

VÝVOJ NÁKLADOVÉHO HODNOCENÍ APRETACE ODLITKŮ (III. etapa)

PROJEKT XIV



Sborník přednášek

Seminář 13, JMA Hodonín, 19. 3. 2014

Koordinátor:

Doc. Ing. Václav Kafka, CSc.

Řešitelé:

Ing. Zdeněk Brázda

Ing. Michael Fík

Ing. Pavel Jelínek

Ing. Ervín Marko

Ing. Marcel Novobilský

Ing. Blanka Vyletová

p. Jaroslav Brhel

p. Miroslav Herzán

Ing. Ivo Lána, Ph.D.

Bc. Roman Miča

Ing. Josef Obrtlík

Dále spolupracoval: Ing. Martin Mrázek

JIHOMORAVSKÁ ARMATURKA, spol. s r.o., Hodonín
KRÁLOVOPOLSKÁ SLÉVÁRNA, s.r.o., Brno
SLÉVÁRNA A MODELÁRNA NOVÉ RANSKO, s.r.o., Nové Ransko
SLÉVÁRNY TŘINEC, a.s., Třinec
TECHCONSULT, Praha s.r.o.
TEPELNÁ ZAŘÍZENÍ FÍK, s.r.o., Praha
ŽĐAS, a.s., Žďár nad Sázavou

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

březen 2014

Obsah

1	ÚVOD	1
2	VÝCHOZÍ SITUACE PROJEKTU XIV	1
2.1	Zevrubný popis použité metodiky stanovení nákladů	1
2.2	Úvodní práce řešitelského týmu PROJEKTU XIV	4
2.2.1	Rozšíření řešitelského týmu PROJEKTU XIV	4
2.2.2	Zařazení nových odlitků do sledování	4
2.2.3	Přehled odlitků ve sledování	4
2.2.3.1	Přehled ocelových odlitků	5
2.2.3.2	Přehled litinových odlitků	7
3	Cíle PROJEKTU XIV	10
4	INFORMACE O ŘEŠITELSKÝCH ORGANIZACÍCH V PROJEKTU XIV	10
5	HODNOCENÍ CELKOVÝCH NÁKLADŮ NA APRETACI LITINOVÝCH ODLITKŮ	10
5.1	Úvodní posouzení NVN apretace litinových odlitků	10
5.2	Východiska z PROJEKTU XIII	11
5.3	Zjištěné skutečnosti pro NVN apretace litin v PXIV	12
5.3.1	Hledání závislostí nákladů na apretaci na charakteristikách odlitků	12
5.3.2	Hledání závislostí nákladů pro litinové odlitky s respektováním jejich hmotnosti	13
5.3.2.1	Výběr vhodné hmotnostní kategorie pro posuzování závislostí	13
5.3.2.2	Posuzování závislostí pro litinové odlitky hmotnostní skupiny č. 1	13
5.3.2.3	Hledání závislostí nákladů na apretaci pro odlitky hmotnostní skupiny č.1	14
5.3.2.4	Úvodní posouzení vazby NVN apretace litinových odlitků na charakteristikách odlitků v nelineárních formách závislostí	15
5.3.2.5	Posouzení vazby NVN apretace odlitků na „kombinovaných charakteristikách“	16
5.3.3	POSUZOVÁNÍ ZÁVISLOSTI VÝBĚROVÉHO SOUBORU ODLITKŮ VE SLÉVÁRNĚ G	17
5.3.3.1	Východiska k hledání závislostí v podmínkách Slévárny G	17
5.3.3.2	Výsledky posuzování závislostí v podmínkách Slévárny G	18
5.3.4	Posuzování závislosti výběrového souboru odlitků Slévárny F	21
5.3.4.1	Vstupní informace	21
5.3.4.2	Posouzení závislostí dle zvolených charakteristik	21
5.3.4.3	Shrnutí výsledků ze Slévárny F	26

5.4	Shrnutí současných výsledků zaměřených na hledání závislostí nákladů na charakteristikách odlitků	27
6	HODNOCENÍ NÁKLADŮ ÚVODNÍCH FÁZÍ APRETACE (litinové odlitky).....	27
6.1	Posouzení výrobní fáze A.Transport a odstranění zbytků formovací směsi	27
6.2	Odstranění nálitků a vtokové soustavy.....	27
7	POSOUZENÍ NÁKLADŮ NA TRYSKÁNÍ U LITINOVÝCH ODLITKŮ	27
7.1	Podíl nákladů na tryskání	28
7.2	SOUČASNÝ STAV TRYSKACÍ TECHNIKY VE SLÉVÁRNÁCH	28
7.2.1	SLÉVÁRNA D	29
7.2.2	SLÉVÁRNA F	31
7.2.3	SLÉVÁRNA G	33
7.2.4	SLÉVÁRNA E.....	33
7.2.5	SLÉVÁRNA C.....	37
7.2.6	SHRUTÍ SITUACE V TRYSKACÍ TECHNICE.....	38
7.2.6.1	Pokyny pro obsluhu a údržbu tryskačů ve Slévárně G.....	40
7.3	ROZVEDENÍ NĚKTERÝCH ZÁSAD EFEKTIVNÍHO PROVOZU TRYSKAČŮ	41
7.4	POSOUZENÍ SPOTŘEBY ABRAZIVA.....	44
7.4.1	STÁVAJÍCÍ SITUACE VE STANOVOVÁNÍ SPOTŘEBY ABRAZIVA VE SLÉVÁRNÁCH	44
7.4.2	Zkušenosti ve sledování spotřeby abraziva ve Slévárnách F a G	47
7.4.2.1	Slévárna G.....	47
7.4.2.2	Zkušenosti Slévárny F	49
7.4.3	NÁVRH METODIKY SLEDOVÁNÍ SPOTŘEBY ABRAZIVA	50
7.4.3.1	Posouzení používaných metod stanovení spotřeby abraziva	50
7.4.3.1.1	Výchozí nebo základní metoda.....	50
7.4.3.1.2	Metody použité řešiteli PROJEKTU XIV.....	51
7.4.3.2	Hodnocení metod použité řešiteli PROJEKTU XIV.....	52
7.5	ZÁVĚR problematiky tryskání litinových odlitků	53
8	PROBLEMATIKA TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ OCELOVÝCH ODLITKŮ	53
8.1	DIAGRAMY TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ	54
8.2	NÁKLADOVÉ ZATÍŽENÍ REŽIMY TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ ODLITKŮ	54
8.2.1	Posouzení výrobní fáze tepelného zpracování metodou <i>neúplných vlastních nákladů</i>	54
8.2.2	Posouzení výrobní fáze tepelného zpracování hodnocením nákladů jednotlivých pecí.....	56
8.2.2.1	Charakteristika žíhacích pecí ve slévárnách zařazených do PROJEKTU (tab. 8.2)	56

8.2.2.2 ÚVODNÍ HODNOCENÍ žíhacích pecí ve slévárnách zařazených do PROJEKTU	58
8.3 Posouzení pecí na tepelné zpracování ocelových odlitků	61
8.3.1 Slévárna C.....	61
8.3.2 Slévárna F	62
8.3.3 Slévárna E.....	62
8.4 DESATERO HOSPODÁRNÉHO PROVOZU PRO ÚSPORY ENERGIÍ.....	63
8.5 Závěr úvodního posouzení nákladovosti tepelného zpracování u ocelových odlitků..	64
9 NÁVRH DALŠÍHO POSTUPU	64
9.1 Pokračování v rozpracovaných oblastech PROJEKTU XIV.	64
9.2 Pokračování v posuzování dalších výrobních fází apretace	65
10 SHRUTÍ A ZÁVĚR	66
LITERATURA	68
SEZNAM ZKRATEK	69
SEZNAM TABULEK.....	70
SEZNAM OBRÁZKŮ	71
SEZNAM PŘÍLOH	72

1 ÚVOD

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

Již třetím rokem se věnujeme oblasti apretace odlitků. V předložené práci se řešitelský kolektiv blíže věnuje otázkám mechanického čištění (tryskání) litinových odlitků. Pokračuje v hledání závislosti apretačních nákladů na charakteristických veličinách odlitků.

A poprvé jsme otevřeli velice komplikovanou otázku tepelného zpracování ocelových odlitků.

2 VÝCHOZÍ SITUACE PROJEKTU XIV

Otázkám apretace odlitků se věnujeme již ve třetím PROJEKTU. Cílem výchozího PROJEKTU XII (PXII), který se začal zabývat problematikou apretace odlitků, bylo vyvinout metodiku nákladového ohodnocení hlavní výrobní fáze apretace. A samozřejmě podle vyvinuté metodiky stanovit náklady na vybrané odlitky pro všechny zvolené dílčí výrobní fáze.

Poté jsme se v následujícím roce v PXIII zaměřili na systematické hodnocení jednotlivých dílčích výrobních fází apretace. Hlavním posláním PXIII bylo hledat cesty, které by měly za následek snížení nákladovosti apretace ocelových odlitků u mechanického čištění (tryskání). A dále vyvinout charakteristické hodnoty, které by co nejpřesněji vystihovaly povrchové, hmotnostní a tvarové zvláštnosti posuzovaných odlitků. Zaměřili jsme se zejména na otázky tryskání u ocelových odlitků. Dále bylo definováno celkem osm charakteristických hodnot odlitků. S těmi jsme následně posuzovali závislost na nákladech apretace.

Před dalšími pracemi v předkládaném PROJEKTU XIV je třeba prezentovat alespoň hlavní metodické zásady řešení.

2.1 Zevrubný popis použité metodiky stanovení nákladů

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

Transport a odstranění zbytků formovacích směsí.

Mechanické čištění (tryskání) I., II., III., IV., atd.

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, přebroušování, 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 je nezbytné alespoň v hlavních rysech zopakovat zásady 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 apretačních operací konkrétního odlitku (O.25)- viz **Příloha 2-1a (P2)**.

Jak je známo náklady na apretaci ocelových odlitků jsou relativně vysoké (u ocelových odlitků se předpokládá 30 - 35 % z úplných vlastních nákladů expedovaného odlitku). U litinových odlitků jsou náklady absolutně nižší, protože nejsou v tak velkém rozsahu opravovány a tepelně zpracovávány.

Proto se v následujícím kroku řešitelský tým v /1,2/ zaměřil na zjednodušení nákladových propočtů 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.11 byly vytvořeny tyto tabulky viz **PŘÍLOHA 1 (P1)/1/** a s.21-26/1/.

Tab.: O.11-1: Dotazník (vybrané informace o použitých zařízeních a dobách práce zapojených pracovníků v dílčích výrobních fázích),

Tab.: O.11-2: Ceny, pracovníci (informuje o použitých cenách, nákladových sazbách a sazbách osobních nákladů pro zapojené pracovníky),

Tab.: O.11-3: Náklady (automaticky vypočítané náklady v detailním členění, které vycházely z hodnot uvedených v dotazníku),

Tab.: O.11-4: Souhrnné náklady (dle výrobních fází),

Tab.: O.11-5: Souhrnné náklady – (detailní dle materiálových a zpracovacích nákladů),

Podle naznačených postupů bylo v PROJETU XII 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 **P1**. Z těchto údajů je následně možné vyjít pro provedení bližšího zkoumání zjištěné nákladové výše.

Následně jsme již mohli přistoupit k úvodním krokům řešitelského týmu.

2.2 Úvodní práce řešitelského týmu PROJEKTU XIV

V PROJEKTU XIV jsme se v první řadě zaměřili na rozšíření řešitelského kolektivu a zařazení nových odlitků do sledování.

2.2.1 Rozšíření řešitelského týmu PROJEKTU XIV

V úvodu řešení každého PROJEKTU se řešitelský tým vždy snaží rozšířit o další slévárny. V PXIV jsme doplnili kolektiv sléváren o JIHOMORAVSKOU ARMATURKU, spol. s r.o., Hodonín.

Dále jsme se snažili zapojit Slévárnu GIFF, s.r.o. Frýdlant nad Moravicí. To se však nepodařilo.

Dále si náplň řešení úkolu vyžadovala zapojení specialisty na tepelné zpracování. Tím se stal Ing. Michael Fík ze společnosti TEPELNÁ ZAŘÍZENÍ FÍK, s.r.o., Praha.

Kolektiv řešitelů se tedy v PXIV stabilizoval na pěti slévárnách, dvou specialitech a studentech VŠB-TU Ostrava.

2.2.2 Zařazení nových odlitků do sledování

K původně posuzovaným 24 odlitkům (viz PXII a PXIII) z toho 13 ocelovým (O.1 až O.10, O.22 až O.24) a 11 litinovým (O.11 až O.21) přibýly další.

Nově zařazená slévárna si pro řešení PXIV zvolila dva odlitky. První s názvem Těleso šoupátka o hrubé hmotnosti 13,5 kg z LKG. Tento odlitek byl označen podle původního systému značení jako O.25. A druhý s názvem Klapka, hrubé hmotnosti 115 kg také z LKG. Ten byl označen jako O.26.

Podobně Slévárna D dodala zpracované podklady pro 2 nové odlitky. První s číslem O.27 – Příruba dolní, z LLG 20 o hrubé hmotnosti 15 kg. Druhý - O.28 s názvem Cívka, také z LLG 20 o hrubé hmotnosti 17 kg.

Zástupci společnosti Slévárny D s odlitky O.27 a O.28 přišli s námětem, aby slévárny v řešitelském týmu zvážily možnost výběru obdobných odlitků a jejich nákladové posouzení. Tento zajímavý námět se posuzoval na několika jednáních řešitelského kolektivu. Bohužel poněvadž obdobné odlitky slévárny neměly běžně vyráběny – náklady by se musely pouze modelově vytvářet – bylo nutno od této myšlenky odstoupit.

2.2.3 Přehled odlitků ve sledování

Jak bylo již uvedeno, do řešení PXIV vstupovaly slévárny se zpracovanými náklady celkem pro 13 ocelových a 15 litinových odlitků.

Níže (viz **obr. 2.1** a **obr. 2.2**) jsou zobrazeny pouze odlitky, se kterými jsme v PXIV aktivně pracovali.

Je třeba doplnit, že detailnější obrázky sledovaných odlitků jsou uvedeny v **PŘÍLOZE 3 (P3)**.

V detailnějších znázorněních odlitků v **P3** jsou na rozdíl od všech tabulek v předložené studii náklady na apretaci seřazeny podle „průchodu“ odlitku čistírnou. Sledují tak chronologicky tok technologických operací v „náběhu“ nákladů v hal/kg odlitku. Toto členění nákladů umožní poukázat na hodnotu pro případnou neshodu s požadavky na jakost. V sumáři jsou vyjádřeny také celkové NVN v Kč na odlitek. U litinových odlitků odpovídají celkové NVN nákladům výrobním (NVN = NVN-A). U ocelových odlitků jsou udány NVN-A výrobní (bez nákladů na apretaci po NDT).

Dodejme, že u ocelových odlitků jsou níže znázorněny pouze ty, které měly všechny operace apretace. Chybí ocelové odlitky ze Slévárny A, které byly tepelně zpracovány ve Vítkovicích a nebyly tedy k této výrobní fázi příslušné podklady. Stejně tak zde není zahrnut odlitek O.5 ze Slévárny C. Jak bylo uvedeno /viz 2, s.17/ tento odlitek byl totožný s odlitkem O.4. Odlitek O.5 („uměle“ vytvořený) zahrnoval pouze NVN-A – tedy tak zvané náklady výrobní, se kterými pracujeme při porovnání nákladů. Tedy bez požadavků zákazníka na vnitřní čistotu a homogenitu odlitku.

U litinových odlitků zde nejsou zahrnuty odlitky Slévárny B, poněvadž tato slévárna již nepokračuje v řešení. S odlitky této slévárny jsme pracovali v kap.5, kap.6 a kap.7 (z důvodu využití většího souboru dat). Dále jsme data těchto odlitků uvedli v **P2**.

Je třeba ještě dodat, že dále uvedené schéma odlitků zařazených ve sledování zahrnuje vyjma názvu odlitku a jeho číselného označení i vybrané přehledové číselné údaje:

- NVN- A (neúplné vlastní náklady skupiny A tedy tzv. výrobní),
- Výběr posuzovaných charakteristik:
 - HMOT. hmotnost odlitku v kg,
 - TVAR. tvarové zařazení do skupin dle Málka (viz kap. 5.2)
 - MODUL. hodnota modulu pro daný odlitek (podíl objemu odlitku ku ploše v cm),
 - KVADR. nejmenší objem „kvádrů“ do kterého lze daný odlitek „vložit“ (dm³)
 - BRHEL, BR-JEL další kritéria viz kap.5.2

2.2.3.1 Přehled ocelových odlitků

Z **obr. 2.1** vyplývá, že hmotnost znázorněných 7 ocelových odlitků se pohybuje od 805 kg do 1100 kg. Tedy v relativně malém rozmezí.

Čtyři z nich jsou zařazeny do tvarového členění dle Málka do skupiny č. 2, dva do sk. č.3 a jeden je ve skupině č.5. To již do jisté míry naznačuje vstup dalšího vlivu do hodnocení.

Pozoruhodná je hodnota nejmenšího kvádrů odlitku. Histogram těchto hodnot je uveden v **obr. 2.3**. Z něj vyplývá, pět odlitků s objemem 300-600 dm³ tvoří prakticky jejich převážnou část. Zbývající dva se nacházejí ve vyšších skupinách. To může do jisté míry komplikovat hledání závislostí.

Bližší hodnocení číselného vyjádření modulu nyní nebudeme provádět. Zatím uvedme pouze, že se tato hodnota pohybuje od 1,23 cm do 5,96 cm.

Zjištěné výrobní náklady (NVN-A) se pohybují od 3,87 Kč/kg do 10,48 Kč/kg. Ty však budou dále předmětem detailního rozboru.

Obr. 2.1: Znázornění posuzovaných ocelových odlitků a vybraných charakteristik

	O.4 - Náboj			NVN A (Kč/kg) 3,87
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	4,19	2	454	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	1,99	1802	905	

	O.3 - Kolo			NVN A (Kč/kg) 4,8
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	3,23	2	346	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	2,33	1874	805	

	O.22 - Rám			NVN A (Kč/kg) 6,54
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	3,4	2	483	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	1,97	1868	950	

	O.23 - Čep			NVN A (Kč/kg) 5,52
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	4,8	3	928	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	1,18	1303	1100	

	O.1 - Dno kbelíku			NVN A (Kč/kg) 6,23
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	1,23	2	2737	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	0,38	403	1050	

	O.2 - Planetenträger			NVN A (Kč/kg) 7,95
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	5,96	3	553	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	1,73	1649	955	

	O.24 - Vnitřní skříň			NVN A (Kč/kg) 10,48
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	3,56	5	441	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	2,49	2742	1100	

2.2.3.2 Přehled litinových odlitků

Z **obr. 2.2** vyplývá, že hmotnost znázorněných litinových odlitků se pohybuje od 13,5 kg do 878 kg. Tedy jsou v hmotnostní skupině č.1 a č.2 (do 1000 kg) podle Málka.

Při hodnocení tvarového zařazení dle Málka jsou:

- a. ve 2. skupině.....2 odlitky,
- b. ve 3. skupině.....1 odlitek,
- c. ve 4. skupině3 odlitky,
- d. v 5.skupině.....5 odlitků.

To signalizuje značnou různorodost v tvarech odlitků.

Pozoruhodná je hodnota nejmenšího kvádru odlitku. Histogram těchto hodnot je uveden v **obr. 2.4**. Z něj vyplývá velká variabilita tohoto ukazatele u litinových odlitků. To může do jisté míry komplikovat hledané závislosti.

Zjištěné náklady na apretaci 11 litinových odlitků, které se rovnají nákladům výrobním, se pohybují od 0,74 Kč/kg do 11,23 Kč/kg. Ty však podobně jako u ocelových odlitků budou dále předmětem detailního rozboru.

Obr. 2.2: Znázornění posuzovaných litinových odlitků a vybraných charakteristik

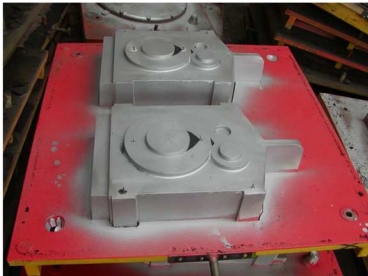
	O.21 - Laterne			NVN A (Kč/kg) 0,74
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	3,92	4	539	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	1,63	1430	878	

	O.28 - Cívka			NVN A (Kč/kg) 1,63
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	0,9	5	5,47	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	3,11	52,9	17	

	O.27 - Příruba dolní			NVN A (Kč/kg) 1,63
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	1,12	2	13,6	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	1,1	16,6	15	

	O.26 - Klapka			NVN A (Kč/kg) 1,82
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	2,04	2	60,8	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	1,89	217	115	

	O.25 - Těleso šoupátka			NVN A (Kč/kg) 2,48
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	0,48	5	12	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	1,12	15,2	13,5	

	O.12 - Skříň 2			NVN A (Kč/kg) 3,98
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	3,5	4	130	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	1,05	142,7	136	

	O.13 - Tischgehaue			NVN A (Kč/kg) 4,24
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	1,72	5	95	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	1,48	209	141	

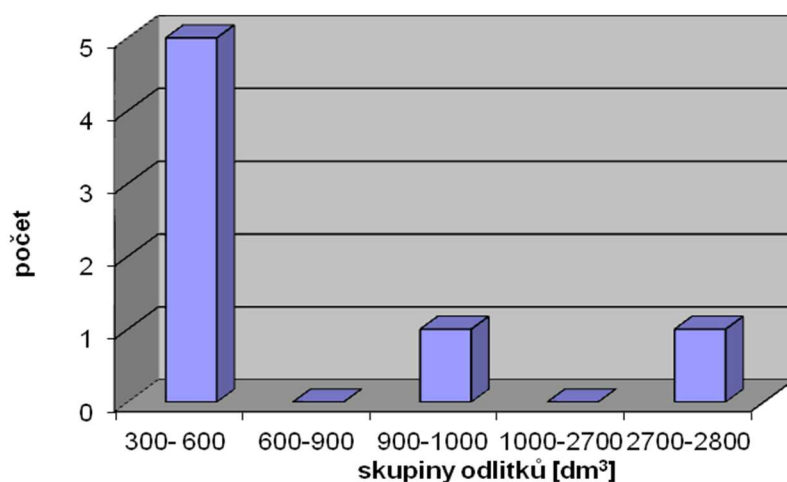
	O.20 - Karter			NVN A (Kč/kg) 2,53
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	1,81	3	73	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	1,16	97	84	

	O.11 - Skříň 1			NVN A (Kč/kg) 5,44
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	2,2	4	76	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	1,17	104	89	

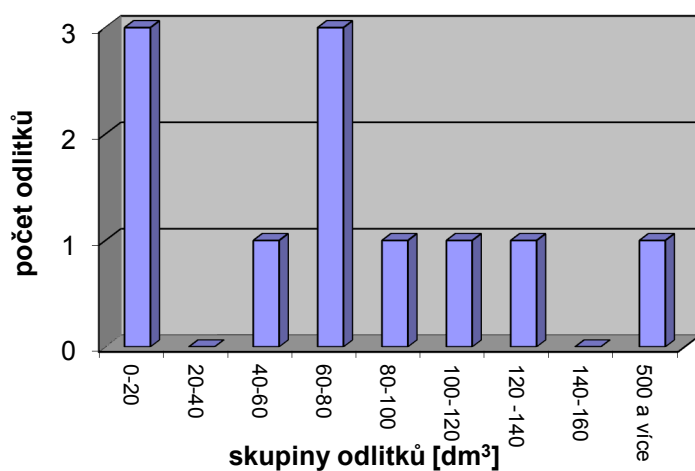
	O.19 - Coppa olio			NVN A (Kč/kg) 3,23
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	0,95	5	115	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	1,11	141	127	

	O.14 - Těleso ZETA			NVN A (Kč/kg) 11,23
	Posuzované charakteristiky			
	MODUL	TVAR	KVÁDR	
	2,8	5	50	
	BRHEL	BR - JEL	HMOT.	
	2,36	279	118	

Obr. 2.3: Histogram četnosti nejmenších kvádrů ocelových odlitků



Obr. 2.4: Histogramy četnosti nejmenšího kváдру u litinových odlitků



Následně se zaměříme na definování cílů PXIV.

3 Cíle PROJEKTU XIV

Na základě závěrů PROJEKTŮ XII a XIII jsme si pro předkládané řešení PXIV vytkli následující cíle:

- Pokračovat v posuzování charakteristik u litinových odlitků. Hledat závislosti nákladů na apretaci na těchto charakteristikách.
- Analyzovat hlavní vlivy, které rozhodujícím způsobem ovlivňují nákladovou náročnost mechanického čištění (tryskání) litinových odlitků.
- Zahájit práce na analýze nákladů na tepelné zpracování ocelových odlitků.

4 INFORMACE O ŘEŠITELSKÝCH ORGANIZACÍCH V PROJEKTU XIV

Řešitelský tým se rozhodl zařadit informace o řešitelských organizacích do **PŘÍLOHY č. 4**

5 HODNOCENÍ CELKOVÝCH NÁKLADŮ NA APRETACI LITINOVÝCH ODLITKŮ

Nejprve se zaměříme na vstupní rámcové posouzení nákladů.

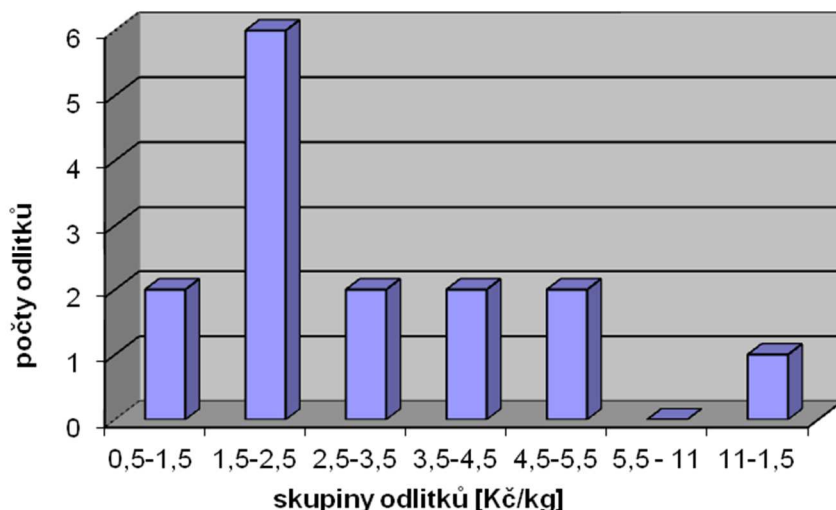
5.1 Úvodní posouzení NVN apretace litinových odlitků

Výchozí podklady k apretaci litinových odlitků jsou uvedeny v **tab. 5.1 – P2**.

Z **tab. 5.1** zjišťujeme, že náklady na apretaci všech 15 litinových odlitků, které jsou zařazeny do výběrového souboru PROJEKTU XIV, se pohybují od 0,74 Kč/kg až do 11,23 Kč/kg. Uvedený náklad 11,23 Kč/kg je jednoznačně extrémní. Průměrná hodnota činí 3,22 Kč/kg. Z histogramu četnosti (viz **obr. 5.1**) vyplývá, že 6 odlitků (40 %) je soustředěno ve skupině 1,5 Kč/kg do 2,5 Kč/kg. Náklady dalších odlitků se pohybují do 5,5 Kč/kg. Také průměrná hodnota bez tohoto extrému se snižuje na 2,64 Kč/kg.

Dále jsme se zaměřili na posuzování nákladovosti s použitím vybraných charakteristik litinových odlitků.

Obr. 5.1: Histogram četnosti nákladů na apretaci u litinových odlitků



5.2 Východiska z PROJEKTU XIII

Úvodní práce v oblasti výběru a stanovení charakteristik odlitků byly provedeny v PXIII. Pro zopakování je třeba uvést, že hledání charakteristik odlitků bylo dáno mimořádnou složitostí vyráběných odlitků. Z toho vyplynula snaha najít charakteristiky, s pomocí kterých bude možné problematiku do jisté míry zjednodušit. A následně se snad i dopracovat k možným závislostem zejména u nákladových veličin na jejich hodnotách.

Tato problematika je rozpracována v /2/ od s. 21.

Na základě těchto východisek jsme se dopracovali k osmi charakteristikám odlitků, viz **tab. 5.2**.

Poté jsme se již mohli zaměřit na vlastní problematiku charakteristik u litinových odlitků a hledání možných závislostí.

Tab. 5.2 : Vybrané charakteristiky odlitků

	pojmenování	označení	jednotky	vymezení	poznámka
ř./sl.	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 kváдру	Ω_{ok}	dm ³	$a*b*c$	nejmenší objem kváдру
6	Brhelovo kritérium	Ω_{br}	kg/dm ³	hmotnost odlitku/objem kváдру	
7	Brhel-Jelínkovo kr.	Ω_{br-jl}	kg ² /dm ³	(hmotnost odlitku) ² /objem kváдру	
8	Herzánovo kr.	Ω_{hr}	1/dm ³	Brhelovo kr./hrubá hmotnost odlitku	

5.3 Zjištěné skutečnosti pro NVN apretace litin v PXIV

Obdobným způsobem jak bylo postupováno v PXIII jsme šetřili závislosti i pro litinové odlitky.

Nejprve jsme pro všech 15 litinových odlitků (O.11 až O.21, O.25 až O.28) stanovili příslušné charakteristiky - viz **tab. 5.3** – viz **P2**. V ní je uvedeno pro litinové odlitky všech osm charakteristik odlitků – viz **sl. 3, 4, 8 – 13**. V citované tabulce jsou ve sloupcích 14 – 17 uvedeny příslušné náklady apretace. Tedy neúplné vlastní náklady (NVN) apretace jak v Kč/odlitek tak i v Kč/kg (**sl. 16 a 17**) včetně jejich dělení na náklady materiálové (**sl.14**) a zpracovací (**sl.15**).

Následně byly hledány závislosti nákladů na vytipovaných charakteristikách odlitků.

5.3.1 Hledání závislostí nákladů na apretaci na charakteristikách odlitků

V prvním kroku jsme se zaměřili na posouzení možných závislostí NVN apretace u všech litinových odlitků (15 ks) na uvedených charakteristikách odlitků.

Posuzovali jsme možnost využití lineárních vztahů. Byly sestaveny lineární závislosti NVN = f_c (kritéria).

Tab. 5.4: Koeficienty korelace posuzovaných závislostí u NVN apretace a tryskání

			Počet odlitků	Hrubá hmotnost odlitku $[\Omega_{hmo}]$	Modul $[\Omega_{mo}]$	Objem kvádra $[\Omega_{ok}]$	Brhelovo kritérium $[\Omega_{br}]$	Brhel - Jelínkovo kritérium $[\Omega_{br-jl}]$	Herzánovo kritérium $[\Omega_{hr}]$	Hmotnostní zařazení $[\Omega_{hm}]$	Tvarové zařazení $[\Omega_{tv}]$	Koeficient korelace krit.
						$a*b*c$	m / V min	$\rho B * m$	$\rho B/m$			
	NVN na:			kg	dm^3/dm^2	dm^3	kg/dm^3	kg^2/dm^3				R_{krit}
ř./sl.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	apretaci	koef.korelace	15	0,2337	0,2345	0,2029	0,0346	0,2891	0,1615	0,3304	0,4399	0,5140
2	tryskání	koef.korelace	15	0,1990	0,303	0,1709	0,0625	0,2496	0,1382	0,1744	0,3320	0,5140
3	tryskání	koef.korelace	10	0,4559	0,6777	0,2193	0,2153	0,6528	0,3608	x	0,3273	0,6319
4	apretace	koef.korelace	10	0,4435	0,7522	0,1881	0,1957	0,6668	0,3777	x	0,4129	0,6319

V **tab. 5.4, ř.1** (NVN apretace – 15 odlitků) jsou uvedeny koeficienty korelace (R) pro jednotlivé posuzované závislosti. Zjišťujeme, že všechny R jsou nižší než koeficient korelace kritický ($R_{krit} = 0,5130$) – **sl.12**. Doplňme, že vyjma kritérií „subjektivně“ stanovenými jako jsou hmotnostní a tvarové zařazení dosahuje nejvyšších hodnot R u závislosti na modulu a Brhel-Jelínkovu kritériu. Tam R dosahoval 0,2345 a 0,2891.

Na základě této zkušenosti jsme se rozhodli zaměřit naše zkoumání závislostí z (komplexní) hlavní výrobní fáze *apretace* na (dílčí) výrobní fázi mechanické čištění (tryskání).

V úvodu jsme se opět zaměřili na hledání závislostí pro celý soubor odlitků.

Charakteristiky posuzovaných litinových odlitků spolu s nákladovými ukazateli pro tryskání jsou uloženy u zpracovatelů. Posuzovali jsme opět závislosti u lineárních vztahů. Ve vzpomínané **tab. 5.4, ř. 2, sl. 4 až 11** jsou shrnuty stanovené koeficienty korelace pro všech osm posuzovaných závislostí (NVN tryskání – 15 odlitků). Jak je zřejmé jsou opět nižší než $R_{krit} = 0,5140$. Nebyla tedy potvrzena žádná ze zkoumaných závislostí jako závislost statisticky významná. Opět pozorujeme, že vyjma kritérií „subjektivně“ stanovených dosahuje nejvyšších hodnot R u závislosti NVN tryskání na modulu a Brhel-Jelínkovu kritériu. Tam R dosahoval 0,303 a 0,2496. Je nutné doplnit, že závislost na modulu se

zjišťovala ze souboru 11 litinových odlitků (u O.15 až O.18 ze slévárny B nebylo možné již potřebné údaje zjistit).

Po této zkušenosti jsme se zaměřili na posouzení zařazených odlitků do našeho sledovaného souboru z hlediska jejich hmotnosti.

5.3.2 Hledání závislostí nákladů pro litinové odlitky s respektováním jejich hmotnosti

5.3.2.1 Výběr vhodné hmotnostní kategorie pro posuzování závislostí

Hrubá hmotnost posuzovaných 15 litinových odlitků se pohybovala (viz **tab. 5.3, sl. 3**) od 13,5 kg do 27900 kg. Podle Málkova hmotnostního zařazení jsou zkoumané odlitky od skupiny č. 1 až do skupiny č. 11 (viz **sl. 12**). To je opravdu extrémně rozsáhlé. A existují tedy vážné pochybnosti, zda v takto rozsáhlém hmotnostním rozpětí šetřených odlitků mohou existovat závislosti na dříve vyvinutých charakteristikách odlitků.

Podle Málkova třídění odlitků, které určuje jednotlivé skupiny po 500 kg, je do skupiny č. 1 zařazeno celkem deset kusů (viz **tab. 5.3, sl. 12**). Dva jsou zařazeny ve skupině č. 2 (500 až 1000 kg), jeden ve skupině č. 7 (3000 až 3500 kg), jeden ve skupině č. 10 (4500 až 5000 kg) a poslední s hmotností nad 5000 kg ve skupině 11.

Pro další hledání závislostí nákladů na vybraných charakteristikách odlitků jsme se proto rozhodli pracovat pouze s hmotnostní skupinou odlitků č.1 – tedy do 500 kg hrubé hmotnosti odlitků. Tedy pouze s deseti odlitky.

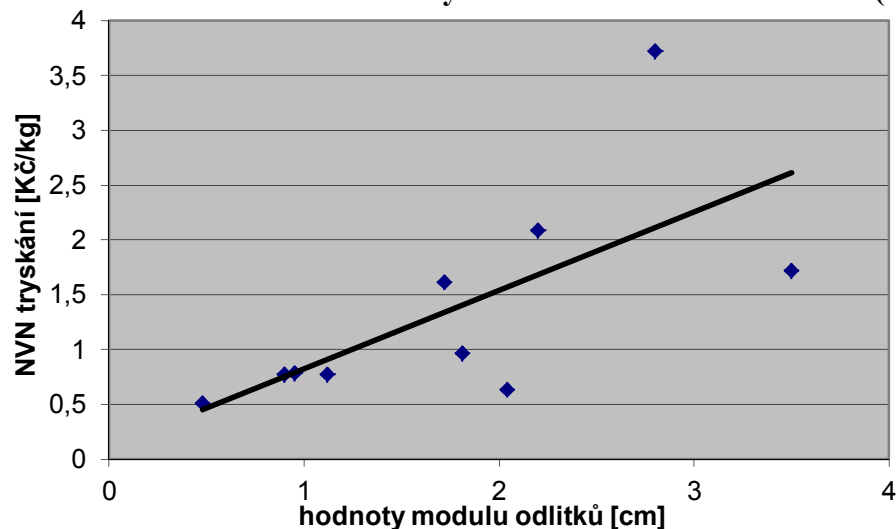
5.3.2.2 Posuzování závislostí pro litinové odlitky hmotnostní skupiny č. 1

Nejprve jsme se zaměřili na posouzení NVN tryskání na vybraných charakteristikách.

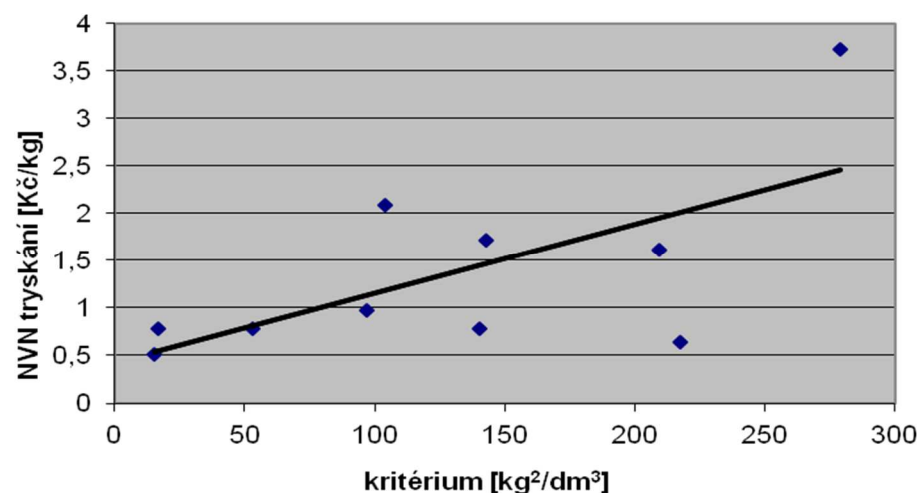
Opět byly posouzeny pro vytipované charakteristiky lineární závislosti. Nepracovali jsme s hmotnostním kritériem, poněvadž všechny odlitky byly zařazeny ve skupině č. 1.

Z **tab. 5.4, ř.3** vyplývá, že zjištěné koeficienty korelace byly významně vyšší oproti posuzování původních 15 odlitků všech hmotnostních kategorií. Koeficienty korelace (R) jsou s výjimkou objemu kvádra a tvarového zařazení prakticky minimálně dvojnásobné. Novou skutečností je, že pro závislost NVN tryskání odlitků na modulu (**sl. 5, ř.3**) a Brhel-Jelínkovu kritériu (**sl. 8, ř. 3**) jsou zjištěné R vyšší než R_{krit} (0,6319) viz **sl.12, ř. 3, tab. 5.4**. To znamená, že v daném případě se jedná o konstatování statistické závislosti. Obě zjištěné závislosti jsou uvedeny na **obr. 5.2** a **obr. 5.3**.

Obr. 5.2: Závislost NVN tryskání na modulu odlitků (10 litinových odlitků)



Obr. 5.3: Závislost NVN tryskání na Brhel-Jelínkovu kritériu (10 litinových odlitků)



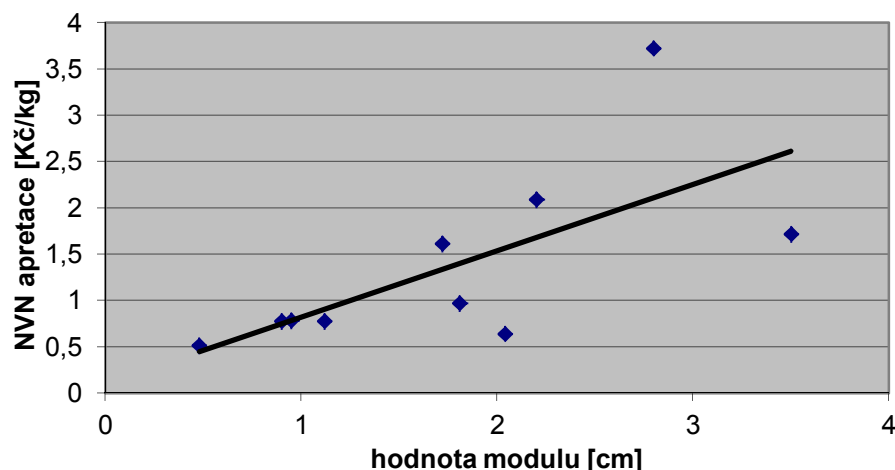
Poté jsme posuzovali závislosti NVN na apretaci u stejné hmotnostní skupiny odlitků.

5.3.2.3 Hledání závislostí nákladů na apretaci pro odlitky hmotnostní skupiny č.1

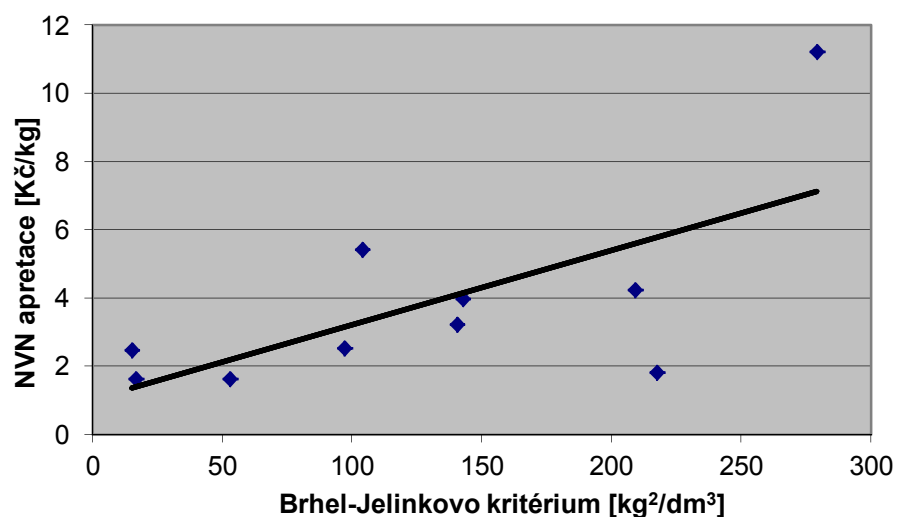
Z tab. 5.4, ř. 4 vyplývá, že u modulu a Brhel-Jelínkova kritéria byla konstatována statistická závislost (zjištěné R je vyšší než $R_{krit} = 0,6319$ - viz sl.12, ř. 4, tab. 5.4.). Tyto skutečnosti jsou obecně shodné s výsledky u nákladů na tryskání. Oba grafy jsou uvedeny na obr. 5.4 a obr. 5.5.

Tedy z uvedeného vyplývá, že se rýsuje závislost nákladů na modulu a Brhel-Jelínkově kritériu.

Obr. 5.4: Závislost NVN apretace litinových odlitků na jejich modulu (10 odlitků)



Obr. 5.5: Závislost NVN apretace na Brhel-Jelínkovu kritériu (10 odlitků)



Následně jsme se zaměřili na úvodní posouzení obdobných závislostí na nelineárních funkcích možných vazeb.

5.3.2.4 Úvodní posouzení vazby NVN apretace litinových odlitků na charakteristikách odlitků v nelineárních formách závislostí

V prvním přiblížení byly pro všechny posuzované charakteristiky u 10 litinových odlitků vykresleny všechny závislosti, které tabulkový procesor Excel umožňuje.

Současně byly pro posuzované závislosti stanoveny koeficienty determinace R^2 . Dodejme, že R^2 po vynásobení 100 uvádí v prvním přiblížení z kolika procent daný jev (nezávisle proměnná, v rovnici hodnota X , v našem případě *příslušná charakteristika* - kupříkladu modul odlitku) určuje výši závisle proměnné (v našem případě vždy *náklady na apretaci nebo náklady na tryskání*).

Výsledky tohoto posuzování jsou uvedeny u zpracovatelů. Pokud se v prvním přiblížení pokusíme shrnout signalizované výsledky, pak konstatujeme, že *NVN apretace nelineárními závislostmi ovlivňuje*:

- a) *hmotnost odlitků* u mocninné a exponenciální závislosti z 34-35 %, u lineární z „necelých“ 20 %,
- b) *modul odlitků* u *polynomické závislosti* z **65 %**, u *lineární a exponenciální* z **57 -58 %**,
- c) *nejmenší objem kvádrů odlitku* u mocninné závislosti z 27 %, u lineární z cca 3 %,
- d) *Brhelovo kritérium* u polynomické z 24 %, u lineární z cca 4 %,
- e) *Brhel-Jelínkovo kritérium* u *polynomické závislosti* z **58 %**, u *lineární* z cca **44%** a u *exponenciální* z cca **42%**,
- f) *Herzánovo kritérium* u exponenciální závislosti z 29 %, u lineární, mocninné a exponenciální z cca 14-15%,
- g) *Tvarové zařazení* u mocninné a exponenciální závislosti z 24 - 27 %, a lineární ze 17 %,

Jeví se tedy, že významnými jsou i z pohledu dalších druhů závislosti **modul a Brhel-Jelínkovo kritérium**.

5.3.2.5 Posouzení vazby NVN apretace odlitků na „kombinovaných charakteristikách“

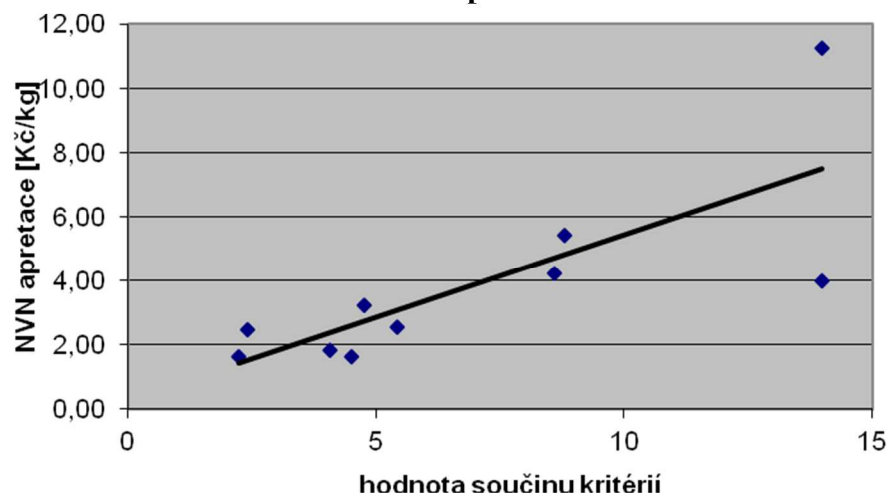
Provedená šetření vedla v řešitelském týmu k rozsáhlým diskusím o získaných výsledcích. I když z grafů závislostí se snad nejvíce jevil vliv *modulu* na NVN je třeba připustit, že ten je v některých případech úměrný hmotnosti odlitku. Ale především je závislý na určující tloušťce odlitku a tato často vůbec nemusí mít vliv na NVN odlitku. Proto je nutné vliv modulu na NVN nepřeceňovat. U širšího sortimentu mohou být zjištěny velmi rozdílné výsledky.

Dle zkušeností Slévárny E má zásadní vliv na celkové náklady obecně hmotnost odlitku a komplikovanost jeho tvaru. Na druhou stranu čím větší - hmotnější - odlitek při jinak stejném tvaru, tím by měrné náklady (NVN/kg) měly klesat. Z toho se jeví, že snad nejvýraznější vliv na celkové náklady (NVN/kus) má jak hmotnost, tak i tvarový koeficient.

Vzhledem k těmto úvahám se jeví vhodné vrátit se k dříve diskutované myšlence současnému vlivu dvou faktorů (*modul* a tvarový koeficient).

Tato závislost byla následně prošetřena – viz **obr. 5.6**. Zjišťujeme, že koeficient korelace R se rovná 0,7780. To znamená, že překračuje R_{krit} (**tab. 5.4, ř. 4**) a daná závislost je statisticky významná. Zjištěné R u tohoto vztahu je vyšší než R u dalších jednotlivých závislostí uvedených v ř. 4 jmenované tabulky.

Obr. 5.6: Závislost nákladů apretace na součinu modulu a tvarového kritéria



Po těchto v zásadě nadějných závěrech se řešitelský tým rozhodl hledat potvrzení svých prozatímních zjištění na výběrových souborech většího počtu odlitků. A využít pro ně rozsáhlá data sléváren.

Vzhledem k tomu, že vyvinutou metodikou „projektů“ bylo šetřeno pouze uvedených 15 (a následně „pouze 10“) litinových odlitků, museli jsme se zaměřit na jiné soubory. Ve Slévárnách F a G jsou náklady na apretaci odlitků posuzovány vlastními postupy. Rozhodli jsme se proto na jejich výběrových souborech odlitků uvedené závislosti prošetřit.

5.3.3 POSUZOVÁNÍ ZÁVISLOSTI VÝBĚROVÉHO SOUBORU ODLITKŮ VE SLÉVÁRNĚ G

5.3.3.1 Východiska k hledání závislostí v podmínkách Slévárny G

PXIV řeší hledání závislostí NVN apretace na výběrovém souboru odlitků, které si volily samy slévárny dle svého výrobního programu. Vzniklý soubor od jednotlivých výrobců tak může být „směsicí různých“ hmotností, velikostí a tvarů.

Ve Slévárně G byl vybrán soubor 41 litinových odlitků, které jsou si *tvarově podobné, liší se pouze velikostí a hmotností*. Tedy doplníme, že všechny šetřené odlitky mají stejné tvarové zařazení. Pro každý odlitek byl spočítán modul odlitku i další charakteristiky odlitků (viz **tab. 5.5 – P2**). Apretační náklady byly určeny z informačního systému SAP R2. Jsou tedy do jisté míry obdobné NVN stanoveným v PXIV.

Tedy dodejme, že všechny odlitky mají stejné tvarové zařazení – skupina č.5 (viz **tab. 5.5, sl.12**). Dále jsou zařazeny ve shodné hmotnostní skupině č. 1 (**sl. 11**). Jejich hmotnosti se pohybují od 6,3 kg/odlitek do 105 kg /odlitek (**sl. 2**) – viz **obr. 5.7a**.

Obr. 5.7a: Vzorový odlitek Slévárny G



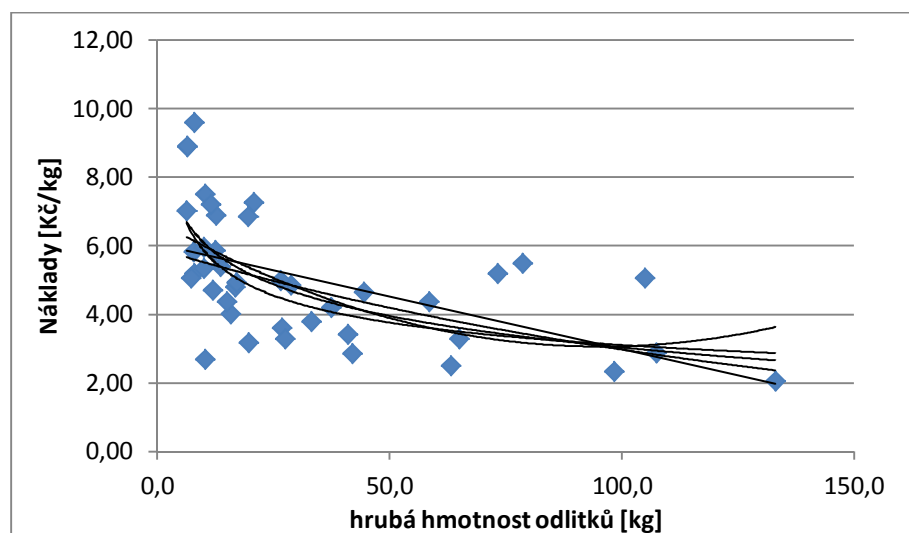
5.3.3.2 Výsledky posuzování závislosti v podmínkách Slévárny G

Následně byly hledány závislosti nákladů na vytipovaných charakteristikách odlitků. V EXCELU byly sestaveny závislosti (lineární, exponenciální, logaritmická, polynomická, mocnná) $NVN = f_c(\text{kritéria})$. Výsledné koeficienty determinace R^2 - viz **tab. 5.6**. Uvedené závislosti jsou uvedeny na **obr. 5.7** – **obr. 5.12**.

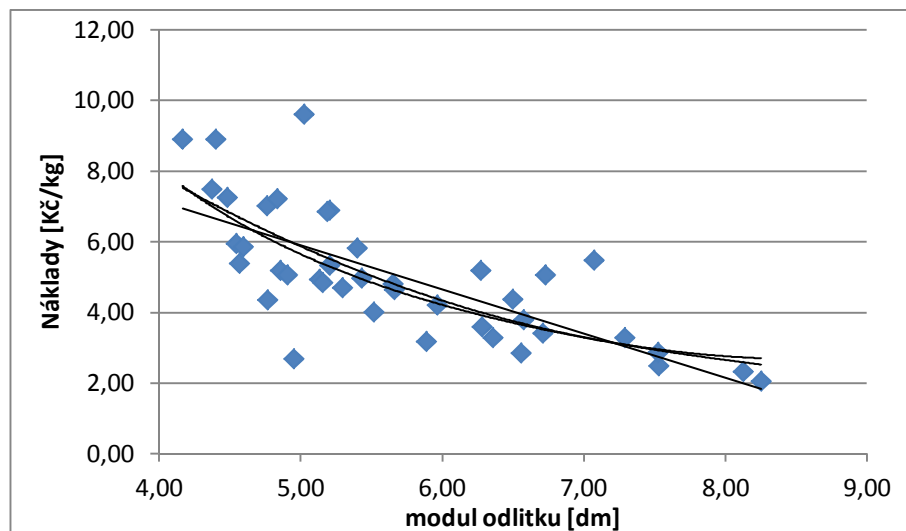
Tab. 5.6: Koeficienty determinace R^2 pro závislost $NVN = f_c(\text{kritéria})$

		exponenciální	lineární	logaritmický	polynomický	mocnný
ř./sl.	1	2	3	4	5	6
1	náklady- hrubá hmotnost odlitků	0,3526	0,2925	0,4144	0,3491	0,4307
2	náklady- modul odlitku	0,6043	0,5318	0,5516	0,5575	0,6052
3	náklady - objem kvádra	0,1871	0,1618	0,2827	0,2641	0,2897
4	náklady - Brhelovo kritérium	0,0057	0,0043	0,0079	0,0483	0,0111
5	náklady - Brhel-Jelínkovo kritérium	0,4606	0,3782	0,5348	0,4652	0,5629
6	náklady - Herzánovo kritérium	0,2693	0,2894	0,2827	0,3028	0,2897

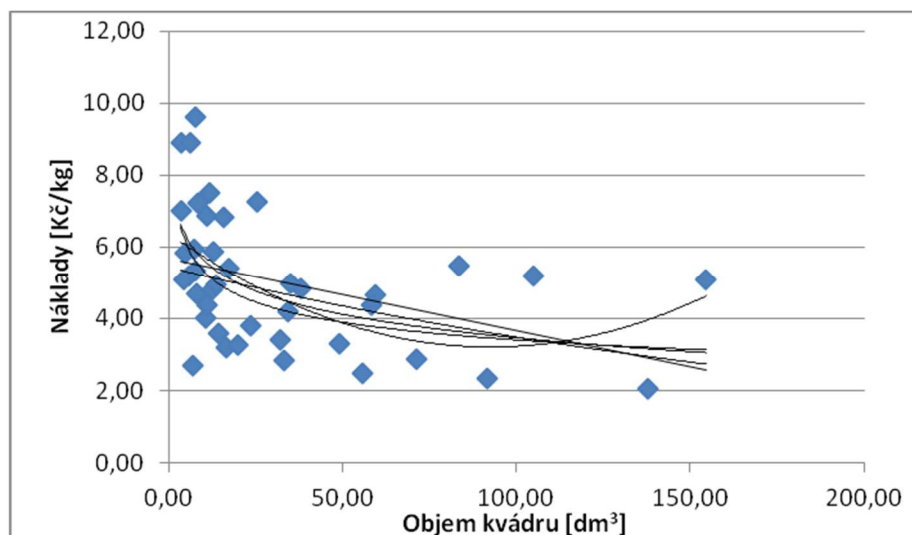
Obr. 5.7: Závislost nákladů apretace na hrubé hmotnosti odlitků



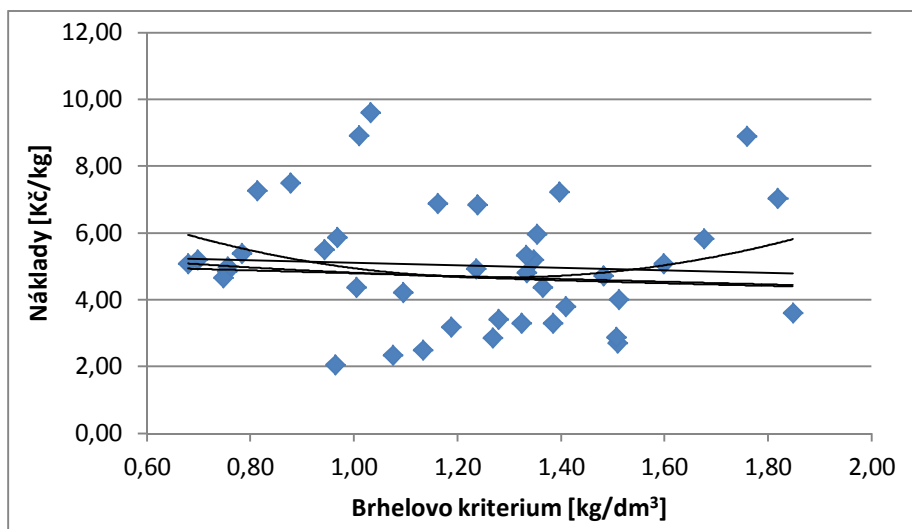
Obr. 5.8: Závislost nákladů apretace odlitků na jejich modulu



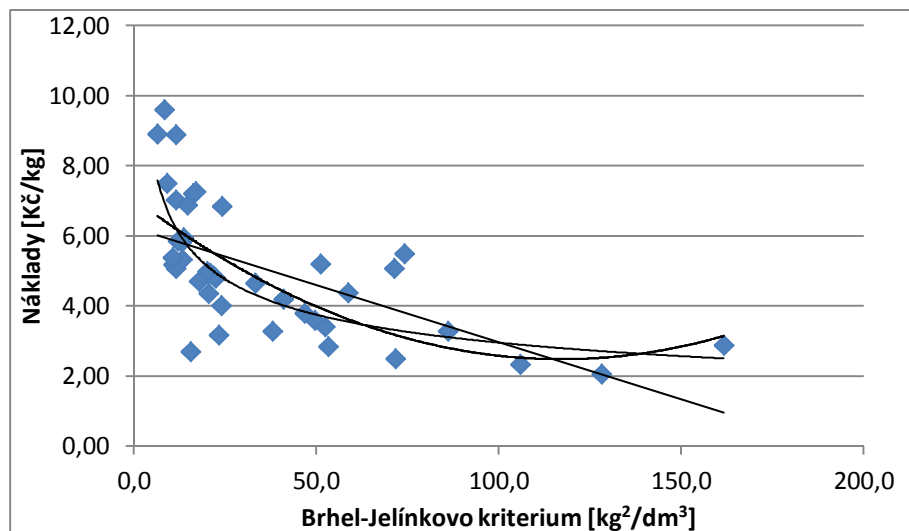
Obr. 5.9: Závislost nákladů apretace odlitků na objemu kvádru



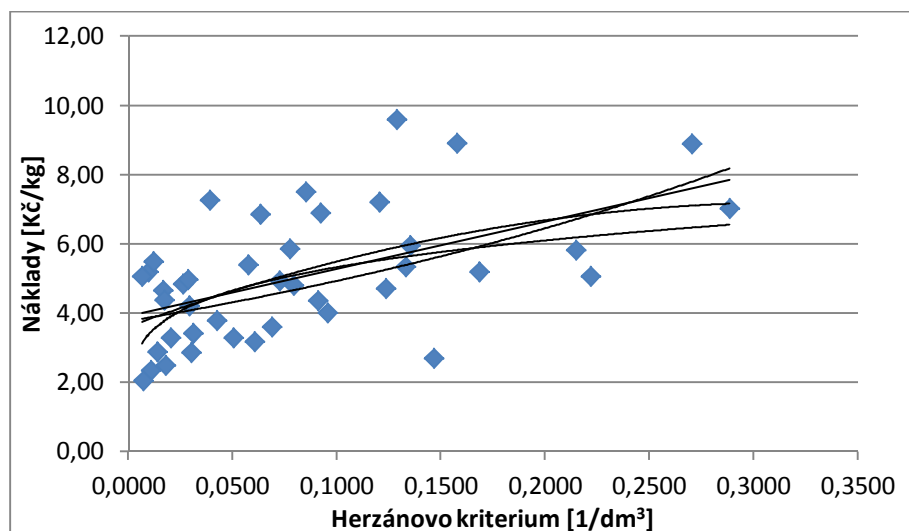
Obr. 5.10: Závislost nákladů apretace odlitků na Brhelovu kritériu



Obr. 5.11: Závislost nákladů apretace odlitků na Brhel - Jelínkovu kritériu



Obr. 5.12: Závislost nákladů odlitků na Herzánovu kritériu



Při hodnocení získaných výsledků musíme nejprve konstatovat, že *uvedený výběrový soubor má pro řešení projektu zcela mimořádnou hodnotu*. Pracujeme se souborem odlitků zcela identických – jedné tvarové skupiny (do 500 kg). A prakticky se mění průběžně pouze jejich hmotnost. A hmotnost odlitků se mění „pouze“ v rámci jednoho sta kg.

Pokusíme-li se zhodnotit v prvním přiblížení dosažené výsledky tak můžeme prohlásit:

- jako *nejmenší vliv* na náklady apretace má *Brhelovo kritérium* (vliv podle jednotlivých závislostí od 0,5% do 1%),
- minimální objem kvádry* charakterizuje náklady z 16% až 29%. Nicméně u lineární závislosti kde $R = 0,4022$ pak po porovnání s $R_{krit} = 0,3081$ konstatujeme *statisticky významnou závislost*.
- Herzánovo kritérium* vystihuje náklady z 27% do 30 %. Také zde, kde $R = 0,5379$ shledáváme *statisticky významnou závislost*.
- vliv *hrubé hmotnosti odlitků* je dán možným rozpětím ovlivnění od 29% až 43%. I v tomto případě s $R = 0,5408$ musíme uvést, že *je zde staticky významná závislost*.

- e) *Brhel - Jelínkovo kritérium* naznačuje ovlivnění od 37% do 56 %. Také zde s $R=0,6149$ se jedná o *statisticky významnou závislost*.
- f) *Modul odlitků* vykazuje nejvyšší vliv (od 53% do 60%). $R=0,7292$ odpovídá *statisticky významné závislosti*.

K hodnocení opět v prvním přiblížení lze ještě dodat, že závislosti se jeví logické. Pozoruhodné je také to, že šetření provedené ve Slévárně G *potvrzuje dříve konstatované zjištění o významnosti Brhel-Jelínkova kritéria a modulu*.

5.3.4 Posuzování závislosti výběrového souboru odlitků Slévárny F

5.3.4.1 Vstupní informace

Slévárna F sleduje náklady apretace odlitků vlastním způsobem. Na základě této zkušenosti bylo možné v podmínkách této slévárny provést posouzení vybraných závislostí.

Cílem bylo ověřit funkčnost a oprávněnost navržených charakteristik v podmínkách slévárny Slévárna F naznačení dalšího směřování při hledání univerzálního vztahu.

Testování bylo provedeno na nákladech apretace u souboru *ocelových odlitků*. Výběrový soubor *obsahoval několik tisíc odlitků* vyrobených v letech 2009 -2013. Data byla částečně očištěna od extrémních hodnot. Za pomoci programu Excel byly sestrojeny grafy a proloženy spojnice trendu s nejvhodnější funkcí. Cílem bylo najít funkci s nejvyšším koeficientem determinace a následně (u lineární funkce) i koeficientu korelace.

Slévárna F vyrábí odlitky v hmotnostním rozpětí 100 kg – 40 000 kg. Jedná se o kusovou výrobu. Počty vyrobených kusů od jednoho modelu se pohybují od 1 kusu do několika desítek kusů. V posledních letech se v sortimentní skladbě odlitků výrazně zvyšuje podíl náročných dílů pro energetiku.

5.3.4.2 Posouzení závislostí dle zvolených charakteristik

V **tab. 5.7** jsou shrnuty testované charakteristiky v projektu a jejich očekávaný vliv na měrné náklady.

Tab. 5.7: Testované charakteristiky v Projektu

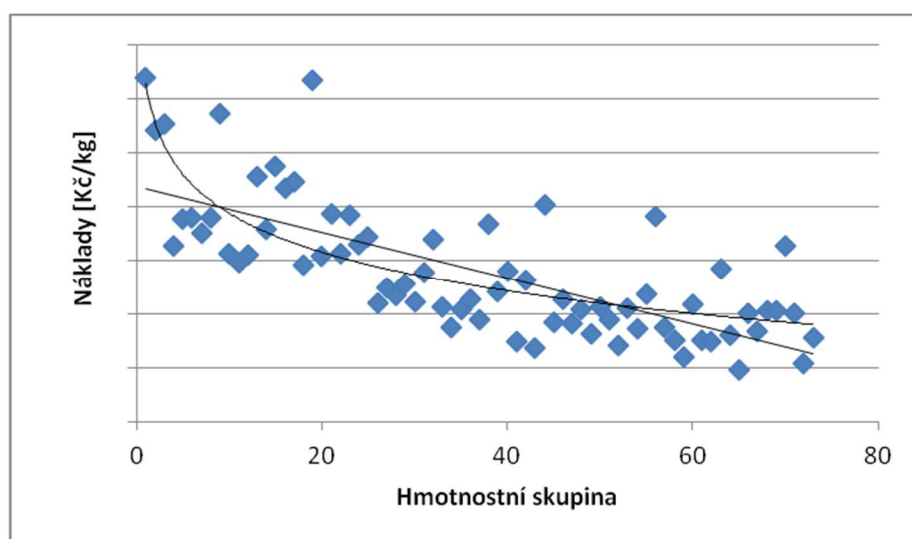
	Charakteristika	Vymezení	Jednotky	Očekávaný vliv na měrné náklady
ř./sl.	1	2	3	4
1	Hmotnostní skupiny	<i>Kategorie s hranicí 500 kg</i>	číslo sk.	S rostoucí skupinou budou náklady klesat
2	Tvarové zařazení Málek	<i>6 tvarových skupin dle Málkova třídění</i>	číslo sk.	S rostoucí skupinou budou náklady stoupat
3	Hrubá hmotnost	<i>hmotnost</i>	kg	S rostoucí hmotností budou náklady klesat
4	Modul odlitku	<i>Objem /povrch</i>	dm	S klesající hodnotou modulu budou náklady růst
5	Objem nejmenšího kváдру	<i>A x B x C</i>	dm ³	S rostoucí hodnotou budou náklady klesat
6	Brhelovo kritérium	<i>Hmotnost odlitku/objem kváдру</i>	kg/dm ³	?
7	Brhel Jelínkovo kritérium	<i>Brhelovo kritérium x hmotnost odlitku</i>	kg ² /dm ³	S rostoucí hodnotou budou náklady klesat

Následně byly posouzeny závislosti nákladů na jednotlivých charakteristikách. V rámci šetření byly vykresleny různé křivky včetně závislosti lineární. Na níže uvedených obrázcích (**obr. 5.13 – obr. 5.20**) jsou znázorněny některé příklady. U nich jsou stanoveny koeficienty determinace - R^2 . Pro lineární závislosti je vždy vypočten koeficient korelace R . Je třeba dodat, že byla snaha posuzovat závislost zvláště pro odlitky, kde nebyly prováděny NDT – tedy náklady skupiny A. A dále odlitky s náklady celkovými (tedy včetně nákladů vyvolaných NDT). Na ose Y ukázaných závislostí jsou vždy uvedeny náklady. Zcela záměrně nejsou uvedeny jejich hodnoty. Ty pro hledání kvality závislostí nejsou v této etapě šetření důležité

a) hmotnostní zařazení (Lasák)

Kritérium bylo navrženo s intervalem 500 kg. Jedná se o charakteristiku, která zjednodušuje kritérium hrubé hmotnosti. S rostoucí hmotností, potažmo hmotnostní skupinou očekáváme pokles měrných nákladů. Volba vhodného intervalu se bude lišit dle typu výroby.

Obr. 5.13: Závislost nákladů apretace na skupinách hrubé hmotnosti odlitků



Očekávaný trend se potvrdil. Koeficient korelace se pohybuje vždy nad 0,7.

Koeficient korelace pro všechny odlitky činí 0,71. Pro odlitky bez NDT je roven 0,74 a pro odlitky s NDT vyšel 0,76.

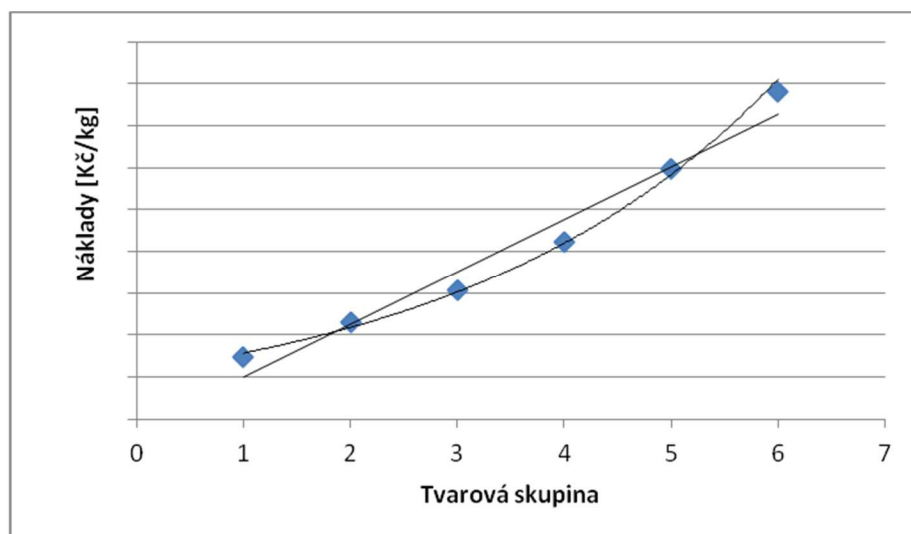
Při dostatečném hmotnostním rozsahu se ukazuje poměrně silná závislost i bez tvarového kritéria.

b) tvarové zařazení (Málek)

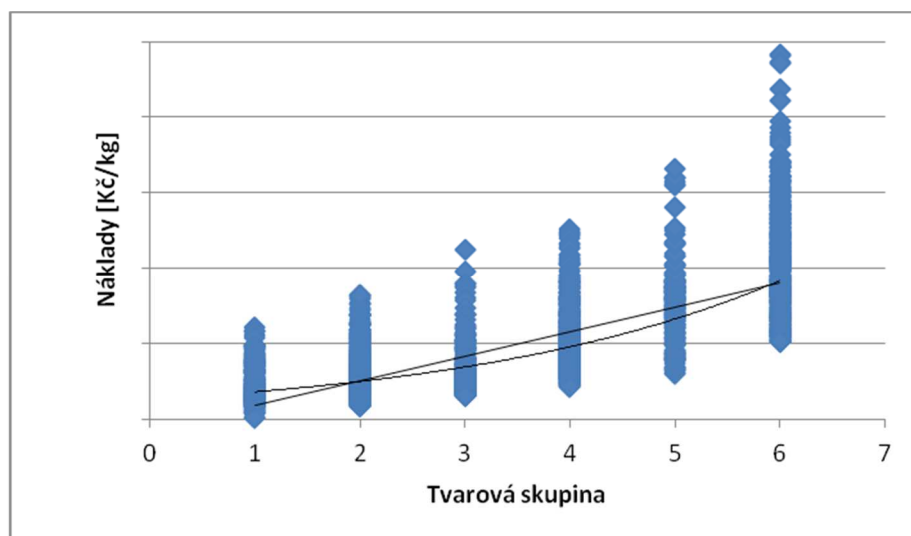
Dle Málkova třídění byly odlitky rozčleněny do 6 skupin.

Zde jsme nejprve posuzovali závislost na průměrných hodnotách pro jednotlivé skupiny

Obr. 5.14: Závislost *průměrných* nákladů apretace na zařazení odlitku do skupiny dle jeho tvaru



Obr. 5.15: Závislost *skutečných* nákladů apretace na zařazení odlitku do skupiny dle jeho tvaru



Také toto kritérium potvrzuje očekávaný předpoklad.

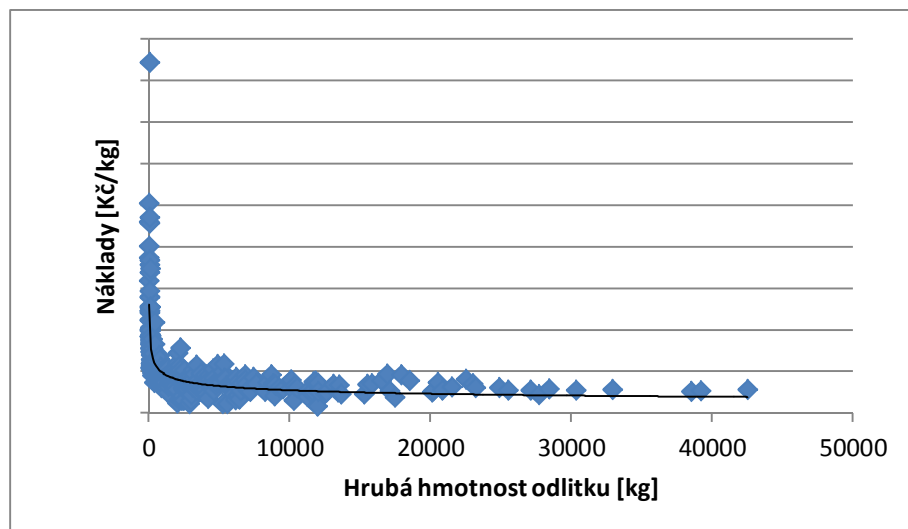
Koeficient korelace pro průměrné hodnoty je roven 0,99. Pro průměrné hodnoty bez NDT vyšel 0,96. V případě průměrných hodnot s NDT činí 0,97. Pro skutečné hodnoty je pak roven 0,77.

Závislost na tvaru a složitosti je jednoznačná. Pro průměrné hodnoty ve skupinách (obr. 5.14) je závislost velice silná. Pro „jednotlivé“ hodnoty (obr. 5.15) ukazuje na nutnost kombinace s hmotnostním kritériem. Jistou nevýhodou kritéria je jeho subjektivnost.

c) hrubá hmotnost odlitku

Je to jedna ze základních charakteristik odlitku. Očekáváme podobné vlastnosti jako u kritéria hmotnostních kategorií.

Obr. 5.16: Závislost skutečných nákladů apretace na hrubé hmotnosti odlitku



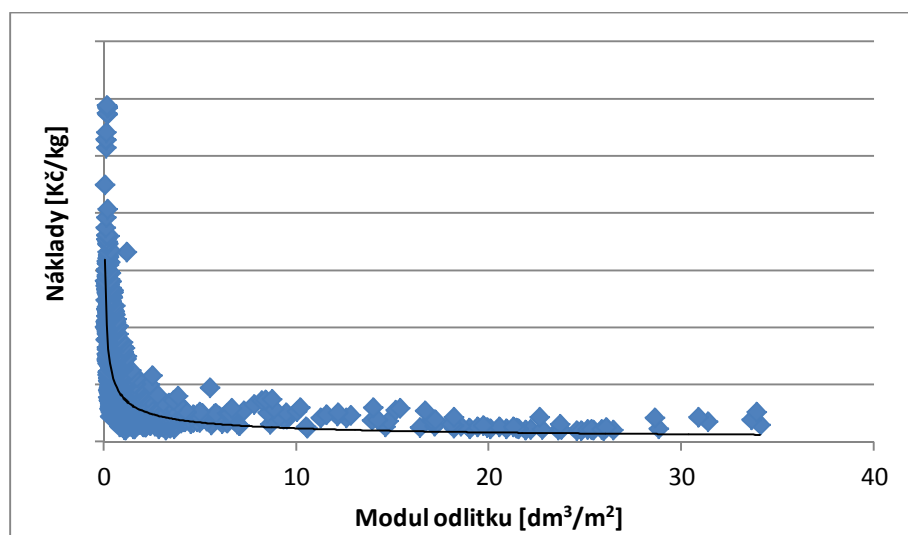
Závislost je dle očekávání nejsilnější u odlitků bez nedestruktivních zkoušek.

Koeficient korelace pro všechny odlitky je 0,55. Pro odlitky bez NDT je roven 0,8 a pro odlitky s NDT vyšel 0,65.

d) modul odlitku

Toto kritérium „pracuje“ s povrchem odlitku. Tento údaj nebyl u zkoumaných odlitků ve Slévárně F k dispozici. Pro testování kritéria byly využity náklady z kalkulačního systému na provedení NDT zkoušek u odlitků, které mají požadavek na 100% zkoušku povrchu. Přepočtem byla získána přibližná hodnota povrchu a následně i modulu.

Obr. 5.17: Závislost skutečných nákladů apretace na modulu odlitku



I tato charakteristika se ukázala jako velice významná pro výši nákladů apretace a potvrdila očekávaný trend.

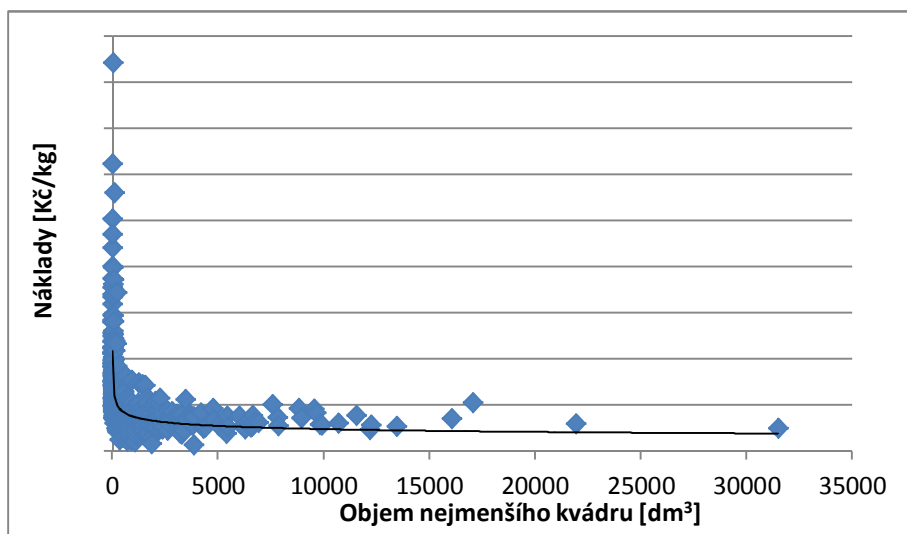
Pro odlitky s NDT je koeficient korelace roven 0,76.

e) objem minimálního kvádru

Toto kritérium je definováno jako objem nejmenšího kvádru, do kterého lze umístit zkoumaný odlitek. Kritérium není schopno postihnout tvar odlitku. Částečně supluje

hmotnostní charakteristiku – s rostoucím objemem kvádrů roste i hmotnost odlitku. Nejedná se však o lineární závislost.

Obr. 5.18: Závislost skutečných nákladů apretace na objemu kvádrů u odlitku



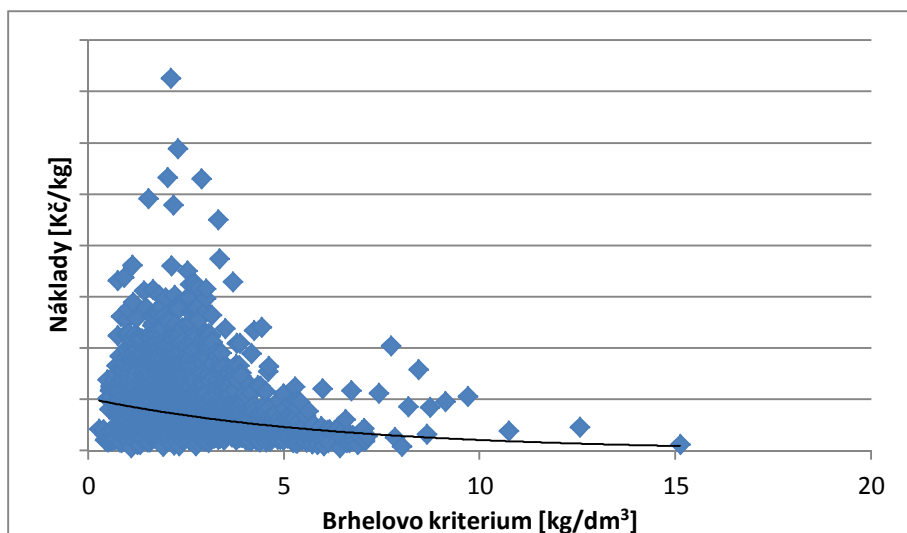
Závislost zde vychází „slabší“ u odlitků bez NDT zkoušek ($R = 0,66$). Nicméně očekávaný trend je zřejmý.

Koeficient korelace pro všechny odlitky je 0,26. Pro odlitky bez NDT je roven 0,66 a pro odlitky s NDT vyšel 0,42.

f) Brhelovo kritérium

Tato charakteristika se snaží postihnout tvar odlitku bez znalosti jeho povrchu s využitím hmotnosti a nejmenšího kvádrů.

Obr. 5.19: Závislost skutečných nákladů apretace na Brhelově kritériu

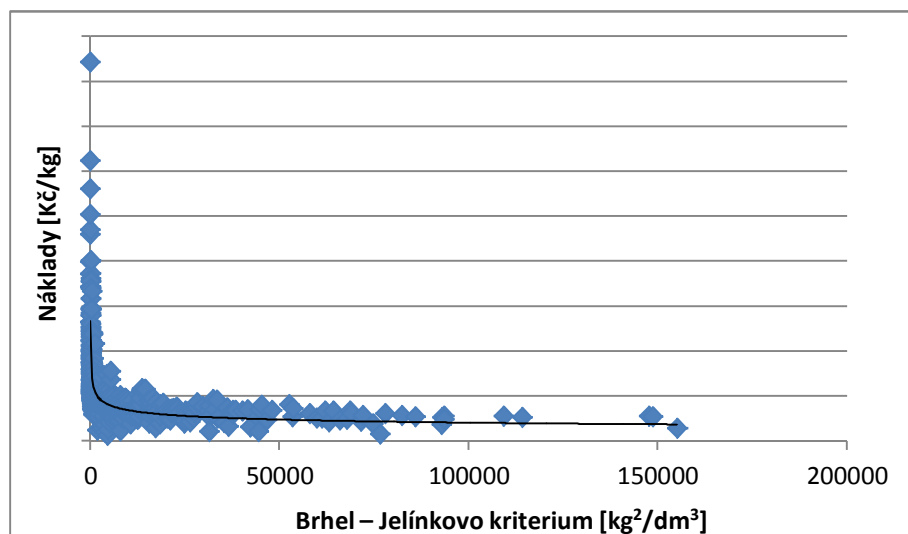


Šetření ukazuje nízkou závislost ve všech kategoriích. Nepotvrzuje očekávaný trend.

Koeficient korelace pro všechny odlitky je 0,30. Pro odlitky bez NDT je roven 0,25 a pro odlitky s NDT vyšel 0,22.

g) Brhel-Jelínkovo kritérium

Obr. 5.20: Závislost skutečných nákladů apretace na Brhel-Jelínkově kritériu



Zde se jedná o „pokus“ zvýšit hmotnostní vliv u Brhelova kritéria.

Výsledky vycházejí lépe než u samotného Brhelova kritéria. Je však otázkou zda příčinou je kombinace obou kritérií, nebo pouze silný hmotnostní vliv.

Koeficient korelace pro všechny odlitky je 0,47. Pro odlitky bez NDT je roven 0,78 a pro odlitky s NDT vyšel 0,62.

5.3.4.3 Shrnutí výsledků ze Slévárny F

Na základě výše uvedených šetření lze konstatovat, že testované náklady apretace u vzorku odlitků Slévárny F *vykazují silnou závislost na hrubé hmotnosti a na tvaru, vyjádřeném pomocí modulu*. S hmotností lze pracovat jak formou vhodně zvolených hmotnostních kategorií nebo absolutně. Je tedy možné doporučit při dalším zkoumání pracovat s těmito charakteristikami. Výsledkem může být nová charakteristika nebo závislost vyjádřená funkcí o dvou neznámých. Možná je kupříkladu i kombinace Málkova kritéria a hmotnosti.

Zařazování odlitků do skupin dle Málkova třídění je však subjektivní záležitost. Pokud je naším cílem nalezení univerzálního a objektivního vztahu měli bychom používat pouze „tvrdá data“ (hmotnost, povrch, rozměry...). Také je potřeba zdůraznit nutnost dělení odlitků na odlitky zkoušené NDT zkouškami a odlitky kontrolované pouze vizuální zkouškou. Náklady se významně liší, což potvrdily i výsledky měření Projektu XIII. Jeví se, že NDT odlitky by vyžadovaly ještě další členění dle stupně požadované jakosti.

Přestože byly tímto způsobem šetřeny pouze odlitky Slévárny F, jehož sortimentní skladba má svá specifika, je *možné předpokládat, že obdobné závěry mohou platit ve slévárnách ocelových odlitků*. Zjištění závislosti by mohly mít podobný průběh, pouze budou různě „vysoko posazené“, dle různé efektivity nákladů a technologických zvyklostí slévárny.

Pokud bude funkční kritérium dále nalezeno, bylo by vhodné jej testovat i na ostatních výrobních fázích (náklady na kov, formovna) a nakonec i na kompletních nákladech na výrobu odlitku.

5.4 Shrnutí současných výsledků zaměřených na hledání závislosti nákladů na charakteristikách odlitků

Po rozsáhlých pracích, které byly v této oblasti v PXIV provedeny, je v současné době oproti závěrům v PXIII možné říci, že *uvedené závislosti mají skutečně objektivní základ*.

Následně bude nezbytné veškeré získané výsledky jak při hodnocení výběrového souboru odlitků PXIV tak i obou sléváren kriticky posoudit. Možná i provést další šetření v jiných slévárnách.

Bude také nezbytné vážně se zamyslet *nad možným praktickým využitím hledaných závislostí*.

V každém případě se jeví, že v této oblasti se může objevit zajímavý nástroj, který slévárnám přispěje ke zvýšení jejich efektivity.

6 HODNOCENÍ NÁKLADŮ ÚVODNÍCH FÁZÍ APRETACE (litinové odlitky)

Do úvodních fází apretace zahrnujeme *A.Transport a odstranění zbytků formovacích směsí*. Ta zahrnuje jednak přepravu odlitků do čistírny a odstranění zbytků formovacích směsí na odlitku.

Dále do této skupiny patří i *odstranění nálitků a vtokové soustavy*.

6.1 Posouzení výrobní fáze A.Transport a odstranění zbytků formovací směsi

Tato operace v nákladech se na odlitek pohybuje od 0 Kč/odlitek do 92,51 Kč/odlitek (viz **tab. 5.1 P2**). S průměrnou hodnotou 40,7 Kč/odlitek. V měrných nákladech se toto zatížení pohybuje od 0 Kč/kg do 0,67 Kč/kg s průměrnou hodnotou 0,19 Kč/odlitek.

Tato operace je ryze specifického charakteru jednotlivých sléváren. Proto se řešitelský kolektiv rozhodl se s ní v současné době nezabývat.

6.2 Odstranění nálitků a vtokové soustavy

Tato operace v nákladech se pohybuje od 1,45 Kč/odlitek do 22245 Kč/odlitek. S průměrnou hodnotou 2467Kč/odlitek. V měrných nákladech se toto zatížení mění od 0 Kč/kg do 4,35 Kč/kg s průměrnou hodnotou 0,87 Kč/kg.

Tyto náklady již nejsou nevýznamné. Nicméně v současné době jsou předmětem řešení výdaje významnější. Proto se chceme na jejich řešení soustředit později.

7 POSOUZENÍ NÁKLADŮ NA TRYSKÁNÍ U LITINOVÝCH ODLITKŮ

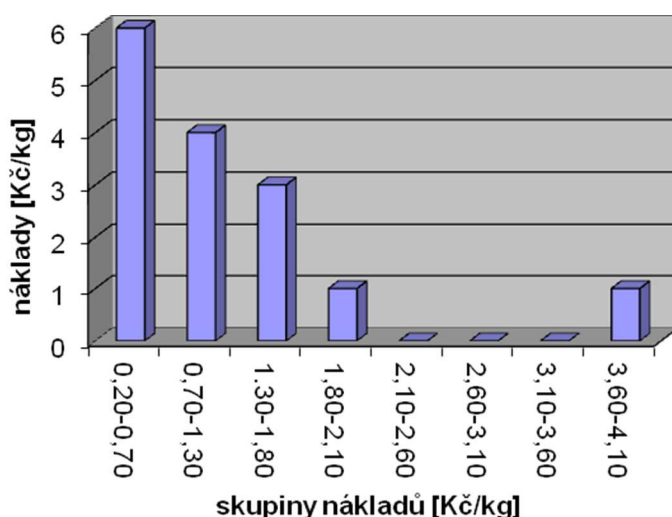
Nejprve se zaměříme na základní nákladové údaje této fáze výroby odlitků. Východisko pro jejich stanovení je v **tab. 7.1 – viz P2**. Úvodem je třeba předeslat, že u posuzování litinových odlitků jsou veškeré náklady zařazeny do tzv. nákladů výrobních - tedy skupiny A. U těchto odlitků zákazník obvykle nevyžaduje vyšší požadavky na vnitřní čistotu a homogenitu odlitku (dle nároků definovaných nedestruktivními zkouškami - NDT). Není třeba pak vynaložit další náklady, které označujeme pracovní jako „následné opravy“. Náklady vyvolané provedením NDT nazýváme pracovní „zkušební“.

7.1 Podíl nákladů na tryskání

Náklady na tryskání u litinových odlitků tvoří významnou část celkových NVN vynaloženou na jejich apretaci. Tryskání nákladově tvoří minimálně 21% a maximálně 48 %. V průměru se tato výrobní fáze podílí téměř 37 %. Je tedy zřejmé, že *tato fáze je nákladově skutečně významná.*

Z **tab. 7.1** zjišťujeme, že náklady na mechanické čištění (tryskání) u 15 litinových odlitků, které měl řešitelský tým ve svém výběrovém souboru, se pohybují od 0,21 Kč/kg do 3,72 Kč/kg. Toto nákladové rozpětí je zcela enormní. Z **obr. 7.1** vyplývá, že největší podíl posuzovaných odlitků je v oblasti minimálních nákladů. Tedy v oblasti prvních dvou skupin, kde jsou zařazeny dvě třetiny našich odlitků. Je tedy zřejmé, že zejména odlitky s vyššími náklady by měly být předmětem dalšího šetření. Jak bylo již dříve řečeno, posuzované odlitky jsou o hmotnosti od 13,5 kg do 27900 kg s různým tvarovým zařazením. To má samozřejmě také svůj nemalý vliv na nákladovost.

Obr. 7.1: Histogram četnosti nákladů na tryskání u litinových odlitků



Dále z **tab. 7.1** lze zjistit, že náklady na abrazivo (v Kč/kg) tvoří 40 % z NVN tryskání. Téměř shodnou položku činí osobní náklady (více než 39 %). Osobní náklady při jistém zjednodušení lze pokládat za položku, která je úměrná době tryskání. A zbylou část (20%) tvoří náklady na elektrickou energii.

Předmětem našeho dalšího šetření tedy bude zaměření na oblasti, které uvedené tři nákladové položky zcela zásadně ovlivňují.

První je samozřejmě stav tryskací techniky v našich slévárnách, který bude ovlivňovat všechny tři rozhodující aspekty, které tvoří náklady tryskání.

7.2 SOUČASNÝ STAV TRYSKACÍ TECHNIKY VE SLÉVÁRNÁCH

Zjištěné skutečnosti vycházejí zejména z prohlídek tryskacích zařízení ve slévárnách zařazených do řešení PROJEKTU XIV. Dále přihlíží k poznatkům z kontrol, servisů a montáží celé řady zařízení v dalších podnicích. A to nejen ve slévárenském průmyslu a v České republice, ale i v zahraničí. Posouzení prováděl specialista v daném oboru Ing. Pavel Jelínek, který v České republice zastupuje dva dodavatele tryskací techniky.

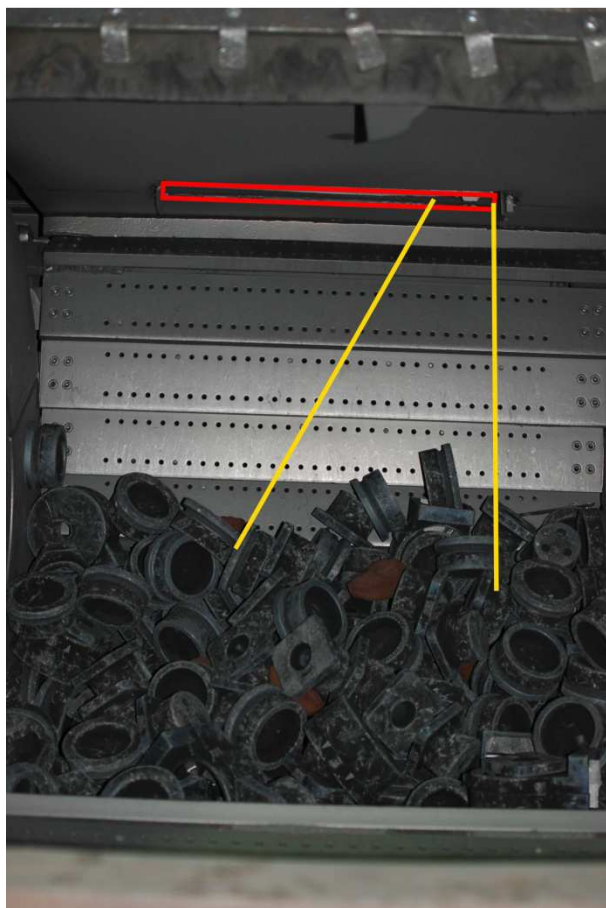
Dále uvedená zjištění v konkrétních slévárnách budou pro české slévárny spíše typické.

7.2.1 SLÉVÁRNA D

a) bubnový tryskač ŠKODA:

Zjištěný stav:

- Nefunkční odsávání, tryskač práší a i větrný odlučovač je nefunkční.
- Obsluha může zasahovat do základních funkcí stroje (obsluha má možnost uvést stroj buď do režimu tryskání, nebo separace písku z abraziva).



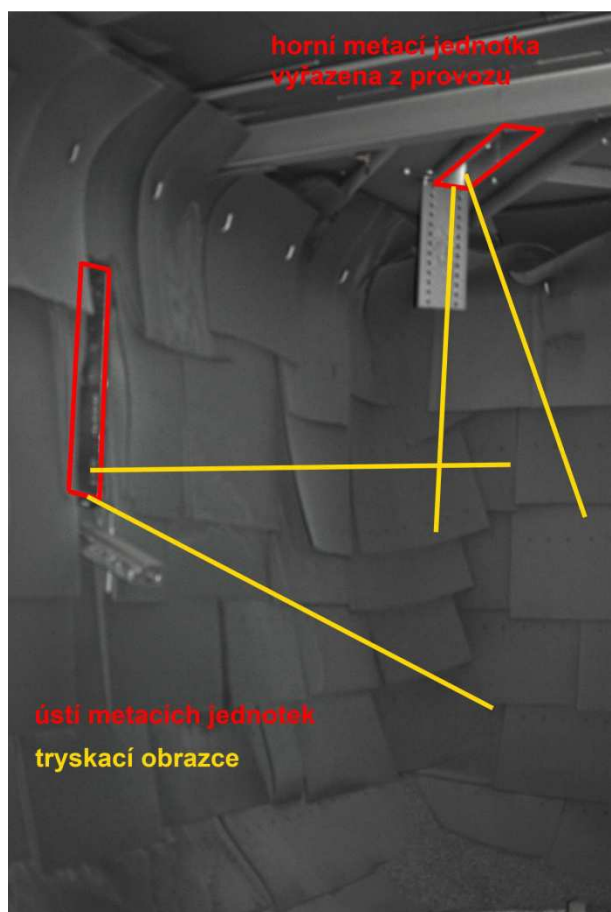
Zobrazení ústí metací jednotky (červeně) a tryskacího obrazce (žlutě).

Připomínky, komentáře, návrhy:

- Zajistit funkčnost odsávání. Zlepší se tím pracovní prostředí a hlavně bude funkční větrný odlučovač, který čistí abrazivo od prachu.
- Dále je třeba provést takové úpravy ovládání zařízení, aby nebylo možno pouštět režim tryskání nebo separace. Zařízení musí provádět separaci nezávisle na vůli obsluhy a není možno, aby obsluha do tohoto procesu zasahovala.

b) komorový tryskač ŠKODA:

- chybí ampérmetry.
- tryskač má dvě metací jednotky, horní a boční, v provozu je pouze boční.



Tryskáč komora.



Detail větrného odlučovače.

Připomínky, komentáře, návrhy:

- Je nutno vybavit spínací skříň ampérmetry, aby obsluha měla informaci o probíhajícím tryskání.
- Je nutno zprovoznit i horní metací jednotku – v ideálním případě, pokud to není vynuceno technologickým předpisem, spouštět obě najednou bez možnosti přepínání.

- Obecně k tryskačům ve **SLÉVÁRNĚ D** – úklid zařízení. Letité nánosy prachu a abraziva.

Stanovisko slévárny:

- Šest odlitků, zařazených do PROJEKTU XIV je tryskáno v komorovém vozovém tryskači vlastní konstrukce. Doba tryskání je konstantní 30 min, včetně obrácení odlitků po cca 20 min. tryskání jedné strany. Metací kola jsou dvě, vůz se během tryskání otáčí na točně. Separace je identická jako u tryskače PTB 63.
- Dva odlitky zařazené do PROJEKTU XIV jsou tryskány v pásovém bubnovém tryskači PTB 63, dávka cca 800 kg.
- Navržená opatření jsou plně akceptována, očekáváme od nich:
 - lepší kontroly procesu tryskání, zejména zatížení metacích kol komorového vozového tryskače,
 - zlepšení pracovního prostředí u tryskače PTB 63,
 - zlepšení účinnosti tryskání,
 - zkrácení časů potřebných ke kvalitnímu tryskání.
- V současnosti jsou navržená opatření částečně realizována. Chybí ampérmetry na ovládacím panelu komorového vozového tryskače a tím možnost kontroly a řízení množství abraziva.

7.2.2 SLÉVÁRNA F

a) komorový tryskač ŠKODA:

Zjištěný stav:

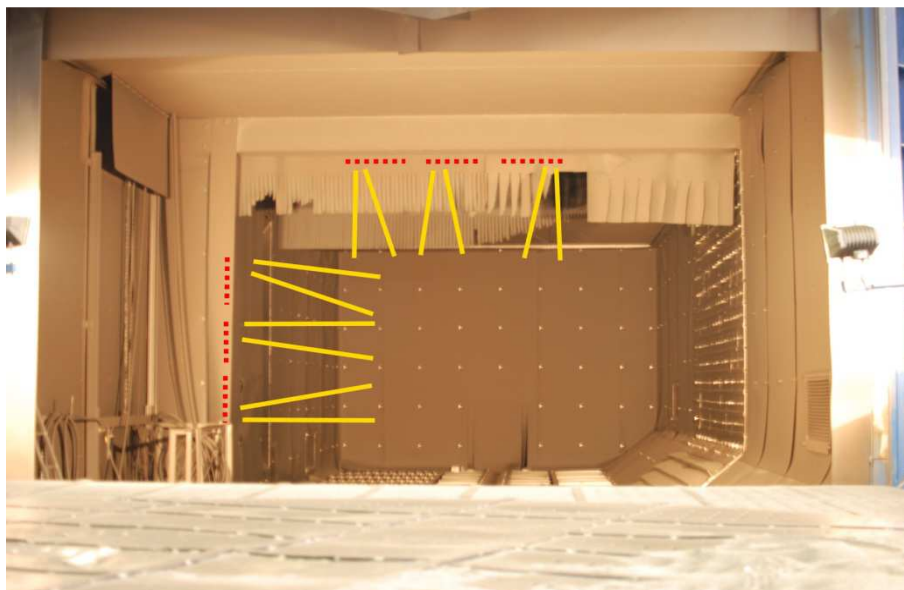
- Doplnování abraziva - obsluha doplňuje 1t abraziva v okamžiku, kdy některé z turbín začnou vykazovat nižší odběr proudu.
- Zásobník na abrazivo je zdánlivě poddimenzován. Náplň abraziva by měla činit ca 3 – 4t.

Připomínky, komentáře, návrhy:

- Provéřit kapacitu zásobníku. Dále pro vytvoření vyvážené provozní směsi abraziva je nutno udržovat minimálně průměrnou náplň abraziva bez velkých výkyvů. Ruční doplňování abraziva podle uvážení obsluhy je pravý opak tohoto požadavku.
- Opatřit zařízení rezervním zásobníkem abraziva. Součástí tohoto zařízení je sonda v hlavním zásobníku a v případě poklesu stavu abraziva je toto přepouštěno za chodu stroje ke korečkovému dopravníku. Cena investice rezervního zásobníku: ca 100 000 – 150 000 Kč dle velikosti + montáž.

b) komorový tryskač STEM:

- Abrazivo přicházející na buben magnetického separátoru je rozprostřeno pouze ve středové části, tedy i závoj abraziva je neúplný v celé šíři a tím je funkce větrného odlučovače diskutabilní.



Tryskací komora tryskače STEM.

Připomínky, komentáře, návrhy:

- Provéřit, zda popsaný stav má příčinu v poruše zařízení, nebo je dán stavbou stroje. V každém případě třeba situaci řešit.
- U STEMu, kde byl zjištěn nedostatek v rozprostření abraziva ve větrném odlučovači - abrazivo nebylo rozprostřeno v celé šíři, ale jen uprostřed v cca jedné třetině - je jasně patrný důsledek. Velmi malý podíl jmenovité zrnitosti (má být alespoň 50%) a rostoucí podíl jemné frakce až k prachu. Vzhledem ke vzdálenosti metacích jednotek (MJ) od dílce je tato kombinace tragická. Turbíny „lidově“ řečeno pouze víří prach. Efektivita tryskání je pak velmi nízká. Proto tryskají tak dlouho.
- U Škodovky je problém obrácený. Buď je odtah ve větrném odlučovači příliš silný, takže je zastoupena pouze jmenovitá zrnitost, a nebo je to důsledek nerovnoměrného doplňování abraziva, kdy byl odebrán vzorek právě po doplnění. V každém případě je oboje špatně a je zde tedy co řešit.
- Výsledky šetření jednoznačně ukazují jaké dílčí nedostatky lze objevit detailní prohlídkou a měřením u zařízení, které na první pohled plní svoji funkci. Je zde významný prostor jak efektivitu tryskání zvyšovat (složení pracovní směsi, nastavení separace, doplňování abraziva).

Oblasti, které ovlivňují kvalitu a efektivnost procesu tryskání:

- technická oblast – nastavení zařízení,
- abrazivo – volba typu, dodavatele, způsob doplňování, ztráty vyvezením,
- obsluha – znalost indikací, na základě kterých lze odhalit problémy efektivity, důsledné vyfoukání kusu i zavážecího vozu, vhodná skladba dávek, čas tryskacího cyklu,
- data - statistika důležitých údajů k tryskačům (provozní hodiny, objem zpracovávaných odlitků, doplňování abraziva, délka tryskacího cyklu, náklady na údržby),

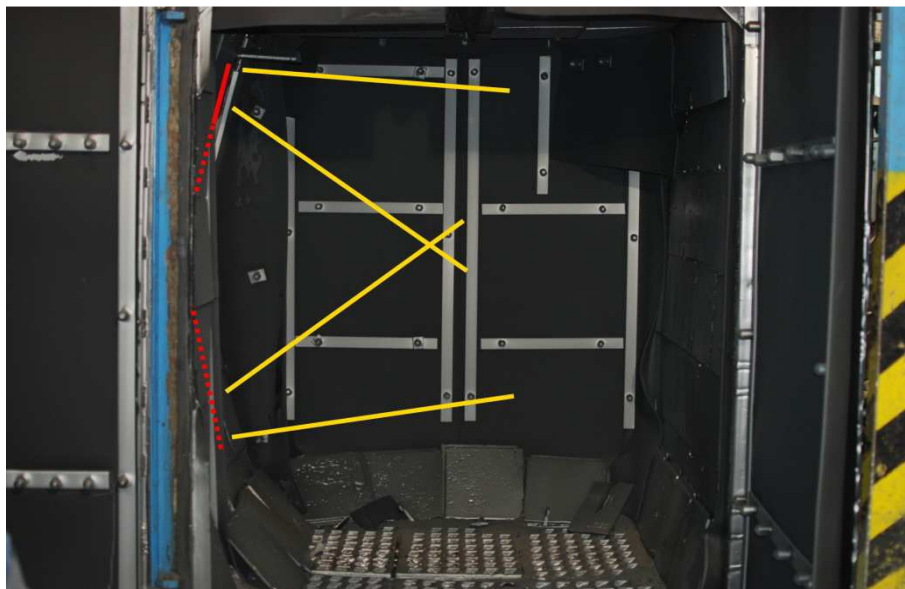
Stanovisko slévárny ke zjištěným závěrům

- Ano, jedná se o opravitelnou závadu. Bude na programu oprav v závěru r. 2013. Velice podnětné zjištění, potvrzuje i rozbor pracovní směsi.
- Doplňování abraziva na základě zatížení ampérmetru turbín je běžné u všech starších typů tryskačů. Řešením je samozřejmě mezizásobník – což je otázka investic. Částečně by situace bylo možné řešit průběžným doplňováním abraziva po určitém počtu sledovaných tryskacích hodin. Nastavení síly odtahu bude také prověřeno.

7.2.3 SLÉVÁRNA G

a) Závěsný tryskač ŠKODA:

- Žádné připomínky.



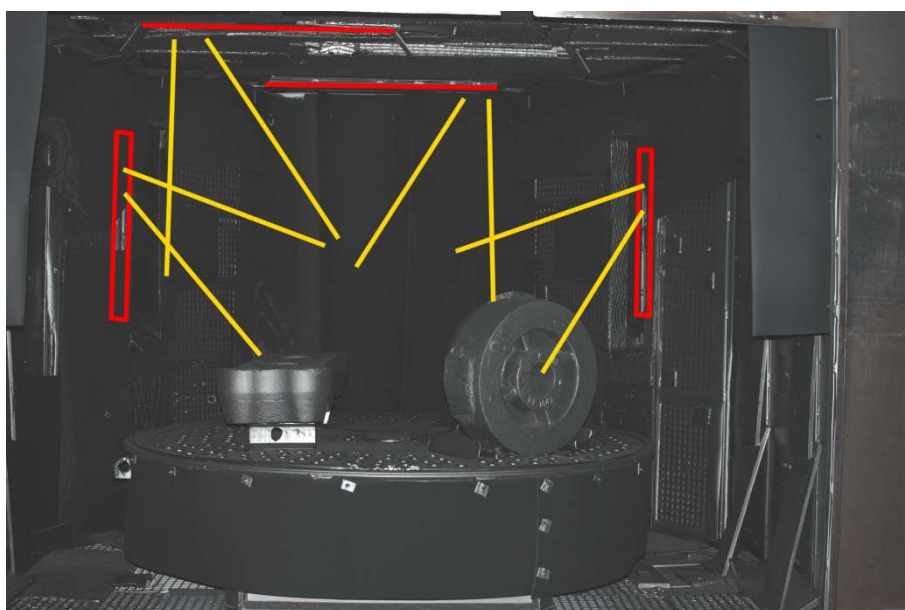
Konfigurace metacích jednotek závěsného tryskače.

7.2.4 SLÉVÁRNA E

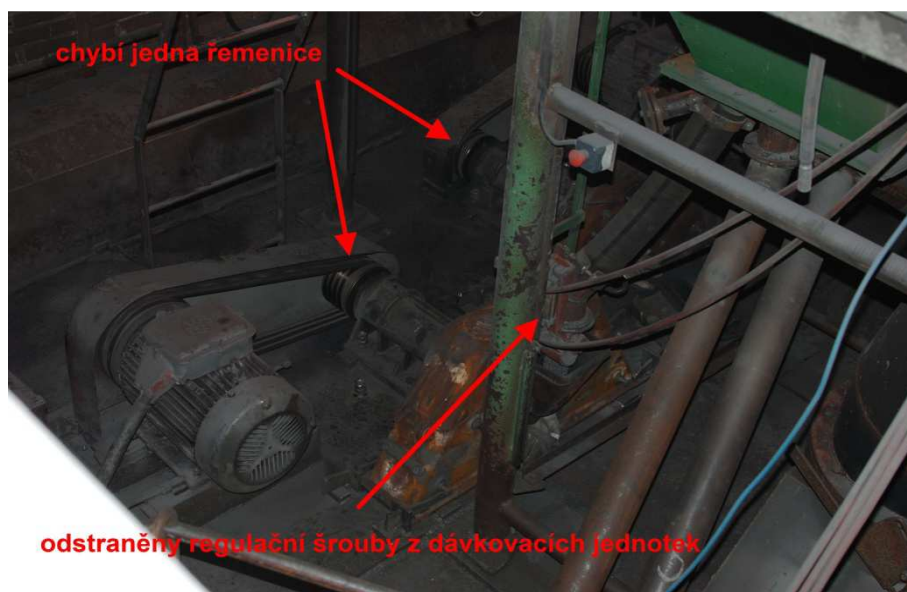
a) komorový tryskač OWPK 4:

Zjištěný stav:

- absence magnetického separátoru i větrného odlučovače,
- odstraněné regulační šrouby dávkovacích jednotek abraziva,
- chybějící řemeny na řemenicích pohonů metacích jednotek,
- nesterajně zatížené (využité) metací jednotky.



Konfigurace metacích jednotek komorového tryskače.



Střecha komorového tryskače s metacími jednotkami, zásobníkem abraziva a jednou z dávkovacích jednotek.



- Ovládací panel komorového tryskače s ampérmetry s příliš velkým rozsahem do 300A. Proudové zatížení pak nelze přesně odečíst. I tak je ale zřejmý nesoulad ve využití metacích jednotek, jinak řečeno v množství přiváděného abraziva.



- Separční bubna třídíče abraziva slouží k oddělení velkých částic od abraziva a tím chrání metací jednotky před havárií. V každém tryskacím zařízení musí být z tohoto důvodu někde umístěno síto. Odsávací potrubí je umístěno na horní straně skříně třídíče. Rychlost proudění na spodní straně bubny, tedy v místě separace abraziva, byla při otevřeném víku naměřena cca 0,5 m/sec. Je to polovina hodnoty pro standardní provedení větrných odlučovačů. Je tedy zřejmé, že toto zařízení neodlučuje písek ani těžší prachové částice z abraziva, pouze vířící nejlehčí prach ve skříně bubny.

Připomínky, komentáře, návrhy:

- Zajistit, aby všechny MJ měly stejnou dodávku abraziva. Dle vyjádření pracovníka údržby byly regulační šrouby dávkovacích jednotek shledány za zbytečné a demontovány – přívod abraziva je tedy otevřen na maximum. V tom případě by mělo být přiváděno do MJ tolik abraziva, že by se motory přetížily a spálily - dávkovací jednotky jsou vždy předimenzované. To se však nestalo, MJ jsou využity nerovnoměrně.
 - Doporučení na výměnu ampérmetrů za typ s nižším rozsahem. Takto nelze dostatečně přesně odečíst proudovou zátěž.
 - Jestliže při plně otevřených dávkovacích jednotkách není plně využit výkon motoru MJ, je zřejmě někde přiškrácen přívod abraziva. Nutno prověřit, případně předimenzovat přívod abraziva a náležitě upravit dávkovací jednotky, eventuálně pořídit nové. Cena dávkovací jednotky činí ca 22 000,-Kč dle provedení.
- Osadit řemenice plným počtem klínových řemenů.
- Podle toho, co ukáže síťový rozbor provozní směsi se zamyslet nad bubnovou separací – zatím by to byla spekulace.

b)závěsný tryskač Disa:

Zjištěný stav:

- motory MJ nevykazují stejný odběr proudu – č. 4,



Metací jednotky č. 1,2,3 vykazují odběr 24A, č. 4 vykazuje odběr 12A.

Připomínky, komentáře, návrhy:

- Proč jsou MJ nerovnoměrně využity? Proč nejsou zatíženy na maximální hodnotu 38A?



Příklad provedení větrného odlučovače.

- Poznámka: otázka doplňování abraziva byla diskutována ve slévárně E, ale bude zřejmě aktuální i v ostatních provozech.

Stanovisko slévárny:

- zjištěné informace (viz zápis z prohlídky) slévárna využila,
- u staršího zařízení (komorový tryskač OWPK slévárny oceli) nepředpokládá provádění změn. Je to starší zařízení bez odprášení a regulace dávkování (uzávěry otevřené na maximum).
- u novějšího zařízení (závěsný tryskač Disa) jsme provedli regulaci pro zajištění rovnoměrného zatížení pohonných jednotek.

7.2.5 SLÉVÁRNA C

a) tryskač Gutmann

Zjištěný stav:

- zběžnou prohlídkou se jeví, že je v podstatě vše v pořádku,
- opotřebené lopatky atd. řeší operativně údržba, únik abraziva stropní drážkou pro závěs je zřejmě nutné "zlo", kterému lze těžko zabránit,
- některá zařízení mají na závěsu kryt obrácené střechy, který drážku dodatečně kryje, někde jsou místo gumy použité kartáče,
- pracovní směs je více méně věcí nastavení a kvality abraziva,
- MJ jsou nastaveny na ca 2/3 výkonu. Skutečný odběr činí 20A místo možných 30A. Je to zřejmě setrvačnost, kdy kdysi bylo zařízení takto nastaveno a dnes to každý bere jako neměnnou záležitost.

Připomínky, komentáře, návrhy:

- seřadit větrný odlučovač 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 asi nebudou příliš nakloněni.
- vhodnější variantou by bylo použít kvalitnější abrazivo, které negeneruje takový podíl prachu, a zařízení nechat „tak jak je“. 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 a nebo 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 TR.
- 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 nabízená na našem trhu (okolo 22,-Kč/kg). Jsou však provozy, kde se hledí pouze na nákupní cenu bez ohledu na kvalitu.

Stanovisko slévárny:

- výsledky šetření (podložené kontrolními rozborů a testy) zdokumentovaly momentální stav zařízení a kvalitu abraziva a upozornily na šíři problematiky tryskání,
- pracovníci údržby slévárny seřídili větrný odlučovač dle svých zkušeností a zvyklostí. Doplněním krytu odstranili únik abraziva stropní drážkou závěsu. Pravidelně provádí kontroly zařízení a stavu odpadu z tryskače. Uvědomujeme si, že vhodným kontrolním bodem by bylo také provádění kontrolních síťových rozborů pracovní směsi abraziva.
- doplňování abraziva provádí obsluha tryskače ručně, většinou když ampérmetr některé z turbín začne vykazovat nižší hodnoty. Velikost dávky určuje obsluha dle vlastních zvyklostí a zkušeností. Uvažujeme o zavedení sledování četnosti průběžného ručního doplňování abraziva v závislosti na tryskacích hodinách turbín.
- provedené testy abraziva na životnost a intenzitu upozornily na podprůměrnou trvanlivost používaného abraziva, tedy nižší kvalitu. Slévárna nakupuje tři druhy zrnitostí abraziva dle typu tryskacího zařízení. Výběr dodavatele většinou určují obchodní a cenové vlivy.
- provedení kontrolních testů životnosti je nová informace. V minulosti jsme tuto kontrolu neprováděli.

7.2.6 SHRNUÍ SITUACE V TRYSKACÍ TECHNICE

Skladba tryskacích zařízení používaných v českých slévárnách, je obecně charakteristická především svým různorodým stářím. Setkáváme se se zařízeními „nedefinovatelného“ stáří. Údajně jsou některá ještě z válečného období až po zařízení vyrobená v současnosti odpovídající současnému stavu techniky.

V PROJEKTU XIV se zabýváme především staršími zařízeními. Nová zařízení ve většině případů odpovídají potřebám provozovatele a nebývá tedy důvod k úvahám o generálních opravách spojených s přestavbou či modernizací. Naopak starší zařízení provozovaná mnohdy celá desetiletí unikají pozornosti uživatele, který je ve slévárenských provozech konfrontován s problémy (podle něj) podstatně závažnějšími, než jsou tryskací operace. Každý tryskač nakonec vyrobený odlitek „nějak otryská“ a ne vždy jsou vedle sebe instalována zařízení starší a nová, aby byl patrný rozdíl v kvalitě tryskaného povrchu, případně v efektivitě provozu.

Navíc nebývá zvykem, aby tryskací technologie a jejich vývoj stály v popředí pozornosti vedoucích pracovníků. A tak kontrola a údržba těchto zařízení bývá svěřována pracovníkům obsluhy či údržby. Ti sice udržují zařízení v provozu, ale ne vždy bez nedostatků.

Tryskací zařízení je stroj, který současně vykonává několik funkcí. Jsou to:

- doprava či manipulace s dílcem,
- urychlení abraziva v MJ,
- sběr, třídění a doprava abraziva k MJ.

V obecném povědomí slévačů převládá názor, že srdcem tryskacího zařízení je MJ, a že výkonnost tryskacího zařízení je dána počtem a výkonem MJ. Toto tvrzení je v zásadě pravdivé, avšak za dodržení několika podmínek. *Těmito podmínkami, za předpokladu správného nastavení tryskacích obrazců, jsou dostatečný přívod provozní směsi a správné složení provozní směsi abraziva.*

V praxi je diagnostika MJ stěžejním, ale zároveň nejjednodušším úkonem a výměna opotřebovaných dílů rutinní záležitostí.

Kontrola dostatečného přívodu provozní směsi abraziva do MJ je možná pouze kontrolou intenzity proudu vykázané ampérmetry. Podle zatížení pohonu MJ lze nepřímým způsobem zjistit průtok abraziva. Ne zřídka se stává, že MJ jsou zatíženy nerovnoměrně a většinou se touto skutečností nikdo nezabývá. Některá starší zařízení nejsou ampérmetry vybavena a provozovatel tedy nemá žádnou kontrolu, jak efektivně zařízení pracuje.

Kontrola provozní směsi abraziva se ve většině našich sléváren neprovádí, přestože správně vyvážená provozní směs má zásadní vliv na kvalitu otryskaného povrchu a efektivitu provozu tryskacího zařízení.

Abychom mohli dále hovořit o vyvážené pracovní směsi abraziva je třeba si tento pojem definovat. Rozumíme tím směs v oběhu tryskacího zařízení, která obsahuje cca 50% abraziva jmenovité zrnitosti. Zbytek je směsí menších opotřebovaných zrn až do velikosti 1/3 jmenovité zrnitosti – tedy velikosti zrna cca 0,3 až 0,4 mm. Pro výběr jmenovité zrnitosti abraziva platí pravidlo, že velikost zrna má být co možná nejmenší. Ale taková, aby spolehlivě odvedlo tu „nejtěžší“ práci. Těmito jednoduchými pravidly se ne každý řídí a někdy je dokonce ani nenalezneme v návodu na použití stroje.

Pracovní směs abraziva je tedy směs zrn o velikosti 0,3 až 1,6 mm – pro zrnitost S390 (1,00 – 1,60 mm), která se tvoří procesem tryskání cca 1 týden. Proto, aby se v tryskači tato směs mohla vytvořit, musí být splněny následující podmínky:

- správná funkce větrného odlučovače,
- dostatečně dimenzovaný zásobník abraziva,
- správné doplňování abraziva,
- vhodné abrazivo.

Z uvedeného je patrné, že vytvoření vyvážené provozní směsi je podmíněno řadou vzájemně se ovlivňujících podmínek, které je nutno dodržet.

A. Větrný odlučovač je z hlediska hospodárnosti provozu nejdůležitějším článkem soustavy oběhu abraziva. Správná funkce větrného odlučovače zaručuje oddělení prachových částic od abraziva a tím snižuje opotřebení především MJ. Zároveň udržuje i efektivitu provozu, protože oběh prachu v tryskači snižuje tryskací výkon. Dále udržuje použitelné abrazivo v oběhu. Částice do velikosti dělicí zrnitosti (tedy 0,3 – 0,4 mm) by měly zůstat v oběhu. Toto jsou samozřejmě protichůdné požadavky a ne každé zařízení je nastaveno pro skutečně ekonomický provoz.

B. Zásobník abraziva, ač to na první pohled není zřejmé, je důležitá součást oběhu abraziva právě s ohledem na vytvoření vyvážené provozní směsi. Částice abraziva se v procesu tryskání opotřebovávají, zmenšují se až do velikosti dělicí zrnitosti. Poté jsou jako prach odloučeny ve větrném odlučovači. Tento proces trvá obecně jeden týden. Pokud je zásobník „malý“, obíhá v zařízení relativně málo abraziva, rychle dochází k jeho opotřebení. Je nutno jej často doplňovat a v oběhu se pak bude v podstatě nalézat jen abrazivo jmenovité zrnitosti. Pokud by byl zásobník příliš „velký“, nastal by opačný případ – žádné abrazivo nebude o jmenovité zrnitosti a bude obsahovat pouze drobnou frakci. S neúměrně velkým zásobníkem na abrazivo se v praxi nesetkáváme.

C. Doplnování abraziva do tryskacího zařízení se ve většině případů děje dle uvážení obsluhy, či dle „nějakého“ předpisu. V každém případě zde působí lidský faktor, což není optimální. Jak bylo uvedeno výše, pro vyváženou provozní směs je třeba určité množství abraziva udržovat v oběhu. Kapacitně dostačující zásobník není nic platný, pokud obsluha dopustí klesnout hladinu abraziva „až ke dnu“. Odstranění lidského faktoru lze v tomto případě řešit rezervním zásobníkem abraziva, který je automaticky doplňuje do oběhu na požadovanou úroveň.

D. Poslední podmínkou pro vytvoření provozní směsi je výběr vhodného abraziva. Bereme v úvahu kulaté abrazivo, které je používáno prakticky v každé slévárně. Tato ocelová abraziva se vyrábějí s obsahem uhlíku od 0,1 do 1,2 %. Podle obsahu uhlíku a podle tepelného zpracování jsou to tedy abraziva se strukturou od feritické přes bainitickou až po martenzitickou. Nízkouhlíková abraziva s obsahem 0,1% C jsou měkká a používají se pro speciální aplikace. Nejvíce používaná jsou tzv. vysokouhlíková abraziva s obsahem uhlíku 0,8 – 1,2 %. Důvodem jejich značného rozšíření není jejich univerzální vhodnost pro všechny způsoby použití, ale skutečnost, že málokterý výrobce nabízí abrazivo jiné. Charakteristické pro tato abraziva je relativně nenáročná výroba a levný výchozí materiál. Vyrábějí se takřka po celém světě – Evropa, Rusko, Jihoafrická republika, Brazílie atd. Zákazník je často kupuje od překupníka a mnohdy ani nezná skutečný původ. Ten by ani nebyl tak důležitý, kdyby kvalita tohoto vysokouhlíkového abraziva nevykazovala obrovský rozptyl. Jsou to řádově stovky procent a zákazník nemá žádnou možnost, jak kvalitu ověřit. Navíc nákup většinou zajišťuje obchodní oddělení, které se v mnoha případech orientuje výhradně podle ceny. Další alternativou je abrazivo s optimalizovaným obsahem uhlíku, tedy s obsahem 0,16 %. Jeho výroba je náročnější a podmínkou je kvalitní výchozí materiál. Výhodou těchto abraziv je stejnoměrná kvalita a vyšší užitná hodnota.

Kvalita abraziva je určena dvěma základními parametry. Trvanlivostí, tedy schopností co nejdéle vydržet v oběhu tryskače do svého úplného rozpadu a intenzitou, tedy schopností předat svoji kinetickou energii otryskávanému povrchu. Pro zjištění obou dvou kvalitativních parametrů se abrazivo laboratorně testuje v tzv. Ervinově turbíně. Je to certifikované zařízení, principiálně podobné metací jednotce, v kterém se 100 g nepoužitého abraziva při 2700 ot/min vrhá proti pevné stěně do úplného rozpadu na prach. Počet otáček, kdy se abrazivo zcela rozpadlo je pak mírou trvanlivosti. Pro zjištění intenzity, tzv. Almentest, se používá stejné zařízení s tím rozdílem, že abrazivo se vrhá proti normou definovanému pásku plechu a zjišťuje se jeho prohnutí v mm. Čím větší je prohnutí, tím větší má abrazivo intenzitu dopadu.

Kvalitu abraziva je možno přesně stanovit a lze tedy porovnat jednotlivé druhy abraziv mezi sebou.

Dále lze jednoduchou metodou zjistit, jakým způsobem se jednotlivé druhy abraziv opotřebovávají a vyvodit i vztah mezi strukturou abraziva a jeho trvanlivostí. Vysokouhliková abraziva jsou tvořena směsí martenzitu a zbytkového austenitu. Vzhledem k rozdílné délkové roztažnosti obou fází dochází již při prvotním ochlazení taveniny ke vzniku mikrotrhlin, které již nelze odstranit. V důsledku toho se tato abraziva opotřebovávají rozpadem.

Abrazivo s optimalizovaným obsahem C je charakteristické bainitickou strukturou, která se v průběhu tryskání dále zpevňuje a opotřebovává se odlupováním povrchové vrstvy. Rovnoměrně tedy zmenšuje svoji velikost a stále si drží zaoblený tvar. Obě tyto vlastnosti předurčují tento druh abraziva pro výkonné a efektivní moderní tryskácké zařízení.

Výše uvedené zásady efektivního tryskání je nutno nejen v počátku nastavit, ale i pravidelnými kontrolami obsluhy a údržby tento stav udržovat v nezměněném stavu.

Jako příklad pravidelných kontrol uvádíme zavedenou praxi ve Slévárně G, kde jsou uvedeny pokyny pro obsluhu i pro pracovníky údržby.

7.2.6.1 Pokyny pro obsluhu a údržbu tryskačů ve Slévárně G

a) obsluha

Každý tryskácký cyklus:

- kontrola kvality otryskaného povrchu za konstantní čas tryskání,
- stav ampérmetru během tryskání, zatížení motoru metacího kola (množství abraziva procházející přes metací kolo za minutu).

Každou směnu:

- stav tryskáckého prostředku v násypce stroje. Násypka by měla být téměř plná (stroj v klidu - netryská).
- znečištění bezpečnostního síta separátoru a štěrbinu kudy se sype abrazivo zpět do násypky,
- netěsnosti stroje - zbytečné úniky abraziva,
- doplňování nového abraziva - najednou max. 5 - 10% z celkového množství tryskáckého materiálu ve stroji (tj. 50 – 100 kg abraziva).

b) údržba

1x za 2 týdny, nebo co 100 – 150 hodin

- stav a napnutí klínových řemenů,
- kontrola korečkového dopravníku - stav a napnutí,
- kontrola odsávacího potrubí, netěsnosti, usazování prachu.

Každých 200 - 300 hodin:

- kontrola lopatek metacího kola a dalších součástí metacího kola (ochranné pancíře, kontrolní klec, rozdělovač), dobrá je i kontrola tryskáckého paprsku.
- při výměně lopatek, nebo jiných částí metacího kola kontrolovat tryskácký paprsek vždy!
- kontrola odpadu magnetem - kovový podíl ze separátoru, nebo pokud je možné síťový rozbor alespoň 1x týdně.

Maximální zatížení motorů metacích kol tryskačů

Tab. 7.2: Maximální zatížení metacích kol

		Maximální zatížení motorů metacích kol		Provozní zatížení motorů
ř./sl.	1	2	3	4
1	PT 63A	41 A		36 – 41 A
2	PT 63B	41 A		36 – 41 A
3	TMZ 12.25	41 A	41 A	36 – 41 A
4	TMZ 1	29 A	29 A	24 – 29 A

Následně se zaměříme na rozvedení některých zásad provozu tryskacích jednotek.

7.3 ROZVEDENÍ NĚKTERÝCH ZÁSAD EFEKTIVNÍHO PROVOZU TRYSKAČŮ

V **tab. 7.3 – viz P2** jsme shrnuli vybrané charakteristiky tryskacích zřízení sléváren, které se věnovaly řešení PROJEKTU XIV.

V komentáři budeme jako obvykle zaujímat stanovisko pouze k některým uvedeným veličinám.

Ze **sl. 3., 4. a 5** vyplývá, že pět posuzovaných sléváren používá relativně širokou škálu tryskacích zařízení (TR). U materiálu použitého na abrazivo (**sl. 12**) je zřejmé, že se jako abrazivo vyjma jednoho případu aplikuje vždy ocelový granulát. Z použitého průměru abraziva do jisté míry převládá zrnitost 1,25-2,36 mm.

Z roku uvedení do provozu (bylo zjištěno u cca 75 % zařízení) vyplývá velké stáří tryskačů – **sl.15**. Nejstarší byl pořízen dokonce v r.1947. Z **obr. 7.2** vyplývá, že největší počet je ve stáří (cca dvě třetiny) 27 – 66 let. Pouze 3 TR (cca 20 %) je mladších 5 let. Můžeme se spíše domnívat, že TR s neuvedeným rokem instalace budou také spíše staršího data.

Nicméně z posledních provedených generálních - nebo obdobných oprav- **sl.16** (byly zjištěny u cca 66 % posuzovaných případů) vyplývá jistá modernizace v posledních letech. V sedmi případech to bylo v r. 2012. Zbytek proběhl v předešlých osmi letech. To může nasvědčovat o jisté snaze sléváren tryskací jednotky modernizovat.

Poněkud problematicky se asi budou hodnotit náklady na opravy tryskacích jednotek (**sl.17**). Jednak proto, že vesměs byla získána jako průměrná hodnota za r.2012 pro všechny TR dané slévárny. Náklady se pohybují od 0,30 Kč/kg do 0,48 Kč/kg s průměrnou hodnotou 0,40 Kč/kg.

Sl.19 a 20 hodnotí kvalitu abraziva. Rozhodujícími kritérii pro posouzení výkonu ocelového abraziva jsou jeho spotřeba, daná *trvanlivostí* a účinnost, tzn. *intenzita* působení jednotlivých částic abraziva na povrch tryskaného dílce. Vícecestná abraziva jsou tím hospodárnější, čím více oběhů je dosaženo v zařízení při předání žádoucí energie před úplným rozpadem jednotlivých částic na prach, který je odloučen nebo odveden do filtru.

Trvanlivost abraziva (**sl.19**) může být zjištěna tzv. Ervin-testem – popsáno dříve. Trvanlivost jednotlivých abraziv se má pohybovat od 2,5 tis. do 4,2 tis. oběhů. Jak je zřejmé z uvedeného počtu otáček ve **sl.19** pohybují se pouze ve třech případech těsně nad spodní hranici otáček (2500). V šesti případech jsme dokonce pod touto normou. *Nemůžeme tedy v prvním přiblížení být se zjištěnou hodnotou trvanlivosti použitých abraziv spokojeni.*

Intenzita tryskání (**sl.20**), tzn. působení dopadajících zrn abraziva na povrch dílce se měří Almen-testem – viz dříve. Pro zrnitost 0,8-1,6mm Almen kvalitního abraziva dosahuje až

0,48mm. Počet otáček u abraziva s bainitickou strukturou až 3600, u běžného vysokouhlíkového abraziva až 2700, ale také i jen cca 1000. Tento obrovský propad kvality nemá běžný zákazník šanci odhalit.

Výkonem MJ – viz **sl.21** se rozumí jmenovitý výkon hnacího elektromotoru, připojeného buď přímo, nebo pomocí řemenového převodu.

Odběr v Ampérech –**sl.22** vypovídá o skutečném zatížení hnacího elektromotoru, tedy o využití výkonu MJ.

Rychlost vzduchu (**sl.23**) ve větrném odlučovači (VO) je orientační údaj, který vypovídá o jeho seřízení. VO slouží k oddělení prachu od abraziva. Typická hodnota se pohybuje okolo 2 m/sec. Pokud je rychlost nulová, je zřejmé, že odlučovač neplní svoji funkci a abrazivo zřejmě bude obsahovat prach. Pokud je rychlost příliš vysoká (násobky), bude ve VO spolu s prachem strháváno i použitelné abrazivo a provoz bude ne hospodárný. *V našem případě ve dvou případech konstatujeme rychlost v násobcích typické hodnoty.*

Provozní směs - dělicí zrnitost (**sl. 24**) - standardně by se měla pohybovat mezi 0,3 - 0,4 mm. Tento údaj vypovídá o seřízení VO. V našem případě se jedna hodnota vymyká požadovanému rozpětí.

Průměrná vzdálenost ústí MJ od osy otáčení tryskaného dílce je uvedena ve **sl. 25**. Tento údaj je důležitý pro určení měrné energie. Abrazivo se rozptyluje trychtýřovitě a počet dopadajících zrn klesá se čtvercem vzdálenosti.

Doba tryskání - tryskací čas jedné operace je uveden ve **sl.26**. Je dána provozními požadavky.

Energie (**sl.27**) je dána součtem energií dopadajícího abraziva ze všech MJ. Ukazatel charakterizuje dané tryskací zařízení. Měrná energie (**sl. 28**) je dána podílem energie a čtverce vzdálenosti od tryskaného objektu.

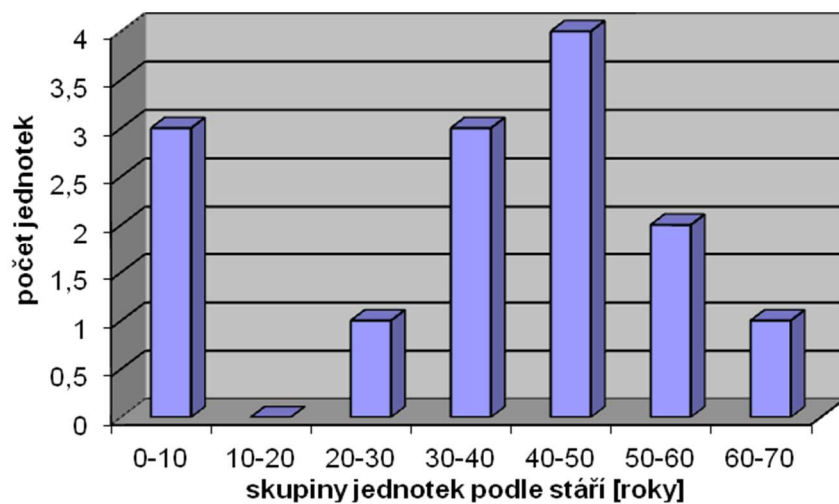
Údaje v **tab. 7.3** jsme následně využili k posouzení závislosti doby tryskání (**sl.26**) u závěsných tryskací zařízení s otočným stolem na měrné energii vztažené na čtverec vzdálenosti (**sl.28**) – viz **obr. 7.3**. Ten znázorňuje závislost doby tryskacího času na intenzitě působení dopadajícího abraziva, která je vyjádřena parametrem měrná energie. Pojmenování měrná energie jsme zvolili z toho důvodu, protože pouhá hodnota intenzity, daná součtem kinetických energií všech metacích jednotek poměřená s tryskacími časy podává zkreslený obraz skutečnosti. Zařízení s velkým výkonem a z toho vyplývajících vysokých hodnot kinetických energií vykazují nejdelší tryskací časy a naopak. Tato skutečnost je nelogická a bylo hledáno zdůvodnění tohoto jevu. Příčinou je způsob rozptylu abraziva vycházejícího z MJ. Abrazivo se rozptyluje trychtýřovitě z MJ směrem k tryskanému dílci a počet jednotlivých dopadajících zrn klesá se čtvercem vzdálenosti. Měrná energie je tedy podíl celkové energie abraziva vztažena na čtverec vzdálenosti ústí MJ od osy otáčení tryskaného dílce.

Popsané skutečnosti jsou obecně známy. Nicméně nám *není znám případ, kdy by bylo prováděno a publikováno srovnání různých tryskacích zařízení zmíněného typu a hledána obecná závislost tryskacího času na výkonu a velikosti tryskacího zařízení.*

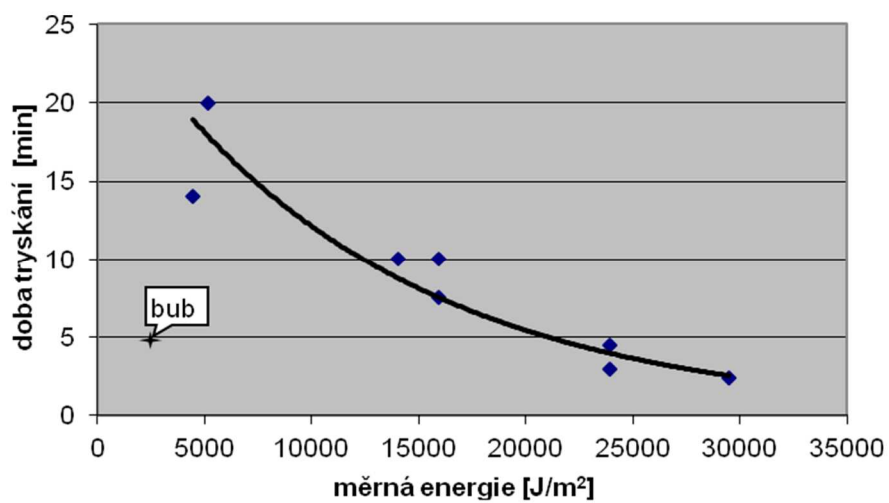
Zjištěná závislost vyšla logicky exponenciální a lze z ní vyčíst následující informace (komentováno zleva):

- na hodnotě cca 15000 J/m² „končí“ velké komorové tryskače s otočným stolem a začínají tryskače závěsné,
- maximální tryskací doba pro závěsné tryskače v našem posuzovaném souboru tryskačů vychází cca 10 min. *Slévárna, která tryská déle, by měla mít pro to patřičné zdůvodnění.*
- je jasně zřetelná ekonomická výhoda zařízení s malým průměrem a velkou výškou závěsu, než s opačnou konfigurací,
- hodnoty pro bubnový tryskač názorně ukazují přednosti těchto zařízení ve srovnání s univerzálními (závěsnými).

Obr. 7.2: Histogram četnosti stáří tryskacích jednotek



Obr. 7.3: Závislost doby tryskání na měrné energii tryskacích zařízení kategorií s rotací dílce okolo svislé osy



Po posouzení doby tryskání jsme se zaměřili na hodnocení spotřeby abraziva.

7.4 POSOUZENÍ SPOTŘEBY ABRAZIVA

Nejprve se zaměříme na stávající situaci ve sledování spotřeby abraziva v posuzovaných slévárnách.

7.4.1 STÁVAJÍCÍ SITUACE VE STANOVOVÁNÍ SPOTŘEBY ABRAZIVA VE SLÉVÁRNÁCH

Nejprve jsme se zaměřili na oblast získávání spotřeby abraziva podle tryskacích jednotek za dané časové období (v daném případě za rok 2012 – pokud není uvedeno jinak).

Zjištěné skutečnosti ze sléváren:

- a) Slévárna G:** Spotřeba je stanovena z evidence tryskače. Tedy z množství odlitků otryskaných za stanovené období a z množství doplněných broků za stejné období. Tato spotřeba činí *12 g/kg odlitku*,
- b) Slévárna D:** Údaj vychází z ročního množství abraziva vztaženého na hmotnost odlitků tryskaných za rok. Tato spotřeba činí *8,66 g/kg odlitku*,
- c) Slévárna E:** spotřeba stanovena z roční produkce odlitků, které projdou tryskači. Spotřeba činí *6 g/kg odlitku*,
- d) Slévárna C:** vychází z roční spotřeby abraziva na jednotlivé tryskací zařízení a hmotnosti odvedené výroby odlitků za rok 2010. Při výpočtu je zohledněna informace, že spotřeba ocelových broků S780 je cca o 25% vyšší než spotřeba abraziva S390. Toto je vztaženo i na spotřebu litinové drti v tlakovzdušné komoře. Spotřeba činí *14 g/kg odlitku* (ocel. broky S390) a *17 g/kg odlitku* (ocel. broky S780 a litinová drť).
- e) Slévárna F:** průměrná roční spotřeba abraziva činní *12,2 g/kg*. Po zavedení sledování dat z operace tryskání jsou k dispozici pro každé zařízení tyto údaje.: 1. čas tryskání každé dávky, 2. údaje o tryskané dávce – kusy a hmotnost, 3. doplnění abraziva – datum a množství
Tyto údaje umožňují detailnější sledování spotřeby abraziva.

Z uvedeného je zřejmá značná rozdílnost ve stanovování spotřeby abraziva v jednotlivých slévárnách. Následně pro doplnění uvádíme měrné spotřeby abraziva na sledované ocelové a litinové odlitky v PROJEKTECH - viz **tab. 7.4**

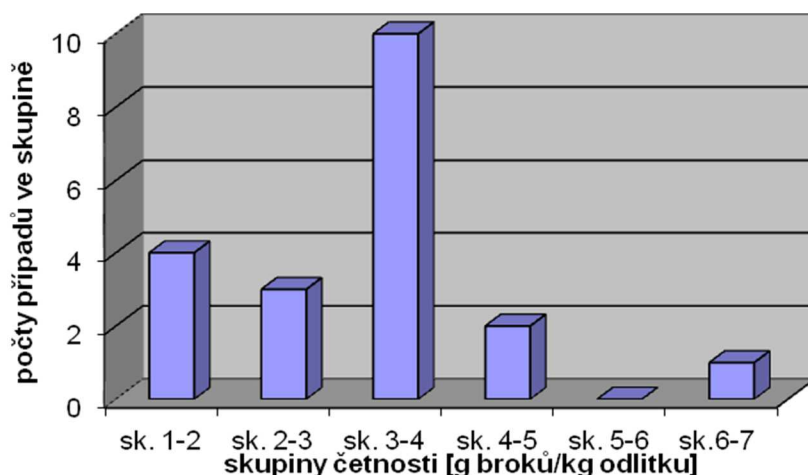
Tab. 7.4: Spotřeba abraziva u ocelových a litinových odlitků

ř./sl.	Označení odlitku	Tryskání	Ocelové odlitky						Litinové odlitky		
			Ocelové broky			Litinová drť			Ocelové broky		
			druh	g/kg	hal/kg	druh	g/kg	hal/kg	druh	g/kg	hal/kg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	O.1	B.I.	S390	2,5	4,4						
2		B.II.		4,9	8,8						
3		B.III.		3,3	5,9						
4	O.2	B.I.	S390	3,3	6,0						
5		B.II.		6,6	11,9						
6		B.III.		5,0	9,0						
7		B.IV.		3,3	6,0						
8	O.3	B.I.	S390	3,5	1,0						
9		B.II.					5,3	7,8			
10		B.III.					6,6	9,7			
11	O.4	B.I.	S390	3,5	6,4						
12		B.II.		3,8	7,1						
13		B.III.					4,4	6,5			
14		B.VI.					2,2	3,2			
15	O.22	B.I.	S390	3,9	7,1						
16		B.II.					6,2	9,1			
17		B.III.		3,4	6,3						
18	O.23	B.I.	S550	3,5	6,6						
19		B.II.		2,8	5,3						
20		B.III.		2,3	4,3						
21	O.24	B.I.	S550	3,5	6,6						
22		B.II.		1,7	3,1						
23		B.III.		1,2	2,2						
24		B.IV.		1,7	3,1						
25		B.V.		1,6	3,1						
26	O.11	B.I.							S550	8,7	15,0
27	O.12	B.I							S550	8,7	15,0
28	O.13	B.I							S550	8,7	15,0
29	O.14	B.I							S550	8,7	15,0
30	O.21	B.I							S550	8,7	15,0
31	O.27	B.I							S550	8,7	15,0
32	O.28	B.I							S550	8,7	15,0
33	O.19	B.I							S460	8,9	15,9
34	O.20	B.I							S460	8,9	16,1
35	O.25	B.I							S330	12,1	21,7
36	O.26	B.I							S330	12,1	21,7
37		B.IV.								12,1	21,7
38	Min			1,2	1,0		2,2	3,2		8,7	15,0
39	Max			6,6	11,9		6,6	9,7		12,1	21,7
40	Průměr			3,3	5,7		4,9	7,2		9,6	16,8
41	Počet			20	20		5	5		12	12

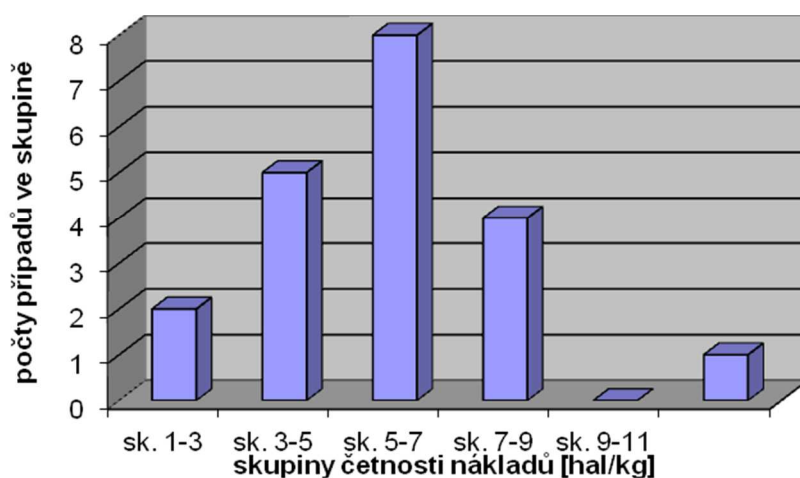
Zjištěné spotřeby abraziva jsme posoudili v histogramech četnosti. Předmětem šetření byly vždy příslušné dílčí výrobní fáze tryskání. V **tab. 7.4** uváděné jako BI až BVI. Posuzování se provádělo pro

ocelové a litinové odlitky separátně. Hodnotila se spotřeba abraziva v naturálních ukazatelích (g/kg odlitku) a v nákladových (hal/kg odlitků).

Obr. 7.4: Histogram četnosti spotřeby ocelových broků u odlitků z oceli



Obr. 7.5: Histogramy četnosti nákladů na ocelové broky u odlitků z oceli



Pro názornost jsou uvedeny na **obr. 7.4 a 7.5** naturální a nákladové hodnocení spotřeby ocelových broků pro odlitky z oceli. V obou případech je zřejmá velká a relativně asi stěží vysvětlitelná variabilita v jejich spotřebě. S velkou měnlivostí jsme se setkali i u aplikace litinové drtě u ocelových odlitků a ocelových broků u odlitků z litiny. Výsledky jsou uloženy u autorů.

Následně jsme se orientovali na vybrané dobré zkušenosti s evidencí abraziva u některých sléváren.

7.4.2 Zkušenosti ve sledování spotřeby abraziva ve Slévárnách F a G

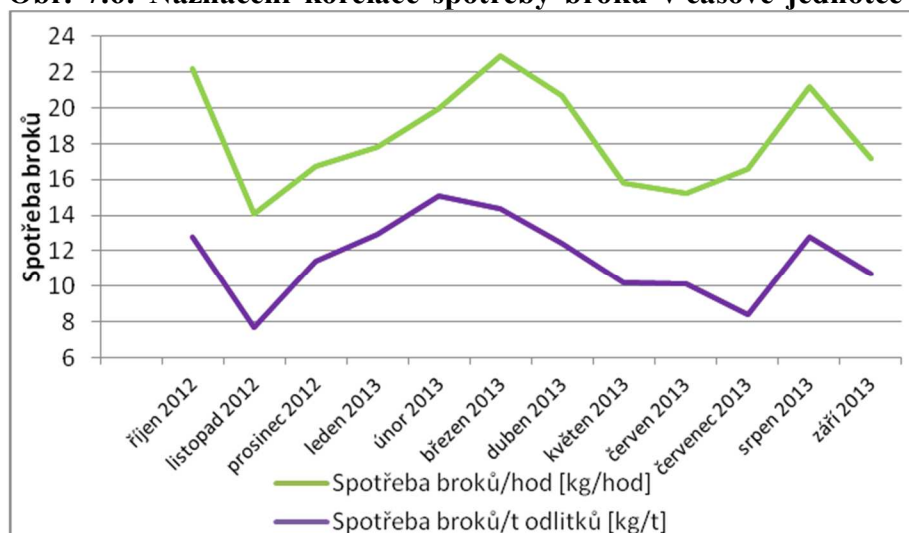
7.4.2.1 Slévárna G

Z diskuze o stanovení spotřeby abraziva vyplynuly dva možné způsoby sledování:

- kg abraziva vztažené na tunu otryskaných odlitků,
- kg abraziva vztažené na dobu (hod) tryskání,

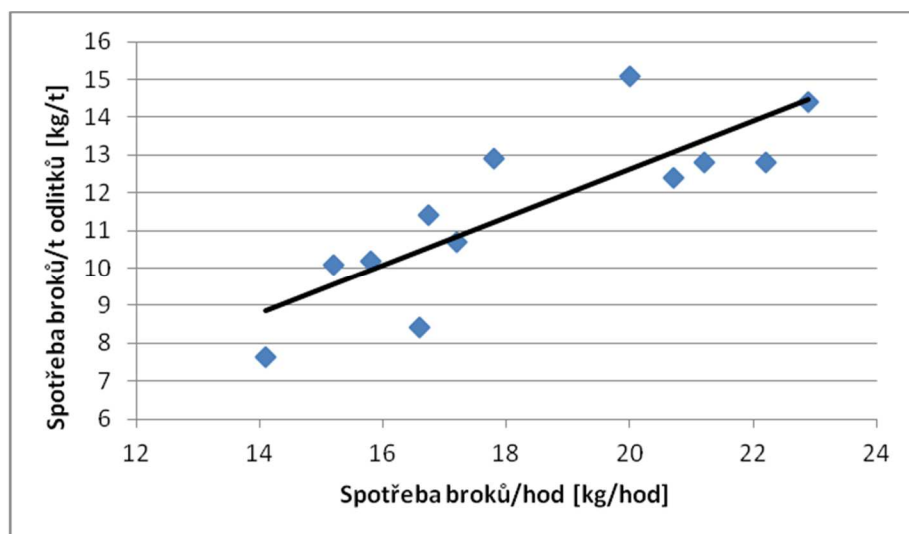
První způsob, sledování spotřeby přes ukazatel kg abraziva na t odlitků, vyžaduje evidovat množství doplňovaného abraziva a množství otryskaných odlitků. Druhý způsob vyžaduje evidenci tryskacích hodin (na „počítadle“ stroje) a množství doplňovaného abraziva. Vzhledem k tomu, že evidence tonáže otryskaných odlitků, je ve většině sléváren problematická, zdá se vhodnější druhý způsob. Ve slévárně G je vedena evidence, která umožňuje stanovení spotřeby oběma způsoby. Této evidence následně využili pro porovnání obou způsobů. Výsledkem je **obr. 7.6**. Jeho průběh potvrzuje předpoklad, že oba dva způsoby sledování spotřeby abraziva jsou srovnatelné (obě křivky grafu jsou téměř totožné).

Obr. 7.6: Naznačení korelace spotřeby broků v časové jednotce a spotřeby na odlitek



V dalším kroku jsme hledali potvrzení statistické korelace mezi oběma způsoby sledování spotřeby abraziva (**obr.7.7**). Pro lineární závislost vychází koeficient determinace $R^2=0,6786$ a příslušný koeficient korelace $R_{skut}=0,8238$. Doplňujeme, že pro 12 prvků ve výběrovém souboru pak $R_{krit}=0,5760$. Vzhledem k tomu, že $R_{skut} > R_{krit}$ můžeme s jistotou prohlásit, že vztah mezi oběma kritérii je statisticky významný a je na každém uživateli, který způsob zvolí.

Obr. 7.7: Závislost spotřeby abraziva na odlitek na jeho spotřebě v čase



Podle zkušeností Slévárny G doporučujeme:

A) provádět kontrolu spotřeby abraziva v pravidelných intervalech (např. jednou za dva týdny). *Pokud výsledek spotřeby abraziva vybočí hodně od běžných hodnot, je to informace o zatím neodhalené poruše.* Tu je nutno okamžitě najít a odstranit. V opačném případě dochází k vysoké spotřebě, zbytečnému plýtvání abrazivem a tím ke zvýšení materiálových nákladů na tryskání.

b) za stěžejní považujeme pravidelné doplňování abraziva

Obsluha tryskacích strojů má za povinnost sledovat výchylku ampérmetru. Je-li výchylka zatížení pohonu metací jednotky nižší než předepsaná, musí obsluha ukončit práci a sjednat nápravu (doplnění abraziva, seřízení množství abraziva do MJ). *Teprve pak je možno pokračovat v tryskání.*

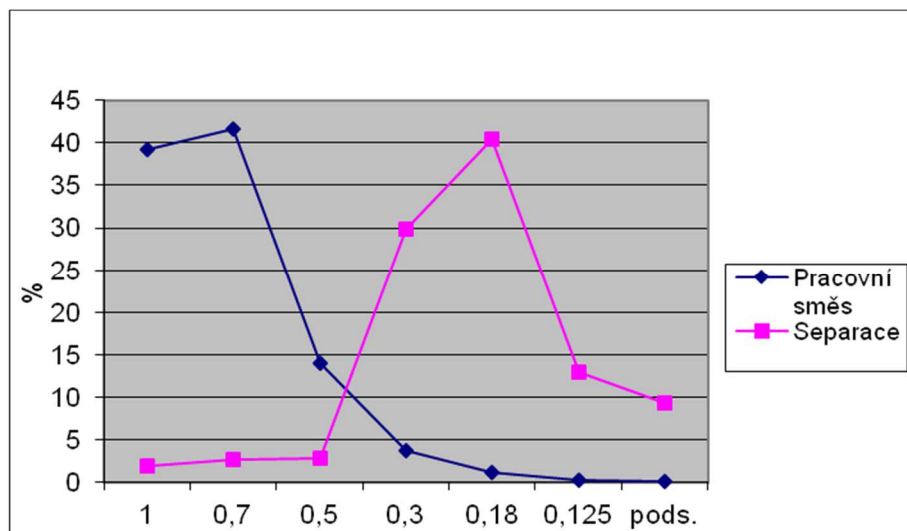
Dále na konci směny zkontrolovat množství abraziva v zásobníku. Při poklesu hladiny abraziva musí doplnit zásobník novými broky. Doplnuje podle pravidla maximálně 10% z celkového množství tryskacího materiálu ve stroji. To znamená, že při obsahu 1000 kg doplňuje max. 100kg. Množství doplňovaného tryskacího materiálu se eviduje.

c) provádění síťových rozborů provozní směsi a separace

Obsluha tryskacích strojů odebírá ve stanovených termínech (1 x za týden) vzorek provozní směsi a odpadu ze separace. Vzorky se prosívají na pískové prosévačce se sadou sít pro stanovení síťového rozboru (součtové křivky písku). Pro vyhodnocení abraziva se používají stará síta. Po prosetí se zváží podíly na každém síti a ze zjištěných hodnot se sestrojí graf (viz **obr. 7.7: Zrnitost abraziva**). Provozní směs má mít minimum podílů pod 0,3 mm a v separaci musí být co nejméně podílů větších než 0,3 mm. Je stanoveno, že u provozní směsi nemá být podílů pod 0,3 mm více než 10% a u separace nemá být podílů větších než 0,3 mm více než 8%. Nevyhovující výsledky síťového rozboru jsou impulsem pro kontrolu odsávání, rychlosti proudění vzduchu a samotného stroje.

Na **obr.7.8.** je uveden příklad vyhodnocení síťového rozboru provozní směsi a separace.

Obr. 7.8: Zrnitost abraziva



7.4.2.2 Zkušenosti Slévárny F

V roce 2013 zahájila Slévárna F podrobnou evidenci dat k tryskání.

Evidují se tyto údaje:

- doba tryskání každé dávky (min),
- údaje o tryskané dávce – kusy a hmotnost,
- doplnění abraziva – datum, množství, druh abraziva.

Tato evidence jistě nemusí být vhodná pro všechny typy sléváren. V podmínkách kusové výroby odlitků vyšších hmotností nežiní záznam problémy. Obsluha po vyvezení dávky zaznamená čas a kusy v dávce. Výkazy jsou každý den plánovacím oddělením zaznamenány v informačním systému.

Metoda, umožňuje sledovat ukazatele spotřeby abraziva, velikost dávek, délky tryskacích časů pro každé zařízení. Skokové změny hodnot ukazatelů mohou signalizovat problém funkčnosti zařízení. Je možné také sledovat využívání tryskacích kapacit. Jako smysluplná perioda hodnocení ukazatelů se zatím jeví čtvrtletí – viz **tab. 7.5**.

Data umožňují také hodnotit plánovaný a skutečný počet tryskání konkrétního kusu a hledat příčiny „nadužívání“ tryskání.

Sledování zatím probíhá ve zkušebním režimu. V roce 2014 bude doplněno o pravidelný síťový rozbor pracovní směsi. Poté bude provedeno vyhodnocení dat a navržen způsob pravidelného reportingu a využívání pro potřeby řízení výroby.

Tab. 7.5: Ukázka čtvrtletního hodnocení tryskacích dat

Pracoviště	Čtvrtletí	Počet dávek	Spotřeba abraziva (g/kg)	Spotřeba abraziva (kg/hod)	Čas tryskání (dávka)	Průměrná hmotnost dávky (t)	Průměrný počet kusů v dávce
TR 1	1	343	2,1	15,0	27,4	3,7	2,7
	2	539	2,6	16,5	30,4	3,4	2,6
	3	490	2,5	14,0	29,1	3,0	3,5
	4	294	2,1	15,0	27,1	3,6	2,9
Celkem		1 666	2,4	15,2	28,8	3,4	2,9
TR 2	1	172	2,6	10,1	38,4	2,8	2,2
	2	278	2,8	8,4	38,4	1,9	2,1
	3	231	2,9	9,8	34,3	2,0	2,1
	4	186	3,0	9,5	37,7	1,7	1,8
Celkem		867	2,9	9,6	37,2	2,1	2,0
TR 3	1	755	1,1	17,0	42,2	11,2	1,2
	2	794	1,1	18,2	41,8	10,6	1,4
	3	590	1,8	25,1	38,1	9,9	1,4
	4	440	1,8	24,3	36,9	9,9	1,4
Celkem		2 579	1,4	20,9	42,2	10,5	1,3
TR 4	1	409	2,2	26,6	29,1	5,7	1,6
	2	386	2,1	22,0	30,2	4,8	1,8
	3	333	3,3	49,2	21,5	5,3	2,0
	4	186	3,6	42,5	19,8	4,2	2,0
Celkem		1 314	2,8	35,2	25,7	5,1	1,8

Odstraněna závada odlučovače

Nový typ abraziva

Následně po posouzení provozních zkušeností sléváren jsme mohli přistoupit k vytvoření návrhu metodiky sledování spotřeby abraziva.

7.4.3 NÁVRH METODIKY SLEDOVÁNÍ SPOTŘEBY ABRAZIVA

Stanovit objektivní spotřebu abraziva je velmi obtížné, neboť je mnoho provozních a technických podmínek, které přijatelnou přesnost finálního výsledku ovlivní.

Při snaze o stanovení nákladů na tryskané odlitky řešitelé PROJEKTU použili různé metody na výpočet spotřeby abraziva. Bylo potřeba vyvinout metodiku, která by umožnila v konkrétních podmínkách každé slévárny stanovit spotřebu abraziva na posuzované tryskání sledovaných odlitků s jistou odpovídající přesností.

Nejprve se zaměříme na kritické hodnocení způsobů stanovení spotřeby abraziva ve slévárnách zařazených do PROJEKTU XIV.

7.4.3.1 Posouzení používaných metod stanovení spotřeby abraziva

7.4.3.1.1 Výchozí nebo základní metoda

Za výchozí nebo základní metodu považujeme stanovení průměrné roční spotřeby (kg abraziva/t odlitků) za slévárnu celkem. Tato nejjednodušší metoda vychází z ročního

vyrobeného objemu tun odlitků a z množství abraziva vydaného ze skladu. Výsledný ukazatel dává hrubou představu o průměrné spotřebě abraziva (kg/t, g/kg).

Tento ukazatel zprůměrnuje spotřeby abraziva odlitků *s různým počtem tryskání i spotřeby jednotlivých zařízení*. Dále může být *zkreslen údajem vyrobeného objemu odlitků za rok*. To znamená, že objem výroby za rok nemusí být totožný s objemem tryskaným. Totéž platí i pro množství abraziva – *objem vydaný ze skladu nemusí být spotřebován*.

Tento základní údaj měly k dispozici všechny slévárny.

7.4.3.1.2 Metody použité řešiteli PROJEKTU XIV

a) Slévárna G

Spotřeba je stanovena z *evidence tryskače*. Opírá se o množství odlitků tryskaných za stanovené období a z *množství doplněných broků* za stejné období. Tato spotřeba činí 0,012 kg broků/kg odlitek. Dále má Slévárna G zavedenu i evidenci tryskacích hodin.

Hodnocení: tato metoda *umožňuje zjištění spotřeby abraziva*, jak ve vztahu k objemu odlitků, tak i hodinovou spotřebu tryskacího zařízení. Vzhledem k charakteru sortimentu slévárny a počtu tryskacích zařízení, kdy není nutné vést záznamy o jednotlivých tryskacích dávkách, poskytuje tato evidence dostatečné informace k řízení tryskacích nákladů.

b) Slévárna D

Spotřeba je stanovena z ročního množství abraziva vztaženého na hmotnost odlitků tryskaných za rok. Spotřeba abraziva byla konfrontována s hodnotami, získanými krátkodobým sledováním a byla v přijatelné shodě s šetřením statistickým za roční období. Byla tak potvrzena nepříznivá informace, že spotřeba abraziva je až o 25% vyšší než je tomu v ostatních slévárnách.

Hodnocení: základní metoda

c) Slévárna E

Pro stanovení měrných spotřeb vychází z celkové roční spotřeby abraziva a průměrného počtu tryskání (3,4 krát) na jeden odlitek.

Hodnocení: s využitím základní metody a odborných odhadů stanoví spotřebu na jedno tryskání bez rozlišení typů TR.

d) Slévárna C

Pro stanovení spotřeby vycházejí 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%).

Hodnocení: s využitím základní metody a pomocí odborných odhadů stanoví spotřebu na jedno tryskání *bez rozlišení typů TR*. Pracuje i s odhadem životnosti abraziva.

e) Slévárna F – původní metoda I

Slévárna 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 mezním případě *odborným odhadem*. Při znalosti DT se může následně stanovit „*vytryskané abrazivo*“ za rok. Jeho hmotnost je dána pro příslušné tryskací zařízení součinem: *počtu metacích kol* x *výmetný výkon* (VV v kg abraziva/hod) vynásobeno celkovou *dobou tryskání za rok* příslušného tryskacího zařízení. Následně na základě skladové evidence *skutečné spotřeby nového abraziva za rok* (SAR - kg) se stanoví jeho *podíl* na vytryskané abrazivo. 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). Tento ukazatel (SNA) následně umožní se znalostí DT stanovit množství spotřebovaného nového abraziva přímo na konkrétní tryskací operaci.

Hodnocení: Metoda, která se pokouší *bez znalosti objemu doplněného abraziva* k jednotlivým TR s využitím provozních hodin TR a výmetného výkonu MJ stanovit spotřebu abraziva za časovou jednotku pro každé zařízení. Kombinuje měřená data, průměrné roční hodnoty a údaje z technické dokumentace.

f) Slévárna F -metoda II (inovovaná metoda)

Po zavedení sledování dat z operace tryskání jsou k dispozici pro každé zařízení tyto údaje.: 1. *doba tryskání každé dávky*, 2. *údaje o tryskané dávce – kusy a hmotnost*, 3. *doplnění abraziva – datum a množství*.

Hodnocení: Metoda, která je založena na podrobné evidenci dat, umožňuje výstupy ukazatelů a charakteristiky spotřeby, dávek, tryskacích časů pro každé zařízení, hodnocení ukazatelů jednotlivých TR může pomoci odhalovat příčiny neefektivy tryskání. Umožňuje také hodnotit plánovaný a skutečný počet tryskání konkrétního kusu.

7.4.3.2 Hodnocení metod použité řešiteli PROJEKTU XIV

V **tab. 7.6** je shrnutí použitých metodik stanovování spotřeby abraziva.

Tab. 7.6: Shrnutí metodik stanovování spotřeby abraziva

	Metodika I - základní	Metodika II Základní+odborný odhad	Metodika III Částečná evidence	Metodika IV Podrobná evidence
ř./sl.	1	2	3	4
1	Slévárna D	Slévárna E	Slévárna G	Slévárna F II
2		Slévárna C	Slévárna F I	
3		Slévárna D	Slévárna D	

Z **tab. 7.6** vyplývá snaha zainteresovaných sléváren problém řešit cestou stanovením co nejvěrnějšího popsání skutečnosti – neboli dopracování se k nejpřesnějšímu údaji spotřeby.

Znovu musíme opakovat, že řízení každého procesu ve výrobě vyžaduje věrné informace o procesu. *Lze proto doporučit slévárnám, které chtějí v prvé řadě znát náklady na abrazivo a následně náklady na tryskání i řídit, aby si s přihlédnutím ke konkrétním podmínkám vypracovaly dle výše uvedených návodů vlastní metodiku, která jim umožní v této oblasti dobrou orientaci.*

Evidence dat pro výše uvedené metodiky není určitě komplexní a bylo by možné ji rozšiřovat o další údaje související s abrazivem. Kupříkladu druh tryskání, spotřeba náhradních dílů, složení pracovní směsi, druh abraziva, atd. Rozsah evidence musí být samozřejmě vždy úměrný očekávaným přínosům.

Při snaze řídit nákladovost tryskání musíme mít na paměti, že je to technologie úpravy povrchu. Ukazatel spotřeby abraziva na jednotku plochy však není možné jednoduše použít, neboť se ve výrobě odlitků s touto veličinou nepracuje. Spotřebu abraziva je tedy nutné posuzovat *v ukazatelích kg abraziva/t odlitků i v kg abraziva/hod tryskání*, aby se eliminoval vliv rozdílné hmotnosti vsázek).

Ukazatel spotřeby abraziva **musí** být hodnocen v kontextu s dalšími informacemi. To potvrzují prohlídky a měření na jednotlivých zařízeních. Nízký ukazatel spotřeby abraziva, dlouhé tryskací časy a nevhodné složení pracovní směsi odhalily špatnou funkci válce odlučovače zařízení. Vysoká spotřeba abraziva naopak upozornila na nevhodně nastavený odtah ve větrném odlučovači opět potvrzený nevhodnou zrnitostí pracovní směsi.

Operativní evidence spotřeby může také signalizovat změnu seřízení tryskacího stroje či změnu v kvalitě abraziva. *To si vynucuje denní evidenci doby tryskání a spotřeby abraziva.*

Všechny uvedené argumenty dokládají, že *samotný ukazatel spotřeby ještě neodpovídá na otázku celkové efektivity tryskání*. Spotřeba by zřejmě měla být spíše přiměřená, než nejnížší možná. Cílem by vždy měl být dokonale otryskaný povrch odlitku v souladu požadavky návazných operací technologického postupu *za akceptovatelné náklady*.

Musíme si na závěr této kapitoly znovu zopakovat, že spotřebu abraziva ovlivňují nejvíce:

- kvalita a typ abraziva,
- nastavení zařízení (odlučovač, MJ),
- doba tryskacího cyklu
- výchozí a cílová jakost povrchu odlitku (Rz – parametr drsnosti, SA – stupeň výsledné kvality povrchu dle ČSN)
- ztráty vyvezením – obsluha TR

A naším cílem je pokusit se hledat mezi nimi vztah optimální. Tak aby nákladovost mechanického čištění (tryskání) byla pokud možno minimální.

7.5 ZÁVĚR problematiky tryskání litinových odlitků

Z prací provedených v PROJEKTECH XII, XIII a XIV a výše uvedeného rozboru jednoznačně vyplývá, že technický stav tryskacího zařízení, jeho správná údržba a obsluha je jedním z klíčových faktorů nákladovosti výroby odlitků. Předkládaný rozbor dokládá, že *v řadě sléváren je tato otázka někdy zcela na okraji zájmu*. Je možné se domnívat, že její odpovídající řešení může v řadě případů snížit nákladovou náročnost odlitků mechanického čištění i o polovinu. A to je jistě velice významné.

Je zde jistá paralela s tavícím procesem ve slévárnách, kdy o nákladovosti výroby tekuté fáze v první řadě rozhoduje technický stav tavicího zařízení tedy kupříkladu elektrické obloukové pece.

Práci v této oblasti v žádném případě nepovažujeme za ukončenou. Cílem je orientovat pozornost slévárenské odborné veřejnosti na tento zdánlivě „okrajový“ problém, který slévárny v řadě případů stojí významné náklady.

8 PROBLEMATIKA TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ OCELOVÝCH ODLITKŮ

Tepelné zpracování (TZ) je především záležitostí ocelových odlitků. Odlitky z litiny jsou tepelně zpracovávány spíše výjimečně.

Pro posouzení problematiky TZ jsme v první řadě soustředili vybrané diagramy tepelného zpracování. Dále jsme se zaměřili na nákladovost TZ standardní metodou neúplných vlastních nákladů (NVN), kterou běžně používáme při řešení PROJEKTŮ. Poté byly specialistou Ing. Michaelem Fíkem navštíveny zúčastněné slévárny, které vyráběly ocelové odlitky a byly posouzeny jejich pece na TZ. A následně byla vytvořena doporučení na hospodárny provoz těchto pecí.

8.1 DIAGRAMY TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ

Pro posouzení režimů tepelného zpracování byly poskytnuty slévárnami ocelových odlitků typické technologické křivky u sledovaných odlitků. Jejich výběr byl na slévárnách. Příklady jsou uvedeny dále (viz **obr.8.1 - 8.5**) v **P5**. Tyto křivky budou v další práci použity pro hodnocení efektivnosti tepelného zpracování.

8.2 NÁKLADOVÉ ZATÍŽENÍ REŽIMY TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ ODLITKŮ

Nákladové zatížení ocelových odlitků jsme posuzovali dvěma způsoby. U prvního jsme vycházeli z používaného přístupu sledování nákladů na apretaci metodou stanovení *neúplných vlastních nákladů*. Touto metodou byly stanoveny náklady řešitelským týmem posuzovaných ocelových odlitků (O.1, O.2, O.3, O.4, O.22, O.23 a O.24).

Druhý přístup vycházel z metodiky posuzování nákladovosti TZ přes jednotlivé pece. Výsledkem jsou náklady na *průměrný odlitek, který byl ve sledovaném roku tepelně zpracován v posuzované peci*.

V obou propočtech jsou získané náklady vztaženy na jeden kg hrubé hmotnosti odlitku. Oba dva přístupy nezahrnují režijní položky a náklady charakteru konstantního. Nicméně v jednotlivých posuzovaných položkách se do jisté míry odlišují. Je to obrazně řečeno *pohled na stejný objekt z různých úhlů*.

8.2.1 Posouzení výrobní fáze tepelného zpracování metodou *neúplných vlastních nákladů*

Bližší popis této metody je používán ve všech řešených PROJEKTECH, proto je její další charakteristika nadbytečná.

Základní údaje jsou uvedeny v **tab. 8.1 – viz P2**. V této tabulce jsou záměrně uvedeny náklady skupiny A – tedy tak zvané výrobní. Pro možnost vzájemného porovnání nákladů dílčí výrobní fáze TZ jako porovnatelné bereme pouze ty náklady, kdy dochází k opravě pouze povrchových vad (většinou 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 „jakostní“ – sk. C. Náklady vyvolané provedením NDT nazýváme pracovní „zkušební“ – sk. B.

Z **tab. 8.1** je zřejmé, že posuzované odlitky zahrnují skutečně v jednom případě jedno TZ, čtyřikrát dvě a dvakrát tři TZ.

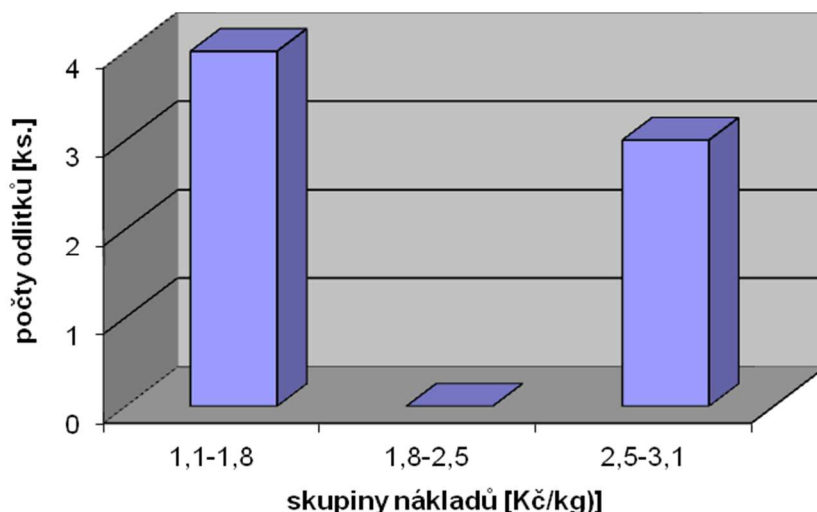
Dále je možné z této tabulky vyčíst, že minimální NVN-A na TZ činí 1,16 Kč/kg. A maximální 3,06 Kč/kg. Je tedy zřejmé, že maximální náklady jsou 2,6 krát vyšší než minimální. Zde je třeba doplnit, že neúplné vlastní náklady ve slévárnách obvykle tvoří z úplných vlastních nákladů podíl, který se podle konkrétních podmínek pohybuje od 40 % do 60 %.

S využitím **tab. 5.2, s.20** PROJEKTU XIII /1/ jsme zjistili, že NVN výrobní fáze C. Tepelné zpracování aktuálních odlitků se z celkových NVN pohybuje od 12,6 % do 38,9 % - O.22 (v průměru 26,3%). Z **tab. 5.7, s. 31** PROJEKTU XIII /1/ vyplývá, že z celkových apretačních NVN-A se náklady na TZ pohybuje od 18,6 % (O.1) do 40,8 % (O.4), v průměru 31,5 %.

TZ patří tedy nákladově mezi zásadní výrobní fáze.

Z **obr. 8.6** vyplývá, že v prvním přiblížení se rozdělení nákladů schematicky řadí do dvou skupin. První (čtyři odlitky) je od 1,1 Kč/kg do 1,8 Kč/kg. A druhá (se třemi odlitky) od 2,5 Kč/kg do 3,1 Kč/kg.

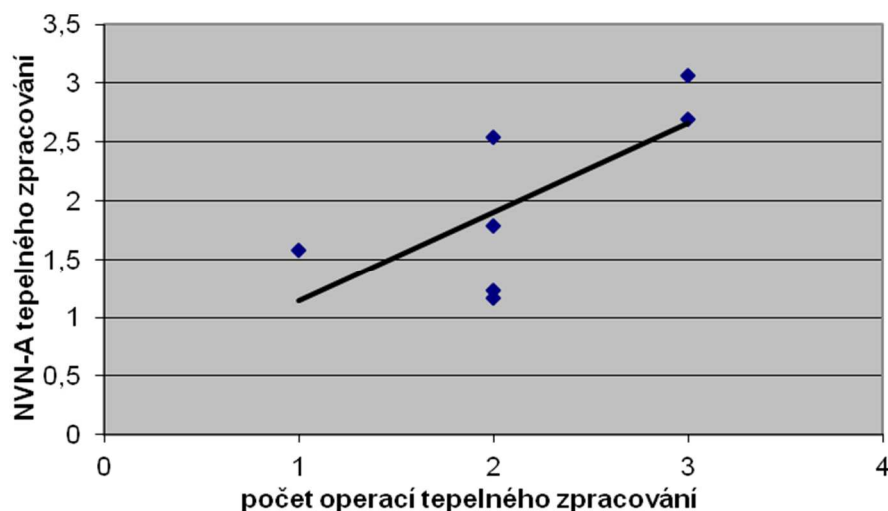
Obr. 8.6: Histogram četnosti nákladů tepelného zpracování



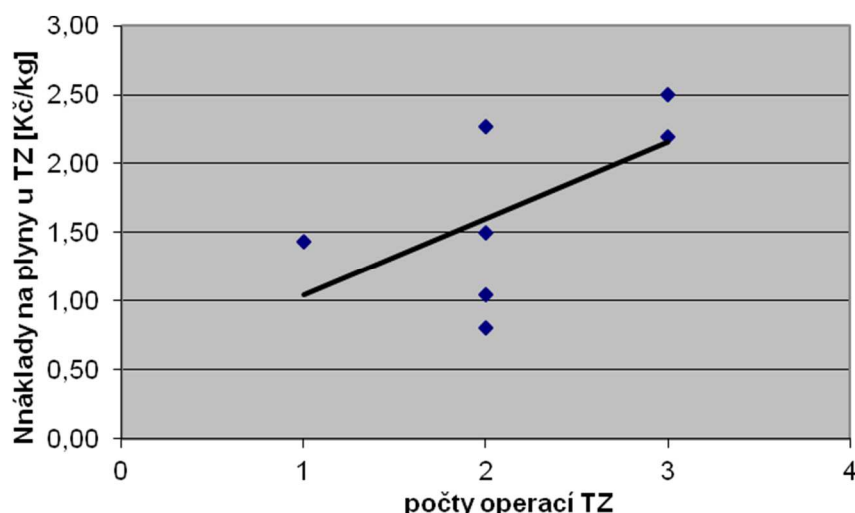
Následně opět v prvním přiblížení prošetříme úvahu o závislosti výše NVN-A na počtu operací TZ. Na **obr.8.7** je uvedena příslušná závislost. Když z R^2 stanovíme R , dojdeme ke zjištění, že jeho hodnota je 0,6928. Nicméně R_{krit} se pro $n=7$ rovná 0,7545. Takže, byť se „opticky“ jeví příslušná závislost a my jsme „přesvědčení“, že závislost by měla existovat, statistické vztahy ji nepotvrzují. Je tedy zřejmé, že u našich 7 posuzovaných odlitků je zcela jistě řada skutečností, které mají na náklady svůj nemalý vliv.

Z uvedené **tab. 8.1** dále zjišťujeme, že téměř 84 % NVN-A bylo vynaloženo na plyny (zemní a směsný plyn). Na osobní náklady cca 15 % a 1% na elektrickou energii. Opět jsme prověřili možnou závislost nákladů na palivo na počtu operací TZ (viz **obr. 8.8**). Zjišťujeme obdobný výsledek jako na obr. 8.7, ale s nižším koeficientem determinace. Tedy statistická závislost opět nepotvrzena. Obdobný závěr zjistíme při posuzování závislosti osobních nákladů na počtu operací. Velice zjednodušeně - osobní náklady můžeme posuzovat jako přímo úměrné době TZ. Dostávám R^2 rovný 0,2932 – tedy nižší než u obou závislostí (**obr. 8.7 a 8.8**).

Obr. 8.7: Závislost NVN- A TZ na počtu operací



Obr. 8.8: Závislost nákladů na plyny na počtu operací



Z uvedeného je zřejmé, že na nákladovost výrobní fáze TZ má vliv řada dalších aspektů, které musíme hledat. Snad namátkou je třeba uvést, že jednotlivé operace TZ jsou (snad až na výjimky) obvykle odlišné. Dále hmotnost odlitků „nasazených“ v peci také nebývá vždy stejná. Je to dáno konkrétní provozní situací, která ve slévárně vzniká. A samozřejmě existuje řada dalších faktorů, které nákladovost TZ ovlivňují.

Následně jsme se zaměřili na posouzení nákladovosti TZ přes jednotlivé pece, které je „zajišťují“.

8.2.2 Posouzení výrobní fáze tepelného zpracování hodnocením nákladů jednotlivých pecí

Pro tyto účely byla velice pracně konstruována **tab. 8.2 – viz P2**: Žíhací pece ve slévárnách (viz níže).

Zaměřuje se zejména na pece sléváren, které vyrábějí ocelové odlitky (ř. 1 – 13). V ř. 14-16 jsou uvedeny pouze některé informační údaje o pecích ze sléváren litinových odlitků.

Pokud se týká posuzovaných údajů tak v první řadě registrují vstupní technické a energetické podkladové informace (**sl.1- 32**). A z nich jsou následně vyvozeny hodnoty výsledné. Tedy zejména nákladové údaje (**sl. 33-42**).

8.2.2.1 Charakteristika žíhacích pecí ve slévárnách zařazených do PROJEKTU (tab. 8.2)

V úvodu si uvedeme podrobnější popis vybraných sloupců jmenované tabulky.

Informace vstupní:

-**sl.6**: Užité rozměry – to jsou skutečné, maximálně využitelné rozměry vnitřního prostoru pece, kde lze vložit vsázku. Tj. vnitřní rozměry pece bez nutných uliček po stranách a pod stropem, případně bez prostoru pro žíhací podložky. U pecí KPS (pec č. 2 a 4) údaj výšky znamená výšku nad podložkami.

-**sl.7**: Objem pracovního prostoru – je vyjádřen v m³ na základě údajů ze **sl.6**.

-**sl.8**: Kapacita – maximální zatížení v tunách, na které je pec dimenzována (v praxi není vždy nutně využívána).

-**sl. 9**: Žíhací pomůcky – hmotnost žíhacích pomůcek (podložek). Po odečtení této hmotnosti máme maximální hmotnostní využitelnost pece pro odlitky.

- sl.12:** Existence předeřevu – zde uvádíme, zda je využit předeřev spalovacího vzduchu (rekuperace).
- sl.14:** Maximální provozní teplota – jedná se o maximální konstrukční teplotu pece, která však není z technologických důvodů vždy využita.
- sl.15:** Průměrná technologická teplota – je průměrná teplota pece během cyklu (všechny cykly/rok).
- sl. 16:** Průměrná technologická teplota normalizační – průměr maximálních technologických teplot jednotlivých cyklů (výdrž).
- sl.17:** Maximální instalovaný příkon – jedná se o maximální příkon pece, nikoli o průměrný potřebný příkon.
- sl. 19:** Spotřeba el. energie – roční spotřeba elektrické energie. U plynových pecí převážně pro ventilátory spalovacího vzduchu, případně odtahové, dále pro řídicí systémy (ŘS), akční členy, pohybové mechanismy apod.
- sl. 20:** Spotřeba plynu – roční spotřeba plynu přepočtená na normální tlak.
- sl.21:** Přepočtený **sl. 20** – ten je dán spotřebou měřenou na pecích.
- sl. 31:** Náklady na údržbu – roční náklady na servis a údržbu, včetně nákladů na žíhací pomůcky, na vyzdívky, na kalkulace a revize.
- sl. 32:** Příkon el. energie – celkový příkon elektrické energie pro sledovanou pec.

Vypočtené hodnoty:

- sl.33:** Průměrná spotřebovaná energie v plynu na 1 kg odlitku. Stanoví se vztažením celkové roční spotřeby plynu v GJ na hmotnost zpracovaných odlitků.
- sl.34:** Spotřeba plynu za rok vyjádřená v Kč. Vzniká vynásobením hodnot ve **sl.20** (normální m³ plynu/rok) a sloupce 27 (cena Nm³ v Kč).
- sl.35:** Náklady na spotřebovaný plyn vyjádřené v Kč na jeden kg odlitku. Získáme jej vztažením hodnot ve **sl.34** (vynásobených 1000) na hodnoty ve **sl.25** (roční produkce v tunách).
- sl.36:** Roční náklady na elektrickou energii vyjádřené v Kč. Násobek **sl.19** (spotřebovaná energie v kWh/rok) a **sl.28** (cena za kWh).
- sl.37:** Náklady na elektrickou energii na jeden kg odlitku. Získáme vztažením hodnot ve **sl.36** (vynásobených 1000) na údaje ve **sl.25** (roční produkce v tunách).
- sl.38:** Náklady na údržbu na jeden kg odlitku. Vypočteme vztažením hodnot **sl.č.31** vynásobených 1000 (roční náklady na údržbu) na hmotnost zpracovaných odlitků (**sl. 25**).
- sl.39.** Náklady celkem na kg odlitku. Vznikne součtem **sl. 35, 37 a 38**. Tyto náklady nezahrnují odpisy z pořizovacích nákladů.
- sl.40:** Koeficient průměrného objemového plnění využitelného prostoru pece. Tento koeficient naznačuje míru využití objemu pecí v procentech. Nutno ovšem brát v potaz charakter vsázky a výrobní potřeby slévárny (většinou aktuální vsázka tvarově neumožňuje optimální využití objemu pece). Získá se převedením hmotnosti zpracovaných odlitků za rok (**sl. 25**) na jejich teoretický objem (s pomocí měrné hmotnosti 7,85 t/m³). Teoretický objem zpracovaných odlitků v m³ se následně vztáhne na roční počet cyklů a objem pracovního prostoru pece. Výsledný ukazatel je v procentech.
- sl.41:** Průměrná hmotnost zpracovaných odlitků na jeden žíhací cyklus. Stanoví se vztahem mezi celkovou hmotností zpracovaných odlitků za rok a počtem cyklů.
- sl.42:** Váhový koeficient neboli využití maximálního zatížení pece. Stanoví se vztažením hmotnosti zpracovaných odlitků za rok (**sl.25**) na počet cyklů (**sl.24**) a maximálního využitelného váhového zatížení pece. Výsledný ukazatel je v procentech.

Z uvedeného popisu **tab.8.2** je zřejmé, že je v ní soustředěna celá řada údajů, které mohou sloužit ke kvalitnímu posouzení jejich práce.

8.2.2.2 ÚVODNÍ HODNOCENÍ žíhacích pecí ve slévárnách zařazených do PROJEKTU

Předmětem úvodní interpretace budou pouze pece sléváren oceli. Tedy data v ř.1 –13.

Ze **sl. 7, tab.8.2** vyplývá, že objem pracovního prostoru posuzovaných pecí se pohybuje od 4,4 m³ do 150 m³. Tedy rozdíly v objemu pecí jsou zcela zásadní.

Zjednodušeně :	-5 m ³	1 pec
	-10 až 20 m ³	3 pece
	-30-40 m ³	4 pece
	-60 m ³	1 pec
	-100 m ³	3 pece
	-150 m ³	1 pec

Podobné zásadní rozdíly ukazují rozdíly v kapacitě pecí v tunách (**sl. 8**). Ty se pohybují od 8t do 100t. Tyto rozdíly v objemu pracovního prostoru a tonáži pecí samozřejmě mají svůj dopad v nákladovosti na TZ.

U sledovaných pecí TZ je ve všech případech používán zemní plyn. U pecí Slévárny E je ve dvou případech používán plyn směsný.

Vzájemnou porovnatelnost nákladovosti pecí do jisté míry narušuje skutečnost, že u některých pecí je instalován (u jiných není) předehřev vzduchu (**sl. 11-13**).

Při hodnocení nákladovosti pecí na tepelné zpracování vycházíme z komplexního ukazatele „náklady celkem“ – viz **sl. 39, tab. 8.2**.

Zjišťujeme, že náklady na TZ hodnocené přes pece se pohybují od 0,30 Kč/kg do 1,54 Kč/kg. To považujeme za velké rozpětí.

Na **obr. 8.9** je uveden histogram četnosti nákladů sledovaných žíhacích pecí. Z histogramu je zřejmé, že náklady skupiny devíti pecí se pohybují od 0,30 Kč/kg do 0,90 Kč/kg. Druhá množina čtyř pecí (s vyššími náklady) se pohybuje v rozmezí 1,10 Kč/kg do 1,54 Kč/kg. Tyto rozdíly v nákladech pecí budou v budoucnu detailně posuzovány.

Skladba nákladů hodnocených pecí opět potvrzuje, že nákladově stěžejní (téměř 75%) jsou použité plyny. Na druhém místě v daném členění jsou s cca 22% náklady na údržbu. Zbytek (cca 3%) tvoří elektrická energie (hodnotíme u pecí, kde bylo možné zjistit hodnoty na jednotlivé pece). I z této kalkulace podobně jako v hodnocení **tab. 8.1** také očekávaně vychází jako stěžejní náklady na plynné palivo.

Při hledání hlavních faktorů, které ovlivňují nákladovost TZ jednotlivých pecí, jsme se v první řadě zaměřili na průměrnou technickou teplotu (**sl. 15, tab. 8.2**). Závislost na **obr. 8.10** nenaznačila očekávaný korelační vztah. Vzhledem k tomu, že cena směsného plynu ve Slévárně E je tvořena na základě vztahu „matky a dcery“ vyjmuli jsme obě pece z této slévárny z posuzované závislosti. Koeficient korelace se do jisté míry zvýšil, nicméně zdaleka neprokazuje statistický vztah. Následně při podrobnější analýze jsme zjistili, že u Slévárny C uvedený údaj není průměrná teplota v peci, ale průměrná teplota na výdrži ze všech cyklů za rok.

V předložené práci jsme se ještě zabývali možným vztahem energie spotřebované v plynu na hmotnosti zpracovaných odlitků. Ani v tomto případě jsme neregistrovali naznačení možných statistických vztahů. Je tedy zřejmé, že tato oblast bude potřebovat podrobnější prošetření.

Podobně byla zkoumána snad logická závislost nákladů na hmotnosti odlitků v jednom cyklu (**sl.41, tab.8.2**). Z **obr. 8.11** lze předpokládat uvedenou závislost se zajímavým koeficientem determinace $R^2 = 0,6764$. Tato polynomičká závislost k jistému překvapení u sledovaných pecí naznačuje nákladové minimum. To samozřejmě nelze vyloučit – domníváme se však, že i zde bude třeba provést další zkoumání.

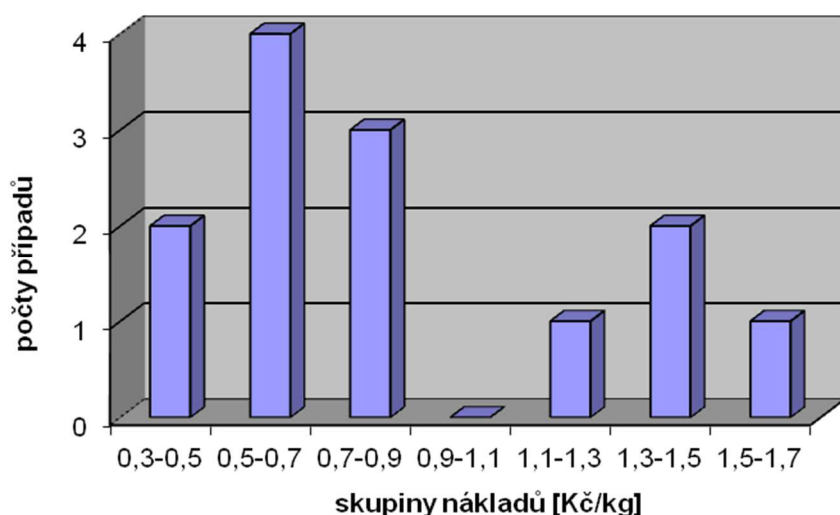
Statisticky v prvním přiblížení přesvědčivě vychází závislost na **obr.8.12**. Koeficient determinace R^2 je velice přesvědčivý a po výpočtu koeficientu korelace R bychom mohli

formálně konstatovat skutečně statistickou závislost. Při pokusu o interpretaci závislosti docházíme k závěru, že křivka by měla při vzrůstajícím využití objemu pece klesat. Tedy zjištění zcela v rozporu s očekávanou skutečností. Takže také zde bude nezbytné provést další šetření.

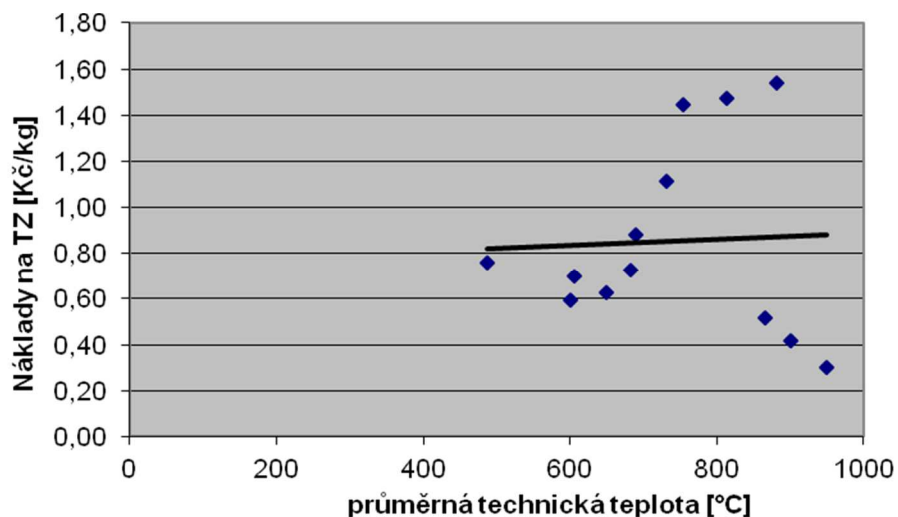
Prošetřovali jsme také možnou závislost maximálního využití zatížení pece na průměrnou tonáž na cyklus (sl.42, sl.41). Závislost se neukázala jako statisticky významná.

Posuzovaná závislost nákladů na maximálním zatížení pece (sl.42) s koeficientem determinace rovným 0,2734 u polynomicke závislosti nenasvědčuje, že uvedený vliv je důležitý (obr. 8.13).

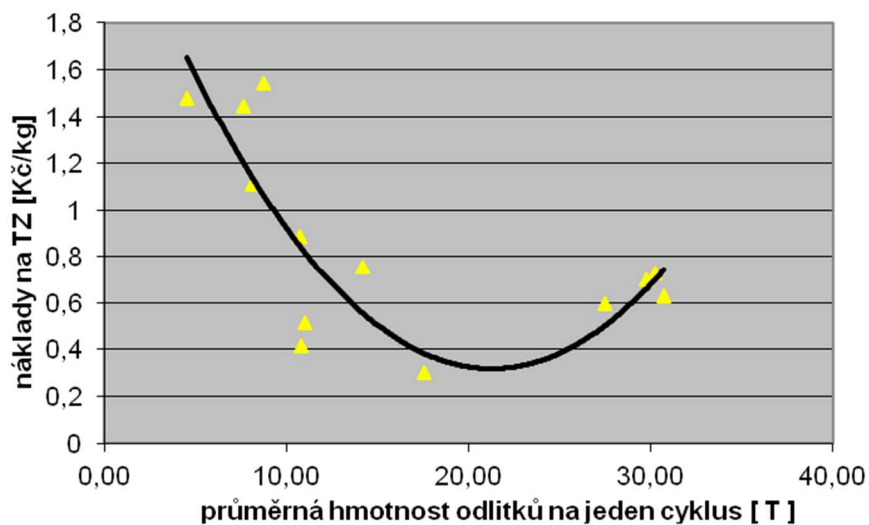
Obr. 8.9: Histogram četnosti nákladů na TZ



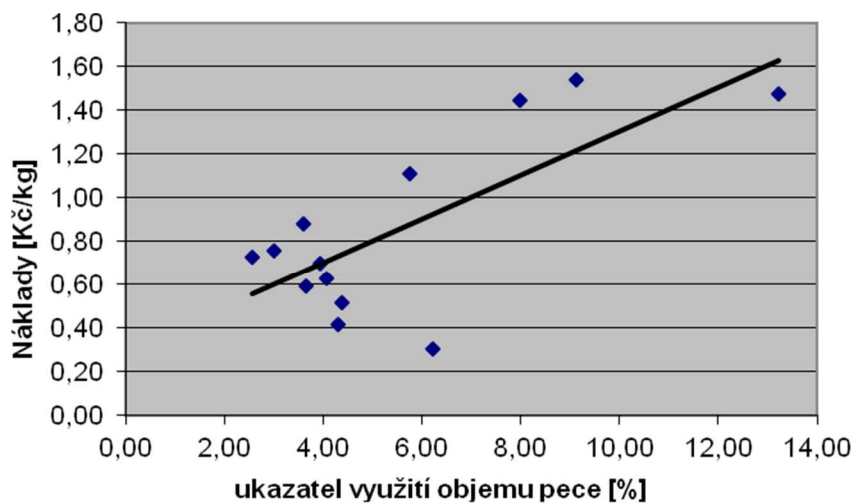
Obr. 8.10: Závislost nákladů na TZ na průměrné technické teplotě



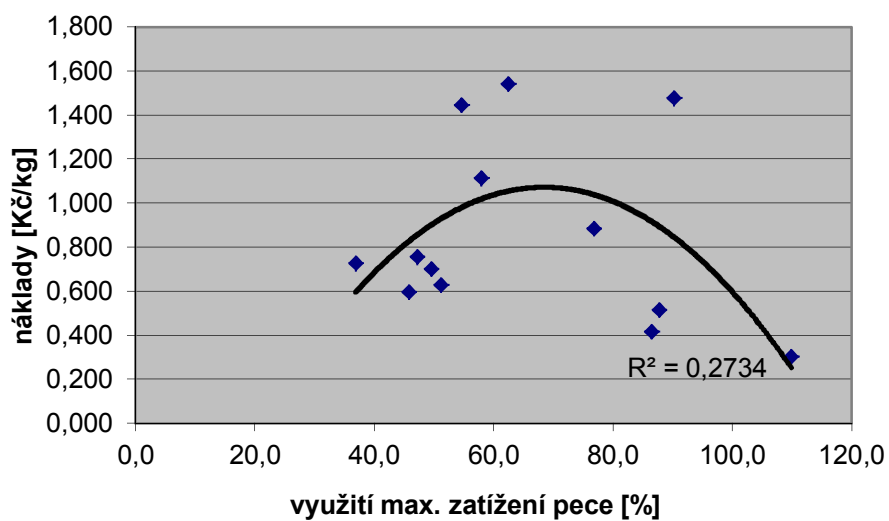
Obr. 8.11: Závislost nákladů na TZ na průměrné hmotnosti odlitků na jeden cyklus



Obr. 8.12: Závislost nákladů na TZ na využití objemu pece



Obr. 8.13: Závislost nákladů na TZ na využití max. zatížení pece



Shrneme-li výsledky některých posuzovaných vztahů tak musíme konstatovat, že si daná problematika vyžaduje příslušného zkoumání.

Následně jsme se zaměřili na detailní posouzení posuzovaných pecí ve slévárnách vyrábějící ocelové odlitky.

8.3 Posouzení pecí na tepelné zpracování ocelových odlitků

Detailní posouzení spojené s příslušným rámcovým doporučením a odhadem možných přínosů provedl specialista v tomto oboru Ing. Michael Fík z Tepelných zařízení Fík, s.r.o., Praha.

Při posuzování pecí byli přítomni zástupci sléváren, se kterými byla problematika podrobně prodiskutována.

8.3.1 Slévárna C

a) pece č. 2 a 4

Zjištěný stav:

- Pece jsou po rekonstrukci.
- Vyzdívky z vláknitých materiálů.
- Topný systém vysokorychlostní hořáky Kromschroder.
- Topný systém pece nevyužívá přehřevu spalovacího vzduchu.

Doporučení:

- V budoucnu zvážit možnost instalaci centrálního rekuperátoru, nebo rekuperačních hořáků.

Přínos: Předpokládaná úspora 15 – 20 % plynu.

b) pece č. 1 a 3

Zjištěný stav:

- Pece dosud nebyly rekonstruovány.
- Vyzdívky jsou z tvrdých šamotových materiálů (vysoké ztráty akumulací i prostupem)

Doporučení:

- Provést rekonstrukci pecí. Při výměně vyzdívky se soustředit na co nejnižší akumulační ztráty, využít vláknitých materiálů na stěny, strop i vrata pece.
- Dle charakteru a tvaru vsázky pak zvážit možnost konstrukce vyzdívky vozu z lehčených materiálů, kdy nosným prvkem bude soustava ocelových žáruvzdorných odlitků (sloupky, trámce).
- Při výměně topného systému pak rozhodně doporučujeme využití rekuperace ať již centrálním rekuperátorem, nebo rekuperačními hořáky.
- Řídicí systém s přesnou regulací spalovacího poměru, kompenzací spalovacího poměru v závislosti na teplotě přehřevu, regulaci tlaku v peci, automatickým provozem dle zadaných křivek.
- Dotěsnění vozu v peci a dveří.

Přínos:

Předpokládaná úspora při celkové rekonstrukci bude až 50 % plynu.

Rekonstrukce též přinese výrazné zlepšení rovnoměrnosti teplotního pole a tím sníží náklady vyplývající ze zmetkovitosti způsobené nesprávným tepelným zpracováním.

Sledovat spotřebu el. energie jednotlivých pecí, nebo alespoň jejich skupin.

Sledovat přesně spotřeby plynu v závislosti na množství ohřáté vsázky.

8.3.2 Slévárna F

a) pece č. 1 až 5

Zjištěný stav:

- Pece prošly rekonstrukcemi a jsou vybaveny vyzdívkami z moderních vláknitých materiálů a moderními rekuperačními hořáky (využívajícími předehřev spalovacího vzduchu).

Doporučení:

- Provéřit, zda řídicí systém pecí provádí kompenzaci spalovacího poměru dle teploty předehřevu spalovacího vzduchu (lze předpokládat maximální hodnotu předehřevu až 400-450°C, což znamená až trojnásobnou změnu objemu spalovacího vzduchu).
- Pravidelný servis odbornou firmou, měření spalin pro kontrolu nastavení spalovacího poměru.
- Zvážit možnost instalace frekvenčních měničů na vzduchové ventilátory, což by mohlo přinést menší úsporu na straně elektrické energie, ovšem s dobrou návratností.
- Provéřit náklady na údržbu.

b) pec č. 7

Zjištěný stav:

- Tato pec není vybavena systémem předehřevu vzduchu. Vzhledem k nižším provozním teplotám (z technologických důvodů) by ale dodatečná instalace rekuperačního systému měla poměrně dlouhou návratnost a v současné době (cena plynu) ji nelze doporučit.

8.3.3 Slévárna E

a) pec č. 2

Zjištěný stav:

- Pec prošla rekonstrukcí, jsou využity vláknité izolační materiály, systém s předehřevem spalovacího vzduchu v původním rekuperátoru, který je umístěn ve větší vzdálenosti od pece, proto teplota předehřevu bohužel nedosahuje adekvátních hodnot.
- Při rekonstrukci bylo změněno topné médium ze směsného plynu na zemní plyn.
- Byť se celková účinnost pece rekonstrukcí jistě výrazně zvýšila, vzhledem k výrazně vyšší ceně média a výhřevnosti (15,76 x vyšší cena ku 4,3 x vyšší výhřevnosti) se náklady na kg odlitku zvedly.

Doporučení:

- Zvážit možnosti zvýšení teploty předehřevu ve stávajícím rekuperátoru (izolace potrubí, kontrola odtahového kanálu, stav rekuperátoru).
- Provéřit, zda řídicí systém pece provádí kompenzaci spalovacího poměru dle teploty předehřevu spalovacího vzduchu.

b) pece č. 1 a 3

Zjištěný stav:

- Pece nebyly dosud rekonstruovány.

- Jsou však provozovány na směsný plyn, jehož nízká cena se kladně promítá do velmi nízkých nákladů na tepelné zpracování 1 kg odlitku.

Doporučení:

- V případě rekonstrukce v první řadě zvážit možnost zachování směsného plynu jako hlavního topného média.
- Výměnu vyzdívky za moderní lehčené materiály.
- Výměnu topného systému případně i s předehřevem spalovacího vzduchu v novém, výkonnějším rekuperátoru a řídicí systém s kompenzací spalovacího poměru v závislosti na teplotě předehřevu.

Je třeba říci, že uvedená doporučení byla zástupci sléváren akceptována.

Následně jsme se zaměřili na definování obecných zásad hospodárního provozu pecí zajišťujících tepelné zpracování ve slévárnách.

8.4 DESATERO HOSPODÁRNÉHO PROVOZU PRO ÚSPORY ENERGIÍ

1. U plynových pecí s výkonem větším než cca 500 kW a s teplotou v pracovním prostoru vyšší než 600°C, po předchozím zpracování technicko - ekonomického rozboru, využívat teplo spalin k ohřevu spalovacího vzduchu (rekuperece).

2. Pro vyzdívání a tepelnou izolaci spotřebičů využívat lehčené žáruvzdorné materiály v kombinaci s vláknitými izolacemi, které snižují ztráty tepla stěnami a u cyklicky pracujících pecí snižují podstatně ztráty tepla akumulací.

3. V závislosti na velikosti příkonu pece a jejím technologickém určení, vybavit pec odpovídající měřicí a regulační technikou. Cílem je omezení možných negativních vlivů obsluhujícího personálu na hospodárnost topení (programovatelné logické automaty, regulace spalovacího poměru).

4. Při projektování topných systémů plynových pecí zvolit vhodné typy plynových hořáků pro daný technologický proces, jejich počet a výkony a umístění v pracovním prostoru pece z hlediska dosažení rovnoměrné teploty a vysoké účinnosti ohřevu vsázky. Proudění spalin v pecích (zejména v průběžných pecích) organizovat tak, aby teplo obsažené ve spalinách bylo maximálně využito pro předehřev vsázky.

5. Hospodárnost provozu plynových pecí je závislá i na tahových podmínkách pece a na efektivní regulaci tlaku v pracovním prostoru pece. Přisáváním sekundárního vzduchu do pracovního prostoru pece se zvyšuje ztráta tepla spalinami a tím spotřeba zemního plynu.



6. Při zakládání vsázky do pecí optimálně využívat objemovou i hmotnostní kapacitu pece vhodnou skladbou a uložením vsázky v pracovním prostoru pecí.

7. U cyklicky pracujících pecí organizovat provozní režim tak, aby se nová vsázka zakládala pokud možno do teplé pece. V pracovních přestávkách uzavírat u plynových pecí komínová

hradítka. Manipulační otvory (dveře aj.) otevírat pouze na dobu nezbytně nutnou pro založení vsázky. Obsluhu pecí pravidelně školit ve znalostech zásad hospodárního provozu a zainteresovat ji na úsporách topné energie.

8. U plynových pecí pravidelně kontrolovat seřízení optimálních hodnot spalovacího poměru a funkci poměrových regulátorů tak, aby spalování zemního plynu probíhalo s minimálně nutným přebytkem spalovacího vzduchu. Při ohřevu spalovacího vzduchu v rekuperátorech, resp. regenerátorech vybavit pec regulací spalovacího poměru v závislosti na teplotě spalovacího vzduchu.

9. Pro zvýšení technické úrovně starších spotřebičů provádět jejich modernizace, při nichž se s relativně nízkými náklady docílí podstatného zlepšení parametrů pecí (výkonu, účinnosti, rovnoměrnosti teplot aj.). U vhodných projektů zvážit možnost EPC (Energy Performance Contracting). Pravidelně prověřovat nákupní ceny energií.

10. Pro zjištění aktuálních účinností spotřebičů provádět pravidelná měření pro sestavení tepelných bilancí, které slouží ke zjištění účinnosti spotřebičů.

Při dodržení těchto zásad je možno očekávat podstatné úspory energií a vysokou návratnost vložených prostředků.

8.5 Závěr úvodního posouzení nákladovosti tepelného zpracování u ocelových odlitků

Předložené šetření je třeba považovat za úvodní. Z materiálu je zřejmé, že část zjištěných podkladů nebyla dosud pro hodnocení plně využita. Také některé prověřované závislosti si vyžadují dodatečná šetření.

Skutečností je také, že časové kapacity řešitelského týmu nedávají možnost práci nyní vyčerpávajícím způsobem plně dokončit.

Očekáváme také přínosné reakce jak z oponentního řízení, tak i z připravovaného semináře.

9 NÁVRH DALŠÍHO POSTUPU

Při úvaze o dalším postupu se v první řadě musí prosazovat dokončení (dopracování) stávajících prací, které byly v PROJEKTU XIV rozpracovány.

9.1 Pokračování v rozpracovaných oblastech PROJEKTU XIV.

a) dořešení problematiky hledání závislostí na vytipovaných charakteristikách

Tam je třeba v první řadě pokračovat v posuzování „intensity“ stupně statistické závislosti u více případů. Tedy pokračovat v úvodních pracích jak ve slévárně G tak i ve slévárně F. Následně se vrátit k původní problematice osmi (respektive šesti) vstupních charakteristik. Dále rozpracovat problematiku kombinace dvou (respektive více) charakteristik. Podkladem k tomu je kombinovaná charakteristika *modulu a tvarového zařazení*.

b) problematika posuzování nákladovosti tryskání u litinových odlitků

Také tuto oblast nepovažujeme za ukončenou. Připusťme, že otázky posouzení stavu instalované tryskační techniky a její údržby jsou v prvním přiblížení vyřešené. Stejně tak i nástin problémů spojených s otázkami doby tryskání. Pak rozhodně se musíme pozastavit u naznačených otázek metodiky spotřeby abraziva. *Navržený postup stanovení jeho spotřeby je třeba ve slévárnách ověřit a podrobit kritické analýze.* Stejně tak je třeba formálně

kvantitativní spotřebu abraziva spojit s jeho kvalitou a tedy otázkami jeho jiné ceny. A tyto problémy se pokusit vtáhnout do problematiky celkové nákladovosti tryskání.

c) otázky spojené s nákladovostí tepelného zpracování

Tyto otázky byly v podobě nákladového sledování otevřeny prakticky poprvé. Bylo tedy možné očekávat, že *některé předpokládané závislosti a vazby neodpovídají úvodním předpokladům*. A to je třeba skutečně rigorózně prošetřit. Je také nezbytné se pokusit hledat „sblížení“ nákladové náročnosti v obou velice vhodně navržených pohledech na náklady TZ. Vykázané rozdíly jsou významné.

9.2 Pokračování v posuzování dalších výrobních fází apretace

Jako první je třeba věnovat pozornost fázi D. Odstranění nálitků a vtokové soustavy – viz výše text zprávy. A samozřejmě před námi stojí řešení následné E. Úprava plochy po upalování nálitků. Neřešili jsme dosud problémy F. Odstraňování vad, G. Zavařování vad. Dále H. Jemné broušení, I. Zažehlování svárů vad, J. Broušení svárů vad. Jako velice důležité se v hlavní výrobní fázi APRETACE jeví i řešení deponií. Rigorózní přístup zastánců čistého životního prostředí je zcela legitimní a je třeba se mu přizpůsobit. A nebyla dosud ani nastíněna otázka „základování“.

9.3 Vytvářené staronové problémy v oblasti výroby odlitků, které je možné s vyšším stupněm výpočetní techniky řešit podstatně efektivněji

Je třeba uvést, že nákladově stěžejní při výrobě odlitku je problematika tekutého kovu. Ta byla komplexně řešena před 14 léty. Tehdy byly sestaveny příslušné nákladové modely. Během uplynulých let výpočetní technika vykonala významný pokrok.

V tehdejší době, kdy byly náklady na měření (a zejména na sledování časových průběhů) vysoké, se jakékoliv detailnější měření a vyhodnocování nevyplácelo.

V současné době se situace do značné míry změnila /3/. Na trhu je celá řada měřicích systémů pro analogové a digitální vstupy. Výhodné jsou zejména ty, které se dají přes USB přímo připojit k počítači, na němž se pak naměřená data dále zpracovávají. Pro měření energií a dalších komponent je však specifické, že používané (standardně instalované) měřiče, především elektroměry, jsou vybavovány normalizovaným (tzv. S0) impulsním výstupem.

Moduly SDS jsou ve své podstatě malá PLC (Programmable Logic Controller) zařízení. Jsou na trhu již řadu let, a za tu dobu je používá velká řada uživatelů a firem. Je jimi možné sledovat všechna měřicí zařízení, které jsou vybavena impulsním výstupem. Zpravidla se jedná o elektroměry (jedna nebo více sazeb /tarifů), plynoměry, vodoměry atd.

Všechny moduly SDS (jsou dostupné ve více variantách) umožňují připojení několika měřičů energií vybavených impulsním výstupem. Výhodou je i možnost takto sledovat nejen energie, ale vedle toho i jiné veličiny, např. binární stavy kontaktů, či měřit teplotu analogovými čidly. Využití analogových vstupů přitom není omezeno jen na měření teploty, jejich prostřednictvím ale je možno sledovat jakoukoliv veličinu, převedenou na napětí. A je třeba zopakovat, že se jedná o relativně levné komponenty.

Nabízí se tedy možnost znovu se s využitím těchto nových prvků vrátit (po dořešení apretace) k problematice nákladovosti tekuté fáze.

10 SHRNUÍ A ZÁVĚR

Předkládaná práce v úvodních částech vychází z předcházejících šetření v oblasti apretace PROJEKTŮ XII a XIII.

Nejprve zevrubně popisuje hlavní rysy vyvinuté a následně použité metodiky řešení.

Po úvodních krocích v PROJEKTU XIV, to je rozšíření řešitelského týmu a doplnění dalších odlitků, se uvádí vybrané charakteristiky, které práce využívá.

V následně uváděných cílech práce se zaměřuje na pokračování hledání závislostí nákladů apretace na charakteristikách odlitků, posouzení nákladovosti tryskání u litinových odlitků a úvodní práce v tepelném zpracování ocelových odlitků.

Samozřejmě v práci nemohla chybět informace o řešitelských organizacích (pět sléváren, dva specialisté a studenti).

Poté se uvádí úvodní výsledky nákladovosti 15 litinových odlitků. Je konstatováno variační rozpětí od 0,74 Kč/kg do 11,23 Kč/kg, které je skutečně rozsáhlé.

Následně je stanoveno všech osm dříve vypočtených charakteristik pro výběrový soubor 15 litinových odlitků.

Nejprve jsou hledány závislosti v celkovém výběrovém souboru odlitků bez ohledu na jejich hmotnost. Tato cesta nevedla k cíli. Proto jsme se zaměřili pouze na deset odlitků první hmotnostní skupiny (do 500 kg). Tam se již ukázala statistická závislost jak nákladů na apretaci celkem, tak i vlastním tryskáním na modulu odlitku a i Brhel – Jelínkovu kritériu.

Dále byly zjištěny i nadějně výsledky u kombinovaného kritéria (modul*tvarové zařazení). Také byly získány podnětné výsledky u posuzování nelineárních závislostí.

Následně jsme se zaměřili na řešení stejného problému u výběrových souborů s větším počtem odlitků. Velice nadějně výsledky byly získány ve Slévárně G na výběrovém souboru 41 litinových odlitků téměř identického tvaru s hmotností od 6,3 kg do 105 kg.

Jiný přístup zvolila Slévárna F, který hledal možné závislosti u několika tisíců ocelových odlitků vyrobených v posledních čtyřech letech. Také zde byly konstatovány velice podnětné výsledky, které se v řadě případů ukázaly jako statisticky významné.

Prokázalo se tedy, že cesta hledání závislostí na vybraných charakteristikách je skutečně podnětná a je nezbytné se jí dále věnovat.

Další stěžejní oblast řešení se zaměřuje na nákladovost tryskání. Tryskání litinových odlitků se podílí od 21 do 48% z celkových NVN na apretaci. Dále se prokázalo, že náklady na abrazivo se na NVN tryskání podílí 40%. Osobní náklady 39% (ve zjednodušení doba tryskání) a el. energie 20%. A na tyto oblasti bylo zaměřeno naše šetření.

Nejprve jsme se orientovali na posouzení současného stavu tryskací techniky ve slévárnách. Při tomto šetření byla zjištěna řada nedostatků a problémů. Jeví se, že tryskače jsou spíše na „okraji“ zájmu sléváren. Slévárny prakticky ve všech případech akceptovaly navržená doporučení předložená specialistou.

Velice podrobně jsme se také věnovali otázkám stanovení spotřeby abraziva v jednotlivých slévárnách. Jednak jsme posoudili stávající způsoby jejich výpočtu na slévárnách. Pak jsme zhodnotili zkušenosti Sléváren F a G. Následně byla navržena metodika stanovování abraziva. V oblasti posuzování závislosti doby tryskání jsme zjistili velice zajímavou závislost na měrné energii.

Tato oblast byla poměrně detailně prošetřována, poněvadž očekáváme, že možný přínos může být snížení nákladů snad až na polovinu.

Oblasti tepelného zpracování ocelových odlitků jsme se věnovali prakticky poprvé. Jejich podíl z nákladů na apretaci (NVN-A) se pohybuje od 19 % do 41 % (od 1,1 Kč/kg do 3,1 Kč/kg). Je to tedy výrobní fáze velice významná.

K posuzování jsme přistupovali z pohledu hodnocených odlitků (metodou stanovení neúplných vlastních nákladů). Druhý pohled byl přes pece na tepelné zpracování.

Při šetření byla zjištěna řada zajímavých očekávaných a naopak překvapivých zjištění. Neprokázala se kupř. závislost nákladů (výběrový soubor činil pouze 7 odlitků) na počtu operací TZ. Stejně tak i závislost nákladů na plyny na počtu operací.

Při posuzování nákladů na TZ „přes jednotlivé pece“ jsme soustředili rozsáhlý faktografický materiál, který dosud nebyl zcela „vytěžen“. Úvodní zjištění rozsáhlého rozdílu mezi objemy pecí dosti „narušuje“ vzájemnou srovnatelnost výsledků. Tomu i odpovídají zjištěné nákladové rozdíly. První nákladová skupina od 0,3 do 0,90 Kč/kg a druhá od 1,1 do 1,54 Kč/kg. I zde se nám některé očekávané závislosti nepotvrdily. Zajímavá je kupříkladu závislost nákladů TZ na hmotnosti nákladů na jeden cyklus s minimem v oblasti 20 až 25 t.

Podobně jako u tryskacích zařízení i u pecí na TZ bylo provedeno detailní posouzení specialistou. To prokázalo řadu zajímavých podnětů a návrhů.

Pro tyto pece bylo zpracováno doporučení vedoucí k minimalizaci nákladů na palivo, které je z nákladového pohledu zcela majoritní.

V závěru práce bylo navrženo pokračování dalšího šetření v PROJEKTU XV. Nejprve by se měl řešitelský tým ještě soustředit na další šetření (dořešení) v oblastech PROJEKTU XIV. Dále je třeba se zaměřit na výrobní fáze výroby odlitku, které dosud nebyly posuzovány (F. Odstraňování vad, G. Zavařování vad, H. Jemné broušení, atd.). A posledním návrhem pokračování je věnovat se opět nákladově stěžejním výrobním fázím jako je kupříkladu tavení tekutého kovu. Nová a levná výpočetní technika nyní umožňuje jejich problémy efektivněji řešit, než to umožňovala situace před 14 lety.

Celkově lze výsledky PROJEKTU XIV hodnotit pozitivně a vytčené cíle považovat za splněné.

LITERATURA

- /1/ Kafka V., Herzán M., Jelínek P., Lána I., Lasák R., Novobilský M., Pazderková V., Poloková O., Staničková 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.
- /2/ Kafka V., Brhel J., Herzán M., Jelínek P., Lána I., Lasák R., Míča R., Novobilský M., Staničková G., Strouhalová M., Vyletová B.: Vypracování metodiky nákladového hodnocení apretace odlitků (II. Etapa), PROJEKT XIII, závěrečná zpráva, prosinec 2012, Česká slévárenská společnost Brno, s. 1- 60, tab.13, obr. 16, přílohy 5.
- /3/ Kuběna J.: K pokrokům ve výpočetní a registrační technice, listopad 2013, osobní sdělení.

SEZNAM ZKRATEK

CNC	Computer Numeric Control (číslicové řízení počítačem)
ČSS	Česká slévárenská společnost
DT	doba tryskání
EPC	Energy Performance Contracting
JMA	JIHOMORAVSKÁ ARMATURKA, spol. s r.o., Hodonín
KPS	Královopolská slévárna, s.r.o. Brno
LKG	litina s kuličkovým grafitem
LLG	litina s lupínkovým grafitem
MJ	metací jednotka
MN	materiálové náklady
NDT	nedestruktivní zkoušky
NVN	neúplné vlastní náklady
NVN-A	neúplné vlastní náklady - výrobní (skupina A)
PLC	Programmable Logic Controller
PXII	PROJEKT XII
PXIII	PROJEKT XIII
PXIV	PROJEKT XIV
R	koeficient korelace
R2	koeficient determinace
Rz	Parametr drsnosti
ŘS	řídící systém
SA	stupeň výsledné kvality povrchu
SAR	skutečná spotřeba abraziva za rok
SMA	SLÉVÁRNA A MODELÁRNA NOVÉ RANSKO, s.r.o., Nové Ransko
SNA	spotřeba nového abraziva
TR	tryskací zařízení
TZ	tepelné zpracování
VO	větrný odlučovač
VV	výmetný výkon
ZN	zpracovací náklady

SEZNAM TABULEK

Tab. 5.2: Vybrané charakteristiky odlitků.....	11
Tab. 5.4: Koeficienty korelace posuzovaných závislostí u NVN apretace a tryskání.....	12
Tab. 5.6: Koeficienty determinace R^2 pro závislost $NVN = f_c(\text{kritéria})$	18
Tab. 5.7: Testované charakteristiky v Projektu	21
Tab. 7.2: Maximální zatížení metacích kol.....	41
Tab. 7.4: Spotřeba abraziva u ocelových a litinových odlitků.....	45
Tab. 7.5: Ukázka čtvrtletního hodnocení tryskacích dat.....	51
Tab. 7.6: Shrnutí metodik stanovování spotřeby abraziva	52

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 2.1: ZNÁZORNĚNÍ POSUZOVANÝCH OCELOVÝCH ODLITKŮ A VYBRANÝCH CHARAKTERISTIK.....	6
OBR. 2.2: ZNÁZORNĚNÍ POSUZOVANÝCH LITINOVÝCH ODLITKŮ A VYBRANÝCH CHARAKTERISTIK.....	7
OBR. 2.3: HISTOGRAM ČETNOSTI NEJMENŠÍCH KVÁDRŮ OCELOVÝCH ODLITKŮ	9
OBR. 2.4: HISTOGRAMY ČETNOSTI NEJMENŠÍHO KVÁDRU U LITINOVÝCH ODLITKŮ	9
OBR. 5.1: HISTOGRAM ČETNOSTI NÁKLADŮ NA APRETACI U LITINOVÝCH ODLITKŮ.....	11
OBR. 5.2: ZÁVISLOST NVN TRYSKÁNÍ NA MODULU ODLITKŮ (10 LITINOVÝCH ODLITKŮ).....	14
OBR. 5.3: ZÁVISLOST NVN TRYSKÁNÍ NA BRHEL-JELÍNKOVU KRITÉRIU (10 LITINOVÝCH ODLITKŮ).....	14
OBR. 5.4: ZÁVISLOST NVN APRETACE LITINOVÝCH ODLITKŮ NA JEJICH MODULU (10 ODLITKŮ).....	15
OBR. 5.5: ZÁVISLOST NVN APRETACE NA BRHEL-JELÍNKOVU KRITÉRIU (10 ODLITKŮ)	15
OBR. 5.6: ZÁVISLOST NÁKLADŮ APRETACE NA SOUČINU MODULU A TVAROVÉHO KRITÉRIA.....	17
OBR. 5.7: ZÁVISLOST NÁKLADŮ APRETACE NA HRUBÉ HMOTNOSTI ODLITKŮ	18
OBR. 5.7A: VZOROVÝ ODLITEK SLÉVÁRNÝ G.....	16
OBR. 5.8: ZÁVISLOST NÁKLADŮ APRETACE ODLITKŮ NA JEJICH MODULU.....	19
OBR. 5.9: ZÁVISLOST NÁKLADŮ APRETACE ODLITKŮ NA OBJEMU KVÁDRU	19
OBR. 5.10: ZÁVISLOST NÁKLADŮ APRETACE ODLITKŮ NA BRHELOVU KRITÉRIU.....	19
OBR. 5.11: ZÁVISLOST NÁKLADŮ APRETACE ODLITKŮ NA BRHEL -JELÍNKOVU KRITÉRIU.....	20
OBR. 5.12: ZÁVISLOST NÁKLADŮ ODLITKŮ NA HERZÁNOVU KRITÉRIU.....	20
OBR. 5.13: ZÁVISLOST NÁKLADŮ APRETACE NA SKUPINÁCH HRUBÉ HMOTNOSTÍ ODLITKŮ.....	22
OBR. 5.14: ZÁVISLOST PRŮMĚRNÝCH NÁKLADŮ APRETACE NA ZAŘAZENÍ ODLITKU DO SKUPINY DLE JEHO TVARU	23
OBR. 5.15: ZÁVISLOST SKUTEČNÝCH NÁKLADŮ APRETACE NA ZAŘAZENÍ ODLITKU DO SKUPINY DLE JEHO TVARU	23
OBR. 5.16: ZÁVISLOST SKUTEČNÝCH NÁKLADŮ APRETACE NA HRUBÉ HMOTNOSTI ODLITKU	24
OBR. 5.17: ZÁVISLOST SKUTEČNÝCH NÁKLADŮ APRETACE NA MODULU ODLITKU.....	24
OBR. 5.18: ZÁVISLOST SKUTEČNÝCH NÁKLADŮ APRETACE NA OBJEMU KVÁDRU U ODLITKU.....	25
OBR. 5.19: ZÁVISLOST SKUTEČNÝCH NÁKLADŮ APRETACE NA BRHELOVĚ KRITÉRIU	25
OBR. 5.20: ZÁVISLOST SKUTEČNÝCH NÁKLADŮ APRETACE NA BRHEL-JELÍNKOVĚ KRITÉRIU	26
OBR. 7.1: HISTOGRAM ČETNOSTI NÁKLADŮ NA TRYSKÁNÍ U LITINOVÝCH ODLITKŮ.....	28
OBR. 7.2: HISTOGRAM ČETNOSTI STÁŘÍ TRYSKACÍCH JEDNOTEK.....	43
OBR. 7.3: ZÁVISLOST DOBY TRYSKÁNÍ NA MĚRNÉ ENERGII TRYSKACÍCH ZAŘÍZENÍ KATEGORIÍ S ROTACÍ DÍLCE OKOLO SVISLÉ OSY.....	43
OBR. 7.4: HISTOGRAM ČETNOSTI SPOTŘEBY OCELOVÝCH BROKŮ U ODLITKŮ Z OCELI.....	46
OBR. 7.5: HISTOGRAMY ČETNOSTI NÁKLADŮ NA OCELOVÉ BROKY U ODLITKŮ Z OCELI	46
OBR. 7.6: NAZNAČENÍ KORELACE SPOTŘEBY BROKŮ V ČASOVÉ JEDNOTCE A SPOTŘEBY NA ODLITEK	47
OBR. 7.7: ZÁVISLOST SPOTŘEBY ABRAZIVA NA ODLITEK NA JEHO SPOTŘEBĚ V ČASE.....	48
OBR. 7.8: ZRNITOST ABRAZIVA.....	49
OBR. 8.6: HISTOGRAM ČETNOSTI NÁKLADŮ TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ	55
OBR. 8.7: ZÁVISLOST NVN- A TZ NA POČTU OPERACÍ.....	55
OBR. 8.8: ZÁVISLOST NÁKLADŮ NA PLYNY NA POČTU OPERACÍ.....	56
OBR. 8.9: HISTOGRAM ČETNOSTI NÁKLADŮ NA TZ	59
OBR. 8.10: ZÁVISLOST NÁKLADŮ NA TZ NA PRŮMĚRNÉ TECHNICKÉ TEPLITĚ.....	59
OBR. 8.11: ZÁVISLOST NÁKLADŮ NA TZ NA PRŮMĚRNÉ HMOTNOSTI ODLITKŮ NA JEDEN CYKLUS.....	60
OBR. 8.12: ZÁVISLOST NÁKLADŮ NA TZ NA VYUŽITÍ OBJEMU PECE	60
OBR. 8.13: ZÁVISLOST NÁKLADŮ NA TZ NA VYUŽITÍ MAX. ZATÍŽENÍ PECE.....	60

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1 - viz CD ROM

O.11 Skříň 1
O.12 Skříň 2
O.13 Tischgehause
O.14 Těleso ZETA
O.15 Odlitek 1
O.16 Odlitek 2
O.17 Příčnick
O.18 Lože
O.19 Coppa olio
O.20 Karter
O.21 Laterne
O.22 Rám
O.23 Čep
O.24 Vnitřní skříň
O.25 Těleso šoupátka
O.26 Klapka
O.27 Příruba dolní
O.28 Transportní cívka

PŘÍLOHA 2 - viz CD ROM

1a Popis pracovních úkonů pro odlitek O
Tab. 5.1 - Neúplné vlastní náklady posuzovaných litinových odlitků
Tab. 5.3 - Posuzované charakteristiky litinových odlitků, NVN apretace
Tab. 5.5 - Charakteristiky odlitků ve Slévárně G
Tab. 7.1 - Náklady na tryskání litinových odlitků
Tab. 7.3 - Vybrané charakteristiky použitých tryskacích zařízení
Tab. 8.1 - NVN-A - Tepelné zpracování ocelových odlitků
Tab. 8.2 - Podklady k hodnocení žihacích pecí ve slévárnách

PŘÍLOHA 3 - viz CD ROM

Odlitky Projektu XIV

PŘÍLOHA 4 - viz CD ROM

Informace o řešitelských organizacích v Projektu XIV

PŘÍLOHA 5 - viz CD ROM

Obr.8.1 až 8.5:Diagramy tepelného zpracování

Název: VÝVOJ NÁKLADOVÉHO HODNOCENÍ APRETACE ODLITKŮ (III. etapa)
Seminář

Autor: kolektiv autorů

Vydavatel: Česká slévárenská společnost – člen ČSVTS Praha

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

Vydání: 1.

Rok vydání: 2014

Počet výtisků: 30

Vytiskla: Česká slévárenská společnost (vlastním nákladem)

Vazba: brožová

Poznámka: Neprošlo jazykovou úpravou

ISBN 978-80-02-02519-1