

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra strojírenské metalurgie Školní rok: 1990/91

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Jaroslava M A C H A
obor strojírenská technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Modernizace a intenzifikace chodu kupolních pecí ve slévárně ČKD Hronov.

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s postupem a praxí tavení šedé litiny v kupolní peci v současných podmínkách slévárny ČKD Hronov a s požadavky na kvalitu litiny podle vyráběného sortimentu.
2. Seznamte se se způsobem sledování průběhu tavby, kontroly parametrů, kontroly výsledného složení a kontroly odlitků - rozeberte současnou skladbu příčin zmetkovitosti a navrhněte vhodný způsob trvalé kontroly průběhu tavby a jejího řízení.
3. Analyzujte rozhodující příčiny zmetkovitosti původem z nevhodného vedení tavby, navrhněte po dohodě s konzultantem způsob úpravy režimu tavby a pod dohledem konzultanta ověřte svůj návrh při tavbě.
4. Zhodnoťte vliv jiných parametrů, které mohou nevhodně ovlivňovat výslednou nízkou lici teplotu litiny a pokuste se o návrh opatření k eliminaci těchto vlivů.
5. Pokuste se o rámcový návrh zásadní modernizace tavicího procesu s ohledem na záměry slévárny a předpokládaný sortiment.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC I, STUDENTSKÁ 8
PSČ 461 17

V 2.2 1915

KSM / SM

Rozsah grafických prací: **schemata, tabulky, grafy**

Rozsah průvodní zprávy: **40 - 50 stran textu**

Seznam odborné literatury:

VETIŠKA, A.: Teoretické základy slévárenské technologie.

DOBROCHOTOV, N.: Obsluha kuplovny

DOLOTOV, G.P. - KONDALEV, E.A.: Peči i sušila litejnome proizvodstva

KRIVANDIN, V.A. - MARKOV, B.L.: Metalurgičeskije peči

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavel Simon, CSc.**

Konzultant: **p. Pavel Saktor (ČKD Hronov)**

Zadání diplomové práce: **1. 10. 1990**

Termín odevzdání diplomové práce: **3. 5. 1991**



Prof. Ing. Jaroslav Exner, CSc.
Vedoucí katedry



Prof. Ing. Jaroslav Exner, CSc.
Děkan

V Liberci

dne **8. 3. 19 91**

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Obor 23 - 07 - 8

Strojírenská technologie

zaměření

strojírenská metalurgie

Katedra materiálů a strojírenské metalurgie

MODERNIZACE A INTENSIFIKACE CHODU

KUPOLNÍCH PECÍ VE SLÉVÁRNĚ

ČKD HRONOV

KSM - 364

Jaroslav Mach

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146076864

Vedoucí diplomové práce : Ing. Pavel Simon, Csc /VŠST Liberec/

Konzultant : Radoš Notek /ČKD Hronov/

Počet stran : 62

Počet tabulek : 30

Počet obrázků : 1

Počet příloh : 8

Počet výkresů : -

DT

3. května 1991

P r o h l á š e n í

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne: 3. 5. 1991

Miroslav Juncák

O B S A H

1	Úvod	str. 5
	TEORETICKÁ ČÁST	
2	Tavení v kuplovně	6
2. 1	Zapalování	6
2. 2	Zavážení	8
2. 3	Foukání větru	10
2. 3. 1	Měření tlaku vzduchu	11
2. 4	Tavení	12
2. 4. 1	Rozdělení kuplovný na pásma	13
2. 4. 2	Změny kovu při tavení	16
2. 4. 3	Vliv množství koksu a množství i tlaku vzduchu na výkon kuplovný a teplotu vzduchu	17
3.	Současný stav v provozu ČKD Hronov "slévárna"	21
3. 1	Sklady surovin	24
3. 2	Vsázkování	25
3. 3	Tavení a lití	27
3. 4	Vytloukání a čištění odlitků	30
3. 5	Zkoušky vlastností litiny	30
3. 6	Technické parametry tavírny	31
3. 7	Zmetkovitost	33
3. 8	Zhodnocení současného stavu výroby odlitků ze šedé litiny ve slévárně ČKD Hronov	35

PRAKTICKÁ ČÁST

4.	Měření tlaku vzduchu a teploty taveniny	str. 36
4. 1	Tavba č. 355 11. 3. 91	37
4. 2	Tavba č. 357 13. 3. 91	39
4. 3	Tavba č. 358 14. 3. 91	40
4. 4	Tavba č. 360 16. 3. 91	42
4. 5	Zhodnocení provedených měření	43
5.	Úpravy vedení tavby	44
5. 1	Tavba č. 368	47
5. 2	Tavba č. 370	48
5. 3	Zhodnocení provedených měření	49
6.	Ohřev pánví	50
7.	Zhodnocení poznatků z měření ze slévárny ČKD Hronov	53
8.	Rámcový návrh modernizace tavicího procesu	56
9.	Závěr	59
10.	Seznam literatury	60
11.	Seznam příloh	61

1 Ú V O D

Slévárenská výroba má z ekonomického hlediska značný význam. Tento význam byl v minulosti snižován extenzivním způsobem hospodaření, kdy se výroba zajišťovala s velkým počtem pracovníků a s velkou energetickou náročností.

V nových ekonomických podmínkách se musí negativní vlivy z výroby vyloučit. Musí se přejít na intenzivní způsob hospodaření. Důležité je snížení energetické náročnosti a zmetkovitosti.

Provoz slévárny ČKD Hronov byl připravován pro sériovou výrobu s typickými znaky extenzivního hospodářství. V dnešní době je výrobní sortiment různorodý. Závod vykazuje velkou zmetkovitost, související s různými faktory. Část zmetkovitosti připadá na teplotu šedé litiny.

Cílem této práce má být návrh na zefektivnění chodu kuplovný a vše, co s ní souvisí.

2 TAVENÍ V KUPLOVNĚ / 1 /

2.1 Zapalování

Na upěchovanou půdu se pracovním otvorem rozprostřou dřevěné hobliny a drobné štípané dříví a současně se tam vkládají polena. Na dříví se nasype vrstva koksu, a to přibližně do poloviny výšky sloupce plnicího koksu. Pracovním otvorem se dřevěné hobliny zapálí. Když zapálené dříví vzplane, vyloží se pracovní otvor velkými kusy koksu. Po zapálení koksu se zaváže chybějící část plnicího koksu. Když dříví prohoří a před pracovním otvorem se objevuje rozžhavený koks, upěchuje se otvor pískem, uzavřou se dvířka a zajistí se klíny. Hořením dříví a rozžhaveným koksem se kuplovna dobře vysuší a předeřívá na teplotu potřebnou k uvedení do provozu. U kuplovny s předpecím je třeba zvláště pečlivě dbát na dobu předeřátí předpecí.

Když dříví naházené do šachty pece začne dobře hořet, přidává se zbytek polen a zaváže se první dávka plnicího koksu.

Jakost slévárenského koksu, výška sloupce plnicího koksu a správné zapalování, určují celý průběh tavení.

Nedbalé a uspišené zapalování je příčinou velmi špatného začátku tavení, zaviněného nízkou teplotou tekutého kovu. Odstranění vzniklé závady je zdlouhavé a vyžaduje značné množství paliva.

Doporučuje se přebírat i koks, zvláště plnicí, protože to prospívá průběhu tavení. Netříděný drobný koks se při zavážení kuplovny ukládá hustě, téměř neprůchodně, a zvětšuje značně odpory pece. Výkon pece je malý, natavená litina není dostateč-

ně přehřátá. Aby se stav zlepšil, přidávají se mimořádné dávky koksu, které dále zhoršují spalování a průběh tavení je velmi pomalý a nejistý. Malá reaktivnost, dobrá pevnost a vhodné rozměry kusů koksu, jsou podmínkou dobrého tavení a značného přehřátí tekuté litiny. Výška sloupce plnicího koksu nad dmyšnými trubicemi je při tavení rovněž důležitým činidlem. Tato výška je závislá také na tlaku dmýchaného vzduchu. Čím větším tlakem dmýcháme vzduch do kuplovny, tím větší výška sloupce plnicího koksu se vyžaduje. Se stoupajícím tlakem vzduchu probíhá spalování intenzivnější, takže je třeba vyššího sloupce plnicího koksu, aby se tavicí pásmo příliš nesnížilo.

Výška sloupce plnicího koksu v závislosti na tlaku dmýchaného vzduchu /v mm v.sl./

Tab. 1.1

Tlak vzduchu v mm výšky sloupce	Výška sloupce plnicího koksu v mm	Tlak vzduchu v mm výšky sloupce	Výška sloupce plnicího koksu v mm
300	750	700	1100
400	850	800	1150
500	950	900	1250
600	1050	1000	1300

Nejvýhodnější velikost kusů koksu pro kuplovnu /v mm/

Tab. 1.2

Průměr kuplovny v mm	Nejvýhodnější velikost kusů v mm	
	Plnicí koks	Vsázkový koks
do 600	80 - 120	40 - 90
900	80 - 150	40 - 120
1200	100 - 200	50 - 150
1700	120 - 200	60 - 150

Výška sloupce plnicího koksu se ověřuje pokusným tavením. Optimální zjištěnou výšku sloupce je nutno prověřovat před každým tavením a ještě před zavážením kuplovný. Výška sloupce plnicího koksu se měří tehdy, když dříví použité pro zapalování již prohořelo a plnicí koks sesedl na půdu pece. Výška sloupce plnicího koksu se kontroluje pomocí železné tyče, k tomu účelu upravené.

Při správné výšce sloupce začínají za šest až sedm minut po spuštění ventilátoru a otevření šoupátek před okružním větrovodem odtékat první kapky roztavené litiny. Uvidíme-li, že se dmyšnými trubicemi objevily první kapky studené litiny ještě dříve, znamená to, že výška sloupce plnicího koksu je malá a při příštích dávkách se musí zvětšit. Opožděná sprcha roztaveného kovu "8 až 10 minut" prozrazuje, že výška sloupce plnicího koksu je příliš velká. Jakmile poslední dávka začíná jevit náznaky hoření a rozžhavený koks je vidět vsázecím otvorem, je nutno sloupec plnicího koksu profouknout, aby se průduchy očistily od popela a prachu. Proto se víčka u dmyšných trubic uzavřou a na dvě až pět minut se spustí ventilátor. Po profouknutí se doporučuje ještě jednou ověřit výšku sloupce plnicího koksu. Je-li tato výška správná nebo ještě o něco vyšší, lze okamžitě začít zavážet kovové vsázky, vsázky tavícího koksu a taviva, nedostatečnou výšku koksu je třeba ihned vyrovnat vhodným přídatkem koksu.

2.2 Zavážení

Při zavážení se má vždy dodržovat určité pořadí vsázkových surovin, a to proto, aby se vsázka, předeřhřátá v horní části pece, tavila celá najednou. To se dosáhne nejlépe mechanickým zaváže-

ním a umístěním zásobníků v určitém pořadí podle tavitelnosti používaných surovin. Za normální způsob zavážení je nutno pokládat takový způsob, při kterém se na koks zavážejí těžko tavitelné součásti vsázky, tj. ocelový odpad, kousky šedého surového železa, kousky bílého surového železa, tlustostěnná zlomková litina, vratný slévárenský odpad a feroslitiny. Máme-li na skladě ocelový odpad nestejněměrně tříděný, musí se při začátku tavení a zvláště při prvních vsázkách sázet vybrané střední a drobné kusy oceli, je-li ocelový odpad vesměs drobný, kdežto zlomková litina tlustostěnná a ve větších kusech, je lépe přímo na koks zavážet těžkou zlomkovou litinu, a drobný ocelový odpad klást teprve na ni. Pro první vsázky, které se zavážejí přímo na plnicí koks, se doporučuje použít drobných vsázkových surovin s malým obsahem ocelového odpadu /5 až 10 %/. Velikost kovových vsázek se obvykle stanoví zhruba jako 10 % hodinového výkonu pece.

Minimální hmotnost vsázek kovu se určuje podle velikosti vsázek tavicího koksu. Vsázka tavicího koksu musí být tak velká, aby vrstva koksu byla nejméně 150 mm vysoká. Při špatném zavážení, kdy se vsázkový materiál ukládá v šachtě pece šikmo, nebo při špatné jakosti slévárenského koksu se výška vrstev tavicího koksu zvyšuje až do 200 až 250 mm. Hmotnost vsázky koksu je závislá na způsobu foukání větru a určuje hmotnost kovových vsázek. Výška vrstvy tavicího koksu 250 mm se považuje za maximální. Každé další zvýšení vrstvy tavicího koksu má za následek nestejněměrný, přerušovaný průběh tavení, při kterém se značně zhoršuje výkon kuplovny a klesá teplota při tavení litiny.

2.3 Foukání větru

Pro normální průběh tavení je nutno dodat do kuplovny určité množství vzduchu, které je závislé na světlem průřezu kuplovny v rovině dmyšných trubíc. Ventilátor fouká stlačený vzduch do šachty pece a musí překonat jednak odpor sloupce plnicího koksu, jednak odpor sloupce vsázek kovu a koksu. Tlak větru stoupá obvykle s průměrem kuplovny a má být tím větší, čím větší je odpor vsázek kovu a paliva, to znamená, čím větší je užitečná výška kuplovny. Odpor vlastní šachty pece je proměnlivý a kolísá podle rozměrů kusů vsázkových surovin. Je nutné vždy pamatovat, že je lépe pracovat s vyšším tlakem větru, který při správném množství koksu a větru zabezpečuje maximální výkon kuplovny a nejvyšší stupeň přehřáté natavené litiny. Množství koksu a množství i tlak větru mají být sladěny tak, aby zabezpečily co nejvýhodnější spalování, nejvyšší teplotu tekuté litiny a maximální výkon kuplovny. Nesprávný poměr mezi množstvím koksu a větru může způsobit studený chod kuplovny. Způsob foukání má vliv na průběh tavení. Množství větru a jeho tlak vytvářejí podmínky pro příznivý průběh spalování, a tím i pro rychlost spalování, velký výkon a vysokou teplotu tekuté litiny.

Množství větru, které máme dostat do kuplovny, má činit 100 až 150 m³/min/m². Výkon ventilátoru se obvykle určuje podle průřezu kuplovny v rovině dmyšných trubíc. Za střední hodnoty můžeme pokládat 110 až 130 m³/min/m². Výkon dmychadla je nutno volit větší o 20 až 25 %, aby se kryly různé ztráty netěsností a pod.

Tlak větru se počítá podle rovnice:

$$p = 64 \sqrt{Q \cdot F}$$

kde p = tlak větru v mm v.sl.

F = průřez kuplovny v m^2 v rovině dmyšných
trubic

Q = spotřeba větru v $m^3/\text{min}/m^2$

Pracuje-li kuplovna s optimálním množstvím větru, při vhodném tlaku a správně vybraném množství tavícího koksu, dosahuje maximálního výkonu. Vyžaduje-li provoz dočasně zmenšit výkon, musí se snížit tlak i množství větru, to lze při odstředivém ventilátoru zajistit přivřením šoupátka umístěného před okružním větrovodem kuplovny.

2.3.1 Měření tlaku vzduchu

Tlak větru se měří tlakoměrem, který se skládá ze skleněné trubice tvaru U, připevněné na desku a částečně naplněné zbarvenou vodou. Jeden konec trubice je volný, kdežto druhý je hadicí spojen s okružním větrovodem kuplovny.

Není-li kuplovna v provozu, je hladina zbarvené vody v obou ramenech ve stejné výši, to odpovídá nule na odčítací stupnici. Od nuly směrem nahoru a dolů se nanášejí dílky v cm.

Uvede-li se ventilátor do chodu, pak při otevřeném šoupátku ve vytlačeném potrubí začíná v připojeném ramenu zbarvená tekutina klesat, kdežto v ramenu s volným koncem stoupá. Tlak se měří odečtením výškového rozdílu v obou ramenech. Odečtený tlak ukazuje statický přetlak v mm v.sl.

Množství větru, protékající větrovodem stejného průřezu, se stanoví podle rovnice:

$$Q = F \cdot v \quad m^3/\text{min}$$

kde Q = množství vzduchu v m^3/min

F = průřez potrubí v m^2

v = rychlost vzduchu v m/s

Rychlost větru v potrubí se měří různými přístroji, např. Pitotovou trubicí.

Měření Pitotovou trubicí

Pitotova trubice se skládá z vodou naplněné skleněné trubice, jejíž ohnutý konec vede do středu větrovodu, a to tak, že otevřený konec trubice je otočen proti směru proudění a zachycuje současně statický i dynamický tlak. Protější konec trubice je připojen přímo k potrubí a zachycuje pouze statický tlak. Pitotova trubice určuje rozdíl tlaku v obou svých ramenech, rozdíl tlaku znamená dynamický tlak a vyjadřuje se v mm v.sl. /h/. Rychlost vzduchu, vyjádřená v m/s, se stanoví podle vzorce

$$v = \sqrt{\frac{2 q h}{y}}$$

kde q = gravitační zrychlení 9,81 m/s²
 y = váha 1 m³ vzduchu v kg
 h = rozdíl tlaku v mm v.sl.

2.4 Tavení

Tavení začíná tehdy, když se první kapky litiny začínají objevovat před dmyšnými trubicemi. První kapky litiny začínají při správně volené výšce sloupce plnicího koksu odtékat po čtyřech až šesti minutách od začátku foukání. Pro zdárný průběh tavby má nesmírný význam vysoká teplota litiny a správný první odpich. Není-li teplota litiny dostatečná a stále se udržuje na stejné výši, znamená to, že výška sloupce plnicího koksu je malá, že pec je k tavení špatně připravena nebo že koks je špatný. Sloupec plnicího koksu se zvyšuje jednorázovým za-
vezením většího množství koksu. Nízká teplota kovu je často

zaviněna použitím nadměrně těžkých kusů zlomkové litiny nebo vlastního slévárenského odpadu. Přílišná hmotnost jednotlivých složek vsázky je příčinou, že se vsázka nestačí roztavit v tavicím pásmu a její neroztavené zbytky se dostávají až do roviny dmyšných trubíc a tavením v pásmu nižších teplot ochlazují natavenou již litinu. V tomto případě lze včasnou kontrolou ve skladišti surovin předejít tuto závadu.

Nemění-li se při tavení složení vsázky, t.j. pracuje-li se stále s jedním druhem litiny, tavení se zjednoduší a záleží jen v přesném dodržování potřebného složení vsázky, množství paliv a taviv. Ve slévárnách kusové výroby, kde kuplovny pracují osm až dvanáct hodin, se mění vsázky za tuto dobu velmi často. Seskupení vsázek a jejich pořadí je nutno věnovat dostatečnou pozornost, a zvláště pak bezpečnému využití železa - zejména při přechodu k vsázkám s malým obsahem křemíku. Aby se lépe oddělily vsázky různého druhu, lze přidat více koksu. Množství koksu potřebného k oddělení různých vsázek je nutno zvětšit o 20 až 50 nebo i více procent podle stavu teploty litiny.

2.4.1 Rozdělení kuplovny na pásma

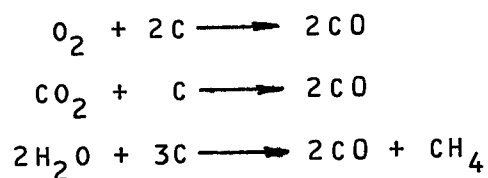
Kuplovna pracuje podle protisměrného principu vsázkové suroviny, která klesá dolů. Spalné plyny, vzniklé spalováním koksu, stoupají nahoru a přenášejí teplo na kovové vsázky. Dmyšný vzduch vstupuje dmyšnými trubícemi do šachty pece a přicházejí do styku s rozžhaveným koksem. Vysoká teplota urychluje spalování a tím vytváří podmínky pro vznik celé řady reakcí. Velký vliv na intenzitu těchto reakcí má tlak a teplota. Nadbytek nebo nedostatek kyslíku podmiňuje též jejich směr a úplnost. Nejvýznamější reakce, které působí na celý proces jsou

takové, při nichž vzniká kysličník uhličitý a kysličník uhelnatý.

Průběh spalování lze znázornit takto: Při vzdalování od dmyšných trubíc směrem nahoru obsah kysličníku uhličitého rychle vzrůstá, s ubývajícím obsahem kyslíku se kysličník uhličitý tvoří pomaleji. Když je kyslík úplně spotřebován, reakce za vzniku kysličníku uhličitého úplně zaniká, kysličník uhličitý se působením aktivního uhlíku rozkládá za vzniku kysličníku uhelnatého.

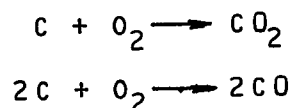
Plyny v nístěji kuplovný

Spodní část šachty kuplovný se nazývá nístěj. Nístěj se prostírá od základní nosné desky až do roviny blízko dmyšných trubíc. V její horní části, ačkoliv leží blízko dmyšných trubíc, je málo volného kyslíku, takže spalování je zpomaleno. To způsobí značný pokles teploty plynů, kdežto pokles teploty kovu poměrně malý. Mezi uhlíkem a plyny zde probíhají tyto reakce:



Plyny v pásmu spalovacím

Pásmo spalování začíná ještě pod dmyšnými trubícemi, kde začíná objevovat větší množství volného kyslíku. V tomto pásmu je vysoká teplota a dochází zde k důležitým reakcím. Pro vysokou teplotu a nadbytek volného kyslíku je charakteristické rychlé spalování. Nejdůležitější reakce, které zde probíhají jsou:



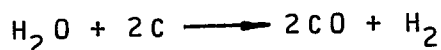
Teplota tekutého kovu na žlábků závisí na jeho teplotě při tavení a na stupni přehřátí při jeho cestě oxidačním pásmem. Stupeň přehřátá tekutého kovu závisí na teplotě plynu a na délce jeho cesty pásmem nejvyšších teplot. Teplota plynu je určována průběhem spalování a výškou pásma tavení.

Vzdušný kyslík se hned blízko dmyšných trubíc slučuje povolna s uhlíkem. Rychlost slučování závisí na průniku kyslíku do rozžhaveného koksu a je tak velká, že dosahuje zlomku vteřiny. Úměrně k této reakci stoupá i teplota spalných plynů až na maximum 1700 až 1800 °C. Horní pásmo spalování leží v místě úbytku volného kyslíku a znamená začátek redukce kysličníku uhličitého pomocí aktivního uhlíku. Spalování uhlíku probíhá dle rovnice:

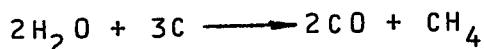


Pásmo redukční

Redukční pásmo kuplovny se rozprostírá od místa, kde se objevují první známky úplného spotřebování volného kyslíku. Spalování probíhá dle rovnice:



nebo



V tomto pásmu je i pásmo tavicí, jehož výška závisí na rozsahu tvorby kysličníku uhelnatého, vlastnostech slévárenského koksu, konstrukci kuplovny a též na rychlosti spalných plynů, t.j. na množství a tlaku dmychaného vzduchu.

Obsah kysličníku uhličitého a kysličníku uhelnatého v plynech je do určité míry kritériem dokonalosti spalování a jejich váhový poměr se označuje jako poměr spalování :

$$\eta = \frac{\text{CO}_2}{\text{CO}_2 + \text{CO}} \cdot 100 \%$$

Pásmo předehřívací

Pásmo předehřívací začíná v místě, kde teplota spalných plynů dosahuje asi 700 - 750 °C. Tato teplota je příliš nízká pro průběh reakcí v samotné plynové fázi a pro průběh reakcí mezi plynovou fází a uhlíkem koksu. Plynová fáze v tomto pásmu se skládá z CO₂, CO, N₂ a nepatrného obsahu SO₂ a O₂.

Nedostatek i přílišný nadbytek větru je škodlivý a porušuje správný průběh spalování. Nadbytek vzduchu související s velkým výkonem ventilátoru se dá snadno odstranit k požadovaným výkonům i vzhledem k přehřátí litiny. Kuplovny se slabým ventilátorem vyžadují úpravu šachty.

2.4.2 Změny kovu při tavení

Pásmo předehřívací

Fyzikálního tepla spalných plynů se využívá k odstranění vlhkosti vsázkových surovin a k jejich předehřátí mezi plynovou fází, která se skládá z CO₂ a CO a tuhým kovem probíhá reakce:



V plynové atmosféře převládá CO₂, proto se v kuplovně ustaluje oxidační prostředí, které se mírně prohlubuje působením malého obsahu volného kyslíku. Působením oxidačních plynů se na povrchu kovu tvoří vrstvy oxidů. Kov je naoxidován jen na povrchu, pod vrstvou naoxidovaného kovu je vrstva kovu oduhličeneho, avšak při dotyku litiny s koksem se litina zároveň nahličuje v závislosti na jakosti koksu, na době, po kterou se kov dotýká koksu a celkovém obsahu uhlíku v litině.

Pásmo redukční - pásmo tavicí

Přemístěním kovových vsázek, které jsou ohřáty na teplotu tavení. V tomto pásmu stoupne rychle teplota roztaveného kovu.

Stékající roztavený kov je vystaven intenzivnímu působení spalných plynů a silným naoxidováním se tekutý kov značně přehřívá. Vysoká teplota tekutého kovu a prostředí mají značný vliv na průběh redukce FeO pomocí uhlíku dle rovnice:



Pásmo spalování

Změny kovu v pásmu spalování jsou stejné jako v pásmu redukčním, jen s tím rozdílem, že reakce naoxidující zde probíhají následkem nadbytku volného kyslíku intenzivněji. Teplota spalování zde dosáhne maxima, takže i rychlost veškerých reakcí je nejvyšší. Teplota přehřátí kovu je zde rovněž nejvyšší.

Nístěj předpecí

V nístěji a předpecí se hromadí tekutý kov. Reakce spalování následkem nedostatku kyslíku ustávají, přestává i oxidace tekutého kovu. Zbytky oxidů železa se zde redukuje na SiO_2 a MnO a přecházejí do strusky. K odsíření se používá manganu, který se díky vysoké teplotě tavení snadno vylučuje z kovu. Kov se zde nauhličuje přímým dotykem s koksem. Jeho teplota klesá a je o něco vyšší než teplota litiny na žlábků.

2.4.3 Vliv množství koksu a množství i tlak vzduchu na výkon kuplovny a teplotu kovu

Výška sloupce plnicího koksu má být zvolena tak, aby nadměrná výška sloupce nesnižovala teplotu litiny a rychlost tavení. Malá výška způsobuje, že kovová vsázka se přemístí až na hranici oxidačního pásma, litina se tím značně okysličí a její teplota je nízká.

Reese uvádí vzorec pro výpočet výšky sloupce plnicího koksu:

$$H = 40 \sqrt{P} + A$$

kde P = tlak vzduchu v okružním větrovodu
mm v.sl.

A = konstanta, která se pro litinu s malým
obsahem uhlíku rovná 75 mm a pro litiny
se středním obsahem uhlíku 150 mm

Výška sloupce plnicího koksu se mění dle rychlosti vzduchu při
výstupu z dmyšných trubic, která je úměrná \sqrt{P} .

Reese uvádí v tabulce výšku sloupce plnicího koksu v závislosti
na tlaku vzduchu v okružním větrovodu.

Minimální a doporučené výšky sloupce plnicího koksu nad dmyš-
nými trubicemi

Tab. 1.3

Tlak vzduchu v mm	200	350	500	700	880	1050	1220	1400	1575
Minimální výška sloupce plnicího koksu	530	760	910	1060	1220	1320	1420	1525	1600
Doporučená výška sloupce koksu	690	910	1060	1220	1240	1470	1580	1680	1750

Pro průběh tavení má značný význam i velikost kovových vsázek
a vsázek tavícího koksu. Především se tento faktor projevuje
na teplotě litiny. Spalováním vsázky tavícího koksu se má krýt
nejen spotřeba koksu na roztavení a přehřátí litiny, nýbrž má
tvořit zásobu koksu a uhradit tak podíl spáleného plnicího koksu.
Výška plnicího koksu nesmí poklesnout.

Vztah mezi výkonem, vsázkou koksu, množstvím vzduchu a pomě-
rem spalování

Vsázka koksu

Výkon kuplovny může kolísat o 50 až 150 % proti normální-

mu výkonu /100 %/ . Kuplovna s normálním výkonem 9 t/hod může vyrobit 4,5 až 13,5 t/hod. Reese uvádí průměrné výkony kuploven při tlaku 700 mm v.sl.

Výkon kuploven

Tab. 1.4

Světlost kuplovny v mm	610	760	910	1070	1220	1370	1520	1680	1830
Výkon v t/hod	2,25	3,5	5	7	9	11,5	14	17	20
Množst.vzduchu v m ³	33	52	72	101	135	170	210	254	300
Váha vzduchu v Kg	39	62	88	119	157	200	246	294	348

Vliv různých činitelů na množství vzduchu dmýchaného do kuplovny

Tab. 1.5

Množství vzduchu v m ³ /min/m ²	Podmínky tavení
80 - 100	Drobný porovitý koks, malá spotřeba paliva /koks normální jakosti 10%/, zlomková litina ve velkých kusech, kuplovny velkých průměrů /více než 2000 mm/, tavení litiny s velkým obsahem uhlíku
100- 140	Slévárenský koks normální jakosti, spotřeba 10-12 %, strojní zlomková litina v kusech střední velikosti, kuplovny středních velikostí/průměr 1000-2000 mm/
140- 180	Velká spotřeba koksu normální jakosti /16%/ drobná kovová vsázka, kuplovny malého průměru /do 1000 mm/, tavené litiny s malým obsahem uhlíku

Vztah mezi množstvím vzduchu dmýchaného do kuplovny a tlakem se vyjadřuje vzorcem:

$$V \text{ m}^3/\text{min} = 24,5 \sqrt{P}$$

kde V = množství vzduchu v m^3/min

P = tlak vzduchu v mm v.sl.

Měření tlaku vzduchu v kuplovně je velmi důležité a dává úplnou představu o stavu pece v kterémkoliv okamžiku tavení. Změna tlaku se projeví změnou rychlosti proudění v okružním větrovodu a pak i ve sloupci plnicího koksu. Vysoká teplota pásma spalování způsobuje značné objemové změny vzduchu a spalných plynů. To způsobuje zvýšení proudění. Proto při přechodu na vyšší tlak vzduchu je nutno zvýšit výšku sloupce plnicího koksu nad dmyšnými trubicemi.

Zvýšením tlaku dmýchaného vzduchu se urychlují spalování paliva, a tím i výkon kuplovny. Stejně působí i zvětšené množství foukaného vzduchu. Rychlý průběh spalování koksu vyžaduje rychlou náhradu plnicího koksu. Nadměrný přívod vzduchu může způsobit značné ochlazení v blízkosti dmyšných trubic. Nadbytek vzduchu znamená nadbytek dusíku, který spotřebuje značné množství tepla při ohřátí na teplotu spalných plynů a tím ubírá teplo, které by se jinak mohlo spotřebovat na ohřátí roztažené litiny. Způsobuje též značné naoxidování šedé litiny v oxidačním pásmu a to vede ke snížení mechanických vlastností šedé litiny.

Tlak vzduchu v mm v.sl. se počítá dle rovnice:

$$P = 64 \sqrt{Q \cdot F}$$

kde F = průřez kuplovny v m^2

Q = měrné množství vzduchu v $\text{m}^3/\text{min}/\text{m}^2$
průřezu kuplovny

Tlak dmýchaného vzduchu se pohybuje od 400 mm v.sl. pro malé kuplovny do 1000 až 1100 mm v.sl. pro kuplovny střední veli-

kosti. Výkon závisí na teplotě tekuté litiny, která je dána druhem odlitku. Tenkostěnné odlitky nebo očkovaná litina vyžadují značné přehřátí asi 1400 °C.

Použitím pevného, hustého, málo reaktivního koksu v kusech správné velikosti a foukáním většího množství vzduchu se zvýší teplota kovu a vzrůstá i výkon kuplovny.

3 SOUČASNÝ STAV V PROVOZU ČKD HRONOV "SLÉVÁRNA"

Metalurgický provoz ČKD HRONOV - Žabokrky leží na pozemku, který je ohraničen státní silnicí HRONOV - Broumov. To znamená, že velká část území závodu leží v ochranném, 25 m širokém pásu této silnice. Hlavní výrobní budovy podélnou stěnou těsně přiléhají k této silnici a tvoří současně oplocení závodu. Ze severozápadní strany rovněž v těsné blízkosti prochází trať ČSD Meziměstí - Choceň. Celé území závodu leží tak v šedesátimetrovém ochranném pásmu dráhy. Území závodu je lichoběžníkového tvaru, délky 375 m a šířky 16-55 m. Rozloha závodu činí cca 1,30 ha, za státní silnicí je pozemek závodu o ploše cca 0,63 ha. Severovýchodní část pozemku je téměř celá zastavěna budovami.

Současný objekt slévárny sestává z ruční formovny s tavírnou, v níž jsou umístěny dvě kuplovny o \varnothing 850 mm. Budova je nedostatečné výšky s minimální mechanizací, přičemž veškerá doprava je prováděna pomocí 2 ks mostových jeřábů o nosnosti 8t a 16t. Nevyhovující jsou zejména sklady surovin.

Hlavní představitele vyráběných odlitků

	váha /kg/	rozměry
Podstavec brusky	1700	1800 x 1300 x 1000
Otočný stůl	880	∅ 1800 x 300
Píst kompresoru	150	∅ 450 x 600
Převodová skříň	120	600 x 600 x 250
Střed skříně	250	600 x 600 x 350
Spodek skříně	160	600 x 600 x 300
Víko čerpadla	20	∅ 280 x 180
Těleso	10	∅ 300 x 100
Kolo	160	∅ 600 x 150
Výfukové potrubí	30	∅ 120 x 700

Výkaz tavírny za rok 1990

Tab. 1.6

pol.	Název	Vsazeno/kg/	Kčs	Kčs celkem	% sk
1.	surové železo slév.	122 733	2,32	284 740,56	4,3
2.	surové železo ocel.	1 789 737	2,02	3 615 268,74	63,3
3.	Litníky	312 356	1,22	381 074,32	11,0
4.	zlomková litina	345 100	1,98	683 298,-	12,2
5.	ocelový šrot	209 060	1,48	309 408,80	7,4
6.	zrcadloovina	14 590	10,75	156 842,50	0,5
7.	Fe Si	35 924	6,60	237 098,40	1,3
8.	Fe Cr				
9.	Ni				
10.	kovová vsázka	2 829 500		5 667 731,32	100,0
11.	podpalové dřevo	22 080	320/t/	7 065,60	0,8
12.	koks metalurg.	648 200	1792/t/	1 161 592,32	22,9
13.	vápenec	63 660	25,50	1 623,33	2,2
14.	karbid				
15.	vsázka celkem	3 563 450		6 838 012,57	

Bilance tavby šedé litiny v kuplovně / ø 850, 3,9 t/h/

Tab. 1.7

Druh materiálu	t/rok	% vsázky
1. Expedované odlitky	2 191,3	77,4
2. Zmetky	95,3	3,4
3. Hrubá výroba	2 286,6	80,8
4. Nálitky, vtoky	327,0	11,6
5. Tekutý kov ve formách	2 613,6	92,4
6. Ztráty /rozstříkem, zbytky v pánvích, čistírně/	66,2	2,3
7. Tekutý kov na žlábků	2 679,8	94,7
8. Ztráty v udržovacích předpecích	15,3	0,5
9. Tekutý kov v pecích	2 695,1	95,2
10. Propal v kuplovnách	134,4	4,8
11. Kovová vsázka	2 829,5	100,0

3.1 Sklady surovin

Suroviny potřebné k výrobě kvalitní šedé litiny se skladují na nekrytém pozemku závodu o ploše cca 0,63 ha. Největší důsledky tohoto skladování se projevují na koksu. Tato surovina je dvakrát překládána, než se ocitne na skladovací ploše. V důsledku této manipulace dochází k jeho drcení na menší kusy. Vedle sebe se také vyskytuje koks různého stáří a prašnosti.

Kovové materiály a vápenec jsou skladovány na téže ploše. Do prostoru, kde dochází ke vsázkování se tyto suroviny dopravují na vozíku. V tomto prostoru jsou již zastřešeny.

Kovové suroviny se dovážejí z Vítkovic nebo Králova Dvora. Přednost se dává ocelářenskému surovému železu před slévárenským. Ke každému materiálu je přiložen hutní atestát. Příklad hutního atestu:

Druh materiálu: ocelářenské surové železo
Odběratel : ČKD Hronov
0,66 0,87 0,14 0,017

Závod provádí v laboratoři vlastní kontrolu chemického složení.

C - volumetricky

Mn - titračně

Si - vážkově

Ocelářenské surové železo

C 4,10 ϕ 4,05
4,00

Mn 0,63 ϕ 0,56
0,49

Si 0,89 ϕ 0,79
0,69

Tyto výsledky jsou známy až druhý den po zpracování. Z uvedených příkladů je vidět, že složení dodávaných surovin kolísá ve velkém rozmezí a pravděpodobně to bude mít velký vliv na kvalitu vyráběné litiny.

3.2. Vsázkování

Šrotiště tavírny je kryté, s pojízdnou druhovací váhou. Druhování se provádí ručně, do vozíku a po kolejích do zavážecího výtahu. Plnicí a vsázkový koks se odměruje kolečky a vápenec lopatou. Vzhledem k tomu, že tavírna má jen omezené

možnosti úpravy vsázkových materiálů, je nutná častá kontrola vsázkových materiálů s ohledem na výtah a možnost "závěsu" v kuplovně. Ferossilicium a feromangan se odvažují na kuchyňské váze.

Technologický předpis pro vsázkování litiny ČSN 42 24 25

Tab. 1.8

Vsázka 300 kg	Má býti	% Si		% Mn	
surovina č. 26	110 kg	1,10	1,21 kg	0,65	0,72 kg
ocel. šrot	80	0,3	0,24	0,50	0,40
vratný mat.	104,5	1,7	1,77	0,70	0,73
Fe Mn 80 %	2,5	/	/	80	2,0
Fe Si 65 %	3	65	1,95	/	/
		-15%	5,17	-20%	3,85
			0,78		0,77
		Propal	4,39		3,08
			1,46		1,03

Technologický předpis pro vsázkování litiny ČSN 42 24 20

Tab. 1.9

Vsázka 400 kg	Má býti	% Si		% Mn	
surovina č. 26	130 kg	0,61	0,79 kg	0,62	0,81 kg
vratný materiál	132,5	1,70	2,25	0,70	0,93
zlomky kovů	130	2,00	2,60	0,60	0,78
Fe Mn 80 %	1,5	/	/	80	1,20
Fe Si 65 %	6	65	3,90	/	/
		-15%	9,54	-20%	3,75
			1,40		0,73
		Propal	8,01		2,98
			2,00		0,75

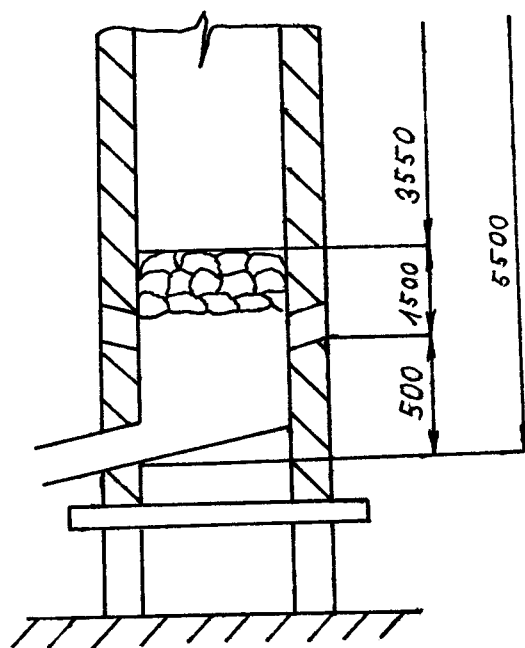
3.3 Tavení a lití

K tavení šedé litiny používají ve slévárně ČKD Hronov dvě kuplovný o \varnothing 850 mm se dvěma řadami dmyšen nad sebou. Pět hlavních dmyšen má obdélníkový průřez o rozměrech 150 x 90 mm. Vnitřní \varnothing pláště kuplovný je 1410 mm a výška od nistěje k sázecímu otvoru je 5550 mm. Síla vyzdívky se pohybuje od 250 mm do 150 mm po tavbě. Oprava kuploven se provádí acikupem, který je připravován den před opravou kuplovný a je připravován na šnekovém mísiči.

Takto připravený acikup má vyhovující obsah vody a je dobré kvality. Kuplovný jsou nechlazené.

Předpecí je pevné - přepadovým kanálkem vytéká kov do předpecí, jehož objem je asi 2 až 2,5 tuny tekutého kovu. Veškeré opravy předpecí včetně odpichu se provádí acikupem.

Teplota vytékající litiny na žlábků se měří optickým pyrometrem - bez korekce. Dále se zaznamenávají: čas zapálení, čas spadu, čas vypuštění strusky, čas zastavení pecí, čas podražení pece, výkon v t/h a teploty jednotlivých odpichů.



Výška plnicího koksu je stanovena na 1500 mm od dmyšen. Nyní se měří příležitostně.

Obr. č. 1.1 Schema kuplovný

Lití se provádí z lící pánve pomocí jeřábu. Po odlití chladne odlitek ve formě na lícím poli. Poslední lití se provádí okolo 14 hodiny. Slévárna sleduje neustále důležité hodnoty ohledně tavby.

Údaje sledované při provozu kuplovný ČKD HRONOV

Tab. 2.1

Datum	2.1.69	31.8.70	2.1.71	2.9.72	2.1.75	3.4.85	1.10.89	18.3.90	19.11.90	7.1.91	6.2.91
Zapálení	9,30	9,00	10,00	9,00	8,30	8,00	7,30	7,30	7,20	9,00	8,00
Spad kapelk litiny	10,55	10,15	11,15	11,10	10,15	9,05	8,55	9,00	9,15	10,10	9,25
1.odpich	11,40	11,00	12,00	11,00	11,00	9,50	9,45	9,50	10,00	11,15	10,15
Poslední odpich	14,25	14,15	15,20	/	13,30	13,20	13,15	14,40	12,40	14,25	12,35
Odpich I. °C	1330	1360	1340	1340	1340	/	/	/	1350	1340	1330
II. °C	1350	1350	1370	1350	1360	/	1330	1330	1350	1350	1350
III. °C	/	1340	/	1360	1370	1370	/	/	/	/	/
IV. °C	1390	1350	1380	/	/	1370	1340	1340	1360	/	1360
V. °C	1370	1330	1370	/	/	/	1350	1350	1360	1360	/
VI. °C	1380	1330	/	/	/	/	1350	/	/	/	/
VII. °C	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Vypuštění strusky	13,10	12,40	13,30	/	/	/	/	/	/	/	/
Zastavení pece	14,20	14,15	14,35	14,15	13,00	13,20	13,15	12,40	12,40	12,45	12,35
Podražení pece	14,40	14,30	14,45	14,50	13,40	13,35	13,25	12,50	12,55	13,15	12,50
Výkon t/h	2,81	4,0	3,6	3,7	3,2	2,7	3,4	2,9	4,1	3,1	4,0

Ke dni 31.8.70 došlo ke snížení množství vsázkového koksu. K tomuto kroku došlo v důsledku malého výkonu kuplovny v t/h. Výkon kuplovny stoupl z 2,8 t/h na 3,9 t/h. Negativní projev nastal ve výši teploty litiny na žlábků. Došlo ke snížení teploty v průměru o 10 - 15 °C ve vztahu k maximální teplotě tavby.

3.4 Vytloukání a čištění odlitků

Po vychladnutí odlitku na licím poli /6-10 hodin/ dochází k vytloukání odlitků, které není také mechanizováno. Vytlučený písek se po jednoduché úpravě opět používá znovu k výrobě forem. Závod nemá vybudováno mechanizované pískové hospodářství.

Čištění odlitků je již mechanizováno a vybaveno vzduchotechnickým zařízením.

3.5 Zkoušky vlastností litiny

V závodě se provádějí zkoušky: zákalková zkouška klínová, zkouška chemického složení, mechanické zkoušky "ohyb a tah".

K těmto účelům se odlévají zkušební vzorky. Zákalková zkouška klínová slouží k zjištění "zákalky" a k identifikaci litin ČSN 42 24 20, ČSN 42 24 25, ČSN 42 24 30. Chemické složení se zjišťuje z třísek, které byly získány navrtáním obroušené zkušební tyčinky. /Broušení je nutné k odstranění zbytků písku - stoupne procento křemíku./

Z mechanických zkoušek se provádí zkouška průhybem a tahem. K těmto účelům se odlévají zkušební vzorky - pro průhyb je vzorek o průměru 25 mm a délky 700 mm, pro tah o průměru 30 mm v oblasti úchytu pro čelisti a 20 mm v oblasti budoucího krčku. Délka je 192 mm.

Tyto zkoušky slouží jako atestát k odlitkům, které se expedují ze závodu. Chemické složení, které se provádí stejnou metodou jako u vstupní suroviny je známo za dva dny po odlití formy. Z toho vyplývá, že tato zkouška nemůže ovlivnit vsázkování příslušné tavby. Mechanické zkoušky pro každý materiál "ČSN 42 24 20 a ČSN 42 24 30" se provádějí na třech zkušebních vzorcích. Zjištěné hodnoty jsou porovnány s tabulkovými hodnotami.

Tabulkové hodnoty

Tab. 2.2

tah	42 24 20	minimální hodnota 380 N/mm ²
	42 24 25	minimální hodnota 430 N/mm ²
průhyb	42 24 20	minimální hodnota 8 mm
	42 24 25	minimální hodnota 9 mm

Zjištěné hodnoty se evidují.

Příklad evidence při provozu kuplovný ČKD Hronov

Tab.2.3

Datum	Chemické složení					pevnost			ohyb			průhyb		
2.1.91	C	MN	Si	P	S	201	201	204	396	396	408	8	8	8
	3,44	0,65	1,78	0,29	0,12									
29.1.91	C	Mn	Si	P	S	204	213	213	385	391	391	9	8	8
	3,46	0,68	1,76	0,24	0,11									

3.6 Technické parametry tavírny šedé litiny v ČKD HRONOV

Hlavní údaje a vybavení

Typ kuploven a předpecí: studené s pevným předpecím

rok rekonstrukce: 1965

počet kuploven: 2

chlazení pláště: bez chlazení

způsob odpichu kovu: železnou tyčí skrz šamotovou cihlu

způsob odpichu strusky: železnou tyčí

typ předpečí a obsah v tunách: první - obsah 2 - 2,5 t tekutého kovu

hod. výkon kuplovný v t/h: 3,9 t/h

způsob přípravy pečí: acikupem

Hlavní rozměry kuploven

vnitřní rozměr: ϕ 850 mm

průměr pláště: vnitřní ϕ pláště je 1410 mm

účinná výška kuploven: 5500 mm /výška od nístěje k sázecímu otvoru/

výška nístěje od pískového dna: 550 mm

Technické parametry větrovodu

výkon ventilátoru v m^3/min

průměr větrovodu: 350 mm

počet a rozměr hlavních dmyšen: 5 dmyšen obdélníkových
150 x 90 mm

počet a rozměr pomocných dmyšen: --

celková plocha dmyšen: 675 cm^2

Měřicí přístroje

Měří se teplota kovu na žlábků pomocí potického pyrometru.

předeřívání větru: --

system zavážení kuploven: šikmý zavážecí výtah

system druhování: ruční

Vyráběné jakosti litiny: /podíl jednotlivých jakostí z celkového množství vyráběné šedé litiny/

ČSN 42 24 20 - 42 %

ČSN 42 24 25 - 12 %

ČSN 42 24 30 - 16 %

Předpis úpravy tekutého kovu: očkování + legování

očkování Fe Si 75 % na žlábků

Průměrný počet vsázek za směnu:

49 vsázek za směnu

Spotřeba vápence v kg/t: 23 kg/t

3.7 Zmetkovitost

Největší podíl zmetků tvoří bubliny viz. tab. č. 3.8. Příčin vzniku bublin je několik, šedá litina získává plyny v málo vysušeném předpecí a pánve, ve špatném stavu je i pískové hospodářství, písek má vysokou vlhkost i po vysušení v komorách, vtoková jamka obsahuje též velké procento vlhkosti, stejně je tomu i u jader. K odstranění těchto zmetků je nutné věnovat značnou péči pískovému hospodářství.

Zálupy: opět souvisí s písky - velká vlhkost, malá pevnost při dané vlhkosti, špatná vaznost písku ve formě. Z těchto důvodů je nutné zavést laboratoř pískového hospodářství, kde by se prováděly alespoň nezbytné zkoušky - "prodyšnost, pevnost, vlhkost" .

Struskovitost: souvisí s nedbalou prací slévačů, kteří neodstraní strusku z hladiny šedé litiny v pánvi, dalším nedostatkem je tvar vtokové jamky, která strusku nezachytává. K snížení této zmetkovitosti je nutná pečlivá příprava taveniny před odléváním a používání jiné vtokové jamky.

Nezaběhnutí: do této kategorie se řadí i ty zmetky, které jsou způsobeny výtokem šedé litiny dělicí rovinou - tvoří