

VÝVOJ NÁKLADOVÉHO HODNOCENÍ APRETACE ODLITKŮ (II. etapa)

PROJEKT XIII



XII. seminář

ŽĐAS, a.s. - Svratka 26. 3. 2013

Koordinátor: Doc. Ing. Václav Kafka, CSc.

Řešitelé:

p. Jaroslav Brhel
Ing. Pavel Jelínek
p. Reinhold Lasák
Bc. Roman Miča
Ing. Gabriela Staníčková
Ing. Blanka Vyletová

p. Miroslav Herzán
Ing. Ivo Lána, Ph.D.
Ing. Ervin Marko
Ing. Marcel Novobilský
Ing. Michaela Strouhalová

**BRELAMOS, s.r.o., Ostrava
KRÁLOVOPOLSKÁ SLÉVÁRNA, s.r.o., Brno
SLÉVÁRNA A MODELÁRNA NOVÉ RANSKO, s.r.o., Nové Ransko
SLÉVÁRNY TŘINEC, a.s., Třinec
TECHCONSULT, Praha
ŽĐAS, a.s., Žďár nad Sázavou**

**Práce byla vykonána za finanční podpory Odborné komise ekonomické ČSS Brno
a zúčastněných společností.**

březen 2013

OBSAH

1	ÚVOD.....	4
2	VÝCHOZÍ SITUACE PROJEKTU XIII.....	4
2.1	Vymezení výrobní fáze apretace.....	4
2.2	Zevrubný popis použité metodiky stanovení nákladů.....	4
2.3	Vytvoření metodiky stanovení nákladové náročnosti apretace	6
3	ÚVODNÍ KROKY ŘEŠITELSKÉHO TÝMU V PROJEKTU XIII	7
3.1	Snaha o rozšíření řešitelského týmu PROJEKTU XIII.....	7
3.2	Zařazení nových odlitků do sledování	8
3.3	Pokus o získání grantové podpory pro řešení projektu	8
3.4	Zásady (pravidla) řešení projektu	8
3.5	Cíle PROJEKTU XIII	8
4	INFORMACE O ŘEŠITELSKÝCH ORGANIZACÍCH V PROJEKTU XIII.....	9
4.1	BRELAMOS, s.r.o. Ostrava	9
4.2	KRÁLOVOPOLSKÁ SLÉVÁRNA, s.r.o. Brno	9
4.3	SLÉVÁRNA A MODELÁRNA NOVÉ RANSKO, s.r.o.....	10
4.4	SLÉVÁRNY Třinec, a.s.....	12
4.5	ŽĐAS a.s. obor Metalurgie – výroba odlitků	13
4.6	EW WÜRTH STRAHLMITTEL – výrobce abraziva	15
4.7	KONRAD RUMP – výrobce tryskacích strojů a zařízení.....	15
5	HODNOCENÍ CELKOVÝCH NÁKLADŮ ODLITKŮ S KOMPLEXNÍ APRETACÍ.....	16
5.1	Rozdělení posuzovaných odlitků do relativně porovnatelných skupin.....	16
5.2	Úvodní posouzení NVN apretace ocelových odlitků s komplexní apretací.....	17
5.2.1	Vytipování a popis vybraných charakteristik odlitků	18
5.2.2	Hledání závislostí nákladů na apretaci celkem na vybraných charakteristikách	24
5.3	Porovnání nákladů na zajištění u výrobní fáze apretace „stejně jakosti odlitků“	26
5.3.1	Hodnocení výrobních nákladů (skupina A) u apretace odlitků	28
5.3.2	Posouzení závislostí nákladů skupiny A (výrobní) na apretaci celkem na vybraných charakteristikách odlitků	30
6	HODNOCENÍ NÁKLADŮ „VÝROBNÍCH – sk. A“ JEDNOTLIVÝCH FÁZÍ APRETACE.....	33
6.1	Posouzení „výrobních nákladů – sk. A“ u výrobní fáze A.Transport a odstranění zbytků formovacích směsí	33
6.1.1	Posouzení „výrobních nákladů – sk. A“ u dílčí výrobní fáze A.1 Přeprava odlitků do čistírny	33
6.1.2	Posouzení „výrobních nákladů – sk. A“ u dílčí výrobní fáze A.2 Odstranění zbytků formovacích směsí na odlitku	33
6.2	Posouzení „výrobních nákladů – sk. A“ u výrobní fáze B. Mechanické čištění (tryskání)	34
6.2.1	Podrobnější posouzení výrobních nákladů (sk. A) na mechanické čištění.....	35
6.2.2	Obecné posouzení tryskacích zařízení.....	36
6.2.3	Posouzení tryskacích zařízení sléváren v PROJEKTU XIII.....	39
6.2.4	Posouzení vlivu použitých formovacích směsí na náklady tryskání.....	41
6.2.5	Posouzení výběru abraziva a jeho optimální aplikace v tryskacím zařízení	43
6.2.6	Možná opatření, která povedou k optimalizaci nákladů na tryskání.....	48
7	ZÁMĚRY ROZPRACOVANÉ	50
8	NÁVRH DALŠÍHO POSTUPU	50

9 ZÁVĚR.....	50
LITERATURA	53
SEZNAM ZKRATEK	53
SEZNAM TABULEK.....	54
SEZNAM OBRÁZKŮ	54
SEZNAM PŘÍLOH	54
P1 – Konkrétní hodnoty (podrobné tabulky) pro všechny sledované odlitky (24 odlitků) – viz CD rom.....	54
P2 – Grafy závislosti nákladů apretace na charakteristikách odlitků – viz CD rom.....	55
P3 – Grafy výrobních nákladů (sk. A) a nákladů na mechanické čištění – viz CD rom.....	56
P4 – Zkušební protokoly abraziva a jeho spotřeba ve slévárnách v PXIII – viz CD rom.....	56
P5 – Podklady k rozpracovaným úkolům – viz CD rom	56
PŘÍLOHA P2 – Grafy závislosti nákladů apretace na charakteristikách odlitků	57

1 ÚVOD

Odborná komise ekonomická ČSS cíleným postupem od r. 2000 nákladově posuzuje jednotlivé hlavní výrobní fáze výroby odlitků. Cílem je postupně podrobit všechny nákladové analýze a následně vytvořit modely, které by umožnily zjistit nákladovou náročnost každého konkrétního odlitku. Posléze – když dokážeme příslušnou nákladovou hodnotu měřit – je také možné ji řídit.

Již druhým rokem se věnujeme oblasti apretace odlitků. Nyní se řešitelský kolektiv blíže zaměřuje na otázky mechanického čištění (tryskání) a také hledání charakteristických veličin odlitků, které by následně mohly umožnit s jistotou přesností stanovit náklady na tuto výrobní fázi.

2 VÝCHOZÍ SITUACE PROJEKTU XIII

PROJEKT XIII (PXIII) úzce navazuje na studii PROJEKTU XII (PXII) /1/, kde jsme s problematikou nákladovosti apretace začínali.

2.1 Vymezení výrobní fáze apretace

Cílem PXII bylo vyvinout metodiku nákladového ohodnocení hlavní výrobní fáze apretace. Nejprve bylo provedeno ohraničení této fáze. Za začátek sledování byla označena doprava odlitků z „prostoru“ vytloukání (po jeho ukončení) do místa, kde bude následovat úvodní výrobní fáze apretace, která je nazvaná „transport a odstranění zbytků formovacích směsí“. Vytloukání odlitků nebylo předmětem sledování PXII. Hlavní výrobní fáze apretace končila odvezením odlitku na sklad.

Následně se zaměříme na popis metodiky stanovení nákladů.

2.2 Zevrubný popis použité metodiky stanovení nákladů

Nejprve jsme si tuto hlavní výrobní fázi rozdělili na 10 výrobních fází. Kupříkladu:

- A. Transport a odstranění zbytků formovacích směsí.
- B. Mechanické čištění (tryskání) I., II., III., IV., atd.
- C. Tepelné zpracování I., II., III., IV., atd.

Zvolené výrobní fáze jsme následně dělili na dílčí výrobní fáze:

A. Transport a odstranění zbytků formovacích směsí:

- A.1 Přeprava odlitku do čistírny
- A.2 Odstranění zbytků formovacích směsí z odlitku

B. Mechanické čištění (tryskání):

- B.1 Přeprava odlitku do tryskacího zařízení
- B.2 Tryskání odlitku
- B.3 Přeprava odlitku z tryskacího zařízení

C. Tepelné zpracování (TZ):

- C.1 Příprava odlitku k TZ
- C.2 Tepelné zpracování
- C.3 Přeprava odlitku po TZ

D. Odstranění nálitků a vtokové soustavy (odřezávání, upalování, urážení, apod.):

- D.1 Přeprava odlitku k odstranění nálitků a vtokové soustavy
- D.2 Příprava a manipulace s odlitkem
- D.3 Odstranění nálitků a vtoků, čištění (odstranění strusky)
- D.4 Přeprava odlitku po odstranění nálitků a vtokové soustavy
- D.5 Úklid odstraněných částí

E. Úprava plochy po odstranění nálitků a vtokové soustavy, hrubé broušení:

- E.1 Přeprava odlitku k broušení
- E.2 Příprava a manipulace s odlitkem
- E.3 Hrubé broušení
- E.4 Přeprava odlitku po broušení

F. Odstraňování vad (drážkování, broušení, vypalování, přebrušování, apod.):

- F.1 Přeprava odlitku k odstranění vad
- F.2 Příprava a manipulace s odlitkem
- F.3 Drážkování, vypalování, broušení, čištění (odstranění strusky)
- F.4 Přeprava odlitku po odstranění vad

G. Zavařování vad:

- G.1 Přeprava odlitku k zavařování
- G.2 Příprava a manipulace s odlitkem
- G.3 Zavařování vad
- G.4 Přeprava odlitku po zavařování

H. Jemné broušení:

- H.1 Přeprava odlitku k broušení
- H.2 Příprava a manipulace s odlitkem
- H.3 Jemné broušení
- H.4 Přeprava odlitku po broušení

I. Zažehlování svárů vad:

- I.1 Přeprava odlitku k zažehlování svárů
- I.2 Zažehlování
- I.3 Přeprava odlitku po zažehlování

J. Broušení svárů:

J.1 Přeprava odlitku k broušení

J.2 Příprava a manipulace s odlitkem

J.3 Broušení

J.4 Přeprava odlitku po broušení

Následně jsme se mohli již zaměřit na vytvoření vlastní metodiky stanovení nákladů na apretaci odlitků.

2.3 Vytvoření metodiky stanovení nákladové náročnosti apretace

Pro stanovení nákladů jsme vycházeli z osvědčené metody využití tak zvaných neúplných vlastních nákladů (NVN). Zaměřili jsme se záměrně na nákladové ohodnocení těch výrobních faktorů, které výrobní střediska (pracovní týmy) přímo ovlivňují. Nevěnovali jsme záměrně pozornost režijním nákladům, odpisům, nákladům správy atd.

Tyto NVN jsme následně rozdělili na náklady materiálové – MN (zahrnovaly veškeré hmotné položky) a zpracovací – ZN (kupříkladu energie, osobní náklady atd.)

Jako další krok byl proveden podrobný popis pracovních úkonů (operací) provedených na každém posuzovaném odlitku. Slévárny, které byly zařazeny do řešitelského týmu, si pro sledování zvolily své odlitky. Výběr odlitků byl dán (u ocelových odlitků s „úplnou apretací“) zejména možnostmi slévárny a hrubou hmotností okolo 1 tuny. U odlitků z LLG a LKG hrubou hmotností okolo 100 kg. Příklad provedení popisu operací konkrétního odlitku - viz /1/ s.18 - 21.

Jak je známo náklady na apretaci jsou nejen relativně vysoké (předpokládá se 30 – 35 % z úplných vlastních nákladů expedovaného odlitku), ale také velice různorodé.

Proto se v následujícím kroku řešitelský tým v /1/ zaměřil na zjednodušení nákladových propočetů a v některých případech i zanedbání ohodnocení některých pracovních úkonů. Důvodem byla zejména jejich nízká výše, naprostá výjimečnost, apod. Kupříkladu náklady na opotřebení pneumatického nářadí, na spotřebu pálicích trysek, na odsávání hal apod. Dále jsme respektovali i přístupy z dříve řešených projektů. Příkladem je neuvažování nákladů na ochranné pomůcky. Nicméně ve všech případech byla provedena úvaha o výši takto záměrně opomíjených nákladů na sledované odlitky. Ve všech případech nebyly významné - viz /1/ s.12-14.

Při stanovování nákladů na některé pracovní úkony vznikla nutnost hledat postupy jak se vyhnout zcela mimořádným a někdy i komplikovaným měřením, aby příslušný náklad byl zcela přesně stanoven. Proto byl proveden výběr specifických metod pro stanovení nákladů na vybrané pracovní úkony. Takto byly kupříkladu popsány postupy stanovení nákladů na spotřebu plynů, tam kde není zabudované měření spotřebovaného množství. Dále spotřeby elektrické energie, apod. – viz /1/ s.14-17.

Následně bylo možné přistoupit podle dříve vyvinutých metod ke stanovení NVN na apretaci pro sledované odlitky. Je třeba připomenout, že jsme opět využívali tabulkový procesor EXCEL, ve kterém jsme následně vhodně využili jednotlivé listy s názvy, které vystihují jejich náplň. Kupříkladu pro odlitek č. O.3, to byly tabulky viz/1/ s, 21-26:

O.3-1: Základní informace o odlitku,

O.3-2: Ceny, pracovníci (informuje o použitých cenách, nákladových sazbách a sazbách osobních nákladů pro zapojené pracovníky),

O.3-3: Dotazník (vybrané informace o použitých zařízeních a dobách práce zapojených pracovníků v dílčích výrobních fázích),

O.3-4: Náklady (automaticky vypočítané náklady v detailním členění, které vycházely z hodnot uvedených v dotazníku),

O.3-5: Souhrnné náklady (dle výrobních fází),

O.3-6: Souhrnné náklady – (detailní dle materiálových a zpracovacích nákladů),

O.3-7: Souhrnné náklady (komplexní dle materiálových a zpracovacích nákladů).

Podle naznačených postupů bylo nákladově oceněno celkem 10 odlitků z oceli (označení O.1 – O.10), 10 odlitků z litiny s lupínkovým grafitem (LLG) označených O.11 – O.20 a jeden odlitek z litiny s kuličkovým grafitem (LKG) – označeným O.21.

Konkrétní hodnoty pro všechny sledované odlitky jsou uvedeny v příloze **P1**. Z těchto údajů je následně možné vyjít pro provedení bližšího zkoumání zjištěné nákladové výše.

Můžeme tedy konstatovat, že výsledky PXII byly zásadním podkladem pro další šetření. Těmi, jak uzavírala zpráva /1/ bylo v první řadě hledání cest ke snížení nákladové náročnosti apretace.

V PXIII jsme se mimo jiné zaměřili na rozšíření řešitelského kolektivu, zařazení nových odlitků do sledování a také jsme se pokusili o získání finanční podpory pro řešení.

3 ÚVODNÍ KROKY ŘEŠITELSKÉHO TÝMU V PROJEKTU XIII

3.1 Snaha o rozšíření řešitelského týmu PROJEKTU XIII

V úvodu řešení každého PROJEKTU se řešitelský tým vždy snaží rozšířit o další slévárny.

U PXIII jsme uvažovali o doplnění Slévárny Elitex, a.s. Zájem ze slévárny byl sice projeven, nicméně v té době se nejevila připravenost k řešení.

Obrátili jsme se také na ZPS – SLÉVÁRNA a.s. Zlín. Tam byla výhoda v tom, že pracovníci této firmy v našich řešitelských týmech již dříve velice intenzivně pracovali. A mají tedy k této činnosti niterný vztah. Bohužel i zde se jevílo, že nové vedení není na tuto situaci patřičně připraveno.

Podobně dopadla také naše iniciativa ve Slévárně UNEX Uničov, Vítkovických slévárnách v Ostravě a slévárně 330 v Heavy Machinery Vítkovice a.s.

Se stejnou nabídkou jsme se také obrátili i na slévárnu ŽďAS a.s. ve Žďáru nad Sázavou, jejíž odpovědní pracovníci projevili zájem o spolupráci na daném projektu. Následně zástupce této slévárny rozšířil náš řešitelský kolektiv.

Bohužel na druhé straně nepříznivá situace v DSB EURO s.r.o, Blansko měla za následek, že zástupci této slévárny museli s naším řešitelským kolektivem ukončit dlouholetou spolupráci.

3.2 Zařazení nových odlitků do sledování

Při pokračování řešení oblasti apretace vznikla otázka na rozšíření sortimentu sledovaných odlitků.

Slévárna KPS Brno doplnila jeden odlitek – O.22 s názvem Rám. Nově zařazená slévárna ŽĎAS doplnila dva odlitky. První s označením O.23 s názvem Čep a druhý s názvem Vnitřní skříň označeném O.24.

3.3 Pokus o získání grantové podpory pro řešení projektu

Pro úplnost je třeba dodat, že byla snaha i o získání grantové podpory k řešení této problematiky. Bohužel vše nasvědčuje tomu, že spojené úsilí sléváren při řešení podobné problematiky není grantovými agenturami podporováno. A bohužel také ČSS nemůže být příjemcem těchto financí. Nepodařilo se také zajistit, aby nositelem řešení byla konkrétní slévárna.

Následně je třeba připomenout alespoň hlavní pravidla řešení PXIII.

3.4 Zásady (pravidla) řešení projektu

Také u PXIII řešitelský tým postupoval podle dříve vyvinutých a osvědčených pravidel a zásad – viz kupříkladu popsany přístup v kapitolách 2.1, 2.2 a 2.3. Přísně jsme dbali na přesnou registraci jakékoli i třeba výjimečné skutečnosti u konkrétního posuzovaného odlitku. A to i za cenu, že popsany stav může být výjimkou a u jiných odlitků bude situace odlišná. Pokud od zjištěných informací následně abstrahujeme nebo hypoteticky konstruujeme možný jiný stav, je to vždy podrobně uvedeno.

Poté bylo možné definovat cíle PXIII.

3.5 Cíle PROJEKTU XIII

Vzhledem k tomu, že problematika hodnocení nákladovosti apretace je oblast zatím prakticky neřešená stanovili jsme si pro PXIII pouze dva hlavní cíle:

- Vyvinout charakteristiky odlitků, které budou co možná nejpřesněji vystihovat povrchové, hmotnostní a tvarové zvláštnosti posuzovaných odlitků. Dále hledat závislosti nákladů vzniklých při apretaci na těchto veličinách.
- Analyzovat hlavní vlivy, které rozhodujícím způsobem ovlivňují nákladovou náročnost mechanického čištění (tryskání) odlitků. Hledat možná opatření, která mohou náklady snížit.

Uvedené hlavní cíle řešit pro ocelové odlitky, které prošly všemi výrobními fázemi apretace (tedy komplexní apretací).

4 INFORMACE O ŘEŠITELSKÝCH ORGANIZACÍCH V PROJEKTU XIII

4.1 BRELAMOS, s.r.o. Ostrava

Firma se zabývá, mimo jiné, cídáním a opravami odlitků z oceli, LLG a LKG v hmotnostech od 20 kg do 10 000 kg, výjimečně až 20 000 kg. Pro tuto činnost jsou k dispozici čtyři svářečská pracoviště vybavená svářečkami MIG-MAG o výkonu max. 400 a 500 A. K opravám speciálních materiálů, nebo tam kde to zákazník vyžaduje, se k opravám a odstraňování vad používají ruční obloukové svářečky o výkonu max. 600 A. Pro proces odstraňování vad jsou nutné uhlíkové elektrody a stlačený vzduch.

Broušení odlitků je prováděno ručními elektrickými bruskami značky DEWALT a BOSCH.

Tepelné zpracování a tryskání odlitků se provádí v kooperaci. Maximální rozměry výrobků jsou 3x3 a 5x2,5 m. Tepelné zpracování je prováděno v elektrické peci, jejíž kapacita je max. 20 tun. Tryskání je prováděno v komorových nebo bubnových tryskačích, dle rozměru výrobku.

Nedestruktivní i destruktivní zkoušky jsou prováděny dvěma externími organizacemi.

Pro opravy svařováním jsou schválené postupy, certifikované společnostmi TÜV, BureauVeritas a Lloyd's Register.

4.2 KRÁLOVOPOLSKÁ SLÉVÁRNA, s.r.o. Brno

Slévárna se zabývá kusovou a malosériovou výrobou ocelových odlitků odlévaných do pískových forem. Standardní odlitky pro strojní zařízení jsou vyráběny z konstrukčních ocelí a nízkolegovaných materiálů se zvýšenými mechanickými hodnotami. Velkou skupinou jsou odlitky z legovaných ocelí pro speciální použití, které tvoří až 40% produkce. Výroba probíhá na základě manuálu kvality dle normy ISO 9001-2008 včetně vystavení atestů a protokolů. Kromě této základní certifikace je slévárna držitelem materiálových certifikátů od klasifikačních společností: ABS, BV, DNV, GL a TÜV NORD. Hmotnost odlitků se pohybuje v rozsahu 5 kg - 4500 kg.

Základní technologické úseky slévárny jsou: pracoviště odstředivě litých trubek (OLT), tavírna, formovna s jadernou a přípravnou formovacích směsí, tepelné zpracování odlitků (TZ) a čistírna odlitků.

Pracoviště OLT – odstředivě lité trubky jsou dodávány v 36 odstupňovaných velikostech v rozmezí vnějšího průměru 71 – 406 mm, o maximální délce 4000 mm. Minimální tloušťka stěny trubky je 8 mm.

Tavírna - výrobu tekutého kovu zajišťuje tavírna jednou EOP o nominální hmotnosti 5t vsázky, dvěma IP 1 x 0,5t a 1 x 1t. Dále novou 3t IP INDUKTOTHERM, která je hlavním tavícím agregátem.

Formovna a jaderna - ve slévárně je zavedena ruční výroba forem a jader. Pro výrobu forem se samotvrdnoucí formovací směs Alpha-set připravuje v průběžném mísiči o výkonu 20t/hod. Pro výrobu jader se tato směs vyrábí na průběžném mísiči o výkonu 3t/hod. Další jádrová směs se připravuje z ostřiva a vodního skla (vytvrzované CO₂) v kolovém mísiči. Formovna a jaderna je dále vybavena S-mísiči na přípravu směsí s nekřemenným ostřivem.

Písková laboratoř zajišťuje kontrolu kvality vstupních surovin do formovny (ostřiva) a kontrolu regenerované směsi. Dále provádí průběžnou provozní kontrolu připravovaných samotvrdnoucích směsí a jejich uvolnění do výroby na základě zkoušek pevnosti v ohybu. U jádrových směsí s vodním sklem provádí zkoušky pevnosti v tlaku, prodyšnosti a zkoušky vlhkosti směsi.

Tepelné zpracování odlitků – pracoviště je vybaveno třemi vozovými žihacími pecemi a jednou vozovou kalící pecí. Dvě z těchto pecí jsou po modernizaci řízeny automatickým řídicím systémem. Všechny pece jsou vytápěny zemním plynem. V kalící peci je maximální dosažitelná teplota 1100 °C. Kalení se provádí na vzduchu nebo ve vodní lázni. Kalení do oleje zajišťuje slévárna v kooperaci.

Čistírna – tryskání odlitků se provádí v komorovém závěsném tryskači Gutmann se 4 metacími koly (abrazivo – ocelové broky S390). Dále se využívá komorový tryskač se zavážecím vozem (abrazivo – litinová drť) a dva pásové tryskače s metacími koly typu PTB5 a WS5 (abrazivo – ocelové broky S780). Nálitky a vtoky se upalují kyslíko-acetylenovým plamenem. U odlitků z vysokolegovaných materiálů se používá upalování exotermickým práškem. Začistění stop po nálitcích se provádí na drážkovacím stroji HOBART. Broušení odlitků se zajišťuje závěsnými kyvadlovými bruskami typu KB40 a ručním pneumatickým nářadím. Čistírna je také vybavena apretační kabinou TELLUS TG700. Opravy odlitků se provádějí ručním zavařováním obalenou elektrodou (MMA) nebo svařovací metodou MIG/MAG. Pro sušení elektrod se používá centrální sušící pec. Všechna čtyři pracoviště svářečů jsou ještě vybavena vlastní malou sušící pískou.

Slévárna také zajišťuje hrubování odlitků ve vlastní hrubovně, která je vybavena karusely typu SK 12, 12EK85, 1L525 a hrotovým soustruhem SU63A. Dále případně zadává odlitky na opracování do kooperace.

4.3 SLÉVÁRNA A MODELÁRNA NOVÉ RANSKO, s.r.o.

Slévárna vyrábí odlitky pro širokou skupinu tuzemských i zahraničních zákazníků.

Specializuje se na technologicky náročné odlitky. Využívá technologií strojního i ručního formování do bentonitových i samotvrdnoucích směsí. Slitiny hliníku odlévá i do kovových forem. Vedle slévárenské produkce společnost zajišťuje výrobu dřevěných, plastových a kovových modelových zařízení a kovových forem, jak pro vlastní slévárnu, tak pro tuzemské i zahraniční odběratele. Část produkce odlitků obrábí ve vlastní CNC obrobně. Mimoto zajišťuje TZ odlitků a provádí povrchové úpravy odlitků ekologickými nátěrovými hmotami.

Odlitky jsou vyráběny z LKG a LLG, ze slitin hliníku s křemíkem a ze slitin mědi. Výrobní sortiment je velmi pestrý, od drobných odlitků až po odlitky středních hmotností. Hmotnostní omezení, dané technologickým zařízením, je u slitin neželezných kovů 500 kg, u litin 3 000 kg.

Slévárna litin používá k výrobě LLG dvě indukční pece (IP) středofrekvenční ABP se dvěma kelímky o obsahu max. 4 t taveniny. K výrobě menších objemů litinových tavenin je využívána IP se jmenovitou hmotností vsázky 600 kg. Maximální současný tavíci výkon obou IP je 30 000 kg.

Slévárna neželezných kovů používá k tavení kelímkové pece vyhřívané zemním plynem. Tavírna je vybavena dvěma pecemi o obsahu 750 kg. Dále dvěma o obsahu max. 600 kg taveniny a třemi pecemi o obsahu 100 kg (nebo 300 kg slitin mědi). Maximální současný tavíci výkon je 8 000 kg. Kokilárna je vybavena devíti odporovými pecemi o jmenovitém obsahu 60 až 500 kg.

Slévárna litin vyrábí formy na třech strojních a jednom ručním pracovišti z bentonitových formovacích směsí. Formy pro větší kusové až malosériové zakázky vyrábí na formovně samotvrdnoucích směsí (dvouramenný míšič WÖHR). Nátěry na formy i jádra jsou lihové. Slévárna neželezných kovů vyrábí formy na strojním a ručním pracovišti (pět až šest formířů). Nátěry neprovádí, dle potřeby se provádí postřík na zpevnění hran forem. Zahrnuje bezrámovou formovnu, UNIVERSAL KFA 20 (s výkonem cca 200 forem/směnu a 580 x 500 v dělicí rovině), šest FOROMATŮ 20 (max. 900 forem/směnu, rámy 350 x 450 x 100) a dva RETOMATY 30 (max. 120 forem/směnu, rámy 500 x 600 x 150 nebo 200). Slévárna slitin neželezných kovů má strojní formovnu (čtyři FOROMATY 20 o max. výkonu 200 forem/směnu s rámy 350 x 450 x 100 nebo 150 a 200). Na jejím ručním pracovišti vybaveném pneumatickými pýchovačkami je sortiment nesourody (kusová až malosériová výroba).

K výrobě forem je použita jednotná, modelová a výplňová bentonitová, furanová a geopolymerní formovací směs. Ve slévárně neželezných kovů je na formy využíváno cca 30 % směsí a cca 70 % na velká jádra.

Podíl ručního a strojního formování je různý. U slévárny litin je dle tržeb cca 50 % ruční a 50 % strojní práce. Slévárna slitin neželezných kovů opět dle tržeb má cca 25 % ruční a 25 % strojní práce. Asi z 50 % jsou odlitky lité do kovových forem.

Slévárna litin je vybavena malou jadernou (CB amin, akrylát) s automatickým vstřelovacím strojem LAEMPE, dvěma foukacími stroji a dvěma ručními pracovišti. Foukaná a ručně formovaná jádra jsou vyráběna z jádrové směsi s akrylátovým pojivem. Jádra jsou vytvrzována oxidem uhličitým. Velká jádra jsou vyráběna ručně s využitím jednoramenného průběžného míšiče WÖHR z furanové formovací směsi. Jádra jsou máčena v lihovém nátěru. Slévárna slitin neželezných kovů je vybavena malou jadernou (akrylát) se třemi foukacími stroji a dvěma ručními pracovišti. Foukaná a ručně formovaná jádra jsou vyráběna z geopolymerní směsi. Velká jádra jsou rovněž z geopolymerní směsi. Ve velké jaderně je instalován jednoramenný míšič WÖHR.

Pravidelně (třikrát až čtyřikrát za pracovní směnu) je kontrolována prodyšnost a pevnost v tlaku u formovacích bentonitových směsí. Příprava formovacích směsí pro bezrámové formovny je navíc vybavena přístrojem na zjištění spěchovatelnosti. Dle potřeby (vstupní kontrola a požadavky formoven) se provádějí síťové rozbor, vyplavitelné a spalitelné látky. U samotvrdnoucích a jádrových směsí je prováděna cca dvakrát za směnu zkouška pevnosti v ohybu. Opracování odlitků probíhá ve vlastní CNC obrobně, vybavené dvěma soustružnickými a třemi frézovacími centry.

V současnosti probíhá výstavba nové slévárny neželezných kovů. Tři pracoviště budou významně inovována (tavírna, ruční formovna a strojní formovna). Veškerá výrobní činnost bude elektronicky řízena. Sběr dat bude zajištěn elektronickým snímáním v časové ose. Veškeré procesy budou v plném rozsahu identifikovatelné jak z hledisek ekonomických a výrobně technických charakteristik, tak z pojetí ekologického.

4.4 SLÉVÁRNY Třinec, a.s.

Společnost Slévárny Třinec, a.s. se nachází v areálu mateřské organizace TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., od které odebírá podstatnou část surovin nutných pro výrobu odlitků. Energie odebírá od sesterské organizace. Současná výroba odlitků je soustředěna do slévárny oceli a slévárny litin. Jedná se o kusovou až sériovou výrobu odlitků z oceli (uhlíkatých, nízko, středně a vysoce legovaných Mn, Cr, Cr-Ni a Cr-Mo), hematitových litin, LLG, LKG a slitin Al a Cu. Podporu slévárenským provozům zajišťuje dřevomodelárna a údržba se středisky kovomodelárna a opracování odlitků. V dřevomodelárně a kovomodelárně se vyrábí, opravují, upravují a skladují modelová zařízení kovová, ze dřeva, pryskyřic a polystyrenu.

Ve slévárně oceli se vyrábějí odlitky strojně formované o hmotnosti od 1 do cca 300 kg, ručně formované od 10 do cca 6 000 kg. Slévárna litin je rozdělena do dvou provozů. Jedná se v podstatě o „velkou“ a „malou“ slévárnu. Ve „velké“ slévárně litiny se vyrábějí odlitky od hmotnosti 1 do 45 tun (jedná se především o odlitky kokil, licího příslušenství, hutních válců, struskových mís a protizávaží). V „malé“ slévárně šedé litiny se vyrábí strojně formované odlitky od 1 do cca 150 kg a ručně formované odlitky od 5 kg do cca 3 500 kg. Ve slévárně oceli i v obou slévárnách litin se vyrábí také odlitky na polystyrenové modely a to ze všech požadovaných materiálů.

Pro výrobu odlitků ve slévárně oceli se používá nakupovaná tekutá ocel z mateřské organizace. Pro výrobu odlitků ve „velké“ slévárně litiny se kromě nakupovaného tekutého kovu používá i litina připravená na vlastních tavících agregátech – IP na síťovou frekvenci a plamenných nístějových pecích (8 a 30 t tekutého kovu). V nich slévárna vyrábí hlavně tekutý kov pro výrobu hutních válců – jedná se o legované speciální litiny. Pro výrobu odlitků v „malé“ slévárně litiny se používá rovněž litina připravená na vlastních tavících agregátech: 2 x 6 t IP pro linku HWS a 2 x 6 t a 1 x 1t IP pro ruční formovnu. Pro výrobu forem na strojní formovně slévárny oceli slouží stroje FKT pro strásání s dolisováním. Tam se vyrábějí formy o rozměrech ráků 900 x 860 mm, 800 x 800 mm, 1020 x 460, 1 350 x 530 mm a 1 300 x 930 mm (výška poloformy 150 – 280 mm) z vazné bentonitové směsi nebo CT směsi v množství 15 až 110 forem za směnu dle použité technologie. Výroba forem na ruční formovně slévárny oceli je většinou ze směsi CT (výroba na kolovém mísiči MK2). Směsi ST s pojivem na bázi vodního skla se vyrábějí na průběžném mísiči AMDR-8 (8 t/hod). Pro výrobu forem na „velké“ slévárně litiny slouží průběžné mísiče AMD-15 a AMD-20. Na nich se připravuje ST směs na bázi křemenného písku, regenerátu, aditivovaného vodního skla a tvrdidel.

Na ruční formovně „malé“ slévárny litin se vyrábí formy ze směsi ST na bázi křemenného písku, regenerátu, aditivovaného vodního skla a tvrdidel na průběžném mísiči AMDR-8 (8 t/hod). Pro sériovou výrobu forem slouží automatická formovací linka HWS s rozměry formovacích ráků 1 100 x 800 mm (výška poloformy 250 mm). Jednotná bentonitová formovací směs se připravuje na vířivém mísiči EIRICH (obsah 2 500 kg).

Jádra se vyrábějí strojně na vstřelovacích strojích o objemu 5 – 20 litrů technologií CB amin nebo ručně z CT směsí z křemenných i nekřemenných ostřiv.

Ověřování technologických vlastností formovacích a jádrových směsí zajišťuje písková laboratoř. Běžně se kontroluje pevnost v tlaku, stříhu, štěpu, ohybu, prodyšnost,

vlhkost, vyplavitelné látky, síťový rozbor, zpracovatelnost směsi a měrná hmotnost. Další zkoušky jako obsah lesklého uhlíku a ztráta žiháním se zajišťuje v kooperaci.

U odlitků lze zajistit TZ (homogenizační žihání, kalení do vody, popouštěcí žihání, normalizační žihání a žihání na snížení pnutí). Zušlechťování se zajišťuje v kooperaci se sesterskou organizací.

Odlitky jsou dodávány s atesty na chemické složení a mechanické vlastnosti. Rovněž se zajišťuje dle požadavků zákazníka provedení nedestruktivních zkoušek (rentgen, ultrazvuk, magnetická polévací metoda, apod.).

Slévárna je držitelem systémového certifikátu dle EN ISO 9001:2008 a certifikátu EN ISO 14001:2004 zabývajícím se vztahem k životnímu prostředí. Firma rovněž vlastní výrobní certifikáty udělené organizacemi jako Lloyd's Register, Germanischer Lloyd, BUREAU VERITAS, DET NORSKE VERITAS, TÜV NORD Czech, které dávají záruky, že technické a užité parametry vyráběných odlitků splňují nároky stanovené specifickými normami nebo podmínkami.

Konečná apretace odlitků je prováděna v cídrnách pomocí strojního zařízení: bubnové a komorové tryskácké stroje, závěsné kotoučové a stojanové brusky. Jako ruční nářadí se používají pneumatické sekáče a brusky.

Dále je možnost dodávat odlitky se základní i s finální barvou – a to vodními i syntetickými barvami.

Odlitky jsou dodávány dle požadavků zákazníků v surovém stavu, ohrubované nebo opracované na hotovo ve vlastním středisku opracování – to se týká především těžších a objemnějších odlitků z našeho sortimentu. Obrábění menších a přesnějších odlitků je zajišťováno v kooperaci s jinými subjekty.

4.5 ŽDAS a.s. obor Metalurgie – výroba odlitků

V současné době je výrobní program slévárny zaměřen na tvarově a materiálově náročné odlitky s programovou podporou simulačního programu MAGMA v hmotnostních skupinách od 200 kg do 45 000 kg hrubé hmotnosti odlitku a maximálních rozměrech 8500 x 4800 x 3000 mm. Slévárna vyrábí odlitky ze všech typů ocelí a LLG.

Výroba kovu

Výroba taveniny je zajišťována na zařízení primární metalurgie v EOP o kapacitě 4-22 t. Zpracování a rafinace oceli se provádí na zařízení sekundární metalurgie v pánvové peci (LF) a zařízení pro hlubokou desoxidaci a odplynění oceli ve vakuu s možností vakuového oduhličování vysoce legovaných chromových tavenin (VD/VOD).

Modelárna

Provoz modelárny vyrábí modelová zařízení pro ruční formování z materiálu polystyren, dřevo, umělé hmoty, kovové modely a kombinace těchto materiálů na klasických i CNC strojích.

Formovna

Vyrábí jádra a formy ze ST furanové směsi. Formovna disponuje se dvěma pojízdnými a čtyřmi stacionárními mísiči Wühr o výkonu 8 – 60 t. Dále vytloukacím roštem GUT (40t/hod) a čtyřstupňovým stupňovým zařízením na regeneraci ostřiva GUT.

Čistírna odlitků

Čištění odlitků a jejich povrchová úprava se provádí běžnými čistírenskými operacemi, čištěním ocelovými broky (S550) v pěti tryskacích komorách STEM, ŠKODA, Whelebrator a Žďas, tlakovzdušným tryskáním ocelovou drtí a pneumatickými kladivy SH9. Nálitky a vtoky se upalují ručně kyslík-acetylenovým plamenem, strojně pálicím strojem Framag na zemní plyn nebo se „ustřelují“ mechanickým dělem Clansman Dynamics. Hrubé broušení se provádí na robotizovaném pracovišti ANDROMAT, kyvadlovými bruskami KB40,

ručními bruskami Narex nebo vysokofrekvenčními bruskami Fein. Pro případné rovnání odlitků

se využívá rovnací lis CND 400. Opravy odlitků se provádějí ručním zavařováním obalenou elektrodou (MMA), (WTU – Fronius) nebo svařovací metodou MIG/MAG (Variostar, Transsteel – Fronius).

Tepelné zpracování odlitků

Je prováděno v 6 modernizovaných pecích na zemní plyn s automatickou regulací teplot, které nepřekračují odchylku v celém prostoru pece ± 5 °C. Kapacita pecí se pohybuje od 20 t do 100t. K dispozici je také komora pro řízené chladnutí a zařízení pro mobilní tepelné zpracování Weldotherm. Odlitky je možné dodávat v normalizačně žíhaném stavu, zušlechtěné do vody, oleje a zušlechtěné na vzduchu.

Nedestruktivní zkoušky

Provoz Metalurgie disponuje zařízením pro provádění ultrazvukových, magnetických a penetračních zkoušek dle norem ČSN, DIN, EN a ASTM. Pro magnetickou polévací zkoušku je využíváno mimo klasických i zařízení firmy CGM – Itálie, které provádí magnetizaci povrchu usměrněným proudem o velikosti až 3 x 18 000 A. Pro provádění ultrazvukových zkoušek jsou používány analogové a digitální přístroje firmy Krautkrämmer. Pro snímání vnitřních vad jsou používány přímé, dvojité, úhlové a speciální sondy dle požadavků zákazníků.

Opracování odlitků

Na pracovišti hrubovny se provádí opracování odlitků na klasických i numericky řízených obráběcích strojích. Opracování s přídavkem (hrubování) odlitků se provádí z důvodů usnadnění práce při konečném opracování a z důvodů zajištění čistoty a kvality povrchu pro provádění NDT zkoušek. V některých případech je důležité i pro přípravu odlitků přistoupit k následnému TZ. Součástí provozu hrubovny je konečná úprava výrobků před expedicí k zákazníkovi. Hrubovna je vybavena 45 obráběcími stroji (18 z nich je vybaveno NC řízením), které umožňují opracování odlitků až do hmotnosti 32 000 kg. K dispozici v mateřské firmě je také 5-osé obráběcí centrum FRUA 450 s CNC řídicím systémem SINUMERIK 840 D s pracovním prostorem pod portálem šířka 4 500 mm, délka 14 000 mm, výška 4 200 mm, max. hmotnost obrobku 100 tun.

Laboratoře

Provádí kompletní zjišťování mechanických, chemických a metalografických vlastností vyráběné oceli. Obecně pak kovových materiálů a vstupních surovin. Laboratoře jsou součástí systému akreditovaného dle ISO 9001:2008 a členem mezinárodní asociace měřících, zkušebních a analytických laboratoří Eurolab-c. Dále členem Sdružení českých laboratoří a zkušeben s auditovanou činností. Pravidelně se zúčastňují mezilaboratorních porovnávacích testů za účelem zajištění co nejvyšší kvality výsledků.

Mechanická zkušebna je vybavena trhacími stroji – ZWICK Z 400E, THZ 723, ZD 400. Dále rázovými kladivy – ZWICK, RKP450 a PSW300. Tvrdoměry – STRUERS Duramin-A2500E, Dia Testor 2Rc, Brinell KPE 3000. Chladicími zařízeními – LAUDA ProLine RP890 a AMSLER TV 742.

Chemická laboratoř. Spektrometry – ARL 4460, ARL 3460, mobilní spektrometr PMI-Master Pro Gamaspektrometr – EXPLORANIUM GR 320. Termoevoluční analyzátoři – LECO TC 600, RH 404 a CS 225. Spektrometr s indukčně vázanou plazmou – (ICP) GBC Integra XL Atomový absorpční spektrometr – (AAS) GBC Avanta Ultra Z.

Metalografická laboratoř. Mikroskopy-NEOPHOT32 a OLYMPUS GX51F. Obrazová analýza – LECOIA 32. Digitální dokumentace – OLYMPUS DP10. Mikrotvrdoměr – LECOM – 400 – 1. Příprava vzorků – STRUERS Cito Press-1, Discotom-6, LECO Spectrum System 2000.

4.6 EW WÜRTH STRAHLMITTEL – výrobce abraziva

Firma je jednou z prvních výrobců abraziva na světě. Společnost byla založena v roce 1912. V následujícím roce byl podán patent na výrobu ostrohranného abraziva DIAMANT. Poté v r. 1916 byla zahájena jeho výroba v nově postavené kuplovně.

V současné době nabízí veškeré druhy abraziva ve více než 1200 druzích a má zákazníky po celém světě.

Tryskání kruhovým ocelovým abrazivem je dnes nejrozšířenější aplikací z pohledu této společnosti. Proto se firma EW Würth zaměřila svou pozornost na vývoj abraziva, které by svými užitnými vlastnostmi maximálně vyhovělo požadavkům zákazníků. Výsledkem vývoje je kulaté ocelové abrazivo VERA s unikátními vlastnostmi - nejvyšším výkonovým součinem – intenzita x trvanlivost. Tuto kvalitu nabízí v nejširším rozsahu zrnitostí (od 0,10 – 0,20 mm do 4,00 – 6,00 mm). Abrazivo je již při výrobě zbavené okují. Na pohled má metalicky čistý povrch a po naplnění tryskače není filtrační zařízení zatěžováno uvolněným prachem. Má ideální vlastnosti pro použití v tryskacích zařízeních s metacími jednotkami. Houževnatou bainiticko/martensitickou strukturu během tryskacího procesu se dále zpevňuje a dosahuje tvrdosti až na 50,5 HRC. Opotřebovává se odlupováním povrchových vrstev, nikoliv rozpadem zrna.

Tyto vlastnosti znamenají pro uživatele značné výhody:

- dlouhé udržení počáteční zrnitosti – vysoký čistící výkon, krátké tryskací časy – úspora času,
- stále oblé tvary – nižší opotřebení zařízení rozpadlými zrny – nižší opotřebení zařízení,
- stále oblé tvary – možnost menší oddělovací zrnitosti – úspora abraziva,
- tvrdost 50,5 HRC – ideální z hlediska doporučení výrobce zařízení – většina výrobců doporučuje použití abraziv s tvrdostí do 51 HRC,
- nerozpadá se na drť – prokazatelně vyšší životnost zařízení.

4.7 KONRAD RUMP – výrobce tryskacích strojů a zařízení

Firma byla založena 1. března 1969. V průběhu více než 40ti let se z ní stala světoznámá prosperující organizace, jejíž výrobky nacházejí uplatnění ve všech odvětvích strojírenského průmyslu. Výrobky – Konrad Rump dokáží pokrýt prakticky veškeré požadavky na úpravu povrchu tryskáním pevným abrazivem. Jedná se o zařízení s metacími koly i tlakovzdušná, vhodná pro dílce o hmotnosti od několika gramů do desítek až stovek tun. Tryskací zařízení lze rozdělit podle typu na tyto skupiny:

A) S metacími koly (turbínami) – pro kulaté či ostrohranné ocelové abrazivo:

- závěsná tryskací zařízení,
- závěsná průběžná tryskací zařízení,
- tryskací zařízení s drátěným pásem, s gumovým pásem, s válečkovou tratí, na beton,
- bubnová tryskací zařízení - s gumovým pásem a s ocelovými lamelami,
- speciální tryskací zařízení.

B) Tlakovzdušná – pro ostrohranné ocelové abrazivo, korund, keramiku, balotinu:

- injektorové kabinky,
- tlakovzdušné kabinky,
- tryskací haly pro volné tryskání,
- speciální tryskací zařízení.

Dále zajišťuje firma servisní služby. Od zajišťování náhradních dílů až po servisní zásahy. Ty zabezpečují od inspekčních prohlídek po generální opravy a modernizace.

Následně se již zaměříme na úvodní hodnocení nákladů na apretaci odlitků.

5 HODNOCENÍ CELKOVÝCH NÁKLADŮ ODLITKŮ S KOMPLEXNÍ APRETACÍ

Jak bylo výše již naznačeno, prvním krokem řešitelského kolektivu PXIII bylo prověření veškerých údajů a nákladů pro všechny posuzované odlitky. Slévárny znovu prověřily veškerá data o šetřených odlitcích. Ty jsou následně soustředěny ve vzpomínané příloze **P1**. Tedy všech sedm tabulek o každém odlitku (od „Základní informace o odlitku“ až po „Souhrnné náklady (komplexní dle materiálových a zpracovacích nákladů“) - tak jak byly popsány v kap. 2.3.

Úvodem jsme se zaměřili na rozdělení všech 24 odlitků do relativně srovnatelných skupin.

5.1 Rozdělení posuzovaných odlitků do relativně porovnatelných skupin

K objektivnímu metodickému posuzování získaných nákladů na apretaci bylo všech 24 odlitků rozděleno do tří relativně samostatných skupin. Jejich dělení je v první řadě provedeno podle materiálů, ze kterých jsou dané odlitky vyrobeny. A dále podle rozsahu apretačních operací, které byly na skupině provedeny.

První skupina zahrnuje ocelové odlitky se všemi apretačními operacemi. Zahrnuje odlitky O.1, O.2, O.3, O.4, O.5, O.22, O.23 a O.24. Jak je zřejmé, tak jsou zde zahrnuty odlitky ze Sléváren E, C a F.

Druhá skupina posuzovaných odlitků zahrnuje opět ocelové odlitky, ale s vybranými apretačními operacemi. Tam patří odlitky ze slévárny A (O.6, O.7, O.8, O.9 a O.10).

Ve třetí závěrečné skupině jsou soustředěny litinové odlitky (LLG a LKG), které byly podrobeny apretaci. Jedná se o odlitky O.11, O.12, O.13, O.14, O.15, O.16, O.17, O.18, O.19, O.20 a O.21.

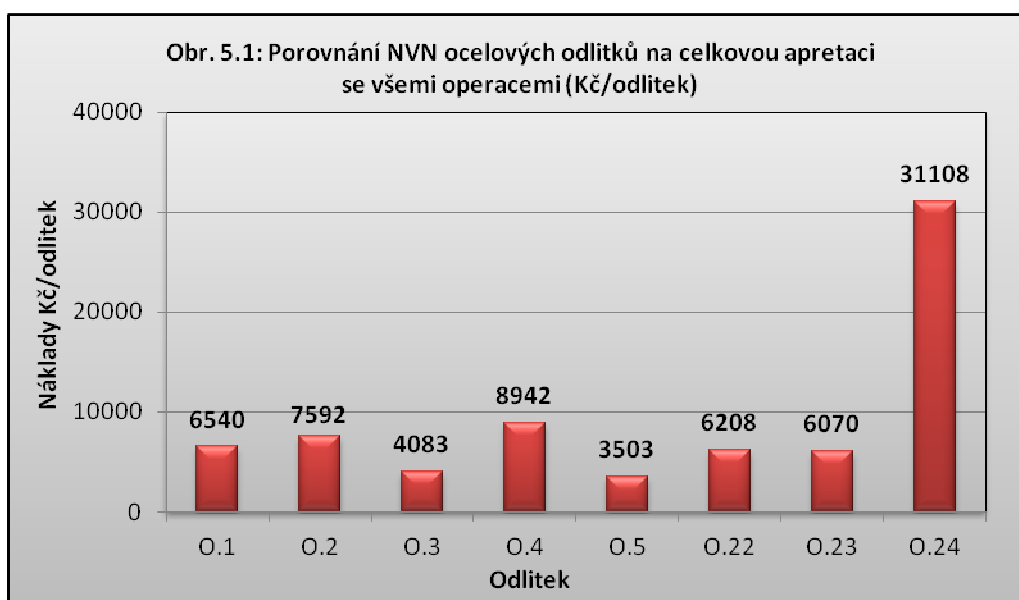
Údaje v těchto třech skupinách v **P1** je třeba chápat jako výchozí banku dat o odlitcích. Z nich se budou následně vytvářet potřebné souhrnné a analytické tabulky pro další šetření.

Jak je zřejmé, náklady na apretaci odlitků, jsou srovnatelné v zásadě pouze v příslušné první, druhé nebo třetí skupině. Nejprve se zaměříme na ocelové odlitky, které prošly všemi výrobními fázemi apretace - tedy na první skupinu.

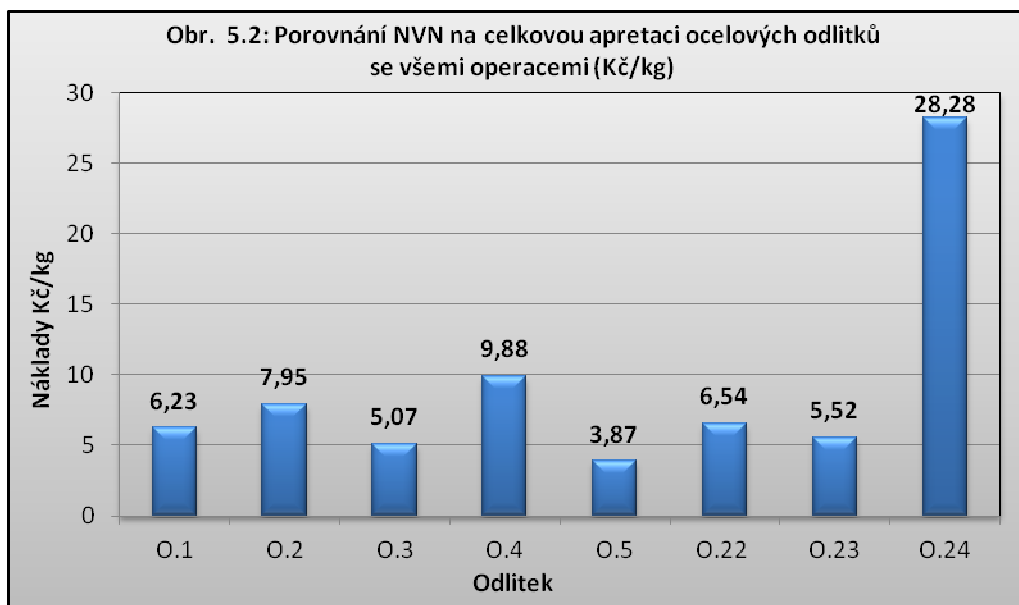
5.2 Úvodní posouzení NVN apretace ocelových odlitků s komplexní apretací

Do sledování bylo zařazeno – jak vyplývá z **tab. 5.1** - celkem osm odlitků. Jejich hrubá hmotnost se pohybuje od 805 kg do 1100 kg. V prvním přiblížení lze říci, že se odlitky hmotnostně významně neodlišují. Zde je však nutné připomenout, že se v PXII řešitelé setkali s případem odlitku O.4, u kterého se vyskytla významná slévárenská vada, jejíž odstranění zvýšilo významně NVN na apretaci. Z toho důvodu byl vytvořen (pro potřeby porovnání NVN) z odlitku O.4 fiktivní odlitek O.5 (bez vad), ze kterého jsme odstranili veškeré náklady na odstranění vady (viz /1/ – s.27 a 33).

V **tab. 5.2** jsou uvedeny zjištěné NVN pro všechny výrobní fáze. Na **obr. 5.1** jsou uvedené náklady graficky znázorněny. Docházíme k závěru, že stanovené NVN na všechny výrobní fáze apretace se u sledovaných odlitků pohybují od 3503 Kč/odlitek (O.5) do 31 108 Kč/odlitek (O.24). Náklady nejdražšího odlitku (O.24) jsou 8,9 krát vyšší než u odlitku nejlevnějšího. Pokud nebudeme uvažovat O.24, pak nákladově nejvíce náročný je odlitek O.4 s 8942 Kč/odlitek. I v tomto případě je nákladovost více než 2,6 krát vyšší.



Při hodnocení měrných nákladů na apretaci (**obr. 5.2**) zjišťujeme, že se náklady pohybují od 3,87 Kč/kg (O.5) do 28,28 Kč/kg (O.24) – viz **obr.5.2**. Celkové měrné náklady jsou pak 7,3krát vyšší. Pokud nebudeme opět uvažovat náklady odlitku O.24 a nahradíme jej nejbližší nižším (O.4) s 9,88 Kč/kg pak příslušný podíl je „pouze“ 2,6. To je v souladu s podílem nákladů při porovnání Kč/odlitek.



Je zcela zřejmé, že cesta k objektivnímu posouzení nákladovosti na apretaci může vést pouze přes jednotlivé výrobní fáze. Tedy separátně posuzovat tryskání, tepelné zpracování apod. Nicméně pro doplnění je třeba se ještě zamyslet nad námětem z PXII o možné závislosti nákladové náročnosti apretace odlitků na vybraných charakteristikách odlitků.

Nejprve se věnujeme vytipování vybraných charakteristik, které mohou postihovat specifika jednotlivých odlitků zařazených do sledování.

5.2.1 Vytipování a popis vybraných charakteristik odlitků

V úvodu vyjdeme z myšlenek uváděných v PXII. Tam byla snaha posoudit vliv složitosti tvaru odlitku na náklady apretace odlitků. V závěru PXII /1/ jsou uvedeny informace o možnostech využití Málkova třídění odlitků. Je příznivé pro práci týmu PXIII, že v řešitelském kolektivu je zapojen také J. Brhel st., který se na vývoji „Málkova třídění odlitků“ jistým způsobem podílel. Nicméně ani tomuto autorovi nejsou známy konkrétní zkušenosti sléváren s jeho uplatněním.

Při zvažování možností posouzení nákladů na apretaci odlitků v závislosti na složitosti jejich tvaru, byly v PXII zevrubně posouzeny možnosti využití Málkova třídění odlitků. R. Lasák, následně navrhl do jisté míry zjednodušený návrh. Ten reprezentoval pouze hmotnostní parametr odlitků a klasifikaci jejich tvaru /1/.

- dle (hrubé) hmotnosti odlitku,
- dle tvaru odlitku (což souvisí s jeho pracností a následně s náklady na apretaci).

Dělení dle hrubé hmotnosti odlitku reprezentuje 11 skupin:

- skupina – do 500 kg,
- skupina 501 – 1000 kg,
- skupina 1001 – 1500 kg,
- skupina 1501 – 2000 kg, atd. dělení po 500 kg.

Tvarové dělení bylo zachováno dle Málka – celkem 6 skupin /1/.

Tab. 5.1: Vybrané informace o odlitcích z oceli s úplnou apretací

ř./sl.	1	Jednotky	Odlitek							
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Označení odlitku	[-]	O.1	O.2	O.3	O.4	O.5	O.22	O.23	O.24
2	Název odlitku	[-]	DNO KBELIKU	PLANETEN- TRAGER	KOLO	NABOJ	NABOJ	RAM	CEP	VNITRNI SKRIN
3	Název materiálu použitého na odlitek	[-]	uhlíková ocel	nizkolegovaná ocel	nizkolegovaná ocel	uhlíková ocel	uhlíková ocel	uhlíková ocel	nizkolegovaná ocel	nizkolegovaná ocel
4	Jakost materiálu použitého na odlitek	[-]	422660	GS 42 Cr Mo 4	1.7220	1.0446	1.0446	GS-45	422712	G20Mo5
5	Způsob broušení (ruční, strojní)	[-]	ruční	ruční	ruční	ruční	ruční	ruční	ruční	ruční
6	Surová hmotnost	[kg]	1350	1360	1280	1320	1320	1550	1868	1860
7	Hrubá hmotnost odlitku	[kg]	1050	955	805	905	905	950	1100	1100
8	Pořadové číslo odlitku	[-]	-	-	1	1	1	1	3	1
9	Počet nálitků	[-]	1	1	6 nálitků, 2 zářezy	3 nálitky, 4 zářezy	3 nálitky, 4 zářezy	4 nálitky, 2 kapsy, 2 zářezy	1	6
10	Způsob tryskání	[-]	broky	broky	ocelové broky, litinová drť	ocelové broky, litinová drť	ocelové broky, litinová drť	ocelové broky, litinová drť	broky	broky
11	Způsob tepelného zpracování	[-]	normalizační žihání s popouštěním	normalizační žihání s popouštěním	normalizační žihání, kalení a popouštění	normalizační žihání, popouštění	normalizační žihání, popouštění	normalizační žihání, popouštění	normalizační žihání, popouštění	normalizační žihání, popouštění
12	Plocha nálitků	[dm ²]	4,91	12,56	36	nalitky-13, kapsy-10, zářezy-0,5	nalitky-13, kapsy- 10, zářezy-0,5	52	13	26
13	Další skutečnosti	[-]	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Použité formovací směsi	[-]	CT s vodním sklem	CT dunitová s vodním sklem	Alphaset	Alphaset	Alphaset	Alphaset	Furanová ST směs	Furanová ST směs
15	Nedestruktivní zkoušky	[-]	-	-	ano	ano	ano	ano	-	ano

Tab. 5.2: Porovnání NVN apretace ocelových odlitků se všemi operacemi

ř./sl.	1	O.1		O.2		O.3		O.4		O.5		O.22		O.23		O.24	
		Kč/odlitek	hal/kg	Kč/odlitek	hal/kg	Kč/odlitek	hal/kg	Kč/odlitek	hal/kg	Kč/odlitek	hal/kg	Kč/odlitek	hal/kg	Kč/odlitek	hal/kg	Kč/odlitek	hal/kg
1	A. Transport a odstranění form. směsi	115,87	11	142,57	15	4,62		6,01	1	6,01	1	6,47	1	126,20	11	421,27	38
2	B. Tryskání I (po vytlučení)	210,05	20	254,51	27	146,96	18	153,57	17	153,57	17	170,20	18	241,70	22	227,99	21
3	B. Tryskání II (po tepelném zpracování)	357,83	34	446,75	47	348,37	43	179,29	20	179,29	20	414,19	44	193,20	18	121,09	11
4	B. Tryskání III (po tepelném zpracování)	259,31	25	350,63	37	419,75	52	299,48	33	299,48	33	145,69	15	202,00	18	120,12	11
5	B. Tryskání IV (po tepelném zpracování)	0	0	254,51	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	189,17	17
6	B. Tryskání V (po broušení pro NDT)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159,00	14
7	B. Tryskání VI (po drážkování)	0	0	0	0	0	0	152,64	17	0	0	0	0	0	0	0	0
8	B. Mechanické čištění (tryskání)	827,19	79	1306,40	137	915,08	114	784,98	87	632,34	70	730,08	77	636,90	58	817,37	74
9	C. Tepelné zpracování I (před pálením)	0	0	383,21	40	836,43	104	1430	158	1430,16	158	1756,98	185	677,60	62	628,53	57
10	C. Tepelné zpracování II (po pálení)	770,71	73	1351,96	142	603,06	75	0	0	0	0	0	0	0	0	1862,89	169
11	C. Tepelné zpracování III (po zavařování)	447,79	43	835,29	87	0,00	0	563,01	62	0	0	655,92	69	671,90	61	873,99	79
12	C. Tepelné zpracování IV (po zavařování)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	555,36	50
13	C. Tepelné zpracování	1218,50	116	2570,46	269	1439,49	179	1993,17	220	1430,16	158	2412,90	254	1349,50	123	3920,77	356
14	D. Odstranění nálitků a vtokové soustavy	423,42	40	344,22	36	1116,33	139	1327,76	147	1327,76	147	1382,15	145	799,80	73	2631,40	239
15	E. Úprava plochy po upalování nálitků	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	266,90	24	558,14	51
16	E. Hrubé broušení	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	574,05	60	1255,20	114	1572,34	143
17	E. Úprava plochy po upalování nálitků	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	574,05	60	1522,10	138	2130,48	194
18	F. Odstraňování vad II - drážkování	0	0	0	0	0	0	371,45	41	0	0	0	0	215,40	20	922,26	84
19	F. Odstraňování vad I - vybrušování vad I.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	2170,44	197
20	F. Odstraňování vad I - vybrušování vad II.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	267,63	24
21	F. Odstraňování vad	0	0	0	0	0	0	371,45	41	0	0	0	0	215,40	20	3360,33	305
22	G. Zavařování vad I	2489,18	237	1226,83	128	153,18	19	3770,66	417	0	0	682,73	72	966,50	88	12521,02	1138
23	G. Zavařování vad II	0	0	0	0	143,62	18	0	0	0	0	0,0	0	0	0	646,72	59
24	G. Zavařování vad	2489,18	237	1226,83	128	296,80	37	3770,66	417	0	0	682,73	72	966,50	88	13167,74	1197
25	H. Jemné broušení	1465,71	140	2001,83	210	242,79	30	0	0	106,29	12	419,95	44	0	0	1746,00	159
26	I. Zažehlování svárů vad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	J. Broušení svárů vad I.	0	0	0	0	68,20	8	688,42	76	0	0	0	0	453,80	41	2690,56	245
28	J. Broušení svárů vad II.	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	222,04	20
29	J. Broušení svárů vad	0	0	0	0	68,20	8	688,42	76	0	0	0	0	453,80	41	2912,60	265
30	Celkem	6539,87	623	7592,31	795	4083,31	507	8942,45	988	3502,56	387	6208,33	654	6070,20	552	31107,96	2828

V roce 2012 při řešení PXIII řešitelský kolektiv postupně posuzoval další možné charakteristiky odlitků přístupy, které by mohly pokud možno co nejvěrohodněji zahrnovat tvarová specifika posuzovaných odlitků.

Během ročního řešení byly postupně vytvořeny různé charakteristiky, které byly pojmenovány podle řešitelů, kteří se na jejich vzniku podíleli.

Postupně bylo tedy vytvořeno osm možných charakteristik odlitků – viz **tab.5.3**.

Tab. 5.3: Vybrané charakteristiky odlitků

	Pojmenování	Označení	Jednotky	Vymezení	Poznámka
sl./ř.	1	2	3	4	5
1	Hmotnostní zařazení	Ω_{hm}	číslo skupiny	zařazení do 11 skupin	dělení dle Lasáka
2	Tvarové zařazení	Ω_{tv}	číslo skupiny	zařazení do 6 skupin	dělení dle Málka
3	Hrubá hmotnost odlitku	Ω_{hmo}	kg	skutečná hmotnost	
4	Modul odlitku	Ω_{mo}	cm	objem odlitku/povrch odlitku	
5	Objem kvádru	Ω_{ok}	dm ³	a*b*c	nejmenší objem kvádru
6	Brhelovo kritérium	Ω_{br}	kg/dm ³	hrubá hmotnost odlitku/objem odlitku	
7	Brhel-Jelínkovo kritérium	Ω_{br-jl}	kg ² /dm ³	Brhelovo kritérium*hrubá hmotnost odlitku	
8	Herzánovo kritérium	Ω_{hr}	1/dm ³	Brhelovo kritérium/hrubá hmotnost odlitku	

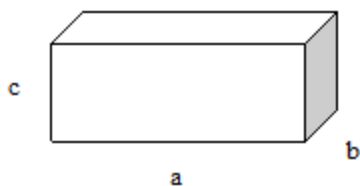
První charakteristika respektuje hmotnostní zařazení odlitků do 11 skupin, tak jak je definoval Lasák v /1/.

Tvarové zařazení zohledňuje druhá charakteristika, která respektuje Málkovo dělení do 6 skupin.

Hrubou hmotnost odlitků rigorózně dodržuje třetí kritérium.

S modulem odlitku počítá čtvrtá charakteristika. Definuje jej podílem objemu odlitku ku jeho povrchu. Výpočet modulu byl proveden pomocí simulace, s využitím planimetru, nebo poččetně. Početní stanovení modulu vyžadovalo zvlášť výpočet povrchu odlitku, přičemž byl povrch odlitku rozdělen na tělesa se spočitatelným povrchem, jejichž jednotlivé výsledky byly posléze sečteny. Výpočet objemu byl proveden z hmotnosti a hustoty.

Zajímavý pohled nabízí páté kritérium, které konstruuje nejmenší objem kvádru, do kterého lze umístit odlitek v jeho hrubé hmotnosti.



Brhelovo kritérium (šestá charakteristika) vychází z podílu hrubé hmotnosti odlitku vztažená na objem odlitku.

Následující (sedmé) Brhel-Jelínkovo kritérium zvyšuje váhu hmotnosti odlitku. Vzniká tedy násobkem Brhelova kritéria a hrubé hmotnosti odlitku.

Závěrečná (osmá) charakteristika Herzánovo kritérium má snahu naopak ponížit vliv hrubé hmotnosti odlitku. Je definováno jako podíl Brhelova kritéria ku hrubé hmotnosti odlitku.

Je třeba říci, že řešitelský tým uvedené charakteristiky konstruoval s cílem hledat pokud možno optimální kritérium (nebo možná kritéria) s pomoci něhož (nichž) bude možné s jistou vypovídací přesností relativně jednoduchým způsobem posuzovat (odhadovat) nákladovost apretace.

Následně jsme se pokusili hledat závislosti vypočtených nákladů na apretaci na vybraných charakteristikách.

Tab. 5.4a: Vybrané charakteristiky u sledovaných odlitků pro celkové náklady na apretaci

	Slévárna	Označení odlitku	Hmotnost odlitku [m]	Modul [M]	Objem kvádru [V min]	Brhelovo kritérium [ρ_B]	Brhel - Jelínkovo kritérium [ρ_{BJ}]	Herzánovo kritérium [ρ_H]	Hmotnostní zařazení	Tvarové zařazení	MN		ZN		NVN		NVN-A
Jednotky			[kg]	[cm]	[dm ³]	[kg/dm ³]	[kg ² /dm ³]	[1/dm ³]	číslo skupiny		[Kč/odlitek]	[Kč/kg]	[Kč/odlitek]	[Kč/kg]	Kč/odlitek	[Kč/kg]	[Kč/kg]
sl./ř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	E	O.1	1050	1,23	2737,38	0,38	402,76	0,0004	3	2	1385	1,32	5155	4,91	6540	6,23	6,23
2		O.2	955	5,96	552,84	1,73	1649,70	0,0018	2	3	1936	2,03	5657	5,92	7592	7,95	7,95
3	C	O.3	805	3,23	345,78	2,33	1874,11	0,0029	2	2	313	0,39	3770	4,68	4083	5,07	4,80
4		O.4	905	4,19	454,42	1,99	1802,36	0,0022	2	5	1694	1,87	7248	8,01	8942	9,88	3,75
5		O.5	905	4,19	454,42	1,99	1802,40	0,0022	2	5	181	0,20	3215	3,55	3503	3,87	-
6		O.22	950	3,40	483,00	1,97	1868,51	0,0021	2	2	750	0,79	5458	5,75	6208	6,54	4,85
7	F	O.23	1100	4,80	928,75	1,18	1302,82	0,0011	3	3	777	0,71	5293	4,81	6070	5,52	5,52
8		O.24	1100	3,56	441,31	2,49	2741,81	0,0023	3	5	8103	7,37	23004	20,91	31107	28,28	10,48

Tab. 6.2 Vybrané charakteristiky použitých tryskacích zařízení

	Slévárna	Odlitky	Označení	Typ	Výrobce	Zavážecí vůz			Kladkostroj			Použité obrazivo			Rok uvedení		Náklady na opravy	Poznámka
						nosnost	počet	jedno-	počet	nosnost	jedno-	materiál	průměr	označení	do provozu	poslední GO	Kč/kg odlitku/rok	
						[t]		dvoustr.		[t]	dvoustr.		[mm]					
sl./ř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	C	O.3, O.4, O.22	závěsný tryskač	GTI 50.2					1	4,5	dvoustr.	ocelový granulát	1,2-1,4	S390	1981	2008	0,43	průměrné náklady na všechna tryskací zařízení
2			komora, (tlakovzdušná)	CK 4		5	1	jednostr. (otočný)				litinová drť	2,6	č.26	1955	běžné opravy		
3			pásový tryskač	PTB 5		1,2		jednostr.				ocelový granulát	2,6	S780	1960	2005		
4			pásový tryskač	WS 5		1,2		jednostr.				ocelový granulát	2,6	S780	1947	12/2012		
5	F	ocel	TK 8.pole	komorový CKM5	ŠKODA Plzeň	40	1	jedno-				ocelový granulát	1,25-2,36	S550		2010	0,48	průměrné náklady na všechna tryskací zařízení
6			TK 13.pole	komorový CKM4	ŽĎAS	12	2	jedno-				ocelový granulát	1,25-2,36	S550		2007		
7			TK STEM	T 50x30/6W2C/MS/WG/CS	STEM	80	1	jedno-				ocelový granulát	1,25-2,36	S550	2009			
8			Whelebrátor	whelebrator WS50	úprava ŽĎAS	1,2						ocelový granulát	1,25-2,36	S550		2008		
9			TK 7.pole	komorový CKM4	ŽĎAS	35	2	dvoustr.				ocelový granulát	1,25-2,36	S550		2011		
10	E	O.1, O.2	OWPK-4	komorový	DOZAMET Nowa Sól	10	1			22,5		ocelový granulát	2,1	S 780	1969	x	0,40	
11		O.19, O.20	HT 4-15/21-DM	závěsný	DISA Příbram	1,5	6			0,25		ocelový granulát	1,4	S 460	2008			

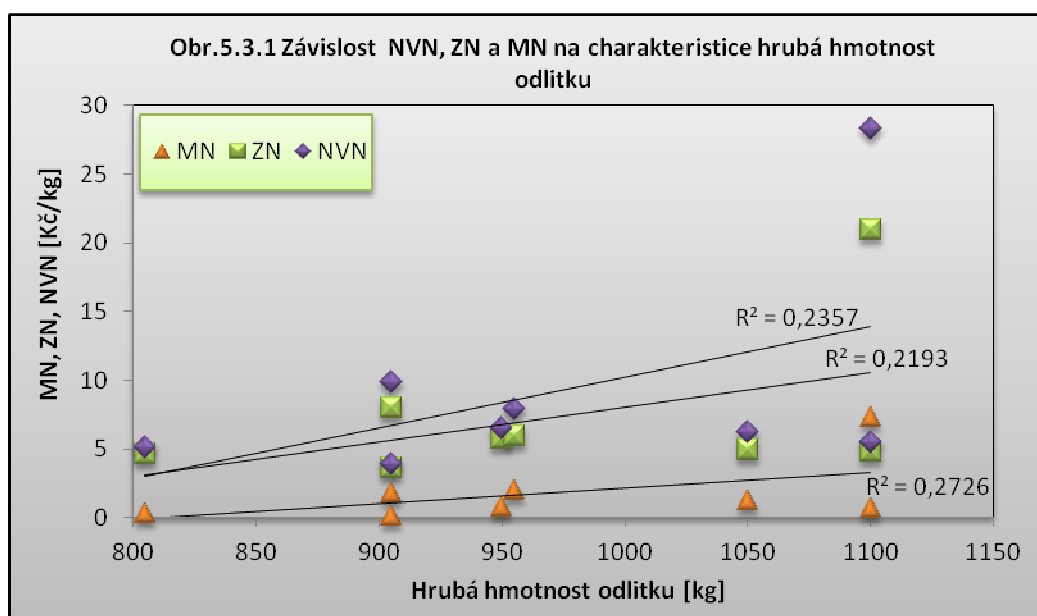
5.2.2 Hledání závislostí nákladů na apretaci celkem na vybraných charakteristikách

Nejdříve byly pro posuzované ocelové odlitky s úplnou apretací stanoveny příslušné charakteristiky – viz výše **tab.5.4a**.

Pro hledání závislostí jsme postupovali následovně. Závisle proměnná byla ve všech případech nákladová veličina. Tedy NVN na apretaci a dále její dva hlavní podíly - zpracovací náklady (ZN) a náklady materiálové (MN).

Vzhledem k tomu, že mezi těmito třemi nákladovými veličinami je zcela přímý matematický vztah ($NVN=ZN+MN$), uvedli jsme vždy tyto tři závislosti do jednoho obrázku. Při konstrukci těchto závislostí jsme vycházeli ze zkušenosti, že drtivá většina vykreslených závislostí na vybraných charakteristikách má nejvyšší koeficient determinace (R^2) při lineární závislosti. Koeficient determinace R^2 udává, jaký podíl rozptylu se závisle proměnnou podařilo regresí vysvětlit. Nabývá hodnot 0 - 1. Čím vyšší je hodnota koeficientu determinace, tím je závislost těsnější.

Pokud byl koeficient determinace však vyšší u jiné závislosti než u lineární, je vždy v grafu na tuto skutečnost upozorněno. Ve vykreslených grafech (viz kupř. **obr. 5.3.1**) vždy horní přímka (výjimečně křivka) znázorňuje závislost $NVN = f(\text{příslušné charakteristiky})$ - body jsou vykresleny modrými kosočtverci. Následující přímka (body jsou tvořeny zelenými čtverci) ukazuje závislost zpracovacích nákladů (ZN). A nejnížší je vždy funkce materiálových nákladů (MN) - červené trojúhelníky. Je to dáno tím, že ZN u apretace jsou vždy vyšší než MN. V grafech je vždy uvedena hodnota koeficientu determinace.



Závislost se posuzovala nejprve pro všech osm sledovaných ocelových odlitků s úplnou apretací. V dalším kroku - v souladu se zjištěním (viz výše), že odlitek O.24 se z pohledu nákladové náročnosti jak celkové (Kč/odlitek) tak i měrné (Kč/kg) jistým způsobem vyčleňuje - jsme posuzovali pouze soubor bez tohoto odlitku.

Další vykreslené závislosti (**obr. 5.3.2 – 5.3.8**) jsou uvedeny v příloze **P2**.

Pro následnou možnou interpretaci bylo nezbytné u naznačených závislostí provést otestování jejich vypovídací hodnoty. K tomu jsme využili koeficientu korelace. Koeficient korelace (r) vyjadřuje míru korelace (závislosti) dat. Vyjadřuje míru „těsnosti lineární vazby“. Je odvozen z R^2 jako jeho druhá odmocnina. Může nabývat hodnot od -1 až po +1.

K otestování jsme využili kritických hodnot korelačního koeficientu (r_{krit}) získaných pro tento účel ze statistických tabulek. Ten pro komplex osmi odlitků činí 0,7045 a pro výběrový komplex 7 odlitků (bez zmíněného odlitku O.24) dosahuje 0,7545.

Pro všechny posuzované závislosti byly vypočteny koeficienty korelace. Je třeba připomenout, že to bylo provedeno i v těch několika případech, kdy se nejednalo o lineární závislost. Jsme si vědomi jisté nepřesnosti v úvaze. Ty jsou uvedeny v **tab. 5.4.b**. Ve sloupci č. 4 **tab.5.4.b** jsou uvedeny skutečné koeficienty korelace (r) vykreslených závislostí pro soubory 8 odlitků. Jak je zřejmé ani jeden r nepřesahuje hodnotu r_{krit} , která se rovná uvedených 0,7045. Je tedy zřejmé, že ani jedna ze zkoumaných závislostí na vytipovaných charakteristikách nebyla statisticky významná.

Tab. 5.4b: Koeficienty korelace závislostí nákladů na charakteristikách odlitků

sl./ř.	Charakteristika odlitku		Druh nákladů	Koeficient korelace pro závislosti náklady na apretaci		
	pojmenování	označení		celkem		skupina A
				8 odlitků	7 odlitků	7 odlitků
1	1	2	3	4	5	6
1	Hmotnostní zařazení	Ω_{hm}	NVN	0,436	0,194	0,480
2			ZN	0,424	0,263	0,498
3			MN	0,460	0,143	0,458
4	Tvarové zařazení	Ω_{tv}	NVN	0,495	0,202	0,358
5			ZN	0,501	0,236	0,454
6			MN	0,474	0,107	0,006
7	Hrubá hmotnost odlitku	Ω_{hmo}	NVN	0,486	0,096	0,571
8			ZN	0,470	0,085	0,550
9			MN	0,520	0,350	0,409
10	Modul odlitku	Ω_{mo}	NVN	0,059	0,226	0,122
11			ZN	0,051	0,200	0,068
12			MN	0,032	0,245	0,231
13	Objem kvádru	Ω_{ok}	NVN	0,189	0,060	0,086
14			ZN	0,215	0,176	0,123
15			MN	0,125	0,328	0,460
16	Brhelovo kritérium	Ω_{br}	NVN	0,430	0,053	0,184
17			ZN	0,457	0,157	0,330
18			MN	0,361	0,350	0,393
19	Brhel-Jelínkovo kritérium	$\Omega_{\text{br-jl}}$	NVN	0,649	0,067	0,405
20			ZN	0,671	0,194	0,552
21			MN	0,588	0,302	0,304
22	Herzánovo kritérium	Ω_{hr}	NVN	0,199	0,014	0,122
23			ZN	0,228	0,115	0,103
24			MN	0,128	0,383	0,415
Poznámka: zelené pole – těsnost vztahu je mírná, červené pole – těsnost je význačná.						

Použijeme však při řešení statistických úloh přijaté neformální pravidlo, že je-li:

$r < 0,3$ je těsnost vztahu nízká,

$0,3 \leq r \leq 0,5$ je těsnost mírná,

$0,5 \leq r \leq 0,7$ je těsnost význačná,

pak již u posuzovaných závislostí se jeví jejich kvalifikace zajímavější:

- čtyři charakteristiky (hmotnostní zařazení, tvarové zařazení, hrubá hmotnost odlitků a Brhelovo kritérium) vykazují těsnost vztahu mírnou,
- jedna charakteristika (Brhel-Jelínkovo kritérium) lze hodnotit jako těsnost význačnou.

Na druhé straně hodnocení stupně těsnosti vykreslené u 7 odlitků (sl. č.5, **tab.5.4b**) pouze ve třech případech naznačuje mírnou těsnost u materiálových nákladů.

Je tedy zřejmé, že vyřazení odlitku O.24 nevedlo k očekávanému zvýšení stupně těsnosti vztahu. Tyto obrázky tedy záměrně do zprávy nezařazujeme. Jsou uloženy u autorů.

Následně jsme se zaměřili na další výběrové hodnocení nákladů na apretaci.

5.3 Porovnání nákladů na zajištění u výrobní fáze apretace „stejně jakosti odlitků“

K tomuto přístupu byl řešitelský tým inspirován nejprve příkladem u odlitku O.4 a O.5 vyrobeného ve slévárně C. Jak bylo již vzpomínáno, jedná se prakticky o jeden odlitek, který měl významné náklady na opravu vad. Proto byl z O.4 pro demonstraci této skutečnosti „uměle vytvořen“ odlitek O.5, který by se hypoteticky vyrobil bez těchto vad.

Tyto skutečnosti vedly řešitelský tým k následujícímu přístupu. Jako porovnatelné jsou náklady, kdy dochází k opravě pouze povrchových vad (po provedení vizuální kontroly). Ty zahrnují obvykle dvě až tři operace tryskání a jedno nebo dvě tepelná zpracování. Tuto operaci můžeme nazvat pracovní jako „výrobní“. Pokud zákazník vyžaduje vyšší požadavky na vnitřní čistotu a homogenitu odlitku (dle nároků definovaných nedestruktivními zkouškami - NDT), pak je třeba vynaložit další náklady, které označujeme pracovní jako „následné opravy“. Náklady vyvolané provedením NDT nazýváme pracovní „zkušební“.

Jinými slovy lze říci, že porovnáváme náklady na apretaci odlitků kontrolované v průběhu jejich výroby zcela standardním způsobem v souladu s normou ČSN 014470. Ta předepisuje minimální požadavky na ocelové odlitky jako takové. Tedy jakost materiálu uváděnou v souladu s příslušnou normou v kupní smlouvě (ČSN, DIN, EU, ASTM, PN, atd.). Smlouva pouze využívá normu k zjednodušení definice požadavků kupujícího.

Dále deklaruje pro danou značku oceli:

- chemické složení,
- mechanické vlastnosti zkoušené z tavby,
- rozměrové odchylky,
- přísady pro opracování vázané na výkres odlitku.

Tomu vyhověly všechny vybrané odlitky. Bylo tedy známo chemické složení konkrétní tavby, dosažené hodnoty pevnostních vlastností a zkontrolovány rozměry odlitku.

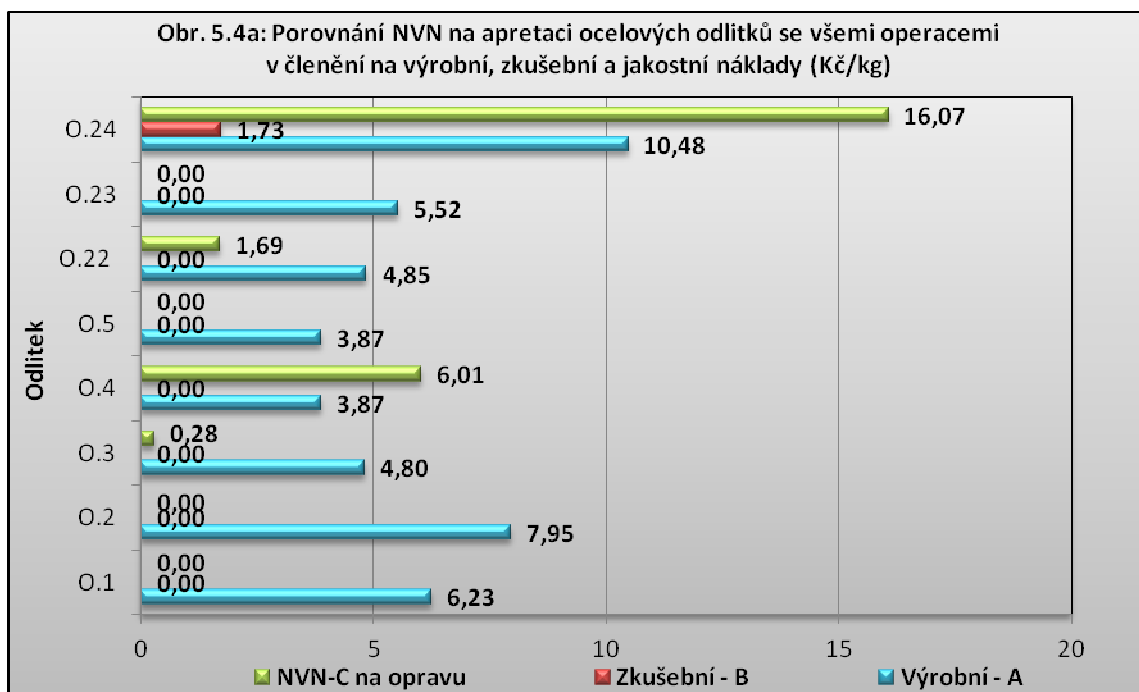
Na základě tohoto přístupu řešitelský tým metodicky rozdělil u všech osmi ocelových odlitků s úplnou apretací náklady na část „výrobní“ označenou jako skupinu A, „zkušební“ - skupina B a „následné opravy“ - skupina C.

Tedy, když si situaci zrekapitulujeme:

- skupina A - náklady na apretaci odlitku bez požadavku na provedení NDT zkoušek,
- skupina B - náklady vyvolané přípravou odlitku na NDT zkoušky, např. tryskání z důvodu čistoty povrchu před zkouškou, přebroušení surového povrchu odlitku z důvodu provedení NDT zkoušek apod.
- skupina C - náklady na odstranění vad zjištěné nedestruktivními zkouškami.

Uvedené rozdělení je uvedeno v **tab.5.5**. Z této tab. je zřejmé, že O.1, O.2 a O.23 vykazují na apretaci pouze náklady skupiny A - tedy tak zvané výrobní. Jak bylo uvedeno výše, odlitky O.4 a O.5 jsou prakticky identické. Rozdělení nákladů skupiny B a C se tedy prakticky týkalo pouze O.3, O.4, O.22 a O.24.

Při rámcovém posuzování nákladů skupiny B (zkušební) a C (jakostní) docházíme k následujícím zjištěním (viz také **obr.5.4a**):



O.3: se na jakostních nákladech podílí pouze 5% (**tab. 5.6**, ř. 3, sl.7). Jsou to pouze náklady na zavařování vad s následným broušením svárů těchto vad (viz **tab. 5.5**, ř. 22 a 27, sl. 16 a 19).

Tab. 5.6. Porovnání NVN na apretaci ocelových odlitků se všemi operacemi – rozděleno na skupiny (výrobní A, zkušební B, jakostní C)

Slévárna		E				C								F			
Označení		O.1		O.2		O.3		O.4		O.5		O.22		O.23		O.24	
Jednotky		Kč/kg	%	Kč/kg	%	Kč/kg	%	Kč/kg	%	Kč/kg	%	Kč/kg	%	Kč/kg	%	Kč/kg	%
ř./sl	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Výrobní-A	6,23	100	7,95	100	4,80	95	3,87	39	3,87	100	4,85	74	5,52	100	10,48	37
2	Zkušební-B	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	1,73	6
3	Jakostní-C	0,00	0	0,00	0	0,28	5	6,01	61	0,00	0	1,69	26	0,00	0	16,07	57

4	Celkem	6,23	100	7,95	100	5,07	100	9,88	100	3,87	100	6,54	100	5,52	100	28,28	100
---	--------	------	-----	------	-----	------	-----	------	-----	------	-----	------	-----	------	-----	-------	-----

O.4: - jakostní náklady tvoří celých 61 % (**tab. 5.6**, ř. 3, sl.9). Jsou to jak náklady na tryskání VI (**tab.5.5**, ř. 7, sl. 22), tepelné zpracování III (**tab.5.5**, ř. 11, sl. 22), odstranění vad II (ř. 18, sl. 22), zavařování vad I (ř. 22, sl. 22) a následné broušení svárů I těchto vad (ř. 27 a sl. 22).

O.22: - jakostní náklady tvoří 26 % (**tab. 5.6**, ř. 3, sl.13). Jsou to jak náklady na tryskání III (**tab.5.5**, ř. 4, sl. 34), tepelné zpracování III (**tab. 5.5**, ř. 11, sl. 34), zavařování vad I (ř. 22, sl. 34) a následné jemné broušení svárů těchto vad (ř. 25 a sl. 34).

O.24: - zkušební náklady vykazaly 6 % (**tab. 5.6**, ř. 2, sl.17). Jsou tvořeny jak náklady na tryskání V (**tab. 5.5**, ř. 6, sl. 45), tak na jemné broušení (ř. 25, sl. 45).

- jakostní náklady tvoří 57 % z celkových nákladů (**tab. 5.6**, ř. 3, sl.17). Jsou to jak náklady na tryskání IV (**tab.5.5**, ř. 5, sl. 46), tepelné zpracování IV (**tab. 5.5**, ř. 12, sl. 46), odstraňování vad I a II (ř. 18,19 a 20, sl. 46), zavařování vad I,II (ř. 22 a 23, sl. 46) a následné broušení svárů těchto vad (ř. 27 a 28, sl. 46).

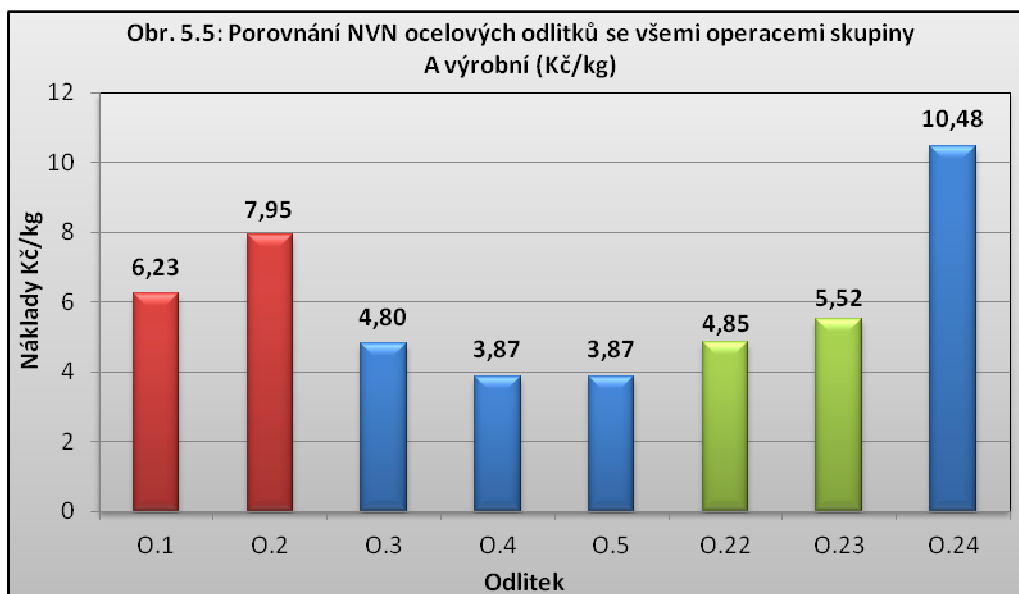
Z uvedeného konstatování nákladů skupiny B - zkušební a C - jakostní u čtyř odlitků se lze stěží pokoušet o smysluplné závěry.

Následně se proto zaměříme na posuzování dříve signalizované skupiny pracovních označených nákladů A „výrobních“. Nejprve posoudíme výši těchto nákladů u sledovaných odlitků.

5.3.1 Hodnocení výrobních nákladů (skupina A) u apretace odlitků

Posuzované výrobní náklady (skupina A) pro šetřené odlitky na celkovou apretaci jsou uvedeny v **tab.5.7** a na **obr. 5.4a**. Z ní vyplývá, že náklady se pohybují v rozmezí 3503 Kč/odlitek až po 11525 Kč/odlitek. Maximální náklad je tedy 3,3 krát vyšší než minimální.

Podobný pohled nabízí i ukazatel měrných nákladů (viz **tab.5.7**, ř. 30 a **obr. 5.5**). Ty se pohybují v pásmu 3,87 Kč/kg až po 10,48 Kč/kg. Tedy zjištěné navýšení maximální hodnoty vůči minimální je 2,7 krát - do jisté míry se blíží výrobním nákladům na apretaci v Kč/odlitek.



Detailní pohled na výrobní náklady (sk. A) všech fází apretace odlitků je prezentován pro jednotlivé posuzované odlitky na **obr. 5.6-O.1 až 5.6-O.24** - viz příloha **P3**.

Následně se zaměříme na zkoumání závislostí výrobních nákladů (skupiny A) na výše definovaných charakteristikách odlitků.

5.3.2 Posouzení závislostí nákladů skupiny A (výrobní) na apretaci celkem na vybraných charakteristikách odlitků

Podobně jako jsme se zaměřili na hledání závislostí na vytipovaných charakteristikách odlitků u nákladů na apretaci celkem (náklady skupiny výrobní A, zkušební B a na jakost C) jsme postupovali i u samostatných nákladů výrobních A.

Vstupní podklady jsou soustředěny v **tab. 5.4.c** - viz příloha **P2**. V této příloze jsou také soustředěny na **obr.5.3.9 - obr.5.3.16** veškeré závislosti nákladů na vytipovaných charakteristikách.

Pro všechny závislosti byly vypočteny koeficienty korelace (viz **tab.5.4.b**, sl.6).

Opět ani v jednom případě (r) nepřevyšuje (r_{krit}). Kritická hodnota koeficientu korelace činí v daném případě 0,7545. Je tedy zřejmé, že ani jedna ze zkoumaných závislostí výrobních nákladů (sk.A) na vytipovaných charakteristikách nebyla statisticky významná.

Pokud bychom chtěli hodnotit těsnost závislostí s pomocí výše vzpomenutého „neformálního pravidla“ podle výše (r), pak v prvním přiblížení se vazby, které bychom mohli označit jako těsnost mírná, se budou blížit hodnocení celkových nákladů. Význačná závislost se ukazuje pouze v jednom případě.

I když uvedené hodnocení závislostí na charakteristikách u celkových nákladů na apretaci (sk.A+sk.B+sk.C) vzbuzovalo jisté naděje, tak u nákladů skupiny A je výsledek jednoznačně „chudší“. Nicméně se jeví, že daná cesta přes naznačené charakteristiky by snad mohla v budoucnu vést k cíli.

Následně se zaměříme na posouzení výrobních nákladů (skupiny A) podle jednotlivých výrobních fází apretace.

Tab. 5.5: Porovnání NVN ocelových odlitků se všemi operacemi - rozděleno na skupiny (výrobní A, zkušební B, jakostní C)

F./sl.	1	O.1						O.2						O.3						O.4						O.5						O.22						O.23						O.24														
		Kč/odlitek			hal/kg			Kč/odlitek			hal/kg			Kč/odlitek			hal/kg			Kč/odlitek			hal/kg			Kč/odlitek			hal/kg			Kč/odlitek			hal/kg			Kč/odlitek			hal/kg																	
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C															
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49											
1	A. Transport a odstranění form, směsi	115,87	0	0	11	0	0	142,57	0	0	15	0	0	4,62	0	0	1	0	0	6,01	0	0	1	0	0	6,01	0	0	1	0	0	6,47	0	0	1	0	0	126,20	0	0	11	0	0	421,27	0	0	38	0	0									
2	B. Tryskání I (po vytlučení)	210,05	0	0	20	0	0	254,51	0	0	27	0	0	146,96	0	0	18	0	0	153,57	0	0	17	0	0	153,57	0	0	17	0	0	170,20	0	0	18	0	0	241,70	0	0	22	0	0	227,99	0	0	21	0	0									
3	B. Tryskání II (po tepelném zpracování)	357,83	0	0	34	0	0	446,75	0	0	47	0	0	348,37	0	0	43	0	0	179,29	0	0	20	0	0	179,29	0	0	20	0	0	414,19	0	0	44	0	0	193,20	0	0	18	0	0	121,09	0	0	11	0	0									
4	B. Tryskání III (po tepelném zpracování)	259,31	0	0	25	0	0	350,63	0	0	37	0	0	419,75	0	0	52	0	0	299,48	0	0	33	0	0	299,48	0	0	33	0	0	0	0	145,69	0	0	15	202,00	0	0	18	0	0	120,12	0	0	11	0	0									
5	B. Tryskání IV (po tepelném zpracování)	0	0	0	0	0	0	254,51	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	189,17	0	0	17											
6	B. Tryskání V (po broušení pro NDT)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159,10	0,00	0	14	0	0										
7	B. Tryskání VI (po drážkování)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152,64	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
8	B. Mechanické čištění (tryskání)	827,19	0	0	79	0	0	1306,40	0	0	137	0	0	915,08	0	0	114	0	0	632,34	0	152,64	70	0	17	632,34	0	0	70	0	0	584,39	0	145,69	62	0	15	636,90	0	0	58	0	0	469,20	159,10	189,17	43	14	17									
9	C. Tepelné zpracování I (před pálením)	0	0	0	0	0	0	383,21	0	0	40	0	0	836,43	0	0	104	0	0	1430,16	0	0	158	0	0	1430,16	0	0	158	0	0	1756,98	0	0	185	0	0	677,60	0	0	62	0	0	628,53	0	0	57	0	0									
10	C. Tepelné zpracování II (po pálení)	770,71	0	0	73	0	0	1351,96	0	0	142	0	0	603,06	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1862,89	0	0	169	0	0									
11	C. Tepelné zpracování III (po zavařování)	447,79	0	0	43	0	0	835,29	0	0	87	0	0	0	0	0	0	0	0	563,01	0	0	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	655,92	0	0	69	671,90	0	0	61	0	0	873,99	0	0	79	0	0										
12	C. Tepelné zpracování IV (po zavařování)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	555,36	0	0	50											
13	C. Tepelné zpracování	1218,50	0	0	116	0	0	2570,46	0	0	269	0	0	1439,49	0	0	179	0	0	1430,16	0	563,01	158	0	62	1430,16	0	0	158	0	0	1756,98	0	655,92	185	0	69	1349,50	0	0	123	0	0	3365,41	0	555,36	306	0	50									
14	D. Odstranění náliťků a stokové soustavy	423,42	0	0	40	0	0	344,22	0	0	36	0	0	1116,33	0	0	139	0	0	1327,76	0	0,00	147	0	0	1327,76	0	0	147	0	0	1382,15	0	0	145	0	0	799,80	0	0	73	0	0	2631,43	0	0	239	0	0									
15	E. Úprava plochy po upalování náliťků	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	266,90	0	24	0	0	558,14	0	0	51	0	0				
16	E. Hrubé broušení	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1255,20	0	114	0	0	1572,34	0	0	143	0	0				
17	E. Úprava plochy po upalování náliťků	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	574,05	0	60	0	0	1522,10	0	0	138	0	0			
18	F. Odstraňování vad II - drážkování	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	371,45	0	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	215,40	0	20	0	0	285,40	0	636,86	26	0	58			
19	F. Odstraňování vad I - vybrušování vad I.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2170,44	0	0	197						
20	F. Odstraňování vad I - vybrušování vad II.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	267,63	0	0	24						
21	F. Odstraňování vad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	371,45	0	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	215,40	0	20	0	0	285,40	0	3074,93	26	0	280
22	G. Zavařování vad I	2489,18	0	0	237	0	0	1226,83	0	0	128	0	0	0	153	0	0	19	0	370,66	0	0	417	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	682,73	0	0	72	966,50	0	0	88	0	0	1562,40	0	10958,62	142	0	996									
23	G. Zavařování vad II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143,62	0	0	18	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	646,72	0	0	59							
24	G. Zavařování vad	2489	0	0	237	0	0	1226,83	0	0	128	0	0	143,62	0	153	18	0	19	0	3770,66	0	0	417	0	0	0	0	0	0	0	0	0	682,73	0	0	72	966,50	0	0	88	0	0	1562,40	0	11605,34	142	0	1055									
25	H. Jemné broušení	1465,71	0	0	140	0	0	2001,83	0	0	210	0	0	242,79	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	106,29	0	0	12	0	0	299,04	0	120,91	31	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1746,08	0	0	159	0	0						
26	I. Zažehlování svárů vad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
27	J. Broušení svárů vad I.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68	0	0	8	106,29	0	582,13	12	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	453,80	0	0	41	0	0						
28	J. Broušení svárů vad II.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	222,04	0	0	20						
29	J. Broušení svárů vad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68	0	0	8	106,29	0	582,13	12	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	453,80	0	0	41	0	0					
30	Celkem	6540	0	0	623	0	0	7592	0	0	795	0	0	3862	0	221	480	0	28	3503	0	5440	387	0	601	3503	0	0	387	0	0	4603	0	1605	485	0	169	6070	0	0	552																	

Tab. 5.7: Porovnání NVN ocelových odlitků se všemi operacemi výrobních nákladů – A

ř./sl.	I	O.1		O.2		O.3		O.4		O.5		O.22		O.23		O.24	
		Kč/odlitek	hal/kg	Kč/odlitek	hal/kg	Kč/odlitek	hal/kg	Kč/odlitek	hal/kg	Kč/odlitek	hal/kg	Kč/odlitek	hal/kg	Kč/odlitek	hal/kg	Kč/odlitek	hal/kg
1	A. Transport a odstranění form. směsí	115,87	11	142,57	15	4,62	1	6,01	1	6,01	1	6,47	1	126,20	11	421,27	38
2	B. Tryskání I (po vytlučení)	210,05	20	254,51	27	146,96	18	153,57	17	153,57	17	170,20	18	241,70	22	227,99	21
3	B. Tryskání II (po tepelném zpracování)	357,83	34	446,75	47	348,37	43	179,29	20	179,29	20	414,19	44	193,20	18	121,09	11
4	B. Tryskání III (po tepelném zpracování)	259,31	25	350,63	37	419,75	52	299,48	33	299,48	33	0,00	0	202,00	18	120,12	11
5	B. Tryskání IV (po tepelném zpracování)	0	0	254,51	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	B. Tryskání V (po broušení pro NDT)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	B. Tryskání VI (po drážkování)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	B. Mechanické čištění (tryskání)	827,19	79	1306,40	137	915,08	114	632,34	70	632,34	70	584,39	62	636,90	58	469,20	43
9	C. Tepelné zpracování I (před pálením)	0	0	383,21	40	836,43	104	1430,16	158	1430,16	158	1756,98	185	677,60	62	628,53	57
10	C. Tepelné zpracování II (po pálení)	770,71	73	1351,96	142	603,06	75	0	0	0	0	0	0	0	0	1862,89	169
11	C. Tepelné zpracování III (po zavařování)	447,79	43	835,29	87	0	0	0	0	0	0	0	0	671,90	61	873,99	79
12	C. Tepelné zpracování IV (po zavařování)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	C. Tepelné zpracování	1218,50	116	2570,46	269	1439,49	179	1430,16	158	1430,16	158	1756,98	185	1349,50	123	3365,41	306
14	D. Odstranění náلتků a vtokové soustavy	423,42	40	344,22	36	1116,33	139	1327,76	147	1327,76	147	1382,15	145	799,80	73	2631,43	239
15	E. Úprava plochy po upalování náلتků	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	266,90	24	558,14	51
16	E. Hrubé broušení	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	574,05	60	1255,20	114	1572,34	143
17	E. Úprava plochy po upalování náلتků	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	574,05	60	1522,10	138	2130,48	194
18	F. Odstraňování vad II - drážkování	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	215,40	20	285,40	26
19	F. Odstraňování vad I - vybrušování vad I.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	F. Odstraňování vad I - vybrušování vad II.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	F. Odstraňování vad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	215,40	20	285,40	26
22	G. Zavařování vad I	2489,18	237	1226,83	128	0	0	0	0	0	0	0	0	966,50	88	1562,40	142
23	G. Zavařování vad II	0	0	0	0	143,62	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	G. Zavařování vad	2489,18	237	1226,83	128	143,62	18	0	0	0,00	0	0,00	0	966,50	88	1562,40	142
25	H. Jemné broušení	1465,71	140	2001,83	210	242,79	30	0	0	106,29	12	299,04	31	0	0	0	0
26	I. Zažehlování svárů vad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	J. Broušení svárů vad I.	0	0	0	0	0	0	106,29	12	0	0	0	0	453,80	41	659,30	60
28	J. Broušení svárů vad II.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	J. Broušení svárů vad	0	0	0	0	0	0	106,29	12	0	0	0	0	453,80	41	659,30	60
30	Celkem	6540	623	7592	795	3862	480	3503	387	3503	387	4603	485	6070	552	11525	1048

6 HODNOCENÍ NÁKLADŮ „VÝROBNÍCH – sk. A“ JEDNOTLIVÝCH FÁZÍ APRETACE

Nejdříve se věnujeme úvodní výrobní fázi A. Transport a odstranění zbytků formovacích směsí.

6.1 Posouzení „výrobních nákladů – sk. A“ u výrobní fáze A.Transport a odstranění zbytků formovacích směsí

Náklady této výrobní fáze (**tab. 5.5**, ř. 1) se na „výrobních nákladech apretace - sk. A“ pohybují od 4,62 Kč/odlitek do 421,3 Kč/odlitek. V měrných jednotkách se tyto náklady evidují od 0,01 Kč/kg do 0,38 Kč/kg. V relativním vyjádření se jejich podíl na odlitek pohybuje od 0,1 % do 3,6 %. I když tato výrobní fáze patří tedy k nákladům minoritním, může být svou maximální výší (viz 421 Kč/odlitek) zajímavá.

Tato výrobní fáze se dále dělí na dílčí výrobní fáze: A.1 Přeprava odlitků do čistírny a A.2 odstranění zbytků formovacích směsí na odlitku.

6.1.1 Posouzení „výrobních nákladů – sk. A“ u dílčí výrobní fáze A.1 Přeprava odlitků do čistírny

Při posuzování nákladů výrobní fáze A. byly u sledovaných odlitků (vyjma O.23, O.24, O.1 a O.2) registrovány pouze náklady na dílčí výrobní fázi A.1. Její nákladová hodnota se pohybuje v rozmezí 4,62 Kč/odlitek (O.3) až 16,64 Kč/odlitek (O.23, O.24). Velikost vynaložených nákladů je dána zejména konkrétním situováním slévárny a z toho vyplývajícími manipulačními toky. Bude tedy asi dosti problémové bez zásadních zásahů do prostorového řešení slévárny dávat slévárnám v této oblasti akceptovatelná doporučení.

Při posuzování této výrobní fáze je třeba připomenout, že řešitelský tým i s tímto zkoumáním původně počítal. K tomu účelu byla sestrojena schémata pohybu odlitků při apretaci právě pro možné zefektivnění jejich logistiky. Tato schémata jsou uvedena v kapitole 7. Záměry rozpracované.

6.1.2 Posouzení „výrobních nákladů – sk. A“ u dílčí výrobní fáze A.2 Odstranění zbytků formovacích směsí na odlitku

Jak bylo již uvedeno u této dílčí výrobní fázi (A2) byly vykázaný náklady u odlitků O.1, O.2, O.23 a O.24.

V první řadě bylo řešitelským týmem diskutováno pokud možno přesné označení této výrobní fáze. Po zevrubném posouzení problému jsme se přikláněli spíše k závěru, že tato dílčí výrobní fáze zahrnuje komplexní odstranění zbytků formovacích směsí - nebo-li také odstraňování hlubokých připečenin. Ve slévárně E zahrnuje tato operace ruční hrubé očištění od zbytků formovací směsi po vytlučení z formy.

Byli jsme si vědomi, že do uvedené náplně bude patřit jak původně označená dílčí výrobní fáze A2 a také v konkrétních případech i výrobní fáze B1. Tím i jistý nákladový podíl

z fáze E. Interpretace tohoto stavu bude *přísně individuální s ohledem na druh používané formovací směsi u konkrétního zkoumaného odlitku*.

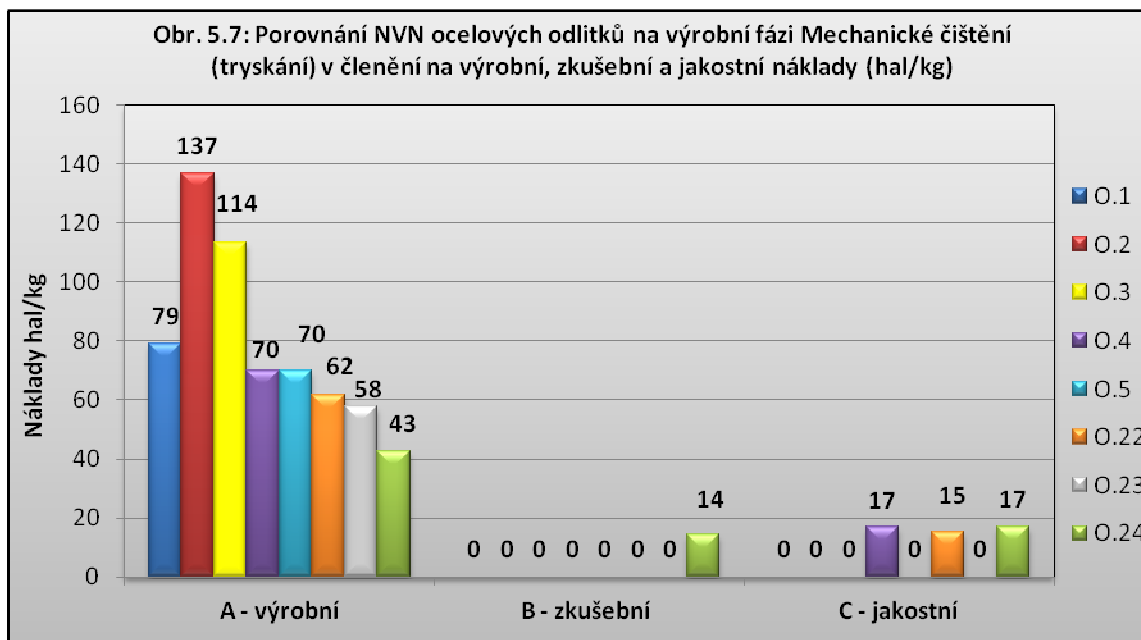
Tento stav může být zejména inspirativní pro slévárny, které mají zabezčené formovací směsi po vytlučení (v případech kde náklady budou vyšší), zejména u fáze A.2. Bude tedy patně podnětný pro slévárny, které nejsou v současné době zapojeny v PXIII.

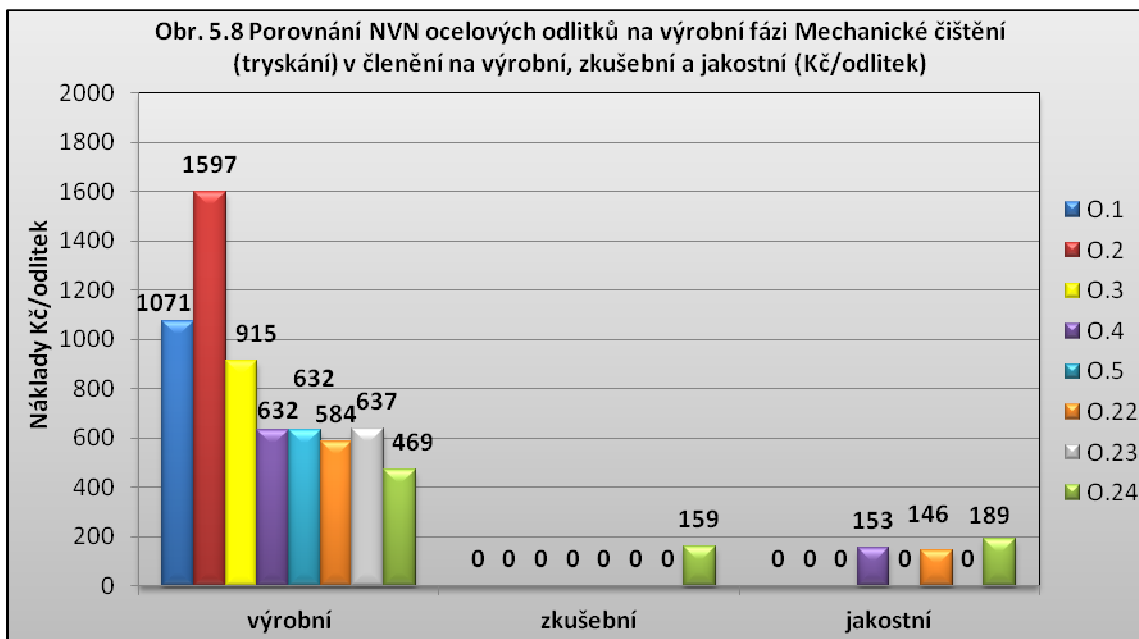
6.2 Posouzení „výrobních nákladů – sk. A“ u výrobní fáze B. Mechanické čištění (tryskání)

Celkové náklady na výrobní fázi mechanické čištění (tedy skupiny A, B a C) jsou uvedeny v **tab. 5.2** v ř.2 - 8. Zjistíme, že jejich výše se pohybuje v pásmu 632 Kč/odlitek O.5 do 1306 Kč/odlitek O.2 (podíl minimálních a maximálních nákladů se pohybuje 1: 2,1). U měrných nákladů je toto pásmo 0,58 Kč/kg (O.23) do 1,37 Kč/kg - O.2 (1:2,4).

Náklady na tryskání skupiny A zjistíme z **tab.5.7**, ř. 2-8 a **obr.5.6**. Zjistíme, že celkové náklady na mechanické čištění se pohybují od 469 Kč/odlitek (O.24) až 1306 Kč/odlitek (O.2). Podíl nejvyššího nákladového zatížení oproti minimálnímu je v poměru 1:2,8. U měrných nákladů je podíl obdobný (min 0,43 Kč/kg, max 1,37 Kč/kg). Tyto náklady jsou v poměru 1: 3,2. Je třeba dodat, že náklady skupiny A (viz **tab.5.6**) činí u odlitků O.1, O.2, O.5 a O.23 sto procent. U O.3 je to 95%, u O.4 39%, u O.22 je to 74 % a u O.24 – 34 %. Graficky je jejich výše podle jednotlivých odlitků znázorněna na **obr. 5.7** a **5.8**.

Následně se pokusíme blíže zaměřit na skupinu nákladů výrobních (A) na mechanické čištění.





6.2.1 Podrobnější posouzení výrobních nákladů (sk. A) na mechanické čištění

Celkové náklady (sk.A) na mechanické čištění byly vynakládány podle konkrétní situace ve třech až šesti cyklech (tryskání I až tryskání VI). Tento stav je názorně ukázán jak pro jednotlivé odlitky tak i v členění podle tryskání I,II, III, IV, V a VI v **tab.5.7**.

Úvodním rozbořem NVN (všech skupin A, B, C) tryskání jsme došli k závěru, že převažující podíl tvoří náklady zpracovací. V průměru činí 71 %. Jejich podíl se pohybuje od 58 % do 82 % z NVN. Zbývá část tvoří náklady materiálové. Podobně u nákladů na tryskání skupiny A je také zcela převažující podíl nákladů zpracovacích (75 - 95%).

Nákladově rozhodující v materiálových nákladech je abrazivo. To činí z NVN (všech tří nákladových skupin) na tryskání v průměru 27 % (od 21% do 30 %). V nákladech zpracovacích jsou dominantní dva druhy nákladů. Prvními jsou náklady na energii pohonu tryskací jednotky. Ta se pohybuje od 41% do 61 % z NVN. V průměru činí náklady na energii cca 50%.

Spotřeba energie je dána v první řadě konstrukcí a energetickými charakteristikami tryskacího zařízení. A zejména a zcela zásadně dobou tryskání. Poslední dominantní položkou jsou osobní náklady. Ty v průměru činí 23 % (od 19 % do 31%). Jsou dány v první řadě dobou navážení odlitků do tryskací komory a vykládání odlitků z komory. A samozřejmě a zcela zásadně dobou tryskání. Obdobné poměry jsou i u nákladů skupiny A - výrobní.

Nebudeme u osobních nákladů polemizovat s možnou skutečností, že jejich výše může mít v některých slévárnách zásadně „konstantní“ charakter. Může samozřejmě nastat situace, kdy obsluha tryskacích zařízení pro jejich nevytíženost a nezajištění náhradní práce bude osobní náklady čerpat v plné výši.

Je tedy zřejmé, že o nákladech na mechanické čištění (tryskání) v zásadě rozhoduje:

- abrazivo (spotřeba, cena, kvalita, atd.),
- doba tryskání (včetně dalších charakteristik tryskacích zařízení).

V prvním přiblížení se z **obr. 5.7** (náklady v Kč/kg) jeví, že můžeme celkové náklady výrobní - A na mechanické čištění (všechna tryskání) pro posuzované odlitky podle jejich výše rozdělit do dvou relativně samostatných skupin. Rozdíl ve vykázaných nákladech považujeme za významný.

- Skupina (O.1, O.4, O.5, O.22, O.23 a O.24) s náklady od 0,43Kč/kg do 0,79Kč/kg s rozpětím 0,36 Kč/kg^{1/},
- Skupina (O.2 a O.3) s náklady od 1,14 Kč/kg do 1,37 Kč/kg a rozpětím 0,23Kč/kg,

Poznámka ^{1/}: nákladové rozpětí je dáno rozdílem maximální a minimální hodnoty.

Následně se detailněji věnujeme obecnému posouzení tryskacích zařízení, které zcela zásadně určují nákladovost výrobní fáze mechanické čištění.

6.2.2 Obecné posouzení tryskacích zařízení

Tryskací zařízení (TrZ) a jeho optimální obsluha zcela rozhodujícím způsobem ovlivňují nákladovost výrobní fáze mechanické čištění. Bohužel však tato problematika v řadě případů nestojí v popředí zájmu sléváren. Možná právě proto bývá většina TrZ nejstarším vybavením sléváren.

A obdobná situace je bohužel s jejich seřizováním a obecně s údržbou. To dokládají skutečnosti (viz výše), že druh, technický stav a vlastní seřízení TrZ zásadně ovlivňují vynaložené náklady a ty mohou být mnohdy až několika násobné.

Následně je třeba si pokládat otázky, jak dále postupovat s konkrétním používaným TrZ. Zda přistoupit pouze k jeho seřízení, opravě, modernizaci, nebo dokonce investovat do nového agregátu.

Nejprve se zaměříme na posouzení vhodnosti TrZ podle jejich produktivity. Produktivita (výkon) je tím vyšší, čím je vyšší podíl tryskacích časů vůči vedlejším časům za předpokladu, že dané tryskací časy jsou nejkratší možné.

Tento požadavek ideálně splňuje TrZ s drátěným pásem (viz **obr.6.1** a **6.2**). Jedná se o průběžné zařízení. Odlitky se pokládají na vstupní část dopravníku a po průchodu tryskací komorou se z výstupní části odebírají. TrZ lze velmi snadno zařadit do výrobní linky. Omezení jeho použití je pouze u příliš malých odlitků (vzhledem k velikosti oka pásu) a limitní hmotností tryskaných kusů 300 kg.



Obr. 6.1: Detail drátěného pásu

Rozměr oka 50 x 80 mm



Obr. 6.2: TrZ s drátěným pásem

Jako další z hlediska produktivity se nabízí tzv. bubnový (pásový) tryskač (TR) - **obr. 6.3**. Pracovní prostor tohoto TR je vnitřní válcová plocha tvořená pásem z ocelových lamel nebo gumy zesílené tkaninou. Zařízení lze včlenit do výrobních linek. Při „nakládání“ a „vykládání“ se již projevují vedlejší časy. Limitem je kusová hmotnost odlitku 200 – 300 kg.



Obr. 6.3: Bubnové (pásový) TrZ



Obr. 6.4 Závěsný TR

Další, zcela univerzální možností je závěsný tryskač (**obr. 6.4 a 6.5**). Podle provedení závěsu lze tryskat dílce v podstatě jakéhokoli tvaru, velikosti a hmotnosti. Je zvládnuta konstrukce pro břemeno 100t. V drtivé většině aplikací tedy nejsou slévárny omezeny hmotnostním limitem odlitků. Musíme ale kalkulovat s „vedlejšími“ časy pro navěšení a svěšení dílce.

Jako poslední možnost se nabízí komorový TR se zavážecím kolejovým vozíkem (**obr.6.5 a 6.7**). TR může být s otočným stolem, anebo „lehčí“ varianta tohoto provedení – TR s otočným stolem (**obr.6.6**). V prvním případě se jedná o TrZ pro extrémně hmotné dílce, v druhém případě jde většinou o starší konstrukce TR. V současné době se vzhledem k nutnosti otáčení dílců a z toho vyplývající nižší produktivity od těchto konstrukcí upouští.



Obr. 6.5:

Závěsný TR včetně kolejí pro zavážecí vozík. Obsluha zcela logicky využívá závěsný systém.



Pro tryskač s otočným stolem je typické množství manuální práce.

Obr. 6.6: Tryskač s otočným stolem

MJ nejsou v jedné linii nad sebou. Lze tedy očekávat relativně kratší tryskací časy.



Obr. 6.7: Tryskací komora se zavážecím vozíkem

Výhody a nevýhody popsaných tryskacích zařízení jsou shrnuty v **tab. 6.1**.

Tab. 6.1 Rámcový popis výhod a nevýhod tryskacích zařízení

Typ tryskače:		s drátěným pásem	bubnový	závěsný	se zavážecím vozíkem
ř./sl.	1	2	3	4	5
1	Hmotnostní limit	300 kg	200 kg	100.000 kg	2*
2	Rozměrový limit	1500 mm (šíře pásu)	1*	2*	2*
3	Vedlejší časy	nejsou	nízké	střední	vysoké

1* - pro konkrétní aplikaci nutno v mezním případě provést tryskací zkoušky, jinak lze tryskat dílce, které se v bubnu bez problémů otáčejí

2* - zařízení větších rozměrů jsou vždy zákaznická

Následně se zaměříme na konkrétní posouzení tryskacích zařízení sléváren, které jsou zapojeny v řešitelském týmu PXIII.

6.2.3 Posouzení tryskacích zařízení sléváren v PROJEKTU XIII

Pro slévárny zapojené v řešitelském týmu je možné zadat tryskání odlitku v hmotnostní kategorii 1 – 3t. Z výše uvedené klasifikace TrZ vyplývá, že použijeme tryskač závěsný nebo se zavážecím vozíkem.

V **tab.6.2** jsou uvedeny základní informace o tryskacích zařízeních používaných ve slévárnách zapojených do PXIII. K této tabulce je možné dodat, že komorové tryskače jsou obecně s velkou nosností a se zavážecím vozíkem. Tedy jsou to zařízení vhodná pro převážně kusovou výrobu s velkou tvarovou a rozměrovou rozmanitostí. Hlavní prioritou je zde tedy možnost otryskat jakýkoli odlitek, který zákazník objedná.

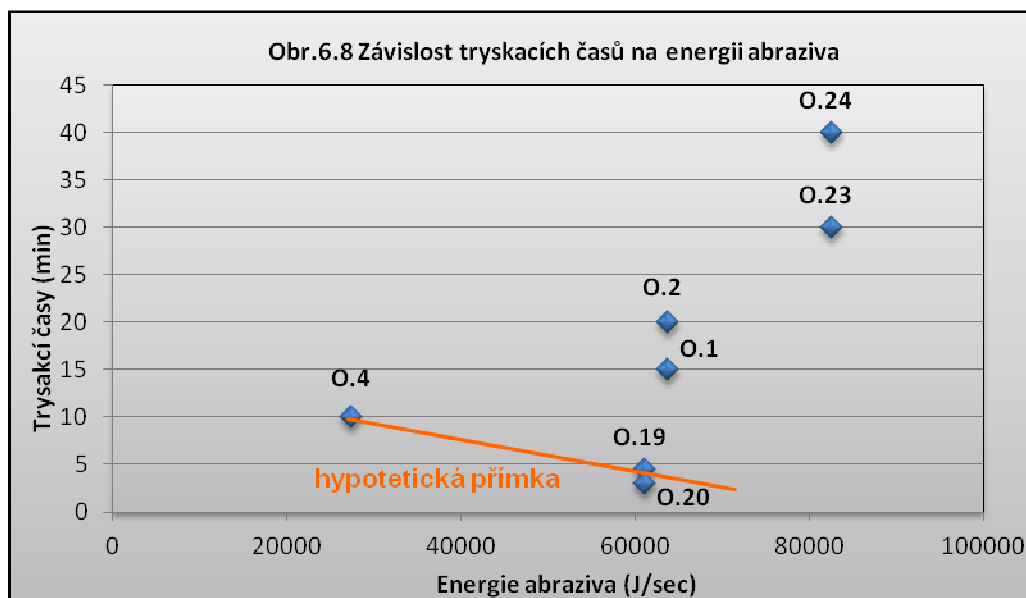
Následně jsme se zaměřili na posouzení vybraných charakteristik tryskacích zařízení sléváren C, F a E. Data jsou uvedena v **tab. 6.3**. Tryskací časy odpovídají době tryskání odlitků po vytlučení z formy. Pro doplnění je třeba uvést, že jak v **tab.6.3** (a následně v **obr.6.8**) – jsou zahrnuty také odlitky O.19 a O.20, které jsou z LLG.

Naší snahou bylo stanovit celkovou energii abraziva na metacích kolech příslušného zařízení a tu konfrontovat s tryskacími časy u námi sledovaných odlitků. Vycházeli jsme z předpokladu, že se zvyšující se energii abraziva na metacích kolech by měla klesat doba tryskání odlitků.

Tab. 6.3: Charakteristiky tryskacích zařízení potřebné k posouzení jejich účinnosti

Podnik	Odlitek	Typ zařízení	Skutečný průtok abraziva pro 1 MJ	Výmetná rychlost	Energie MJ	Počet MJ	Skutečný průtok abraziva celkem	Energie celkem	Tryskací časy
	Označení	Jednotky:	kg/min	m/sec	J/sec	ks	kg/min	J/sec	min
C	O.4	Závěsný	104	89	6865	4	416	27459	10
	O.1	Zavážecí vůz	299	80	15947	4	1196	63787	15
E	O.2	Zavážecí vůz	299	80	15947	4	1196	63787	20
	O.19	Závěsný	273	82	15297	4	1092	61188	4,5
	O.20	Závěsný	273	82	15297	4	1092	61188	3
	O.23	Zavážecí vůz	234	84	13759	6	1404	82555	30
F	O.24	Zavážecí vůz	234	84	13759	6	1404	82555	40

Výsledný **obr.6.8** tuto závislost ovšem nepodporuje. Rýsuje se zde závislost daná body O.4, O.19 a O.20, která je označena jako „hypotetická přímka“. Pokud budeme tuto závislost považovat za správný a očekávaný výsledek, pak by se mohlo zdát, že všechny ostatní výsledky se pohybují v oblasti nízké účinnosti.



Pro tento vysoký rozptyl lze nalézt následující příčiny:

- 1) Příliš velký rozptyl abraziva daný velkou vzdáleností mezi metací jednotkou a odlitkem.
- 2) Nevhodné rozmístění MJ.
- 3) Nevhodné seřízení MJ.
- 4) Různý stupeň přilnavosti zbytků písku na odlitku.
- 5) Vliv abraziva.

Vliv bodů ad 1) a ad 2) bohužel nemůžeme změnit, poněvadž je dán konstrukcí tryskacího zařízení. Rozptyl abraziva je zde tím určujícím faktorem. Vzdálenost ústí metacích jednotek od povrchu tryskaného odlitku je u zařízení se zavážecím vozíkem cca dvojnásobná proti závěsným TrZ. Když uvážíme, že tryskací obrazec se trychtýřovitě rozšiřuje směrem od metací jednotky, tak na jednotku plochy u tryskaných odlitků na zavážecím vozíku dopadá 4 x méně abraziva. Ztrátu rychlosti zanedbáváme. Když připočteme nutnost tyto odlitky tryskat v TrZ se zavážecím vozem dvakrát, jednou vrchní a jednou spodní část, získá umístění bodů u odlitků O.1, O.2, O.23 a O.24 logické zdůvodnění.

Relativně jednoduchým způsobem lze provést kontrolu a následné seřízení metacích jednotek. To by měl být jeden z prvních úkolů pro všechny slévárny, které se účastní PXIII. V rámci řešení P XIII byla provedena prohlídka ve slévárně C – viz příloha **P5-9**. Pro slévárnu C a i další slévárny z tohoto posouzení vyplynulo následující doporučení.

Přímé a celkem logické doporučení je seřídít větrný odlučovač v C tak, aby se prachová fáze v provozní směsi nevyskytovala. Důsledek, ale bude odpor provozního střediska, protože dotčení pracovníci budou namítat vysokou spotřebou abraziva, což má samozřejmě příčinu v jeho nízké kvalitě, tedy rychlé rozpadavosti. Současný stav je brán víceméně jako standard a pokud odpovědní pracovníci mají snahu zařízení ekonomicky provozovat, tak k uvedenému seřízení nemusí být příliš nakloněni.

Vhodnější varianta by byla použít kvalitnější abrazivo, které negeneruje takový podíl prachu, a zařízení nechat bez dalšího zásahu. Vyjdeme-li ze základu 1970 (viz trvanlivosti níže), tak abrazivo EW VERA má o 76 % vyšší trvanlivost. Jelikož zařízení jistý odtah vykazuje, je možné, že při použití tohoto abraziva bude prachová fáze zcela odsáta anebo bude vykazovat znatelně nižší zastoupení. To by pak znamenalo seřízení v pouze relativně malém rozsahu a jistě bez námitek na vysokou spotřebu. Zároveň by se projevil i delší interval pro doplňování abraziva do TrZ.

Tento nebo podobný postup lze navrhnout i doporučit všem zájemcům o snížení nákladů obecně. Nutno však podotknout, že abrazivo EW VERA je dražší, než standartní vysokouhlíková abraziva na našem trhu. Cca 20 – 25 %, okolo 22,-Kč/kg. Jsou však provozy, kde se bohužel hledí pouze na nákupní cenu bez ohledu na kvalitu abraziva a jsou i zařízení, která nejsou náležitě vybavena. V těchto případech je toto doporučení zbytečné.

Přílnavost zbytků písku na odlitku (přesněji zbytků formovacích směsí) je dána použitým druhem formovací směsi. Významnou oblastí, kde mohou dále existovat skryté nákladové rezervy je provozní směs abraziva.

Nejprve se však zaměříme na vliv formovacích směsí na náklady mechanického čištění.

6.2.4 Posouzení vlivu použitých formovacích směsí na náklady tryskání

Ocelové odlitky vybrané slévárnami pro posouzení nákladů na apretaci a podrobnou analýzu jednotlivých čistírenských operací spadají do kusové výroby z hlediska opakovatelnosti. Pro odlitky této skupiny jsou ve všech slévárnách použité samotvrdnoucí směsi (dále ST). Jejich pojivem jsou různé typy pryskyřic a vytvrzovadel (furanové, alfasety, fenolické pryskyřice, vodní skla – obvykle modifikovaná). Společným rysem těchto pojivových systémů je rozebírání forem a jader v pevném stavu a tím výrazně vyšší rozměrová přesnost forem i odlitků. Druhou charakteristikou těchto pojivových systémů je jejich rozpadavost, občas nazývaná jako „zhroustivost“ po odlití odlitku. Na vytloukacích

roštích tak zůstává podstatně větší díl formovacích materiálů než před zavedením ST směsí. Pojiva jsou velmi často používána nejen pro křemenná ostřiva, ale také pro chromitová, olivínová, zirkonová. To umožní vytvořit soustavu formy podle tepelného namáhání a reakce formovacího materiálu se zalévanou ocelí. Zlepšení jakosti povrchu odlitků vyrobených do těchto materiálů byl, mimo zvýšení přesnosti rozměrů odlitků, jeden z dalších důvodů pro jejich zavedení do sléváren.

Pokusili jsme se nalézt vztah mezi náklady na mechanické čištění a kvalitou povrchů odlitků danou použitými formovacími směsmi.

V prvním přiblížení jsme předpokládali, že kvalita povrchu odlitků by měla klesat v následujícím pořadí: Alfaset, Furan, Fenolická pojiva, modifikovaná vodní skla, vodní skla jako ST, vodní sklo CO₂. Jinými slovy by se tedy měly náklady na mechanické čištění zvyšovat.

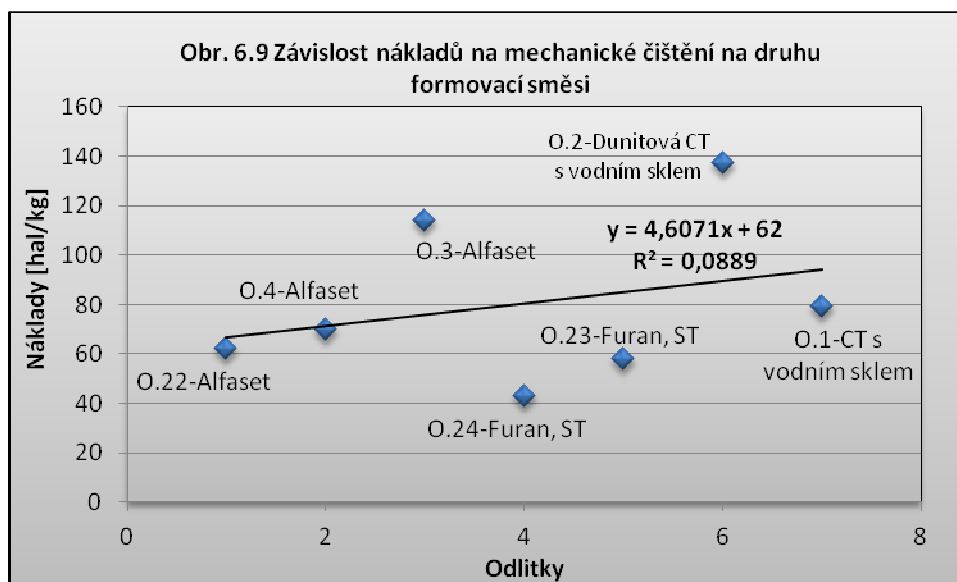
Následně by mohly být tedy odlitky sestaveny do možné řady (viz **tab.6.4**). Pokusili jsme se vložit toto pořadí spolu s příslušnými náklady do grafu (viz **obr.6.9**). I když z **obr. č.6.9** lze snad tušit jistou závislost v naznačené řadě, tak uvedený koeficient determinace (0,088) a následný koeficient korelace 0,298 dokládá, že vypovídací hodnota naznačené přímky je nízká. Odhad uvedený v textu se byť nevýrazně nicméně projevuje.

Je třeba říci, že řešitelský tým nepředpokládal, že se tato závislost jednoznačně prokáže. Potvrzuje se tedy, že náklady na mechanické čištění jsou závislé ještě na řadě dalších faktorů.

Následně se zaměříme na problematiku výběru abraziva v tryskacích zařízeních.

Tab. 6.4: Možné pořadí odlitků podle kvality jeho povrchu daného formovací směsí

	Odlitek	Použitá formovací směs	Náklady tryskání - sk. A v hal/kg
ř/sl.	1	2	3
1	O.22	Alfaset	62
2	O.4	Alfaset	70
3	O.3	Alfaset	114
4	O.24	Furan,ST	43
5	O.23	Furan,ST	58
6	O.2	Dunitová CT s vodním sklem	137
7	O.1	CT s vodním sklem	79



6.2.5 Posouzení výběru abraziva a jeho optimální aplikace v tryskacím zařízení

Je možné říci, že výběr vhodného abraziva a jeho optimální aplikace v tryskacím zařízení má zcela zásadní vliv na náklady jak mechanického čištění odlitku, tak i následující dohotovovací operace.

Výběr vhodného abraziva má vliv zejména na:

- vlastní spotřebu abraziva,
- dobu tryskání,
- kvalitu tryskaného povrchu odlitku a tím na následnou spotřebu nátěrových materiálů.

Bohužel je nezbytné v úvodu poznamenat, že v řadě sléváren se na výběr vhodného abraziva nebere dostatečný zřetel. Mnohdy se konzervativně (opakovaně) používá stejné abrazivo, nevěnuje se příslušná pozornost údržbě a seřízení tryskacích zařízení atd. Důsledkem je pak vysoká nákladová náročnost na mechanické čištění odlitků.

Nejprve se zaměříme na abrazivo v současné době většinou používané.

A. Používané abrazivo ve slévárnách

Ve slévárnách se v současné době k očištění povrchu odlitků standardně používá zejména kulaté ocelové abrazivo o zrnitostech dle SAE - S 330 až S780, dle DIN 0,80 - 1,25 mm až 2,00 - 2,80 mm. Existují různé další druhy abraziva, které některé slévárny používají, jako je hranaté abrazivo, sekaný drát atd. Nicméně je to v převážné míře abrazivo kulaté.

Kulaté ocelové abrazivo má obsah od 0,1 do 1,2 % C a vyrábí se v indukčních pecích (IP). Z nich se proud taveniny přivádí na vodní paprsek, kdy rychlým ochlazením a rozstříkáním vznikají drobné kuličky. Ty následně padají do vodního bazénu. A po dalších úpravách (třídění atd.) jsou distribuovány ke spotřebiteli.

Většina dodavatelů nabízí abraziva s obsahem cca 0,8 % C. Složením je to směs martenzitu a zbytkového austenitu a kompromis mezi průměrnými užitnými vlastnostmi vlastního abraziva s nenáročným výchozím materiálem (běžný šrot) a jednoduchou výrobou. Používaná abraziva vykazují dobrou intenzitu, tedy očišťovací schopnost, ale velmi nestálou trvanlivost.

U abraziv s obsahem cca 0,18 % C s bainitickou strukturou je dosaženo dobré intenzity i trvanlivosti. Podmínkou je tříděný vstupní kovový odpad a náročnější výroba.

Důvodem nízké trvanlivosti tzv. vysokouhlíkových abraziv je opotřebení abraziva rozpadem. Je to dáno vznikem mikrotrhlin při výrobě. Martenzit a zbytkový austenit mají různou délkovou roztažnost. Míra trvanlivosti je měřitelná v tzv. Evinově turbíně. Je to certifikované zařízení, kde mechanismus podobný metací jednotce vrhá přesně odvážené množství abraziva proti pevné stěně. Děje se tak v uzavřeném systému. Počítá se počet otáček turbíny do úplného rozpadu abraziva. Počet otáček je tedy mírou pro trvanlivost abraziva.

V **příloze P4** jsou pro ukázkou uvedeny protokoly z měření trvanlivosti abraziva. První (**P4-1**) je abrazivo firmy PKD Dačice (zrnitost 1,00 - 1,60mm), s naměřeným počtem 1094 otáček do úplného rozpadu. Dále je to abrazivo Slévárny F s 2348 otáčkami do úplného rozpadu (zrnitost 1,25-2,36) – viz **P4-2**. Na závěr je uvedeno nízkouhlíkové abrazivo VERA s 3131 otáčkami (zrnitost 1,25-2,00) - viz **P4-3**. Firmy PKD a slévárna F používají vysokouhlíkové abrazivo. K tomuto v zásadě náhodnému vzorku tří abraziv je třeba dodat, že relativně kvalitní abraziva mají spodní hranici otáček v oblasti 2200 a více. A horní hranice se pohybuje vysoko nad 4000 (4500 až 4700) otáčkami.

Je třeba dodat, že všechny slévárny měly možnost si nechat provést posouzení svého abraziva. Pro doplnění je uvedena zkouška abraziva ze slévárny C – viz **P4-4**. Tam bylo zjištěno do úplné „ztráty“ abraziva celkem 1070 otáček.

Jedna z výhod nízkouhlíkového abraziva spočívá v jeho tvrdosti a odlišném procesu opotřebení. Tvrdost částic pracovní směsi nepřesahuje 51 HRC - tedy tvrdost abraziva doporučenou výrobcí tryskacích zařízení. Dále se nerozpadá, ale odlupují se zdeformované plošky. Zůstává tedy stále oblé a způsobuje nižší míru opotřebení na namáhaných částech metacích jednotek. Prokazatelná úspora náhradních dílů činí až 30 %.

Lze tedy říci, že problematika abraziva poměrně značně ovlivňuje ekonomiku provozu tryskacího zařízení.

Jedná se hlavně o:

- výběr zrnitosti,
- výběr typu,
- nastavení dělicí zrnitosti.

B. Výběr zrnitosti, typu a nastavení dělicí zrnitosti abraziva

Pro výběr zrnitosti a udržování provozní směsi je dobré se řídit následujícími pravidly. Měli bychom používat abrazivo co nejjemnější, ale natolik hrubé, aby velká zrna v provozní směsi dokázala obnažit povrch odlitku.

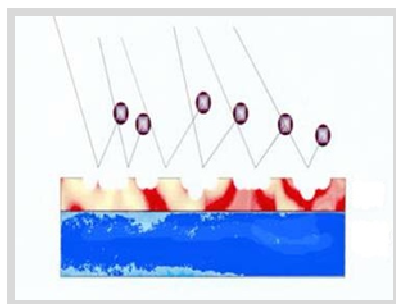
Zrnitost abraziva je zjednodušeně dána potřebnou intenzitou, aby velká zrna obnažila povrch. Toho je zde tedy vždy docíleno. Naskytá se otázka, zda-li není možné stejného efektu dosáhnout s menší zrnitostí. Např. slévárna F by místo S550 používal S390. Přínosem by byla menší spotřeba abraziva, protože v menších kuličkách (obecně tělesech) působí při nárazu menší síly a abrazivo se tedy rozpadne později a docílí se menší drsnosti povrchu. Tento přístup lze doporučit k praktickému vyzkoušení. Uvedený zkušební postup by si samozřejmě vyžádal jistou dobu (v měsících, snad až půl roku). Teprve po této době by bylo možné konstatovat prokázané změny. Tento návrh zřejmě nelze paušalizovat, ale jistě by to některým slévárnám mohlo přinést úsporu.

Dělicí zrnitost by měla být nastavena na 0,3 až 0,4 mm. Abychom tuto relativně malou zrnitost dokázali udržet v oběhu, je nutné, aby byl magnetický separátor správně seřízen. U zařízení bez magnetického separátoru nelze této hodnoty dosáhnout. Dále je nutné dbát na rovnoměrně rozložený závoj abraziva ve větrném odlučovači. Tedy, aby byly prachové částice z abraziva řádně odstraněny. Prachové částice jsou v tomto případě zbytky rozbitého abraziva, žádný nemagnetický materiál. Přesné nastavení dělicí zrnitosti se provede pomocí škrticích klapek na potrubí vedoucím k filtru. Většinou jsou klapky dvě, jedna na hlavním potrubí za rázovým odlučovačem a druhá na potrubí z větrného odlučovače.

Samotné nastavení je práce zdoluhavá a nutno ji provádět pečlivě. Provozní směs se tvoří několik pracovních směn. Jemná fáze představuje cca 30% množství abraziva v oběhu. Je nepříjemnou skutečností, že při neodborné manipulaci se škrticí klapkou větrného odlučovače je filtrační jednotka schopna během deseti minut toto množství odsát do odpadu. To v případě několika tun abraziva v oběhu představuje nepříjemnou ztrátu, která se negativně promítne do nákladovosti.

I přes tuto skutečnost se vyplatí se pokusit nastavit malou dělicí zrnitost a těžit z výhod vyvážené pracovní směsi. V celé řadě podniků je nastavena dělicí zrnitost cca 1 mm a veškerá fáze pod 1 mm jde do odpadu. Vyvážená pracovní směs zaručí dostatečnou míru překrytí dopadajících zrn abraziva a tím dobrou kvalitu povrchu a kratší tryskačí časy.

Následně si nastíníme vliv pracovní směsi abraziva na účinnost tryskačího procesu.

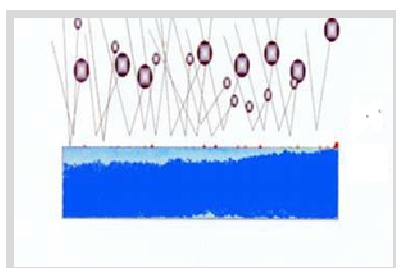
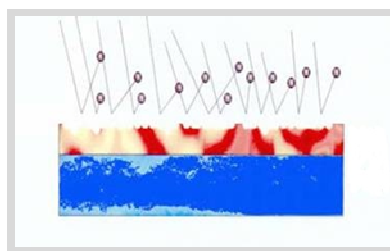


Pracovní směs je hrubozrná:

- povrch odlitku je rozbitý,
- proud zrn vykazuje nízkou míru překrytí,
- povrch je nedostatečně očištěn.

Pracovní směs je jemnozrná:

- zrna nemají dostatek energie odstranit nečistoty,
- povrch je nedostatečně očištěn.



Zrnitost pracovní směsi je vyvážená:

- povrch odlitku je obnažen,
- proud zrn vykazuje dostatečnou míru překrytí,
- povrch je řádně očištěn.

Je tedy zřejmé, že zásadním bude zajištění seřízení magnetického separátoru a větrného odlučovače.

C. Seřízení magnetického separátoru a větrného odlučovače

Seřízení magnetického separátoru a větrného odlučovače provádí buď vlastní údržba, externí firma, nebo dodavatel abraziva. Záleží na tom, komu zákazník důvěřuje. Vlastní údržba ani běžná externí firma, která se zabývá opravami tryskačů, většinou nemá separační síta a anemometr, takže nastavení provádí obvykle pouze "od oka". Toto specifické vybavení však má dodavatel abraziva. A záleží na jeho serióznosti, jakým způsobem nastavení provede. Skutečností je, že čím lépe zařízení nastaví, tím menší spotřeba abraziva a on „méně prodá“. Vlastní nastavení netrvá dlouho, cca 2 hodiny.

Je třeba dodat, že dodavatel abraziva většinou provádí seřízení v rámci služeb, tedy pokud koupí zákazník abrazivo, bude mu stroj bezplatně seřízen.

Přínosem kvalitního seřízení je i lepší kvalita otryskaného povrchu, kratší tryskací časy a vzpomínaná úspora abraziva. Fáze od 0,3 mm do 1 mm tvoří cca 25 až 30% objemu provozní směsi v oběhu tryskače. Pokud je větrný odlučovač nastaven na vysoký odtah (silný proud vzduchu) strhává sebou drobné abrazivo a pracovní směs se ani nevytvoří.

Je třeba připomenout, že v některých slévárnách dochází k chybnému názoru, že abrazivo v oběhu tryskače by mělo „vypadat“ co se týče zrnitosti tak, jak bylo dodáno a následně úmyslně brání vytvoření provozní směsi. Dělicí zrnitost u řady zařízení je pak cca 1 mm!

U seřízení je třeba připomenout, že obrazně stačí „jednou seřídít a pak už jen kontrolovat“. Nastavení magnetického separátoru i škrticích klapek je pevně zajištěno šroubovým spojením, a dokud nedojde ke změně stavu vlivem mechanického opotřebení, tak je funkce zařízení správná. Nutno dbát především rovnoměrně rozloženého závoje abraziva ve větrném odlučovači. To by měla kontrolovat obsluha nebo údržba minimálně jednou týdně. V některých slévárnách se kontrola provádí každý den. Každá změna stavu vede ke zhoršení provozních podmínek a obsluha je většinou schopná tento stav velmi rychle zaznamenat. Jedná se o některé z těchto následujících průvodních jevů - tryskač „práší“, špatná kvalita povrchu odlitku, zvýšené opotřebení lopatek, vibrace („drnčení“) turbín.

Zajímavé jsou prokázané zkušenosti pravidelného seřizování a kontroly ze zahraničí:

- při používání abraziva se jmenovitou zrnitostí 1 - 1,6 mm (S 390) lze snížením dělicí zrnitosti z 1 mm na 0,3 mm dosáhnout úspory cca 40% abraziva,
- dochází ke zkrácení času tryskání – jeho výše je však ryze individuální,
- povrch odlitku má prokazatelně snížené náklady na nátěry.

Následně se zaměříme na současný stav stanovování spotřeby abraziva ve slévárnách, které byly zařazeny do řešení P XIII.

D. Způsoby stanovení spotřeby abraziva ve slévárnách

Pro výpočet nákladů na mechanické čištění byly stanoveny náklady na použité abrazivo. V **tab. 6.5 viz P4** jsou soustředěny pro sledované ocelové odlitky se všemi apretačními operacemi příslušné údaje o spotřebě abraziva. Údaje o spotřebě abraziva jsou porovnávány podle dílčích fází tryskání (B.I, B.II, atd.). Z **tab.6.5** vyplývá, že spotřeba ocelových broků se pohybuje od 1,28 kg/odlitek do 6,33 kg/odlitek s průměrnou hodnotou 3,25 kg/odlitek. Je třeba dodat, že použité broky a stejně tak i litinové abrazivo je jak kvalitou tak i cenově v zásadě srovnatelné. V měrných jednotkách se spotřeby ocelových broků pohybují od 1,16 g/kg odlitku až k 6,63 g/kg s průměrnou spotřebou 3,26 g/kg.

U třech odlitků bylo použito litinové abrazivo. Jeho spotřeba se pohybuje od 2 kg/odlitek do 5,85 kg/odlitek. V měrných jednotkách se spotřeby pohybují od 2,2 g/kg odlitku až k 6,6 g/kg.

V uvedeném zjištění se samozřejmě může projevit i různá metodika výpočtu spotřeb abraziva. Nicméně rozptýl těchto údajů dokládá, že je třeba se touto oblastí se vši vážností zabývat.

Naznačme si alespoň, jakým způsobem se příslušné spotřební údaje v jednotlivých slévárnách stanovují.

Slévárna E při stanovení měrných spotřeb vycházela z celkové roční spotřeby abraziva průměrného počtu tryskání (3,4 krát) na jeden odlitek.

Slévárna C při stanovení spotřeby abraziva vycházela z roční spotřeby abraziva a z odvedené výroby odlitků za rok. Dále z odhadu průměrné četnosti tryskání jednoho odlitku (cca 4 krát) a z odhadu průměrné doby tryskání. Ve výpočtu byla zohledněna nižší životnost abraziva s větší velikostí zrna (cca o 25%).

Slévárna F se soustřeďuje na stanovení spotřeby abraziva přes ukazatel hodinové spotřeby nového abraziva (v kg/hod). K tomu účelu zjišťuje v první řadě dobu tryskání - neboli dobu operace tryskání (DT - v min) u příslušného tryskacího zařízení. DT stanovuje buď odpočtem z měřicího zařízení, výpočtem z chodu odsávacího zařízení nebo v mezím případě odborným odhadem.

Při znalosti DT se může následně stanovit „vytryskané abrazivo“ za rok (VAR – kg/rok)). Jeho hmotnost je dána pro příslušné tryskací zařízení součinem: počtu metacích kol (PMK) x výmetného výkon (VV v kg abraziva/hod) x celková doba tryskání za rok příslušného tryskacího zařízení (DTR v hod) - viz vztah (1).

$$VA = PMK \times VV \times DTR \dots\dots\dots(1)$$

Následně na základě skladové evidence skutečné spotřeby nového abraziva za rok (SAR - kg) se stanoví jeho podíl na vytryskané abrazivo (Podíl) - viz závislost (2).

$$\text{Podíl} = \frac{\text{VAR}}{\text{SAR}} \dots\dots\dots(2)$$

Poté je možné stanovit spotřebu nového abraziva na časovou jednotku - SNA. Ta se stanoví jako podíl spotřeby nového abraziva za rok (SAR v kg/rok) a doby tryskání za rok (DTR v hod/rok).

$$SNA \text{ (kg/min)} = \frac{\text{SAR v kg/rok}}{\text{DTR v hod/rok}} \text{ (kg/hod)} \dots\dots\dots(3)$$

Tento ukazatel (SNA) následně umožní se znalostí DT stanovit množství spotřebovaného nového abraziva přímo na konkrétní tryskací operaci. Je třeba dodat, že slévárna zahájila monitorování dob tryskacích operací u jednotlivých tryskacích zařízení, počty tryskání na jednotlivé odlitky a spotřeby abraziva na jednotlivá tryskací zařízení. Slévárna také zvažuje posuzování spotřeb abraziva podle konkrétních vsázek v tryskací komoře.

Jak je z uvedeného zřejmé tak stanovování spotřeb abraziva na jednotlivé tryskací operace je ve slévárnách spíše v začátcích.

Pro spotřebu abraziva lze uvést i přibližný údaj získaný ze zahraniční praxe. Jedná se o zrnitost S 390, tvrdost zrn 48 – 51 HRC, dělicí zrnitost 1/3 jmenovité. Pak pro výmetnou rychlost 60 m/sec činí spotřeba 186 g/hod/1000kg. A následně pro výmetnou rychlost 80 m/sec činí spotřeba 251 g/hod/1000kg.

Následně se zaměříme na přehledné shrnutí možných opatření, která mohou vést k optimalizaci nákladů na mechanické čištění odlitků (tryskání).

6.2.6 Možná opatření, která povedou k optimalizaci nákladů na tryskání

A. Vhodný výběr tryskacího zařízení, jeho optimální technický stav a seřízení

Optimální výběr TrZ (viz výše) lze zajistit obvykle při budování nové slévárny nebo v situaci, kdy se zastaralé tryskací zařízení nahrazuje novým.

Vycházíme-li ze situace vybudovaného parku tryskacích zařízení v dané slévárně pak je nezbytné provést analýzu jeho účinnosti (viz výše - vztah celkové energie abraziva ve vazbě na dobu tryskání). Z této analýzy by měly být pro slévárnu přijaty příslušné závěry. V každém případě je třeba provést kontrolu a následné seřízení metacích jednotek.

B. Posouzení výběru abraziva a jeho optimální aplikace

Tato záležitost je zcela zásadní pro kvalitu povrchu odlitků a vlastní nákladovost tryskání. Zahrnuje v první řadě optimální výběr abraziva. Jako první krok se slévárnám doporučuje provedení měření trvanlivosti abraziva. Zde je třeba dodat, že všechny slévárny zařazené v řešení PROJEKTU XIII si nechávají testovat kvalitu používaného ostřiva.

Dále je třeba posoudit výběr zrnitosti používaného abraziva a nastavení dělicí zrnitosti abraziva. Tam se doporučuje zvážit použití abraziva o menším průměru. V této oblasti je třeba slévárnám doporučit seřízení magnetického separátoru a větrného odlučovače. Stejně tak jako vhodné se pro slévárny jeví si vyvinout vhodný způsob stanovení spotřeby abraziva a jeho následné sledování a vyhodnocování.

C. Operativně technická opatření při tryskání

Prvním opatřením je snaha vhodnou organizací minimalizovat dobu „nakládky“ a „vykládání“ odlitků do tryskací komory. Jedná se zejména o zařízení se zavážecím vozíkem, závěsná zařízení a do jisté míry i bubnová zařízení.

Dalším a zcela logickým opatřením je maximálně se snažit z organizačních důvodů o docílení minimální doby tryskání. Bohužel ne zřídka nastává situace, kdy délky tryskací periody jsou nezdůvodněně prodlužovány.

Dalším opatřením je snaha o optimální naplnění tryskací komory počty odlitků. To také není ve všech slévárnách úplnou samozřejmostí.

Zajímavé šetření v oblasti doby tryskání a naplnění tryskací komory provedla slévárna F (viz P.5- 1). Z tohoto materiálu kupříkladu vyplývá:

- I. při prodloužení doby tryskání z 10 min na 20 min (při neměnné manipulační době 20 min) se náklady na tryskané odlitky zvyšují o více než 50 %,
- II. při prodloužení doby tryskání z 10 min na 60 min (při neměnné manipulační době 20 min) se náklady na tryskané odlitky zvyšují o 267 %,
- III. při zvýšení hmotnosti tryskaných odlitků z 1000 kg na 5000 kg se náklady snižují o 80 %,
- IV. při zvýšení hmotnosti tryskaných odlitků z 1000 kg na 30000 kg se náklady na tryskání 1kg snižují o 98 %,

Toto šetření konstatuje v podmínkách slévárny F následující rozložení nákladů na tryskání:

- vlastní náklady na tryskání - 77 % (od 50% do 80%),
- manipulační náklady - 14% (od 10% do 50%),
- závážecí náklady - 9% (od 5% do 20%).

Závěry provedeného šetření v této slévárně dochází ke zjištění, že náklady na tryskání v TrZ v dávkovém režimu nevykazují závislost na tvaru odlitku a hmotnosti odlitku.

D. Vliv formovací směsi na kvalitu povrchu odlitku a tím na náklady tryskání

Přes skutečnost, že přímý vliv formovacích směsí na náklady tryskání nebyl výše statisticky plně prokázán, je třeba s ním zcela vážně uvažovat. K příznivého vlivu formovacích směsí na kvalitu povrchu odlitků se dále připojuje i nezanedbatelný dopad na jejich vyšší přesnost.

E. Pečlivé posouzení zda všechny prováděné tryskací operace jsou nezbytné

Vždy je třeba pečlivě zvážit, zda všechny tryskací operace u příslušných odlitků jsou naprosto nezbytné.

Takovým příkladem může být doporučení na odstranění tryskání po drážkování uhlíkovou elektrodou. Zevrubným zkoumáním se došlo k závěru, že při běžné jakosti odlitku je tryskání po drážkování uhlíkovou elektrodou nadbytečné a nemá praktické opodstatnění.

Tryskáním se neodstraní nauhličená vrstva (až cca 0,5 mm v závislosti na průměru uhlíkové elektrody a intenzity proudu), která při drážkování uhlíkovou elektrodou vždy vzniká. Drážkovanou plochu je následně nutné přebrousit.

Tryskání po drážkování uhlíkovou elektrodou je pouze „kosmetická“ záležitost a nahrazuje čištění po vydrážkování uhlíkovou elektrodou, které alespoň částečně musí pracovník provádějící drážkování uhlíkovou elektrodou provést. Tato operace tedy zbytečně prodražuje opravy odlitků.

S tímto stanoviskem se řešitelský tým ztotožnil s tím, že slévárna C provádí tuto operaci zcela výjimečně. Podobně slévárna F tryskání po drážkování uhlíkovou elektrodou provádí pouze v těch případech, kdy zjištění vady je nutno provést magnetickou nebo kapilární zkouškou. Odlitek je po vydrážkování uhlíkovou elektrodou znečištěn drobným rozstříkem i mimo oblast vad. Otryskaný kus je následně vybroušen a předložen pracovníkům defektoskopie k prověření existence vad (někdy za přítomnosti zákazníka). Poté dochází k dokumentaci vad před opravou (značení vad, nákres, fotografie) pro zákazníka. Z tohoto

pohledu se opravdu jedná o kosmetickou záležitost, kterou slévárna F provádí s vědomím zvýšených nákladů v této fázi výroby.

7 ZÁMĚRY ROZPRACOVANÉ

Řešitelský tým při práci na PXIII soustředil další materiály, které byly využity pouze částečně. Předpokládáme, že jejich plné uplatnění může být v dalších pracích. Proto považujeme za nezbytné je soustředit v přílohách.

V první řadě se jedná o zpracovaná schémata cídíren. V **P5** (na CD) je uvedeno schéma cídírny slévárny E (**P5-2**), slévárny C, slévárny D a slévárny F.

Dále byly v příloze **P5** soustředěny připravené a námětové materiály:

- kontrolní operace v čistírně (**P5-6**),
- vývojový diagram čištění odlitků (**P5-7**),
- graf kumulovaných nákladů (**P5-8**).

Také s plným využitím těchto podkladů počítáme v následujících pracích.

8 NÁVRH DALŠÍHO POSTUPU

V zásadě je možné konstatovat, že v PXIII řešitelský tým vyčerpávajícím způsobem posoudil problematiku mechanického čištění (tryskání) u ocelových odlitků se všemi operacemi apretace.

Následně by se v dalších pracích měl kolektiv zaměřit na oblast mechanického čištění (tryskání) u litinových odlitků. Litinové odlitky by měly být posouzeny stejnými postupy, jak byly šetřeny odlitky z ocelových materiálů.

Jako další krok by se měl řešitelský kolektiv zaměřit na další výrobní fázi apretace odlitků a tou je tepelné zpracování. V prvním přiblížení se jeví, že tento podíl je z hlediska nákladů skupiny A (NVN-A) apretace odlitků zcela jistě dominantní. Jeho podíl se pohybuje od 18,6 % do 40,8 % z těchto nákladů.

9 ZÁVĚR

Předložená studie PROJEKTU XIII vychází z prací provedených v předcházející práci PROJEKTU XII. V ní řešitelský kolektiv sestavil model stanovení nákladů apretace odlitků. Podle něj bylo nákladově ohodnoceno 21 odlitků z oceli a litiny.

Hlavními cíli PXIII bylo hledat cesty, které by měly za následek snížení nákladovosti apretace odlitků u mechanického čištění (tryskání). A dále vyvinout charakteristické hodnoty, které budou co nejpřesněji vystihovat povrchové, hmotnostní a tvarové zvláštnosti posuzovaných odlitků. Snahou bylo, aby tyto charakteristiky současně mohly vést k postižení nákladovosti apretace.

V úvodu práce jsou uvedeny základní informace o čtyřech slévárnách a třech společnostech zapojených do řešení PXIII.

Po vstupní prověrce a zpřesnění nákladů všech odlitků zařazených do sledování, jsme se blíže věnovali skupině osmi ocelových odlitků se všemi apretačními operacemi s hrubou hmotností od 805 kg do 1100 kg. Jejich neúplné vlastní náklady (NVN) na apretaci se pohybovaly od 3503 Kč/odlitek do 31 108 Kč/odlitek. V měrných jednotkách to bylo od 3,87 Kč/kg do 28,28 Kč/kg. Zjištěné nákladové rozpětí je v podílu 1:8,9 (respektive 1:7,3). To je hodnoceno jako velice rozsáhlé.

Následně jsme vytipovali osm charakteristických veličin, u nichž jsme očekávali, že s jejich pomocí bychom mohli zjistit závislost na nákladech apretace.

Jsou to:

- hmotnostní zařazení – 11 skupin (dle Lasáka),
- tvarové zařazení - respektuje Málkovo dělení do 6 skupin,
- hrubá hmotnost odlitků (kg),
- modul odlitku (podíl objemu odlitku ku jeho povrchu) - cm,
- konstrukce nejmenšího objemu kvádra, do kterého lze umístit odlitek v jeho hrubé hmotnosti (cm^3),
- Brhelovo kritérium (podíl hrubé hmotnosti odlitku vztažený na objem odlitku) - kg/dm^3 ,
- Brhel-Jelínkovo kritérium zvyšuje váhu hmotnosti odlitku. Vzniká násobkem Brhelova kritéria a hrubé hmotnosti odlitku (kg^2/dm^3),
- Herzánovo kritérium má snahu naopak ponížít vliv hrubé hmotnosti odlitku. Je definováno jako podíl Brhelova kritéria ku hrubé hmotnosti odlitku ($1/\text{dm}^3$).

Následně byly hledány závislosti získaných nákladů na apretaci (jak NVN tak i jeho součástí tedy ZN a MN) na těchto charakteristikách.

Poté se řešitelský kolektiv zaměřil na vydělení z celkových nákladů na apretaci té části, která je u všech odlitků srovnatelná. Vycházel z představy, že porovnatelné jsou pouze ty náklady, které nabíhají na opravu pouze povrchových vad po vizuální kontrole. Ty zahrnují obvykle dvě až tři operace tryskání a jedno nebo dvě tepelná zpracování. Tato část by měla končit jemným broušením případně posledním tryskáním před expedicí. Tuto operaci můžeme nazvat pracovní jako „výrobní“. Vynaložené náklady byly označeny jako náklady A. Pokud odlitek vyžaduje vyšší požadavky na vnitřní jakost a homogenitu (dle nároků definovaných nedestruktivními zkouškami - NDT) pak je třeba vynaložit další náklady, které označujeme pracovní jako „zkoušební“ B a „následné opravy“ C.

Takto hodnocené náklady A se u sledovaných odlitků pohybovaly od 3503 Kč/odlitek až po 11525 Kč/odlitek. Maximální náklad je tedy 3,3 krát vyšší než minimální. U měrných nákladů je to v pásmu 3,87 Kč/kg až po 10,48 Kč/kg. Tedy zjištěné navýšení maximální hodnoty vůči minimální je 2,7 krát.

Opět jsme nejprve zkoumali závislosti na výše definovaných charakteristikách odlitků. Je třeba říci, že některé závislosti kupříkladu na Brhel - Jelínkovu kritériu se jeví nadějně. Je také do jisté míry překvapující, že i u některých dalších kritérií lze tušit jisté tendence. Nicméně berme dané náznaky spíše jako úvodní výsledky.

Dále jsme se zaměřili na posuzování výrobních nákladů na apretaci po jednotlivých výrobních fázích apretace odlitků.

Úvodní výrobní fáze nazvaná A.Transport a odstranění zbytků formovacích směsí se dělí na:

- A.1 Přeprava odlitků do čistírny (náklady od 4,62 Kč/odlitek -16,64 Kč/odlitek) - zde jsme konstatovali, že výše nákladů je v zásadě dána konkrétním situováním čistírny.

- A.2 Odstranění zbytků formovacích směsí na odlitku (výše nákladů byla zjištěna u čtyř odlitků skupiny A). NVN se pohybovaly od 106 Kč/odlitek do 405 Kč/odlitek. Tady řešitelský tým došel k závěru, že jeho výše je *přísně individuální s ohledem na druh používané formovací směsi u konkrétního zkoumaného odlitku*.

Zejména se však úsilí řešitelského kolektivu zaměřilo na náklady skupiny A u výrobní fáze B. Mechanického čištění (tryskání). Náklady skupiny A se pohybují od 469 Kč/odlitek až do 1306 Kč/odlitek (podíl činí 1:2,8). U měrných nákladů je podíl obdobný (min 0,43Kč/kg, max 1,37 Kč/kg) – podíl 1: 3,2. Tyto náklady hodnotíme proto jako významné.

Je třeba dodat, že náklady skupiny A činí u odlitků O.1, O.2, a O.23 sto procent. U O.24 je to 37 %, u O.3 95 %, u O.4 39 % a O.22 je to 74 % z celkových nákladů na výrobní fázi apretace. Jsou tedy velice významné.

Detailním rozbořem nákladů jsme došli k závěru, že z materiálových nákladů je rozhodující abrazivo (v průměru 27% z NVN). Ze zpracovacích nákladů je to energie pohonu tryskací jednotky (cca 50 % v NVN tryskání). Asi 23 % z NVN tvoří osobní náklady. Na čerpání těchto nákladů má mimo druhu, kvality a seřízení tryskacího zařízení zásadní vliv doba tryskání.

To vedlo k zaměření dalších prací jak na použitá tryskací zařízení tak na druh a kvalitu použitého abraziva.

Byla zevrubně posouzena vhodnost použití pro různé konkrétní podmínky sléváren šest různých druhů tryskacích zařízení s upozorněním na jejich výhody a nevýhody. Následně byly posouzeny konkrétní tryskače sléváren zapojených v PXIII. Na základě vazby energie abraziva a doby tryskání se jeví, že většina z nich má nízkou účinnost práce. Slévárnám bylo (mimo jiné) doporučeno provést kontrolu a následné seřízení metacích jednotek u svých tryskačů. Metodicky byla provedena prohlídka u tryskačů ve slévárně C. Závěry slouží jako doporučení pro další slévárny.

Následně byl definován vliv použitých formovacích směsí na kvalitu povrchu odlitků a tím na náklady mechanického čištění. Sestrojený graf neprokázal významnost této závislosti. Nicméně řešitelský tým si byl vědom, že daná záležitost je podstatně složitější.

Významnou část práce zahrnuje posouzení výběru abraziva a jeho optimální aplikace v tryskacím zařízení. A to jak jeho výběr (zrnitost, typ a nastavení dělicí zrnitosti). Velkou část jsme věnovali posouzení vlivu pracovní směsi abraziva na účinnost tryskacího procesu. Zde dostaly slévárny doporučení na seřízení magnetického separátoru a větrného odlučovače.

Detailněji jsme se věnovali způsobům stanovení spotřeby abraziva ve slévárnách jako nezbytný předpoklad k možné regulaci jeho spotřeby.

Tato rozsáhlá stať je zakončena shrnutím pěti hlavních opatření, která povedou k optimalizaci nákladů na tryskání.

Následně se ve studii upozorňuje na záměry rozpracované.

Práce končí návrhem dalšího postupu prací. Navrhuje se zaměřit další úsilí zejména na mechanické čištění u litinových odlitků. A dále se věnovat nákladově významné položce tepelného zpracování odlitků. Ta patří k nákladově zcela rozhodujícím výrobním operacím v apretaci.

Celkově lze říci, že studie splnila v plném rozsahu své zadání. V nejvíce komplikované hlavní výrobní fázi apretace jak přes prováděné různorodé operace tak i mimořádnou nákladovou obtížnost se podařilo u mechanického čištění definovat rozhodující atributy. A u nich navrhnout jak nákladovou náročnost optimalizovat.

LITERATURA

/1/ Kafka V., Herzán M., Jelínek P., Lána I., Lasák R., Novobilský M., Pazderková V., Poloková O., Staníčková G., Vyletová B., Doupovec D.: Vypracování metodiky nákladového hodnocení výrobní fáze apretace odlitků, PROJEKT XII, závěrečná zpráva, leden 2012, Česká slévárenská společnost Brno, s. 1- 49, tab.17, obr. 5, přílohy 3.

SEZNAM ZKRATEK

CNC	Computer Numeric Control (číslicové řízení počítačem)
ČSS	Česká slévárenská společnost
DT	doba tryskání
DTR	doba tryskání za rok
EOP	elektrická oblouková pec
IP	indukční pec
KPS	Královopolská slévárna, s.r.o. Brno
LF	Ladle furnace - pánvová pec
LKG	litina s kuličkovým grafitem
LLG	litina s lupínkovým grafitem
MJ	metací jednotka
MN	materiálové náklady
MN-A	materiálové náklady - výrobní (skupina A)
NDT	nedestruktivní zkoušky
NVN	neúplné vlastní náklady
NVN-A	neúplné vlastní náklady - výrobní (skupina A)
OLT	odstředivé lité trubky
PMK	počet metacích kol
PXII	PROJEKT XII
PXIII	PROJEKT XIII
SAR	skutečná spotřeba abraziva za rok
SNA	spotřeba nového abraziva
ST	samotvrdnoucí formovací směs
TR	tryskač
TrZ	tryskací zařízení
TZ	tepelné zpracování
VD/VOD	Vacuum Degasing/Vakuum Oxygen Degasing
VAR	vytryskané abrazivo za rok
VV	výmetný výkon
ZN	zpracovací náklady
ZN-A	zpracovací náklady - výrobní (skupina A)

SEZNAM TABULEK

Tab. 5.1: Vybrané informace o odlitcích z oceli s úplnou apretací.....	19
Tab. 5.2: Porovnání NVN apretace ocelových odlitků se všemi operacemi	20
Tab. 5.3: Vybrané charakteristiky odlitků	21
Tab. 5.4a: Vybrané charakteristiky u sledovaných odlitků pro celkové náklady na apretaci..	23
Tab. 6.2: Vybrané charakteristiky použitých tryskacích zařízení	23
Tab. 5.4b: Koeficienty korelace závislostí nákladů na charakteristikách odlitků	25
Tab. 5.6: Porovnání NVN na apretaci ocelových odlitků se všemi operacemi- rozděleno	27
Tab. 5.5: Porovnání NVN ocelových odlitků se všemi operacemi - rozděleno na skupiny (výrobní A, zkušební B, jakostní C)	31
Tab. 6.1 Rámcový popis výhod a nevýhod tryskacích zařízení.....	39
Tab. 6.3. Charakteristiky tryskacích zařízení potřebné k posouzení jejich účinnosti	38
Tab. 6.4: Možné pořadí odlitků podle kvality jeho povrchu daného formovací směsí.....	40

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 5.1: Porovnání NVN ocelových odlitků na celkovou apretaci se všemi operacemi (Kč/odlitek)	17
Obr. 5.2: Porovnání NVN na celkovou apretaci ocelových odlitků se všemi operacemi (Kč/kg)	18
Obr. 5.3.1: Závislost NVN, ZN a MN na charakteristice hrubá hmotnost odlitku	24
Obr. 5.4a: Porovnání NVN na apretaci ocelových odlitků se všemi operacemi v členění na výrobní, zkušební a jakostní náklady (Kč/kg)	27
Obr. 5.5: Porovnání NVN ocelových odlitků se všemi operacemi skupiny A výrobní (Kč/kg)	28
Obr. 5.7: Porovnání NVN ocelových odlitků na výrobní fázi Mechanické čištění (tryskání) v členění na výrobní, zkušební a jakostní náklady (hal/kg)	33
Obr. 5.8: Porovnání NVN ocelových odlitků na výrobní fázi Mechanické čištění (tryskání) v členění na výrobní, zkušební a jakostní (Kč/odlitek)	34
Obr. 6.1: Detail drátěného pásu.....	36
Obr. 6.2: TrZ s drátěným pásem	37
Obr. 6.3: Bubnové (pásové) TrZ	37
Obr. 6.4: Závěsný TR	37
Obr. 6.5: Závěsný TR včetně kolejí pro zavážecí vozík.....	37
Obr. 6.6: Tryskač s otočným stolem.....	39
Obr. 6.7: Tryskací komora se zavážecím vozíkem	39
Obr. 6.8: Závislost tryskacích časů na energii abraziva	38
Obr. 6.9: Závislost nákladů na mechanické čištění odlitků na druhu formovací směsí	41

SEZNAM PŘÍLOH

P1 – Konkrétní hodnoty (podrobné tabulky) pro všechny sledované odlitky (24 odlitků) – viz CD rom

- O.1 Dno kbelíku - slévárna E
- O.2 Planetenträger - slévárna E
- O.3 Kolo - slévárna C

- O.4 Náboj 1 - slévárna C
- O.5 Náboj 2 - slévárna C
- O.6 Guide bearing house 1 - slévárna A
- O.7 Thurst bearing house 1 - slévárna A
- O.8 Thurst bearing house 2 - slévárna A
- O.9 Thurst bearing house 3 - slévárna A
- O.10 Guide bearing house 2 - slévárna A
- O.11 Skříň 1 - slévárna D
- O.12 Skříň 2 - slévárna D
- O.13 Tischgehaue - slévárna D
- O.14 Těleso ZETA - slévárna D
- O.15 Odlitek 1 - slévárna B
- O.16 Odlitek 2 - slévárna B
- O.17 Příčník - slévárna B
- O.18 Lože - slévárna B
- O.19 COPPA OLIO - slévárna E
- O.20 KARTER - slévárna E
- O.21 Laterne - slévárna D
- O.22 Rám - slévárna C
- O.23 Čep - slévárna F
- O.24 Skříň - slévárna F

P2 – Grafy závislosti nákladů apretace na charakteristikách odlitků – viz CD rom

- Obr. 5.3.2: Závislost NVN , ZN a MN na charakteristice - modul odlitku
- Obr. 5.3.3: Závislost NVN , ZN a MN na charakteristice - objem kvádrů
- Obr. 5.3.4: Závislost NVN , ZN a MN na charakteristice - Brhelovo kritérium
- Obr. 5.3.5: Závislost NVN , ZN a MN na charakteristice - Brhel-Jelínkovo kritérium
- Obr. 5.3.6: Závislost NVN , ZN a MN na charakteristice - Herzánovo kritérium
- Obr. 5.3.7: Závislost NVN , ZN a MN na charakteristice - hmotnostní zařazení
- Obr. 5.3.8: Závislost NVN , ZN a MN na charakteristice - tvarové zařazení
- Obr. 5.3.9: Závislost NVN , ZN a MN výrobní skupiny A na charakteristice - hrubá hmotnost odlitku
- Obr. 5.3.10: Závislost NVN , ZN a MN výrobní skupiny A na charakteristice - modul odlitku
- Obr. 5.3.11: Závislost NVN , ZN a MN výrobní skupiny A na charakteristice - objem kvádrů
- Obr. 5.3.12: Závislost NVN , ZN a MN výrobní skupiny A na charakteristice - Brhelovo kritérium
- Obr. 5.3.13: Závislost NVN , ZN a MN výrobní skupiny A na charakteristice-Brhel-Jelínkovo kritérium
- Obr. 5.3.14: Závislost NVN , ZN a MN výrobní skupiny A na charakteristice - Herzánovo kritérium
- Obr. 5.3.15: Závislost NVN, ZN a MN výrobní skupiny A na charakteristice - hmotnostní zařazení
- Obr. 5.3.16: Závislost NVN, ZN a MN na charakteristice - tvarové zařazení
- Tab.5.4c : Vybrané charakteristiky u sledovaných odlitků pro náklady výrobní (sk. A) na apretaci

P3 – Grafy výrobních nákladů (sk. A) a nákladů na mechanické čištění – viz CD rom

Obr. 5.6 - O.1 Porovnání NVN skupiny A (výrobní) odlitku O.1 dle výrobních fází-Kč/odlitek

Obr. 5.6-O.2 Porovnání NVN skupiny A (výrobní) odlitku O.2 dle výrobních fází-Kč/odlitek

Obr. 5.6-O.3 Porovnání NVN skupiny A (výrobní) odlitku O.3 dle výrobních fází-Kč/odlitek

Obr. 5.6-O.4 Porovnání NVN skupiny A (výrobní) odlitku O.4 dle výrobních fází-Kč/odlitek

Obr. 5.6-O.5 Porovnání NVN skupiny A (výrobní) odlitku O.5 dle výrobních fází-Kč/odlitek

Obr. 5.6-O.22 Porovnání NVN skupiny A (výrobní) odlitku O.22 dle výrobních fází-Kč/odlitek

Obr. 5.6-O.23 Porovnání NVN skupiny A (výrobní) odlitku O.23 dle výrobních fází-Kč/odlitek

Obr. 5.6-O.24 Porovnání NVN skupiny A (výrobní) odlitku O.24 dle výrobních fází-Kč/odlitek

P4 – Zkušební protokoly abraziva a jeho spotřeba ve slévárnách v PXIII – viz CD rom

P4-1 Dačice - Strahlmittelprüfung mit ERVIN-TESTER

P4-2 Slévárna F - Strahlmittelprüfung mit ERVIN-TESTER

P4-3 VERA - Strahlmittelprüfung mit ERVIN-TESTER

P4-4 Slévárna C - Strahlmittelprüfung mit ERVIN-TESTER

P4-5 Tab. 6.5: Spotřeba abraziva u posuzovaných odlitků

P5 – Podklady k rozpracovaným úkolům – viz CD rom

P5-1 Šetření ve slévárně F

P5-2 Schéma cídírny E

P5-3 Schéma cídírny C

P5-4 Schéma cídírny D

P5-5 Schéma cídírny F

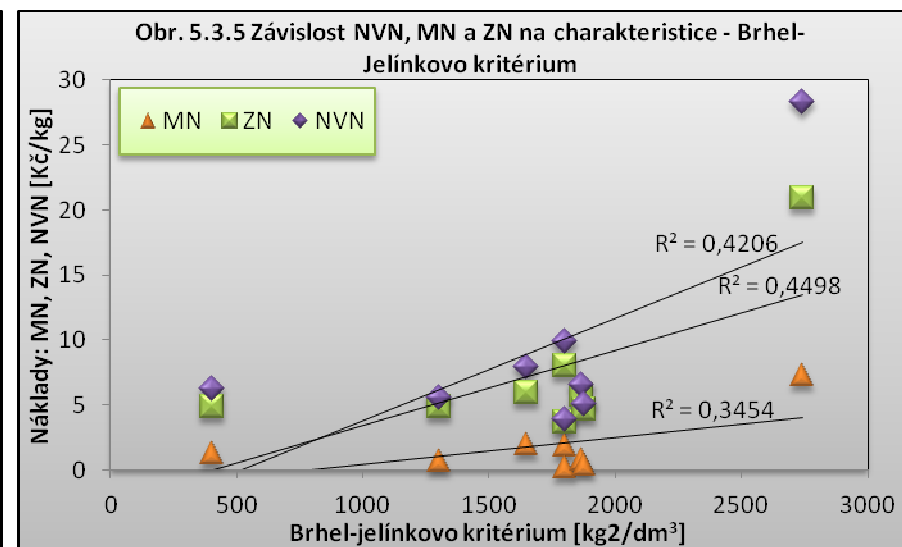
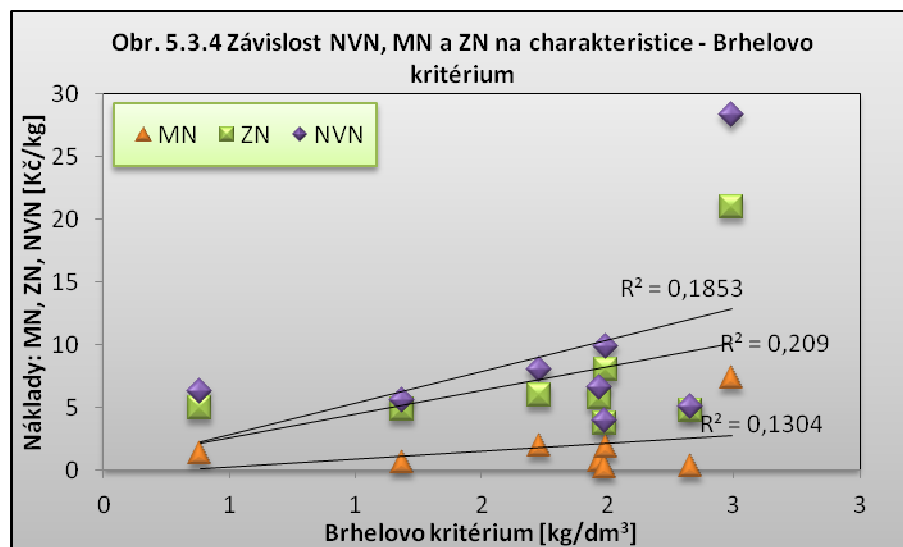
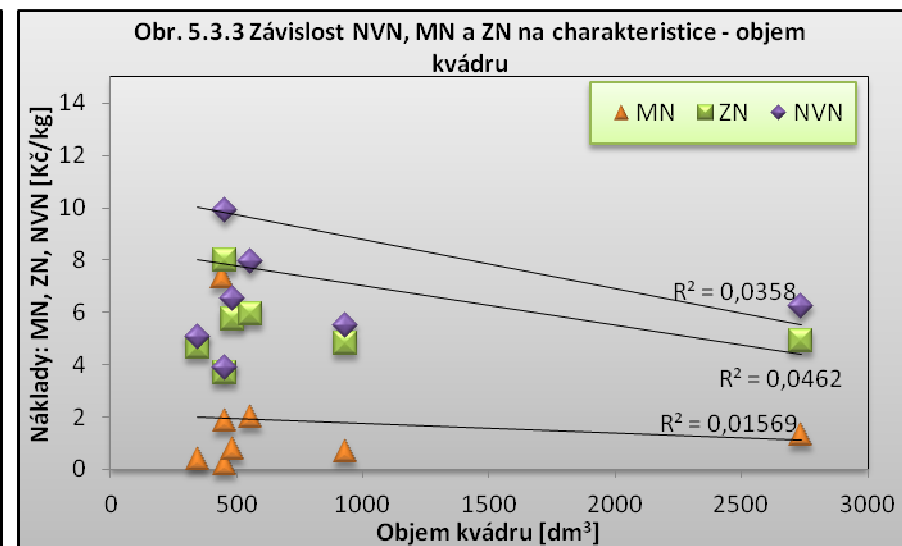
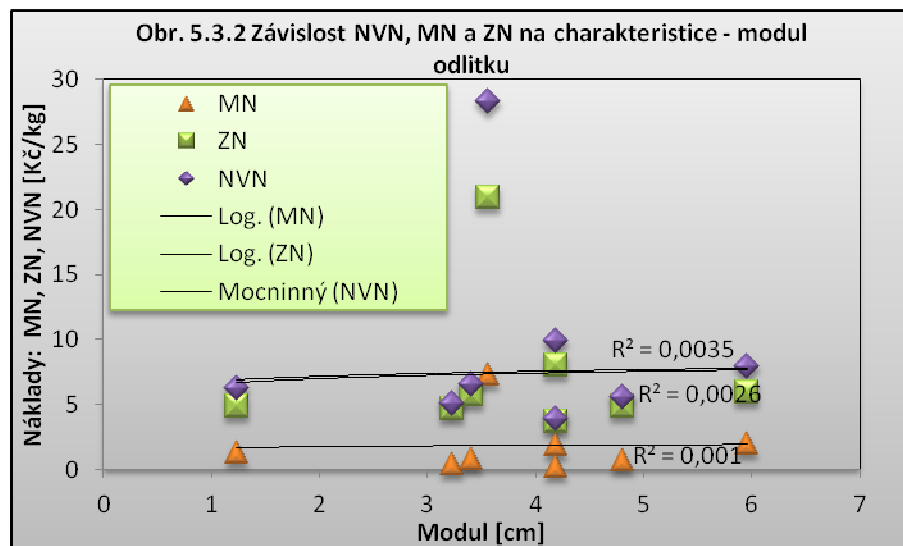
P5-6 Kontrolní operace v čistírně,

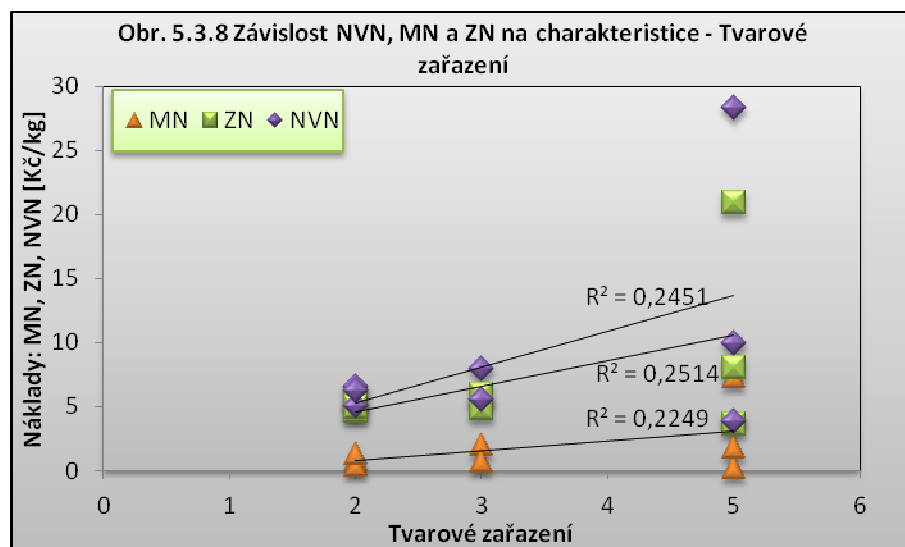
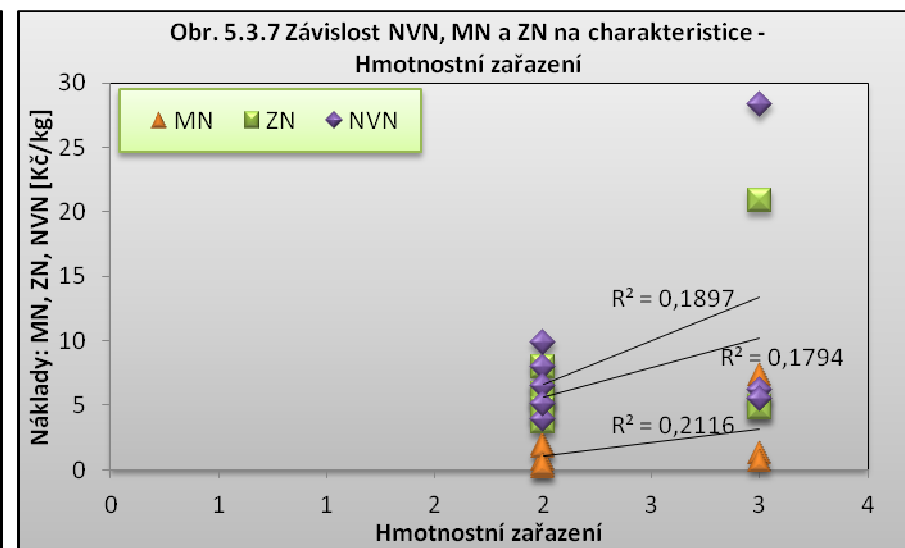
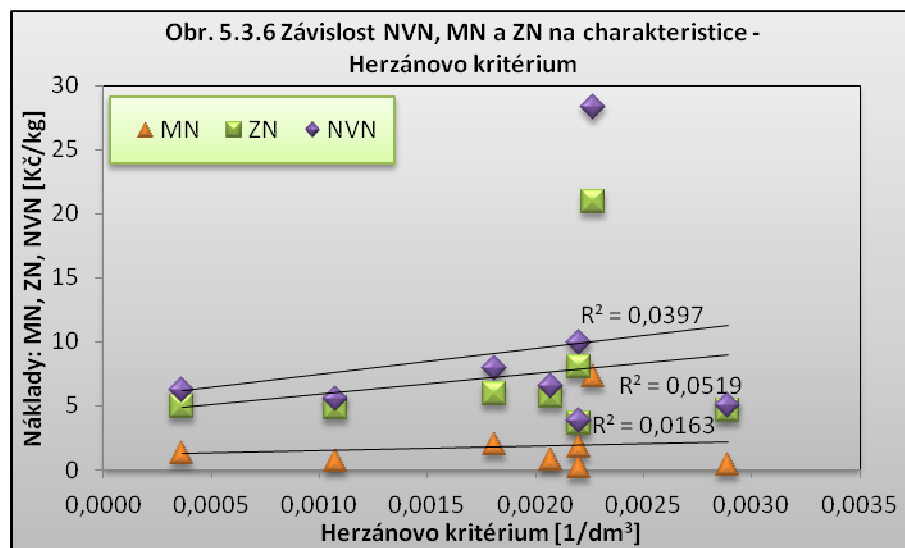
P5-7 Vývojový diagram čištění odlitků,

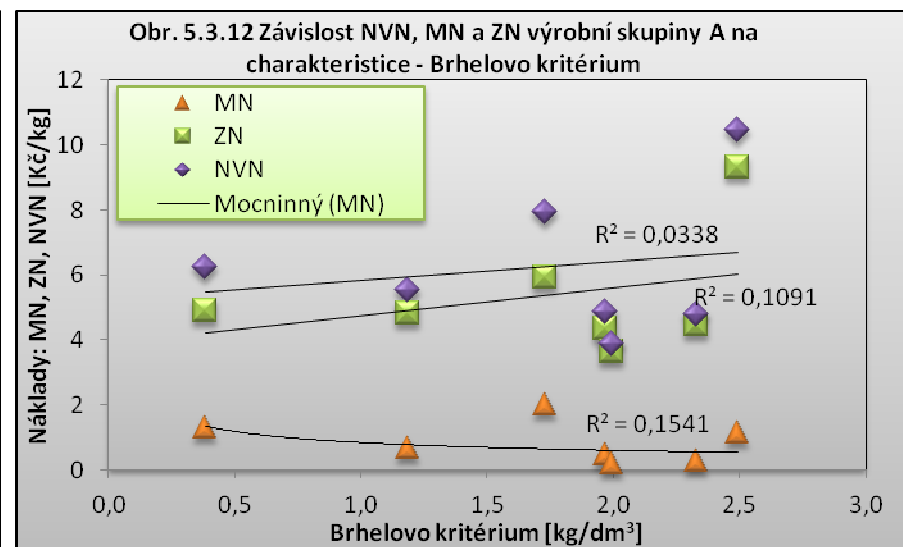
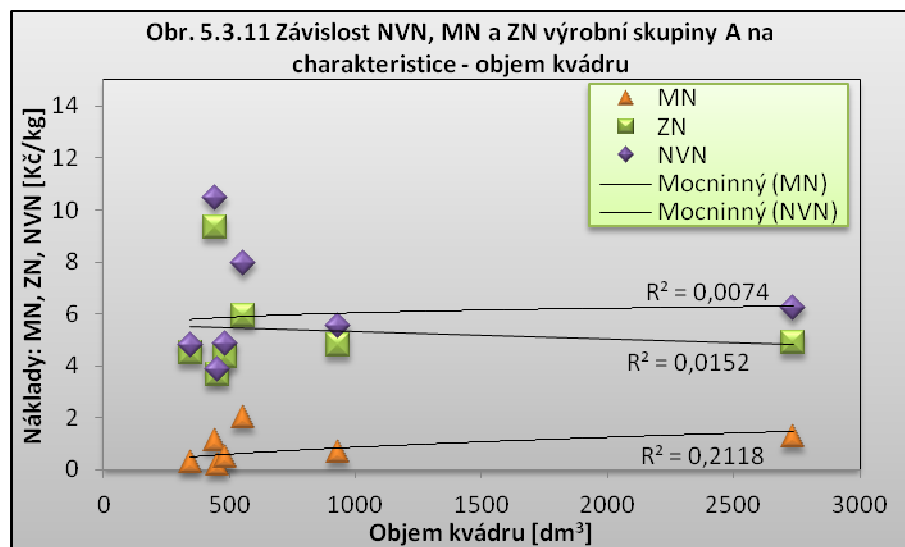
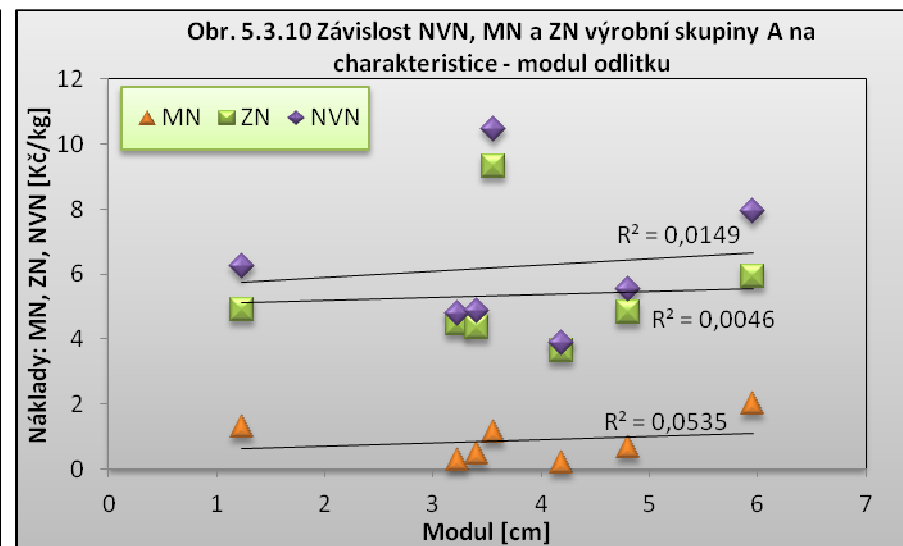
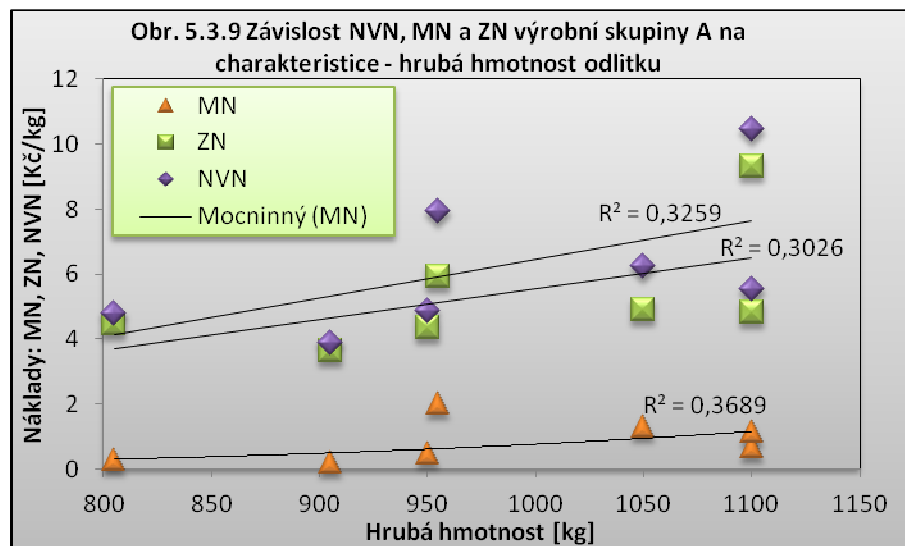
P5-8 Graf kumulovaných nákladů.

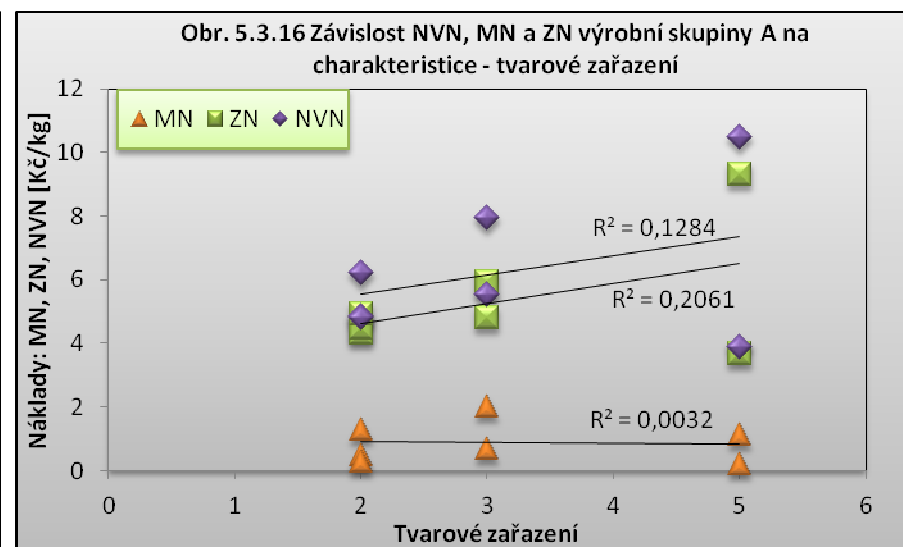
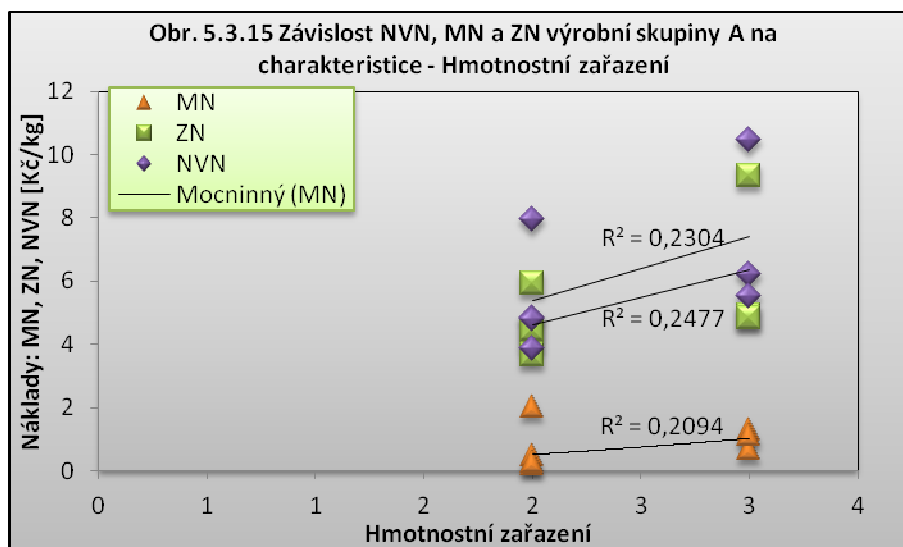
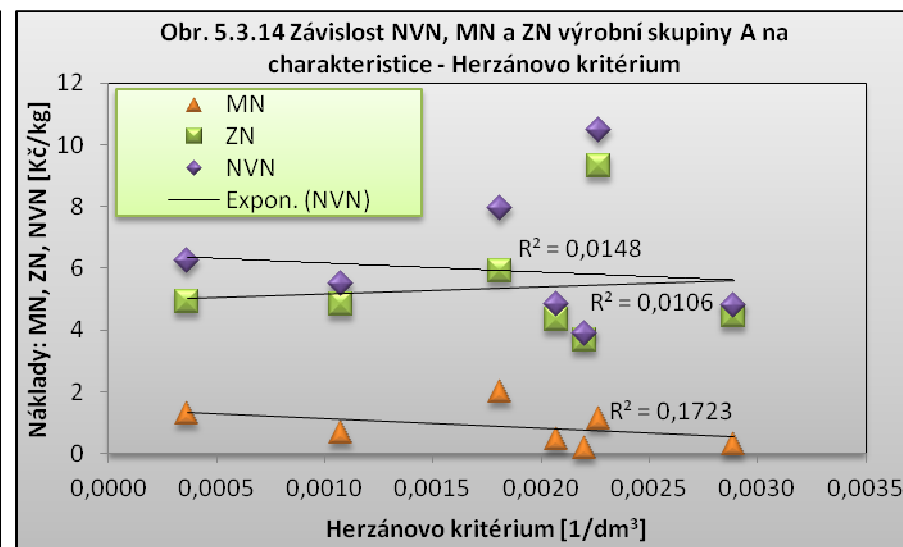
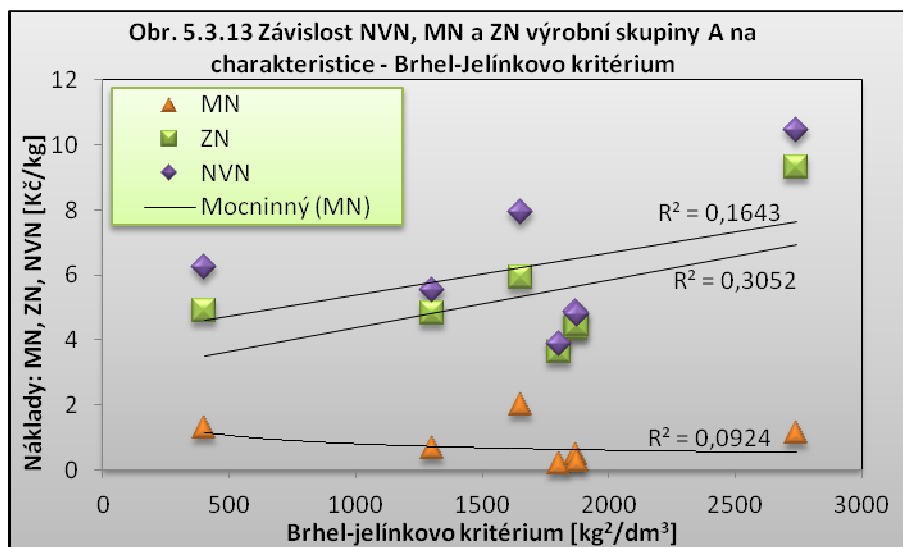
P5-9 Záznam z posouzení tryskače v C

PŘÍLOHA P2 – Grafy závislosti nákladů apretace na charakteristikách odlitků









Tab. 5.4c : Vybrané charakteristiky u sledovaných odlitků pro náklady výrobní (sk. A) na apretaci

	Slévárna	Označení odlitku	Hmotnost odlitku [m]	Modul [M]	Objem kvádra [V min]	Brhelovo kritérium [ρ_B]	Brhel - Jelínkovo kritérium [ρ_{BJ}]	Herzánovo kritérium [ρ_H]	Hmotnostní zařazení	Tvarové zařazení	MN-A		ZN-A		NVN-A	
Jednotky			[kg]	[cm]	[dm ³]	[kg/dm ³]	[kg ² /dm ³]	[1/dm ³]	číslo skupiny		[Kč/odlitek]	[Kč/kg]	Kč/odlitek	[Kč/kg]	[Kč/odlitek]	[Kč/kg]
sl/ř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	C	O.3	805	3,23	345,78	2,33	1874,11	0,0029	2	2	253	0,31	3609	4,48	3862	4,80
2		O.4	905	4,19	454,42	1,99	1802,36	0,0022	2	5	187	0,21	3315	3,66	3503	3,87
3		O.22	950	3,40	483,00	1,97	1868,51	0,0021	2	2	478	0,50	4125	4,34	4603	4,85
4	E	O.2	955	5,96	552,84	1,73	1649,70	0,0018	2	3	1936	2,03	5657	5,92	7592	7,95
5		O.1	1050	1,23	2737,38	0,38	402,76	0,0004	3	2	1385	1,32	5155	4,91	6540	6,23
6	F	O.23	1100	4,80	928,75	1,18	1302,82	0,0011	3	3	766	0,70	5304	4,82	6070	5,52
7		O.24	1100	3,56	441,31	2,49	2741,81	0,0023	3	5	1264	1,15	10261	9,33	11525	10,48

Název: Vývoj nákladového hodnocení apretace odlitků (II. etapa)
Seminář

Autor: Kolektiv autorů

Vydavatel: Česká slévárenská společnost – člen ČSVTS Praha

Adresa: Divadelní 6
P.O. Box 134
657 34 Brno

Rok vydání: 2013

Vydání: 1.

Počet výtisků: 50

Vytiskla: Česká slévárenská společnost (vlastním nákladem)

Poznámka: Neprošlo jazykovou úpravou.

ISBN: 978-80-02-02433-0