kyseliny sírové/peroxidu vodíku. Povrch mědi je na závěr očištěn ponorem do kyseliny, aby vznikl aktivní povrch vhodný pro pokovování.

Elektrolytické vyloučení mědi

Obecně vznikají primární spoje vyloučením minimálně 20 µm vrstvy mědi na mezivrstvě základní měděné fólie v místech, kde není povrch chráněn rezistem.

Ochrana před leptáním – vyloučení cínu

Aby byl elektrolyticky nanесený primární spoj chráněn před působením leptacího roztoku, je na povrch mědi vyloučen povlak cínu.



Elektrolytické vyloučení zlata a dalších drahých kovů

Propojení kontaktů propojovacích konektorů je často pozlacené. V ojedinělých případech jsou kontakty pokovené rhodiem, rutheniem nebo paladiem. Pracovní nádrže je vhodné vybavit odsáváním, aby páry a vznikající aerosoly neovlivňovaly pracovní prostředí.

Vnitřní adhezivní vrstva

Měděný povrch vnitřní vrstvy je oxidován na stupeň Cu^I , aby se zvýšila přilnavost mezi vrstvami a polymerním materiálem desek, a aby se zabránilo následné delaminaci (rozdělení vícevrstvé desky).

Vrstva oxidu o tloušťce 0,5 – 5 μm vzniká jedním ze dvou postupů:

- proces vzniku hnědé vrstvy oxidu je používán častěji a používaný roztok obsahující peroxid vodíku, organické přísady (pro pasivaci) a chloridy (pouze v mg množství) pracuje při teplotě 30 °C,
- při vytváření černé vrstvy oxidu se používá roztok obsahující fosforečnan sodný (NaPO_4), hydroxid sodný (NaOH), a chlorečnan sodný (NaClO_2) nebo chloman sodný (NaOCl) při teplotě 80 °C.

K provozu je nutné odsávání.

Laminace

Měděná fólie musí být pevně vázána k povrchu laminované desky i desky z polymerních materiálů, a proto se provádí oxidace povrchu mědi, aby se zabránilo delaminaci vytvořené desky. Připravené oxidované vrstvy vícevrstvé desky jsou laminovány pojivovými vrstvami a měděnou fólií. Působením tlaku a teploty dojde k jejich zkapalnění a spojení s vnitřní vrstvou.

Odstraňování rezistu

Po elektrolytickém pokovování, kde povlak fotorezistu sloužil k vytvoření matrice obvodů, je tento povlak s povrchu desky zcela odstraněn. Používané roztoky plně snímají jak vodouředitelné suché povlaky, tak kapalné fotorezisty. Roztoky jsou navrženy tak, aby k odstranění rezistu došlo rychle, bez napadení měděného nebo cínového/cínolověného povlaku. Postupné změkčování a rozpouštění povlaku snižuje zbytkové množství rezistu ulpívající mezi malými stopami. Aby se zabránilo znečišťování pracovního prostředí, jsou vany s pracovními roztoky vybaveny odsáváním vznikajících aerosolů.

Leptání

Leptání se provádí, aby se zcela odstranila základní vrstva mědi, takže na desce zůstane motiv plošného spoje, který je chráněn vrstvou cínu/ slitiny cín-olovo (která je odolná k leptání). Typ roztoku, velikost zařízení a rychlost leptání jsou dané množstvím odstraňované základní vrstvy.

Používané leptací roztoky jsou:

- leptací roztoky na bázi sloučenin amoniaku: amonné sole (chloridy, sírany, uhličitany): tímto procesem jsou většinou zpracovávány PCB, které musí být odolné k nanášení kovů, např. cínu (kovu odolné postupy), a postup je používán často. Jako oxidační činidlo zde působí atmosférický kyslík.
- kyselé roztoky: jako startovací roztok se používá roztok chloridu měďnatého (cca 30 g Cu/l), který v přítomnosti HCl napadá kovovou měď za vzniku chloridu měďného (CuCl).
- směs peroxidu vodíku a kyseliny sírové se používá pro mikroleptání a jako náhrada kyseliny persírové.
- kyselý chlorid železitý (FeCl_3) je používán pouze zřídka.



V provozech, kde se jako leptací roztok používá amoniak, jsou pracovní vany vybaveny odsáváním k odstranění vznikajících aerosolů a par, aby byly na pracovišti dodrženy hygienické a bezpečnostní předpisy. Odsátá vzdušina je vypírána, čím se zvýší množství amoniaku v odpadních vodách.

Odstraňování cínu

Tento výrobní stupeň odstraňování povlaku cín-olovo se nyní běžně provádí v horizontálně uspořádaných vanách ve dvou stupních. V prvním stupni dojde k odstranění intermetalické vrstvy a poté v druhém stupni k vytvoření měděného povrchu beze skvrn. Používají se roztoky hydrogentetrafluoroboritanu, fluoroboritanu cínatého nebo kyseliny dusičné. Z hlediska ochrany pracovního prostředí jsou pracovní vany vybaveny odsáváním vznikajících aerosolů.

Nanášení nepájlivé masky

Po odleptání rezistu je nutné chránit odkrytý povrch mědi na PCB před korozí a při procesu pájení, kdy jsou součástky montovány na desku, před pájkou. Všechny měděné plochy, které nejsou nutné pro montáž, jsou pokryty vrstvou nepájlivé masky. Používá se několik postupů, nejvýznamnější je síťotisk a nanášení clonou.

Dodatečné dokončovací operace

Používá se několik dokončovacích úprav povrchu: nanesení vrstvy cínu (HALS), ochrana organickými povlaky (OSP), chemickým nanesením vrstvy nikl/zlato, nanesením stříbra, cínu, přetavením vrstvy cín/olovo, elektrolytickým nanesením vrstvy nikl/zlato a chemickým nanesením vrstvy paladia.

3.10.2 Techniky snižování emisí do ovzduší

Průmysl povrchových úprav není hlavním zdrojem znečištění ovzduší, ale emise, které mohou být lokálně významné, jsou NO_x , HCl, HF a kyselé aerosoly z procesů moření, aerosol šestimocného chromu z chromování v roztoku šestimocného chromu a amoniak z leptání mědi při výrobě PCB a chemického pokovování. Při mechanických předúpravách povrchů vzniká prach, tj. směs abraziv a částičky materiálu podkladu. V některých procesech odmašťování se používají rozpouštědla.

Prach vzniká při broušení a leštění v případě, že jsou prováděny jakou související operace. Prach je obvykle směsí částic abraziva a upravovaného materiálu. Částice se mohou tvořit i z některých aerosolů obsahujících rozpuštěné soli, kde po odpaření vody z kapek zůstávají tuhé částice chemických látek. Částice mohou mít vliv na zdraví a bezpečnost práce na pracovišti, a pokud jsou odsávány mimo prostory pracoviště mohou způsobit i znečištění životního prostředí. S kumulovanými prašnými částicemi je nutné zacházet jako s odpadem, který může být nebezpečný.

Některé látky používané v procesech povrchových úprav jsou označeny jako zdraví nebezpečné a jejich koncentrace v ovzduší v provozech je obvykle kontrolována z hlediska předpisů o bezpečnosti a hygieně práce. V případě, že předpisy a pracovní podmínky vyžadují snížení množství těchto látek, je nutné zavedení technik, např. odsávání vzdušiny.

Emise do ovzduší jsou tvořeny plyny, párami, mlhou a částicemi. Hlavními zdroji emisí jsou procesy jako odstraňování vrstev (např. mořící a snímací lázně), elektrolytické odmašťovací lázně, jednotlivé procesy povrchových úprav, i některé procesy odkapávání a oplachování (především pokud je oplach prováděn postřikem a/nebo za vyšších teplot).

Škodlivé složky mohou být z určitých procesů emitovány do ovzduší v plynné fázi (např. NO_x , HF, HCl), jiné jako aerosoly alkalických látek, kyselin nebo jiných chemikálií (např. roztok hydroxidu sodného, kyselina sírová, sloučeniny Cr^{VI} , kyanidy).



Opatření ke snížení emisí

Ke snížení emisí znečišťujících látek lze použít některá opatření, např.:

- promíchávání pracovních roztoků vzduchem je možné nahradit jinou metodou: o cirkulace pracovního roztoku pomocí čerpadel o mechanický pohyb závěsů,
- lázně, které nejsou trvale používány, mohou být uzavřené,
- lze použít přísad k potlačení tvorby aerosolu, např. při pokovování chromem.

Systém odsávání

Pro zachycení emisí lze instalovat systém odsávání. I když je v mnoha provozech instalována ventilace celého provozu, je velmi často používáno i odsávání emisí z van. Linky s odsávacím systémem mohou být zcela uzavřené. Dopravníkový systém může zahrnovat i víko, kterým se uzavře vana.

Množství odsávaného vzduchu zachyceného v koncových výstupních zařízeních a množství obsažených nečistot závisí na několika parametrech:

- velikost vany,
- kontinuální nebo přerušovaných režim provozu vany,
- teplota pracovního roztoku,
- fyzikálně/chemický charakter používaných chemikálií,
- přípustné hodnoty koncentrace na pracovišti,
- použití přísad pro snížení a/nebo zabránění emise HF, NO_x a Cr^{VI},
- další postupy pro snížení emisí,
- zcela uzavřená linka povrchových úprav.

Zpracování odpadních plynů

Používají se následující čistící systémy:

- odlučovač kapek, kde se používá náplň, na které dochází ke kondenzaci aerosolu a kapek. Kondenzát se obvykle zpracovává v čistírně odpadních vod.
- vypírka odpadní vzdušiny. Jsou používány tyto typy:
 - vypírací zařízení s vláknitými materiály,
 - vypírací zařízení s pohyblivým ložem s pohyblivým adsorpčním materiálem, obvykle plasty s nízkou hustotou, které se volně pohybují mezi danou mříží,
 - vypírací zařízení s pevným ložem s různě tvarovaným adsorpčním materiálem,
 - impregnovaná desková vypírací zařízení,
 - skrápěcí věže.

Obvykle jsou ve vypíracích zařízeních vstřikovány voda nebo speciální chemické roztoky protiproudě ke směru proudění vzdušiny.

Redukce NO_x se provádí selektivní redukcí sloučeninami typu NH₂-X (kde X = H, CN nebo CONH₂) dávkovanými do proudu plynu. Nejpoužívanějším redukčním činidlem je amoniak.

3.10.2.1 Kontrola emisí do ovzduší

Vypírka odsávané vzdušiny

V procesu kontinuálního pokovování pásů je z hlediska požadavků na ochranu zdraví nutné odsávat emise z prostoru sekce čištění, moření, pokovování a chemické úpravy. Používá se především systém mokré vypírky a odlučovačů aerosolů k odstranění znečištění.



Uzavírání van s lázněmi pro povrchovou úpravu

Je dobrou provozní praxí uzavírat všechny vany s výjimkou těch, které jsou odsávány. Všechny vany chemických úprav a oplachové vany (odmašťování, moření, pokovování, chromátování) jsou uzavřeny a podtlak zabraňuje úniku emisí a dalších složek do ovzduší.

Emise rozpouštědel vznikající při nanášení nepájivé masky

Používané nepájivé masky obsahují epoxidové a akrylové pryskyřice, a dále foto-iniciátory a plniva. Zvyšuje se používání vodouředitelných alkalických lakových systémů. Všechny alkalické vodouředitelné nepájivé masky obsahují až 50 % rozpouštědel. Výrobci PCB se snaží přesvědčit dodavatele, aby se zvýšil obsah sušiny v laku, nebo zavádí v provozech vhodné systémy odsávání vzduchu s následnou úpravou, aby zařízení nepřekračovala limity VOC (tj. kondenzace, spalování, biologické filtry). Dosahuje se snížení emisí VOC.

3.10.2.2 Techniky úpravy znečištění ovzduší

V procesu povrchových úprav se využívají procesy, které obecně produkují emise do ovzduší, např.: moření, některé procesy leptání, zjasňování, některé pokovovací lázně, atd. Z hlediska ochrany zdraví a bezpečnosti pracovníků je často nutné omezovat určitá znečišťování uvnitř provozů povrchových úprav: některé techniky pro odstranění znečištění jako je mokrá vypírka mohou mít vícesložkové vlivy (např. vznik odpadních vod a spotřeba energie), které vedou k tomu, že se celkové zatížení životního prostředí zavedením této techniky nezmění. Některá z uvedených opatření je možné použít společně.

Aditiva

Podle provozních údajů je možné zabránit tvorbě dusitanových iontů a iontů Cr^{VI} v mořicích lázních přídavky aditiv moření. Také emise HF a NO_x je možné takto redukovat, takže není nutná instalace odsávání a mokrého vypírání.

Použitím aditiv je také možné snížit nebo zabránit výskytu aerosolu Cr^{VI} v emisích z pracovních nádrží pro chromování použitím fluorovaných aditiv, ale některé z nich mohou být na bázi PFOS. Vzniku aerosolů z alkalických leptacích nebo anodizačních lázní je možné zabránit použitím povrchově aktivních látek. Pro oba procesy se úspěšně používají povrchově aktivní látky neobsahující sloučeniny fluoru.

Aditiva mohou snížit tvorbu plynů a aerosolů Cr^{VI} , a tím prodloužit životnost mořicí lázně. Snížení vzniku škodlivých látek, především snížením jejich koncentrace a emitovaného množství. V případě, že se tvoří pěna, není nutné odsávání vzdušiny, pokud se tím minimalizují úniky škodlivých látek do ovzduší.

K potlačení vzniku aerosolu Cr^{VI} , ale i v jiných procesech, se používají PFOS (polyfluorované oktylsulfonáty). Aditiva mohou být zdravotně i ekologicky škodlivá. Jedná se o toxické, biologicky neobdobratelné a perzistentní látky.

Odsávání vzduchu, víka a techniky pro úpravu vzdušiny

Uzavíráním nádrží víky v případě, že je nutné prodloužit dobu ponoru závěsů nebo bubnů, nebo že vany nejsou používány, se minimalizují emise do pracovního prostředí a následně do životního prostředí. Uzavíráním víky se zmenší objem vzduchu, který je nutné odsávat a upravovat.

Omezení možných zdrojů emisí minimalizuje množství emisí a odsávané vzdušiny, přesto ale je možné, že vzdušinu bude nutné upravovat.



Aby byly splněny požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost v průmyslu, jsou provozy obvykle odsávány. Množství odsávaného vzduchu z provozu a množství obsažených emisí je závislé na mnoha parametrech.

Znečištění odsávaná spolu se vzduchem jsou oddělována, pokud je nutné dosáhnout určitých emisních limitů za použití následujících čistících zařízení:

- mokrá vypírka s náplní a odlučovačem kapek,
- mokrá vypírka s dalším zařízením:
 - separace kyanidů a kyseliny kyanidové v alkalické vypírce,
 - zachycení oxidů dusíku a fluorovodíku v kyselé vypírce,
 - oddělení aerosolu Cr^{VI} z odsávaného vzduchu v odlučovači kapek,
- odlučovač aerosolu a mlhy, např. Cr^{VI} ,
- odlučovač kapek aerosolu, např. Cr^{VI} , za kterými mohou být umístěny filtry,
- cyklony, elektrostatické odlučovače nebo filtry (např. prach z mechanického leštění).

Toto průmyslové odvětví je obvykle jen malým zdrojem NO_x . Většinou pocházejí z procesů moření a vyjasňování, a množství emisí je tak malé, že jsou odstraněny mokrou vypírkou, bez nutnosti zařazení katalytické redukce.

V případě kombinace různých systémů jsou možné určité odchylky od výše uvedených opatření k čištění odsávaného vzduchu.

Použitím vík se sníží množství plynů a aerosolů unikajících do ovzduší. Při použití jednoduchého systému odsávání s odlučovačem kapek a/nebo protiproudého systému vypírky, je snadno dosaženo požadovaných hodnot emisních limitů.

Snížení objemu odsávaného vzduchu

Nejběžnější způsob jsou odsávací kryty umístěné v bezprostřední blízkosti vstupu závěsů na vodících tyčích nebo bubnů nad pracovní nádrží.

Účinnost odsávání je daná minimální rychlostí odsávaného vzduchu (v_x) potřebnou k odsátí vzniklých par, výparů nebo aerosolů z místa nejvzdálenějšího od odsávání.

Hodnoty v_x se liší od 0,2 m³/s pro odsávání středního množství vodní páry až k 0,5 m³/s pro aerosoly z roztoků pro tvrdé chromování.

Objem odsávaného vzduchu závisí na ploše volné hladiny pracovní lázně. Pro nádrže s šířkou $W < 0,5$ m se obvykle používá jednostranné odsávání a pro širší nádrže ($W > 0,5$ m) se používá dvoustranné odsávání.

V případě, že při procesu vznikají nebezpečné páry nebo aerosoly, jsou vhodným opatřením ke snížení objemu odsávaného vzduchu víka umístěná nad vanou pohybující se současně se závěsy. Dosáhne se snížení množství odsávaného vzduchu na 60 – 75 % obvyklého množství bez tohoto opatření.

Víka zakrývající volnou plochu nad ventilátorem zakrývají celý stupeň výrobní linky, kde dochází ke vzniku par, výparů a aerosolů po celou dobu s výjimkou vstupu a výstupu výrobků do linky. Snížení množství odsávaného vzduchu se zvýší až na 90 % (předmět německého patentu). Hlavní výhodou tohoto systému je, že se víka nepohybují samostatně, ale současně s odkapávacími deskami. Víka umístěná nad nádržemi, která se pohybují samostatně nebo automaticky se závěsy a bubny při jejich vstupu a výstupu z pracovní nádrže, jsou dalším, ale relativně nákladným opatřením. Obvykle je tento systém kombinován se zařízením tak, aby se automaticky zvýšil objem odsávaného vzduchu při otevření vík. Lze dosáhnout snížení množství odsávaného vzduchu až na 90 %.

Push-Pull systém – Tato metoda je navržena k vytvoření nuceného proudění vzduchu nad hladinou pracovního roztoku. Systém tvoří odtahové zařízení umístěné naproti ventilátoru vhánějícímu vzduch.



Nad povrchem lázně nesmí být umístěny žádné rámy nebo jiné konstrukce omezující proudění vzduchu. Proto je použití této techniky omezeno.

Uzavření prostoru výrobní linky – V některých provozech je možné zcela oddělit prostor linky. Linka je umístěna uvnitř a uzavřena, zatímco ostatní zařízení linky, kontrolní systémy a vstupní/výstupní sekce linky jsou umístěny mimo její prostor. Přestože je nutné odsávat část vzduchu, aby se zabránilo korozi zařízení v lince, jsou úspory energie vyšší než hodnoty, které lze dosáhnout jinými technikami. Přínosem je snížením objemu odsávané vzdušiny se sníží spotřeba energie a další nutné procesy úpravy, chemikálie, atd.

Je nutné ověření energetické účinnosti všech provozů, kde je instalováno odsávání. Ve všech provozech je nutná kontrola procesů. Jestliže je provozní linka uzavřená, je údržba provozu i roztoků mnohem obtížnější a časově náročnější. Tato technika je vhodná pro nová zařízení spíše než úpravy stávajících zařízení.

3.10.3 Dosahované emisní úrovně

Z údajů dostupných v REZZO 2014 jsou pro 1805 zdrojů povrchové úpravu kovů a plastů a jiných nekovových předmětů a jejich zpracování s objemem lázně do 30 m³ včetně, procesy bez použití lázní uvedeny emise pro TZL, SO₂, NO_x, CO, VOC a NH₃.

Národní legislativa (vyhláškou č. 415/2012 Sb.) stanovuje emisní limit pro TZL 50 mg/m³, který neplatí pro procesy s použitím lázní a ve vodním prostředí. Emisní koncentrace TZL (588 zdrojů) jsou v průměru nižší než 7 mg/m³.

Emisní limit pro NO_x je vyhláškou stanoven ve výši 1500 mg/m³. Je platný pro lázně s objemem od 3 m³ do 30 m³ včetně, vyjma oplachu a platí pro použití kyseliny dusičné při kontinuálně pracujícím zařízení.

Emisní koncentrace NO_x jsou uvedeny u 105 zdrojů a v průměru se pohybují těsně nad 20 mg/m³.

Vyhláška č. 415/2012 Sb. dále stanovuje emisní limit pro HCl ve výši 10 mg/m³. Je platný pro lázně s objemem od 3 m³ do 30 m³ včetně, vyjma oplachu a platí při použití HCl u povrchových úprav. Emisní koncentrace HCl jsou uvedeny u 283 zdrojů a dosahují v průměru 1,8 mg/m³.

Monitoring emisí SO₂, CO, VOC a NH₃ není národní legislativou požadován. Emisní koncentrace SO₂ (7 zdrojů) dosahují maximálně 9 mg/m³. Emisní koncentrace CO je uvedena u 51 zdrojů a v průměru se pohybuje na úrovni 50 mg/m³. Emisní koncentrace VOC uvedené u 43 zdrojů jsou průměrně na hodnotě 13 mg/m³. Emisní koncentrace NH₃ (11 zdrojů) jsou v průměru (s výjimkou jedné odlehle hodnoty) nižší než 3 mg/m³.



3.11 Obrábění kovů (brusírny a obrobny) a plastů, jejichž celkový elektrický příkon je vyšší než 100 kW (kód 4.13.)

3.11.1 Používané techniky a postupy

Obrábění kovů je technologický proces, kterým se vytváří požadovaný tvar obráběného předmětu (obrobku), v daných rozměrech a v daném stupni přesnosti, a to odebráním materiálu.

3.11.1.1 Ruční obrábění

Pilování – ruční obrábění, kdy se používá pilníků různých délek, tvarů a hrubostí.

Zaškrabávání – ruční obrábění, při němž se škrabákem dosahuje co nejkvalitnějšího povrchu obráběné plochy (nikoliv drsnosti, ale geometrické kvality). Pro výsledné vlastnosti se někdy používá na vodících plochách obráběcích strojů.

3.11.1.2 Třískové obrábění

Při třískovém obrábění vniká břit nástroje do materiálu a odděluje od něj třísky. Základem obrábění je teorie vzniku třísky. Rozlišuje se několik základních pohybů:

- pohyb do řezu (hlavní pohyb), kterým se odebírá tříska; např. u soustruhu jej vykonává obrobek, u frézky nástroj;
- pohyb do záběru čili posuv (vedlejší pohyb) je k němu zpravidla kolmý a nástroj se jím posouvá na jiná místa povrchu obrobku. Posuv může být podélný a příčný, plynulý nebo přerušovaný;
- příisuv je obvykle kolmý k obráběnému povrchu a nastavuje hloubku řezu.

Hlavní druhy třískového obrábění:

- Soustružení – obrobek rotuje a nůž se posouvá po jeho povrchu (strojním nebo ručním posuvem).
- Frézování – nástroj (fréza) rotuje a upnutý obrobek se posouvá k nástroji.
- Vrtání – nástroj (vrták) se otáčí a posouvá se k obrobku. Vrtání lze provádět také na soustruhu.
- Řezání – ve strojírenství se používá většinou pro dělení dlouhých pásovin, kulatin a jiných profilových tyčí na požadovanou délku (s ponecháním přídávku na další obrábění). Většinou jsou využívány pásové pily.
- Obrážení – obrábění ploch, obrobek je upnut a hlavní řezný pohyb vykonává nástroj. Používá se například pro výrobu ozubených kol.
- Broušení je odebrání materiálu nástrojem s množstvím nahodile orientovaných břitů. Provádí se na kulato – pro výrobu rotačních součástí o vysoké přesnosti. Obrobek je upnut mezi hroty ve středících důlcích a pomalu se otáčí. K němu se přisouvá brusný kotouč o vysokých otáčkách. Brouší se předem osoustružené povrchy, při ponechání přídávku několik desetin mm. Patří sem i broušení otvorů. Broušení se provádí také na plocho – pro výrobu rovinných, někdy i tvarových ploch. Obrobek je upnut a vykonává pomalý přímočarý vratný pohyb. K němu se přisouvá brusný kotouč, který se otáčí vysokým počtem otáček.
- Superfinišování – používá se pro dosažení co nejlepší drsnosti povrchu u rotačních součástí, za pomoci vibrujícího nástroje.



- Lapování – používají se při něm jemné brusné lapovací pasty, pro dosažení kvalitní jemné drsnosti povrchu.
- Honování – dokončovací obrábění vnitřních nebo vnějších povrchů válcových součástí.

Zdroj: Strojírenská technologie 3/1

3.11.1.3 Elektrojiskrové obrábění

Elektroerozivní obrábění (EDM – Electric Discharge Machining) je technologie, při níž odběr materiálu působí drobné elektrické výboje mezi obráběcí elektrodou a obrobkem v prostředí kapalného dielektrika. Přerušovaný výboj zajišťuje pulzní zdroj proudu s intenzitou až desítek ampér a odebraný materiál je třeba odplavovat proudem dielektrika. Obrobek může být libovolně tvrdý kov, ale i další materiály.

Hlavní metody jsou:

- Elektrojiskrové řezání – elektrodou je tenký, obvykle mosazný drát. Drát se pomalu odvíjí, stroj je přesně řízen CNC, proto může v materiálu vyřezávat téměř libovolné tvary, včetně zkosených stěn.
- Elektrojiskrové hloubení – měděná nebo grafitová elektroda se výboji „zabořuje“ do obrobku, až v něm vytvoří přesnou negativní kopii. Užívá se zejména pro výrobu vstříkovacích forem na umělé hmoty a je dnes jednou z nejpoužívanějších technologií.

Zdroj: Strojírenská technologie 3/1

3.11.1.4 Řezání laserem

Odběr materiálu působí úzký svazek laserového záření o vysoké hustotě energie. Užívá se k přesnému řezání a vyřezávání kovů i jiných materiálů.

3.11.1.5 Řezání vodou o vysokém tlaku

Tenký proud vody působí podobně jako paprsek laseru. Stroj je řízen počítačem, proto může vyřezávat téměř libovolné tvary.

3.11.1.6 Chemické obrábění

Spočívá v chemickém odběru materiálu, například leptáním.

3.11.1.7 Další procesy obrábění

Pro obrábění kovů jsou používány kotoučové nebo pásové brusky.

Dále jsou využívány tyto postupy:

- vibrační broušení – obráběné předměty jsou otáčeny v bubnech nebo vibračních kontejnerech s abrazivními tělísky, které způsobují, že se obrobky třou o sebe a o abrazivní elementy, v typické jednotce jsou obráběné předměty broušeny použitím lože z brusných kamenů tvaru kuželu společně s přidanou emulzí vody a mýdla, hrubost a velikost brusných kamenů se různí v závislosti na velikosti obrobku;
- čištění v bubnu – omíláním, tento postup se používá pro odstraňování tenkých otřepů nebo malého množství zbytků kovu na obráběném předmětu, během procesu se otřepy odstraňují



samy jako výsledek vzájemných nárazů v rotujícím bubnu, současně jsou hrany zaobleny, někdy procesu napomáhá kapalina.

Automatizace těchto procesů je obtížná pro rozmanitost tvarů otřepů, pro potřebu snadno a rychle odlitky upnout. Automatické broušící stroje jsou ve zvýšené míře používány v sériové výrobě. Do takového stroje jsou vloženy obráběné předměty a jsou obroušeny. Ručního dobrušování už zpravidla není třeba.

V automatizovaných linkách se používají další postupy:

- **obrážení** – na obráběných předmětech jsou nevyhnutelné otřepy; jestliže jsou série dosti velké, navrhuje se pro jejich odstranění obrážecí nástroje, které rychle otřepy odstraní a zajistí odlítkům požadovanou konturu;
- **frézování** – s vývojem elektronického řízení pro obráběcí stroje se stává stále snadnější navrhnout programy pro obrábění předmětů, pro menší série je možné použít frézky s jejich jednoúčelovými nástroji namísto obrážecích strojů, během takového procesu jsou kusy upínány zařízením stroje a procházejí několika různými frézkami.

Techniky a postupy používané při obrábění kovů ve slévárnách železných kovů, které je možné aplikovat také v ostatních provozech obrábění kovů, jsou blíže popsány v kapitole 3.2.1.10 Dokončovací operace a operace po odlévání.

3.11.2 Techniky snižování emisí do ovzduší

3.11.2.1 Sběr plynů při dokončovacích pracích

Velké množství dýmu musí být zachyceno a odsáto při použití postupů oddělování vtokové soustavy. Pracovní oblast může být, pokud je to možné, uzavřena, aby byl dělníkům umožněn volný pohyb a vdechování čistého vzduchu. Postup sběru tuhých částic během abrazivního řezání a broušení je u stacionárních a ručně ovládaných strojů odlišný. Pevné zákryty jsou obvyklé u stacionárních strojů. U stojanových brusek je proud brusiva sveden do odtahového komína. Při odřezávání vtoků, výfuků a náliktů řezacím kotoučem je nutné zajistit odsávání kabiny pro zajištění bezpečnosti a zdraví dělníka. Nástroje, které drží dělník v ruce, jsou odsávány příležitostně přes ochranný zákryt, jenž chrání proti odletu částic. Je to účinná, i když nepopulární metoda, která zvyšuje hmotnost náradí a zhoršuje jeho ovladatelnost. Normálně jsou ruční brusky a ruční řezací stroje zakytovány a používány v kabinách. Odsávání tuhých částic se provádí pomocí odtahových stěn, střešních zákrytů, pohyblivých krytů nebo odsávaných pracovních stolů. Účinnou pomocí při sběru emisí jsou teplovzdušné zástěny, které přivádějí dodatečný vzduch do kabiny. Lze použít vyčištěný recyklovaný odtažený vzduch, čímž se ušetří náklady na elektrickou energii. Přisun čerstvého vzduchu musí být neustále zajišťován zvenku. Odsávání tuhých částic a znečišťujících látek není ve většině případů nezbytné pro řezání, ulamování, lisování, ostříhávání a při frézování. Někdy mohou být použity zástěry pro ochranu operátora před hrubými částicemi. Směrnice pro ochranu při práci vyžadují odsávání při většině procesů.

Sníží se difúzní emise kovových částic a prachu.

Emise z řezání a čištění plamenem (bez čištění spalín) jsou nízké ve srovnání s emisemi při odstraňování otřepů a tryskání broky.



3.11.2.2 Postupy čištění odsátého vzduchu

Proud brusiva generuje velké množství tuhých částic. Shromáždění nečistot a odsávání není nijak problematické, neboť proces probíhá v uzavřené kabině. Obvyklé procesy čištění odsátého vzduchu jsou mokré praní a suché filtry s cyklonou a následným tkaninovým filtrem.

Broušení omíláním ani omílání v bubnech nevyžaduje za normálních podmínek snížení emisí. Aerosoly, které se mohou tvořit v rychle se pohybujících bubnech, lze zanedbat.

Sběr emisí při broušení na stojanových bruskách se děje podobným způsobem jako při abrazivním řezání, např. pomocí pevných komínů, do kterých je proud pilin směřován. Zakrytované pracoviště se používá pro ruční a abrazivní řezání. V kabině se potom užívají sběrné stěny. Procesy dekontaminace jsou cyklony, mokré odlučovače a suché tkaninové odlučovače.

Frézování je ruční proces, který způsobuje jen málo emisí, a za normálních podmínek nevyžaduje opatření pro jejich snížení.

3.11.3 Dosahované emisní úrovně

Z údajů dostupných v REZZO 2014 jsou pro 754 zdrojů obrábění kovů (brusírny a obrobny) a plastů, jejichž celkový elektrický příkon je vyšší než 100 kW uvedeny emise pro TZL, NO_x, CO a VOC.

Národní legislativa (vyhláškou č. 415/2012 Sb.) stanovuje emisní limit pro TZL 50 mg/m³, který platí pouze pro obrábění za sucha a neplatí pro třískové obrábění. Emisní koncentrace TZL jsou uvedeny u 132 zdrojů a v průměru se pohybují kolem 4 mg/m³.

Emisní limity pro NO_x, CO a VOC nejsou ve vyhlášce č. 415/2012 Sb. stanoveny. Emisní koncentrace NO_x a CO nejsou u jediného uvedeného zdroje k dispozici. Emisní koncentrace VOC je uvedena u jediného zdroje a dosahuje 14,8 mg/m³.



3.12 Svařování kovových materiálů, jejichž celkový elektrický příkon je roven nebo vyšší než 1000 kVA (kód 4.14.)

3.12.1 Používané techniky a postupy

Nejpoužívanějšími metodami svařování jsou obloukové svařování (svařování elektrickým obloukem) a odporové svařování – bodové nebo švové.

V praxi se používá automatické – robotové nebo ruční svařování.

Při svařování v automobilovém průmyslu jsou využívány technologie bodového odporového svařování, svařování laserem, laserové pájení, lepení, svařování v ochranné atmosféře, pájení v ochranné atmosféře, klinčování, bradavkové sváření matic a svařování čepů.

Ve slévárenství se provádí svařování pro spojení odlitků a pro opravu vad zavařováním. Ve většině těchto případů se používá svařování obloukem. Podle požadavků na svařování, zavařování a podle zařízení se používá tyčová nebo svařovací elektroda. Může se použít inertní plyn.

3.12.2 Techniky snižování emisí do ovzduší

Emise ze svařování (bez čištění spalin) jsou nízké ve srovnání s emisemi při odstraňování otřepů a tryskání broky.

Více či méně emisí se objeví podle typu vybraného procesu svařování, obvykle je nejlepší tyto emise odsát pohyblivým ramenem. Pro čištění odtahového plynu se používají mokré odlučovače, suché tkaninové odlučovače a příležitostně elektrostatické odlučovače.

Linky automatické svařování mohou být zakrytované nebo jsou odsávány přímo od svařovacího robota. V případě ručního svařování je možné využít centrálního odsávání haly, pokud je to v daném případě technicky možné a z hlediska omezování emisí efektivní.

3.12.3 Dosahované emisní úrovně

Z údajů dostupných v REZZO 2014 jsou pro 125 zdrojů svařování kovových materiálů, jejichž celkový elektrický příkon je roven nebo vyšší než 1000 kVA uvedeny emise pro TZL a VOC.

Národní legislativa (vyhláškou č. 415/2012 Sb.) stanovuje emisní limit pro TZL 50 mg/m³, který neplatí pro odporové sváření. Emisní koncentrace TZL jsou uvedeny u 60 zdrojů a v průměru se pohybují kolem 1 mg/m³.

Emisní limity pro VOC není ve vyhlášce č. 415/2012 Sb. stanoven. Emisní koncentrace VOC je uvedena u jediného zdroje a dosahuje 0,67 mg/m³.



3.13 Žárové pokovování zinkem (kód 4.17.)

Kontinuální žárové nanášení povlaků ponorem

Při pochodu nanášení povlaků ponorem do horké taveniny, prochází plech nebo drát kontinuálně taveninou. Dochází k legující reakci mezi dvěma kovy, která vede k dobré vazbě mezi povlakem a podkladem.

Kovy vhodné pro použití k nanášení taveniny ponorem jsou ty, které mají dost nízký bod tavení na to, aby se předešlo tepelným změnám v ocelovém výrobku, např. hliník, olovo, cín a zinek. Převážná většina povlaků, které se při kontinuálním žárovém ponoru aplikují, jsou povlaky zinku.

Jedním z hlavních problémů ve vztahu k životnímu prostředí týkající se tohoto podoboru jsou kyselé emise do ovzduší, odpady a odpadní voda; emise do ovzduší a spotřeba energie v pecích, zbytky s obsahem Zn, odpadní vody s obsahem oleje a chromu.

Vsázková galvanizace (diskontinuální galvanizace)

Převážně se při žárovém ponorném pozinkování po dávkách provádí zinkování – také míněné jako obecná galvanizace – při které se upravuje široká paleta vstupních materiálů pro různé spotřebitele. Velikost, množství a povaha vstupů se může značně lišit.

Pozinkování potrubí nebo trubek, které se provádí v poloautomatických nebo zcela automatizovaných speciálních pozinkovnách se obvykle nezahrnuje pod název „pozinkovací práce“.

Položky, které se mají podrobit pokovování ve vsázkových pozinkovnách jsou ocelářské výrobky, jako hřebíky, šrouby a další velmi malé výrobky; mřížové rošty, konstrukční části, stavební prvky, lehké tyče a mnohé další. V některých případech se trubky také podrobují pozinkování v konvenčních závodech pro pokovování po vsázkách (sériích).

Odvětví pracuje v krátkých opakujících se intervalech a krátkých objednávkách, aby se zvýšila služba zákazníkům. Problémy distribuce jsou důležité a tak jsou závody umístěny v těsné blízkosti koncentrace trhu.

Hlavními problémy ve vztahu k životnímu prostředí u dávkového pozinkování jsou emise do ovzduší (HCl z moření a prach a plynné sloučeniny z ponorných nádob).

3.13.1 Používané techniky a postupy

Kontinuální linky žárového pokovování

Při pochodech žárového pokovování prochází ocel plynule roztavenou taveninou kovu. Zde dochází k legující reakci mezi dvěma kovy, což vede k dobré vazbě mezi povlakem a podkladem. Drát se žárově potahuje zinkem nebo cínem. Pokovování zinkem se používá hlavně jako ochrana proti korozi.

Mezi hlavní povlaky žárového pokovování zinkem pro ocelové plechy na zinkové bázi v lázni Zn patří pozinkovaný (Zn), žíhaný po galvanizaci (Zn-Fe), žíhaný (bezolovnatý). Pro lázně Zn-Al jsou to povlaky beztrhlinový (99 % Zn, 1 % Al) a galfan (95 % Zn, 5 % Al).



Obecně mají linky kontinuálního pokovování plechu následující etapy:

- čištění povrchu pomocí chemické a/nebo tepelné úpravy,
- tepelné úpravy,
- ponoření do lázně roztaveného kovu,
- dokončovací úpravy.

Kontinuální zařízení na pokovování drátu zahrnují následující etapy:

- moření,
- tavení,
- pozinkování,
- dokončování.

3.13.1.1 Pozinkování plechu (povlaky zinku a zinkových slitin)

Při kontinuálním žárovém pokovování se ocelový pás pokrývá proti korozi ochrannou vrstvou zinku nebo zinkové slitiny. Schéma závodu se může projektově lišit u vstupní části (s mořením nebo alkalickým odmašťováním nebo bez něho), v konstrukci žíhacích pecí (vertikální nebo horizontální) nebo v následných úpravách po ponorném pokovování (žíhání po pozinkování atd.) Žárové pozinkování pásu válcovaného za studena je obvyklejší než pozinkování pásu válcovaného za tepla. Zpracování je podobné, vyjma toho, že výrobky válcované za tepla potřebují navíc odstraňování okují (moření).

Moření

Proces moření za účelem odstranění válcovenských okují je nutný pouze při pozinkování výrobků válcovaných za tepla. Moření nežíhaných svitků válcovaných za studena se provádí při aktivaci. Oba postupy se provádějí v kyselině chlorovodíkové s následným oplachem.

Odmašťování

Platí zásada, že povrch ocelového svitku bude bez nečistot, jako je tuk, olej nebo jemné obrusy železa, aby se zajistilo, že pokovování bude vystaven celistvý povrch výrobku a dosáhne se pevného přilnutí. Ačkoliv není odmašťování nutné, pokud se pás následně tepelně upravuje, pro každý případ se často používá. Čistící proces zahrnuje buď všechny následující kroky, nebo jen několik z nich:

- alkalické odmaštění pomocí ponoru nebo rozstříkávání; lze jej spojit s kartáčováním,
- alkalické odmaštění pomocí elektrolýzy; lze jej spojit s kartáčováním,
- oplachování vodou se středním kartáčováním mezi oplachovými nádržemi,
- sušení.

Odmašťovacím činidlem je obvykle alkalický roztok bez obsahu křemičitých iontů.

Dýmy, které se při odmašťování a kartáčování tvoří, se zachycují a vypírají předtím, než se vypustí, a to za použití vody, nebo roztoku louhu sodného a/nebo se při čištění vedou přes demister (odlučovač mlžných kapek).

Tepelná úprava

Ocelové svitky válcované za tepla a za studena procházejí před zinkováním pecí s regulovanou atmosférou, aby se odmastily, vysušil se povrch, zdokonalila se přilnavost povrchu, získaly se požadované mechanické vlastnosti oceli a umožnilo se, aby se ocel zahřála na požadovanou teplotu před ponorem. Používají se následující typy pecí:

- Sendzimirova pec
- Přímá plamenová pec
- Sálavá trubková pec



Žárové pozinkování

Pozinkovací lázeň obsahuje jednu nebo více van obvykle vyrobených z keramického materiálu. Tyto nádoby, které mohou být stacionární nebo mobilní, obsahují taveninu kovu s teplotou 440 – 490 °C, kterou pás prochází. Lázeň obsahuje Zn a některé další potřebné přísady (tj. Sb, Pb nebo Al). Lázeň obsahuje rovněž dostatečné množství roztaveného zinku, aby se předešlo přílišným výkyvům teploty, ke kterým může dojít při mezních provozních podmínkách.

Většina van se v současné době vyhřívá pomocí systémů elektrické indukce. Pokud se berou v úvahu aspekty životního prostředí jako celku i s ohledem na výrobu energie, je možnou alternativou paliva pro ohřev van zemní plyn.

Žihání po pokovování zinkem

Žihání po pokovování zinkem je speciální následná úprava, které se používá v určitých zařízeních, při které se pás po pozinkování ohřívá na teplotu, která umožňuje vytvoření slitiny Zn-Fe (10 % Fe). Výsledkem žihání po galvanizaci je zvlášť hladký povrch výrobku.

Žihání po pozinkování je legování zinkové vrstvy rozptýleným železem z ocelového pásu. Difuze železa se dosáhne udržováním oceli po určitou, dostatečně dlouhou dobu na teplotě okolo 500 °C, u nízkouhlíkové oceli na teplotě 540 °C za tvorby nové oceli s vysokou mezí pevnosti. Takové pece jsou rozděleny na dvě části, a sice na zónu ohřevu a zónu prohřívání a vyrovnávání teploty.

Prostor, který je v peci k dispozici, je omezený. Při stejném typu povrchu, umožní velmi rychlý ohřev z teploty zinkové lázně (460 °C) na vyrovnávací teplotu využít delší doby pro vyrovnání. Některé pece jsou vybaveny v zóně ohřevu indukčním ohřevacím systémem a elektrickými prvky, nebo sálavými trubkami ve vyrovnávací zóně.

Technika indukčního ohřevu je charakteristická krátkou dobou ohřevu, krátkou reakční dobou a přesností regulace teploty a provozem bez emisí. Legování i jakost povrchu jsou dokonalejší.

Jiné pece následného žihání jsou v ohřevacím i vyrovnávacím prostoru vybaveny sálavými trubkami s delší dobou ohřevu. V takovém případě se vzniklé emise i spotřeba energie dají snížit využitím hořáků o nízkých NO_x a systémy rekuperačních nebo regeneračních hořáků.

Následné úpravy

Po úseku pokovování se pásy oceli obvykle podrobují následné úpravě, aby se předešlo poškození povrchu a trhlinám, jako je tzv. bílá koroze, která je způsobena kondenzací vody v případě nedostatečného přístupu vzduchu. Následné úpravy jsou:

- Olejování
- Pasivace
- Fosfatizace

Dokončování

Dokončovací pochody se upravují podle požadavků zákazníků. Požadavky mohou být na žádný nebo jen minimální třpyt, matný povrch nebo řezání hran.

3.13.1.2 Žárové pokovování drátu

Žárové pokovování drátu se provádí především vrstvou zinku a jeho slitinami; hlavní funkcí těchto typů povrchové úpravy je ochrana proti korozi.

Plynulá linka žárového pokovování drátu se skládá z následujících výrobních etap: drát se moří, oplachuje, noří do tavicí lázně, suší, prochází roztavenou kovovou lázní a opět se chladí. Po žárovém pokovování se může eventuálně použít povlaku odolného proti vodě, tak zvaný wax.



Kontinuální moření drátu

Při následující tepelné úpravě nebo jako u počáteční etapy žárového pokovování se drát moří, aby se odstranily úlomky na povrchu a zlepšil se jeho vzhled, nebo se připravil povrch pro aplikaci povlaku. To se obvykle provádí in-line ponořením drátu do kyselé lázně nebo se podrobí elektrolýze v neutrální soli komor bipolárního elektrolyzáru.

V mořící kyselině se drát vyčistí kontinuálním průchodem jednou nebo více lázněmi s kyselinou chlorovodíkovou; někdy se použije kyseliny sírové. Z důvodu krátké doby působení se kyselina chlorovodíková ohřívá (až na 60 °C), nebo se používá v koncentrované formě. Druhy nečistot, které se odstraňují v lázni, závisejí na předchozí etapě zpracování: při tepelné úpravě drátu: oxidy kovů, zbytky nosiče mýdla, možné stopy olova – při tažení drátu: zbytky mýdla, oleje nebo jiných mazadel a stopy rzi. Někdy se přidává do lázně HCl odmašťovací činidlo, aby se zvýšil účinek odstranění těchto látek.

Tavení s tavidly

Z důvodů dobré přilnavosti zinkového povlaku se drát podrobí průchodu tavící lázni, ohřátým vodným roztokem ZnCb a NH_4Cl (čistého ZnCb se používá při pokovování cínem). Nadbytek tavícího činidla se z drátu odstraňuje stíráním. Před pokovováním se drát suší; to se může provádět v peci nebo vnitřním ohřevem drátu. Při vysokém průměru drátu a/nebo při efektivním stírání, je vnitřní teplo drátu (následkem vyhřáté tavící lázně) dostatečné, aby zajistilo jeho vysušení. Drát musí být před vstupem do tavící lázně suchý, aby se předešlo odstříkávání na vstupu do zinkové lázně.

Pro vsázkovou galvanizaci se používá stejných tavících médií, ačkoliv koncentrace je obvykle mnohem nižší. Pro pokovování zinkem se obvykle používá směs $\text{ZnCb}/\text{NH}_4\text{Cl}$ (čistého se používá při pokovování cínem).

Žárové pokovování (pozinkování)

Drát prochází roztavenou zinkovou lázní (430 – 470 °C). V zinkové lázni se tvoří difuzní vrstva železa a zinku, která obsahuje podvrstvy několika slitin Fe-Zn. Vrstva zinku se vytvoří na jejich vrchní straně v momentu, kdy drát opouští zinkovou lázeň. Pozinkování lze rozdělit na hrubé (vertikální) o vysoké tloušťce pokovování, kdy tvoří povlak hlavně odčerpaný zinek, a běžné (horizontální) pozinkování o nízké tloušťce, kdy povlak tvoří hlavně slitinová vrstva železa a zinku.

Může se použít ochranné vrstvy materiálu nebo krytu lázně (na části) zinkovací vany, aby se minimalizovala tvorba oxidů zinku a ztráty energie.

Dokončování

K ochraně proti tvorbě tak zvané bílé rzi (povrchová koroze zinkové vrstvy) se použije případně vrstvy waxu.

Pokovování zinkem po vsázkách (diskontinuálním pozinkování)

Žárové pozinkování je postupem ochrany proti korozi, při němž se výrobky ze železa a oceli chrání před korozí pokovováním zinkem. Při žárovém pozinkování po vsázkách převažuje pozinkování výrobku, také uváděné jako obecné pozinkování - při němž se upravuje velká paleta vstupních materiálů pro různé spotřebitele. Velikost, množství a povaha vstupů se může značně lišit. Pozinkování potrubí nebo trub, které se provádí v poloautomatických nebo zcela automatických speciálních pozinkovnách, obvykle nespadá pod termín pozinkování výrobku.

Položky, které se mají pokovovat ve vsázkových pozinkovnách, jsou ocelové výrobky, jako jsou hřebíky, šrouby a další velmi malé položky; mřížové rošty, konstrukční části, stavební komponenty, lehké tyče



a mnohé další. Trubky se také někdy podrobují pozinkování v konvenčních vsázkových závodech pozinkování. Pozinkovaná ocel se používá pro konstrukce, v dopravě, zemědělství, rozvodech elektřiny a všude tam, kde je zcela zásadní dobrá ochrana proti korozi a dlouhá životnost.

Úsek provozu vsázkového pozinkování se obvykle skládá z následujících etap:

- odmašťování,
- moření,
- tavení s tavíci činidly,
- pozinkování (pokovování roztaveným kovem),
- dokončování.

Závody pozinkoven se v podstatě skládají z řady úpravárenských nebo provozních lázní. Ocel postupuje mezi vanami a vkládá se do lázní nadzemními jeřáby.

Existují dva typy základního uspořádání závodu, které se liší projektem úseku předúpravy: jde o otevřený úsek předúpravy nebo uzavřený.

Závody pozinkoven s otevřenou předběžnou úpravou umísťují nádrž pro předběžnou úpravu a další provozní pochody do jednoho oddělení. V těchto případech se mořicí lázně provozují při teplotě místnosti, aby se zabránilo emisím do ovzduší (kyselému dýmu) a s nimi spojené korozi zařízení.

Závody galvanizoven určené k provozu při zvýšených teplotách se projektují s těsně uzavřeným úsekem předběžné úpravy a sníží se počet mořicích nádrží a doba moření. Dým, který se tvoří u nádrží kyseliny, se zachycuje a v některých případech se čistí vhodným úpravárenským zařízením.

Zařízení pro pozinkování trub představují zvláštní typ pozinkovny, v níž se trubky pokovují polokontinuálním pochodem. Manipulace s trubkami v těchto závodech je částečně nebo zcela automatizovaná. Hlavní etapy předběžné úpravy jsou stejné jako u obecného pozinkování, ale následovně se odstraňuje nadbytečný zinek z vnější strany trubek ofukováním stlačeným vzduchem. Nadbytečný zinek na vnitřní straně se odstraňuje pulzujícím proudem tlakové vody.

Pokud jde o nanášení povlaků po vsázkách zpracovávaných ocelových výrobců, budou zohledněny následující procesní kroky:

- příprava povrchu zpracovávané oceli: odmašťování, oplachování, moření, tavení (žárová rafinace), sušení,
- nanášení roztaveného kovu,
- dokončování / následné úpravy: chlazení, mazání.

Manipulace se surovinami

Zinek se získává v sytné formě a skladuje se v těsné blízkosti provozu pozinkování.

Příprava vstupního materiálu

Ocelové výrobky se prohlízejí, aby se zajistilo, že jsou vhodné k pozinkování. Odlitky železa a oceli a některé složky se závitem se ještě před mořením čistí ofukováním abraziva. Při manipulaci se výrobky během pochodu pozinkování zachycují na upínáky nebo svlaky pomocí háků nebo ocelového drátu. Spony a další malé předměty se umísťují do děrovaných košů, které se zachycují na upínáky.

Odmašťování

Aby se zajistilo uspokojivé pozinkování a zvýšil se výkon filtrových odlučovačů, používá se k odstraňování stop chladiv a mazadel z vyrobené oceli etapy odmašťování. To se obvykle provádí za použití alkalických odmašťovacích lázní. Alternativní metodou je kyselé odmašťování.



Moření

K odstranění okují z odlévání, válcování, broušení nebo povrchových nečistot se položky moří ve zředěné kyselině chlorovodíkové.

Moření v závodech s otevřenou úpravou se obvykle provádí za teploty okolního vzduchu; závody s uzavřenou úpravou se někdy provozují za vyšších teplot kyseliny. Z mořících lázní mohou v závislosti na koncentraci a teplotě lázně a rovněž z namořených položek unikat plynné emise mořícího činidla. Bublínky vodíku tvořené během mořícího procesu mohou také obsahovat kapky kyseliny.

Odstraňování povlaků

Někdy je nutné vyčistit zařízení od kalu pokovovací zinkové suspenze, odstranit vadné povlaky z ocelových výrobků nebo odstranit zinek z výrobků, jejichž povlak se má obnovit. To se běžně provádí ponorem do zředěné mořící kyseliny.

Oplachování

Oplachování je velmi důležitou etapou pochodu pozinkování, protože prodlužuje životnost následných úpravárenských lázní, snižuje tvorbu odpadu a zvyšuje možnost opětovného využití vedlejších produktů. Po odmaštění a moření se zpracovaná ocel oplachuje, ponořuje se do lázní s vodou, jež se někdy ohřívají.

Tavení

Účelem tavení je umožnit tekutině s obsahem zinku, aby smáčela povrch oceli, což je nutným předpokladem k reakci při pozinkování, a aby poskytla s tavidly obsahujícími chlorid amonný přídatné moření (vyčištění povrchu) během žárového pokovování. Při teplotách nad 200 °C se chlorid amonný v tavidle rozkládá na čpavek a HCl, což působí přídatný mořící efekt.

Tavidlo se nanáší dvěma různými způsoby: za sucha a za mokra.

Při tavení za sucha se ocel noří do tavicí lázně, obvykle vodného roztoku chloridu zinečnatého a amonného, který se zpravidla udržuje na 40 – 80 °C. Je možné i tavení za studena, ale snižuje se možnost pro vysoušení výrobku na vzduchu po vyjmutí z tavicí lázně.

Obsah železa v tavicí lázni je značně důležitý pro regulaci procesu, nákladnost a životní prostředí. Vysoká koncentrace železa v tavidle (pocházející z vynášení z mořící lázně) bude ovlivňovat také jakost pokovování zinkem. Přenosem železa z tavicí lázně do zinkové lázně se bude tvořit pěna a u mnohých jakostí oceli se také může zvyšovat konečná tloušťka zinkové vrstvy. Po vytažení položky z tavicí lázně se určitá voda teplem adhesivní vrstvy tavidla odpařuje. Míra odpaření závisí na teplotě tavicí lázně, a pokud je lázeň horká, na rychlosti vyjmutí výrobku z lázně (pomalejší vyjmutí poskytuje lepší odpar). Dalšího sušení se někdy dosáhne účelovým sušením. Plyny odsávané z pozinkovací vany mohou být někdy pro takovou sušící jednotku prospěšným nepřímým zdrojem tepla a využívají se také společně s pomocnými hořáky. Sušení výrobku pomáhá snižovat rozstřikování a výbušné výstřiky kovu ze zinkové lázně, když se produkt ponořuje a přínos se zvyšuje, pokud výrobek po výstupu zadrží teplo ze sušičky tj. v případě, že se použije předběžného ohřevu.

Malá množství předmětů k pozinkování, zejména takové položky s výjimečnými požadavky na tavení u složitých částí, se podrobují alternativnímu pochodu, tzv. tavení za mokra. Při takovém postupu protékají tavicí činidla jako vrstva roztavené soli na povrchu tavicí lázně. Výrobky z oceli, které se mají pozinkovat, procházejí touto vrstvou tavidla do zinkové lázně. Potom se vrstva roztavené soli odtahuje zpět z povrchu pomocí hrabla, aby se umožnilo vytažení ocelových částí z pozinkovací lázně, aniž by se dostaly do kontaktu s tavidlem.



Žárové pozinkování

Ocelové výrobky z tavící lázně se pomalu ponořují do lázně s roztaveným zinkem. U velmi dlouhých předmětů, které se nevejdou do vany, se musí provést dvojí ponoření, aby se pokryl celý povrch. Ocel reaguje se zinkem v podobě vytvořeného povlaku, který se skládá z řady vrstev slitin zinku a železa završených vrstvou čistého zinku, když se předměty vytáhnou z lázně. Doba ponoru kolísá od několika minut u relativně lehkých ocelových předmětů až ke 30 min. u nejtěžších konstrukčních částí.

Kotle uzavřené pecním pancířem se instalují v montážní jámě nebo na úrovni podlaží s přístupovými plošinami. Kotle se běžně ohřívají externě, obvykle plynovými hořáky, nebo hořáky na topný olej. Ohřev ponornými hořáky nebo vyhřívanými kryty se používá tehdy, když je teplota zinku nahoře okolo 460 °C (a nemůže se použít ocelová nádrž) nebo kde je nevyhovující povrch stěny k tomu, aby přenášel teplo do taveniny. Kde je to ekonomicky schůdné, používá se elektrického vytápění, obvykle sáláním ze stran nebo shora, tu a tam také indukci nebo odporově.

Hliník a olovo se přidávají z důvodu jejich vlivu na tloušťku a vzhled povlaku.

Malé množství závodů provádí „žárové pozinkování“ za použití nádob vyzdřených žáruvzdorným materiálem, který umožňuje, aby se zinková lázeň provozovala za vyšších teplot, obvykle okolo 530 °C. Tento pochod vyžaduje úpravu určitých jakostí oceli a specifické druhy složek.

Chlorid amonný, složka tavícího činidla má teplotu sublimace nižší než je teplota zinkové lázně a ten se účastní reakcí společně s ostatními za tvorby dýmů, které se budou tvořit během žárového pokovování. Kotle pro pozinkování jsou obvykle opatřeny vnitřním odsáváním nebo odvětráváním hubicovým extrakčním systémem. Zpravidla se vzduch z ventilace čistí v pytlových filtrech a odloučený prach se dopravuje mimo závod k rekuperaci hodnotných látek, zejména tavícího činidla. V některých případech se odloučený prach odesílá na skládku. Někteří provozovatelé používají vypírku ve Venturiho pračkách a používají odkalů ze skrubru pro přípravu tavícího roztoku.

Reakce zinku s ocelí, jednak z výrobků, které se mají pozinkovat, nebo z vlastních kotelních van vedou k tvorbě slitiny zinku a železa v lázni, která je známá jako tvrdý zinek nebo ster. Ster může přilnout ke stěnám lázně, ale většinou se shromažďuje na dně, odkud se periodicky odstraňuje za použití ponorných lopatek nebo drapáku. Nadměrné množství steru může rušit pozinkování a může způsobit přehřátí zvnějšku ohřívané nádrže. Odstraněný materiál se vrací do průmyslu druhovýroby zinku k rekuperaci obsahu zinku nebo do chemického průmyslu k výrobě oxidu zinečnatého.

Na povrchu zinkové lázně se tvoří zinkový popel následkem reakce zinku s kyslíkem ze vzduchu a s tavidlem. Oxidovaný materiál se odstraňuje a znovu se využívá přímo v závodě nebo se vrací do druhovýroby zinku k rekuperaci.

Dokončování

Ocelové výrobky se vyjímají ze zinkové lázně; nadbytek zinku se odstraňuje stíráním, nebo v některých případech čištěním v bubnu. Výrobky se potom chladí a kontrolují. Malé defekty povrchu se opravují a výrobky se uvolní z upínáků a jsou připraveny k expedici. Po žárovém pozinkování se některé ocelové výrobky zakalují ve vodě, aby získaly své speciální vlastnosti. Jako ochrana proti bílé rzi se mohou výrobky pokrývat olejovou emulzí nebo se mohou chromovat.

3.13.2 Techniky snižování emisí do ovzduší

Pokud není uvedeno jinak, považují se číselné hodnoty udávané v následujících kapitolách o BAT za denní střední hodnoty. U emisí do ovzduší jsou vztaženy na standardní podmínky teplotu 273 K, tlak 101,3 kPa a suchý plyn.



Kontinuální pokovování

3.13.2.1 Pozinkování plechu

Moření ocelových plechů – Omezení prachových emisí u odvíjecího stroje – Prach oxidů železa e tvoří při natahování pásu během pochodu odvíjení. Tvorbě prachu se může zamezit použitím vodních clon. Tato mokrá metoda vyžaduje odlučovací systém k odstranění oxidů železa z rozstříkované vody. To může být buď samostatně stojící systém, nebo je začleněn do celkového systému úpravy vody v závodě. V některých případech vede metoda ostřikování vodou k nežádoucímu vytvoření částic oxidů železa na válcích v mořící lince a případně k vyznačení válce na pásu. V těchto případech se odsávací systém obvykle vybavuje tkaninovými filtry, užívanými jako alternativa k zamezení rozptýlu prachu. Hlavní dosažené přínosy pro životní prostředí jsou prevence fugitivních emisí prachu a snížení emisí do ovzduší.

Odmašťování – Odmašťování spalováním oleje v peci na tepelné úpravy – Olej z ocelového povrchu se spaluje v pecích tepelných úprav. Odmašťování alkáliemi se neprovádí. Emise do ovzduší jsou nižší než ty, které vznikají při odmašťování alkalickou kapalinou.

Odmašťování – Odlučování páry z odmašťování a úprava – Odpař, které vznikají při odmašťování, se odlučují pomocí odsávacího zařízení a odvádějí se do pračky nebo demisteru (odlučovač kapek, mlhy). Odpadní voda, která v pračce vzniká, se podrobí úpravě. Dosažené přínosy pro životní prostředí jsou snížení fugitivních emisí a snížení emisí dýmu z odmašťování.

Žihání po galvanickém pokovování – Indukční elektrická pec – Indukční elektrická pec je relativně novou technikou, která se používá při procesu žárového pokovování. Je možné ji použít k žihání pokovovaného pásu po galvanizaci, stejně jako k sušení organických povlaků (případných) při finální fázi dokončování. Technika podléhá však nepřetržitým inovacím, jako jsou varianty frekvence a jiné. Tato aplikace by mohla zlepšit působení konvenčních pecí na životní prostředí, když pracují ve spojení s procesem žárového pokovování, protože u této etapy nevznikají emise do ovzduší. Cena elektrické energie však nemusí být vždy přijatelná.

Konečné úpravy – Zakryté provozní lázně a zásobní nádrže – Skladovací nádrže a lázně pro chemickou úpravu se zakrývají se zřetelem k emisím odparů a únikům agresivních zplodin do ovzduší (systém odsávání). Dosažené přínosy pro životní prostředí jsou prevence před fugitivními emisemi chemických odparů a snížení objemu odsávaného vzduchu.

Žárové pokovování (pokovování ponorem) – Vzduchové nože pro regulaci tloušťky – Pro regulaci tloušťky povlaku se používají vzduchové nože, které umožňují setření povlaku tak aby se odstranil nadbytečný nános olova z povrchu pásu. Žádné emise VOC (těkavých organických látek) a uhlovodíků do ovzduší (jako u olejové lázně). Snížení VOC ze 150 mg/m³ na méně než 1 mg/m³.

Pro operace odmašťování u linek kontinuálního pokovování (pozinkovny) se za BAT považují zakryté nádrže s odsáváním a čištěním odsátého vzduchu ve skrubrech a demisterech (odlučovače mlhy, kapek).



Za nejlepší dostupné techniky pro omezení emisí a spotřeby energie u pecí na tepelnou úpravu se považují:

- hořáky o nízkých NO_x spojené s emisními hladinami 250 – 400 mg NO_x/Nm^3 bez předehřevu vzduchu (3 % O_2) a 100 – 200 mg CO/Nm^3 ;
- předehřev spalovacího vzduchu regeneračními nebo rekuperačními hořáky. Omezování teploty předehřevu se může považovat za opatření ke snižování emisí NO_x ;
- předehřev pásu;
- výroba páry při rekuperaci tepla z odpadního plynu.

U zařízení, kde dochází k žíhání po galvanickém pokovování, spočívají BAT ve snižování emisí a spotřeby energie aplikací:

- hořáků o nízkých NO_x spojené s emisními hladinami 250 – 400 mg NO_x/Nm^3 bez předehřevu vzduchu (3 % O_2);
- regeneračních nebo rekuperačních hořákových systémů. Omezování teploty předehřevu se může považovat za opatření ke snižování emisí NO_x .

Pro ochranu oceli se provádí následná úprava jako je olejování, fosfatizace a chromování. V případě olejování dochází ke vzniku olejových par, k jejichž omezování dochází nejlépe:

- zakrytím stroje na olejování pásu,
- elektrostatickým olejováním.

Dopady z fosfátování a pasivace/chromátování na životní prostředí se mohou snížit pomocí následujících BAT:

- zakrytím používaných lázní,
- čištěním a opětným použitím fosfatizačního roztoku,
- čištěním a opětným použitím pasivačního roztoku,
- použitím stíracích válců,
- zachytem popouštěcího roztoku při válcování povrchu za studena a úpravou odpadní vody v úpravně.

3.13.2.2 Žárové pokovování drátu (pozinkování)

Kontinuální moření drátu – Izolované mořící lázně/úprava odsávaného vzduchu – Kyselé lázně musí být vybaveny digestoři nebo odsávaným krytem, kde se udržuje mírný podtlak, nebo se musí odpovídajícím způsobem izolovat. Odváděný vzduch se může upravovat vypíráním vodou za použití praček s výplní nebo deskových absorbérů. Hlavní dosažené přínosy pro životní prostředí jsou snížení fugitivních emisí z moření (odpary kyselin a aerosolů) a snížení kyselých par a aerosolů vypíráním. Typické emisní limity (koncentrace) jsou: < 20 – 30 mg HCl/Nm^3 . To lze dosáhnout s vodními pračkami (bez přidávání NaOH). Deskové skrubry dosahují pod 30 mg HCl/Nm^3 . Výplňový absorbér dosahuje pod 20 mg HCl/Nm^3 , ale při vyšší spotřebě vody oproti deskovým skrubrům, což má za následek vyšší množství odpadní vody.

Nanášení tavidla – Uzavření tavící lázně – Roztok tavidla (zahřátý vodný roztok směsi ZnCb , NH_4Cl a eventuálně dalších solí) emituje pouze vodní páru. Tavící lázeň, která by mohla být překryta krytem, nebo víkem, se nepovažuje za BAT, protože odpar unikající z lázně není skutečně nebezpečný



a výhoda pro životní prostředí je příliš malá, aby to vyrovnalo náklady. To může mít výhody, pokud jde o minimalizaci tepelných ztrát, je-li tavicí lázeň teplá.

Žárové pokovování (žárové pozinkování) – Zinkové lázně (Správné nakládání) – Udržování ochranné vrstvy nebo krytu na zinkové lázni. To minimalizuje ztrátu zinku oxidací, minimalizuje tvorbu odparů tavidla a výrazně snižuje energetické ztráty zinkové lázně. Drát na vstupu do zinkové lázně musí být suchý, protože jakákoliv vlhkost, která přechází do zinkové lázně, se výbušně odpařuje a tvoří se zinkový prach. Při správných metodách provozování je zcela možné, aby se lázně na žárové pozinkování provozovaly s velmi nízkými emisemi Zn a prachu (pod 5 mg/Nm³ Zn a pod 10 mg/Nm³ prachu).

Žárové pokovování (žárové pozinkování) – Jímání emisí a úprava odloučeného vzduchu – Správné nakládání není pro dosažení nízkých emisí Zn a prachu dostatečné k tomu, aby se dosáhlo nízkých emisí prachu a Zn a proto by se nad Zn lázní měly nainstalovat odsavače vzduchu a kryty a odlučovací zařízení (filtry).

Žárové pokovování (žárové pozinkování) – Tavicí činidlo s omezeným dýmáním – Aby se snížil dým z tavicího činidla, nahrazuje se částečně chlorid amonný jinými alkalickými chloridy. Snížené emise do ovzduší a snížení pevných útěrů Zn.

Pro omezování emisí do ovzduší z mořících kontinuálních linek se považuje za BAT uzavřené zařízení nebo zařízení opatřené odsávanými kryty a vypíráním odsátého vzduchu, kdy úroveň odpovídajících emisí pro HCl je v rozmezí 2 – 30 mg/Nm³.

V zásadě se opatření ke správnému nakládání pro pokovování plechu také považují za BAT pro žárové pokovování drátu. Úrovně emisí spojené se správným nakládáním jsou:

- prach < 10 mg/Nm³,
- Zn < 5 mg/Nm³.

Pokovování zinkem po vsázkách (diskontinuálním pozinkování)

3.13.2.3 Žárové pokovování (ponorem)

Zakrytá vana pro žárové pozinkování – Zakrytí v kombinaci se skrubry nebo tkaninovými filtry. Snížení fugitivních emisí do ovzduší (uvádí se 95 – 98 % zachyceného prachu a dalších emisí).

Nevýhody:

- spotřeba energie (elektrická energie se používá pro sací ventilátory, čištění pomocí filtrů a eventuální ohřev), ale ve srovnání s ostatním odsávacím systémem je potřeba slabšího odsávání (to znamená, že je potřeba méně energie).
- mokré skrubry vytvářejí odpadní vodu, která vyžaduje úpravu, menší možnost recyklace než u suchého prachu z filtrů.

Odsávání hubice u pozinkovacích kotlů – Odsávací hubice ve spojení se skrubry nebo tkaninovými filtry.

Nevýhody:

- spotřeba energie (elektrické energie se používá u sacích ventilátorů, čistících filtrů a možném vytápění filtrů),



- mokré skrubry: tvoří se odpadní voda, která vyžaduje úpravu, menší možnost recyklace než u suchého prachu z filtrů.

Tavicí činidlo se sníženým dýmáním – Při použití tavicího činidla se sníženým dýmáním se chlorid amonný částečně nahrazuje ostatními alkalickými chloridy (např. chloridem draselným).

Výhody:

- snížení emisí do ovzduší,
- snížení tvrdého zinku.

Nevýhody:

- popel zinku může být vyšší (uvádějí určité zdroje).
- tavidla se sníženým dýmáním produkují méně viditelné dýmy, ale viditelnost dýmových odparů je funkcí velikosti částic, takže existuje možnost výskytu menších částic, tudíž ve vzduchu méně viditelných, proto je vyšší možnost poškozování zdraví vdechnutým prachem.

Tavicí činidla založená na poměru chloridu zinečnatého a alkalického chloridu nepůsobí dodatečný mořící efekt během žárového pokovování a proto se více železa nerozpouští. To snižuje tvorbu tvrdého zinku na jedné straně, ale aby se dosáhlo vysoké jakosti pokovování, vyžaduje to také optimální moření v úseku předúpravy.

Pro operace odmašťování v závodech pozinkování po vsázkách se za BAT považují následující techniky:

- zařazení stupně odmašťování, pokud nejsou předměty k pokovování zcela prosté mastnoty, což je v procesu pozinkování velmi vzácný případ,
- optimální provoz lázně, aby se zvýšila efektivita, např. promícháváním.

Hlavní problém, který se objevuje v souvislosti se žárovým pokovováním, jsou emise do ovzduší, které se tvoří při reakci tavicího činidla během ponoru. Za BAT se považují následující techniky:

- zachycování emisí z žárového pokovování zakrytím nádoby nebo odsáváním po obvodu a zachycením prachu (např. tkaninovými filtry nebo v mokrých skrubrech). Odpovídající úroveň prachu po těchto procesech je méně než 5 mg prachu/Nm³,
- interní nebo externí využití zachyceného prachu k výrobě tavidel. Tento prach může čas od času obsahovat dioxiny o nízkých koncentracích následkem mimořádných podmínek v závodě (špatně odmaštěné předměty k pozinkování). BAT jsou pouze pochody rekuperace, při nichž se získávají tavicí činidla neobsahující dioxiny.

3.13.2.4 Další používané techniky

Pece – opatření pro omezování NO_x

Nejjednodušší metodou pro snížení emisí NO_x je přejít na plyn. To však nemusí být ve stávajících závodech realizovatelné a v praxi dostupné závodní plyny určují druh paliva, které se použije v pecích. Také u kapalných a pevných paliv je obvykle vyšší obsah síry než dusíku.

Metody snížení NO_x lze rozdělit na primární a sekundární.

Primární metody modifikují vlastní spalovací proces, aby omezily tvorbu NO_x ve spalovací komoře. To se obvykle provádí regulací přístupu kyslíku do paliva a/nebo teploty vrcholu plamene.

Sekundární opatření směřuje k „vyčištění“ spalného, nebo vystupujícího plynu za destrukce NO_x, které se vytvořily během spalovacího procesu. Metody pro odstraňování NO_x (NO a NO₂) z výstupních plynů spadají do dvou kategorií. Suché postupy zahrnují konverzi NO_x na N₂ pomocí injektáže



redukčního činidla a mohou, nebo nemusí počítat s katalysátorem. Většina široce používaných suchých metod jsou selektivní svým pochodem, přestože jsou určeny pouze k odstranění NO_x , ale některé techniky odstraňují i SO_2 . Mokrý metody zahrnují prostup spalných plynů vodním roztokem, který obvykle odstraňuje NO_x i SO_2 zároveň.

Problémem mokrých metod je hromadění velkého množství odpadní vody, která se musí ještě před vypuštěním upravovat. Naproti tomu suché postupy neprodukují vedlejší produkty pro likvidaci, další pak potřebují katalyzátor a jsou obvykle jednodušší a ekonomičtější pro provedení, než metody mokré. Některé suché metody jsou však citlivé na SO_2 a tuhé částice obsažené v proudu plynu.

Hořák s nízkými NO_x

Hořák o nízkých NO_x je obvyklý termín pro řady typů nových hořáků, které spojují charakteristicky několik provedení k omezení množství emisí NO_x . Hlavním principem těchto hořáků je omezení teploty vrcholu plamene, časové omezení oblasti vysoké teploty a redukce přístupu kyslíku v zóně spalování. To se obvykle provádí odstupňováním vzduchu, paliva a/nebo vnitřní recirkulací spalného plynu.

Koncentrace NO_x 300 – 500 mg/Nm³ a CO 10 – 20 mg/m³, jiné zdroje uvádějí 250 – 400 mg/Nm³.

Recirkulace spalných plynů z pece zpět do plamene může být výhodná pro hořákové provedení. Toto uspořádání snižuje koncentraci kyslíku ve směsi vzduch/palivo a tvoří vyrovnaný klidný plamen o nižší teplotě. Recirkulace také způsobuje chemickou redukci NO_x ve spalných plynech pomocí uhlovodíků v palivu.

Další snížení hladiny NO_x a závislosti hladiny NO_x na teplotě předeřátého vzduchu lze dosáhnout pomocí hořáků s rostoucím průtokem tryskou, kde plamen není v některých případech zakotven v trubce hořáku, nebo kde jsou odděleny vstupy plynu a spalovacího.

Podobný způsob provozu hořáků o nízkých NO_x spočívá ve vytvoření na palivo bohaté zóny uvnitř plamene. Ta pak zvýhodňuje konverzi stálého dusíku, který je chemicky vázán jako palivový dusík, na N_2 . To má také vliv na snížení teploty vrcholu plamene. Jak mechanismus palivových NO_x , tak teplotních NO_x se zbrzdí a NO_x se zredukuje. Existují dva druhy hořáků o nízkých NO_x , které mají oba zařazeno etapové spalování pro dosažení požadovaného účinku. Takovými jsou hořáky s přídavným vzduchem i palivem.

V hořácích s přídavným vzduchem nastává první etapa spalování v zóně lehce bohaté na palivo při optimálním poměru palivo/vzduch (1,1-1,3) pro konverzi palivového dusíku na N_2 . Druhá etapa spalování se provozuje s přebytkem paliva za přídavku sekundárního vzduchu takovým způsobem, aby se dokončilo vyhoření paliva při pečlivé regulaci teploty za minimální tvorby teplotního NO v této zóně.

Existují rozličná provedení hořáků s odstupňováním vzduchu, které se odlišují ve způsobu tvorby dvou spalovacích zón. V aerodynamických hořácích s odstupňovaným vzduchem proudí veškerý spalovací vzduch stejným hořákovým otvorem takovým způsobem, aby aerodynamika sloužila k vytvoření první na palivo bohaté oblasti. Externí hořáky s odstupňovaným vzduchem používají pro úplné vyhoření oddělený proud vzduchu.

V hořácích odstupňovaného předběžného spalování, se zóna bohatá na palivo utváří v oddělené předspalovací sekci.

Klíčovými faktory pro provedení, které regulují efektivitu hořáků s odstupňovanými přídavky vzduchu, je teplota a časová prodleva u každé etapy. Výrobci obvykle omezují redukci u neregulovaných emisí NO_x na spalování 50-60 % plynu pomocí odstupňování přídavků vzduchu.

V hořácích s odstupňovaným palivem může vznikat NO v primární spalovací zóně, ale palivo se injektuje následně, aby se vytvořila sekundární, na palivo bohatá zóna, nebo zóna dospalování, kde se NO redukuje na N_2 . Poté se přidává další vzduch, aby se dokončilo spalování nadbytečného



paliva v terciární spalovací zóně, a to opět za pečlivé regulace teploty při minimalizaci teplotního NO . Dospalovacími palivy může být zemní plyn nebo uhlí.

Klíčové reakce, odpovědné za konverzi NO na N_2 v zónách bohatých na palivo u obou typů hořáků s nízkými NO_x jsou ty, při kterých reaguje NO a malé množství uhlovodíků a dusík obsahující radikály (jako CH , CH_2 , NH , NH_2 , NCO), které jsou za těchto podmínek přítomny. Je mnoho mechanismů chemismu NO_x a účinnost metod zde popsanych pro omezení tvorby NO_x závisí na velkém počtu faktorů včetně projektu hořáku, provozu, kvality paliva (zejména obsahu těkavých složek a v palivu vázaného dusíku), velikosti částic (zvláště u tekutých a pevných paliv) a rozsahu provozu.

Etapového spalování v hořácích o nízkých NO_x se většinou používá u regulačních technik průmyslových pecí a nepředstavují pro zařízení mnoho problémů. Některé, ale ne všechny typy etapových hořáků, mají za následek nižší rychlost hoření na výstupu a toto snížení může ve chvíli způsobit změny v pecní aerodynamice a tedy problémy s distribucí přenosu tepla. Podobně budou mít plameny tendenci se prodlužovat, což může nutně vyvolávat zvýšení přebytku vzduchu při zamezení přímému kontaktu plamene s materiálem, který se ohřívá.

Hořáky s nízkými NO_x mohou být složitější a/nebo objemnější než konvenční hořáky a mohou s nimi vznikat problémy při projektování pece nebo při rekonstrukci stávajících pecí. Investiční náklady na rekonstrukci závisí na typu a velikosti pece a na tom, jaký stupeň nových hořáků je kompatibilní se stávajícím spalovacím zařízením. S hořáky o nízkých NO_x není spojen žádný nárůst provozních nákladů.

Výhody:

- Přiměřené k vysoké úrovni snížení NO_x
- Neměnná spotřeba paliva
- Nízká nebo nulová pokuta za provozování

Nevýhody:

- Vysoké kapitálové náklady
- Delší plamen
- Nedostatečný tvar plamene
- Snížená rychlost plamene
- Nedostatečná homogenita teploty pece
- Snížená stabilita plamene
- Větší hořáky
- Nedostatečná rychlost plynu pro stálý a klidný plamen

Omezování teplot předehřevu vzduchu

Hladina emisí NO_x vzrůstá s rostoucími teplotami předehřevu spalovacího vzduchu. Omezení předehřevu vzduchu může být opatřením, které snižuje emise NO_x . Na druhou stranu je předehřívání spalovacího vzduchu obvykle používaným opatřením ke zvýšení energetické efektivity pecí a snížení spotřeby paliva.

Provozovatelé závodů mají všeobecně zájem na omezení spotřeby paliva, protože to znamená finanční přínos, ale omezení spotřeby paliva může dodatečně snížit další znečišťující látky do ovzduší, jako je CO_2 , SO_2 a tuhé částice. Tedy se musí volit mezi energetickou efektivitou a snížením emisí SO_2 a CO_2 na straně jedné a vzrůstem emisí NO_x na straně druhé. Při udržování vysokých teplot předehřevu vzduchu, by mohla být zapotřebí sekundární opatření pro snížení NO_x .

Výhody:

- Mohou být jednoduché, s nízkým nebo nulovým kapitálovým nákladem



- Přiměřené k vysoké úrovni snížení NO_x

Nevýhody:

- Zvýšené náklady na palivo
- Nízký výkon spalovacího zařízení
- Snížená stabilita plamene
- Omezená rychlost hořáku, tedy pece
- Teplotní homogenita

Externí recirkulace spalného plynu (RSP)

Recirkulace spalin je technikou pro omezení teplot vrcholu plamene. Recirkulování spalných plynů do spalovacího vzduchu snižuje na 17 – 19 % kyslík a snižuje se teploty plamene a tedy i tvorba NO_x .

Některé údaje z několika různých testovaných zařízení ukázaly, že pomocí recirkulace spalných plynů lze dosáhnout omezení NO_x , které se blíží 70 – 80 % v závislosti na podílu spalného plynu, který se recirkuluje (RSP: 20 – 30 %), teplotě recirkulovaných plynů a na tom, zda se bude RSP aplikovat na systém hořáku o nízkých NO_x nebo ne.

Principiálně by se RSP mělo použít k většině procesů předehřevu a tepelných úprav. V praxi ale při rekonstrukci mohou nastat potíže při montáži potrubního vedení a problémy s přístupností.

Pokud jde o provozní záležitosti, existuje určitý problém, kterým může být stabilita plamene při sklápění a zvýšený obsah vodní páry v produktech spalování může zvýšit např. okuje na oceli, která se ohřívá.

Výhody:

- Přiměřené k vysoké úrovni snížení NO_x
- Zlepšená rovnoměrnost teploty
- Střední kapitálové náklady (nepožaduje-li se zvýšení výkonu)

Nevýhody:

- Vysoké kapitálové náklady (pokud se požaduje zvýšení výkonu)
- Zvýšené náklady na palivo a elektřinu
- Požaduje se větší prostor (zejména při potřebném zvýšení výkonu)
- Omezená stabilita plamene
- Nižší výkon stávajícího spalovacího systému

Extrakce olejové mlhy / dýmů emulze a odlučování oleje

Dýmové výpary emulze z válcovacích stolic se jímají a procházejí přes odlučovače k čištění. Užívají se čisticí zařízení, obsahující přepážkové výplně a nárazové desky nebo síťové vložky k oddělování oleje z odsávaného proudu vzduchu a v některých případech se využívá i elektrostatických odlučovačů. Účinnost odloučení je > 90 %.

Zachycování dýmových odparů z alkalického odmašťování a úprava

Dýmy, které vznikají při odmašťovacích procesech, se mohou odlučovat dle obecně známých způsobů a to jak z uzavřených odmašťovacích nádrží, tak odsávacími digestořemi nad otevřenými nádržemi, atd. Odsávaný vzduch se pak může čistit pomocí odlučovačů kapek (demisterů). Odlučování se zakládá na principu setrvačnosti. Částice (kapalné, nebo pevné) o určité hmotnosti a rychlosti mají tendenci proudit v původním směru. Když narazí na překážku, pak se v důsledku setrvačnosti hmoty oddělí



z unášeného proudu plynu. Překážky se tvoří ve formě jednoduchých stěn, výplní (např. drátěná síť), šnekových labyrintů atd.

Provoz otevřených mořících lázní

Obsah plynného chlorovodíku nad mořící lázní s kyselinou chlorovodíkovou závisí do velké míry na teplotě lázně a koncentraci a je dán thermodynamickou rovnováhou a tlakem páry kyseliny. To znamená, že emise z mořících lázní jsou nižší než 10 mg/m^3 , když je teplota a koncentrace lázní s HCl uvnitř rámce vystínované plochy tohoto diagramu.

Při současné regulaci parametrů procesu (teploty, koncentrace) a při zajištění, že podmínky provozu lázně budou v rámci daných mezí, se mohou systémy extrakce páry a následné techniky čištění stát zbytečné.

Regulace emisí/jímání u moření

K odsávání emisí do ovzduší zmoření a/nebo jiných procesů v lázních jsou k dispozici rozličné varianty projektových návrhů. Čím otevřenější je prostor a od skutečného emisního zdroje vzdálenější je odsávací zařízení, tím menší je účinnost zachytu a větší objemy, které je potřeba jímát, aby se dosáhlo přijatelné účinnosti v odlučování emisí. Střešní a postranní odsávací systémy se dají obvykle snadno namontovat a jsou levnější, ale vystupující velké průtokové objemy vyžadují velké ventilátory a zařízení ke snížení emisí. Mimoto budovy samotné a klenby střechy působí jako sběrné digestoře kyselých emisí a podle toho jsou i poškozeny. Jakékoliv zařízení, jako jeřáby a výtahy v blízkosti mořících nádrží nebo budovách budou rychle korodovat.

Proces moření po vsázkách vyžaduje obvykle otevřený přístup k nádržím pro vnášení a vyjímání předmětů k moření, proto se dají použít pouze výše uvedená opatření.

Nejúčinnějším způsobem odsávání emisí zmoření jsou však zcela uzavřené a zatěsněné nádrže. Tyto typy nádrží se mohou aplikovat při kontinuálním procesu (např. při moření plechu a drátu), kde ocel či drát vstupuje do mořící lázně malými otvory. Nádrže se udržují pod slabým podtlakem, aby se zabránilo úniku dýmu.

Skrubry mohou dosáhnout nižší úrovně emisí HCl než 10 mg/m^3 .

Techniky k čištění kyselých plynů, par a aerosolů z moření (regenerace kyseliny)

K odstraňování kyselých plynů, aerosolů nebo par se používají systémy mokré vypírky. Principem mokré vypírky je absorpce plynu nebo kapaliny ve vypíracím médiu při styku plynu s kapalinou.

Absorpční systémy mohou mít vodnou nebo nevodnou kapalnou fázi. Voda je vhodná pro absorbování rozpustných kyselých plynů, jako je HCl, HF a také pro absorbování čpavku. Alkalické roztoky jsou vhodné pro absorpci méně rozpustných kyselých plynů, jako je oxid siřičitý, sirovodík a chlor.

Absorbér plynu potřebuje pro styk kapaliny s plynem velkou povrchovou plochu, jejímž prostřednictvím dochází k přenosu hmoty.

Absorbéry s výplní tvoří vnější plášť, který obsahuje lože s výplní materiálu na podpůrných mřížkách, rozvody kapaliny, vstupy a výstupy kapaliny a plynu a odlučovač mlhy (demister).

Voda se obvykle přivádí shora výplně a stéká dolů gravitační silou, při čemž promývá výplň, zatímco odpadní plyn vstupuje u dna pračky a promývá se vodou, jak prochází protiproudě vložkou absorbéru. V protiproudém průtokovém provedení se nejkontaminovanější plyn stýká s nejkontaminovanější vodou u dna pračky a nejčistší plyn prochází nejčistší vodou u vrcholu pračky. Jsou možná i jiná provedení, u kterých může být styk kapaliny s plynem souprůdný, nebo příčně-proudý.



Nevýhodou výplňových praček je, že pro náležité fungování výplně potřebují vysokou průtokovou rychlost vody – okolo 1,34 l/m³ vzdušiny (200gmp vody/20 000cfm vzduchu). Tudíž namísto využití čerstvé vody má většina výplňových praček recirkulační čerpadla, která čerpají vodu ze dna pračky k vrcholu výplně. Do pračky se musí přidávat něco málo plynulého proudu vody, aby se pročistila od kyseliny odstraněné z proudu plynu po celém toku.

Ještě, ve srovnání s deskovými pračkami, poskytují výplňové pračky velký průtok o nízké koncentraci kyseliny. Ve výplňových pračkách (skrubrech) se může dosáhnout vyšší vypírací účinnosti zvýšením hloubky výplňového lože.

Deskové skrubry tvoří vertikální věž s několika horizontálními perforovanými miskovými deskami (sítové desky) umístěnými v různých výškách. Nad otvory v deskách jsou v malé vzdálenosti umístěny přepážky. Vypírací kapalina vstupuje vrcholem věže a postupně teče po každé desce. Znečištěný plyn vstupuje u dna věže a proudí nahoru, při čemž prochází otvory v perforovaných deskách. Rychlost plynu je dostačující, aby se předešlo protékání kapaliny perforovanými otvory.

Výhody deskového skrubru spočívají v nízkých požadavcích na jeho údržbu a jednorázovém průtoku vody, který je užitečný tím, že vytváří roztoky o vysoké koncentraci, které jsou vhodné k recyklaci do mořících nádrží. Deskový skrubr potřebuje ale pečlivou montáž (k vodorovnému položení desek) a má omezené rozmezí variant průtoků vzduchu.

Klíčovým prvkem skrubrů, jak se uvádí výše, je demister (odlučovač kapek). To je zařízení, které zajišťuje, aby vzduch vystupující ze skrubru obsahoval co nejméně vodní mlhy. Všechny demistery pracují na podkladě principu, že vzduch může měnit směr mnohem snadněji než vodní kapky. Při vedení vzduchu kanálem nebo labyrintem s několika změnami proudu, vodní kapky dopadají na pevný povrch, kde tvoří velkou kapku, která je příliš těžká na to, aby ji unášel vzduch.

Existují dva druhy demisterů: síťovina a tvarované přepážky.

Typ síťoviny je jednoduchý pro manipulaci i instalaci a odděluje vodu shlukováním na jemných plastických vláknech. Jeho nevýhodou je, že má tendenci odlučovat prach stejně jako vodu a jemná plastická vlákna se časem poškozují.

Demister s tvarovanými přepážkami spočívá na paralelním zapojení do S profilovaných lopatek, přes které prochází plyn. Voda se odstraní dopadem na povrch lopatky. Tento typ demistru není náchylný k zanášení a má téměř neomezenou životnost.

Oba typy demisterů odstraní více než 99,99 % kapek, které se vytvoří v mokřých skrubrech.

U filtrů dýmových odparů prochází vzduch nízkou rychlostí přes kompaktní tkaninovou vrstvu. Přitom jak prochází, dopadají kapky na vlákna, shlukují se a nakonec jsou dost velké, aby se mohly odvádět gravitační silou pryč. Filtry spotřebují asi 114 – 119 l/den pro oplachování a tuto vodu lze vrátit do mořících nádrží.

Moření kyselinou chlorovodíkovou

Pro vypírání HCl se využívají v širokém měřítku deskové a výplňové skrubry a vhodná zařízení, ale deskové pračky mají výhodu, že vytvářejí malý objem slabé kyseliny, která se může navrátit do mořící nádrže jako rekuperovaná kyselina. To rekuperuje kyselinu, která by se jinak stala odpadem a tak se snižují náklady na úpravu odpadu.

Jeden problém, který někdy může při moření HCl nastat, je tvorba aerosolů, velmi jemných kapek kapaliny, které proudí jako plyn, ale mají již podobu kapaliny. Částice projdou přímo přes konvenční skrubr úplně nedotčeny. Důvody pro tvorbu těchto aerosolů nejsou dobře známy, ale zdá se, že se objevují, když je odsávaný plyn z mořící linky velmi horký a prudce se ochladí, např. smíšením s chladnějším proudem vzduchu. To se stane obvykle jen při vyšší teplotě pásových linek, které mají velmi těsné kouřové kryty, nebo v závodech regenerace kyseliny.



Výplňové filtry dosahují úrovně emisí HCl pod 10 mg/m^3 .

Moření kyselinou sírovou

Nádrže na kyselinu sírovou neemitují kyselé páry, ale vytvářejí velmi jemné kapky- téměř aerosolové velikosti. Tyto kapky se tvoří praskáním velmi jemných bublinek vodíku, které se tvoří na povrchu mořící nádrže při mořícím pochodu, působením kyseliny na ocel. Tyto kapičky jsou dýmy kyseliny, které mohou poblíž nádrží s mořící kyselinou sírovou zapáchat.

Odstranění kapiček je čistě mechanický proces, kapky kyseliny musí dopadnout na povrch a shluknout se, až jsou dost velké, aby se oddělily z ovzduší. K tomuto účelu se s úspěchem používají výplňové i deskové skrubry a při této aplikaci se ukázaly jako nejúčinnější příčné průtokové skrubry v podobě vertikálních protiproudých věží. Dalším zařízením, které se s úspěchem používá k odstranění kyseliny sírové, je filtr k odstranění dýmů.

Spojením zóny intenzivního skrápění a odlučovačů kapek (demisterů) dosahují hladiny emisí kyseliny sírové $5 - 10 \text{ mg/m}^3$.

Moření směsnou kyselinou

Korozivzdorná ocel se moří ve směsi dusičné a fluorovodíkové kyseliny. Kyselina dusičná je nízkovroucí kapalina a fluorovodíková kyselina je plyn, jako HCl, proto tyto nádrže emitují páry. Kromě toho vylučují kapky, které vznikají pukáním bublinek oxidů dusíku (NO_x – tyto kapičky však nejsou tak jemné jako kapky kyseliny sírové při moření oceli a jsou méně problematické).

Dusíkaté a fluorovodíkové páry a kapky se dají snadno odstranit ve skrubrech s výplní nebo v deskových pračkách, při malém průtoku vody. Pokud jsou přítomny aerosoly, může to vyžadovat zónu intenzivního skrápění, aby se aerosol účinně vysrážel. Plyny NO_x se však neodstraňují snadno, protože nejsou příliš rozpustné ve vodě.

Opatření ke snížení NO_x z moření směsnou kyselinou (směsí kyselin)

Když se moří korozivzdorná ocel ve směsné kyselině, reaguje kyselina dusičná (HNO_3) s kovem nebo oxidy kovů a redukuje se na kyselinu dusitou (HNO_2), která je naopak v rovnováze se směsí oxidů dusíku (NO_x).

V případě procesů vsázkového moření (např. korozivzdorných ocelových trubek) se moření provádí při teplotě okolního vzduchu. Vsázkové pochody se obvykle provádějí v otevřených nádržích, kde nižší teplota při delší době moření snižuje podíl emisí NO_x v dýmu.

Moření svitků, plechu, nebo drátu, pokud se provádí kontinuálně, vyžaduje vyšší teploty kyseliny, aby se udržela efektivita moření při krátkých intervalech moření. Protože vyšší teploty kyseliny způsobují vyšší emise NO_x v dýmových výparech, instalují se uzavřené nádrže.

Pro potlačení NO_x jsou k dispozici následující omezující opatření:

- Potlačení NO_x injektáží peroxidu vodíku (nebo močoviny)
- Moření korozivzdorné oceli bez HNO_3
- Absorpční vypírka.

Potlačení NO_x injektáží peroxidu vodíku (nebo močoviny)

Reakce mezi peroxidem vodíku (H_2O_2) a NO_x nastává ve vodné fázi, kdy NO_x reagují s vodou za tvorby kyseliny dusité (HNO_2). HNO_2 je relativně nestabilní a bude se rozkládat na NO_2 , NO a H_2O . Oxidy



dusíku (NO_x) by měly nakonec emitovat z procesu. Přítomný peroxid vodíku však kyselinu dusitou rychle oxiduje na stabilnější kyselinu dusičnou (HNO_3) a tak předchází opakované tvorbě emisí NO_x .

Austenitické oceli mají obvykle při moření endotermické účinky, zatímco ferritické oceli jsou exotermické povahy, což je důsledek rozdílu chemického složení. Proto se instaluje určitá forma regulace teploty. Běžná metoda musí počítat s recirkulačním okruhem, přičemž kapalina z lázně se recirkuluje přes ohřívač, nebo chladič. Jedna z metod efektivního promíchání peroxidu a kapaliny lázně spočívá v injektáži peroxidu vodíku do recirkulované mořicí kapaliny.

Provedené zkoušky ukázaly, že touto technikou se dosáhlo při potlačení NO_x účinnosti vyšší než 90 %.

Potlačení NO_x injektáží peroxidu vodíku (H_2O_2) do mořicí lázně pomocí trysky

Nové zařízení recirkulačního okruhu u mořicí lázně může dosáhnout vyšších investičních nákladů, pokud se provozuje statická mořicí nádrž. Proto alternativní metodou přidávání peroxidu vodíku do mořicí nádrže je přímá injektáž H_2O_2 do mořicí nádrže pomocí rozvětvené trysky, umístěné v mořicí nádrži.

Provedené zkoušky ukázaly, že účinnost potlačení NO_x , které se dosáhne touto technikou je větší než 90 %.

Dalším příkladem potlačení NO_x , za použití peroxidu vodíku je moření korozivzdorných ocelových plošin v nástřikové komoře. Mořicí kapalina směsi kyselin dusičné a fluorovodíkové se stříká na obě strany korozivzdorné ocelové desky; mořicí kapalina se potom vrací z nástřikové komory do zachytné nádrže na mořicí kapalinu, ze které se recykluje zpět do nástřikové komory.

Potlačení NO_x peroxidem vodíku nemá nepříznivý dopad na jakost výrobku z korozivzdorné oceli.

Peroxid vodíku převádí NO_x na kyselinu dusičnou na místě, a proto omezuje spotřebu HNO_3 v některých případech o 20 – 30 % nevyžaduje se žádná hlavní změna závodu stávající skrubr na HF lze použít bez neutralizace vypírací kapaliny, protože vytvořený slabý roztok HF se může navrátit do procesu.

Moření korozivzdorné oceli bez HNO_3

Při moření korozivzdorné oceli směsnými kyselinami přispívá kyselina dusičná k okyselení a oxidaci v procesu moření kovových výrobků. Teoreticky proto k nahrazení přínosu kyseliny lze přispět jinou kyselinou, např. H_2SO_4 a oxidantem H_2O_2 , což v důsledku znamená moření kovových výrobků roztokem bez použití kyseliny dusičné.

Zvolené oxidační činidlo je běžný H_2O_2 , protože nevnaší do mořicí lázně žádné cizí ionty a způsob přidávání je v podstatě stejný, jako při technikách potlačujících NO_x . Tato úprava se může použít u všech typů výrobních zařízení, tj. u kontinuálního, nebo vsázkového moření.

Uváděné výhody moření bez HNO_3 za přítomnosti H_2O_2 :

- kratší doba moření v určitých případech,
- omezené emise NO_x a vypouštěných dusičnanů (ve skutečnosti existuje celkové snížení objemu znečišťujících látek na tunu výrobku a lázeň)

Proces moření bez HNO_3 za přítomnosti H_2O_2 se může provozovat efektivně při nízkých teplotách, tudíž se uspoří náklady na ohřev ve srovnání s konvenčním způsobem za použití směsného roztoku HNO_3/HF , který obvykle vyžaduje k tomu, aby byl účinný, provoz při cca 60°C.

Absorpční vypírka

Mokrý absorpční systém se používá rovněž ke snížení dýmových par NO_x ze směsí mořících kyselin. Protože NO a NO_2 nejsou nebo jsou omezeně rozpustné ve vodě, používají se jiná vypírací media, jako je NaOH , H_2O_2 , nebo močovina.



Aby se dosáhlo uspokojivého snížení, je nutná dlouhá doba oxidace nebo vícestupňové pračky.

Aby se zvýšila účinnost potlačení NO_x , musí se nainstalovat dvě, nebo více výplní.; jedna část bude pracovat jako redukční kolona, druhá jako oxidační kolona. Redukční kolony se provozují protiproudě s NaOH a redukčním činidlem: NaHS.

Proud plynu z redukční kolony potom vstupuje do kolony oxidační, kde se NO oxiduje na NO_2 . Plyn vstupuje do kolony shora a protéká souproudě s oxidačním roztokem (např. chloritanem sodným – NaClO_2) při nízkém pH. Chloritan sodný tvoří oxid chloričitý (ClO_2), který oxiduje NO. Čerstvá kyselina a NaClO_2 se přidávají se zřetelem k pH a redox potenciálu. Cyklus redukce a oxidace se může opakovat, až se dosáhne uspokojivého podílu snížení NO_x .

Když se použije H_2O_2 při vypírání, obsahuje vypírací roztok obvykle směs HNO_3 a H_2O_2 . Přínos z použití H_2O_2 je ten, že vedlejším produktem vypíracího procesu je HNO_3 namísto dusičnanu sodného, použije-li se NaOH. Tato kyselina se rekuperuje při nevyužitelné koncentraci a recykluje se zpět do mořícího procesu. Tedy, nejen že se eliminují náklady na likvidaci odpadu NaNO_3 , ale omezí se celková spotřeba HNO_3 .

3.13.3 Dosahované emisní úrovně

Z údajů dostupných v REZZO 2014 jsou pro 46 zdrojů žárového pokovování zinkem uvedeny emise pro TZL, NO_x , CO a NH_3 .

Národní legislativa (vyhláškou č. 415/2012 Sb.) stanovuje emisní limit pro TZL 10 mg/m^3 (platný od 1.1.2016). Emisní koncentrace TZL (24 zdrojů) jsou v průměru těsně nad 2 mg/m^3 .

Vyhláška č. 415/2012 Sb. dále stanovuje emisní limit pro Zn ve výši 10 mg/m^3 (od 1.1.2016 je platný limit 5 mg/m^3). Emisní koncentrace Zn jsou uvedeny u 39 zdrojů a v průměru se pohybují těsně nad 1 mg/m^3 .

Monitoring emisí NO_x , CO a NH_3 není národní legislativou požadován. Emisní koncentrace NO_x (3 zdroje) se pohybují od 17 do 20,2 mg/m^3 . U emisí CO je uveden pouze 1 zdroj s emisní koncentrací 8,1 mg/m^3 . Emisní koncentrace NH_3 (2 zdroje) jsou 1,3 a 7 mg/m^3 .



4 NEJLEPŠÍ DOSTUPNÉ TECHNIKY

Zpracování tohoto dokumentu ukázalo, že na rozdíl od zařízení ve smyslu zákona č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci představují stacionární zdroje, které jsou předmětem tohoto dokumentu, natolik neuchopitelnou a velmi různorodou skupinu zdrojů, že pro není možné uplatnit obdobnou skupinu nejlepších dostupných technik ve smyslu integrované prevence. Takový přístup by byl v některých případech technicky neřešitelný, ekonomicky neúnosný a v mnoha případech nákladově velmi neefektivní. Navíc nelze uplatnit jednoduchý princip, že čím menší stacionární zdroj, tím menší šance na uplatnění nejlepší dostupné techniky.

Zadání zpracování tohoto dokumentu nicméně směřovalo na vazbu nejlepších dostupných technik a podporu ze strukturálních fondů EU. Ve vazbě na dotační podporu se otvírá mnohem širší pole uplatnění nejlepších dostupných technik, neboť se stírá jedna ze základních výše uvedených bariér – ekonomická přijatelnost pro provozovatele (pouze investiční – provozní ekonomická náročnost zůstává). Pokud nebudou výše uvedené dotační tituly v budoucnu k dispozici, je třeba se zaměřit na hledání dalších možných zdrojů financování pro aplikaci nejlepších dostupných technik.

Zpracování tohoto dokumentu ukázalo, že je možné, při presumpci podpory z fondů EU, vydefinovat skupinu nejlepších dostupných technik, které je vhodné uplatnit i na stacionárních zdrojích, které nejsou předmětem právní úpravy v oblasti integrované prevence. I tak lze ale nalézt u nejlepších dostupných technik mantinely definované výše uvedenými bariérami (technická neřešitelnost, ekonomická neúnosnost a nákladová neefektivita).

U nejlepších dostupných technik uplatnitelných na definované výduchy dokument uvádí emisní koncentrace dosažitelné uplatněním příslušné techniky, pokud jsou informace o těchto emisních koncentracích dostupné. U technik uplatnitelných na fugitivních emisích tato informace logicky uvedena není. Praxe ale ukazuje, že přínos těchto technik je nezanedbatelný a u některých typů zdrojů rozhodující. Jejich význam se navíc zvyšuje narůstající regulací definovaných emisí z výduchů.

S ohledem na obrovskou různorodost a širokou škálu jmenovitých parametrů (kapacita, výkony, příkony) není ve většině případů možné uvést jednotkové náklady na nejlepší dostupné techniky. Tam, kde zpracovatel dokumentu usoudil, že je to relevantní, jsou uvedeny konkrétní příklady nákladů a přínosů uplatnění nejlepších dostupných technik.

4.1 Primární (preventivní) BAT pro obecné použití

Uvedené BAT jsou aplikovatelné pro všechny uvedené zdroje:

- Školení, vzdělávání a motivace pracovníků na všech úrovních
- Optimalizace řízení procesů
- Zajištění dostatečné preventivní údržby
- Systém environmentálního managementu (ISO 14001, EMAS) s jasně definovanými odpovědnostmi, pracovními pokyny a detailně popsány postupy, které mohou ovlivnit kvalitu ovzduší
- Dodržování technologické kázně a předepsaných pracovních postupů a systém kontroly dodržování
- Pravidelné provádění emisních bilancí a navrhování opatření k jejich dalšímu omezení



- Provádět detekci úniků emisí (v rámci možností daných procesů)

4.2 Primární specifické BAT pro slévárnictví

Některé prvky BAT jsou obecně použitelné, uplatňují se ve všech slévárnách, a to bez ohledu na postupy, které používají, a na typ výrobku, který vyrábějí. Týkají se materiálových toků, dokončování odlitků, hluku, odpadních vod, řízení životního prostředí a vyřazování z provozu.

BAT slouží k optimalizaci řízení a kontroly interních toků, aby se zabránilo znečištění životního prostředí a aby se zajistila přiměřená jakost vstupů. Důraz na kvalitu vstupního materiálu (čistotu kovového šrotu) vede k omezení případných emisí PCDD/F z tavení. Dále je umožněna recyklace a opětovné použití materiálů, zvýšení výkonnosti technologického postupu.

BAT jsou uvedeny také pro metody dokončování, které vytvářejí prach, pro technologie tepelného zpracování, obrušování, tryskání broky a čištění odlitků. BAT jsou vytvořeny také pro zpracování odpadního plynu z dokončovacích operací za použití mokrého, nebo suchého systému. Pro tepelné zpracování je důležité používání čistých paliv (tj. přírodní plyny nebo paliva s nízkým obsahem síry), používání automatizovaných operací pece, řízeného spalování, nebo řízeného hořáku, také zachycení a odsátí spalin od pecí tepelného zpracování.

Uniklé emise vznikají také z neuzavřených zdrojů (doprava, skladování, rozlití), nebo z neúplného vyprázdnění přepravních kontejnerů. BAT je použití kombinace opatření, která se týkají manipulace, dopravy materiálu, optimalizace zachycení a čištění odpadních plynů jednou nebo více metodami. Přednost je dávana zachycování kouře co nejbližší zdroji.

BAT zavádějí a dodržují ekologický Systém řízení životního prostředí (EMS), který zahrnuje, podle individuálních okolností, např. závazky vrcholového managementu, plánování, ustanovení, zavádění postupů, kontrolu výkonnosti s nápravnými činnostmi a zhodnocení.

BAT používají také všechna nezbytná opatření pro zabránění znečištění životního prostředí i po vyřazení jednotky z provozu. Tato opatření zahrnují minimalizaci rizik během fáze navrhování, zavedení programu, zlepšení pro stávající zařízení, rozvoj, využití plánu uzavření pracoviště pro nové a stávající instalace. Při těchto opatřeních je nutno řešit následující části původního zařízení či technologie: nádrže, nádoby, potrubní síť, izolace, kalové rybníky, skládky odpadů.

4.3 Primární a sekundární BAT pro slévárnictví

V některých případech lze ve slévárnictví dosáhnout BAT použitím pouze primárních opatření, jindy jsou využívány sekundární (koncové) techniky. Jejich aplikace jsou popsány v kapitolách 4.3.1 až 4.3.9.

4.3.1 Kovárny – ohřívací pece a pece na tepelné zpracování s projektovaným tepelným výkonem 1 – 5 MW včetně a nad 5 MW (kód 4.5.)

Základním opatřením integrovaného procesu pro snížení emisí v hořákem vytápěných pecích pro tepelné zpracování je použití čistých paliv, např. zemního plynu, nebo paliva s nízkým obsahem síry. Sníží se vývin škodlivin založených na spalování, jako jsou CO, SO₂, NO_x. Vybavení pecí řízenými nízkoemisními hořáky na zemní plyn vede ke snížení spotřeby plynu a snížení emisí SO₂, NO_x a CO.



4.3.2 Doprava a manipulace se vsázkou nebo produktem (kód 4.6.1.)

Pro přípravu bentonitové směsi se BAT zabývají jímáním odpadních plynů, čištěním a interní, nebo externí recyklací zachyceného prachu.

Příprava bentonitové směsi začíná mísením ostrživa (písku), jílového pojiva a přísad. To může být provedeno v atmosférických (nejobvyklejší situace) nebo vakuových mísičích. Dodatečnou podmínkou pro vakuové mísení je, že výkon mísiče musí být větší než 60 t/h.

Pro úpravu bentonitové směsi dále zahrnuje BAT následující:

- uzavřít všechny jednotkové operace úpravy bentonitové směsi (vibrační síta, odprášení směsi, chlazení, operace mísení) a vyčistit odpadní plyny.

Pro chemicky pojenou směs zahrnují navrhované BAT množství různých technologií. Zabývají se širokou řadou otázek životního prostředí. BAT jsou zaměřeny na minimalizaci spotřeby pojiv, pryskyřic, ztrát písku, minimalizaci emisí těkavého VOC, zachycení odpadních plynů z míst, kde jsou jádra vyráběna, kde je s nimi manipulováno, a na používání nátěrů na bázi vody. Při užití nátěrů na bázi alkoholu jsou BAT možné jen v omezeném počtu aplikací, kde nemohou být použity nátěry na bázi vody. V takovém případě by měly být odpadní plyny zachyceny v místě nátěrů, kdykoliv je to uskutečnitelné. Specifické BAT jsou uvedeny pro přípravu jader, jež jsou tvrzená aminem a pojená uretanem (cold-box), tím se minimalizují emise aminů a optimalizuje se obnova aminu. Pro tyto systémy se používají jak aromatická, tak i nearomatická rozpouštědla.

Pro přípravu chemicky tvrzených směsí dále zahrnuje BAT následující:

- zachycení odpadních plynů z míst, kde jsou jádra vyráběna, kde je s nimi manipulováno a kde jsou skladována před expedicí,
- používat nátěry na bázi vody místo nátěrů na bázi alkoholu pro nátěry žárovzdomin, forem a jader ve slévárnách vyrábějících ve středních a velkých sériích.

Použití nátěrů na bázi alkoholu je BAT:

- pro velké nebo složité formy a jádra,
- pro směsi pojené na bázi vodního skla,
- při lití hořčíkových slitin,
- při výrobě manganové oceli s nátěrem MgO.

Jak nátěr na bázi vody, tak nátěr na bázi alkoholu jsou BAT v malých slévárnách a velkých zakázkových slévárnách. Zavedení nátěrů na vodní bázi v těchto dvou typech sléváren je podpořeno možnostmi mikrovlnného vysoušení a dalšími novými vysoušecími technologiemi, pro něž však nebyly předloženy žádné informace. Při použití nátěru na bázi alkoholu má BAT zajistit v místě nátěru odvedení výparů použitím pohyblivých nebo pevných krytů, přičemž v zakázkových slévárnách, ve kterých se formuje na zemi (podlaze), to nelze provést.

Pro přípravu jádra tvrzeného aminem a pojeného uretanem (Cold-box) dále zahrnuje BAT následující:

- zacházet s odvedeným plynem pro přípravu jádra Cold-box pomocí jedné z metod zmíněných v kapitole 3.2.2, emise aminu lze udržovat pod 5 mg/Nm³.

Pro emise těkavých organických sloučenin (hlavně rozpouštědel, BTEX a v menší míře fenol, formaldehyd atd.) jsou uváděny hodnoty v rozmezí 0,1 – 0,5 kg/t odlitků.



Předpokládá se, že alternativní metody formování a anorganická pojiva mají slibný potenciál pro minimalizaci dopadů na životní prostředí z postupů formování a odlévání.

Lití, chlazení a vytlačování vytváří emise prachu, VOC a ostatních organických zplodin. BAT se zaměřují na zakrytování licí a chladicí linky, na zajištění odtahu plynů u sériových licích linek, na zakrytování zařízení pro vytlačování, na zpracování spalin za použití mokrého, nebo suchého odprášení.

Při tryskání a apretuře odlitků se zachycuje a upravuje odpadní plyn z dokončovacích operací pomocí mokrého nebo suchého systému odlučovače, což odpovídá BAT. Při použití těchto technik se emisní úrovně pro prach pohybují od 5 do 20 mg/Nm³.

Následující emisní hodnoty jsou spojovány s výše uvedenými opatřeními BAT. Veškeré hodnoty emisí jsou uvedeny jako průměr v průběhu možného měřitelného období. Kdykoli bylo proveditelné průběžné sledování, byla použita denní průměrná hodnota. Emise do ovzduší jsou založeny na standardních podmínkách, tj. 273 K, 101,3 kPa a suchý plyn:

- tuhé částice – 5 až 20 mg/Nm³,
- aminy (pouze v jaderně) – 5 mg/Nm³.

4.3.3 Žihací a sušící pece (kód 4.6.2.)

Pro tepelné zpracování zahrnuje BAT následující:

- použití čistých paliv (tj. přírodní plyny nebo paliva s nízkým obsahem síry) v pecích tepelného zpracování,
- použití automatizovaných pecních operací a řízeného spalování, nebo řízeného hořáku,
- zachytit a odvést zplodiny tepelného procesu od pecí tepelného zpracování.

Pro sušící pece zahrnuje BAT následující:

- použití čistých paliv (elektrina, zemní plyn, paliva s nízkým obsahem síry),
- použití automatizovaných pecních operací a řízeného spalování, nebo řízeného hořáku,
- zachytit a odvést zplodiny (zejména TZL) od sušících pecí.

Následující emisní hodnoty jsou spojovány s výše uvedenými opatřeními BAT. Veškeré hodnoty emisí jsou uvedeny jako průměr v průběhu možného měřitelného období. Kdykoli bylo proveditelné průběžné sledování, byla použita denní průměrná hodnota. Emise do ovzduší jsou založeny na standardních podmínkách, tj. 273 K, 101,3 kPa a suchý plyn:

- tuhé částice – 5 až 20 mg/Nm³.

4.3.4 Tavení v elektrické obloukové peci (kód 4.6.3.)

Pro provoz elektrických obloukových pecí BAT zahrnují spolehlivé a účinné kontroly postupů, aby se zkrátila doba tavení a zpracování, použitím metody „napěněné strusky“, účinné jímání spalin pece, chlazení spalin pece a odprášení s použitím tkaninového filtru. K BAT se řadí i recyklování prachu za pomoci filtru do elektrické obloukové pece.

Pro provoz elektrické obloukové pece BAT zahrnuje následující:

- použití spolehlivého a účinného procesu řízení ke zkrácení tavení a úpravy,
- zachycení spalin pece,



- ochlazení spalin pece a odloučení tuhých částic suchým tkaninovým odlučovačem – emisní úrovně pro prach se pohybují od 5 do 20 mg/Nm³.

Následující emisní hodnoty jsou spojovány s výše uvedenými opatřeními BAT. Veškeré hodnoty emisí jsou uvedeny jako průměr v průběhu možného měřitelného období. Kdykoli bylo proveditelné průběžné sledování, byla použita denní průměrná hodnota. Emise do ovzduší jsou založeny na standardních podmínkách, tj. 273 K, 101,3 kPa a suchý plyn:

- tuhé částice – 5 až 20 mg/Nm³,
- NO_x – 10 až 50 mg/Nm³,
- CO – 200 mg/Nm³.

4.3.5 Tavení v elektrické indukční peci (kód 4.6.4.)

Pro provoz indukčních pecí BAT využívají tavení čistého šrotu, správných opatření praxe pro vsázku a provoz, středofrekvenčního zdroje a v případě instalace nové pece středofrekvenční indukční pece. Pro zachycení a zpracování odpadních plynů z indukční pece je BAT použití krytu hubičkového nebo celkového zákrytu pece na každou indukční pec k zachycení spalin z pece a k maximalizaci zachycení odpadních plynů během celého pracovního cyklu. Suché čištění spalin a udržování emisí prachu pod hodnotou 0,2 kg/t tavené litiny a v rozmezí 5 až 20 mg/Nm³ je též důležitým aspektem BAT.

BAT zahrnuje pro provoz indukčních pecí následující:

- tavení čistého kovového šrotu, vyvarovat se vstupu rzi, špíny a ulpělého písku,
- použít vhodné zařízení (zakrytování) k zachycení plynů vznikajících v peci pro každou indukční pec a maximalizovat zachycení odpadních plynů během celého pracovního cyklu,
- použít suché čištění plynů,
- udržovat emise tuhých částic pod 0,2 kg/t taveného kovu a v rozmezí 5 až 20 mg/Nm³.

Následující emisní hodnoty jsou spojovány s výše uvedenými opatřeními BAT. Veškeré hodnoty emisí jsou uvedeny jako průměr v průběhu možného měřitelného období. Kdykoli bylo proveditelné průběžné sledování, byla použita denní průměrná hodnota. Emise do ovzduší jsou založeny na standardních podmínkách, tj. 273 K, 101,3 kPa a suchý plyn:

- tuhé částice – 5 až 20 mg/Nm³.

4.3.6 Kuplovný (kód 4.6.5.)

Pro chod kuploven BAT zahrnují technologie, které mohou zvýšit výkonnost kuploven jako např. rozdělené dmýchání, obohacení kyslíkem, průběžné dmýchání nebo dlouhé kampaně, uplatnění správné praxe tavení a kontrolu jakosti koksu. BAT uvádí zachycení, chlazení, odprášení spalin za použití spalování a obnovy tepla za určitých podmínek. BAT zahrnují několik systémů odprášení. Mokrý odprášení je upřednostňováno u tavení se zásaditou struskou, v některých případech jako jedno z opatření k prevenci a minimalizaci emisí dioxinu a furanu. Zavádění druhotných opatření, která byla vyzkoušena pouze v jiných sektorech, je u kuploven problematické, a to zejména v malých slévárnách.

Pro provoz kuplovný zahrnuje BAT následující:

- rozdělenou operaci dmýchání vzduchu (2 řady dmyšen) pro studenovětrné kuplovný;
- obohacení dmýchaného vzduchu kyslíkem, plynulým nebo přerušovaným způsobem, s hladinou kyslíku mezi 22 – 25 % (tj. 1 – 4% obohacení);



- minimalizovat periodu odstávky pro horkovětrné kuplovny použitím kontinuálního dmýchání, nebo provozem s dlouhou kampaní v závislosti na požadavcích formovací a odlévací linky; provozy duplexu musí být vzaty do úvahy;
- užít koks známých vlastností a řízené kvality;
- vyčištění plynů pece následným sběrem, chlazením a odloučením tuhých částic, pomocí kombinace postupů, BAT pro vyčištění plynů má použít suchý tkaninový odlučovač nebo mokrý odlučovač, emise tuhých částic se pak pohybují od 5 do 20 mg/Nm³;
- dodatečné spalování v šachtě a komíně studenovětrné kuplovny, pokud mohou odpadní plyny shořet samovolně působením tepla, a posléze teplo využít pro vnitřní potřeby; pro horkovětrné kuplovny použít oddělenou spalovací komoru a využít teplo pro předehřívání dmýchaného vzduchu a další vnitřní potřeby slévárny;
- předcházet a minimalizovat emise dioxinů a furanů na úroveň pod 0,1 ngTEQ/Nm³; v některých případech to může mít za následek upřednostňování mokrého čištění.

Následující emisní hodnoty jsou spojovány s výše uvedenými opatřeními BAT. Veškeré hodnoty emisí jsou uvedeny jako průměr v průběhu možného měřitelného období. Kdykoli bylo proveditelné průběžné sledování, byla použita denní průměrná hodnota. Emise do ovzduší jsou založeny na standardních podmínkách, tj. 273 K, 101,3 kPa a suchý plyn:

- tuhé částice – 5 až 20 mg/Nm³,
- PCDD/PCDF: ≤ 0,1 ngTEQ/Nm³,
- CO (horkovětrná kuplovna) – 20 až 1000 mg/Nm³,
- SO₂ (horkovětrná kuplovna) – 20 až 100 mg/Nm³,
- NO_x (horkovětrná kuplovna) – 10 až 200 mg/Nm³,
- SO₂ (studenovětrná kuplovna) – 100 až 400 mg/Nm³,
- NO_x (studenovětrná kuplovna) – 20 až 70 mg/Nm³.

4.3.7 Tavení v ostatních pecích – plynná paliva (kód 4.6.7.)

Pro provoz rotačních pecí spočívají BAT v zavedení kombinace opatření k optimalizaci výtěžnosti pece a použití oxidačního hořáku. BAT je jímání spalin co nejbližší výstupu pece, použití dodatečného spalování, chlazení užitím výměníku tepla, po čemž následuje suché odprášení. Pro prevenci a minimalizaci emisí dioxinů a furanů je BAT kombinace specifikovaných opatření. Zavádění druhotných opatření pro dioxiny, která byla vyzkoušena pouze v jiných sektorech, je u pecí na plynná paliva problematické, a to zejména v malých slévárnách o výrobní kapacitě menší než 20 t za den.

BAT zahrnuje pro provoz rotačních pecí následující:

- použít kyslíkopalivový hořák,
- shromažďovat plyny těsně u výstupu pece, použít dodatečné spalování, chlazení pomocí výměníku tepla, a potom použít suché odlučovače tuhých částic (např. tkaninové filtry) k dosažení emisní úrovně v rozmezí 5 až 20 mg/Nm³;
- předcházet a minimalizovat emise dioxinů a furanů na úroveň pod 0,1 ngTEQ /Nm³, v některých případech to může mít za následek upřednostňování mokrého čištění.

Následující emisní hodnoty jsou spojovány s výše uvedenými opatřeními BAT. Veškeré hodnoty emisí jsou uvedeny jako průměr v průběhu možného měřitelného období. Kdykoli bylo proveditelné průběžné



sledování, byla použita denní průměrná hodnota. Emise do ovzduší jsou založeny na standardních podmínkách, tj. 273 K, 101,3 kPa a suchý plyn:

- tuhé částice – 5 až 20 mg/Nm³,
- PCDD/PCDF: ≤ 0,1 ngTEQ/Nm³,
- SO₂ – 70 až 130 mg/Nm³,
- NO_x – 50 až 250 mg/Nm³,
- CO – 20 až 30 mg/Nm³.

4.3.8 Doprava a manipulace se surovinou nebo produktem (kód 4.8.1.)

Při lití do trvalých forem se vyskytují spíše emise do vzduchu ve formě olejové mlhy, než prach a zplodiny spalování, které byly zmíněny u jiných postupů. Pokud preventivní opatření neumožní slévárně dosáhnout hodnoty emisí uvedených v BAT, používá se ochranný kryt a elektrostatické zařízení pro odsátí vysokotlakých licích strojů.

BAT pro přípravu chemicky pojené směsi jsou podobné prvkům, které jsou zmiňovány pro odlévání metodou jednorázové formy. BAT pro řízení použité směsi používají uzavření zařízení při vytlačování jader a upravení spalin pomocí mokrého nebo suchého odprášení, podobně jako u sléváren železných kovů (viz kap. 3.2.2.6).

Formy pro tlakové lití vyžadují nátěr a chlazení, aby bylo zajištěno správné tuhnutí a uvolnění odlitku. Pro tyto účely se na kokilu nastříkáva separační prostředek a chladicí voda. BAT pro přípravu trvalých forem zahrnuje následující:

- minimalizuje spotřebu uvolňovacího prostředku a spotřebu vody pro formy vysokotlakého lití, což zabraňuje tvoření mlhy, pokud preventivní opatření nedovolují dosažení emisních hodnot pro organické látky spojených s BAT (olejová mlha vyjádřená celkový C – 5 až 10 mg/m³), je třeba použít zakrytí a elektrostatické čištění.

BAT pro řízení použitého písku ve slévárnách s trvalými formami má:

- zakrytované zařízení k vytlačování jader a vyčištění odsátého plynu, použití mokrého nebo suchého odlučovače, které vede k dosažení emisí prachu od 5 do 20 mg/Nm³.

Následující emisní hodnoty jsou spojovány s výše uvedenými opatřeními BAT. Veškeré hodnoty emisí jsou uvedeny jako průměr v průběhu možného měřitelného období. Kdykoli bylo proveditelné průběžné sledování, byla použita denní průměrná hodnota. Emise do ovzduší jsou založeny na standardních podmínkách, tj. 273 K, 101,3 kPa a suchý plyn:

- tuhé částice – 5 až 20 mg/Nm³.

4.3.9 Tavení a odlévání neželezných kovů a jejich slitin (kód 4.10.)

Pro provoz indukčních pecí pro tavení hliníku, mědi, olova a zinku spočívá BAT v použití správných opatření praxe pro vsázku a provoz, v použití střední frekvence a v případě instalace nové pece ve využití středofrekvenční indukční pece. Pro zachycení odpadních zplodin z těchto pecí je BAT minimalizace emisí, a pokud je to potřeba, zachycování odpadních zplodin z pece maximalizací jejich zachycení během celého pracovního cyklu a použití suchého odprášení.



Pro jiné typy pecí se BAT zaměřují na účinné zachycování spalín z pece nebo snížení uniklých emisí. Pro zpracování neželezných kovů se používají jako BAT profukovací stanice v udržovacích pecích pro odplynění a čištění hliníku.

Pro provoz indukčních pecí indukční pecí pro tavení slitin hliníku, mědi, olova a zinku BAT zahrnuje následující:

- zavedení opatření pro zavážení a provoz popsanych v kapitolách 3.9.1.4, 3.9.1.5 a 3.9.2,
- minimalizaci emisí, pokud je to potřeba, zachycování odpadního plynu z pece maximalizací zachycení odpadních plynů během celého pracovního cyklu a použití suchého odlučování tuhých částic k dosažení emisních úrovní v rozmezí 1 až 20 mg/Nm³.

Pro provoz nístějových pecí pro tavení slitin hliníku a mědi zahrnuje BAT následující:

- sběr pecních spalín a jejich odvádění komínem,
- zachycení unikajících a viditelných emisí a použití zastřešení.

Pro provoz šachtových pecí pro tavení slitin hliníku zahrnuje BAT následující:

- umožnění sběru plynů nad nakládáním pece a odvádění odtáženého plynu komínem.

Následující emisní hodnoty jsou spojovány s výše uvedenými opatřeními BAT. Veškeré hodnoty emisí jsou uvedeny jako průměr v průběhu možného měřitelného období. Kdykoli bylo proveditelné průběžné sledování, byla použita denní průměrná hodnota. Emise do ovzduší jsou založeny na standardních podmínkách, tj. 273 K, 101,3 kPa a suchý plyn:

- tuhé částice (obecně) – 1 až 20 mg/Nm³,
- SO₂ (nístějové pece) – 15 mg/Nm³,
- NO_x (nístějové pece) – 50 mg/Nm³,
- CO (nístějové pece) – 5 mg/Nm³,
- SO₂ (šachtové pece) – 30 až 50 mg/Nm³,
- NO_x (šachtové pece) – 120 mg/Nm³,
- CO (šachtové pece) – 150 mg/Nm³.

4.4 Primární specifické BAT pro povrchové úpravy

BAT je zavedení a dodržování environmentálních nástrojů řízení a dalších systémů řízení. To zahrnuje i splnění kritických hodnot spotřeby a emisí (pravidelné sledování interních a externích údajů), optimalizace procesů a minimalizace množství výrobků vrácených k přepracování.

Emise do ovzduší mohou ovlivňovat kvalitu ovzduší v dané lokalitě, a potom je BAT omezení fugitivních emisí z některých procesů odsáváním a úpravou vzdušiny.

4.5 Primární a sekundární BAT pro povrchovou úpravu kovů a plastů a jiných nekovových předmětů a jejich zpracování s objemem lázně do 30 m³ včetně, procesy bez použití lázní (kód 4.12.a)

Obecně je BAT použití méně nebezpečných látek. BAT je náhrada EDTA biologicky odbouratelnými náhradními látkami nebo použití náhradních technik. V případě PFOS je BAT minimalizace použití této chemikálie kontrolou dávkování, minimalizace odparů zavedením např. technik oddělení a uzavření dané sekce linky. Nejdůležitějším hlediskem je ochrana zdraví pracovníků. Tuto techniku lze zavést



pro anodickou oxidaci a také pro chromování šestimocným chromem a zinkování z alkalických bezkyanidových lázní jsou k dispozici alternativní procesy.

Není možné nahradit kyanidy ve všech technologiích povrchových úprav, ale odmašťování kyanidy není BAT. Technikou BAT je náhrada zinkování z kyanidových lázní použitím kyselých nebo alkalických bezkyanidových lázní, a pro mědění z kyanidových lázní pak zavedení kyselých nebo difosforečnanových lázní, s některými výjimkami.

Při tvrdém chromování není možné nahradit šestimocný chrom. BAT technikou v případě dekorativního chromování je použití lázní trojmocného chromu nebo alternativních procesů jako je nanášení povlaků cín-kobalt, ale pro specifické výrobky mohou být požadovány takové vlastnosti jako odolnost k oděru nebo zabarvení povlaku, které vyžadují použití lázní šestimocného chromu. V případě, že se používá chromování šestimocným chromem, je BAT snížení emisí do ovzduší zavedením vhodných technik, včetně uzavírání van s pracovními roztoky a vytvořením uzavřeného okruhu pro šestimocný chrom, u některých nových nebo rekonstruovaných provozů uzavřením linky. Pro pasivaci chromátováním není k dispozici BAT, ale obecně je BAT náhrada lázní šestimocného chromu v operacích sdruženého fosfátování a chromátování lázněmi neobsahujícími šestimocný chrom.

Pro odmašťování je BAT, po dohodě se zákazníky, minimalizovat používání maziv nebo olejů, a/nebo odstranit přebytečný olej fyzikálními technikami. BAT je náhrada odmašťování rozpouštědly jinými technikami, obvykle na bázi vodných roztoků, s výjimkou případů, kdy by tyto techniky mohly poškodit podkladový materiál. Při používání vodných odmašťovacích roztoků je BAT snížení množství používaných chemikálií a energie prodloužením životnosti lázní jejich údržbou nebo regenerací.

Náhrada leštění a broušení

BAT je použití kyselého mědění místo mechanického leštění a broušení. Tato náhrada ale není možná ve všech případech. Zvýšení nákladů může být kompenzováno odstraněním nutnosti zavedení technik ke snížení prašnosti a hluku.

Plošné spoje

Nejllepší dostupnou technikou pro výrobu PCB je snížení znečištění ovzduší při nanášení nepájivé masky použitím vysokosušivých nátěrů a polymerů s nízkým obsahem VOC.

Náhrada procesů alternativními procesy

Ve strojírenství se rozvíjí i v oblasti normalizace výrobků, např. dosahování korozní odolnosti. Tento směr byl urychlen tím, že se začaly místo tradičních (např. zinek a pasivace chromátováním šestimocným chromem) používat náhradní povrchové úpravy, jak to předepisují předpisy omezující množství šestimocného chromu ve výrobcích při ukončení jejich životnosti. Touto změnou se mění stávající specifikace výrobků a jejich povrchových úprav.

Rozšiřuje se používání vícevrstvých systémů, aby bylo dosaženo současných vysokých požadavků na korozní odolnost. To umožňuje, aby výrobce nabídl odběrateli náhradní systém povrchové úpravy, který ale splňuje stejná kritéria na korozní odolnost, a je možnou náhradou za procesy, při kterých dochází ke znečišťování životního prostředí. Např.:

- chemický povlak niklu jako náhrada některých povlaků tvrdého chromu,
- povlaky zinkových slitin jako náhrada zinkových povlaků s pasivací chromátem, spolu s organickými laky nanášenými ponorem nebo elektrolyticky,
- elektrolytické nanášení nátěrových hmot spolu s fosfátováním.



Emisních limitů uvedených v následující tabulce bylo dosaženo v referenčních zařízeních povrchových úprav. Hodnoty ukazují, jakých hodnot je možné dosáhnout při zavedení kombinace BAT využívajících techniky popsané v kapitole 3.10.2.2.

Emise	Referenční limitní hodnoty při zavedení BAT (mg/Nm ³)	Techniky, které je možné použít
Oxidy dusíku (celkové kyselé složky vyjádřené jako NO ₂)	< 5 – 500	Při zavedení mokré vypírky nebo adsorpční kolony se obvykle dosáhne cca 200 mg/Nm ³ , nižších hodnot se dosahuje při zavedení alkalické vypírky.
Fluorovodík	< 0,1 – 2	Alkalická vypírka.
Chlorovodík	< 0,3 – 30	Nízkých hodnot se dosahuje bez koncové techniky. Mokrá vypírka.
SO _x jako SO ₂	0,1 – 10	Kolona s protiproudým průtokem a s následnou alkalickou vypírkou.
Amoniak jako N-NH ₃	0,1 – 10 (Údaje se týkají chemického niklování, údaje pro výrobu PCB nejsou k dispozici).	Mokrá vypírka.
Kyanovodík	0,1 – 3,0	Lázně nejsou promíchávány. Lázně pracují při nízkých teplotách. Používají se bezkyanidové lázně. Spodní hodnoty daného rozsahu je možné dosáhnout zavedením alkalické vypírky.
Zinek	< 0,01 – 0,5	Nízkých hodnot se dosahuje bez koncové techniky. Mokrá vypírka.
Měď	< 0,01 – 0,02	Nízkých hodnot se dosahuje bez koncové techniky.
Sloučeniny Cr ^{VI} jako chrom	Cr ^{VI} < 0,01 – 0,2 celkový Cr < 0,1	Náhrada Cr ^{VI} lázněmi s Cr ^{III} nebo náhradními technikami. Odlučovač aerosolu. Mokrá vypírka nebo adsorpční kolony.
Sloučeniny Ni jako nikl	< 0,01 – 0,1	Nízkých hodnot se dosahuje bez koncové techniky. Kondenzace ve výměníku tepla. Mokrá nebo alkalická vypírka. Filtr.
Tuhé částice	< 5 – 30	Úprava není nutná. Pro suché procesy lze pro dosažení spodních hodnot daného rozsahu použít: mokrou vypírku, cyklony, filtry. Pro mokré procesy lze pro dosažení spodních hodnot daného rozsahu použít mokrou nebo alkalickou vypírku.

Zdroj: BREF STM

4.6 Primární a sekundární BAT pro obrábění kovů (brusírny a obrobny) a plastů, jejichž celkový elektrický příkon je vyšší než 100 kW (kód 4.13.)

Pro stacionární zdroje používat pevné zákryty. U stojanových brusek lze proud brusiva odvést do odtahového komína. Ruční brusky a ruční řezací stroje zakytovat a používat v kabinách.



Tuhé částice odsávat pomocí odtahových stěn, střešních zákrytů, pohyblivých krytů nebo odsávaných pracovních stolů.

Procesy čištění odsátého vzduchu považované za BAT jsou mokré praní a suché filtry s cyklonou a následným tkaninovým filtrem.

Při použití těchto technik se emisní úrovně pro prach pohybují od 5 do 20 mg/Nm³.

Následující emisní hodnoty jsou spojovány s výše uvedenými opatřeními BAT. Veškeré hodnoty emisí jsou uvedeny jako průměr v průběhu možného měřitelného období. Kdykoli bylo proveditelné průběžné sledování, byla použita denní průměrná hodnota. Emise do ovzduší jsou založeny na standardních podmínkách, tj. 273 K, 101,3 kPa a suchý plyn:

- tuhé částice – 5 až 20 mg/Nm³.

4.7 Primární a sekundární BAT pro svařování kovových materiálů, jejichž celkový elektrický příkon je roven nebo vyšší než 1000 kVA (kód 4.14.)

Emise z procesu svařování odsávat pohyblivým ramenem. Pro čištění odtahového plynu použít mokré odlučovače nebo suché tkaninové odlučovače.

K omezování emisí ze svařování do ovzduší realizovat zakrytování nebo odsávat přímo od místa svařování. Alternativou je rovněž využití centrálního odsávání haly, pokud je to v konkrétním případně technicky možné a efektivní pro omezování emisí do ovzduší.

Následující emisní hodnoty jsou spojovány s výše uvedenými opatřeními BAT. Veškeré hodnoty emisí jsou uvedeny jako průměr v průběhu možného měřitelného období. Kdykoli bylo proveditelné průběžné sledování, byla použita denní průměrná hodnota. Emise do ovzduší jsou založeny na standardních podmínkách, tj. 273 K, 101,3 kPa a suchý plyn:

- tuhé částice – 5 až 20 mg/Nm³.

4.8 Primární a sekundární BAT pro žárové pokovování zinkem (kód 4.17.)

Kontinuální žárové nanášení povlaků ponorem

Pokud jsou uvedeny emisní hodnoty, jedná se o denní střední hodnoty. Jsou vztaženy na standardní podmínky – teplotu 273 K, tlak 101,3 kPa a suchý plyn.

Odmašťování

- zakryté nádrže s odsáváním a čištěním odsávaného vzduchu ve skrubrech nebo demisterech (odlučovače mlhy, kapek).

Pece na tepelné zpracování

- hořáky o nízkých NO_x spojené s emisními hladinami NO_x 250 až 400 mg/Nm³ bez předeřevu vzduchu (3 % O₂) a CO 100 až 200 mg/Nm³,
- předeřev vzduchu regeneračními nebo rekuperačními hořáky,
- předeřev pásu,
- výroba páry při rekuperaci tepla z odpadního plynu.



Žárové pokovování (ponorné)

- oddělený zachyt zbytků s obsahem Zn, stěrů nebo pevného Zn a recyklace v průmyslu neželezných kovů.

Galvanizace s následným žiháním

- hořáky o nízkých NO_x spojené s emisními hladinami NO_x 250 až 400 mg/Nm³ bez předehřevu vzduchu (3 % O_2),
- systémy regeneračních a rekuperačních hořáků.

Olejšování

- zakrytí stroje na olejování pásu.

Fosfatizace a pasivace/chromování

- zakryté provozní nádrže.

Vsázková galvanizace (diskontinuální galvanizace)

Pokud jsou uvedeny emisní hodnoty, jedná se o denní střední hodnoty. Jsou vztaženy na standardní podmínky – teplotu 273 K, tlak 101,3 kPa a suchý plyn.

Moření v HCl

- Pokud se používají vyhřívané lázně nebo lázně o vyšší koncentraci HCl, považuje se za BAT zařazení odlučovací jednotky a úprava odsávaného vzduchu (např. vypíráním ve skrubru). Úroveň emisí HCl se bude pohybovat v rozmezí 2 až 30 mg/Nm³.

Tavení s tavidly

- Regulace parametrů lázně a optimalizované množství použitého tavidla jsou důležité k omezení emisí po celé délce výrobní linky.

Žárové pokovování

- Zachyt emisí z ponoru uzavřením nádoby nebo odsávání u vyústění hubice a snížení prachu tkaninovými filtry nebo mokrymi skrubry.
- Místní nebo externí opětovné využití prachu, např. pro výrobu tavidel. Systém rekuperace by měl zajistit, že se nebudou tvořit dioxiny, které se mohou příležitostně vyskytovat v nízkých koncentracích následkem v závodě vzniklých podmínek, pokud se recykluje prach.



5 POUŽITÉ ZDROJE

1. CENIA, česká informační agentura životního prostředí: Interní archiv žádostí o vydání/změnu integrovaného povolení
2. Český hydrometeorologický ústav, datový výstup REZZO 2014
3. European Commission: Integrovaná prevence a omezování znečištění (IPPC) – Referenční materiál nejlepších dostupných technik pro kovářny a slévárny, překlad Svaz sléváren ČR, květen 2005 (BREF SF)
4. European Commission: Integrovaná prevence a omezování znečištění (IPPC) – Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách pro průmysl zpracování železných kovů, překlad Hutnictví železa, a.s., Praha, říjen 2000 (BREF FMP)
5. European Commission: Integrovaná prevence a omezování znečištění (IPPC) – Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách pro povrchové úpravy kovů a plastů s použitím elektrolytických nebo chemických postupů, překlad SVUOM s.r.o., srpen 2005 (BREF STM)
6. Ministerstvo životního prostředí: IPPC – Integrovaná prevence a omezování znečištění [online] [cit. 2015-08-21] URL: <<http://www.mzp.cz/ippc>>
7. Řasa, J., Gabriel, V.: Strojírenská technologie 3/1, Praha, Scientia, 2005
8. Svaz kováren České republiky (<http://www.skcr.org/>)
9. Vyhláška č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší, v platném znění
10. Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, platném znění



Tento dokument byl zpracován v rámci projektu „Zpracování referenčních dokumentů o nejlepších dostupných technikách u stacionárních zdrojů nespádajících pod BREF“.

říjen 2015

Zadavatel:

Ministerstvo životního prostředí ČR

Vedoucí projektového týmu: Ing. Petr Honskus

Složení projektového týmu (v abecedním pořadí): Ing. Stanislav Bartusek, Mgr. Petra Borůvková, Ing. Antonín Hlavatý, Ph.D., Ing. Adéla Katrušáková, Mgr. Jan Kolář, Ing. Jaroslav Kreuz, Ing. Pavel Machálek, Ing. Jaroslava Malířová, Ing. Jiří Morávek, RNDr. Lubomír Paroha, RNDr. Jan Prášek, Ing. Monika Příbylová, Ing. Ivana Špelinová, Ing. Jan Štejf, Ing. Jiří Valta, Ing. Miroslav Vlasák, CSc.



Evropská unie

Spolufinancováno z Prioritní osy 8 – Technická pomoc
financovaná z Fondu soudržnosti

Ministerstvo životního prostředí

Státní fond životního prostředí České republiky

www.opzp.cz

Zelená linka 800 260 500

dotazy@sfzp.cz