

VÝVOJ NÁKLADOVÉHO HODNOCENÍ APRETACE ODLITKŮ (VI. etapa) PROJEKT XVII



Sborník přednášek

Seminář XVI, Slévárny Třinec, a.s., Dolní Lomná 7. 3. 2017

Koordinátor:

Doc. Ing. Václav Kafka, CSc.

Řešitelé:

p. Miroslav Herzán

Ing. Pavel Jelínek

Ing. Ivo Lána, Ph.D.

p. Reinhold Lasák

Bc. Roman Miča

Ing. Ervin Marko

Ing. Marcel Novobilský

Ing. Josef Obrtlík

Doc. Ing. Ivo Špička, Ph.D.

Mgr. Ing. Tomáš Tykva

Ing. Radek Vítek

Ing. Martina Závrbská

Dále spolupracoval:

Josef Obrtlík

HAMAG, spol. s r.o., Zlín
JIHOMORAVSKÁ ARMATURKA, spol. s.r.o., Hodonín
MOTOR JIKOV Slévárna a.s., České Budějovice
SLÉVÁRNA A MODELÁRNA NOVÉ RANSKO, s.r.o., Nové Ransko
SLÉVÁRNY TŘINEC, a.s., Třinec
Techconsult Praha s.r.o.
VÍTKOVICKÉ SLÉVÁRNY, spol. s.r.o., Ostrava
VŠB-TU OSTRAVA, Business Intelligence. s. r. o.
ŽŽAS, a.s., Žďár nad Sázavou

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

BŘEZEN 2017

Obsah

1	Úvod	5
2	Výchozí situace PROJEKTU XVII	5
2.1	Zevrubný popis použité metodiky stanovení nákladů.....	6
2.2	Vytvoření řešitelského týmu PROJEKTU XVII.....	6
3	Cíle PROJEKTU XVII	6
4	Informace o řešitelských organizacích v PROJEKTU XVII.....	7
5	Tryskání odlitků	7
5.1	Východiska z PROJEKTU XVI	7
5.2	Práce provedené v této oblasti v PROJEKTU XVII.....	7
5.2.1	Zavedení přídavného zařízení v TOS Čelákovice.....	7
5.2.2	Zavedení přídavného zařízení ve slévárně G	7
5.2.3	Zavedení přídavného zařízení ve slévárně M	8
5.2.4	Shrnutí výsledků v oblasti rozšiřování DSTP ve slévárnách	9
6	Pokračování prací v oblasti tepelného zpracování ocelových odlitků.....	9
6.1	Východiska z PROJEKTU XVI	9
6.2	Šetření v oblasti TeZ prováděná v PROJEKTU XVII.	11
6.2.1	Úvodní zadání pro hledání matematického vztahu	11
6.2.2	Cesty k získání nákladového modelu TeZ.....	13
6.2.3	Vývoj nákladového modelu TeZ s využitím statistických metod	13
6.2.3.1	Příprava výběrových souborů cyklů TeZ v šetřených slévárnách	13
6.2.3.2	Provedení mnohonásobné korelace hledané závislosti.....	14
6.2.3.3	Úvodní porovnání výsledků nákladové rovnice se skutečností	16
6.2.3.4	Možnosti využití získané nákladové rovnice v provozní praxi	16
6.2.4	Hledání matematického vztahu vycházejícího z analytických podkladů pecí na TeZ a tepelných konstant.....	18
6.2.5	Shrnutí výsledků současného stavu tepelného zpracování ocelových odlitků.....	19
7	Tepelné zpracování slitin hliníku	19
8	Problematika odstraňování nálitků.....	20
8.1	Dílčí šetření odstraňování nálitků – oddělování nálitků o \varnothing 200 mm.....	20
8.1.1	Získávání dat a jejich úprava.....	21
8.1.2	Vlastní porovnání získaných výsledků.....	22
8.1.3	První skupina - odlitky z oceli a LKG a nálitky o \varnothing 150 až 220 mm	22
8.1.3.1	Hodnocení časové náročnosti operace odstraňování nálitků	22
8.1.3.2	Hodnocení nákladové náročnosti operace odstraňování nálitků.....	23
8.1.4	Druhá skupina – odlitky z LLG, LKG, a slitin hliníku a mědi.....	24

8.1.4.1	Oddělování nálitků pro odlitky z LLG	24
8.1.4.2	Oddělování nálitků u odlitků z LKG	25
8.1.4.3	Oddělování nálitků pro barevné kovy	25
8.1.5	Shrnutí získaných výsledků.....	25
8.2	Odstraňování nálitků z pohledu ročních nákladů	25
8.2.1	Podrobnější informace ke sledovaným slévárnám	26
8.2.2	Co naznačují získané roční údaje	28
8.2.2.1	Vzájemné porovnání oddělování nálitků ve slévárnách.....	28
8.2.2.2	Pokus o porovnání trendů u jednotlivých sléváren	30
8.2.2.3	Shrnutí ročního porovnání nákladů na oddělování nálitků	30
9	Posuzování výrobní fáze broušení odlitků v rámci ročního porovnání	30
9.1	Metodický postup posuzování nákladovosti broušení odlitků.....	30
9.1.1	Podrobnější informace ke sledovaným slévárnám	31
9.2	Úvodní zjištění v oblasti nákladovosti broušení odlitků.....	33
9.2.1	První výsledky nákladového posuzování.....	33
9.2.1.1	Porovnání nákladů na broušení odlitků a skladby brusíčských prací.....	33
9.2.1.2	Pokus o porovnání trendů u jednotlivých sléváren	34
9.2.1.3	Shrnutí porovnání nákladů na broušení odlitků	34
10	Problematika sběru dat ve slévárnách	34
11	Návrh dalšího postupu v řešení PROJEKTU XVIII	35
12	Shrnutí a závěr	36
13	Literatura	38
14	Seznam zkratk	39
15	Přílohy – viz CD ROM	40
15.1	Příloha 1	40
15.2	Příloha 2	40
15.3	Příloha 3	40
15.4	Příloha 4	40
15.5	Příloha 5	40
15.6	Příloha 6	40
15.7	Příloha 7	40
15.8	Příloha 8	41
15.9	Příloha 9	41

1 Úvod

Odborná komise ekonomická ČSS od r. 2000 nákladově posuzuje jednotlivé hlavní fáze výroby odlitků. Cílem je postupně podrobit všechny výrobní stupně nákladové analýze a následně vytvořit nákladové modely, které umožní stanovit nákladovou náročnost konkrétního odlitku.

Již šestým rokem se věnujeme oblasti apretace odlitků. V předložené studii řešitelský tým dokončuje posuzování mechanického čištění (tryskání) u litinových a ocelových odlitků.

A také postupujeme v řešení otázek tepelného zpracování ocelových odlitků. Dále se věnujeme hodnocení oblasti oddělování nálitků a začínáme s problematikou broušení odlitků.

V předložené práci nechceme pokud možno opakovat zjištěné skutečnosti z minulých PROJEKTŮ, které se otázkám apretace věnovaly. Pokud je to nezbytné, pak se na výsledky zjištěné v předcházejících PROJEKTECH odvoláváme.

2 Výchozí situace PROJEKTU XVII

Otázkám apretace odlitků se věnujeme, jak bylo vzpomenuto, již šesti studii. 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 PXIII zaměřili na systematické hodnocení jednotlivých dílčích výrobních fází apretace. Hlavním posláním PXIII bylo hledat cesty, které by vedly ke snížení nákladovosti u mechanického čištění (tryskání) odlitků. A dále se dopracovat k charakteristickým hodnotám, které by co nejpřesněji vystihovaly povrchové, hmotnostní a tvarové odlišnosti posuzovaných odlitků. Zaměřili jsme se zejména na otázky tryskání u ocelových odlitků. Dále bylo definováno osm charakteristických hodnot odlitků. S těmi jsme následně posuzovali závislosti na nákladech apretace.

V navazujícím PROJEKTU XIV /1/ jsme analyzovali hlavní vlivy, které rozhodujícím způsobem ovlivňují nákladovou náročnost mechanického čištění (tryskání) u litinových odlitků. Dále jsme zahájili práce na analýze nákladů na tepelné zpracování ocelových odlitků.

V pokračujícím PROJEKTU XV /2/ jsme v první řadě zařadili do souborů odlitků, včetně jejich charakteristik a nákladových atributů dosud posuzovaných v PROJEKTECH, odlitky nově zapojených sléváren. Pro nové odlitky jsme stanovili jejich charakteristiky a nákladové atributy. Nově jsme posoudili rozšířené soubory charakteristik odlitků včetně jejich možných závislostí na nákladovosti. U tryskání odlitků jsme se dopracovali k ukazateli jednotkové spotřeby abraziva vztaženého na příkon turbíny. Významný krok byl proveden u tepelného zpracování odlitků. Tam jsme na souboru žíhacích pecí účastněných sléváren porovnali náklady na tepelné zpracování celkem a prokázali zásadní vliv dvou účinnostních parametrů na nákladovost.

V pokračujícím PROJEKTU XVI /3/ se dokončil vývoj přídatného zařízení DÁLKOVÉ SLEDOVÁNÍ TRYSKACÍHO PROCESU – **DSTP**. V oblasti tepelného zpracování se podařilo u 17 dílčích výběrových souborů porovnat nákladovost u normalizace, popouštění

a kalení. Práce u tepelného zpracování přinesly nejen některé zajímavé podněty, ale i řadu nových otázek.

Následně jsme se ve studii alespoň v úvodním naznačení dotkli problematiky tepelného zpracování slitin hliníku ve slévárně D.

V závěrečné stati jsme se zaměřili na okruh oddělování nálitků. Z pěti sléváren byly získány informace o metodách oddělování nálitků. V této stati byly soustředěny zajímavé údaje o aplikaci diamantových řezných kotoučů a jejich porovnání s klasickými aluminiumoxidovými kotouči ze slévárny G.

2.1 Zevrubný popis použité metodiky stanovení nákladů

Tato problematika je nastíněna v **PŘÍLOZE 1**.

V PROJEKTU XVII jsme se v první řadě, jako vždy, zaměřili na vytvoření řešitelského kolektivu.

2.2 Vytvoření řešitelského týmu PROJEKTU XVII

Od ukončení předcházejícího řešení – v našem případě PROJEKTU XVI – prakticky začíná tvorba nového pracovního týmu. Tým se vytvořil ze zástupců sléváren HAMAG, spol. s r.o., JIHOMORAVSKÉ ARMATURKY, spol. s r.o., (JMA Hodonín), MOTOR JIKOV SLÉVÁRNA, a.s., SLÉVÁRNA A MODELÁRNA NOVÉ RANSKO, s.r.o. (SAM), SLÉVÁRNY TŘINEC, a.s., VÍTKOVICKÉ SLÉVÁRNY, s.r.o. a ŽĐAS, a.s., a organizací VŠB-TU Ostrava, Business Intelligence, s. r. o., Techconsult Praha s.r.o. Řešitelský tým byl tedy tvořen koordinátorem, dvanácti řešiteli a spolupracujícími studenty.

Samozřejmě jako každým rokem probíhala jednání s dalšími slévárnami o jejich účasti v řešení. Nebyla však úspěšná.

Dále budeme definovat cíle PROJEKTU XVII.

3 Cíle PROJEKTU XVII

Na základě závěrů PROJEKTŮ XII, XIII, XIV, XV a XVI si řešitelský kolektiv pro PROJEKT XVII vytkl následující cíle.

V oblasti tryskání odlitků bylo možné navázat na vývojové práce na přídatném zařízení. Seznámit s jeho funkcí řešitelský kolektiv a pokusit se o jeho rozšíření do dalších sléváren.

U tepelného zpracování jsme si vytkli za cíl vytvoření nákladového modelu, který by umožnil kvantifikovat náklady na hlavních aspektech tepelných režimů.

U oddělování nálitků jsme plánovali dokončení úvodních prací v oblasti zkoumání nákladovosti odstranění typového nálitku. A dále se pokusit o hodnocení oddělování nálitků s využitím komplexních dat slévárny.

Dále jsme měli v záměru provedení prvních kroků v oceňování nákladovosti broušení odlitků.

4 Informace o řešitelských organizacích v PROJEKTU XVII

Informace o řešitelských organizacích byly uvedeny v PROJEKTU XIV /1/ a PXV /2/ a PXVI /3/. Informace o nově zapojených slévárnách do PROJEKTU XVII slévárna HAMAG, spol. s r.o. a MOTOR JIKOV SLÉVÁRNA, a.s. jsou uvedeny v **Příloze 2**. Následně se zaměříme na vlastní řešení.

5 Tryskání odlitků

5.1 Východiska z PROJEKTU XVI

V oblasti tryskání se podařilo ve slévárně G docílit velice zajímavého zavedení motivačního systému u osádek na abrazivu. Docílená úspora – přes 300 000 Kč za pět čtvrtletí – byla pozoruhodná.

Podařilo se dokončit vývoj přídavného zařízení **DSTP**. To poskytuje střednímu managementu slévárny detailní informace o stupni vytížení stroje. Dává základní údaje o dobách tryskacího cyklu. A nabízí také data o nákladech tryskání a to jak materiálových, tak i nákladech na hodinu tryskání. Výčet je doplněn snad nejdůležitější informací **JSA** (jednotnou spotřebou abraziva), která je jistým způsobem hlavním ukazatelem efektivnosti práce tryskacího stroje. Zařízení je zkušebně v ČR v jedné slévárně provozováno. Bohužel byť **DSTP** je relativně levné řešení (30 000 – 40 000 Kč) tak zájem v českých slévárnách je spíše ojedinělý. Oproti situaci třeba v Německu, kde je avizovaný zájem v desítkách kusů ročně.

5.2 Práce provedené v této oblasti v PROJEKTU XVII

5.2.1 Zavedení přídavného zařízení v TOS Čelákovice

Přídavné zařízení bylo v této slévárně úspěšně instalováno. Poněvadž tato slévárna se nezařadila mezi řešitelské slévárny PROJEKTU XVII tak bohužel nejsou bližší informace o jeho provozování.

5.2.2 Zavedení přídavného zařízení ve slévárně G

Ve slévárně bylo instalováno v srpnu 2016 a během dalšího měsíce se upravoval aplikační program podle požadavků provozu. **DSTP** se v této slévárně mírně odlišuje od standardního zapojení popsaného v PXVI.

Slévárna tímto zařízením monitoruje a vyhodnocuje tři různé tryskací stroje: tryskací stroj TMZ 12.25 a dva stroje PT 63, dle následujícího schématu:

- turbína 1: monitoruje a vyhodnocuje horní turbínu tryskače TMZ 12.25,
- turbína 2: monitoruje a vyhodnocuje spodní turbínu tryskače TMZ 12.25,
- turbína 3: monitoruje a vyhodnocuje turbínu tryskače PT 63, pořadové číslo 1,
- turbína 4: monitoruje a vyhodnocuje turbínu tryskače PT 63, pořadové číslo 2.

Z výše uvedeného plyne, že závěsný tryskač TMZ 12.25 je vybaven dvěma turbínami a tryskače PT 63 mají každý po jedné turbíně. Toto vše vyhodnocuje jedno zařízení **DSTP**. Z tohoto důvodu muselo být upraveno i statistické vyhodnocování průběhu tryskání. V původním provedení **DSTP** se vyhodnocují všechny 4 turbíny dohromady, neboť je zde napojen jeden tryskací stroj se 4 turbínami. V upravené verzi report statistika uvádí parametry tryskání pro každý stroj (turbínu) samostatně.

Slévárna používá získaných výsledků pro odměňování obsluh tryskačů a motivační program popsany v PXV. Jedním ze sledovaných kritérií motivace je zatížení motorů turbín. Před instalací **DSTP** zjišťoval zatížení určený technik návštěvou u stroje. Nyní lze hodnotu zatížení zjistit přímo v reportu statistiky.

Před zavedením **DSTP** se nedala zjistit průměrná doba tryskání, nyní je ve slévárně dokonalý přehled o tryskacích časech díky **DSTP**.

Slévárna z nabízených reportů prozatím využívá statistická hodnocení tryskacího procesu pro motivační program. Vyhodnocení se provádí 1×týdně. Další možnosti reportů, zejména náklady na tryskání, budou využívány později.

V **PŘÍLOZE 3** uvedené skutečnosti doplňují obrázky:

Obr. 5.1: Příklad statistického vyhodnocení tryskacího procesu za 46. týden r. 2016, který zachycuje zpracování podkladů pro motivační program – zatížení turbín a doba tryskání dle tryskačů,

Obr. 5.2: Příklad vyhodnocení tryskače TMZ 12.24,

Obr. 5.3: Příklad vyhodnocení tryskače PT 63, p. č. 1,

Obr. 5.4: Příklad vyhodnocení tryskače PT 63, p. č. 2.

Znalost průměrné doby tryskání lze využít při zkouškách nových tryskacích materiálů. V nabídkách nových abraziv bývá uveden mimo jiné lepší čistící účinek. Díky tomu, je možné zkrátit dobu tryskání. Se zařízením **DSTP** je možné toto tvrzení lehce ověřit v podmínkách konkrétní slévárny. Nasadíme nové abrazivo, dostatečně dlouhou dobu (doporučuji 4-6 měsíců), a zařízení **DSTP** za toto období vyhodnotí průměrnou dobu tryskání. Porovnáním takto zjištěné doby s průměrnou dobou tryskání u původního abraziva jednoznačně můžeme určit, které abrazivo vykazuje lepší čistící účinek.

5.2.3 Zavedení přídatného zařízení ve slévárně M

Slévárna disponuje zařízením k dálkovému sledování tryskacího procesu u tryskače DISA DTC 2. Zařízení zaznamenává výkon na jednotlivých turbínách tryskače a data přenáší na server pomocí datového připojení kabelem LAN – viz **obr. 5.5, 5.6 a 5.7 v PŘÍLOZE 3**.

Program pracuje ve dvou režimech. Prvním je měření, kdy se vytváří aktuální historie tryskání (program ukládá data po určitých intervalech). Druhým je reporting. V této části si může uživatel zobrazit určité období a vyhodnotit práci turbín a tryskací časy. Z poměru doby tryskání a manipulace lze vyhodnotit využití stroje.

a) Stávající využití DSTP ve slévárně M

Zařízení bylo ve slévárně nainstalováno zejména ke kontrole tryskání a hodnocení využití stroje v průběhu směn. Cílem je snížit prostoje stroje zejména o víkendech, kdy nejsou ve slévárně přítomni mistři a pracovníci, tedy nejsou „pod dozorem“.

Po konzultaci s vedoucím výroby, slévárna M vyloučila možnost zvýšení využívání tryskače alespoň na 60 % z nynějších 42 %. Toto rozhodnutí bylo uskutečněno v důsledku složité manipulace s odlitky a měnícím se sortimentem výroby. Zjednodušeně lze říci, že slévárna M není schopna připravit odlitky k tryskání dostatečně rychle. V budoucnu se plánují investice do ukončení linky a spojení procesu vytloukání s tryskáním do kontinuálního procesu. Po těchto investicích bude zařízení hrát velkou roli v plánování výroby.

b) Možnosti dalšího využití DSTP

Sledování procesu lze využít k více činnostem. Jedním z nich je nastavení a znormování tryskání u jednotlivých odlitků a posouzení ekonomiky procesu. Tento výpočet je však podmíněn znalostí hmotnosti tryskané dávky. Ve slévárně nejsou v současné době schopni každou bednu s odlitky zvážit a nemohou tento výpočet využít.

S návazností na Průmysl 4.0 lze zařízení využít v dalším informačním systému slévárny. Eventuálně vytvořit samostatný program propojený s počítačem technika nebo vedoucího údržby, který by mohl sledovat výkon turbín. Úpravou softwaru by program mohl sám hlásit, zda se výkon turbín neodchyluje od standardního nastavení:

- náhlé snížení výkonu na jedné z turbín signalizuje poruchu v oběhu abraziva nebo turbíny,
- snížení výkonu všech turbín po určité době signalizuje nedostatek abraziva.

V současné době již není vzácné, že program kontaktuje pověřeného pracovníka např. pomocí SMS zprávy. Tímto krokem se mohou snížit prostoje ve slévárně, kdy se operátor snaží sehnat údržbáře.

5.2.4 Shrnutí výsledků v oblasti rozšiřování DSTP ve slévárnách

Na aplikaci přídatného zařízení v dalších slévárnách se opět prokázalo praktické využití tohoto řešení. Také je zřejmé, že stávající uplatnění funkcí DSTP bude v budoucnu rozsáhlejší. Je však otázkou, proč nedochází k podstatnému rozšíření jeho aplikace v českých slévárnách tak jako je to v Německu.

6 Pokračování prací v oblasti tepelného zpracování ocelových odlitků

6.1 Východiska z PROJEKTU XVI

Je třeba říci, že oblasti tepelného zpracování odlitků jsme v předcházejícím PROJEKTU XVI věnovali převažující část prostoru (cca 35 stran).

Podařilo se u 17 dílčích výběrových souborů porovnat nákladovost u normalizace, popouštění a kalení. Výběrové soubory se pohybovaly od 7 do 30 cyklů. Přes konstatovanou odlišnost u porovnávaných režimů v různých slévárnách se podařilo

doložit, že nákladovost na identických žíhacích pecích v jedné slévárně je prakticky shodná. To dokladují výsledky u normalizace a prakticky i u popouštění na pecích 1, 2 a 3 ve slévárně F. To je velice pozitivní výsledek, byť to bylo teoreticky očekávané.

Dále jsme si potvrdili, že v podmínkách stejné slévárny na jednotlivých pecích existuje statisticky významná závislost mezi měrnými náklady spotřeby plynu a vsázkou v peci. Tato závislost byla prokázána prakticky ve všech posuzovaných výběrových souborech. Bylo zjištěno, že (měřeno koeficientem determinace) se intenzita této závislosti pohybuje mezi 70 až 80 %. To považujeme za velice důležitou informaci. V jednotlivých slévárnách bylo prováděno vzájemné porovnání mezi režimy TeZ. Podobně byly stejné režimy TeZ srovnávány mezi různými slévárnami. Přestože jsme byli vůči těmto porovnáním velice obezřetní, objevil se u režimu normalizace ve slévárně E námět, který by bylo možné využít i v dalších slévárnách. U pece 1, která má nejnižší nákladovost normalizace ze všech sléváren zařazených ve sledování (0,69 Kč/kg), před touto operací odstraňují nálitky. Je to odlišné od praxe v jiných slévárnách, kdy k tomu dochází až po normalizaci.

Zajímavé výsledky přineslo sledování provedené v závěru roku 2015 s využitím rozsáhlých výběrových souborů až o stovkách cyklů ze slévárny F a jednoho souboru ze slévárny C. Ty nám mimo jiné prokázaly existenci statisticky významné závislosti celkové spotřeby plynu na pec na délce cyklu a na teplotě prodlevy.

Zajímavá zjištění naznačilo šetření ze slévárny C u normalizace zaměřené na oddělené sledování spotřeby plynu na náhřev a výdrž.

Provedená šetření v oblasti TeZ upozornila na pozoruhodné možnosti nákladových úspor. Tyto podněty vzešly zejména z porovnání nákladů pro stejnou hmotnost vsázky.

Práce u tepelného zpracování přinesly nejen zajímavé podněty, ale i řadu nových otázek. Kupříkladu zda půjde u TeZ uplatnit některá z forem motivace osádky, atd. Na těch budeme chtít pracovat v následujících letech.

Zajímavé také bylo, jak jsme se v závěru r. 2015 dívali na pokračování řešení problematiky TeZ.

V oblasti tepelného zpracování oceli jsme chtěli pokračovat v rozpracovaných oblastech z PROJEKTU XVI. Tedy sledovat závislosti spotřeby plynu na délce náhřevu, teplotě a době výdrže a dalších aspektech. Samozřejmě pokusit se dokončit šetření v oblasti „rozsáhlých souborů“. Chtěli jsme se vrátit k možnému dalšímu posuzování nákladovosti mezi slévárnami. V úvahu také připadala možná operativní hodnocení jednotlivých cyklů tepelného zpracování v oblasti nákladů. Uvažovali jsme také zaměřit se na možnost prověření motivačního systému na obsluhu. Ten se nám osvědčil u tryskání v podmínkách slévárny G. Tady jsme zvažovali motivovat zejména ty pracovníky, kteří mohou ovlivnit ekonomiku tepelného zpracování. Dle zodpovědnosti za uložení vsázky do pece to může být žihač, technolog nebo mistr. Jako kritéria jsme uvažovali hlavně množství plynu (náklady) na 1 tunu vsázky, případně množství plynu (náklady) na konkrétní diagram tepelného zpracování.

Také jsme se chtěli vrátit k původnímu námětu ing. Michala Fíka o možném zkrácení doby prodlevy.

Tématem pro práce v PROJEKTU XVII mohlo být také vyvinutí modelu stanovení nákladů výpalu na konkrétní pec. Po zadání teploty, hmotnosti, délky cyklu a nákladové konstanty pro konkrétní zařízení, jsme uvažovali o získání modelem stanovených nákladů na „výpal celkem“ a na kg hrubé hmotnosti odlitků. Očekávané náklady jsme uvažovali porovnat se skutečnými a následně vyhodnotit vzniklou odchylku.

Znalost modelových nákladů před zahájením výpalu jsme předpokládali využít také k rozhodovacím procesům vedoucím k:

- pozdržení výpalu a doplnění vsázky,
- provedení výpalu v jiné žíhací peci,
- případné akceptování vysokých nákladů z důvodů návaznosti na další technologické operace nebo termínu dodání hotových odlitků zákazníkovi.

Obecně bychom tedy pracovali zejména s těmito faktory ovlivňující náklady výpalu:

- teplota, která je technologicky daná, u níž bude asi nízká možnost zásahu,
- délka cyklu- tam jsme se chtěli zaměřit na možné zkracování prodlevy a snad i nájezdu (zvýšení rychlosti ohřevu),
- hmotnost vsázky – zde je jednoznačná snaha o její maximalizaci.

Máme prokázáno, že mírné zvýšení nákladů na výpal má za následek prudký pokles měrných nákladů.

Dodejme, že se nabízelo vytvoření nové sdružené charakteristiky kupříkladu součinu hmotnosti a délky cyklu.

6.2 Šetření v oblasti TeZ prováděná v PROJEKTU XVII.

Stejně jako u minulých PROJEKTŮ, nově ustanovený řešitelský kolektiv znovu posuzoval původní náměty na řešení a konfrontoval je s přístupy v březnu 2016.

Prvním bylo dále dopracovat další druhy TeZ (diagramů) v některých slévárnách. Doplňme, že ne ve všech slévárnách byly komplexně posouzeny všechny posuzované druhy TeZ. A také nebyly ve všech případech došetřeny v plném rozsahu.

Toto možné zadání bylo podrobně diskutováno na úvodních schůzkách kolektivu. Došlo se k závěru, že od těchto prací patrně nemůžeme očekávat zásadní nové skutečnosti. A dokončení uvedených posuzování nákladovostí u některých sléváren je možné provést separátně podle potřeb příslušného provozu. Dodejme, že nové metodické problémy se neočekávaly. Ty byly dostatečně podrobně zpracovány v PROJEKTU XVI.

Také je třeba dodat, že další řešení do jisté míry ovlivnil odchod z řešitelského kolektivu Ing. Michala Fíka. Ten se v podmínkách slévárny C věnoval možnostem zkrácení doby prodlevy. Zde je třeba uvést, že se nám nepodařilo zařadit do našich řad zástupce Teplotechny. Obdobně další řešení ovlivnila i neúčast zástupce slévárny C. Naopak účast nových členů řešitelského týmu přinesla další náměty.

Při rozhodování o dalším postupu v novém PROJEKTU XVII sehrály svoji úlohu i výměny informací, kupříkladu zkušenosti slévárny E v oblasti ovlivňování doby prodlevy měřením teploty zabudovaným termočlánkem na odlitku.

Řešitelský kolektiv se po rozsáhlé diskusi rozhodl zaměřit zejména na odvození matematického vztahu, který by definoval nákladovost TeZ.

Výchozím krokem bylo zadání pro hledání matematického vztahu.

6.2.1 Úvodní zadání pro hledání matematického vztahu

Diskuse o zadání se zaměřila na několik oblastí. V první byla hledána odpověď, zda matematický vztah bude odvozen pouze pro jednu konkrétní žíhací pec v příslušné slévárně nebo bude zahrnovat více žíhacích pecí stejného typu. Ve druhé, zda hledaná matematická závislost zahrne pouze jeden konkrétní způsob (režim) tepelného zpracování nebo více (všechny), které jsou na dané peci prováděny. A ve třetí byla hledána odpověď na definování závisle proměnné. Tedy v jaké podobě budeme

definovat nákladovou veličinu. Zda bude přímo v nákladové podobě nebo se zaměříme na naturální ukazatel. A dále, zda nezávisle proměnná bude ve specifické podobě (kupříkladu vztažená na kg odlitků) nebo pro celkový výpal.

Po podrobném rozboru podmínek ve slévárnách, které byly zařazeny do PROJEKTU XVII, jsme dospěli k následujícím závěrům.

a) Pecní agregát

Byť se v prvním přiblížení ve slévárnách obvykle jeví, že typově identické žíhací pece jsou jako takové zcela totožné, tak prokázané skutečnosti, kupříkladu při tavení oceli dokládají opak. Obvykle každá pec z řady důvodů (fyzické umístění, organizační podmínky, zvyklosti, různá historie v provedených technických zásazích apod.) se chová obrazně řečeno jako samostatná „osobnost“. Proto jsme se přiklonili k tomu, aby hledaný matematický vztah byl vyvíjen vždy pro jednu konkrétní žíhací pec v příslušné slévárně. Tento závěr jsme přijali přes prokázanou nákladovou blízkost u stejných žíhacích pecí na identický druh tepelného režimu.

b) Posuzované druhy tepelných zpracování

Zde se řešitelský kolektiv přiklonil k názoru, že obecně všechny používané režimy TeZ ve slévárnách jsou obdobné. Samozřejmě s odlišnou výší teploty, intenzitou náhřevu, dobou výdrže, atd. A že je tedy možné hledat pro různé režimy TeZ prováděné na dané peci, jeden univerzální matematický vztah.

c) „Forma“ nezávisle proměnné sloužící k měření nákladovosti TeZ

Jak je známo, tak náklady TeZ se skládají z různých druhů. Od tepelného média, přes údržbu, opravy, osobní náklady, atd. Tedy zda tyto náklady sledovat v celém komplexu, nebo se zaměřit na jejich dominantního zástupce. V předcházejících PROJEKTECH jsme si prokázali, že nejvýznamnější nákladovou položku představuje použitý plyn. Pohybuje se přibližně mezi 70 – 80 % z celkových neúplných vlastních nákladů (NVN). Zde jsme se jednoznačně rozhodli pro použití jednoho (hlavního) zástupce. Je třeba také dodat, že obvykle jeho výše bývá na posuzovaný cyklus (výpal) relativně lehce stanovitelná. K tomu jsme se rozhodli s vědomím, že ostatní (zbylé) nákladové druhy nepodceňujeme a bude nutné je kriticky hodnotit.

Dále jsme stáli před volbou, zda vybereme přímo nákladový ukazatel (Kč) nebo naturální (Nm^3). Zde jsme se přiklonili k ukazateli naturálního vyjádření. Vedla nás k tomu velice často rozdílná cena prakticky stejného energetického média, nebo i použití rozdílných paliv.

Poslední otázkou posuzování bylo, zda se zaměříme na specifickou, nebo „absolutní“ hodnotu nezávisle proměnné. Tedy zda budeme pracovat s ukazatelem v Nm^3/kg nebo s Nm^3 vztaženými na celkovou hmotnost odlitků vsazených do žíhací pece. V minulých PROJEKTECH jsme pracovali vždy se specifickými hodnotami. Byli jsme si vědomi toho, že tím je výsledná hodnota vždy hmotností prosazených odlitků v žíhací peci u daného cyklu ovlivněna. Při hledání matematické závislosti jsme se chystali kvantifikovat dopad i dalších faktorů, které mají nemalý dopad na nákladovost TeZ. Tím může být kupříkladu i teplota prodlevy, apod. Proto jsme se rozhodli nepracovat se specifickým ukazatelem, ale se souhrnnou („absolutní“) spotřebou plynu na celkovou vsázku v žíhací peci.

Následujícím úkolem bylo zvolit cesty hledání (vývoje) matematického vztahu nákladovosti TZ.

6.2.2 Cesty k získání nákladového modelu TeZ

Na úvod je třeba uvést, že se nám nepodařilo v dostupné literatuře sehnat informace o řešení těchto problémů na jiných pracovištích. Proto jsme zcela logicky došli k závěru, že se nabízejí prakticky dvě zásadní cesty.

První vychází z fyzikálních konstant, technického řešení žíhacích pecí, kvantifikace jejich tepelných ztrát, atd.

Druhý přístup vychází ze statistického sledování a vyhodnocení dříve prováděných cyklů TeZ. Předpokládá existenci dostatečně rozsáhlých výběrových souborů dat, které pro konkrétní pec a používané druhy TeZ jsou k dispozici.

Řešitelský kolektiv se rozhodl jít oběma cestami.

6.2.3 Vývoj nákladového modelu TeZ s využitím statistických metod

Prvním úkolem pro řešitelský kolektiv bylo vytipovat pro cykly TeZ veličiny nezávisle proměnných, které rozhodujícím způsobem ovlivňují spotřebu plynu. Doplňme, že v minulém PROJEKTU XVI jsme dosud pracovali výhradně s hmotností prosazených odlitků u posuzovaných cyklů TeZ.

Vzhledem k tomu, že velká část řešitelského týmu má praktické zkušenosti s tepelným zpracováním ocelových odlitků, tak se relativně bez problémů rozhodl pro tři hlavní vlivy, které nákladovost jednotlivých cyklů TeZ budou ovlivňovat:

- hmotnost odlitků prosazených v žíhací peci,
- teplota prodlevy,
- doba cyklu.

Původně se předpokládalo, že se budou separátně posuzovat dílčí závislosti pro hmotnost vsázky, následně separátně pro dobu cyklu a na závěr pro teplotu prodlevy. Teprve poté bude snaha najít vztah spotřeby plynu na všech třech nezávisle proměnných. Rozhodli jsme se dílčí šetření vypustit a přistoupit rovnou k hledání mnohonásobné korelace. Tohoto úkolu se ujali doc. Ing. Ivo Špička, Ph.D. a Mgr. Ing. Tomáš Tykva z VŠB-TU Ostrava.

Prvním úkolem bylo ve slévárnách vytvořit výběrové soubory cyklů TeZ pro něž by byla řešena mnohonásobná korelace.

6.2.3.1 Příprava výběrových souborů cyklů TeZ v šetřených slévárnách

První výběrové soubory byly vytvořeny ve slévárně H pro žíhací pece č. 41 a č. 14. Výběrový soubor pro pec č. 41 obsahoval 225 cyklů a pro pec č. 14 celkem 43 cyklů. Pracovali jsme s pecí č. 41. Důvodem bylo, že jsme u této pece měli k dispozici podstatně větší počet cyklů a dále na peci č. 14 se provádějí pouze speciální tepelné režimy. Je třeba doplnit, že u všech výběrových souborů se prováděla rámcová kontrola dat. A jejich následná úprava. Kupříkladu pro pec č. 41 jsme došli k následujícím závěrům u zjištěných extrémů:

- hmotnost vsázky: - minimum 0,2 t - dva případy – vyřazeno,
- maximum 23,2 t, jeden případ, - vyřazeno,
- teplota prodlevy: - minimum 545°C, jedenáct případů - nevyřazeno,
- maximum 1100°C, jeden případ (nejblíže nižší 1080°C) - vyřazeno,
- doba cyklu: - minimum 12,5h., jeden případ, (nejblíže vyšší 13 h.) - nevyřazeno,
- maximum 183,105 (nejblíže nižší 62,5 h.) – vyřazeny oba.

Podobně se postupovalo u všech výběrových souborů. Příklad výběrového souboru pro slévárnu H je uveden v **PŘÍLOZE 4**. Tento výběrový soubor je uveden pouze na příloženém CD. Další výběrové soubory jsou uloženy u zpracovatelů.

Po sestavení výběrových souborů pro vybrané pece jsme se zaměřili na provedení mnohonásobné korelace.

6.2.3.2 Provedení mnohonásobné korelace hledané závislosti

a) Vlastní vývoj nákladové závislosti

Nejprve byl problém řešen pro výběrový soubor slévárny H. Na výběrovém souboru cyklů tepelného zpracování byla provedena lineární regresní analýza. Na základě získaných koeficientů regresní funkce tří proměnných (hmotnost vsázky X_1 , teplota prodlevy X_2 a délka cyklu X_3) byly spočítány odpovídající hodnoty odhadované spotřeby plynu a stanovena hodnota rezidua. Z této hodnoty byla vypočítána procentní odchylka vztažená ke skutečně naměřeným parametrům funkce. Tato absolutní hodnota byla následně vynesena do histogramu s logaritmickým dělením osy kategorií. Z histogramu bylo zřejmé, že většina chyb se pohybuje mezi 10-25 %, přičemž kumulativní četnost pro horní hranici třídy (25 %) činí 90,22 % celkových pozorování. Podrobný materiál je uveden v **PŘÍLOZE 5** pod názvem „Propočet mnohonásobné korelace pro data Vítkovických sléváren“.

Byla zjištěná závislost:

$$Y = - 1198,2 + X_1 * 23,8 + X_2 * 1,9 + X_3 * 23,1.$$

Kde:

Y je spotřeba zemního plynu (Nm³/cyklus),

X_1 je vsázka žíhaných odlitků celkem (t),

X_2 je teplota prodlevy (°C)

a X_3 je doba cyklu (hod).

Podobně byly stanoveny závislosti pro všechny výběrové soubory všech čtyř šetřených sléváren.

Zde je třeba doplnit, že do řešení vstoupil také Bc. Roman Míča, který na základě svých provozních zkušeností navrhl podnětný a do jisté míry poněkud odlišný návrh matematického vztahu - viz **PŘÍLOHA 5**. Na tento zajímavý námět reagovali kolegové z VŠB v materiálu „Rozšířená regresní analýza (nelineární regresní funkce pro slévárnu F)“, také uvedenému v **PŘÍLOZE 5**. V dalším materiálu „Propočet mnohonásobné regrese pro data sléváren“ se kolektiv doc. Špičky zaměřuje mimo jiné na porovnání přesnosti mnohonásobné korelace u lineárního regresního modelu a nelineární regrese. Dochází k závěru, že koeficient regrese R^2 pro nejjednodušší regresní model činí 0,865. Naopak stejný koeficient u nelineární regrese dosahuje hodnoty 0,872. Je tedy pouze nepatrně

vyšší. Konstatují, že shoda predikovaných a skutečných dat dosahuje 75 %. Tedy pouze čtvrtina dat není lineární regresí vysvětlena. To považujeme v podmínkách sléváren za relativně vysokou přesnost. Dochází tedy k jednoznačnému doporučení v praxi používat lineární regresní funkci.

Zde je třeba doplnit, že jsme v odborné literatuře nenašli řešení, které by se touto oblastí takto zevrubně zaobíralo. Považujeme proto dané doporučení pro slévářskou praxi za velice důležité.

Poněvadž je dané šetření a dosažené výsledky v zásadě nové, uvádíme v **PŘÍLOZE 5** vzpomenuté čtyři materiály v celém rozsahu.

Následně jsme se zaměřili na posouzení vytvořených nákladových vztahů.

b) Posouzení vyvinutých závislostí pro šetřené slévárny

Získané vztahy pro všechny slévárny pak mají následující tvar:

Slévárna E:

- pro celý rozsah teplot: $Y = -636,20 + 18,25X_1 + 0,80X_2 + 26,41X_3$
- pro teploty 560 - 630 °C: $Y = -591,43 + 7,14X_1 + 0,87X_2 + 28,77X_3$
- pro teploty 850 - 920 °C: $Y = -405,94 + 22,10X_1 + 0,48X_2 + 29,98X_3$
- pro teploty 1060 - 1080 °C: $Y = -5077,86 + 20,87X_1 + 4,83X_2 + 28,35X_3$

Slévárna C:

- pec č. 1 : $Y = -233,96 + 9,32X_1 + 0,44X_2 + 0,35X_3$
- pec č. 2: $Y = -434,16 + 5,62X_1 + 0,80X_2 + 11,78X_3$
- pec č. 4: $Y = -323,07 + 3,13X_1 + 0,53X_2 + 15,16X_3$

Slévárna H:

$$Y = -1198,21 + 23,77X_1 + 1,94X_2 + 23,15X_3$$

Slévárna F:

$$Y = -1212,78 + 11,40X_1 + 3,39X_2 + 17,57X_3$$

Je třeba konstatovat, že obecně je tvar všech závislostí obdobný. Absolutní člen má ve všech případech zápornou hodnotu a v absolutní hodnotě se pohybuje od 233 do 5077. Koeficienty u všech tří nezávisle proměnných mají kladnou hodnotu a pohybují se v následujících mezích:

- X_1 ... hmotnost vsázky... od 3,13 do 23,77,
- X_2 ... teplota prodlevy... od 0,44 do 4,83, (dodejme, že metodicky správnější by bylo uvést 3,39, poněvadž hodnota 4,83 je pro teploty prodlevy od 1060°C do 1080°C),
- X_3 ... doba cyklu ... od 0,35 do 29,98, (opět s metodickou výhradou - správnější by bylo uvést 23,41, poněvadž hodnota 29,98 je pro dobu cyklu pro teploty prodlevy od 850°C do 920°C).

Poněvadž v současné době nemá řešitelský tým s vyvinutými nákladovými vztahy další zkušenosti, neprováděl posouzení výše hodnot jak absolutního členu, tak i koeficientů u jednotlivých nezávisle proměnných. Zaměřil se u vyvinutých vztahů jednotlivých žíhacích pecí šetřených sléváren pouze na:

- porovnání hodnot skutečných a vypočtených okrajových podmínek,

- kvantifikaci vlivů nezávisle proměnných na celkovou spotřebu plynu.

Tedy vliv hmotnosti vsázky, teploty prodlevy a doby cyklu na hodnotu závisle proměnné Y. Následně jsme se věnovali rámcovému porovnání výsledků nákladové rovnice se skutečnými daty.

6.2.3.3 Úvodní porovnání výsledků nákladové rovnice se skutečností

Při konfrontaci teoreticky stanovených údajů predikovaných s pomocí nákladové rovnice se skutečností jsme se zaměřili na porovnání celkové odchylky mezi teoreticky vypočtenými hodnotami a skutečností zjištěnou ve výběrových souborech. A dále na vyvození praktického vlivu hmotnosti vsázky, teploty prodlevy a doby cyklu na spotřebu plynu.

Podrobnější materiál je uveden v **PŘÍLOZE 6**. Zde uvedeme pouze zjištěné závěry.

a) Porovnání celkové odchylky spotřeby plynu mezi teoreticky vypočtenými hodnotami a skutečností.

Předpokládali jsme, že celková teoretická odchylka spotřeby plynu vypočtená by měla být obvykle vyšší než skutečně zjištěná odchylka (max., min.) v příslušném výběrovém souboru. To se v zásadě potvrdilo s výjimkou jednoho případu. Zjistili jsme, že se u *komplexních* výběrových souborů pohybuje od 92 % do 150 %, při průměrné hodnotě 121 %. Podobný závěr můžeme konstatovat i u *dílčích* souborů slévárny E (výběrové soubory členěné podle teploty prodlevy). To v zásadě odpovídá našemu předpokladu.

Stěží se můžeme pro nedostatek dat nyní kvalifikovaně zamýšlet nad možnou absolutní procentní výší zjištěného rozdílu.

b) Hodnocení dopadu dílčích vlivů (hmotnost vsázky, teplota prodlevy a doba výpalu) na spotřebu ZP.

Dosud provedená šetření potvrzují, že hlavní vliv na spotřebu zemního plynu (ZP) má teplota prodlevy (39 -51 %) s průměrnou hodnotou 43 %. Následuje vliv doby výpalu s rozpětím mezi 1 % (přesněji 30 %) až 55 % a s průměrem 35 %. A jako třetí se číselně umístila hmotnost vsázky s rozmezím od 7 do 48 % a průměrem 21 %.

V současné době lze na základě relativně malého počtu výběrových souborů stěží říci, že „váhy“ jednotlivých vlivů budou skutečně v této výši. Nicméně řešitelský tým je toho názoru, že pořadí zjištěných vlivů bude odpovídat skutečnosti.

Následně se řešitelský kolektiv zaměřil na možnost využití získaných výsledků.

6.2.3.4 Možnosti využití získané nákladové rovnice v provozní praxi

Řešitelský kolektiv konstatoval, že možná oblast využití znalosti nákladové náročnosti TeZ před zahájením žíhání může být kupříkladu v oblasti posunutí začátku operace. Pokud to jiné okolnosti dovolí, pak se „počká“ na doplnění vsázky pece. Dále může být zajímavá znalost nákladů pro jednání se zákazníkem o cenových a časových podmínkách zakázky.

a) Zajímavý pohled zpracovala slévárna E, která se nad problematikou racionálního provozování TeZ zamyslela komplexněji.

1) Oblast maximálního využití kapacity žíhací pece (obecně):

Teplota prodlevy žíhání má zásadní vliv na spotřebu zemního plnu a je určena pro daný materiál dle normy (nebo odečtením z binárního diagramu Fe-Fe₃C pro nelegované a nízkolegované materiály).

Základním faktorem pro snížení nákladovosti tepelného zpracování bude maximální využití kapacity žíhací pece.

Faktory, které negativně působí na možnost maximálního využití žíhací pece, mohou být:

- kusová výroba odlitků,
- nízká denní výroba,
- odlévání široké škály materiálů, které mají rozdílný způsob TeZ,
- objednávání s termíny expedice, které lze jen těžko splnit (nutno „dohnat“ v koncových operacích v cídírně),
- odměňování pracovníků za splnění termínů bez ohledu na náklady (plnění THN).

2) Spotřeba zemního plynu pro dané TeZ (slévárna oceli) na žíhací peci č. 2 se pohybuje v rozmezí cca $\pm 20\%$ od střední hodnoty spotřeby pro jeden typ tepelného zpracování a stejnou teplotu tepelného zpracování. Zjištěním příčin rozdílných spotřeb by šlo případně navrhnout opatření pro snížení nákladů (pokud lze negativní vlivy omezit). Příčiny rozdílných spotřeb nemají dosud zmapovány.

Některé faktory ovlivňující nákladovost TeZ, mimo teploty prodlevy:

- hmotnost vsázky, žíhacích podložek, roštů,
- celková doba TeZ,
- celkové uložení vsázky v žíhací peci,
- využívání naakumulovaného tepla po předchozím TeZ,
- udržování pece v bezvadném stavu (konstrukce a řízení).

3) Příklady využívání vzorce pro výpočet spotřeby plynu při TeZ:

- zpřesnění výpočtu nákladů v poptávkovém řízení,
- výpočet nákladů při zadání různých provozních možností a výběr optimálního řešení (pokud je známa částka, jakou lze ušetřit, je rozhodnutí vždy jednodušší),

4) Využití vzorce pro spotřebu plynu při TeZ ocelových odlitků v praxi:

- predikce spotřeby (nákladovosti) při sestavování vsázky (žíhač, mistr nebo technolog) zadá proměnné do vzorce, vypočte spotřebu plynu a použije nejvhodnější variantu. V podstatě lze měnit pouze množství vsázky v peci a argument bude, že počkáním na další odlitky pro maximální využití pece se ušetří x,- Kč,
- školení žíhačů a mistrů pro ekonomické povědomí o nákladech tepelného zpracování a možnostech ovlivnění těchto nákladů,
- kontrola nákladů na tepelné zpracování. Příklad: pokud bude stanovena THN a bude překročena, nebo podkročena o více jak 20 %, je nutno zjistit příčinu rozdílu a omezit nebo využít znalosti pro zlepšení nákladovosti TeZ.

b) Zcela konkrétním pohledem je také úvaha slévárny F

Slévárna provedla teoretickou rozvahu pro normalizaci a popouštění na 4 velkých pecích za rok 2015. V tomto roce bylo 18 % cyklů žíháno se vsázkou, jejíž hmotnost činila max. 50 % průměrné vsázky. Neúplné vlastní náklady (NVN) na žíhání těchto odlitků byly vyšší než u vytížených vsázek o cca 1,6 mil. Kč. Pokud by se podařilo organizačně optimalizovat (doplnit) 25 % vsázek, došlo by k úspoře cca 0,4 mil. Kč v NVN. Zároveň by, při stejném objemu výroby došlo k redukci počtu výpalů. V praxi kusové výroby je nutno rozlišit délku čekací doby na doplnění vsázky. Je rozdíl pokud se jedná o dny (1-4) nebo delší časové úseky, které již výroba není schopna termínově „dohonit“. Nesplnění termínu dodání výrobku neznamena jen hrozbu penále, ale i ztrátu důvěry zákazníka.

c) Vyvinutý algoritmus může být součástí řídicího software TeZ a dále vést k průběžnému hodnocení predikovaných a skutečných hodnot při neustálém zpřesňování vzorce.

Další zpřesňování vzorce může být provedeno s využitím neuronových sítí. Následně se rámcově zmíníme o úvodních pracích zaměřených na hledání matematického vztahu vycházejícího z analytických podkladů pecí na TeZ a tepelných konstant.

6.2.4 Hledání matematického vztahu vycházejícího z analytických podkladů pecí na TeZ a tepelných konstant

Je třeba říci, že práce jsou v samém úvodu.

Výpočet bude rozdělen na několik kroků se stanovenými počátečními podmínkami. Protože se jedná o orientační výpočet, který má v budoucnu sloužit jako univerzální, budou určité skutečnosti zanedbány:

- nerovnoměrný ohřev,
- nedokonalé spalování,
- nehomogenita prostředí,
- umístění zpracovávaného materiálu.

V první části výpočtu bude stanovena energie potřebná k ohřevu odlitku z čistého železa - MJ/kg. V případě nalezení tabulkových dat pro další materiály je možná implementace

těchto materiálů do výpočtu. V této části bude zavedena podmínka, že u odlitku nedochází k jeho ochlazování.

V druhé části výpočtu je počítáno s přestupem tepla z pece do okolí. Zavedené zjednodušení zatím nepočítá s ohřevem pece, ale pouze s konstantní teplotou (maximální teplota).

Třetí část výpočtu je zaměřena na spotřebu energie k ohřevu samotné pece. Poslední část úvahy bude řešit další ztráty, které u pece vznikají.

Veškeré hodnoty budou porovnány se spotřebou spalovaného plynu. Tam se celkové množství spotřebované energie stanoví ze znalosti množství plynu a jeho výhřevnosti. (Počítáno se zemním plynem, tj. 34.500 KJ/Nm^3).

Po diskusi v řešitelském týmu jsme dospěli k závěru, že vytvořený analytický výpočet, bude sloužit ke dvěma účelům:

- ke zpětné kontrole numerických modelů vytvořených jednotlivými slévárnami,
- k vytvoření jednoduchého programu, který může sloužit slévárnám k optimalizaci tepelného zpracování.

Model je navržen tak, aby jej bylo možné jednoduše provést a zkontrolovat pomocí základních výpočetních nástrojů. V současné době provádíme detailnější sběr dat potřebný k ověření tohoto softwaru. Pokud se budou výsledky přibližovat k reálným hodnotám, zakomponujeme do výpočtu další matematické operace, které povedou ke zpřesnění modelu. V neposlední řadě bude nutné ve spolupráci s IT odborníky vytvořit program, který bude uživatelsky jednoduchý a přehledný. Vzhledem k časové náročnosti tvorby a ověření výpočtu se dokončení programu plánuje na rok 2017.

6.2.5 Shrnutí výsledků současného stavu tepelného zpracování ocelových odlitků

Řešitelský tým považuje za jistý úspěch práce, které byly provedeny v oblasti hledání nákladové závislosti cestou mnohonásobné korelace. Matematická kvantifikace hlavních vlivů na spotřebu plynu a jejich pořadí podle výše spotřeby se jeví v souladu s praktickými poznatky. Je třeba říci, že nyní bude nutné získané poznatky ověřit v provozní praxi.

Je třeba doplnit, přesto, že se nepodařilo významně pokročit s konstrukcí nákladového vztahu cestou přes tepelné a technické konstanty, tak bychom neměli tuto cestu opustit. Řešitelský tým by ji měl v dalším projektu dále rozpracovat.

7 Tepelné zpracování slitin hliníku

Řešitelský kolektiv již v PXVI došel k závěru, že slévárny neželezných kovů mají problémy v této oblasti prakticky obdobné jako slévárny železných odlitků. Proto se rozhodl oslovit dodavatele žíhacích pecí, firmy kooperující se slévárnami a slévárny, které by potenciálně připadaly v úvahu. Jmenujme kupříkladu LAC Rajhrad, ELSKLO Desná, TPMO Růžička TRADE Třebíč, REALISTIC Karlovy Vary, BAL Poříčany, ALMET Hradec Králové. Přes úvodní váhavý souhlas se kolegy z těchto podniků nepodařilo získat, jak k poskytnutí příslušných dat, tak k aktivnímu přístupu k vytipování úloh k řešení a i k vlastní iniciativní snaze při hledání východisek. Proto zatím náš řešitelský tým nepostoupil s touto problematikou dál. Při vážném zájmu těchto sléváren by bylo možné se této problematice věnovat v následujícím PROJEKTU XVIII.

8 Problematika odstraňování nálitků

S problémy odstraňování nálitků jsme začali pracovat již v PROJEKTU XVI. Je třeba říci, že se nám však podařilo soustředit pouze úvodní data, bez jejich prověření.

Tam jsme popsali u jednotlivých sléváren používané metody odstraňování nálitků /3/ s. 58 – 63. Blíže jsme pouze zmínili pozitivní zkušenosti slévárny G zejména v oblasti diamantových řezných kotoučů.

Problematiku nákladovosti odstraňování nálitků v PROJEKTU XVII jsme začali řešit na zadané úloze oddělení nálitků o \varnothing 200 mm. Zde jsme se, podle metodiky NVN, pokoušeli stanovit pro vybrané technologie náklady na oddělení zadaného nálitku. Následně jsme se rozhodli prošetřit oddělování nálitků z pohledu ročních nákladů.

8.1 Dílčí šetření odstraňování nálitků – oddělování nálitků o \varnothing 200 mm

Celkem se řešitelskému týmu podařilo soustředit data pro následující technologie oddělování nálitků:

Ocelové odlitky:

- urážení, mechanické dělo CLANSMAN (kanon), slévárna F (200 mm), 1 případ,
- ruční pálení, AC, slévárna C (220 mm), slévárna F (200 mm), slévárna H (200 mm), slévárna L (200 mm), 4 případy,
- ruční pálení, Grieson®, slévárna E (200 mm), 1 případ,
- strojní pálení, zemní plyn, slévárna F (200 mm), 1 případ.

Odlitky z LKG:

- ruční pálení AC, slévárna H (200 mm), 1 případ,
- ruční pálení AC, slévárna H (150 mm), 1 případ,
- ruční řezání brusku PBU, slévárna G (43 mm), 1 případ,
- ulamování, slévárna M (12 mm), 1 případ,
- ruční rozbrušování diamant, slévárna M (15 mm), 1 případ,
- ruční rozbrušování keramika, slévárna M (17 mm), 1 případ,
- ulamování klínem, slévárna M (10 mm), 1 případ.

Odlitky z LLG:

- ulamování, slévárna M (22 mm), vše 1 případ,
- ulamování, slévárna D, (20 mm),
- ulamování (podnálitková podložka), slévárna D, (150 mm),
- ruční rozbrušování diamant, slévárna D, (100 mm),
- ruční rozbrušování keramika, slévárna D, (200 mm),
- řezání plazmou, slévárna D, (100 mm).

Odlitky z barevných kovů:

- Al slitiny - řezání pásovou pilou, slévárna D, (200 mm), vše 1 případ,
- Cu slitiny - strojní rozbrušování, slévárna D, (150 mm),
- Cu slitiny - ruční rozbrušování, slévárna D, (200 mm).

8.1.1 Získávání dat a jejich úprava

Získávání věrohodných dat se ukázalo jako stěžejní úkol pro veškerá šetření. Řešitelský kolektiv si stanovil postup získávání podkladů měřením alespoň tří případů pro každou posuzovanou technologii. Je třeba říci, že časové údaje je možné měřit. Problémem bylo zejména stanovení energetických údajů, poněvadž v řadě případů nejsou exaktně měřeny.

Pro stanovení NVN jsme sledovali náklady osobní a energetické. V jednom případě i materiálové. V **tab. 8.1 v PŘÍLOZE 8** jsou uvedeny získané údaje pro posuzované technologie.

Prvním problémem, který jsme řešili je způsob hodnocení vícenákladů pro jednotlivé metody odstranění nálitku (drážkování, broušení, opracování, podložky, atd.). Po zevrubném posouzení situace jsme se rozhodli v tomto stádiu řešení je pouze slovně zaznamenat. Tedy v **tab. 8.1** jsou uvedeny ve **sl. 32**.

a) Sjednocení cenových a nákladových sazeb a konstant

Dále jsme museli řešit otázky srovnatelnosti cenových a nákladových konstant. Pokud bychom to neprovedli, tak zjištěný nákladový rozdíl mezi porovnávanými technologiemi, by byl z nemalé části výsledkem různých cen, energií, tak i materiálů. A také i různé mzdové hladiny v posuzovaných slévárnách.

Nejprve jsme po zevrubném rozboru sjednotili osobní náklady (součet celkových hrubých mezd a zdravotního a sociálního pojištění hrazeného zaměstnavatelem). Tam jsme se ujednotili na celkové částce 195 Kč/hod - viz **tab. 8.1, sl. 5**.

Důležité bylo sjednocení cen energií pro slévárny zařazené ve sledování. Tam, kde se dané energetické medium vyskytovalo pouze u jedné technologie, a cena byla v zásadě typická, tak jsme ji použili. Jiná situace byla kupříkladu u kyslíku, kde se variační rozpětí pohybovalo od 2 Kč/Nm³ do 29 Kč/Nm³. V tomto případě jsme po dohodě použili hladinu 4,30 Kč/Nm³. U stlačeného vzduchu jsme využili obecně tradovanou sazbu 0,50 Kč/m³ i když jsme později zjistili, že ve skutečnosti ve slévárnách reálná hodnota je až 2,50 Kč/m³. U elektrické energie jsme se shodli na ceně 2,40 Kč/kWh a u acetyleny 124 Kč/Nm³.

Velice důležitá byla prověrka rámcové správnosti spotřeby energetických medií tam, kde není přímé měření jejich spotřeby. Technologie se sjednocenými cenami jsou pro odlitky z oceli a LKG s nálitky o \varnothing 150 až 220 mm soustředěny v **tab. 8.2 a 8.4**. A pro druhou skupinu technologií tedy odlitky z LLG, LKG, a slitin hliníku a mědi v **tab. 8.3 a 8.5**.

b) Prověrka rámcové správnosti spotřeby energetických medií

Ukázalo se, že ukazatel, který uvádí časovou spotřebu acetyleny na pálicím zařízení je prakticky nepoužitelný. Ověřili jsme si, že podstatně věrohodnější byla cesta, která vycházela z celkové roční spotřeby acetyleny a celkové doby potřebné pro upalování nálitků. Tyto propočty nám dostatečně korelovaly s výsledky sléváren, které měly spotřeby měřeny. U spotřeby kyslíku jsme pak vycházeli z rámcového směšovacího

poměru kyslíku k acetylenu (1:1,2). Pokud se týká spotřeby elektrické energie, která vesměs nebyla přímo měřena, vycházeli jsme ze „štitkového“ ukazatele příkonu v kW u jednotlivých motorů. Tento příkon jsme kvalifikovaným odhadem snížili na 60 %. Pouze u slévárny D při řezání pásovou pilou jsme pracovali s plným příkonem.

Důležitá byla také metodika nákladového porovnání. Vyvinutá metoda sledování a porovnávání NVN vychází, jak bylo již uvedeno, ze součtu osobních, energetických a materiálových nákladů. Podkladem pro stanovení osobních nákladů je doba vlastního řezu (oddělení) a doba manipulace. Dále jsme museli posoudit, jak budeme s těmito časovými periodami pracovat.

8.1.2 Vlastní porovnání získaných výsledků

Je třeba v úvodu uvést, že vlastní práce lze rámcově rozdělit na dvě hlavní skupiny odlitků. První jsou odlitky z oceli a LKG s nálitky o \varnothing 150 až 220 mm. Ty jsou charakteristické pro slévárny F, E, C, L a H. Tedy sortiment, který do jisté míry v našich slévárnách převažuje. Druhá skupina zahrnuje odlitky ze sléváren D, G, M a jedná se spíše o odlitky z LLG, LKG s nálitky o menších průměrech, Al slitin a Cu slitin.

Nejprve se zaměříme na první popsanou skupinu odlitků.

Při vlastním hodnocení získaných výsledků je třeba se nejdříve zaměřit na časovou náročnost posuzovaných technologií.

8.1.3 První skupina - odlitky z oceli a LKG a nálitky o \varnothing 150 až 220 mm

8.1.3.1 Hodnocení časové náročnosti operace odstraňování nálitků

V našem případě posuzujeme časovou náročnost pouze dvou dílčích fází. První je doba oddělení (řezu, lomu, atd.) tedy vlastní aktivní technologická operace. Druhou je doba manipulace s odlitkem a odstraněným nálitkem. Je třeba doplnit, že i když kupříkladu dobu manipulace následně oceňujeme pouze osobními náklady, tak tato hodnota není v žádném případě úplná. Tato doba (vlastní manipulace a i doby řezu) ve slévárně je samozřejmě zatížena také náklady na odpisy, údržbu a opravy základních prostředků, náklady na vytápění, apod. A dále tím, že pracovník se musí obvykle věnovat manipulačním operacím a nemůže pokračovat v aktivní technologické operaci. Je tedy třeba i tyto aspekty brát v úvahu.

a) Posouzení dílčí fáze manipulace s odlitky

Z **tab. 8.1, ř. 47-48, sl. 4** vyplývá, že se tato doba pohybuje u všech posuzovaných technologických operací bez ohledu na průměr nálitku a materiál odlitku mezi 10 sek až 420 sek. To signalizuje relativně velký rozsah. Když oceníme tento čas pouze osobními náklady, tak se dostáváme na hodnoty pohybující se od 0,10 Kč/nálitků do 17,30 Kč/na nálitku. Je tedy zřejmé, že tyto hodnoty jsou významné.

Doba manipulace při odstraňování nálitku je do značné míry specifická záležitost každé slévárny. Proto se řešitelský tým rozhodl touto dílčí fází detailně nezabývat. A doporučuje každé slévárně dobu trvání manipulace pro své podmínky samostatně posoudit.

b) Posouzení doby aktivní technologické operace (řezání, urážení apod.)

Když opět budeme v prvním přiblížení posuzovat dobu operace bez ohledu na průměr nálitku a materiál odlitku, tak se dostáváme na doby od 1 sec do 320 sec (**sl. 3, ř. 47, 48**). Je třeba doplnit, že ona 1 sec je u ulamování nálitků z LLG o průměru 12 a 22 mm nebo u urážení (kanon) ocelových odlitků o průměru 200 mm.

Když se zaměříme pouze na odlitky z oceli s nálitky o průměru 200 až 220 mm, pak se doba pálení bez ohledu na použité pálicí medium (Grieson[®], zemní plyn a acetylen) pohybuje od 99 sec do 240 sec. Vlastní oddělování pouze acetylenem se pohybuje od 105 sec do 152 sec. Z uvedeného je zřejmé, že významné rozdíly v době pálení mezi všemi posuzovanými technologiemi a pouze acetylenem nebyly konstatovány. Nicméně odchylka minimální a maximální doby upalování je v prvním případě více než 100% a pouze u použití acetylenu asi 50%. Což je možná pro slévárny podnětné. Pravdou je, že počet posuzovaných případů, které byly porovnávány, je poměrně nízký. Ale na druhé straně je pravdou, že u většiny případů byla vždy provedena 3 měření, což zase zvyšuje vypovídací hodnotu naznačených závěrů.

Doplňme ještě, že v podmínkách slévárny H, bylo možné porovnat dobu upalování dvou stejných nálitků z oceli a z LKG. Pro \emptyset nálitku 200 mm a pálení acetylenem doba upalování u ocelových nálitků činila 105 sec, kdežto u LKG 130 sec. U \emptyset nálitku 150 mm opět acetylenem to bylo 87 sec a 101 sec. To obecně potvrzuje známou skutečnost, že upalování nálitků z LKG je náročnější než u ocelových materiálů.

Asi by bylo poněkud spekulativní, pokoušet se bez detailnějších informací z jednotlivých sléváren, vysvětlovat vzniklé rozdíly v dobách upalování. To by mělo být náplní u těch sléváren, kterých se to bude týkat nebo v další fázi řešení.

8.1.3.2 Hodnocení nákladové náročnosti operace odstraňování nálitků

a) Porovnání nákladů na oddělování nálitků s manipulačními a bez manipulačních časů

V **tab. 8.2** jsou uvedeny ve **sl. 33 NVN** s manipulačními operacemi a bez nich (**sl. 34**). Následně v **tab. 8.4** je provedeno shrnutí získaných výsledků. Přes, do jisté míry, zjednodušené ocenění nákladů manipulačních operací (pouze osobní náklady) je zřejmé, že rozdíl mezi nimi není zanedbatelný. Pokud hodnotíme pouze oddělování nálitků o \emptyset 150 až 220 mm, pak rozdíly mezi těmito dvěma druhy nákladů se pohybují od 14 % do 81 % (**tab. 8.4, sl. 7**). Pro objektivitu dodejme, že oněch 81 % je při urážení ocelových odlitků s použitím kanonu, kdy nákladovost vlastního urážení je pouze minimální – 2,40 Kč/nálitok. Pokud posuzujeme pouze upalované nálitky z oceli o \emptyset 200 až 220 mm pak vykázaný rozdíl pouze mezi náklady na upalování a včetně nákladů na manipulační časy se pohybuje od 15 % do 29 %.

Uvedené nákladové rozdíly napovídají, že manipulačním časům je třeba ve slévárnách věnovat příslušnou vážnost.

b) Posuzování nákladů na oddělování nálitků bez manipulačních časů

Když budeme posuzovat nákladovost oddělování nálitků všech případů o \emptyset 150 až 220 tak zjišťujeme, že náklady se pohybují od (již uváděných nákladů při urážení kanonem) 2,40 Kč/nálitok až po 31,20 Kč/nálitok u strojního pálení zemním plynem (**sl. 5., tab. 8.4**)

Pokusíme-li se tedy seřadit náklady oddělování nálitků s \emptyset 200 až 220 pro ocelové odlitky pak dostáváme následující nákladovou řadu:

- urážení, kanon slévárna F (200 mm)2,40 Kč/nálitok,
- ruční pálení: AC slévárna C (220 mm)17,80 Kč/nálitok,
AC slévárna L (200 mm)18,80 Kč/nálitok,
AC slévárna F (200 mm)20,90 Kč/nálitok,
AC slévárna H (200 mm)24,10 Kč/nálitok,
- ruční pálení: Grieson® slévárna E (200 mm)26,40 Kč/nálitok,
- strojní pálení: zemní plyn slévárna F (200 mm)31,20 Kč/nálitok.

Je třeba doplnit, že uvedená nákladová posloupnost se jeví jako logická. Nicméně je třeba říci, že jednotlivé technologie jsou zastoupeny buď jedním případem (slévárnou) a maximálně čtyřmi případy u ručního pálení acetylenem (AC). Pro pokus o zevšeobecnění výsledků je tedy nezbytné získat více výsledků.

Pro úplnou metodickou „čistotu“ řešení je třeba ušetřených technologií odstraňování nálitků porovnat podíl nákladů na osobní náklady a energii. Pro malý počet případů se nyní touto otázkou nebudeme zabývat. To bude úkol pro následující PROJEKT.

Řešitelský tým ještě soustředil nákladové charakteristiky pro technologie ze sléváren D, G a M.

8.1.4 Druhá skupina – odličky z LLG, LKG, a slitin hliníku a mědi

Při posuzování výsledků druhé skupiny odlitků (viz shrnutí v **tab. 8.3 a 8.5**) je zřejmé, že zde máme vytipovány různé velice zajímavé technologie oddělování nálitků, které jsou vesměs mezi sebou pro velkou rozmanitost obtížně porovnatelné.

Při porovnávání nákladových výsledků musíme mít na paměti, že získané výsledky jsou podloženy vždy pouze jedním měřením. Na druhé straně všichni řešitelé konstatovali, že jejich měření proběhlo za standardních podmínek a jde tedy předpokládat, že může danou technologii reprezentovat. U slévárny M jsou předložené výsledky podloženy z průměrování skutečných dat. A navíc jsou podloženy konfrontací s normou.

Následné porovnání získaných NVN jednotlivých technologií se pokusíme v prvním přiblížení provést pro pokud možno alespoň příbuzné skupiny.

8.1.4.1 Oddělování nálitků pro odlitky z LLG

Z **tab. 8.5** uvedené v **PŘÍLOZE 8, ř. 1 až 6** je možné opět v prvním přiblížení pracovat se dvěma skupinami odlitků. První bude technologie ulamování nálitků o \varnothing 20 a 22 mm. A druhá pro odlitky s \varnothing nálitků od 100 do 200 mm.

a) Ulamování nálitků o \varnothing 20 a 22 mm

V obou případech se jedná o vykázané náklady 0,10 Kč/nálitok (**sl. 5**) v obou posuzovaných slévárnách. Nákladový odhad vychází z téměř neměřitelné spotřeby energie a velice nízkých osobních nákladů. Náklady včetně manipulačních časů se pohybují mezi 2 – 3 Kč/ nálitok – viz **tab. 8.5, ř. 1,2 sl. 4**.

b) Použité technologie u nálitků o \varnothing 100 až 200 mm

Podklady jsou uvedeny v **tab. 8.3, ř. 2-5 a tab. 8.5, ř. 3-6**. Porovnáváme za zjednodušujícího předpokladu vytvoření skupiny pro nálitky o \varnothing 100 až 200 mm.

Snad trochu očekávaně jsou nejnižší náklady u technologie ulamování nálitku. Tedy doba lomu cca 1 sek a snad neměřitelné spotřeby energií (**tab. 8.5, ř. 5**) – náklady 0,10 Kč/nálitok.

Poněkud odlišná je nákladová náročnost u dalších posuzovaných technologií. Tedy ruční a strojní rozbrušování a řezání plazmou. Nákladově nejnáročnější je řezání plazmou – 15,50 Kč/nálitok. Pak následuje ruční rozbrušování keramikou (15 Kč/nálitok) a nejlevnější je rozbrušování diamantem (10 Kč/nálitok). Do jisté míry má na náklady také vliv doba operace. U plazmy a keramiky 270 sek a u diamantu 180 sek.

8.1.4.2 Oddělování nálitků u odlitků z LKG

U této litiny jsme pro všechny odstraňované nálitky (o \varnothing 10, 12, 15, 17 a 43 mm) vytvořili jednu skupinu.

Podle očekávání nejnižší náklady byly vykázány u ulamování (0,10 Kč/nálitok). Jako druhé vyšší náklady byly zjištěny náklady u ulamování klínem (0,30 Kč/nálitok). Následuje ruční rozbrušování s použitím keramiky – 1,40 Kč/nálitok a poté ruční řezání brusku PBU (7,70 Kč/nálitok)

Pozoruhodné je, že v podmínkách slévárny M, jsou náklady ručního rozbrušování s použitím keramiky pro \varnothing nálitku 17 mm (1,40 Kč/nálitok) nepatrně vyšší než u použití diamantu (0,50 Kč/nálitok) pro \varnothing nálitku 15 mm. Je to v souladu se zjištěním pro LLG pro \varnothing 100 a 200 mm.

8.1.4.3 Oddělování nálitků pro barevné kovy

Pro posuzování barevných kovů máme pouze jeden údaj pro Al slitiny a dvě sledování po odlitky z Cu slitin. Viz **ř. 12 – 14 v tab. 8.5 a ř. 13 – 15 v tab. 8.3**.

Pro Al slitiny a oddělování pásovou pilou jsme zjistili NVN ve výši 10,20 Kč/nálitok. Pro měděné odlitky máme porovnání strojního a ručního rozbrušování. Do jisté míry očekávané je zjištění, že ruční rozbrušování nálitku o \varnothing 200 mm (17,70 Kč/nálitok) je dražší než strojní – 12,20 Kč/nálitok o \varnothing 150 mm.

8.1.5 Shrnutí získaných výsledků

Jak již bylo uvedeno, řešitelský tým si je vědom skutečnosti, že získaná data jsou hodnocena v malém počtu případů. Dále i toho, že posuzujeme pouze NVN sledovaných technologií, které mohou v některých slévárnách činit třeba pouze 50 % úplných vlastních nákladů (ÚVN). A tedy kupříkladu pro pořízení nové technologie oddělování nálitků by bylo nutné pracovat i s pořizovací cenou nového zařízení. Jsme si vědomi, že některé spotřeby kupříkladu energií mohou vykazovat jisté odchylky od skutečnosti. A dále také toho, že jsme v dostupné literatuře nezískali věrohodné výsledky ve zkoumané oblasti.

Předkládáme tyto výsledky jako úvodní. Jejich účelem je zejména pro naše slévárny možnost porovnání mezi sebou. A na základě toho hledat ve svých podmínkách možnosti racionalizace této fáze výroby odlitků.

8.2 Odstraňování nálitků z pohledu ročních nákladů

Řešitelský tým se rozhodl hledat porovnání nákladovosti oddělování nálitků nejen z pohledu detailního zkoumání – viz kap. 8.1, ale i cestou přes roční náklady vykázané v účetní evidenci.

Pro sledování jsme zvolili následující údaje:

- objem výroby - odlitky které prošly operací odstranění nálitku - např. zahájená výroba,
- spotřeba času - skutečně odvedené hodiny na operace odstranění nálitku,
- osobní náklady - celkové náklady na pracovníky při použití sjednocené sazby 195 Kč/hod,
- energie k pálení - náklady na acetylen, zemní plyn, Grieson® a kyslík v Kč,
- materiál - náklady na řezací kotouče, podnálitkové podložky a jiné,
- odstraněné nálitky - objem odstraněných nálitků, vtoků, prakticky surová hmotnost odlitků snižovaná o hrubou hmotnost.

Je třeba doplnit, že v úvodu byla snaha zadané údaje vyplnit pro jednotlivé technologie odstraňování nálitků v příslušné slévárně. To se však nepodařilo. Proto jsme přistoupili ke sběru údajů za slévárnu celkem. Takto definované celkové údaje byly následně soustředěny do **tab. 8.6** - viz **PŘÍLOHA 8**.

Při pohledu na **tab. 8.6** zjistíme, že některá data (kupř. plochy odstraněných nálitků) se nepodařilo soustředit. Akceptovali jsme pragmatický názor, že pokud by příslušný údaj bylo možné stanovit za cenu zcela mimořádných nákladů nebo enormního času eventuálně s velice vágní vypovídací schopností pak se musíme obejít bez něj.

8.2.1 Podrobnější informace ke sledovaným slévárnám

a) Slévárna D

Ve slévárně litin ve slévárně D se používá k odstraňování vtokových soustav a nálitků u drobného sortimentu LLG ze strojní formovací linky pouze urážení. U linky DISA LLG rovněž urážení, u LKG odřezávání keramickými kotouči pneumatických a elektrických ručních brusek, dále plazmové řezání. Z ruční formovny (FURAN) odřezávání keramickými kotouči pneumatických a elektrických ručních brusek a dále diamantovým kotoučem ruční brusky. Broušení odlitků menších hmotností na stojanových bruskách hmotné odlitky jsou broušeny ručně keramickými kotouči pneumatických a elektrických brusek. Vyčíslení v procentním podílu – viz příslušné tabulky.

Informace o spotřebě energií na slévárenských pracovištích jsou získávány z datových souborů IT. Pokud nejsou v potřebném členění dostupné v systému IT, nezbyvá než odborný odhad.

Sortiment vyráběných odlitků je velmi pestrý, jak z hlediska hmotností, tak z hlediska tvarů, což do značné míry ovlivňuje nákladovost řešených operací. Odlitky jsou dodávány podle požadavků odběratelů (hrubě a jemně broušené, povrchově upravené lakováním, opracované ve vlastní obrobně nebo v kooperaci).

b) Slévárna L

Odstranění nálitků (u všech materiálů):

- ruční urážení - 30 %,
- ruční pálení: acetylen + kyslík - 55 %,
- řezání: strojní pila, el. energie – 15 %.

Způsob stanovení spotřeby všech sledovaných energetických medií – odhadem, pomocí účetních dokladů a technických údajů.

Charakteristika sortimentu:

- Kusová zakázková výroba,
- Vyráběné materiály: nízko, středně a vysokolegované oceli, LLG, LKG, slitiny hliníku a mědi,
- Hmotnostní rozpětí:
 - ocel: 0,5kg - 400 kg (hrubá hmotnost),
 - LLG, LKG, slitiny Al a Cu: 0,3 kg - 200 kg (hrubá hmotnost),
 - průměrná hmotnost: 9 kg,
- Stav dodání:
 - v hrubém stavu90 %,
 - hrubované 0 %,
 - opracované hotově..... 10 % (v kooperaci).

c) Slévárna F

Oddělování nálitků:

- ruční pálení (AC + kyslík)..... 43 %
- strojní pálení – Framag (zemní plyn, kyslík)
- urážení - mechanické dělo Clansman (stl. vzduch, el. energie)

Charakteristika sortimentu:

- Kusová zakázková výroba,
- Vyráběné materiály - nízko, středně a vysoko legované oceli,
- Hmotnostní rozpětí - od 200 do 45 000 kg hrubé hmotnosti,
- Průměrná hmotnost - 3 420 kg (hrubá hmotnost),
- NDT: zkoušené odlitky - 93% (UZ, EMG. RTG, penetrační zkoušky),
- Stav dodání:
 - v hrubém stavu15 %,
 - hrubované67 %,
 - opracované hotově18 %.

Spotřeba energií - způsob odpočtu:

- stlačený vzduch - měřicí zařízení pro středisko, poměrově rozpočítáno na pracoviště,
- el. energie - rozpočet centrálního měřidla dle instalovaného příkonu,
- zemní plyn - měřicí zařízení pro pracoviště pálení a tepelné zpracování,
- kyslík - měřicí zařízení pro upalovací pracoviště,
- acetylen - měřicí zařízení pro středisko, poměrový rozpočet na pracoviště.

d) Slévárna H

Oddělování nálitků:

- ruční pálení (AC, kyslík)95 %
- urážení – ruční (kladivem) 5 %

Charakteristika sortimentu:

- Kusová zakázková výroba,
- Vyráběné materiály – LLG, LKG, nízko, středně a vysoko legované oceli, speciální oceli - vlastní vývoj,
- Hmotnostní rozpětí - od 22 do 7850 kg hrubé hmotnosti,
- NDT - zkoušené odlitky - 90% (UZ, EMG, RTG, penetrační zkoušky),
- Stav dodání:
 - v hrubém stavu.....20 %,
 - opracované.....34 %,
 - SLV hrubé..... 5 %,
 - SLV opracované.....36 %. (pozn. SLV = stacionárně lité válce)

Spotřeba energií - způsob odpočtu:

- stlačený vzduch - měřící zařízení pro DSO, poměrově rozpočítáno na útvar (středisko),
- el. energie – měřeno na útvar (středisko),
- zemní plyn – měřící zařízení pro DSO, rozpočítáno dle spotřeby žíhacích pecí,
- kyslík - měsíční paušál,
- acetylen – měsíční paušál.

e) Slévárna E

Odlitky od 1 do 5 000 kg, 80 % uhlíkaté nízko a středně legované oceli, 15% manganové oceli, 5% chromové oceli, ruční pálení nálitků (95% produkce, 5% urážení) – GRIESON® a kyslík.

Rozpočet spotřeby plynu: - roční spotřeba GRIESON® vztažená na odpracovaný čas pracovníků pálení; kyslík k nim dopočítán dle směšného poměru udávaného dodavatelem GRIESON®.

Pneumatické brusky - 100% stlačený vzduch.

Brusný materiál – skutečné spotřeby z účetnictví; stlačený vzduch – měřen pouze za provoz, spotřeba pro broušení určená po konzultaci s pracovníky údržby.

8.2.2 Co naznačují získané roční údaje

Nejprve se pokusíme posoudit získané údaje ve svém komplexu.

8.2.2.1 Vzájemné porovnání oddělování nálitků ve slévárnách

Jak je zřejmé z **tab. 8.6** podařilo se získat data z pěti sléváren. Slévárny F, L, E, H a D. Pro H jsme navíc získali i údaje za 7 měsíců r. 2016. Dále z **tab. 8.6** vyplývá, že se nepodařilo získat údaje o ploše odstraněných nálitků.

Je zřejmé, že asi stěží bude možné kvalifikovaně interpretovat souhrnná data za slévárnu celkem. První poměrový ukazatel jsou náklady na hrubou hmotnost odlitků (Kč/kg) **sl. 9**. Tedy náklady na oddělování nálitků celkem (**sl. 8**) stanovené jako součet osobních nákladů (**sl. 5**), nákladů na energie (**sl. 6**), nákladů na materiál (**sl. 7**) vztažené na výrobu celkem (**sl. 2**).

Pro vlastní hodnocení bude nezbytné rozdělit posuzované slévárny do dvou rámcových skupin. V první skupině hodnotit slévárny F, L, E a H. A ve druhé skupině se zaměřit na výsledky slévárny D.

a) Hodnocení první skupiny sléváren

Zjišťujeme, že tři slévárny se u tohoto ukazatele pohybují od 0,80 Kč/kg do 1 Kč/kg. A tento ukazatel by snad mohl být i důsledkem odlišností jednotlivých sléváren v jejich sortimentu, použitých technologií, atd. A „přibližná vyrovnanost“ těchto tří sléváren je dosti překvapující zjištění.

Druhé překvapující zjištění je, že měrné náklady ve slévárně E jsou prakticky poloviční oproti zbylým třem slévárnám. Vykazují 0,05 Kč/kg! Zde již stěžít může jít o běžný důsledek odlišného sortimentu, atd.

Nejdříve jsme se snažili zjistit, zda měrný podíl odstraněných nálitků, kapes, atd., není mezi slévárnami zásadně odlišný. Ze **sl. 19** naopak vyplývá, že tato slévárna má druhý nejvyšší podíl odstraněných nálitků na 1 t hrubé hmotnosti odlitků. Celkově se odstraněné části pohybují od 195 kg/t do 570 kg/t. Přičemž slévárny E vykazují 548 kg/t! A navíc vyjma slévárny H v r. 2016 se odstraněné části pohybují od 451 kg/t do 570 kg/t, což může působit opět do jisté míry „vyrovnaným“ souborem.

Dále jsme se zaměřili na oblast časové náročnosti odstraňování nálitků. Opět (**sl. 16**) nezjišťujeme významnou výchylku ve slévárně E. Konstatujeme rozpětí mezi 1,4 hod/t až do 2,7 hod/t. Slévárna E se časovou náročností 1,7 hod/t pohybuje spíše uprostřed. Podobně je tomu ve vyjádření podílu osobních nákladů na t – **sl. 20**.

Předposlední sledovanou hodnotou je energetická náročnost – viz **sl. 17**. Ta se pohybuje od 180 Kč/t do 719 Kč/t. Zde je zřejmý velice významný rozdíl mezi slévárnami. Maximální energetická náročnost je cca 4x vyšší než minimální! Slévárna - druhá v pořadí (L) má energetickou náročnost téměř dvojnásobnou jak slévárna E. Je třeba si uvědomit, že i kdyby slévárna E nebyla hypoteticky zařazena v šetření, tak variační rozpětí energetické náročnosti se pohybuje od 346 Kč/t, dále 473 Kč/t a 719 Kč/t. Je tedy zřejmé, že oblast energetické náročnosti způsobuje významnou odlišnost v nákladech na oddělování nálitků. Tuto položku je nutné dále prošetřit.

Poslední sledovaná nákladová položka jsou materiálové náklady (**sl. 21**). Tam slévárna E vykazuje ze tří sléváren, které tyto náklady posuzovaly, jednoznačně nejnižší měrné náklady. Minimum nákladů je jistě dáno tím, že slévárna E 95 % nálitků upalují. Údaje slévárny H v této oblasti nebyly doplněny, což může uvedené porovnání zkreslovat.

b) Hodnocení nákladů na oddělování nálitků u slévárny D

Posuzování měrné nákladovosti (**sl. 9, tab. 8.6**) je do jisté míry odlišné od sléváren první skupiny. Jejich měrné náklady na oddělování nálitků se pohybují od 0,30 Kč/kg do 1,50 Kč/kg s průměrem 0,80 Kč/kg. Do jisté míry srovnatelné s první skupinou jsou měrné osobní náklady (**sl. 20**) a tím i časová náročnost (**sl. 16**). Nejnáročnější jsou měrné osobní náklady i časová náročnost u linky DISA. Z hlediska výroby odlitků je však tato linka nejvýkonnější, rozměrová přesnost je nejvyšší. Nabízí se použití CNC čistírenského automatu nebo použití robotů. Materiálové náklady (**sl. 21**) jsou srovnatelné se slévárnou F. Zásadně odlišné jsou náklady na zajištění energetické náročnosti. Je to do jisté míry dáno převažující použitou technologií oddělování nálitků – urážení. Nutno rozlišovat ruční urážení (D) a ve slévárně F používaný kanon. Ve slévárně litin ve slévárně D je používáno jen ruční urážení, případně naříznutí rozbrušovacím kotoučem s následným ručním urážením u LKG.

8.2.2.2 Pokus o porovnání trendů u jednotlivých sléváren

Toto posouzení je možné provést pouze u slévárny H, poněvadž pouze zde jsou uvedeny výsledky za r. 2015 a 1 – 7 měsíc r. 2016. Ze **sl. 9** vyplývá, že náklady na oddělování nálitků se meziročně snížily o 0,10 Kč/kg odlitků. Je zajímavé vysoké snížení měrné hmotnosti oddělených nálitků, kapes, atd. z původních cca 570 kg/t na cca 195 kg/t (**sl. 19**). U hodnot energetické náročnosti nedošlo v zásadě ke změně (z původních 719 Kč/t nepatrné zvýšení na 729 Kč/t). K zásadní změně však došlo u časové náročnosti. A to jak v jejím vyjádření v hod/t hrubé hmotnosti odlitků (pokles z 1,4 hod/t na 0,9 hod/t), tak i v nákladových hodnotách (z 278 Kč/t na 184 Kč/t). Tyto skutečnosti dokládá **tab. 8.7** a **obr. 8.1** v **PŘÍLOZE 8**. Je tedy zřejmé, že nová opatření v této oblasti přinesla odpovídající úspory.

8.2.2.3 Shrnutí ročního porovnání nákladů na oddělování nálitků

Je zřejmé, že na nákladovou náročnost oddělování nálitků budou mít vliv i další faktory než ony čtyři posuzované. Tedy časová náročnost jak v hod/t, tak i v Kč/t. Dále energetická náročnost v Kč/t, materiál a podíl odstraněných nálitků na t odlitků. Nehodnotili jsme kupříkladu průměrnou hmotnost odlitků ve slévárně (viz **sl. 18**). Neposuzovali jsme také odlišnou složitost vyráběných odlitků, apod. Prošetření nákladů při zahrnutí hmotnostních skupin a složitosti odlitků by podle provedených modelů mohlo slévárnám přinést možná užitečné informace.

Analogické postupy tvorby nákladových modelů jsou již zcela individuální záležitosti slévárny a není v silách řešitelského týmu se tak detailně touto problematikou zabývat. Podrobné zkoumání a porovnání nákladových modelů řešitelským kolektivem by vyžadovalo velice náročné sjednocení tvorby datových souborů sléváren, aby byly vyloučeny odborné odhady. Nicméně je třeba slévárnám i tento relativně jednoduchý přístup pravidelného minimálně ročního hodnocení doporučit.

9 Posuzování výrobní fáze broušení odlitků v rámci ročního porovnání

Řešitelský tým se rozhodl provést porovnání nákladovosti broušení odlitků podobně jako u oddělování nálitků – viz kap. 8.2 přes roční náklady vykázané v účetní evidenci.

9.1 Metodický postup posuzování nákladovosti broušení odlitků

Pro sledování jsme zvolili následující údaje:

- objem výroby - dodané odlitky za rok,
- spotřeba času - skutečně odpracované hodiny na operaci broušení,
- osobní náklady - celkové náklady na pracovníky při použití sjednocené sazby 195 Kč/hod,
- energie k broušení - náklady na stlačený vzduch a elektrickou energii,
- materiál - náklady na brusné kotouče a další brusný materiál,

- podíl brusičských prací – podíl na jednotlivých operacích broušení - hrubé broušení, broušení pro NDT, vybrušování a zbrušování vad.

Takto definované celkové údaje byly následně soustředěny do **tab. 9.1** - viz **PŘÍLOHA 9**.

9.1.1 Podrobnější informace ke sledovaným slévárnám

a) Slévárna D

Podklady k broušení odlitků jsou uvedeny v kapitole 8.2.1

b) Slévárna L

Broušení odlitků:

1. Apretace (hrubé broušení a čištění) 94 %:
 - ruční vysokofrekvenční brusky (el. energie),
 - ruční pneumatické brusky (stl. vzduch),
 - ruční pneumatické kladivo (stl. vzduch).
2. Broušení neopracovaných povrchů pro zkoušky (1 %)
 - ruční vysokofrekvenční brusky (el. energie).
3. Vybrušování vad a zabrušování svárů (5 %):
 - ruční vysokofrekvenční brusky (el. energie),
 - ruční pneumatické brusky (stl. vzduch).

c) Slévárna F

Popis broušení odlitků

1. Apretace (hrubé broušení a čištění):
 - kyvadlové brusky (el. energie),
 - ruční pneumatické brusky (stlačený vzduch),
 - ruční pneumatické kladivo (stlačený vzduch),
 - vypalovací hořák (kyslík – acetylen),
 - strojní broušení - robotizované pracoviště Andromat (el. energie).
2. Broušení neopracovaných povrchů pro zkoušky:
 - ruční pneumatické brusky (stlačený vzduch),
 - ruční vysokofrekvenční brusky (el. energie),
3. Vybrušování vad a zabrušování svárů:
 - ruční pneumatické brusky (stlačený vzduch),
 - ruční vysokofrekvenční brusky (el. energie).

Podíl jednotlivých technologií:

- kyvadlové brusky..... 16 %,
- pneumatické kladivo..... 4 %,
- elektrické brusky 2 %,
- pneumatické brusky..... 69 %,
- vypalovací hořák..... 3 %,
- strojní broušení..... 6 %.

Způsob odečtu energií a charakteristika sortimentu viz kap. 8.

d) Slévárna H

Podklady k broušení odlitků jsou uvedeny v kapitole 8.2.1

e) Slévárna E

Používají se pneumatické brusky, 100% stlačený vzduch. Sortiment vyráběných odlitků je tvořen z 80 % uhlíkaté, nízko a středně legované oceli, 15% manganové oceli a 5% z chromové oceli.

Podklady se získávají:

- brusný materiál ze skutečné spotřeby z účetnictví,
- stlačený vzduch je měřen pouze za provoz. Jeho spotřeba pro broušení je určena rozpočtem po konzultaci s pracovníky údržby.

f) Slévárna MPopis broušení odlitků:

1. Apretace (hrubé broušení a čištění):

- stojanové brusky (el. energie),
- pásová bruska (el. energie),
- pásová pila (el. energie)

2. Opravy a jemné broušení:

- ruční pneumatické brusky (stlačený vzduch),
- ruční vysokofrekvenční brusky (el. energie),

Podíl jednotlivých technologií:

- stojanové brusky85,0 %,
- elektrické brusky 0,5 %,
- pneumatické brusky.....14,0 %,
- pásová pila 0,5 %.

Charakteristika sortimentu: - malosériová výroba,

Vyráběné materiály:

- LKG..... 80 %,
- LLG..... 20 %,

Hmotnostní rozpětí - od 0,5 do 16 kg hrubé hmotnosti odlitku,

Spotřeba energií - způsob odpočtu:

- stlačený vzduch - měřicí zařízení pro středisko, poměrově rozpočítáno na pracoviště,
- el. energie – dle pracovního příkonu stroje.

9.2 Úvodní zjištění v oblasti nákladovosti broušení odlitků

Řešitelskému týmu se podařilo zkompletovat výše popsané informace z pěti sléváren:

- Slévárna L
- Slévárna E,
- Slévárna F,
- Slévárna M,
- Slévárna H, výsledky roku 2015 a 1. -7. 2016.

9.2.1 První výsledky nákladového posuzování

Nejprve se zaměříme na problematiku vzájemného porovnání nákladů a skladby brusičských prací.

9.2.1.1 Porovnání nákladů na broušení odlitků a skladby brusičských prací

Z **tab. 9.1. sl. 9** vyplývá, že měrné náklady na broušení celkem v šetřených slévárnách se pohybují od 1,50 Kč/kg do 4,70 Kč/kg. V prvním přiblížení se jeví, že nákladovost do jisté míry koreluje s procentem oprav. Tedy vybrušováním a zabrušováním vad (Slévárna M – 15 % oprav a slévárna F 48 %) – **sl. 12**. Dodejme, že slévárna L má podíl oprav nejnižší (5 %) ze sledovaného souboru sléváren a jeho měrné náklady na broušení odlitků jsou s hodnotou 2,30 Kč/t přibližně ve středu. Slévárna s druhými nejvyššími náklady 3,10 Kč/kg vykazuje také druhý nejvyšší podíl oprav - 29 %. Druhé minimální náklady vykazuje slévárna E s 1,70 Kč/kg a podílem oprav 10 %.

Když se zaměříme na poměření jednotlivých nákladových druhů broušení odlitků, tak s větší podílu oprav jednoznačně korelují časová náročnost jak v hodinovém, tak i v peněžním vyjádření - viz **sl. 13 a 14, tab. 9.1**. Opět u slévárny F a H je časová náročnost nejvyšší (18,30 hod/t, 3575 Kč/t a u slévárny H 12,80 hod/t a 2503 Kč/t). Naproti tomu u slévárny E (6,3 hod/t, 1234 Kč/hod)) a slévárny M (5,5 hod/t, 1071 Kč/hod) je časová náročnost nejnižší.

Při posuzování energetické náročnosti (**sl. 15**) se opět potvrzuje, že nejvyšší náklady se kryjí s nejvyšším podílem oprav a to jak u slévárny F - 517 Kč/t, tak i u H - 422 Kč/t. Minimální energetické náklady jsou vykazány u slévárny E - 108 Kč/t a u slévárny L - 131 Kč/t. Je třeba zopakovat, že slévárna L má nejnižší podíl oprav - 5 %. Slévárna M má třetí nejnižší energetickou náročnost - 288 Kč/t.

Při hodnocení podílu nákladů na brusné materiály u slévárny F s nejvyšším podílem oprav jsou opět nejvyšší - 617 Kč/t. U slévárny H (druhý nejvyšší podíl nákladů na opravy 29 %) jsou však náklady na brusné materiály k jistému překvapení nejnižší - 155 Kč/t. Ve slévárně M s opravami 15 % byly zjištěny druhé nejnižší náklady - 187 Kč/t. Také u slévárny L a E jsou náklady na brusné materiály poněkud vyšší (382 a 392 Kč/t). Je zřejmé, že zde nám již výše nákladů s podílem oprav tak jednoznačně nekoreluje.

Doplňme, že jsme zatím zejména z časových důvodů neposuzovali podíl energetických nákladů vztažených na hodinu práce (sl. 16). Stejně tak i podíl spotřeby brusných materiálů vztažených na hodinu práce (sl.18). Poněvadž jsme neměli komplexní údaje, tak jsme nevyhodnocovali ani vliv průměrné hmotnosti odlitků (sl. 20) a podíl osobních nákladů na jeden odlitek (sl. 19).

9.2.1.2 Pokus o porovnání trendů u jednotlivých sléváren

I v tomto případě máme k meziročnímu porovnání pouze výsledky ze slévárny H. Ze sl. 9, tab. 9.1 je zřejmé, že ve slévárně H došlo mezi r. 2015 a 7. měsíci r. 2016 k poklesu měrných nákladů na broušení z 3,10 Kč/t o téměř polovinu na 1,60 Kč/t. Pravdou je, že skladba brusničských prací se zásadně nezměnila. Opravy se snížily z 29 % na 27 % (sl.12) a hrubé broušení se zvýšilo z původních 66 % na 73 % (sl. 10). Prakticky odpadlo broušení pro NDT. Toto zásadní snížení nákladů ve slévárně H bylo dosaženo snad rovnoměrně u všech šetřených dílčích nákladů.

U časové náročnosti došlo k poklesu z 12,8 hod/t na 6,4 hod/t (sl. 13). A ve finančním vyjádření to byl pokles z 2503 Kč/t na 1248 Kč/t. V obou případech se jednalo o cca 50 % pokles. Tyto skutečnosti dokládá tab. 8.7 a obr. 8.1 - viz PŘÍLOHA 8. Energetická náročnost se snížila ze 422 Kč/t na 272 Kč/t (sl. 15) - pokles o 64 %. Spotřeba brusných materiálů také poklesla ze 155 Kč/t na 76 Kč/t (sl. 17) - to odpovídá 49 %.

9.2.1.3 Shrnutí porovnání nákladů na broušení odlitků

Je zřejmé, že na nákladovou náročnost broušení odlitků budou mít vliv i další faktory než ony tři posuzované. Tedy časová náročnost jak v hod/t tak i v Kč/t, dále energetická náročnost v Kč/t a materiál na broušení. Nehodnotili jsme kupříkladu průměrnou hmotnost odlitků ve slévárně (viz sl. 20). Neposuzovali jsme také odlišnou složitost vyráběných odlitků apod. A samozřejmě ani hodinové spotřeby energie a brusných materiálů. To bude nutné šetřit v následujícím PROJEKTU.

Je ovšem v daném případě dosti zajímavé, že vliv podílu oprav se v našem případě jevil jako dosti významný – spíše zásadní.

Ovšem i přes neukončené práce je třeba slévárnám i tento relativně jednoduchý přístup pravidelného minimálně ročního hodnocení doporučit.

10 Problematika sběru dat ve slévárnách

Jak bylo již v úvodních kapitolách uvedeno, do řešitelského týmu se zapojili kolegové z VŠB-TU Ostrava. Jejich odbornou náplní je mimo jiné systematický sběr a zpracování dat. Bylo tedy snad zcela logické, že navrhli již na 4. schůzce řešitelského týmu dotazník, který měl za úkol úvodní zmapování situace v českých slévárnách ve sběru dat. K tomu účelu navštívili tři slévárny zapojené do řešitelského kolektivu (slévárna F, H a E). Tam se seznámili s problémy v této oblasti. Je třeba uvést, že původní verze dotazníku doznala jistých změn - je uveden v PŘÍLOZE 7.

Situace se rozsáhle diskutovala, jak v řešitelském kolektivu PROJEKTU XVII, tak ve vedení odborné komise ekonomické. Řešení do jisté míry pomohla i rozsáhle konzultovaná problematika 4. průmyslové revoluce na konferenci, kterou pořádala OK tavení oceli na odlitky a 53. Slévárenské dny v Brně. Na obou těchto akcích doc. Špička referoval o zavádění INDUSTRY 4.0 ve světě. To vše iniciovalo snahy, aby se ČSS v této

oblasti aktivně angažovala. Na jednání s Dr. Martinkem, předsedou ČSS, vznikla iniciativa k vytvoření nové odborné komise, která by se na tuto problematiku zaměřila. Je třeba dodat, že ČSS již dříve měla obdobnou komisi zaměřenou na sběr dat a využití výpočetní techniky ve slévárnách. Dopisem doc. Špičky a Dr. Martinka byly slévárny požádány o delegování pracovníků do tohoto týmu (viz **PŘÍLOHA 7**).

Můžeme tedy tuto oblast uzavřít konstatováním, že se tvoří separátní specializovaný tým, který se bude oblastí sběru a zpracování dat ve slévárnách komplexně zabývat. Tento kolektiv by se měl také zaměřit na řízení a koordinování úsilí na zavádění 4. průmyslové revoluce v našich slévárnách.

Následně se zaměříme na možné pokračování v PROJEKTU XVIII.

11 Návrh dalšího postupu v řešení PROJEKTU XVIII

První oblastí pro následující PROJEKT je pokračování v řešení rozpracovaných oblastí. To si vynucují zcela jistě otázky tepelného zpracování ocelových odlitků. Tam bude nezbytné v praxi ověřit vyvinuté nákladové vztahy. Dále je vytčeno posouzení dalších nákladů, které dosud nebyly systematicky posuzovány. Jedná se kupříkladu o náklady na údržbu, osobní náklady a další. Také vývoj nákladového vztahu vycházející z konstrukce pece a tepelných konstant by neměl zůstat opomenut.

Také bude nutné provést další pokus o řešení tepelného zpracování neželezných kovů.

Lze říci, že otázky oddělování nálitků si vynucují další práce. V první řadě kontrolu věrohodnosti dat. Zvýšit počet řešených případů. Do praktického šetření pojmout nezahrnuté faktory. Kupříkladu tvarovou složitost a hmotnost odlitku. A další.

Podobně broušení odlitků si vynucuje dopracování. Tam jsme snad na počátku. Vysoké zjištěné nákladové rozpětí, neposuzované tři důležité faktory si vynucují další pokračování. A za velice důležité také považujeme dokončit apretaci odlitků, to znamená opravy zavařování, drážkování, získání dodavatelů nářadí a zařízení...

Také se nabízí nákladové posouzení dalších fází výroby odlitků. Kupříkladu je to základování.

Změny v oblasti struktury výkonů, zákazníků, ceny vstupů a výstupů, komplexnosti dodávek a vzrůstající požadavky na kvalitu mají vliv na strukturu nákladů. Výrazným způsobem došlo ke snížení podílu jednicových nákladů v relaci k nákladům režijním a značnou část režijních nákladů tvoří fixní, zejména umrtvené náklady. Významnou změnou byl nárůst režijních nákladů v oblasti inovačních, obslužných, ale i informačních, plánovacích, kontrolních a strategicky orientovaných aktivit. Uvedené změny ve struktuře nákladů vyvolaly kritiku tradičních postupů a poukázaly na nutnost zavedení moderních systémů pro řízení a kalkulace nákladů. Mezi tyto systémy se řadí i metody ABC (Activity Based Costing). Na rozdíl od tradičních kalkulačních metod nevyužívá alokaci nákladů na kalkulační jednici (například výrobek) přes nákladová střediska, ale přes aktivity, které jsou pro tvorbu výkonů nezbytné. Podstatou kalkulace je alokování režijních nákladů jednotlivým prováděným aktivitám, na základě kterých jsou pak přiřazovány jednotlivým nákladovým objektům.

Technika kalkulace je následující:

- v prvním kroku je nepřímý náklad přiřazen k dílčím definovaným aktivitám na základě vztahové veličiny nákladů, která vymezuje způsob přepočtu nákladů z účetní evidence na jednotlivé definované aktivity,
- ve druhém kroku se zjistí celkové náklady na jednotlivé aktivity, dále se vymezí vztahová veličina aktivity a stanoví se náklady na jednotku aktivity,
- ve třetím kroku se určí náklady na nákladový objekt, a to prostřednictvím nákladů na jednotku aktivity a objemu těchto jednotek /4/.

Cílem metody ABC je zejména vytvoření transparentnosti v nákladech a výkonech a to především v oblastech nepřímých nákladů. Na základě realizovaných projektů (I - XVII) byla provedena podrobná analýza jednotlivých výrobních fází a jejich neúplných nákladů. Tyto informace by bylo efektivní využít, ale náklady alokovat z jiného úhlu pohledu. Nevyužívat alokaci nákladů na jednici, ale přes aktivity, a tak docílit přiřazení dalších nepřímých nákladů /4/.

Pozoruhodné náměty jsou na uplatnění souhrnného kalkulačního vzorce všech fází výroby odlitku. Ten by mohl být aplikovatelný pro výpočet kilogramové ceny odlitků. Hlavním cílem je odstoupení od přírážkové kalkulace. I obchodní rabat by mohl být součástí tohoto kalkulačního vzorce za předpokladu, že jsou definovány realizace investičních celků pro následující období, pohyb cen vstupních surovin a energií a nárůst osobních nákladů. Vedlejším cílem by mohlo být stanovení nákladů při procesním řízení s generováním dalších dokladů (průvodky, atesty, náklady na neshodnou produkci, náklady na analytiku).

Znovu se objevují náměty na prošetření nákladových fází výroby odlitků, které byly šetřeny před 17 léty. Kupříkladu tavení tekuté fáze.

12 Shrnutí a závěr

V oblasti rozšíření využívání přídavného zařízení **DSTP** u tryskacích zařízení se podařilo jeho zavedení ve slévárnách TOS Čelákovice, G a M. Ve všech třech slévárnách si našla jeho aplikace své místo. A zejména u obou posledně jmenovaných očekáváme při dalším provozování jeho nové aplikace.

U tepelného zpracování ocelových odlitků jsme se zaměřili na odvození matematického vztahu, který by definoval jeho nákladovost.

Vyvodili jsme, že nákladový model by měl být řešen pro jednu žíhací pec a všechny aplikované tepelné režimy na této peci. Dále jsme došli k závěru, že závisle proměnnou bude spotřeba plynu (nebo jiného energetického media v celkové hodnotě - pro plyn v Nm³) na jeden výpal. Nezávisle proměnnými byly stanoveny teplota prodlevy, doby cyklu a hmotnost prosazených odlitků.

Pro stanovení nákladového vztahu jsme se rozhodli jít jak cestou mnohonásobné korelace s využitím výběrových souborů, tak i využitím fyzikálních konstant, technického řešení žíhacích pecí, kvantifikace jejich tepelných ztrát, atd.

Pro mnohonásobnou korelaci byly vytvořeny výběrové soubory dat. A následně byly vypočteny pro každou slévárnu a pec lineární statistické závislosti. Bc. Míča na základě svých zkušeností navrhl do jisté míry odlišný návrh statistického vztahu.

Porovnáním s výsledky nelineární regrese se prokázalo, že je sice nepatrně přesnější, ale vztah je významně komplikovanější. Proto byla doporučena k používání lineární závislost. Celkem bylo vyvinuto devět nákladových vztahů.

Při porovnání výsledků teoretických nákladových rovnic se skutečností jsme došli k závěru, že u *komplexních* nákladových souborů je teoreticky vypočtený rozdíl (maximální a minimální spotřeby zemního plynu) vyšší než v praxi stanovený. To odpovídá výchozímu předpokladu a potvrzuje správnost vypočtených rovnic.

Dále jsme zjistili, že hlavní vliv na spotřebu zemního plynu má teplota prodlevy (39 -51 %) s průměrnou hodnotou 43 %. Následuje vliv doby výpalu s rozpětím mezi 1 % až 55 % a s průměrem 35 %. Jako třetí se umístila hmotnost vsázky s rozmezím od 7 do 48 % a průměrem 21 %. To je také v souladu s praktickými předpoklady.

Využití získaných rovnic vidíme kupříkladu v možnosti posunutí začátku operace TeZ. Pokud to jiné okolnosti dovolí, pak se „počká“ na doplnění vsázky pece. Dále může být zajímavá znalost nákladů pro jednání se zákazníkem o cenových a časových podmínkách zakázky. Možná využití byly podobně posouzeny pro podmínky slévárny E. Ve slévárně F by mohlo dojít při jistých podmínkách k úspoře až 0,4 mil Kč/rok.

V závěru statě je i úvodní zmínka jak postupovat při hledání matematického vztahu vycházejícího z analytických podkladů pecí na TeZ a tepelných konstant.

Následně jsme se zaměřili na problematiku oddělování nálitků. Pro první úlohu – tedy stanovení nákladů na nálitky o \varnothing 200 mm jsme získali data pro ocelové odlitky, LLG a LKG a dvou barevných kovů. Přes problémy se získáním věrohodných dat se nám podařilo stanovit nákladovost pro nálitky \varnothing 150 až 220 mm v pořadí: urážení, kanon, ruční pálení acetylenem, následně plynem Grieson® a strojní pálení zemním plynem.

Pro slévárny D, M, a G s průměry nálitků od 10 mm do 200 mm byly zjištěny srovnáním nákladů zajímavé podněty. Ty budou sloužit slévárnám k dalšímu šetření.

Porovnání nákladovosti oddělování nálitků přes roční náklady konstatovala měrné náklady od 0,50 Kč/kg do 1 Kč/kg. Odlišnosti mezi slévárnami se konstatují v časové náročnosti, materiálových nákladech oddělených nálitků v kg/t odlitku. Zásadní odlišnost se však jeví u energetické náročnosti. Ta je až čtyřnásobná. Také tato oblast si vyžaduje došetření.

Následující stat' se zaměřila na otázky broušení odlitků. Tyto problémy jsme opět metodicky posuzovali z pohledu celkových nákladů. Při použití obdobné metodiky jako u posuzování oddělování nálitků jsme zjistili významné nákladové odlišnosti. Měrné náklady na broušení odlitků se pohybovaly od 1,50 Kč/kg do 4,70 Kč/kg. U některých sléváren dosažené náklady korelují se skladbou brusíčských prací a zejména výši oprav odlitků. Není tomu tak však ve všech případech. Odlišnosti se projevují jak u spotřeby brusných materiálů, energetických nákladů, tak i u osobních nákladů. Opět i zde bude třeba v dalším PROJEKTU se této oblasti věnovat.

Závěrečná kapitola se zaměřuje na otázky systematického sběru dat ve slévárnách a zavádění INDUSTRY 4.0. Tato problematika vygradovala do návrhu nové odborné komise ČSS. Ta je již v současné době doplňována svými členy.

Přestože v některých případech bude nutné některé oblasti dopracovat nebo pokračovat v jejich řešení můžeme říci, že vytčené cíle pro PROJEKT XVII byly splněny.

13 Literatura

- /1/ KAFKA V., BRÁZDA Z., BRHEL J., FÍK M., HERZÁN M., JELÍNEK P., LÁNA I., MARKO E., MÍČA R., NOVOBILSKÝ M., OBRTLÍK J., VYLETOVÁ B., MRÁZEK M.: *Vypracování metodiky nákladového hodnocení apretace odlitků (III. etapa)*, PROJEKT XIV, *závěrečná zpráva*, prosinec 2013, Česká slévárenská společnost Brno, s. 1- 79, tab. 8, obr. 40, přílohy 5.
- /2/ KAFKA V., BRÁZDA Z., FÍK M., HERZÁN M., JELÍNEK P., KRÁL V., LÁNA I., MÍČA R., NOVOBILSKÝ M., OBRTLÍK J., ŠAULÍK M., UHRIK P., VYLETOVÁ B.: *Vývoj nákladového hodnocení apretace odlitků (IV. etapa)*, PROJEKT XV, *závěrečná zpráva*, prosinec 2014, Česká slévárenská společnost Brno, s. 1- 64, tab. 6, obr. 48.
- /3/ KAFKA V., BRÁZDA Z., FÍK M., HERZÁN M., JELÍNEK P., LÁNA I., MÍČA R., NOVOBILSKÝ M., OBRTLÍK J., ŠAULÍK M., VYLETOVÁ B.: *Vývoj nákladového hodnocení apretace odlitků (V. etapa)*, PROJEKT XVI, *závěrečná zpráva*, leden 2016, Česká slévárenská společnost Brno, s. 1- 70, tab. 29, obr. 32.
- /4/ POPESKO, B.: *Moderní metody řízení nákladů: jak dosáhnout efektivního vynakládání nákladů a jejich snížení. 1. vyd.* Praha: Grada, 2009. 233 s. ISBN 978-80-247-2974-9.

14 Seznam zkratk

- AC Acetylen
- CNC Číslicové řízení počítačem
- ČSS Česká slévárenská společnost
- DSO Divize slévárna odlitků slévárny H
- DSTP Dálkové sledování tryskacího procesu
- EMG Zkouška magnetická prášková
- IT Informační technologie
- JSA Jednotná spotřeba abraziva
- LKG Litina s kuličkovým grafitem
- LLG Litina s lupínkovým grafitem
- NDT Nedestruktivní zkoušky
- Nm³ Normální metry krychlové
- NVN Neúplné vlastní náklady
- OK Odborná komise
- PBU Pneumatická bruska úhlová
- PXIII Projekt XIII
- PXVI Projekt XVI
- R² Koeficient determinace
- RTG Rentgenové zkoušky
- SLV Stacionárně lité válce
- TeZ Tepelné zpracování
- THN Technicko hospodářské normy
- ÚVN Úplné vlastní náklady
- UZ Ultrazvuk
- ZP Zemní plyn

15 Přílohy – viz CD ROM

15.1 Příloha 1

- Zevrubný popis použité metodiky stanovení nákladů

15.2 Příloha 2

- Základní informace o nově zapojených slévárnách

15.3 Příloha 3

- Obr. 5.1: Příklad statistického vyhodnocení tryskacího procesu za týden 46 r. 2016
- Obr. 5.2: Příklad vyhodnocení tryskače TMZ 12.24 (slévárna G)
- Obr. 5.3: Příklad vyhodnocení tryskače PT 63, p. č. 1 (slévárna G)
- Obr. 5.4: Příklad vyhodnocení tryskače PT 63, p. č. 2 (slévárna G)
- Obr. 5.5: Program DSTP (slévárna M)
- Obr. 5.6: Znárodnění provozu turbín tryskacího zařízení ve slévárně M.
- Obr. 6: Využití tryskacího zařízení ve slévárně M

15.4 Příloha 4

- Tab. 4.1 Výběrový soubor slévárny H (Příklad 1)
- Tab. 4.2 Výběrový soubor slévárny H (Příklad 2)

15.5 Příloha 5

- Nástin postupu slévárny L
- Propočtení mnohonásobné korelace pro data slévárny H
- Propočtení mnohonásobné regrese pro data sléváren
- Rozšířená regresní analýza (nelineární regresní funkce pro slévárnu F)

15.6 Příloha 6

- Posouzení regresních rovnic pro výběrové soubory tepelného zpracování ocelových odlitků
- Tab. 6.1 Vypočtený vliv hmotnosti vsázky, teploty prodlevy a délky výpalu na spotřebu plynu u výběrových souborů šetřených sléváren
- Tab. 6.2 Skutečné rozpětí hmotnosti vsázky, teploty prodlevy a doby výpalu u výběrových souborů ve slévárnách

15.7 Příloha 7

- Návrh založení komise oslovení
- Dotazník

15.8 Příloha 8

- Tab. 8.1 Úvodní informace o odstraňování nálitku ve slévárnách (původní ceny)
- Tab. 8.2 Náklady odstraňování nálitku ve slévárnách (jednotné ceny) - Ø nálitku 150-220 mm
- Tab. 8.3 Náklady odstraňování nálitku ve slévárnách (jednotné ceny) – slévárny D, M a G
- Tab. 8.4 Shrnutí nákladů na odstraňování ocelových a litinových nálitků o ϕ 150-220 mm
- Tab. 8.5 Shrnutí nákladů na odstraňování nálitků ve slévárnách D, G a M
- Tab. 8.6 Roční nákladovost odstranění nálitku, vtoku - všechny metody
- Tab. 8.7 Porovnání časů broušení odlitků VS 2015-2016

15.9 Příloha 9

- Tab. 9.1 Podklady k posuzování nákladovosti broušení odlitků

Název: VÝVOJ NÁKLADOVÉHO HODNOCENÍ APRETACE ODLITKŮ (VI. Etapa),
Sborník přednášek z XVI. Ekonomického semináře

Autor: kolektiv autorů

Vydavatel: Česká slévárenská společnost, z.s., – člen ČSVTS Praha

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

Vydání: 1

Rok vydání: 2017

Počet výtisků: 35

Vytiskla: Česká slévárenská společnost, z.s., (vlastním nákladem)

Vazba: brožovaná

Poznámka: Neprošlo jazykovou úpravou

ISBN 978-80-02-02711-9