

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI
NOSITELKA ŘÁDU PRÁCE
FAKULTA STROJNÍ

Obor 23 - 07 - 8
strojírenská technologie
zaměření
strojírenská metalurgie

Katedra materiálů a strojírenské metalurgie

D O P R A V A T A V E N I N Y A I S L I T I N
V E S L É V Á R N Ě k . p . E L I T E X
J A B L O N E C n . N .

K M M - 0 5 4
M i r o s l a v H a n z l í k

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Simon (VŠST Liberec)
Konzultant: s. Zdeněk Drlík (Elitex k. p. Jablonec n. N.)

Rozsah práce a příloh:

Počet stran	40
Počet příloh a tabulek	3
Počet obrázků	8
Počet výkresů	6

DT

4. 5. 1982

strojn^í a textiln^í
Vysoká škola: v Liberci
Fakulta: strojn^í

materiálů a stroj^írenské
Katedra: metalurgie
Školn^í rok: 1981/82

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Miroslav HANZLÍK
obor stroj^írenská technologie

Protože jste splnil..... požadavky učebn^ího plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic minist^{er}stva školství a kultury o státn^ích závěrečných zkouškách tento diplomov^ý úkol:

Název tématu: Doprava taveniny Al slitin ve slévárně
k.p. ELITEX, Jablonec n/N

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se s výrobou odlitků z Al slitin ve slévárně k.p. Elitex Jablonec n/N
2. Navrhněte zařízení pro převoz příp. aplikaci přečerpávání taveniny Al slitin a zpracujte výkresovou dokumentaci.
3. Proveďte kapacitní prppočty a ekonomické zhodnocení návrhu z hlediska růstu produktivity práce, snížení pracnosti apěd.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJN^Í A TEXTILN^Í
Ústředn^í knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

Autorská práva
MŠK pro státn^í účel
727/0240/82
1962-Věstník MŠK
dne 31. 8. 1982 19 cat. z. 117/1983

V 236 / 82 S

Rozsah grafických prací: výkresová dokumentace

Rozsah průvodní zprávy: cca 30 stran

Seznam odborné literatury:

Širokích, J.: Zařízení sléváren
Podklady ze slévárny k.p. Elitex

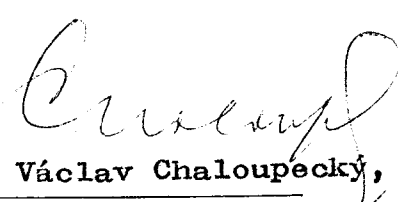
Vedoucí diplomové práce: Ing. PaVel Simon

Konsultanti: s. Zdeněk Drlík (ELITEX k.p. Jablonec n/N)

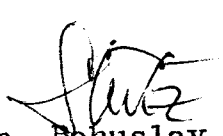
Datum zadání diplomového úkolu: 14.9.1981

Termín odevzdání diplomové práce: 4.6.1982




Doc. Ing. Václav Chaloupecký, CSc

Vedoucí katedry


Doc. RNDr. Bohuslav Stříž, CSc

Děkan

Liberci

10.91

81

V dne 19

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Liberci dne 4. 6. 1982

Miroslav Ševčík
.....

<u>OBSAH</u>	Strana
1. ÚVOD	4
2. SOUČASNÝ STAV SLÉVÁRNY k.p. ELITEX	5
2.1. Situace v tavírně pískové slévárny	5
2.2. Situace v tavírně slévárny kokilového lití	8
3. REKONSTRUKCE TAVÍREN SLÉVÁRNY	8
3.1. Rekonstrukce tavírny pískové slévárny	9
3.2. Rekonstrukce centrální tavírny	10
4. NÁVRH PŘEPRAVY HLINÍKOVÉ TAVENINY	11
4.1. Způsob přepravy	11
4.2. Trasa přepravy	11
4.3. Přečerpávání taveniny	12
4.4. Využití nových izolačních materiálů při přepravě slitiny	13
5. NÁVRH PŘEPRAVNÍ PÁNVE	17
5.1. Volba objemu pánve	17
5.2. Konstrukční řešení pánve	17
5.3. Výpočet skutečného objemu pánve	19
5.4. Hmotnost pánve	19
5.5. Pevnostní kontrola pánve	20
5.6. Výpočet tepelných ztrát	21
6. PŘEČERPÁVACÍ ZAŘÍZENÍ	26
6.1. Zkušenosti AZNP Mladá Boleslav s přečerpáváním taveniny	26
6.2. Návrh přečerpávacího zařízení	28
6.2.1. Výpočet proudění taveniny	29
6.2.2. Výpočet zbytku taveniny	31
6.2.3. Výpočet doby přečerpávání	32
7. NÁHRADA INDUKČNÍCH PECÍ ODPOROVÝMI	33
8. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	35
8.1. Snížení pracovních	35
8.2. Energetické úspory	36
9. ZÁVĚR	39
10. SEZNAM LITERATURY	40

1. ÚVOD

Slévárna k. p. Elitex Jablonec nad Nisou je zaměřena na výrobu odlitků pro potřeby průmyslu textilního strojírenství. Zpracovává se zde hliníková slitina a to litím do kovových forem a do netrvalých forem. Kapacita slévárny do netrvalých forem je v současnosti kolem 500 t odlitků ročně. Pro zabezpečení splnění úkolů plánu 7. pětiletky je nutné zajistit zvýšení kapacity pískové slévárny na úroveň 600 t odlitků ročně.

Ve smyslu závěrů XVI. sjezdu KSČ je nutno tento nárůst výroby zabezpečit prosazováním technického pokroku, využíváním poznatků vědy a techniky, bez nároků na růst pracovních sil a při optimálním využití energetických zdrojů. Hospodářská situace nás nutí co nejefektivněji využívat materiál a energii, v co největší míře šetřit elektrickou energií, plynem a zejména ropnými produkty. Již ve státním plánu hospodářského a sociálního rozvoje na rok 1982 se v oblasti hospodaření s topnými oleji plánuje pokles jejich spotřeby o 17,3%. Dalšími důležitými úkoly jsou zvyšování produktivity práce, snižování fyzické námahy pracujících, zlepšování pracovních podmínek. Je nutné dbát též na to, aby průmyslová činnost neohrožovala a nezhoršovala životní prostředí, což v případě slévárny k. p. Elitex Jablonec nad Nisou má zvlášť velký význam, neboť tato se nachází na území chráněné krajinné oblasti Jizerské hory.

Jedním ze způsobů zhospodárnění výroby ve slévárně se jeví realizace rozvážení taveniny z centrální tavnice do objektu pískové slévárny a aplikace elektrických odporových pecí s optimálním příkonem místo používaných indukčních pecí. Úkolem této diplomové práce je navrhnout zařízení pro převoz taveniny, její přečerpávání a provést ekonomické zhodnocení tohoto návrhu.

2. SOUČASNÝ STAV SLÉVÁRNY K. P. ELITEX

Slévárna k. p. Elitex Jablonec nad Nisou má dva slévárenské provozy. Jsou to písková slévárna a slévárna kokilového lití. V pískové slévárně se vyrábějí odlitky z materiálu ČSN 42 4331. Výroba je zde maloseriová (řádově několik set kusů) a je málo mechanizovaná. Podle způsobu formování ji lze rozdělit na strojní formování (40 % objemu výroby), ruční formování (25 %) a formování pod jeřábem (35 %). Celkový objem výroby v pískové slévárně je cca 500 t odlitek ročně.

Slévárna kokilového lití byla uvedena do trvalého provozu v roce 1973, avšak je z části vybavena zastaralým strojním zařízením. V této slévárně se používají tři druhy lití a to tlakové, nízkotlaké a gravitační lití do kokil. Pracoviště jsou uspořádány ve třech lodích. Gravitační lití se provádí v první a částečně i ve druhé lodi. Tlakové lití se studenou horizontální komorou se nachází ve druhé lodi, nízkotlaké lití bude ve třetí lodi kokilové slévárny. Nosným programem slévárny je výroba odlitek čel osnovních válů, vyráběných nyní litím gravitačním do kokil, v budoucnosti však nízkotlakým litím na strojích CMS 10.23. Dále se v kokilové slévárně vyrábí odlitky od hmotnosti 0,4 kg do hmotnosti 20kg kokilovým gravitačním litím; a tlakovým litím odlitky od hmotnosti 0,013 kg do hmotnosti 1,35 kg. Zpracovávají se zde tři druhy hliníkové slitiny : ČSN 42 4331, 42 4337, 42 4384. Roční objem výroby činí cca 1 300 tun odlitek.

2.1 Situace v tavně pískové slévárny

Hliníková tavenina pro potřebu pískové slévárny se v současnosti připravuje ve dvou tavicích pecích typu SKLENÁR. Tyto pece jsou starší konstrukce, která soudobým požadavkům již nevyhovuje. Jako paliva se pro pece SKLENÁR pou-

živá lehký topný olej (LTO). Výkon jedné pece je maximálně 400 kg taveniny za hodinu při spotřebě 53 l LTO. Pece jsou vybaveny hořáky typu DUIKER F 50 o výkonu 2×10^3 MJ za hodinu. Objem pece je přibližně 90 dm^3 , což činí asi 250 kg hliníkové taveniny. Životnost vyzdívky je 12 - 18 měsíců. Naklápění pecí je prováděno hydraulickým okruhem. Roztavená slitina se z pecí přelévá do hrncové pánve, kterou se převáží do udržovacích pecí. Pánev je zavěšena na zvedáku, který má pojezd po jednodrážce tvořené profilem I 14. Zdvih pánve je elektrický, pojezd a naklápění pánve se provádí ručně. Objem pánve je 40 dm^3 . Udržovací pece jsou tři, jako paliva se v nich používá svítiplyn. V těchto pecích se udržuje teplota taveniny na požadované hodnotě a provádí se v nich úprava taveniny k odlévání. Objem každé z těchto udržovacích pecí je 40 dm^3 . Stávající situaci zachycuje obr.1.

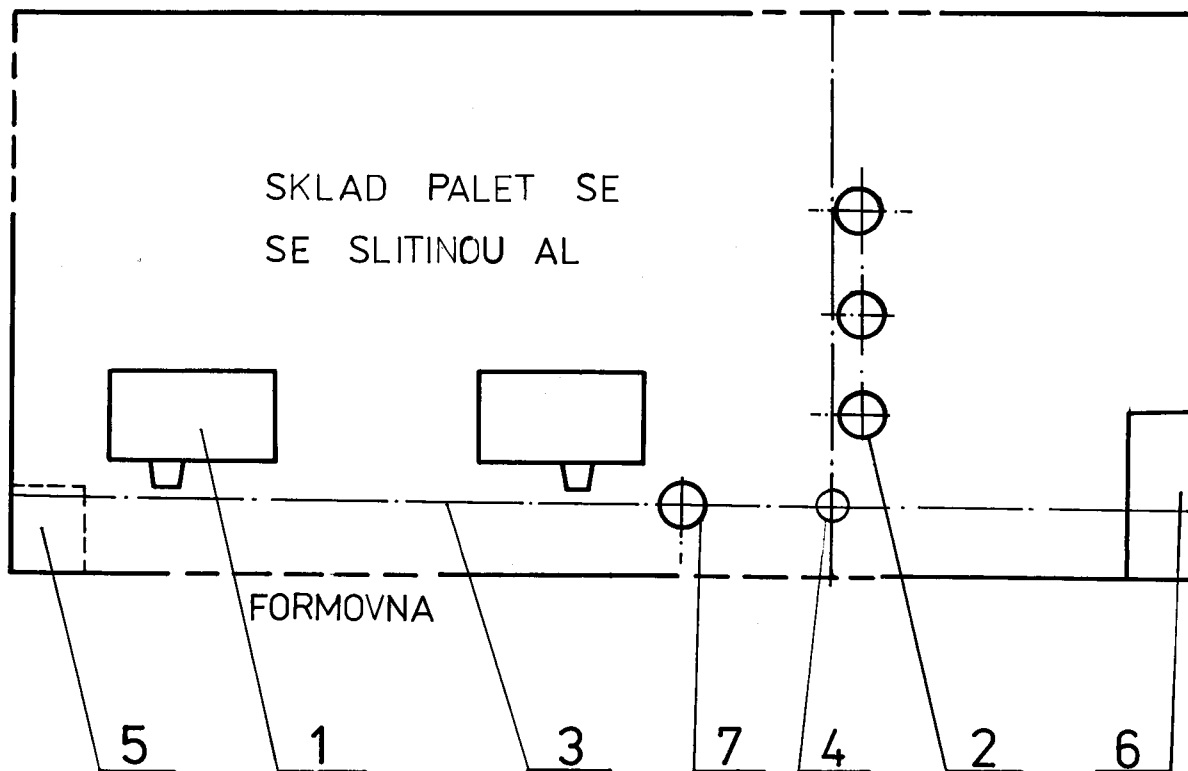
Kapacita tavírny stačí v současnosti pro výrobu 450 - 500 tun odlitků za rok. Pro potřebné zvýšení výroby na 600 - 800 tun odlitků ročně koncem pětiletky již tavírna při současném uspořádání nevyhovuje. Zejména nebude k dispozici odpovídající množství topného oleje, jehož spotřeba se musí výrazně snížit.

Tavící pece typu SKLENĀR mají různé nevýhody. Je to například použití hydrauliky pro vylévání tavenin. Hydraulické zařízení je atypické, jeho údržba si vyžaduje velký čas, váže pracovní síly a snižuje využití pecí. Další nevýhodou je i údržba speciálních hořáků. Rovněž plynové udržovací pece již neodpovídají předpisům o provozu a dodávky grafitových kelímků pro ně byly silně omezeny.

Pracovní prostředí v tavírně není dobré. Je zde velké množství zplodin od olejových i plynových pecí, značné sálání tepla i velký hluk. Rovněž fyzická námaha pracovníků je zde značná, zejména při manipulaci se vsázkovým materiálem a při dopravě taveniny.

Obr. 1 : Schema současné situace v tavírně
pískové slévárny

NEZASTŘEŠENÝ SKLAD RÁMŮ



- 1.....tavicí pec Sklenár
- 2.....udrřovací kelínková plynová pec
- 3.....drážka pro rezvoz kovu
- 4.....kruhová výhybka
- 5.....přehřev pánví
- 6.....svítiplyn
- 7.....rezvozová pánev

2.2 Situace v tavírně slévárny kokilového lití

Tavírna je umístěna v čele druhé lodě slévárny - lití do kovových forem. Jsou zde instalovány dvě elektrické kelímkové indukční pece typu ACA 1000 o objemu 1000 kg hliníkové taveniny a jedna bubnová elektrická indukční pec AB 2000 o objemu 2000 kg hliníku. Pro případ zvýšené potřeby slitiny je v tavírně ještě olejová tavicí pec SKLENÁR o obsahu 600 kg hliníkové slitiny. Pro rozvoz taveniny od tavicích pecí k udržovacím pecím na jednotlivých pracovištích se používá dvou vysokozdvížných vozíků typu DVHM 1622 o nosnosti do 1600 kg. Hliníkové housky a vratný materiál se zaváží do pecí pomocí kladkostroje, který má pojezdovou dráhu nad tavírnou.

Tavírnu slévárny kokilového lití označuji dále v textu názvem centrální tavírna. Tato bude po dokončení rekonstrukce zásobovat oba slévárenské provozy taveninou.

3. REKONSTRUKCE TAVÍREN SLÉVÁRNY

Pro úkoly, které pro slévárnu stanovil pětiletý plán, již nebudou vyhovovat tavírenské kapacity. Zdroje ušlechtilých paliv (LTO a plyn) budou k dispozici ve značně omezeném množství, neboť vzhledem k celosvětovému růstu cen ropy a hrozící energetické krizi je naléhavým úkolem jejich spotřebu výrazně snížit. V souvislosti s programem výstavby jaderných elektráren v ČSSR lze předpokládat, že pro průmyslovou výrobu bude nejvýhodnější a nejdostupnější elektrická energie. Rovněž z hlediska ochrany životního prostředí se jeví pro slévárenské provozy jako nejvýhodnější elektrická energie. Záměrem rekonstrukce slévárny k. p. Elitex

je dospět do takového stavu, kdy se veškerá tavenina bude připravovat v elektrických pecích. Podklady pro rekonstrukci již byly vypracovány a na některých úsecích se již realizují.

3.1 Rekonstrukce tavírny pískové slévárny

Cílem této rekonstrukce je v konečné fázi úplně odstranit peci vytápěné jiným způsobem než elektrickou energií. V první etapě budou do tavírny instalovány dvě pece indukční ABD 800, které bude možno odebrat z kokilové slévárny v důsledku zavedení nízkotlakého lití. Tyto pece budou sloužit jako pece pro udržování místo plynových pecí. Pece ABD 800 mohou pracovat jako pece tavicí i udržovací. Jejich zařazením se sníží potřeba lehkého topného ořeje a výrazně omezí spotřeba plynu.

Parametry pecí ABD 800 : objem pece 800 kg
 jmenovitý topný výkon 120 kW
 maximální výkon 200 kg/hod.

Tyto indukční pece nejsou sice perspektivní, avšak z důvodu omezování paliva - LTO - pro pece SKLENĀR mohou vyřešit pro tuto pětiletku potřebu kapacity pískové slévárny. Situaci znázorňuje výkres č. KMM-054-03

V další etapě dojde k realizaci rozvozu taveniny z centrální tavírny do pískové slévárny. Jedna tavicí pec typu SKLENĀR bude vyřazena, druhá bude ponechána jako záložní zdroj taveniny pro případ havarie apod.. Indukční pece ABD se budou používat pouze jako udržovací.

Třetí etapa rekonstrukce předpokládá náhradu indukčních pecí za udržovací odporové pece, které jsou s úspěchem pou-

živány ve slévárně AZNP v Mladé Boleslavi. Tyto pece mají objem 350 kg hliníkové taveniny, jsou vytápěny pomocí silicových tyčí a vyznačují se nízkým příkonem - 10 - 12 kW. Použitím nových izolačních materiálů československé výroby u těchto pecí je reálné zvýšení objemu na 500 kg taveniny při zachování, eventuelně snížení příkonu elektrické energie.

3.2 Rekonstrukce centrální tavírny

Podmínkou pro realizaci rozvozu taveniny do pískové slévárny je vytvoření dostatečné kapacity pro přípravu taveniny v centrální tavírně. Ke stávajícím pecím (dvě kelímkové indukční pece ACA 1000, jedna indukční bubnová ABB 2000) se zařadí třetí kelímková pec ACA 1000 a jedna kelímková udržovací pec o objemu taveniny cca 5 - 6 tun (označení Q 5 t). Tato udržovací pec bude dodána v roce 1983 eventuelně 1984. Rozmístění pecí je zřejmé z výkresu č. KMM-054-02.

Výstavbou centrální tavírny, použitím velkoobjemové udržovací pece se získá možnost využívat účelně elektrických pecí z hlediska rovnoměrného odběru elektrické energie. Instalace udržovací pece v centrální tavírně a udržovacích pecí v pískové slévárně (prozatím indukčních, později odporových) umožní vytvořit v noční době dostatečnou zásobu taveniny. Rovnoměrný odběr elektrické energie má význam i z hlediska životnosti výdusek pecí. Plynulé tepelné zatížení tuto životnost zvyšuje. Záměrem této rekonstrukce je dosáhnout roční kapacity centrální tavírny cca 2800 tun hliníkové taveniny, z toho pro potřeby pískové slévárny cca 920 tun taveniny.

4. NÁVRH PŘEPRAVY HLINÍKOVÉ TAVENINY

4.1 Způsob přepravy

Tavenina se bude přepravovat z centrální tavírny do udržovacích pecí v pískové slévárně pomocí speciální pánve. Pánev bude po dobu přepravy slitiny zcela uzavřena, aby se vyloučila možnost vylití kovu z pánve při převozu. Uzavření pánve je nutné i z hlediska zamezení vlivu povětrnostních podmínek, neboť trasa přepravy vede mimo zastřešené prostory. Dále uzavření pánve sníží tepelné ztráty prouděním a sáláním. Pánev se bude převážet na vysokozdvihném vozíku typu DVHM 3222 TM o nosnosti do 3,2 t. Tavenina se do pánve bude nālávat v centrální tavírně pomocí žlábků a to buď z tavicích pecí ACA 1000 nebo z udržovacích pecí. Vyprazdňování pánve se bude provádět pomocí přečerpávacího zařízení, pracujícím na principu přetlaku vzduchu na hladinu kovu. Přečerpávací zařízení se bude do pánve vsazovat až u udržovacích pecí v pískové slévárně.

4.2 Trasa přepravy

Trasa přepravy je vyznačena na výkrese č. KMM-054-01. Tavenina se bude převážet z centrální tavírny do pískové slévárny, prázdná pánve se odveze zpět do centrální tavírny k vyhřívání. Pro průjezd centrální tavírnou jsou možné dvě alternativy. První alternativa využívá stávající dopravní cesty druhou lodí slévárny. Výhodou tohoto řešení je možnost okamžitého používání a odpadá nutnost provádět stavební úpravy. Nevýhodou je vyšší zatížení dopravní cesty, avšak to by při předpokládaném počtu jízd 5 - 6x denně nemělo činit potíže. Druhá varianta je zachycena na výkrese uspořádání centrální tavírny č. KMM-054-02. Cesta vede přímo od tavicích pecí nejkratším směrem ven z tavírny. Pro tuto variantu by bylo nutné provést stavební úpravy tj. probourat

nová vrata a přemístit rozvod energií, který se nachází v místě předpokládané cesty. Tato varianta by však neza-
těžovala průjezd druhou lodí slévárny, manipulace by by-
la jednodušší a umožnilo by se i lepší zásobování centrál-
ní tavní surovinami. Rovněž by toto uspořádání umožňova-
lo případné zásobování slévárny nakupovanou hliníkovou ta-
veninou, podobně jako tomu je ve slévárně AZNP Mladá Boles-
lav, kam je dovážena tavenina z Kovohutí Mníšek. Vjezd do
centrální tavní přímo k udržovací peci by dovolil zajiž-
dět se speciálním návěsem s taveninou do tavní.

Trasa přepravy dále vede po nádvoří závodu kolem bu-
dovy pískové slévárny až do zadní části této budovy, kde
se nacházejí tavní pískové slévárny. Z nového umístění
udržovacích pecí v této tavní vyplývají dvě varianty pro
příjezd k pecím. K první peci lze zajiždět přímo, ke druhé
pecí je nutné zajiždět přes sklad formovacích rámců a sklad
jader. Pro tuto druhou cestu bude nutné upravit stávající
vrata mezi tavní a nově vybudovanými skladovacími pro-
story. Situaci v tavní pískové slévárny zachycuje výkres
čís. KMM - 05403.

Celková délka cesty z centrální tavní k udržovacím
pecím pískové slévárny činí maximálně 230 m. Předpokládaná
doba přepravy slitiny je maximálně 20 minut od nalití tave-
niny do skončení přečerpávání.

4.3 Přečerpávání taveniny

Tavenina se z pánve do udržovacích pecí bude přečerpá-
vat přetlakem vzduchu na hladinu kovu. Na pánve se nasadí
a vzduchotěsně uzavře přečerpávací zařízení a tavenina se
tlakem přečerpá do pece. Tlak nesmí být větší než 0,07 MPa,
jinak by bylo nutné nechat přepravní pánve schvalovat jako

tlakovou nádobu. Přetlak 0,07 MPa však bezpečně stačí pro danou výšku přečerpávání. Tohoto způsobu přečerpávání používají ve slévárně AZNP v Mladé Boleslavi, kde přečerpávají přetlakem 0,07 MPa 3,5 t hliníkové taveniny za dobu cca 4 minuty.

Po příjezdu vozíku s pánví do tavírny pískové slévárny se uvolní víko pánve, odklopí se a pomocí elektrického kladkostroje se do pánve spustí přečerpávací zařízení. Po té se odpojí od kladkostroje, vzduchotěsně se uzavře a vozík s pánví zajede k peci do potřebné vzdálenosti. Obsluha otevře regulační ventil a tavenina se přečerpá. Ukončit přečerpávání může buď obsluha uzavřením regulačního ventilu, nebo automaticky tím, že vzduch vnikne do pomocné trubice, čímž dojde k vyrovnání tlaku. Po skončení přečerpávání se sejme přečerpávací zařízení a pánve se odveze do centrální tavírny. Kladkostroj pro zvedání přečerpávacího zařízení je umístěn na drážce napříč celou tavírnou, to umožní přemisťovat přečerpávací zařízení pro obě varianty příjezdu do tavírny.

4.4 Využití nových izolačních materiálů při přepravě slitiny

Nové vláknité izolační materiály se vyznačují velmi pozoruhodnými vlastnostmi. Je to především velmi nízký součinitel tepelné vodivosti, nízká měrná hmotnost, z toho vyplývající i malé hodnoty tepelné akumulace, dále schopnost zvukové izolace a jiné ušlechtilé vlastnosti. Menší hodnota akumulace tepla umožňuje ve spojení s dobrou měřicí regulační technikou lépe řídit tepelné režimy pecí.

Tyto materiály však mají i některé nevýhody. Jsou to zejména malé zkušenosti s jejich použitím, růst požadavků na přesnost a spolehlivost řízení tepelných režimů, poměr-

ně vysoká cena - 1 m³ stojí cca 9 000,- Kčs. Další nevýhodou je též to, že tyto vláknité materiály nejsou použitelné pro přímý styk s roztavenými kovy. U tavicích a udržovacích pecí se dají použít jako izolační mezivrstva pod vrstvu klasické žáruvzdorniny. Tam, kde není bezprostřední styk s roztaveným kovem, se dají s výhodou použít. Tyto materiály se dají dobře řezat, avšak nedají se tvarovat. Pro tvarování se dají použít pouze izolační hmoty Rezistex - Thermovit.

V podmínkách slévárny k. p. Elitex připadá využití nových izolačních materiálů v úvahu u pánve pro rozvoz taveniny z centrální tavnice a pro izolaci udržovacích indukčních pecí, a pro některé další zařízení pro zabránění úniku tepla.

Přehled vyráběných lehčených izolačních materiálů a jejich vlastností dává tab. 1 a tab. 2.

Pro znázornění tepelných poměrů uvádím několik příkladů k použití izolačních materiálů na obr. 2.

Tab. 1: Vyráběné rozměry a tvary izolačních materiálů

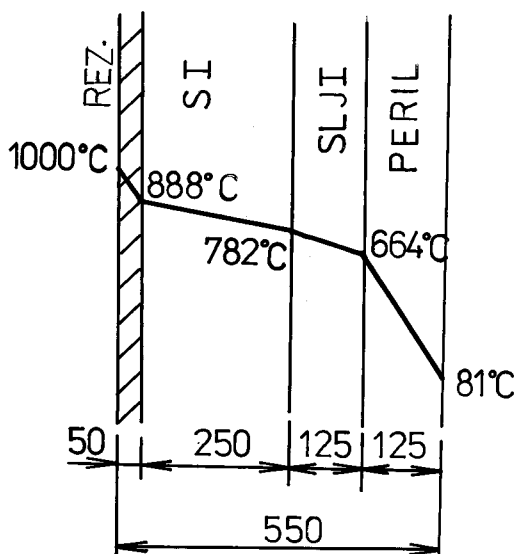
Materiál	Vyráběný tvar	Rozměr	Pozn.
Pěnošamoty	normálky	250 x 123 x 65	rozměry kalibrované
	klíny	DL 25, DL 18, DL 11	
Plastisol	desky	350 x 300 x 100	přesnost ± 2 %
Calothermex	desky	1220 x 620 x 25	
Izomin spec	desky	2000x1300x13,15,19,22,25	
Kolvit	desky, matrace	různé	
Rezistex	desky	1000 x 500 x 13 - 24	

Tab. 2: Vlastnosti lehkých izolačních materiálů

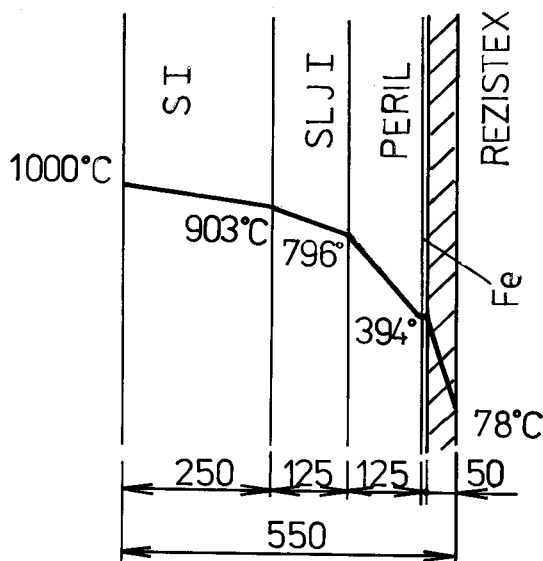
Název		Použitelnost do (°C)	Měrná hmotnost (kg m ⁻³)	Rovnost v tl (MPa) při 20°C	Tepelná vodivost (x m ⁻¹ K ⁻¹) při 20°C	Výrobce, distribuce
Pěnošamot	PSO	1300	1000	4 - 5	0,36	SKZ Most záv. Děčín
	PSV	1500	1000	5 - 6	0,36	
Plastisol	HB 5	1430	500	1,5	0,13	ZKZ Horní Bříza
	HB 7	1430	700	2,7	0,17	
Calothermex	A	650	300	2,5	0,087	Rudné
	B	500	650	5,0	0,135	Baně
	P	650	220	0,2	0,076	Banská
	X	1000	300	1,5	0,087	Štiavnica
Izomin Spec		700	350-400	-	0,04	distribuce Sta- n.p. viva
	Kolvit	700	80	-	0,04	
Rezistex	desky	1260	300	-	0,05	Vítkovice o.p.
	desky	1260	180	-	0,05	Vertex
	plst	1260	118	-	0,06	
Topisol		1400	neurč.	-	neurč.	SVÚT Hradec Králové

Obr. 2 Příkladů použití izolačních materiálů

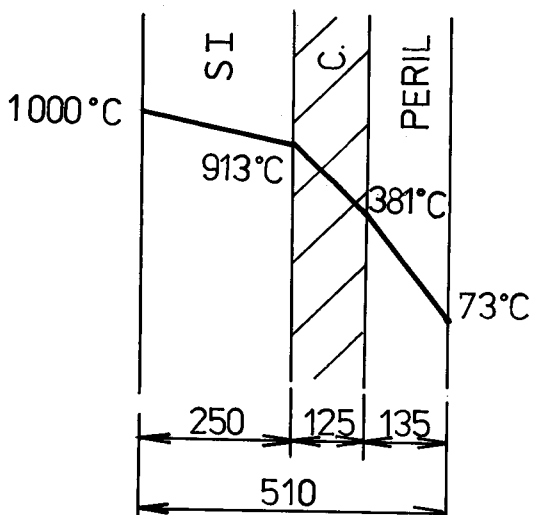
a) Rezistex bloky na šamot. stěně - vhodné



b) Rezistex desky na plášť - nevhodné



c) Celothermex jako izolační mezivrstva - vhodné



ad a) Tento způsob je z hlediska zamezení ztrát tepla nejvýhodnější. Nelze jej však použít u pecí, v nichž je stěna ve styku s roztaveným kovem.

ad b) Toto řešení je nevhodné, neboť se zvyšuje množství akumulovaného tepla ve vyzdívce a zvyšuje se i tepelné namáhání pláště pece.

ad c) Při použití izolační hmoty jako mezivrstvy se dosáhne přijatelných hodnot akumulace tepla ve vyzdívce, plášť pece (pánve) není tepelně zatěžován, prostup tepla se sníží.

5. NÁVRH PŘEPRAVNÍ PÁNVE

Pro přepravu hliníkové taveniny navrhuji použít speciální pánev, která bude převážena na vysokozdvihném vozíku typu DVHM 3222 TM, který je ve slévárně v současnosti k dispozici. Pro tepelnou izolaci pánve navrhuji využít nových vláknitých izolačních materiálů, které mají velmi příznivé hodnoty tepelné vodivosti a nízkou akumulaci tepla. Při aplikaci těchto materiálů jsem vycházel ze zkušeností, které s těmito hmotami mají ve slévárně AZNP v Mladé Boleslavi.

5. 1 Volba objemu pánve

Při návrhu velikosti pánve jsem vycházel z denní potřeby kovu v pískové slévárně a z objemu udržovacích pecí. Při plánovaném zvýšení výroby odlitků v pískové slévárně na hodnotu 600 t ročně, což činí asi 65 % potřeby taveniny, bude potřeba roztaveného kovu cca 920 t ročně. Denní spotřeba taveniny je při 260 pracovních dnech asi 3,5 t. Skutečná denní spotřeba však kolísá podle daného výrobního sortimentu. Užitečný objem udržovacích pecí ABD je 800 kg hliníkové taveniny. Tyto pece budou v pískové slévárně dvě, ale pro zásobování této slévárny taveninou bude stačit za normálních okolností pouze jedna. Objem pánve volím proto takový, aby se dal celý přečerpat do jedné udržovací pece. Volím objem 650 kg slitin. Při předpokládané denní spotřebě 3,5 t bude počet jízd 5 - 6x denně.

5.2 Konstrukční řešení pánve

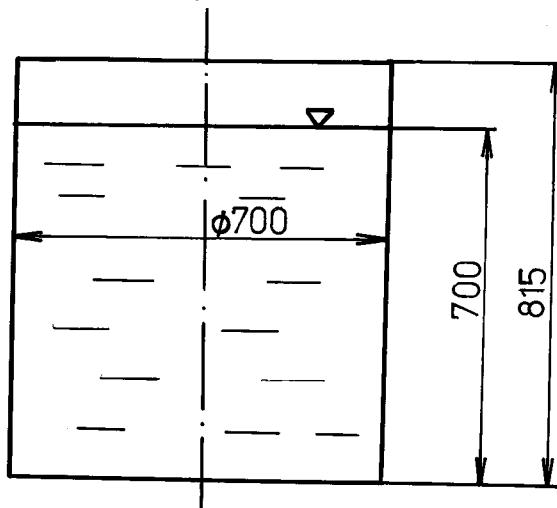
Provedení pánve je vyznačeno na výkrese č. KMM - 05404. Při návrhu jsem vycházel z norem výrobců pánví. Pánev jsem navrhl jako válcovou nádobu svařenou z ocelového plechu třídy 11 373 tloušťky 10 mm, dno je z plechu tloušťky 12 mm.

Na plášť pánve je zhora přišroubována vrchní deska, svařená z plechu 10 mm, pomocí 8 odklopných šroubů M 16. Těsnění mezi vrchní deskou a pláštěm pánve je provedeno třemi azbestovými provazci, sevřenými mezi ocelové příruby. K vrchní desce je přivařeno hrdlo o průměru 300 mm, které je umístěno excentricky, což umožní lepší přístup obsluhy při čištění pánve, i lepší cirkulaci vzduchu při vyhřívání pánve plynovým hořákem. Umístění hrdla excentricky by rovněž umožnilo vylití pánve pomocí jeřábu v případě poruchy přečerpávacího zařízení. Hrdlo se uzavírá víkem, ovládaným ruční pákou. Víko se zajišťuje dvěma šrouby M 36 umístěnými v otočných upínkách. Těsnění víka je provedeno azbestovým mezikružím tloušťky 10 mm, vsazeným do hrdla pánve. Ke spodní části pánve jsou přivařeny dva obdélníkové profily, sloužící pro zasunutí vidlic vysokozdvížného vozíku. Pro potřebu eventuelního zvedání pánve jeřábem jsou k plášti přivařeny dva čepy \varnothing 70 mm umístěné nad těžištěm pánve.

Tepelná izolace pánve je provedena u dna, vrchní desky a víka z izolační hmoty Calothermex X tloušťky 25 mm. Válcová stěna pánve a vrchní desky je izolována hmotou Rezistex plst tloušťky 25 mm (eventuelně dvě vrstvy tloušťky 13 mm). Jelikož se tyto materiály nedají používat pro přímý styk s roztaveným kovem, je nutná žáruvzdorná výduska. Pánev je vydusána hmotou Elektral v tloušťce 80 mm, vrchní deska a víko jsou vydusány žárobetonem. Žárobeton je vyztužen plechovými vyztužemi, které se přivaří k víku a vrchní desce po montáži izolace Calothermex.

5.3 Výpočet skutečného objemu pánve

Obr. 3: Výpočet objemu



užitečný objem:

$$V_u = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h_u = \frac{\pi \cdot 0,7^2}{4} \cdot 0,7 = 0,269 \text{ m}^3$$

$$m_u = V_u \cdot \rho = 0,269 \cdot 2370 = \underline{\underline{638 \text{ kg}}}$$

maximální objem pánve :

$$V_{\max} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h_{\max} = \frac{\pi \cdot 0,7^2}{4} \cdot 0,815 = 0,313 \text{ m}^3$$

$$m_{\max} = V_{\max} \cdot \rho = 0,313 \cdot 2370 = \underline{\underline{742 \text{ kg}}}$$

5.4 Hmotnost pánve

Hmotnost pánve byla vypočtena a je 711,5 kg. Z toho činí hmotnost ocelové konstrukce 410 kg, hmotnost výdušky z Elektralu 185 kg, ze žárobetonu 98,5 kg a hmotnost izolačních materiálů 18 kg. Celková hmotnost pánve naplněné maximálním objemem taveniny je 1453,5 kg, což pro převoz na vysokozdvížném vozíku DVHM 3222 vyhovuje.

5.5 Pevnostní kontrola pánve

Při návrhu pánve jsem vycházel z rozměrových norem výrobců pánví. Podle nich byla navržena tloušťka pláště pánve. Vycházel jsem rovněž z toho, že pánev musí být dostatečně tuhá, aby případné rázy vznikající při manipulaci s pánví nepříznivě neovlivňovaly životnost výdusky.

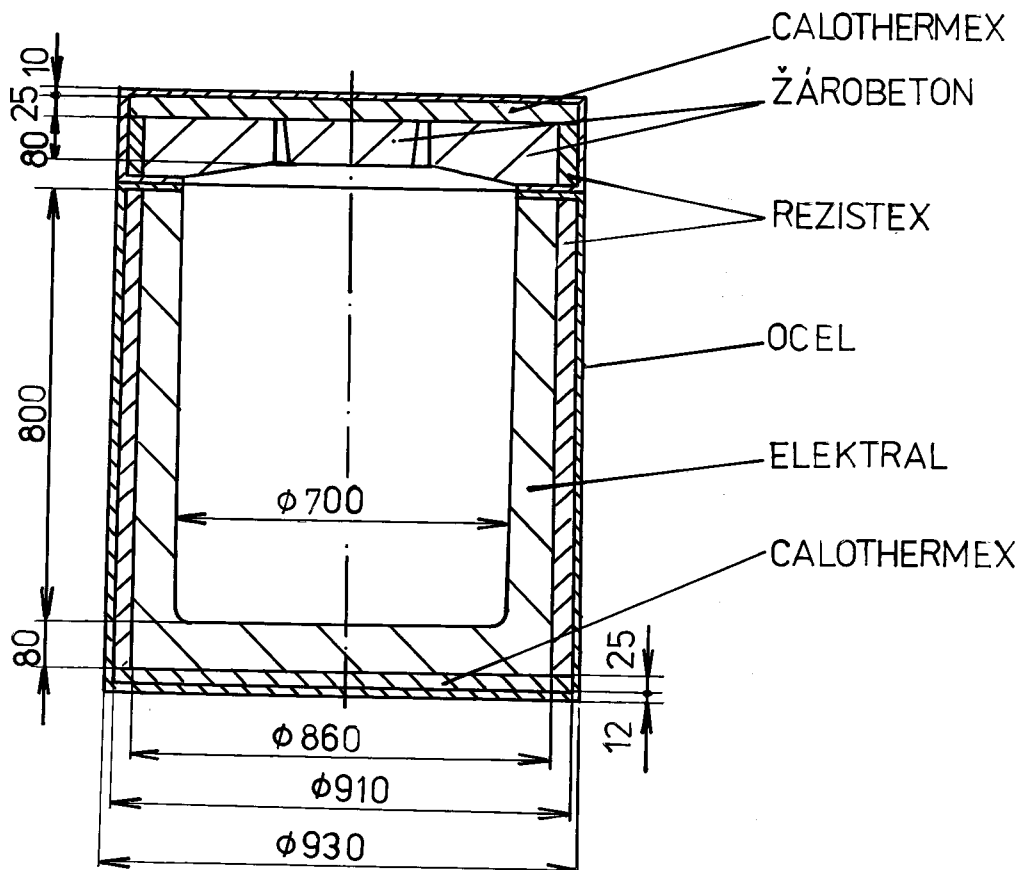
Byly provedeny tyto výpočty:

- napětí ve válcové části pláště: $\sigma = 4,2 \text{ MPa}$
- napětí ve dně pánve (nebyl uvažován vliv zpevnění konstrukce nosníky pro vidlice vozíku):
 $\sigma_{tmax} = 30,4 \text{ MPa}$
 $\sigma_{rmax} = 101,4 \text{ MPa}$
 $k = 2,4$
- napětí v upínacích šroubech desky: $\sigma_{šmax} = 71,3 \text{ MPa}$
 $k = 4,2$
- napětí v čepech: $\sigma_o = 153 \text{ MPa}$
 $\tau = 12 \text{ MPa}$
 $k = 2,3$
- napětí v upínacích šroubech víka: $\sigma_{šv} = 3,7 \text{ MPa}$
- napětí ohybové v upínkách: $\sigma_{ou} = 27 \text{ MPa}$
 $k = 15$
- napětí ohybové v čepech upínek: $\sigma_{oz} = 43 \text{ MPa}$
 $k = 9$
- síla na páce potřebná pro otevření víka pánve:
(vyvolaná dělníkem) $F_D = 105 \text{ N}$

5.6. Výpočet tepelných ztrát

Při výpočtu tepelných ztrát byly uvažovány pouze ztráty přestupem tepla stěnami pánve. Ztráty tepla sáláním a prouděním budou zanedbatelné, neboť pánve bude po dobu přepravy zcela uzavřena.

Obr. 4: Schema pánve pro výpočet přestupu tepla



Tab. 3: Součinitel tepelné vodivosti použitých materiálů

Materiál	Souč. tepelné vodivosti λ [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$]
Elektral	0,21
Žárobeton	0,98
Calothermex	0,087
Rezistex	0,06
Ocel	45

Prostup tepla válcovou stěnou

Zjednodušující předpoklady:

- teplota vnitřní stěny je konstantní a činí 1053 K (780° C)
- izolační vliv ocelového pláště je zanedbán
- předpokládaná teplota vnějšího povrchu pláště je 100° C

Počáteční hodnoty: teplota taveniny $T_t = 1053 \text{ K} = 780^\circ \text{ C}$
teplota okolí $T_o = 273 \text{ K} = 0^\circ \text{ C}$

Součinitel přestupu tepla z pláště do okolí je dle /3/ pro:

- válcovou svislou plochu

$$\alpha_{vz1} = 2,56 \sqrt[4]{\Delta T} = 2,56 \cdot \sqrt[4]{100} = 8,09 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$$

vodorovnou plochu vyměňující teplo zdola (dno)

$$\alpha_{vz2} = 1,68 \sqrt[4]{\Delta T} = 1,68 \sqrt[4]{100} = 5,31 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$$

vodorovnou plochu vyměňující teplo shora

$$\alpha_{vz3} = 3,26 \sqrt[4]{\Delta T} = 3,26 \sqrt[4]{100} = 10,3 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$$

Součinitel prostupu tepla je pro válcovou stěnu:

$$K_1 = \frac{1}{\frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_F} + \frac{\ln \frac{r_3}{r_2}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_R} + \frac{1}{\alpha_{vz1} \cdot 2 \pi \cdot r_4}}$$

$$\text{kde } r_1 = \frac{0,7}{2} = 0,35 \text{ m}$$

$$r_2 = \frac{0,86}{2} = 0,43 \text{ m}$$

$$r_3 = \frac{0,91}{2} = 0,455 \text{ m}$$

$$r_4 = \frac{0,93}{2} = 0,465 \text{ m}$$

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1 \text{ m} \cdot \frac{0,43}{0,35}}{2 \cdot \pi \cdot 0,21} + \frac{\ln \frac{0,455}{0,43}}{2 \cdot \pi \cdot 0,06} + \frac{1}{8,09 \cdot 2 \pi \cdot 0,465}} =$$

$$= 2,8686 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

prostup tepla $\dot{q}_1 = K_1 \cdot (T_t - T_o) = 2,8686 \cdot 780 = 2\,237 \text{ W m}^{-1}$

množství tepla protékající válcovou stěnou pánve:

$$\dot{Q}_1 = \dot{q}_1 \cdot h = 2\,237 \cdot 0,8 = \underline{1790 \text{ W}}$$

Při předpokládané době přepravy taveniny maximálně 20 minut (1200s) činí ztráty válcovou stěnou :

$$Q_1 = \dot{Q}_1 \cdot \tau = 1\,790 \cdot 1200 = \underline{2\,148\,000 \text{ J}}$$

Určení teploty jednotlivých vrstev izolace válcové části pánve:

$$T_1 = 1\,053 \text{ K}$$

$$T_2 = T_1 - \dot{q}_1 \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_E} = 1053 - 2237 \cdot \frac{0,2059}{2 \cdot \pi \cdot 0,21} = \underline{603,8 \text{ K}}$$

(430,8° C)

$$T_3 = T_2 - \dot{q}_1 \frac{\ln \frac{r_3}{r_2}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_R} = 603,8 - 2237 \cdot \frac{0,056}{2 \cdot \pi \cdot 0,06} = \underline{367,8 \text{ K}}$$

$T_4 \hat{=} T_3 = 367,8 \text{ K} (94,8^\circ \text{ C}) \dots\dots$ teplota povrchu pláště odpovídá předpokladu

Prostup tepla dnem pánve

$$\text{Součinitel prostupu tepla } K_2 = \frac{1}{\sum_i \frac{L_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{vz2}}}$$

kde i je počet vrstev izolace

$$K_2 = \frac{1}{\frac{0,08}{0,21} + \frac{0,025}{0,087} + \frac{1}{5,31}} = 1,1678 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$$

prostup tepla: $\dot{q}_2 = K_2 \cdot (T_t - T_o) = 1,1678 \cdot 780 = 910,9 \text{ W m}^{-2}$

množství protékajícího tepla:

$$\dot{Q}_2 = \dot{q}_2 \cdot S = \dot{q}_2 \cdot \frac{\pi \cdot D_s^2}{4} = 910,9 \cdot 0,52 = 474 \text{ W}$$

kde $D_s = \frac{0,93 + 0,7}{2} = 0,815 \text{ m}$ je střední průměr pánve

ztráty během 20 minut: $Q_2 = \dot{Q}_2 \cdot \tau = 474 \cdot 1200 = 568 800 \text{ J}$

Určení teploty jednotlivých vrstev izolace dna:

$$T_1 = 1053 \text{ K}$$

$$T_2 = T_1 - \dot{q}_2 \cdot \frac{L_1}{\lambda_E} = 1053 - 910,9 \cdot \frac{0,08}{0,21} = 705 \text{ K (432}^\circ \text{ C)}$$

$$T_3 = T_2 - \dot{q}_2 \cdot \frac{L_2}{\lambda_c} = 705 - 910,9 \cdot \frac{0,025}{0,087} = 443 \text{ K (170}^\circ \text{ C)}$$

$$T_3 \doteq T_4$$

Prostup tepla vrchní deskou

Vliv ocelové výztuže víka a desky zanedbávám, rovněž prostup tepla válcovou částí desky neuvažuji, teplotu vnitřní stěny žárobetonu předpokládám 1053 K (neuvažuji součinitel přestupu tepla sáláním a prouděním).

$$\text{součinitel prostupu tepla: } K_3 = \frac{1}{\sum_i \frac{L_i}{\lambda_i} + \alpha_{vz_3}}$$