VÝVOJ NÁKLADOVÉHO HODNOCENÍ APRETACE ODLITKŮ (VII. etapa)

PROJEKT XVIII

Sborník přenášek

Koordinátor:	Doc. Ing. Václav Kafka, CSc.	
Řešitelé:	p. Miroslav Herzán	Ing. Pavel Jelínek
	Ing. Jaroslav Kříž	Ing. Ivo Lána, Ph.D.
	p. Reinhold Lasák	Bc. Roman Mička
	Ing. Marcel Novobílský	Ing. Josef Obrtlík
	Doc. Ing. Ivo Špička, Ph.D.	Mgr. Ing. Tomáš Tykva
	Ing. Martina Závrbská	
Dále spolupracoval:	Ing. Ervin Marko, Josef Obrtlík, Ing. Radek Vítek	

HAMAG, spol. s r.o., Zlín
LAC, s.r.o.
SLÉVÁRNA A MODELÁRNA NOVÉ RANSKO, s.r.o., Nové Ransko
SLÉVÁRNY TŘINEC, a.s., Třinec
TECHCONSULT Praha s.r.o.
VAG s.r.o., Hodonín
VÍTKOVICKÉ SLÉVÁRNY, spol. s.r.o., Ostrava
VŠB-TU OSTRAVA, Business Intelligence. s. r. o.
ŽĎAS, a.s., Žďár nad Sázavou

Práce byla vykonána za finanční podpory Odborné komise ekonomické ČSS Brno, zúčastněných společností a generálního sponzora Destro, s.r.o.

BŘEZEN 2018

DESTRO, spol. s r.o. je generální partner OK ekonomické

Obsah

1 Úvod 6
2 Výchozí situace PROJEKTU XVIII 7
2.1 Zevrubný popis použité metodiky stanovení nákladů 8
2.2 Vytvoření řešitelského týmu PROJEKTU XVIII 8
3 Cíle PROJEKTU XVIII 9
4 Informace o řešitelských organizacích v PROJEKTU XVIII 10
5 Tryskání odlitků 11
5.1 Posouzení možných nákladových rezerv v oblasti tryskání ocelových odlitků 11
5.1.1 Vyvození metodiky nákladového hodnocení tryskání 11
5.1.2 Zjednodušující předpoklady pro nákladový model 11
5.1.3 Vyvinutý nákladový vzorec 13
5.1.4 Vyvinutí ukazatele „JEDNOTNÉ SPOTŘEBY ABRAZIVA“ 13
5.1.5 Vývoj „ DÁLKOVÉHO SLEDOVÁNÍ TRYSKACÍHO PROCESU“ 15
5.1.6 Modelování nákladů tryskání při různých JSA 15
5.1.7 Pomocné údaje přídavného zařízení DSTP využívané k řízení nákladů 16
5.2 Příklad racionálního řízení tryskacích zařízení ve slévárně G 17
5.2.1 Období manuálního sledování tryskacího procesu a dosažené výsledky 17
5.2.2 Motivační opatření 18
5.2.3 Období automatického sledování tryskacího procesu pomocí DSTP 19
6 Pokračování prací v oblasti tepelného zpracování ocelových odlitků 20
6.1 Rozšíření šetření o další nezávisle proměnné v PROJEKTU XVIII 20
6.1.1 Tepelné zpracování odlitků slévárny F 21
6.1.1.1 Zpracování výsledků v SW MatLab 21
6.1.1.2 Výsledky konvenční regresní analýzy 22
6.1.1.3 Závěr k posuzování závislosti nákladovosti tepelného zpracování 26
6.2 Další faktory, které mohou ovlivnit nákladovost tepelného zpracování ocelových odlitků . 27
6.2.1 Signály o snížení cen zemního plynu 27
6.2.2 Orientační hodnocení nákladů na žíhací pomůcky 28
6.2.2.1 Situace ve slévárně F 28
6.2.2.2 Posouzení ve slévárně H 28
6.2.2.3 Informace ze slévárny E 28
6.2.2.4 Možnosti výroby žíhacích podložek z netradičního materiálu 28
6.2.2.5 Shrnutí problematiky posuzování nákladů na žíhací pomůcky 29
6.2.3 Orientační náklady na vyzdívky 29
7 Tepelné zpracování odlitků ze slitin hliníku 30
7.1 Postupy tepelného zpracování aplikované u odlitků z Al 30

7.2 Požadavky na data ze sléváren ... 31
7.3 Získané výsledky a jejich hodnocení ... 32
7.3.1 Získané výsledky šetření ... 32
7.3.1.1 Upřesňující informace, výklad normy ... 32
7.3.1.2 Vlastní získané výsledky ... 32
7.3.2 Úvodní hodnocení získaných výsledků ... 33
7.4 Závěry a doporučení ... 34
8 Problematika odstraňování nálitků ... 36
8.1 Východiska z PROJEKTU XVII. ... 36
8.1.1 Hodnocení nákladové náročnosti operace odstraňování nálitků v PXVII ... 36
8.1.2 Rámcové shrnutí hlavních závěrů v oblasti oddělování nálitků ... 37
8.2 Zaměření řešení oddělování nálitků v PROJEKTU XVIII ... 37
8.3 Posuzování vybraných technologií oddělování nálitků cestou expertních hodnocení ... 38
8.3.1 Diskuse získaných výsledků ... 38
8.3.1.1 Rámcové posouzení vybraných výrobních způsobů ... 40
8.3.1.2 Komplexní hodnocení používaných technologií oddělování nálitků ... 40
8.4 Posouzení vlivu využití kovu na nákladovost oddělování nálitků ... 43
8.5 Ztráty propalem a nakládání se vzniklým odpadem ... 45
9 Posuzování výrobní fáze broušení odlitků ... 46
9.1 Východiska z PROJEKTU XVII ... 46
9.2 Šetření prováděná v PROJEKTU XVIII ... 46
9.2.1 Posuzování nákladů na „hrubé broušení“ ... 46
9.2.2 Posuzování technologií broušení odlitků ... 47
9.2.2.1 Využití expertních hodnocení u různých technologií broušení odlitků ... 48
9.2.2.2 Rámcové posouzení vybraných VZ broušení odlitků ... 48
9.2.3 Posouzení vlivu využití kovu na nákladovost hrubého broušení ... 52
10 NÁVRH DALŠÍHO POSTUPU V PROJEKTU XIX ... 53
11 SHRNUTÍ A ZÁVĚR ... 55
12 Literatura ... 56
13 SEZNAM ZKRATEK ... 57
14 Přílohy - viz CD rom ... 58
14.1 Příloha 1 ... 58
14.2 Příloha 2 ... 58
14.3 Příloha 3 ... 58
14.4 Příloha 4 ... 58
14.5 Příloha 5 ... 58
14.6 Příloha 6 ... 59

14.7 Příloha 7 59
15 Generální partner a Slévárna a modelárna Nové Ransko 60

1 Úvod

Odborná komise ekonomická ČSS od začátku třetího tisíciletí systematicky posuzuje hlavní fáze výroby odlitků. Snahou je podrobit všechny výrobní stupně analýze a vytvořit modely, které by měly pomoci při odhadu nákladové náročnosti konkrétního odlitku.

Sedmým rokem se věnujeme oblasti apretace odlitků. V této práci se řešitelský tým věnuje mechanickému čištění (tryskání) litinových a ocelových odlitků.

A dále postupujeme v řešení otázek tepelného zpracování ocelových odlitků a odlitků slitin hliníku. Následně pokračujeme v hodnocení oblasti oddělování nálitků a s problematikou broušení odlitků.

V PROJEKTU XVIII nechceme pokud možno opakovat zjištěné skutečnosti z dřívějších PROJEKTŮ, které se apretaci věnovaly. Proto se na ně, pokud je to nezbytné odvoláváme.

2 Výchozí situace PROJEKTU XVIII

Cílem 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.

V následujícím PXIII jsme se zaměřili na systematické hodnocení jednotlivých dílčích výrobních fází apretace. Hledali jsme cesty, které by vedly ke snížení nákladovosti u mechanického čištění (tryskání) odlitků. A dále jsme se snažili 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. Bylo definováno osm charakteristických hodnot odlitků. S těmi jsme následně posuzovali závislosti na nákladech apretace.

V 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 následném PROJEKTU XV /2/ jsme v prvé řadě zařadili do souborů 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 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 porovnali náklady na tepelné zpracování celkem a prokázali zásadní vliv dvou účinnostních parametrů na nákladovost.

V PROJEKTU XVI /3/ se dokončil vývoj přídavného 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.

Poté jsme se 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.

V posledním XVII PROJEKTU /5/ se nám v oblasti rozšiřování přídavného zařízení **DSTP** u tryskacích zařízení podařilo jeho zavedení v TOS Čelákovice, slévárně G a slévárně M.

U tepelného zpracování ocelových odlitků jsme se zaměřili na odvození matematického vztahu, který by definoval jeho nákladovost. Jako závisle proměnnou jsme zvolili spotřebu plynu na jeden výpal. Nezávisle proměnnými byly teplota prodlevy, doby cyklu a hmotnost žíhaných odlitků. Vyvození závislostí se podařilo vždy pro všech devět žíhacích pecí zúčastněných sléváren cestou mnohonásobné korelace. Závislost měla účinnost dle koeficientu determinace okolo 80 %.

U oddělování nálitků jsme stanovili nákladovost pro nálitky o Ø 150 až 220 mm v pořadí: urážení, mechanické dělo CLANSMAN (kanon), ruční pálení acetylenem, následně plynem Grieson® a strojní pálení zemním plynem.

V oblasti broušení odlitků jsme nejprve posuzovali nákladovost z pohledu celkových nákladů. Měrné náklady na broušení odlitků se pohybovaly od 1,50 Kč/kg do 4,70 Kč/kg.

Závěrečná kapitola PROJEKTU XVII se zaměřila na otázky systematického sběru dat ve slévárnách a zavádění INDUSTRI 4.0. Tato problematika vygradovala do vytvoření nové odborné komice ČSS.

2.1 Zevrubný popis použité metodiky stanovení nákladů

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

V PROJEKTU XVIII jsme se v prvé řadě, jako vždy, zaměřili na vytvoření řešitelského kolektivu.

2.2 Vytvoření řešitelského týmu PROJEKTU XVIII

Oproti řešitelskému kolektivu PROJEKTU XVII došlo k jistým změnám. V průběhu řešení odešel pracovat do zahraničí zástupce slévárny M, Ing. Radek Vítek. Nově přišel zástupce výrobní organizace N ing. Jaroslav Kříž. V týmu byli zástupci sléváren L, G, D, N, E, H, F, a organizací VŠB-TU Ostrava, Business Intelligence, s.r.o., Techconsult Praha s.r.o. Řešitelský kolektiv byl tedy tvořen koordinátorem, jedenácti 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 XVIII.

3 Cíle PROJEKTU XVIII

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

V oblasti tryskání odlitků jsme chtěli shrnout dosažené výsledky o možnosti, které mohou slévárny v této oblasti reálně získat. Předpoklad možných úspor jsme chtěli demonstrovat na jedné slévárně.

U tepelného zpracování ocelových odlitků jsme si vytkli za cíl rozšířit nákladový model o další nezávisle proměnné a posoudit tento dopad na zvýšení jeho vypovídací schopnosti a možné úspory nákladů.

U tepelného zpracování odlitků ze slitin hliníku jsme se chtěli dopracovat k úvodním výsledkům porovnání nákladovosti v této oblasti.

U oddělování nálitků jsme plánovali rozšířit využití komplexních dat slévárny a provést úvodní práce v oblasti expertního porovnání používaných metod oddělování nálitků.

U broušení odlitků jsme se chtěli zaměřit na otázky prošetření nákladů na „hrubé broušení“ a první kroky v oblasti expertního šetření používaných technologií.

4 Informace o řešitelských organizacích v PROJEKTU XVIII

Informace o řešitelských organizacích byly uvedeny v PROJEKTU XIV /1/ a PXV /2/ a PXVI /3/. Informace o nově zapojené organizaci do PROJEKTU XVIII – slévárny N jsou uvedeny v **PŘÍLOZE 2.**

Následně se zaměříme na vlastní řešení PROJEKTU XVIII.

5 Tryskání odlitků

Řešitelský tým ČSS se již od svého XII PROJEKTU komplexně zabýval problematikou apretace odlitků, k jejíž neoddělitelné části patří i tryskací operace. Není možné a také účelné v této práci podrobně rozvádět a opakovat veškerá řešení, která byla během uvedených 5 let provedeny. V předkládané práci považujeme za nutné shrnout pouze ty výsledky, které slévárny ke zvýšení efektivnosti tryskacího procesu budou potřebovat. K tomu chceme jednak poukázat na posouzení nákladových rezerv v operaci tryskání odlitků a dále uvést výsledky z jedné slévárny, tak jak se ji podařilo různými opatřeními náklady cíleně snižovat.

5.1 Posouzení možných nákladových rezerv v oblasti tryskání ocelových odlitků

V úvodu našeho řešení jsme se zaměřili na vyvození metodiky posuzování nákladovost tryskání odlitků metodou stanovení neúplných vlastních nákladů (dále NVN).

5.1.1 Vyvození metodiky nákladového hodnocení tryskání

Když jsme chtěli hodnotit nákladovost tryskání, narazili jsme na zásadní problém. Řešení projektů se zúčastnila řada sléváren s tryskači vylučujícími jejich vzájemné srovnání. Rozdíly byly ve velikosti, druhu, počtu turbín, stáří a technickém stavu. Každá ze sléváren používala svůj vlastní přístup k určení nákladů na tryskání, který se většinou opíral o dlouholetou neměnnou praxi, a jedinou podloženou hodnotou byla roční spotřeba abraziva. Skutečné náklady tryskání, až na výjimky žádná ze sléváren nezjišťovala.

Jedním z prvotních úkolů bylo tedy určení nákladů na tryskání.

5.1.2 Zjednodušující předpoklady pro nákladový model

Ve výpočtu byly zahrnuty náklady na abrazivo, elektrickou energii a rychloobrátkovou spotřebu náhradních dílů. Jmenovitě náhradní díly na turbínu a filtrační patrony. Je tedy zřejmé, že tento výpočet byl zjednodušený, protože zahrnuje pouze vybrané materiálové náklady. Veškeré další náklady na náhradní díly a opravy nejsou zahrnuty, protože spektrum sledovaných zařízení by bylo příliš široké a kalkulační vzorec by byl komplikovaný a nepřehledný.

Dalším zjednodušením a zároveň nepřesností byla skutečnost, že kalkulační vzorec vychází u všech nákladových skupin (spotřeba energie, abraziva a náhradních dílů - ND) z průměrných veličin. Navíc u spotřeby el. energie se vychází z počtu turbín a jejich výkonu. Důvod je prostý. Měřit spotřebu el. energie na instalovaných tryskačích by vyžadovalo v mnoha případech provést technická opatření a následná měření (pro úplnost nutno říci, že zanedbaná byla i účinnost elektromotorů, která není pro všechny stejná, ale pro daná zařízení konstantní). To však nebylo reálné.

Počet turbín a jejich výkon je však znám a velikost a příkon veškerých dalších elektrických pohonů na tryskači je určen právě instalovaným příkonem turbín. Z praxe je známo, že násobek celkového příkonu tryskače vůči skutečnému příkonu turbín je cca 1,2 až 2. V našem kalkulačním vzorci jsme použili násobek 1,6. Podobná úvaha byla

použita u spotřeby abraziva. Ideální, tedy minimální, spotřeba abraziva na jednu kW instalovaných turbín je uváděna 0,18 kg. Zařízení ve slévárnách zapojených do našich PROJEKTŮ, ale nebyla v ideálním technickém stavu a ani kvalita abraziva nebyla v počátku zjišťována. Byl tedy zvolen koeficient 0,5 kg/kW.

U filtračních patron jsme vyšli z faktu, že na 1 kW instalovaného výkonu turbíny připadá ca 0,26 filtrační patrony. Dále z toho, že životnost filtrační patrony v jednosměnném provozu je cca 1 rok a její cena ca 76 EUR. Tím byl určen koeficient 0,25 Kč/hod na jeden instalovaný kW turbíny.

U náhradních dílů turbín tomu bylo podobně. Byla uvažována cena lopatek, usměrňovací objímky, rozdělovače a pancéřování u víka turbíny a 2× boky a jejich životnosti. Byly zde použity ceny dílů firmy Rump Strahlanlagen. Připomínáme, že ceny ostatních výrobců jsou podobné. Náklady na náhradní díly jedné turbíny činí cca 36 Kč/turbína za hodinu tryskání. Výkon turbíny se zde neprojeví, ačkoli i zde vyšší výkon znamená vyšší opotřebení a tím i vyšší náklady. Je to dáno tím, že životnost jednotlivých dílů určená výrobcem je vyšší než skutečná životnost při nasazení v té dané turbíně bez ohledu na výkon elektromotoru.

Z uvedeného je patrné, že v tomto výpočtu jsme problematiku zjednodušili na maximální možnou míru. Kromě výše uvedeného, je zde úmyslně nehodnocena skutečnost, že turbíny nejsou zatíženy na 100 % výkonu uvedeného na štítku motoru. Tento fakt byl doslova vynucen tím, že některé tryskače zúčastněných sléváren nebyly vybaveny ampérmetry a tím by nemohly být do projektu zahrnuty. Dále bylo nutno počítat s tím, že ve skutečném provozu nejsou turbíny zatíženy na 100 % výkonu. Je to dáno technickým stavem zařízení, kvalifikací údržby, metodickými pokyny provozovatele k provozu zařízení a hlavně velmi nestálým procesem recyklace abraziva v tryskači samotném. Výkon turbíny je určen množstvím protékajícího abraziva. Toto množství činí v závislosti na výkonu elektromotoru v běžných aplikacích cca 150 – 250 kg/min, což platí pro jednu turbínu. Je tedy zřejmé, že v systému recyklace abraziva dochází k přemisťování značného množství materiálu.

Je to jednak abrazivo samotné, ale i všechen další odpad, který se nechtěně dostane buď do korečkového dopravníku anebo až do zásobníku abraziva. Toto protékající abrazivo spolu s nečistotami (prach, dráty, háčky, části nálitků či drobné dílce - nejhorší jsou zbytky provázků a papír) působí v oběhu nepříznivě. Abrazivo způsobuje opotřebení všech povrchů, se kterými se dostane do styku. Čím vyšší je rychlost pohybu abraziva vůči povrchu, tím vyšší je míra opotřebení. V systému recyklace abraziva jsou tímto opotřebením dotčeny především přívodní hadice a šoupátka dávkovacích jednotek (někde označená jako mušlový ventil). Prodřené hadice na příkon elektromotoru vliv nemají, je to nákladová položka, ale prodřené šoupátko již ano. Zvětšuje se tím otvor v dávkovací jednotce pro průchod abraziva k turbíně a tím se zvětšuje příkon elektromotoru nad 100 % jmenovitého výkonu. Při zanedbání se motor přetíží a „spálí“.

Mnohem častější je ale případ, kdy nečistoty ucpou některé zúžené místo v systému oběhu abraziva. Bývá to právě přívod abraziva k dávkovacím jednotkám anebo přívodní hadice k turbínám. Tato místa jsou přístupná pouze po demontáži a případné poruchy (do turbíny nejde abrazivo a zásobník je plný) bývají odhaleny jako poslední. Podle stupně zanesení mohou přívod abraziva k turbíně zcela zamezit a stává se to mnohem častěji než přetížení turbíny. Tento jev je tak nahodilý a nevylučitelný, že v praxi elektromotor žádné turbíny není trvale zatížen na 100 % výkonu. Tuto chybu jsme ale vědomě připustili, protože v počátečním projektu nebyla žádná možnost tento dynamický faktor podchytit.

5.1.3 Vyvinutý nákladový vzorec

Na základě všech zjednodušujících podmínek má následně kalkulační vzorec tvar:

$$N_{th} = x * (1,6E + 0,5A + 0,25) + 36n \quad (1)$$

Kde:

N_{th}....... náklady na tryskací hodinu celého tryskacího zařízení (Kč/hod),
x........... součet výkonu instalovaných turbín (kW),
n........... počet turbín,
E .... cena 1kWh (Kč/kWh),
A .... cena za 1kg abraziva (Kč).

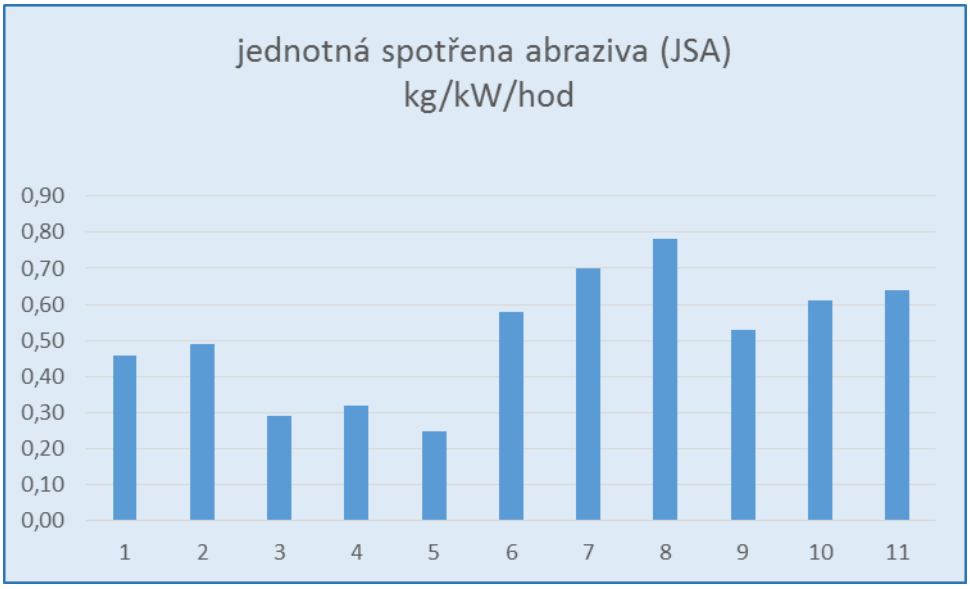
Přes již zmíněné maximální zjednodušení celé problematiky nákladů na tryskání měl tento zjednodušený kalkulační vzorec zásadní význam. Sjednotila se metodika výpočtu nákladů na tryskání v rámci projektu a hlavně bylo možno zhodnotit přínos případných úpravy na dotčených tryskacích zařízeních.

5.1.4 Vyvinutí ukazatele „JEDNOTNÉ SPOTŘEBY ABRAZIVA“

Navíc bylo možné s tímto vzorcem pracovat na optimalizaci tryskacího procesu. A při zběžném pohledu je patrné, že prakticky jediný parametr, který je možné významně ovlivnit je *koeficient 0,5* u spotřeby abraziva. Tento koeficient byl nazván *JSA – jednotná spotřeba abraziva* a v jednom z následných projektů byl skutečně u jednotlivých tryskačů zúčastněných sléváren zjišťován. *JSA vyjadřuje spotřebu abraziva v kilogramech na jeden instalovaný kW turbíny za hodinu tryskání*. Např. turbína o výkonu 10 kW při JSA=0,5 spotřebuje za hodinu tryskání 5 kg abraziva. Znamená to, že z celého množství abraziva, které je v oběhu tryskače se 5 kg abraziva rozbije na prach a ten je odsát filtrem a jde do odpadu.

Z modelování nákladů na tryskání, které jsme provedli následně je patrné, že JSA je pro ekonomický provoz tryskače velmi podstatný parametr a v zájmu každého provozovatele je dosáhnout jeho co nejnižší hodnoty – 0,18 (platí pro kulaté ocelové abrazivo). Z praxe můžeme uvést, že defektní stav tryskače a především recyklace abraziva může podstatnou měrou vést k úpadku až doslovně k likvidaci celé slévárny. Méně drastický příklad možno uvést, kdy desítky let mimořádně neefektivně provozovaný tryskač vykazuje ztrátu abraziva v hodnotě min 0,5 mil Kč ročně. Ale když se navrhne modernizace, provozovatel reaguje, že „nemá peníze“.... To jsou jen příklady z prohlídek tryskačů, které dokazují, že příkladná péče o tryskací zařízení je skutečně ekonomickým přínosem.

JSA byla zjišťována u jednotlivých tryskačů a výsledné hodnoty vzájemně poměřeny. Parametr JSA je unikátní v tom smyslu, že vypovídá o efektivitě tryskače z pohledu spotřeby abraziva a to nezávisle na velikosti, druhu a stáří tryskače. Bylo tedy možno porovnat všechna zařízení (11 tryskačů) zúčastněných sléváren (**obr. 5.1**).



Obr. 5.1: Porovnání JSA u provozovaných tryskačů

Zjištěné údaje JSA z **obr. 5.1**, bez dalšího detailního hodnocení, vykazují veliký snad až 200 procentní rozptyl! Je nutno podotknout, že uvedené hodnoty byly vyčísleny po předcházející prohlídce a částečné optimalizaci některých z tryskacích zařízení. Původní, zde nevyhovující, hodnoty byly před vlastním stanovením ještě vyšší!!! I tyto hodnoty jsou ale zatíženy jistou chybou. Byly stanoveny na základě dlouhodobého sledování, cca 3 měsíce. Obsluha k tomu zapisovala množství doplněného abraziva. A toto množství bylo vztaženo na energii, která na něj působila. Byl sledován tryskací čas, u některých tryskačů pomocí počitadla, jinde obsluha zapisovala tryskací časy a zatížení turbín ručně. Chtěli jsme se maximálně přiblížit skutečně spotřebované energii, tedy výkonu turbín. A dále bylo sledováno jejich zatížení na ampérmetrech.

Jak bylo výše uvedeno, skutečné zatížení turbín je parametrem velmi nestálým a hodnota odečtená ráno nemusí být totožná s hodnotou v poledne. Hodnoty obsahují tedy chybu jak lidského faktoru – chyby v zápisech – tak i nemožností zaznamenat výkyvy v zatížení turbín. Zjištěné hodnoty JSA se ale skutečnosti přiblížily bez možnosti spekulace. Zjištěné rozdíly podnítily rozsáhlou diskusi. A tedy bylo možno se soustředit na konkrétní příčiny a vlivy na hodnotu JSA. Tím je především *kvalita abraziva*. Tam jsou rozdíly až stovky procent! Dále v zrnitosti – malé zrno se rozpadne později než velké, stavu a funkci magnetického a větrného odlučovače, úletu z tryskací komory a případného vracení uniklého abraziva do oběhu tryskače. A i ve ztrátě abraziva v odlitcích samotných – v kapsách, dutinách apod. *Z uvedeného vyplývá, že hodnota JSA není definována pouhým technickým stavem tryskače, ale informovaností a pochopením celého procesu tryskacích operací od vedení podniku, po metodické pokyny pro obsluhu a údržbu a dodržování technologické kázně a pokynů pro obsluhu***.** Výsledky zjištěné JSA, byť s chybami, potvrdily fakt, že *hodnota JSA s rostoucí úrovní organizace práce na tryskacím pracovišti klesá***.**

Parametr JSA, byť je pro informovanost o celkové efektivitě na tryskacím pracovišti velmi užitečný, má významný problém. Extrémně obtížně se zjišťuje, a pro běžnou každodenní praxi v provozu je tak, jak byl použit v projektech nepoužitelný. Vyžaduje časově náročné lidské nasazení pro zjištění energií a navíc je zatížen chybou.

5.1.5 Vývoj „ DÁLKOVÉHO SLEDOVÁNÍ TRYSKACÍHO PROCESU“

Pro experimentální ověření v rámci projektů byla proto použitá cesta schůdná a ukázala směr, kterým je nutno se vydat. Výsledkem byl vývoj přídavného zařízení nazvaného *dálkové sledování tryskacího procesu – DSTP* – které trvale měří a vyhodnocuje elektrický proud elektromotorů turbín a uživatelům a řídícím pracovníkům umožňuje trvalý přehled o práci na tryskači včetně historie od doby instalace tohoto zařízení.

Dodaný SW umožňuje grafické zobrazení doby tryskacích cyklů a nečinnosti zařízení, statistické vyhodnocení počtu a délky cyklů a na základě původního kalkulačního vzorce i náklady na tryskací hodinu. Po dosazení dalších údajů i náklady na otryskaný kus nebo 1kg odlitku. Jeho nedílnou součástí je i vyčíslení JSA, tentokrát již s maximální přesností, protože jedinou nepřesností může být chybně zadané množství doplněného abraziva ve sledovaném intervalu. Množství nakoupeného a tím i doplněného abraziva v podstatě každý provozovatel zná velice přesně.

Náklady na tryskání jsou tedy s použitím přídavného zařízení u každého tryskače poměrně přesně stanovitelné. Známe celkový příkon a cenu el. energie, tryskací časy, mzdové (osobní) náklady a cenu abraziva. Doplňme, že hodnotu JSA ovlivňuje obsluha tryskacího zařízení, kvalita abraziva a správně fungující recyklace abraziva. Kvalitu abraziva je možné zejména sledováním posoudit a provést jeho záměnu. Stejně tak i recyklaci abraziva lze sledovat a seřídit. Docházíme tedy k závěru, že *hlavní důvod odlišného JSA a tedy nákladů na tryskání je především v lidském faktoru!*

5.1.6 Modelování nákladů tryskání při různých JSA

Následující modelové příklady názorně ukáží změnu skladby a výši nákladů na tryskání v závislosti na měnící se JSA.

Pro modelování nákladů byl použit imaginární tryskač. Ceny a ostatní náklady jsou však reálné a byly vypočítány tak, jak jsme prováděli výpočty nákladů během projektů.

Tab. 5.1: Skladba nákladů na hodinu tryskání při JSA 0,2

		Charakteristiky		Náklady (Kč/hod)		
		Hodnota	Rozměr	Osobní	Energie	Abrazivo
		1	2	3	4	5
1	Doba tryskání	30	min	185		
2	Příkon tryskače	20	KW		180	
3	Spotřeba abraziva	24	kg/hod			216
4	Doba manipulace	25	min	154		
5	Osobní náklady	370	Kč/hod			
6	Cena abraziva	18	Kč/kg			
7	Cena energie	3	Kč/kWh			
8	Náklady celkem			339	180	216
9	Celkové NVN na tryskací hodinu v Kč při JSA 0,2…… 735					

Předpokládali jsme tryskací zařízení, které má 6 turbín, každá s příkonem 20 kW. Tryskací zařízení stejně jako manipulaci zajišťují vždy dva pracovníci. Osobní náklady každého jsou 185 Kč/hod (pro dva 370 Kč/hod). Doba tryskání, manipulace, spotřeba el. energie a ceny jsou ve všech hodnocených případech shodné. Pouze se mění hodinová

spotřeba abraziva (od 24 kg/hod až po 96 kg/hod). Viz **tab. 5.1 až 5.3**, sl. 1,2, ř. 1-7 - viz **PŘÍLOHA 3**.

Výsledné nákladové propočty, založené na zcela reálných situacích, které řešitelský tým v našich slévárnách zjistil, jsou uvedeny v **tab. 5.1, 5.2, 5.3** ve sl. 3-5, ř. 1 - 8. Je třeba doplnit, že náklady osobní pro tryskání a manipulaci (sl. 3, ř. 1 a 4 v **tab. 5.1 – 5.3**) byly stanoveny vynásobením osobních nákladů (vždy ř. 5, sl. 1 v každé **tab.**) dobou příslušné operace tryskání ř. 1, sl. 1 nebo manipulace ř. 4, sl. 1 v hodinách. Výsledek je poté uveden v ř. 1 a 4, sl. 3 každé **tab**. Podobně náklady na energii (sl. 4, ř. 2 každé **tab**.) byly vypočteny příkonem motoru (20 kW), vynásobeným jejich počtem (6), dobou tryskání v hod (0,5 hod) a cenou 1 kWh (3 Kč). Náklady na abrazivo (sl. 5, ř. 3, každé **tab**.) se stanovily dle spotřeby abraziva (sl. 1, ř. 3, každé **tab.**) a ceny abraziva (18 Kč/kg). Výsledné náklady pro jednotlivé druhy jsou vždy v ř. 8. každé **tab**. A NVN na tryskací hodinu pro tři varianty JSA jsou uvedeny vždy v ř. 9.

Shrnutí výsledků je naznačeno v **tab. 5.4 - viz PŘÍLOHA 3**. Z **tab. 5.4**, sl. 2,4 a 6, ř. 3 vyplývá významný nárůst nákladů na tryskací materiál z původních 216 Kč/hod na 846 Kč/hod. To je, oproti optimálnímu případu s JSA 0,2, zvýšení až o 300 %. Podíl nákladů na tryskací materiál v NVN odlitku na tryskání celkem se zvýšil z původních 29 % na 62 % (**tab. 5.4**, ř. 3, sl. 3,7 a **obr. 5.2**). NVN operace tryskání podle **tab. 5.4**, ř. 4, sl. 2 a 6 se navýšily na 1383 Kč/hod. Tedy o téměř 90 %!

Tato zjištění jsou zcela zásadní a dokládají rozhodující vliv na nákladovost tryskání ukazatelem JSA. Doplňme, že v běžné provozní praxi, která bohužel v našich slévárnách nebývá vždy přísně ekonomicky řízena, často dochází i k poněkud laxnímu dodržování potřebné (minimální) doby na otryskání odlitků. Tím se navíc zvyšují náklady osobní a samozřejmě i energetické + náklady na abrazivo. Uvedená zjištění, která jsou podložena více než pětiletým šetřením řešitelského týmu, názorně dokládají velkou závažnost rigorózního sledování a řízení procesu tryskání s cílem zajištění provozu s minimálními náklady.

5.1.7 Pomocné údaje přídavného zařízení DSTP využívané k řízení nákladů

K tomu velice dobře poslouží již zmiňované přídavné zařízení DSTP. Na **obr. 5.3** – viz **PŘÍLOHA 3** je grafický průběh tryskacích časů jednoho pracovního týdne. Sledovaný interval lze libovolně měnit. V záhlaví je uveden interval od – do, počet turbín, celková spotřebovaná energie, celkový a tryskací čas.

Ve stejném časovém intervalu je pracovní týden vyhodnocen statisticky (**obr. 5.4**) - viz **PŘÍLOHA 3**. Z důležitých zobrazených údajů zde možno jmenovat celkový počet tryskacích cyklů - 91, průměrná doba tryskacího cyklu činí 17,14 minut a maximální délka 37,48 minut.

Třetí snímek (**obr. 5.5**), viz **PŘÍLOHA 3,** zobrazuje vyhodnocení nákladů na tryskání v rámci stejného pracovního týdne jako předešlé obrázky. Kromě nákladů na tryskací hodinu a celý týden jsou zde vyčísleny i náklady na kus a kg. V neposlední řadě i JSA.

Projekty věnované apretacím odlitků a jmenovitě tryskání zúčastněným zástupcům sléváren prohloubily znalosti a rozšířily přehled o tryskacích technologiích. Vyšlo najevo, že v řadě sléváren nejsou tryskače v takovém stavu, na takové úrovni a provozovány tak, aby bylo možno říci, že je možno se se stávajícím stavem spokojit. Naopak, je zde výrazný zdroj úspor a vyšší efektivity. Tyto projekty mají snahu poskytnout i ostatním provozovatelům základní informace o dané problematice a podnět k úvaze o efektivitě vlastních tryskacích zařízeních. Navíc jejich stav dává velice

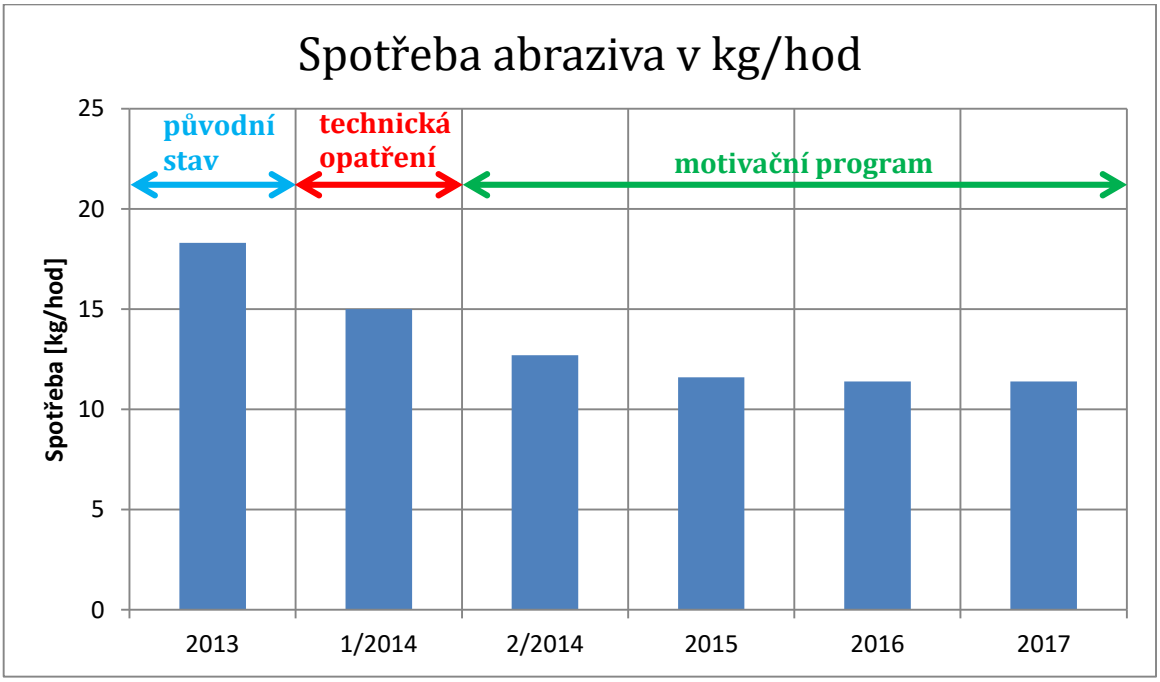
reálnou naději na významné snížení nákladovosti tryskání, pokud dojde ke zlepšení jejich technického stavu a zefektivnění jejich provozování.

Následně si názorně ukážeme na příkladu slévárny G skutečného snížení nákladů při racionálním využívání DSTP a motivaci pracovníků.

5.2 Příklad racionálního řízení tryskacích zařízení ve slévárně G

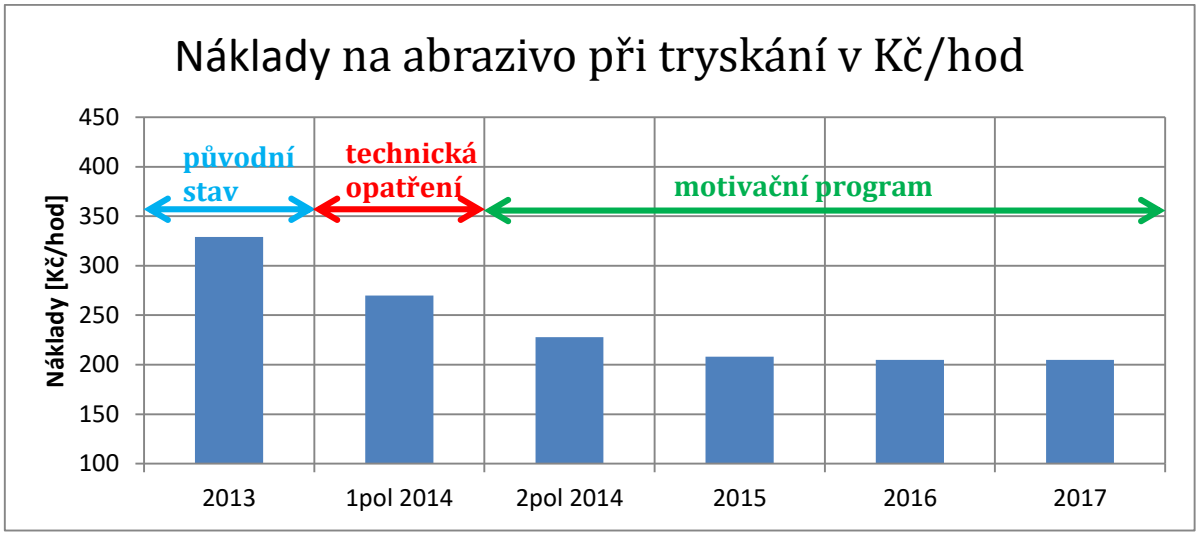
5.2.1 Období manuálního sledování tryskacího procesu a dosažené výsledky

Pokud v jakékoliv slévárně vyhodnocují tryskací proces, děje se tak nejčastěji pomocí ukazatele spotřeby abraziva. Výhodné je sledovat spotřebu abraziva v kg na tryskací hodinu, neboť ta je základem pro výpočet dalších parametrů (např. JSA). Pomocí stejného ukazatele lze demonstrovat situaci v tryskání ve slévárně G.



Obr. 5.6: Spotřeba abraziva

Z **obr. 5.6** vyplývá, že spotřeba abraziva začala postupně klesat po zavedení různých opatření. První pokles byl zaznamenán v prvním pololetí 2014, kdy se začala uplatňovat tzv. technická opatření. Spotřeba abraziva klesla z původních 18,3 kg/hod na 15 kg/hod. K dalšímu snížení spotřeby došlo po zavedení motivačních opatření, kdy se spotřeba stabilizovala na cca průměrných 11,5 kg/hod. Úměrně ke spotřebě abraziva klesají i náklady na abrazivo viz **obr. 5.7.**



Obr. 5.7: Náklady na abrazivo

Za technická opatření považujeme veškerá opatření, jimiž se udržuje tryskací stroj ve výtečné kondici. Základem jsou každodenní kontroly obsluhou tryskacího cyklu (kvalita otryskaného povrchu za konstantní čas, zatížení motoru metacího kola-turbíny) a tryskacího stroje (množství abraziva v násypce je-li stroj v klidu, znečištění síta separátoru a štěrbiny, zbytečné úniky abraziva netěsností stoje, správné a pravidelné doplňování abraziva). Údržba provádí preventivní kontroly podle údržbového deníku, které doporučuje návod k obsluze.

K těmto opatřením dále doporučujeme provádění kontroly spotřeby abraziva v pravidelných intervalech, evidovat množství doplňovaného abraziva a provádět pravidelně sítové rozbory pracovní směsi a separace.

5.2.2 Motivační opatření

Základem je schopnost dokázat správně motivovat pracovníky ke spolupráci na zvýšení kvality a efektivity jejich pracovní činnosti, která vede k úsporám. Motivační program musí obsahovat kritéria, která jsou měřitelná a reálně dosažitelná. Současně musí být zvolen vhodný interval pro vyhodnocování, který zajistí malý vliv výkyvů a současně musí být výše finanční odměny motivační.
Motivační program ve slévárně G obsahuje tato kritéria:

- Spotřeba abraziva
- Splnění výkonů tryskání
- Dodržování proudového zatížení motorů turbín
- Dodržování termínů odběrů vzorků pracovní směsi a odpadu ze separace

Dosažené výsledky jsou shrnuty v **tab. 5.5**.

Tab. 5.5: Dosažené výsledky ve slévárně G

		Kg/hod	Kg/t	JSA	N_{th} [Kč]
		1	2	3	4
1	2013	18,3	16,7	0,47	631,24
2	1 pol. 2014	15,0	13,8	0,39	567,88
3	2 pol. 2014	12,7	11,4	0,33	520,36
4	2015	11,6	10,1	0,30	496,60
5	2016	11,4	9,8	0,29	488,68
6	2017	11,4	9,7	0,29	488,68

Pro manuální sledování tryskacích procesů je potřeba vyčlenit vhodný personál, nejlépe odborného technika slévárny. Jeho pracovní náplň spočívá v kontrolách obsluhy tryskače, provádí a zaznamenává zatížení motoru turbíny, vyhodnocuje spotřebu abraziva v kg/hod, kontroluje evidenci doplňování abraziva, provádí a zaznamenává dobu tryskání dávky.

5.2.3 Období automatického sledování tryskacího procesu pomocí DSTP

Aplikační program, který je součástí DSTP, umožňuje sledovat přes PC, chod tryskacích strojů ON LINE. Dále vyhodnocuje tryskací procesy stejnými parametry jako při manuálním sledování. Pokud do statistiky v aplikačním programu DSTP doplníme celkovou spotřebu abraziva, získáme „**spotřebu abraziva v kg/hod**“ a taky „**JSA**“. Po doplnění ceny abraziva a el. energie, DSTP vyhodnotí „**náklady na tryskací hodinu**“.

Zařízení díky monitorování tryskacího procesu umožňuje vypustit kontrolní a vyhodnocovací činnost technika potřebného v manuálním sledování. Dále rozšiřuje možnosti vyhodnocení o náklady. Nedílnou součástí je pak vyhodnocení „**doby tryskání za pracovní cyklus**“.

Slévárna G všechny parametry ze zařízení 1×týdně zaznamenává a využívá je k vyhodnocení motivačního programu obsluh tryskacích strojů. Výsledků je taky možno použít k predikci:

- Změna ve spotřebě abraziva v kg/hod nebo JSA avizuje případnou netechnologickou kázeň, či zhoršený stav některého z rozhodujících dílců tryskacího stroje.
- Změna doby tryskání dávky ukazuje na horší kvalitu abraziva (zbývající parametry se nemění).

Neméně významným faktorem je, že zařízení DSTP přináší usnadnění činnosti pro vyhodnocování tryskacího procesu.

6 Pokračování prací v oblasti tepelného zpracování ocelových odlitků

V POJEKTU XVII jsme vyvodili, že modelování nákladů tepelného zpracování ocelových odlitků je třeba provádět pro konkrétní žíhací pec a všechny režimy tepelného zpracování na tomto agregátu zajišťovaném. Jako nezávisle proměnná byla definována spotřeba plynu. Jeho náklady činí cca 80% z NVN této výrobní fáze. Byly vyvozeny vztahy pro celkem 9 žíhacích pecí. Dle koeficientu determinace se přesnost pohybovala okolo 80%. To jsme považovali za velice dobré.
V minulém PROJEKTU XVII jsme pracovali s následujícími nezávisle proměnnými:

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

Přestože přesnost se jevila velice dobrá, již tehdy se konstatovalo, že pro zpřesnění nákladového modelu pro tepelné zpracování by bylo vhodné doplnit (využít) další proměnné, které dle expertního názoru podstatným způsobem ovlivňují náklady na daný proces.

6.1 Rozšíření šetření o další nezávisle proměnné v PROJEKTU XVIII

Proto na základě možností, které byly dány systémem sběru provozních dat u jednotlivých zúčastněných sléváren, byly do regresní analýzy zahrnuty všechny další dostupné proměnné. Rozšíření se týkalo například těchto nezávisle proměnných:

- délka první výdrže;
- využití pece;
- počáteční teplota;
- rychlost prvního náběhu;
- rychlost druhého náběhu;
- teplota prvního náběhu;
- teplota druhého náběhu;
- délka první prodlevy;
- délka druhé prodlevy;
- rychlost ochlazování;
- konečná teplota a další.

Výše uvedený výčet proměnných nebylo možno použít u všech sléváren, neboť v jednotlivých případech jsou sbírána jen určitá data a proto se proměnné použité v rámci tohoto projektu liší u každé ze sléváren (právě z důvodu odlišné dostupnosti dat).

Kompletní přehled všech proměnných, které byly použity pro vytvoření vztahu, je uveden v tabulce koeficientů u každé slévárny. K dalšímu šetřeni jsme využívali program MatLab.

Program MatLab zkoumal závislosti mezi proměnnými a v rámci modelování vždy nejprve navrhl, které proměnné je možné vynechat, neboť na celkovou spotřebu plynu nemají zásadní vliv. A dále konstatoval, které vztahy mezi proměnnými jsou zásadní a ty do výsledného vzorce doplnil.

Následující kapitola popisuje postup zpracování výsledků v SW MatLab ve společnosti F. Nejprve je naznačen proces odstraňování nevýznamných proměnných. A následně proces přidávání generovaných proměnných řešil tak, jak bylo popsáno výše. Poté je sestaven lineární regresní model po doplnění koeficientů z příslušné tabulky a využití dalších iteračních postupů optimalizace. Následně jsou v grafické podobě prezentovány výsledky regresní analýzy.

Stejný postup byl využit i u dalších zúčastněných sléváren (E, C a H). Z důvodu rozsáhlosti výstupů jsou však takto vzniklé výstupy umístěny do **PŘÍLOHY 4**.

6.1.1 Tepelné zpracování odlitků slévárny F

6.1.1.1 Zpracování výsledků v SW MatLab

V rámci zpracování dat bylo hodnoceno, které proměnné jsou a které nejsou pro provedení regresní analýzy, resp. pro vytvoření regresního modelu významné. Pokud software při zpracování zjistí, že některá proměnná je pro model nevýznamná (náklady na ohřev ovlivňuje jen zanedbatelně), odstraní ji a uvede u ní anglický výraz *Removing*. Naopak pokud zjistí, že vzájemný vztah některých proměnných má pro regresní model význam, přidá jej a označí anglickým výrazem *Adding.*

Následně uvádíme přesný výstup z počítače.

>>**ZDAS**_reg=
stepwiselm(ZDAS,'linear','lower','Spotreba_plynu~1','ResponseVar','Spotreba_plynu','PEnter',0.06)
1. Adding Hmotnost_vsazky:T1_teplota_prvni_prodlevy, FStat = 145.2105, pValue = 2.886179e-31
2. Adding T1_delka_prvni_vydrze:T1_teplota_prvni_prodlevy, FStat = 50.4802, pValue = 2.32735e-12
3. Adding T2_teplota_druhe_prodlevy:T2_delka_druhe_prodlevy, FStat = 40.4591, pValue = 3.08874e-10
4. AddingDelka_vypalu:P_rychlost_ochlazovani, FStat = 26.0732, pValue = 3.95669e-07
5. Adding T1_delka_prvni_vydrze:N2_rychlost_druheho_nabehu, FStat = 27.6606, pValue = 1.77969e-07
6. Adding Delka_vypalu:T1_teplota_prvni_prodlevy, FStat = 29.087, pValue = 8.70115e-08
7. Adding T1_teplota_prvni_prodlevy:T2_teplota_druhe_prodlevy, FStat = 35.4435, pValue = 3.67111e-09
8. AddingP_rychlost_ochlazovani:Tv, FStat = 22.1318, pValue = 2.91683e-06
9. Adding T1_teplota_prvni_prodlevy:P_rychlost_ochlazovani, FStat = 32.2872, pValue = 1.76086e-08
10. AddingDelka_vypalu:Tp_pocatecni_teplota, FStat = 11.2192, pValue = 0.000840983
11. Adding N1_rychlost_prvniho_nabehu:Tv, FStat = 11.7966, pValue = 0.000618724
12. Adding Hmotnost_vsazky:T2_teplota_druhe_prodlevy, FStat = 10.0323, pValue = 0.00158674
13. AddingVyuziti:Tv, FStat = 10.4074, pValue = 0.00129754
14. Adding T1_delka_prvni_vydrze:Tv, FStat = 5.7616, pValue = 0.01657
15. Adding N1_rychlost_prvniho_nabehu:P_rychlost_ochlazovani, FStat = 7.3424, pValue = 0.0068549
16. Adding T1_delka_prvni_vydrze:N1_rychlost_prvniho_nabehu, FStat = 8.096, pValue = 0.004531
17. AddingDelka_vypalu:Tv, FStat = 10.9141, pValue = 0.000989782
18. Adding Delka_vypalu:T1_delka_prvni_vydrze, FStat = 7.4432, pValue = 0.0064844

19. AddingHmotnost_vsazky:Delka_vypalu, FStat = 5.8815, pValue = 0.015486
20. Adding T1_delka_prvni_vydrze:T2_teplota_druhe_prodlevy, FStat = 5.9156, pValue = 0.015191
21. Adding N2_rychlost_druheho_nabehu:T2_teplota_druhe_prodlevy, FStat = 5.5479, pValue = 0.018704
22. Adding Delka_vypalu:T2_teplota_druhe_prodlevy, FStat = 5.5711, pValue = 0.01846
23. AddingHmotnost_vsazky:P_rychlost_ochlazovani, FStat = 5.9264, pValue = 0.015099
24. Adding N1_rychlost_prvniho_nabehu:T1_teplota_prvni_prodlevy, FStat = 5.6076, pValue = 0.018082
25. Removing T2_teplota_druhe_prodlevy:T2_delka_druhe_prodlevy, FStat = 8.49e-05, pValue = 0.99265
26. RemovingTk_konecna_teplota, FStat = 0.25765, pValue = 0.61185
27. Removing Delka_vypalu:T1_delka_prvni_vydrze, FStat = 1.2648, pValue = 0.26104
28. Removing T1_delka_prvni_vydrze:T1_teplota_prvni_prodlevy, FStat = 1.2758, pValue = 0.25896
ZDAS_reg =

6.1.1.2 Výsledky konvenční regresní analýzy

Lineární regresní model po doplnění koeficientů z následující tabulky a využití dalších iteračních postupů optimalizace má následující tvar:

Spotreba_plynu=350.6 + 2.8 * Hmotnost_vsazky + 0.2 * Delka_vypalu + 59.7 * T1_delka_prvni_vydrze - 2017.2 * Vyuziti + 0.3 * Tp_pocatecni_teplota - 3.1 * N1_rychlost_prvniho_nabehu + 0.1 * T1_teplota_prvni_prodlevy - 42.4 * N2_rychlost_druheho_nabehu + 0.2 * T2_teplota_druhe_prodlevy + 61.9 * T2_delka_druhe_prodlevy + 40.6 * P_rychlost_ochlazovani - 79.0 * Tv + 0.0002 * Hmotnost_vsazky * Delka_vypalu + 4.1E - 05 * Hmotnost_vsazky * T1_teplota_prvni_prodlevy + 1.1E - 05 * Hmotnost_vsazky * T2_teplota_druhe_prodlevy + 9.6E - 05 * Hmotnost_vsazky * P_rychlost_ochlazovani - 0.04 * Delka_vypalu * Tp_pocatecni_teplota + 0.1 * Delka_vypalu * T1_teplota_prvni_prodlevy + 0.0137 * Delka_vypalu * T2_teplota_druhe_prodlevy - 1.5 * Delka_vypalu * P_rychlost_ochlazovani + 0.4 * Delka_vypalu * Tv - 0.2 * T1_delka_prvni_vydrze * N1_rychlost_prvniho_nabehu + 0.07 * T1_delka_prvni_vydrze * N2_rychlost_druheho_nabehu + 3.2E - 05 * T1_delka_prvni_vydrze * T2_teplota_druhe_prodlevy + 0.4 * T1_delka_prvni_vydrze * Tv - 0.3 * Vyuziti * Tv + 0.005 * N1_rychlost_prvniho_nabehu * T1_teplota_prvni_prodlevy - 0.2 * N1_rychlost_prvniho_nabehu * P_rychlost_ochlazovani + 0.2 * N1_rychlost_prvniho_nabehu * Tv - 0.003 * T1_teplota_prvni_prodlevy * T2_teplota_druhe_prodlevy - 0.01 * T1_teplota_prvni_prodlevy * P_rychlost_ochlazovani + 0.02 * N2_rychlost_druheho_nabehu * T2_teplota_druhe_prodlevy + 0.9 * P_rychlost_ochlazovani * Tv

Tento vzorec byl pro otestování jeho spolehlivosti aplikován na data získaná měřením, z kterých byl sám pomocí regrese vytvořen. Potvrdila se jeho statistická spolehlivost. Nicméně v 86 případech z 987 (9 %) byla odchylka predikce vyšší než 30%. Do této skupiny patří i extrémní případy odchylky v řádu stovek procent, které jsou patrně dány chybou při záznamu dat, případně nesprávnou interpretací technologických poznámek při předpřípravě dat. Těchto případů však bylo jen 14 z celkového počtu 987 (1 %) měření.

Aplikace testu proběhla v prostředí MS Excel a je přílohou této zprávy. Zjištěné koeficienty jsou uvedeny v **tab. 6.1.**

Tab. 6.1: Odhadované koeficienty (Ž)

Proměnná	Odhadovaný koeficient
(Intercept)	350.6613126
Hmotnost_vsazky	2.871272206
Delka_vypalu	0.244669202
T1_delka_prvni_vydrze	59.79055549
Vyuziti	-2017.233258
Tp_pocatecni_teplota	0.371856384
N1_rychlost_prvniho_nabehu	-3.145568967
T1_teplota_prvni_prodlevy	0.10130433
N2_rychlost_druheho_nabehu	-42.42849638
T2_teplota_druhe_prodlevy	0.207400136
T2_delka_druhe_prodlevy	61.93030602
P_rychlost_ochlazovani	40.64030724
Tv	-79.02493223
Hmotnost_vsazky:Delka_vypalu	0.000207177
Hmotnost_vsazky:T1_teplota_prvni_prodlevy	4.1008E-05
Hmotnost_vsazky:T2_teplota_druhe_prodlevy	1.16609E-05
Hmotnost_vsazky:P_rychlost_ochlazovani	9.66905E-05
Delka_vypalu:Tp_pocatecni_teplota	-0.047501913
Delka_vypalu:T1_teplota_prvni_prodlevy	0.113761423
Delka_vypalu:T2_teplota_druhe_prodlevy	0.019552637
Delka_vypalu:P_rychlost_ochlazovani	-1.599900125
Delka_vypalu:Tv	0.400435515
T1_delka_prvni_vydrze:N1_rychlost_prvniho_nabehu	-0.228555473
T1_delka_prvni_vydrze:N2_rychlost_druheho_nabehu	0.077623831
T1_delka_prvni_vydrze:T2_teplota_druhe_prodlevy	3.24541E-05
T1_delka_prvni_vydrze:Tv	0.438744209
Vyuziti:Tv	-0.375828111
N1_rychlost_prvniho_nabehu:T1_teplota_prvni_prodlevy	0.005881848
N1_rychlost_prvniho_nabehu:P_rychlost_ochlazovani	-0.293919982
N1_rychlost_prvniho_nabehu:Tv	0.267180458
T1_teplota_prvni_prodlevy:T2_teplota_druhe_prodlevy	-0.003827849
T1_teplota_prvni_prodlevy:P_rychlost_ochlazovani	-0.017021343
N2_rychlost_druheho_nabehu:T2_teplota_druhe_prodlevy	0.022434421
P_rychlost_ochlazovani:Tv	0.956303701

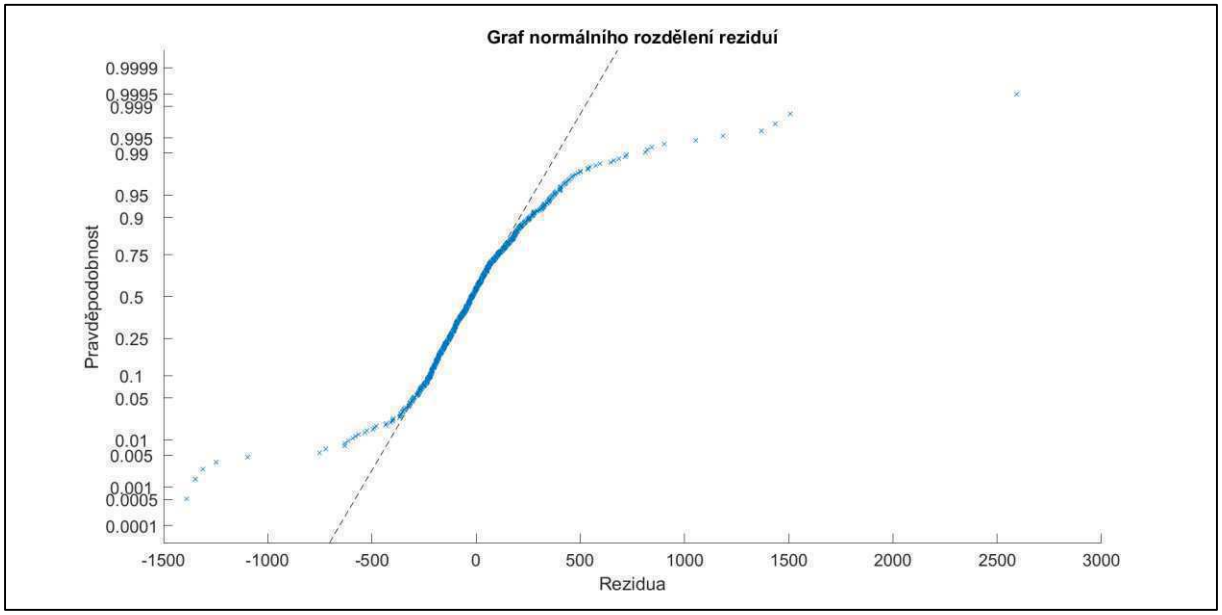
Základní informace, které charakterizují dané šetření:

- počet pozorování (řádků vstupní tabulky): 987, Errordegreesoffreedom: 953,
- RootMeanSquaredError: 258,
- R-squared: 0.939, Adjusted R-Squared 0.937,
- F-statistic vs. constant model: 448, p-value = 0.

R-squared nabývá hodnot mezi 0 a 1 a odpovídá poměru rozptylu popsaného modelem. Čím vyšší číslo, tím větší část variability dat model popisuje. Adjusted R-squared je pak pokusem provést korekci jevu, kdy ve vícenásobné regresi (více vstupních proměnných - regresorů) přidávání dalších (i nerelevantních) proměnných způsobuje nárůst základního koeficientu R-squared. Na rozdíl od základního R-squared narůstá tato upravená verze pouze v případě, když je přínos nové proměnné nad rámec náhody. Tato hodnota nevychází vyšší než základní R-squared a může nabývat

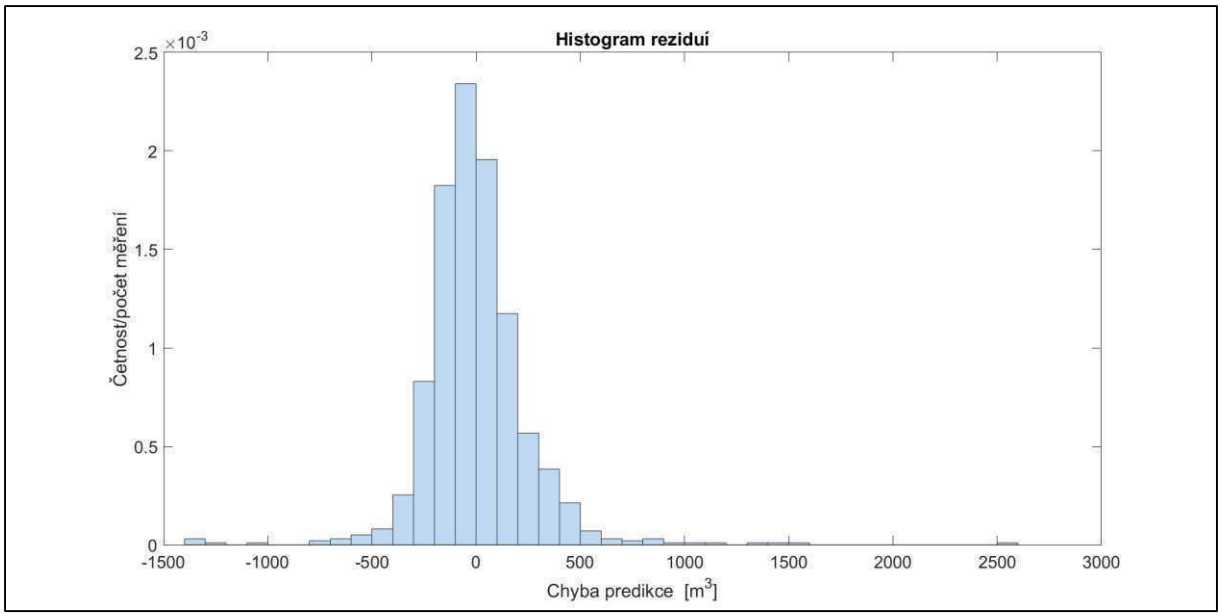
i záporných hodnot. Nemá proto jednoduchou interpretaci jako základní R-squared a používá se spíše jako měřítko pro vyhodnocení, zda přidávání dalších proměnných do modelu má skutečně smysl. Pro takové aplikace však existují i jiná kritéria, jako např. BIC či AIC. Tyto statistické postupy by bylo možné využít v následném PROJEKTU PXIX. Pokud by v případě řešení dalšího projektu byly přidávány další proměnné, bude možné právě podle koeficientu Adjusted R-Squared posoudit, jestli nově přidaná proměnná má na zpřesnění modelu vliv pozitivní (Adjusted R-Squared se zvýší), nebo naopak negativní (Adjusted R-Squared se sníží).

Na **obr. 6.1** je uvedeno grafické znázornění výsledků regresní analýzy.



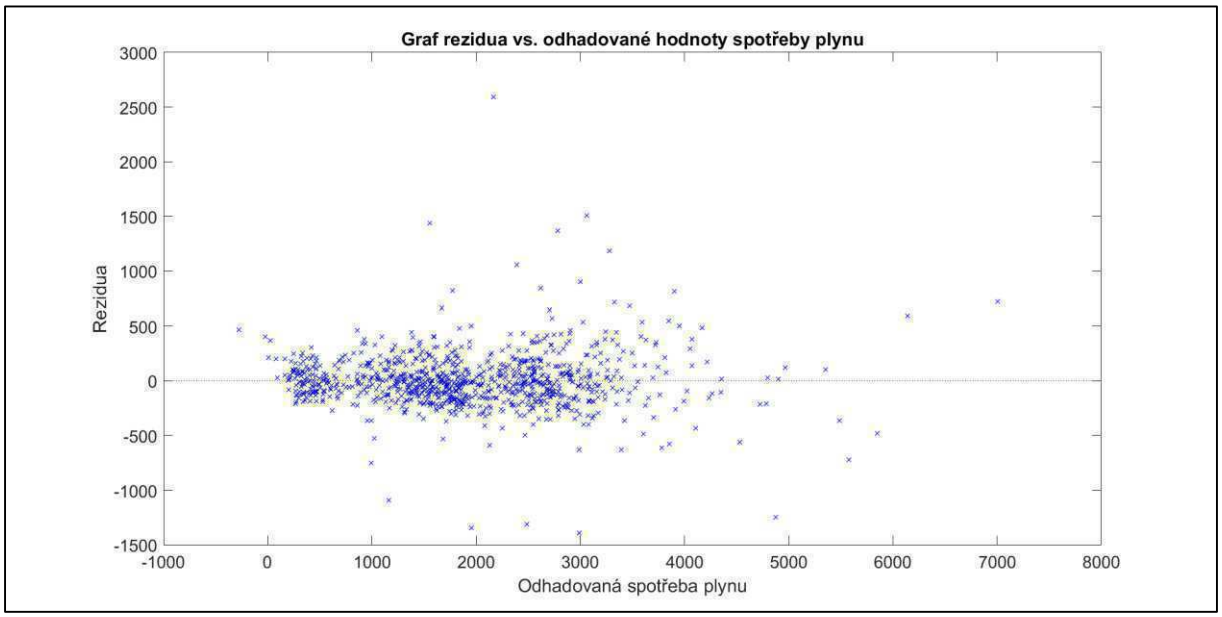
Obr. 6.1: Grafické znázornění výsledků regresní analýzy (Ž)

Z **obr. 6.1** je patrné, že naměřené veličiny nemají z pohledu statistiky tzv. normální rozdělení. Pro případné zpřesnění modelu by bylo vhodné rozdělit data do dvou skupin, tj. zpracovat samostatný algoritmus (vzorec) pro jednoduché žíhání a pro dvojité žíhání. Univerzální vzorec se jeví jako *spolehlivý,* nicméně ani po jeho zpřesnění pomocí dalších metod modelování se nepodařilo zcela vyloučit predikce, které vykazují významnou odchylku od reálně naměřených hodnot spotřeby plynu.



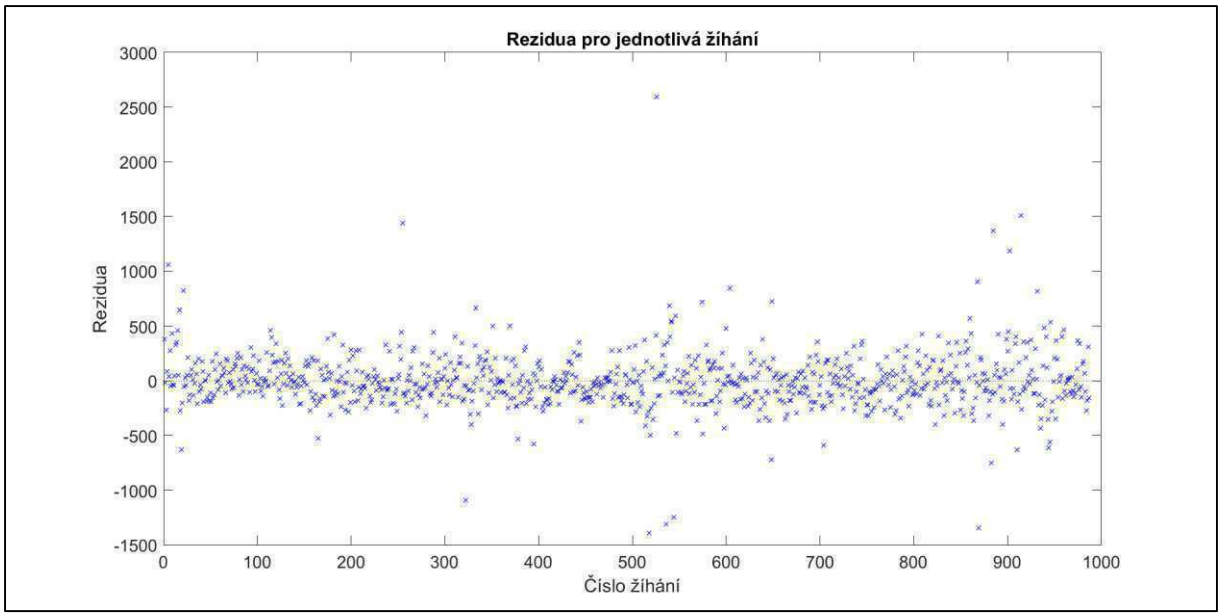
Obr. 6.2: Histogram reziduí (Ž)

Z **obr. 6.2** je zřejmé, že nejvyšší počet predikcí vykazuje odchylku od naměřené hodnoty pohybující se kolem nuly. Se zvyšující se odchylkou (osa x) klesá počet chybně predikovaných hodnot, což lze z hlediska modelování považovat za vyjádření spolehlivosti modelu.



Obr. 6.3: Rezidua versus odhadované spotřeby plynu (Ž)

Z **obr. 6.3** je patrné, že odhadované rozpětí spotřeby plynu, které je závislé na vstupních proměnných, nemá podstatný vliv na velikost reziduí v jednotlivých pásmech, resp. nelze usuzovat na nějaký identifikovatelný trend.



Obr. 6.4: Rezidua pro jednotlivá žíhání (Ž)

Graf 6.4 ukazuje, že u části žíhání jsou rezidua (rozdíly mezi predikovanou a skutečnou spotřebou plynu) značně vyšší, než u žíhání ostatních, což je pravděpodobně způsobeno specifickými parametry těchto žíhání. Jak bylo uvedeno dříve, bylo by vhodné provést seskupení, či jiné třídění dat, závisející na velikosti rezidua a prozkoumat, jaké veličiny ovlivňují existenci těchto reziduí.

6.1.1.3 Závěr k posuzování závislosti nákladovosti tepelného zpracování

Aplikací postupu uvedeného v úvodu této části projektu bylo dosaženo vytvořením modelů, které jsou schopny s vysokou mírou spolehlivosti (tj. na úrovni překračující 90%) predikovat spotřebu plynu. Ukázalo se, že přidání dalších proměnných má na zpřesnění modelu významný vliv. Nevýhodou však je vyšší pracnost vytvoření vztahu, na jehož základě je predikce prováděna. Vyšší pracností je zde myšlena především vyšší náročnost na „předzpracování“ dat, neboť data jsou někdy sbírána nesystematicky a zároveň při jejich zadávání může docházet k formálním i věcným chybám. Proto je vhodné, aby v době postupující automatizace byla data sbírána systematicky a automatizovaně. Další modelování je poté daleko rychlejší a méně časově náročné.

Jako klíčové se rovněž ukazuje počet měření, resp. rozsah pozorování, která jsou k dispozici pro další zpracování. V tomto konkrétním případě lze spolehlivý model vytvořit s minimálně stovkami měření. S vyšším počtem měření také roste spolehlivost prediktivního modelu. Možnost zpracování velkého objemu dat dnes již není problém a výkonné HW a SW nástroje již umožňují aktivity, které by ještě před pár lety možné nebyly.

Stávající vzorce a jejich použití vychází z historických dat. Pro uvedení do praxe (resp. před uvedením do praxe) bude vhodné ještě po dobu minimálně půl roku sbírat aktuální provozní data tak, aby bylo možné spolehlivost ověřit nejen na datech, ze kterých byly vzorce vytvořeny, ale i na datech nových. Po této době by mělo proběhnout vyhodnocení chybovosti predikce těchto modelů (vzorců). V případě, že testování na nových datech bude úspěšné, tzn., že spolehlivost vzorců bude odpovídat požadavkům ekonomické praxe, lze vzorce začít používat při kalkulacích nákladů na tepelné zpracování v jednotlivých provozech.

Základní přínos těchto vzorců lze spatřovat například v možnosti posouzení, zda menší zakázku, která plně nevyužije kapacitu pece, je vhodné realizovat i za cenu vyšších nákladů (vztažených na množstevní jednotku), nebo sdružit více malých zakázek, tím zvýšit využití pece. To ovšem může znamenat vícenáklady způsobené s pozdním dodáním zboží, či nevyváženost využití lidských zdrojů (prostoj vs. nutnost přesčasové práce).

a) Ověření získaných vzorců (vztahů)

Pro ověření spolehlivosti získaného vztahu bylo provedeno u dat ze společnosti F. Podrobnosti k tomuto ověření jsou uvedeny výše. Naopak u společnosti C (viz **PŘÍLOHA 4**) se o ověřování ani neuvažovalo, neboť žádný ze vzorců nebyl ze statistického hlediska spolehlivý. Bylo to dáno velmi malým počtem měření, které neumožnilo spolehlivý vzorec vytvořit.

b) Doporučení pro PROJEKT XIX

Z hlediska zpracování a analýzy dat, resp. jejich použití ke stanovení nákladového vzorce pro tepelné zpracování odlitků, by bylo vhodné:

- Automatizované sbírání a archivace provozních dat (tam, kde ještě toto není samozřejmostí);
- Implementace základních nástrojů data miningu;
- Ověření formulovaných vzorců na data, která nebyla použita pro jejich vytvoření;
- Propojení vzorců pro predikci spotřeby energií (zde plynu či elektřiny) se vzorci pro další části procesu výroby, tj. netepelné zpracování.

Jako perspektivní se také jeví možnost aplikace deep learningu (hlubokého učení) a umělých neuronových sítí, které by mohlo ještě více zpřesnit prediktivní postupy a případně propojit nákladové funkce tepelného zpracování a dalších činností v procesu výroby. Jedná se však o rozsáhlejší projekt, který by jistě vyžadoval finanční účast konkrétního podniku.

Poznámka: Šetření provedena pro slévárny E, C a H je uvedeno v **PŘÍLOZE 4**, označené 6.1.2 – 6.1.6,

Při řešení nákladové náročnosti tepelného zpracování ocelových odlitků se řešitelský tým také věnoval zdánlivě okrajovým informacím ovlivňujícím nákladovost této výrobní fáze. Ty však mohou do jisté míry příznivě ovlivnit nákladovou náročnost TeZ.

6.2 Další faktory, které mohou ovlivnit nákladovost tepelného zpracování ocelových odlitků

První posuzovanou oblastí jsou změny cen zemního plynu.

6.2.1 Signály o snížení cen zemního plynu

Zjišťujeme, že od r. 2015 dochází (viz **tab. 6.7, PŘÍLOHA 4**) ke snížení cen tohoto média. Podle informací z pěti sléváren dochází ve všech případech k poklesu jeho ceny, i když nerovnoměrně. V r. 2016 se jeho cena oproti r. 2015 pohybovala od 85 %, až 99,8 %

V průměru činila 93,2 %. V r. 2017 se rozpětí cen oproti roku 2015 pohybovalo od 72 % do 85 % s průměrem 79,5 %.

Dodáváme, že zemní plyn je prakticky při tepelném zpracování ocelových odlitků hlavní energetické medium a z NVN výrobní fáze tepelného zpracování se pohyboval v cenové hladině r. 2015 okolo 85%.

Následně se zaměříme na žíhací pomůcky, které jsme do posuzovaných NVN záměrně nezařadili.

6.2.2 Orientační hodnocení nákladů na žíhací pomůcky

Posouzení bylo provedeno ve třech slévárnách. Slévárně E, H, a F.

6.2.2.1 Situace ve slévárně F

V této slévárně se žíhací pomůcky vyrábějí z jakostí ČSN 422650, G 17CrMo55 a ČSN 422934. Propočet byl proveden pro posledních 5 let. Na žíhací pomůcky za 1 rok se vynaložilo 1,5 mil Kč - 2,2 mil Kč. Bylo na nich vyžíháno 15500 t odlitků při 700 – 800 vsázkách a 21 000 hod provozu pece. Výsledné náklady na kg odlitků pak činí 0,10 Kč.

6.2.2.2 Posouzení ve slévárně H

Pro výpočet se vycházelo z 11 druhů žíhacích podložek. U sedmi druhů se počítá se životností šesti roků. A u čtyř druhů se životností sedm roků. Celkové náklady na položky za rok činí 237501 Kč. Po vztažení na prožíhané odlity specifický náklad činí 0,29 Kč/kg.

6.2.2.3 Informace ze slévárny E

Zde se vycházelo ze spotřeby na třech žíhacích pecích. Do žíhacích pomůcek jsou zahrnuty kalící rošty 1, kalící rošty 2 a kalící koše a koryta vyráběná z jakosti ČSN 422650. A dále podložky z Lo40Cr27Ni14. Pro výpočet se pracovalo s průměrným počtem kusů za rok zjištěným z posledních pěti roků. Po vztažení ročních nákladů na roční vyžíhané odlitky se dostáváme k měrnému nákladu 0,20 Kč/kg.

Při posuzování nákladů na žíhací pomůcky se nemůžeme nezmínit o dvou možnostech využití k jejich výrobě snad poněkud netradičními materiály.

6.2.2.4 Možnosti výroby žíhacích podložek z netradičního materiálu

V prvním případě se jedná o možnosti odlévat žíhací pomůcky z technologických zbytků při lití.

A) Možnost odlévat žíhací pomůcky z technologických zbytků při lití

Slévárna F při odlévání odlitků z pánví pomocí šoupátkového uzávěru (LF, VD) počítá s technologickými zbytky kovu vznikajících z nutnosti odpustit část kovu před zahájením lití (eliminace šoupátkového písku) a po ukončení lití (struska v pánvi). U taveb velkých hmotností např. 22 tun se jedná o více než 1 tunu materiálu. Tento materiál lze využít na odlití připravených forem žíhacích podkladků za cenu vratného odpadu (cca 30 % původních nákladů). Tato možnost se týká pouze sléváren velkých ocelových odlitků.

Slévárna E vidí smysl tohoto opatření hlavně u podkladků ze speciálních žáruvzdorných ocelí. Tyto podkladky však mají dlouhou životnost a proto se neodlévají

tak často. Ve slévárně E, však nelze toto často využít, poněvadž většinu podkladků mají z běžné nelegované oceli, jen jeden typ je ze speciální oceli (životnost je zatím pět let).

Druhý případ je zaměřen na výrobu pomůcek z betonu.

B) Využití betonu k využití žíhacích pomůcek

Firma N vyrábí v závodě v Hrušovanech nad Jevišovkou žárobetonové tvarovky. Dílce se používají ve slévárnách oceli, litiny a neželezných kovů. Pro velmi namáhané díly se používá kombinovaný žárobeton s příměsí karbidu křemíku s použitím do teplot 1800 °C. Tento materiál vyniká vysokou pevností, nízkou tepelnou roztažností a vysokou odolností vůči změnám teploty. Materiál se používá pro namáhané části tavicích a udržovacích pecí, podložky do žíhacích pecí, vyzdívky licích a transportních pánví, trubky hořáků, výstupní kameny, výtokové kameny, vyzdívky části kuploven aj.

6.2.2.5 Shrnutí problematiky posuzování nákladů na žíhací pomůcky

Když si získané výsledky shrneme (0,10 Kč/kg, 0,20 Kč/kg a 0,26 Kč/kg vyžíhaných odlitků), konstatujeme relativně nízké specifické náklady. Je tedy zřejmé, že v současné době asi nebude nutné se těmito náklady v řešitelském kolektivu podrobně zabývat.

Na druhé straně je třeba dodat, že zcela jistě zde bude také prostor pro úsporu nákladů. Zjišťujeme jistý nemalý rozdíl v měrných nákladech. A dále se jedná o roční náklady, které jsou nebo mohou být v milionech Kč. Tedy nemohou být v žádném případě opomenuty.

Dále se orientačně věnujeme nákladům na vyzdívky u žíhacích pecí.

6.2.3 Orientační náklady na vyzdívky

Ve slévárně F se ročně jedná v průměru o částku 700 – 800 tis. Kč (materiál + práce). Propočet nákladů na vyzdívky na prožíhané tuny odlitků pak činí cca 0,03 Kč/kg.

Ve slévárně E jsou náklady na vyzdívky posuzovány dle fakturace externích firem provádějících jednou ročně v době oprav výměnu či opravu stávajících vyzdívek na pecích. Jejich specifické náklady pak činí 0,03 Kč/kg tepelně zpracovávaných odlitků.

Závěr: Jak je zřejmé tak se jedná o minoritní náklady. V současné etapě řešení se na tyto náklady nebudeme zaměřovat. Nicméně jsme si vědomi skutečnosti, že kvalitní vyzdívka je zcela zásadní pro minimalizaci tepelných ztrát pece. V kontextu s posuzovanou problematikou by mělo být toto téma řešeno.

7 Tepelné zpracování odlitků ze slitin hliníku

Zajímavé výsledky, které řešitelský tým získal u TeZ ocelových odlitků dal podnět k zamyšlení nad obdobným šetřením TeZ odlitků ze slitin hliníku.

Prvním krokem bylo získat příslušná použitelná data. K tomuto účelu bylo osloveno celkem 12 sléváren: Kolbenschmidt, ALUCAST, MESIT, ČZ, TOP ALULIT, BaL, UNITHERM, slévárna M, Kovolit Brno, EUROTECH, NEMAK. Dále firma, která provádí tepelné zpracování IE CZ a dodavatel žíhacích pecí slévárna N.

Výběr oslovených organizací byl proveden tak, aby byly zastoupeny technologie lití do kovových forem, lití do pískových forem a přesného lití.

Využitelná data zaslalo pouze pět sléváren a jeden výrobce poskytl teoretické údaje z tepelného zpracování.

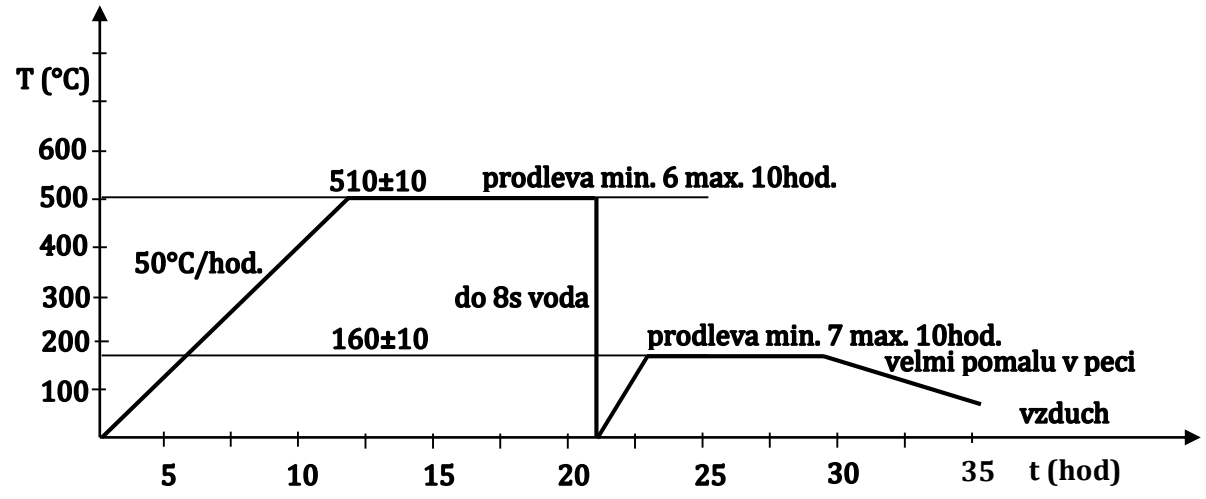
Nejprve si zrekapitulujeme režimy TeZ, které u těchto odlitků připadají v úvahu.

7.1 Postupy tepelného zpracování aplikované u odlitků z Al

Jsou to: T4 - rozpouštěcí žíhání a vytvrzování za studena,
T5 - umělé stárnutí při nízkých teplotách bez předchozí homogenizace,
T6 - rozpouštěcí žíhání, rychlé ochlazení a vytvrzování za tepla,
T61 - rozpouštěcí žíhání a vytvrzování za tepla na max. pevnost a tvrdost,
T64 - rozpouštěcí žíhání a vytvrzování za tepla na max. houževnatost,
T7 - rozpouštěcí žíhání, rychlé ochlazení a umělé přestárnutí.

Nejpoužívanějším postupem pro slitiny hliníku s křemíkem s minimálním obsahem hořčíku nad 0,2 % je obvykle režim T6, kterým jsme se v rámci hodnocení získaných podkladů zabývali.

Na **obr. 7. 1** je uveden režim TeZ eutektických a podeutektických siluminů.



Obr. 7.1: Režim TeZ eutektických a podeutektických siluminů T6

Pro tenkostěnné odlitky je třeba dodržet min. dobu prodlevy na teplotách rozpouštěcího žíhání a vytvrzování.

Při obsahu Si v rozmezí 6 až 8 % je možné zvýšit teplotu prodlevy rozpouštěcího žíhání na max. 535 °C. Teplota vytvrzování může být snížena, ne však více než o 15 °C, má-li být dosaženo vyšší pevnosti a nižší tažnosti.

V běžné praxi se používá ještě režim T4 a to v případech, kdy je použitá slitina (například AlCu4Ti) samo vytvrditelná. To znamená, že například po 72 hodinách již dosahuje požadovaných mechanických hodnot.

Teoretickým postupem z ročního sledování lze vypočíst náklady:

Neúplné vlastní náklady zahrnující:

- osobní náklady, vyšly výpočtem po zaokrouhlení **195 Kč/hod** (v souladu s používanou hodnotou),
- cena elektrické energie se pohybovala v rozmezí 2,40 – 2,75 Kč/kWh, z ročních nákladů 6 452 996,70 Kč/rok a z celkové spotřeby elektřiny 2 570 825 kWh/rok vyšlo po zaokrouhlení **2,51 Kč/kWh** (opět v souladu s používanou hodnotou),
- interní opravy žíhacích pecí, externí opravy žíhacích pecí, odpisy a jiné (nezahrnuto).

Tímto postupem lze neúplné vlastní náklady na 1 kg odlitku stanovit.

Není to jediný postup výpočtu TeZ. Nejlepší je použít vlastní algoritmus z dat procesního řízení. Některé položky lze zanedbat (opravy, manipulace před a po TeZ, odpisy, technika prostředí).

Následně se zaměříme na požadavky, které byly výše uvedeným slévárnám sděleny k poskytnutí dat.

7.2 Požadavky na data ze sléváren

Slévárnám byla předána tabulka k vyplnění, která obsahovala anulované hodnoty, takže vypočtené hodnoty byly „prokřížkovány“.

Návod na vyplnění pomocných tabulek vycházel ze zkušeností a možností slévárny D. Níže popsaný postup mohl využívat pomocných výpočtů, které jsou uvedeny pod základními tabulkami na všech šesti (A1, B1, C1, D1, E1, F1) listech souboru. Připomínáme, že pomocné tabulky (**tab. 7.1 – 7.18**) jsou uvedeny v **PŘÍLOZE 5**). První pomocná tabulka „Vsázka T6, rozpouštěcí…“, pro každou slévárnu, obsahuje výchozí údaje o vsázce, spotřebě elektrické energie a jejich nákladech.

Následná pomocná tabulka se zaměřila na podklady ke zjištění nákladů na vodu a osobní náklady. Poslední pomocná tabulka, opět pro každou slévárnu, shrnuje celkové NVN na TeZ slitin Al.

Při vytváření dat jsme připomínali, že lze vycházet z vlastních zkušeností, údajů a i v mezním případě z odborných odhadů. Pomocné tabulky mohou posloužit také jako užitečné podklady pro zlepšování vlastních procesů mezi zúčastněnými.

Pro snazší porovnání byly sjednoceny vstupní hodnoty za elektrickou energii (2,5 Kč/kWh), vodu (45 Kč/m^3) a mzdy (195 Kč/hod).

Za minimální počet jednotlivých souborů dat jsme považovali pět na sobě nezávislých dávek (je vhodné použít dávky různých typů odlitků - tenkostěnné, silnostěnné), abychom mohli provést porovnání.

7.3 Získané výsledky a jejich hodnocení

7.3.1 Získané výsledky šetření

Jak bylo výše uvedeno, tak veškerá šetření se zaměřila na režim T6. Je třeba uvést k tomuto způsobu TeZ upřesňující informace a omezení vyplývající z normy.

7.3.1.1 Upřesňující informace, výklad normy

Vzhledem k tomu, že je T6 požívána v automobilovém a leteckém průmyslu, je nutné, aby zařízení, které jsou pro T6 vyráběny, splňovaly normu AMS 2750 E. Pece pro homogenizační žíhání, jsou konstruovány tak, aby rozložení teplot v pecním prostoru bylo ± 6 °C. Odlitky po rozpouštěcím žíhání musí být zachlazeny ve vodní lázni do 12 sec.

Technické požadavky dle normy AMS 2750 E se týkají teplotních senzorů. Test přesnosti systému SAT a měření teplotní homogenity TUS. Dále lze očekávat, že bude nutné používat SAT - testované termočlánky, které jsou součástí pece. Oba senzory musí být max. 76 mm od sebe.

Po stabilizaci teploty v peci se zaznamenávají teploty na testovaném a testovacím termočlánku.

Hodnoty jsou zaznamenávány na měřicím zařízení. Povolená tolerance je pro jednotlivá čidla ± 1,7 °C. TUS - ověření rozložení teplotního pole se provádí na pomocné konstrukci, která je vložena do pecního prostoru. Na konci konstrukce je umístěno 9 ks termočlánků dle výkresové dokumentace. Povolená tolerance teplot v peci je opět ± 6 °C.

Všechny prvky měřicí soustavy musí být certifikovány.

Testy zvyšují náklady na provoz tepelného zpracování, a proto je používají jen ty slévárny, které dodávají odlitky do uvedených průmyslových odvětví. Tyto náklady nejsou zohledněny v základní tabulce, protože normu používá jen část z uvedených sléváren. Náklady na provozní servis nelze přesně vyčíslit (odhadem od 40 do 60 tis. Kč/rok), vzhledem k tomu, že pracovníci údržby provádějí servis v rámci režijních prací.

Následně se zaměříme na získané výsledky k našemu šetření.

7.3.1.2 Vlastní získané výsledky

Řešitelskému týmu se podařilo získat data z následujících šesti sléváren a organizací:

- sl. A1; 5 dnů sledování (1 pec, jeden cyklus/den),
- sl. B1; 233 dny sledování (3 pece, 1,5 cyklu/den),
- sl. C1; 7 dnů sledování (jedna sestava pecí - tunelová pro rozpouštěcí žíhání se spouštěním vsázky do lázně, tunelová pro vytvrzování),
- sl. D1; 1 cyklus odsledován,
- výrobní společnost E1; 1 cyklus vypočten,
- sl. F1; odsledováno 41 dnů (1 cyklus/den, jedna sestava pecí - komorová pro rozpouštěcí žíhání se spouštěním vsázky dnem do lázně, komorová pro vytvrzování se svislými dveřmi).

Ve všech sledováních se jedná o slitinu AlSi10Mg.

Zdrojové informace jsou po dohodě se slévárnami uvedeny bez udání jejich názvu. Dodavatel pecí E1 poskytl vypočtené technické parametry celého procesu TeZ dle literatury. Tedy, jak by pecní zařízení mohlo kvalitně pracovat. Jedná se o porovnávací výpočet.

Všechna pracoviště TeZ zúčastněných na šetření, používají pece s celokovovou komorou, mezi pláštěm a komorou je izolační vrstva nejčastěji z vláknité žárovzdorniny. Podrobnější údaje o získaných a následně podle návodu vypočtených datech je uveden v **tab. 7.19.**

Tabulka 7.19: Shrnutí výsledků

slévárna (firma)	rozpouštěcí žíhání					vytvrzování					využití pece	náklady			
	náběh	prodleva	vsázka	spotřeba elektrické energie		náběh	prodleva	vsázka	spotřeba elektrické energie			voda	osobní	elektrická energie	celkem
	°C/hod.	hod	kg	kWh/kg	Kč/kg	°C/hod.	hod.	kg	kWh/kg	Kč/kg	%	Kč/kg	Kč/kg	Kč/kg	Kč/kg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A1	280	8	128	0,41	1,00	280	6	128	0,41	0,90	26	0,02	3,3	2,0	5,2
B1	85	6	512	0,67	1,70	85	5	512	0,27	0,70	35	0,10	3,0	2,4	5,5
C1	85	6	4329	0,50	1,30	85	5	4329	0,20	0,40	43	0,10	1,5	1,7	3,3
D1	520	5	200	0,47	1,30	85	5	200	0,21	0,40	40	0,04	3,2	1,7	4,9
E1	542	6	200	0,50	0,60	85	5	200	0,28	0,10	37	0,03	3,2	0,7	3,9
F1	520	8	356	0,50	1,50	85	10	356	0,25	0,60	36	0,08	3,1	2,1	5,3
Ø	339	7	954	0,50	1,20	118	6	954	0,30	0,50	36	0,06	2,9	1,7	4,7
min.	85	5	128	0,41	0,60	85	5	128	0,20	0,10	26	0,02	1,5	0,7	3,3
max.	542	8	4329	0,67	1,68	280	10	4329	0,41	0,90	43	0,10	3,3	2,6	5,5

Musíme konstatovat, že u tonáže pecí, které byly ve sledovaných souborech sléváren, je jistá odlišnost. Pokud budeme tonáž posuzovat podle průměrné vsázky vykázané pro posuzované výběrové soubory (**tab. 7.19**, sl. 4 nebo 9) tak se pohybujeme od 128 kg do 512 kg. A jedna pec vykazuje 4329 kg. Maximální tonáž pecí je možné stanovit s pomocí ukazatele využití pece (sl. 12). Maximální tonáž se pak bude pohybovat od cca 500 kg do asi 1500 kg s jednou výjimkou 10 t.

Dalším problémem ve srovnatelnosti dosažených výsledků je sortiment odlitků, pokud se týká hmotnosti, tvaru a tloušťky stěny zpracovávaných odlitků. Byť byla jistá snaha pokusit se sjednocovat zpracovávaný sortiment, tak se to nezdařilo. Spíše se po šetření přikláníme k tomu, že se v této fázi šetření snad ani nemohlo zdařit.

7.3.2 Úvodní hodnocení získaných výsledků

Jak bylo výše uvedeno, tak musíme konstatovat významnou problematičnost v získaných datech a přístupu k jejich interpretaci. Se zpracovateli ocelových odlitků v rámci řešení PROJEKTŮ pracujeme prakticky 18 let. Za tu dobu se řešitelé dostatečně poznali a kolegové ze sléváren pochopili, že zneužití jimi poskytnutých informací při dodržování jistých zásad je minimální. Na druhé straně poznali, že řešitelská práce jim poskytuje poznatky, ke kterým by se bez účastí v PROJEKTECH nemohli samostatně dopracovat. U kolegů z výroby odlitků neželezných kovů jsme v této oblasti na začátku.

Dále jsme si výše uvedli, které okolnosti při našem šetření nám velice ztěžují vzájemné porovnání dosažených charakteristik.

V **tab. 7.19** je ve sl. 2 – 6, charakterizováno rozpouštěcí žíhání, následně ve sl. 7 – 11, vytvrzování. Pak je uvedeno využití pece (sl. 12) a v závěru tabulky (sl. 13 – 16) jsou uvedeny celkové nákladové charakteristiky obou režimů společně.

Ze sl. 2 vyplývá, že náběhy na teplotu rozpouštěcího žíhání jsou u sléváren A1, D1, E1, F1 3×až 6× rychlejší oproti zbylým. To může způsobit lokální přepětí (nebezpečí deformací až trhlin). Toto přepětí pomine až během prodlevy, obdobně při náběhu na teplotu vytvrzování. Tato nebezpečí jsou významná zejména u deskovitých a tenkostěnných odlitků. Vyšší zbytkové napětí způsobuje nedodržení rozměrů po obrobení.

V souvislosti se strukturálními odlitky, zejména v automobilovém průmyslu (složené skelety, ramena, nosníky) v závislosti například na potřebných vlastnostech jednotlivých částí skeletu budou zcela jistě požadavky ještě náročnější (vyšší přesnost = eliminace pnutí po odlití, tepelném zpracování i po obrobení).

Ve spodních řádcích **tab. 7.19** je uveden průměr sledovaných charakteristik a jejich maximum a minimum.

Otázkou je, co můžeme v této fázi šetření konstatovat, aby to nevyznělo formálně. *Jako novou informaci můžeme uvést, že NVN tepelného zpracování se pohybují od 3,30 Kč/kg do 5,50 Kč/kg žíhaných odlitků. Je také pozoruhodné, že údaje poskytnuté v E1 (dodavatelem pecí) se blíží vykázanému nákladovému minimu. Je také otázkou zda nákladové minimum 3,30 Kč/kg u slévárny E1 je dáno více než 10× vyšší Ø vsázkou oproti zbylým pecím.*

Pozoruhodná je také skladba NVN. Náklady na vodu činí cca (dle Ø nákladů) cca 1 %. Naproti tomu náklady osobní necelé 2/3 (62 %) a el. energie více než 1/3 (36 %). Tato skladba je také novou skutečností. A nabízí se kritická poznámka, zda nebyl u této technologie některý nákladový prvek opomenut. Na druhé straně vykázané rozdíly v hodnotách celkových NVN na TeZ si lze také vysvětlit rozdílnými konstrukčními řešeními pecních zařízení a nestejnou izolační schopností použitých žáruvzdorných hmot.

Co považujeme za nezbytné u daného šetření, je nutnost provést detailní separátní srovnání nákladů na režim rozpouštěcího žíhání a zvlášť vytvrzování ve všech druzích nákladů (voda, osobní náklady a el. energie).

Nelze také opomenout konstatovat, že nové soupecí slévárny E1 s precizní žáruvzdornou hmotou a dokonalou těsností má až třikrát nižší spotřebu elektrické energie, zatímco náklady na vodu a mzdy jsou v přijatelném rozptylu hodnot.

Byly prověřovány funkční závislosti v rámci šetřených výběrových souborů. V tomto úvodním šetření však koeficienty determinace vycházely velmi nízké. Nicméně v této oblasti by mohl být spatřován další možný postup prací. Pokud budeme šetření provádět v rámci jedné slévárny, pak některé i významné odlišnosti (tonáž pece, vyzdívky a snad i sortiment) by měly být „ukonstatněny“.

7.4 Závěry a doporučení

Pro proces tepelného zpracování odlitků ze slitin hliníku se v současné úvodní etapě šetření nejeví, že lze stanovit parametry tak, aby byly v plném rozsahu aplikovány jednotně, na všech pracovištích. Což není pro úvodní šetření překvapující.

Provedená šetření tento názor naznačují. Ale zjišťujeme, že je důležité stanovit ekonomicky nejvýhodnější varianty „na míru“ v závislosti na sortimentu, technologii lití a vyráběném objemu tepelně zpracovávaných odlitků v rámci jedné slévárny.

Nejvyšší náklady tvoří mzdy – přesněji osobní náklady. Úspor lze dosáhnout kupříkladu realizací automaticky řízených sestav pecních zařízení.

Na druhém místě jsou náklady energetické, kde lze hledat úspory v efektivním využití tepla. Pro slitiny hliníku je důležitá cirkulace horkého vzduchu, protože se pracuje s nízkými teplotami. Nejvhodnější pecní zařízení pro rozpouštěcí žíhání s následným velmi rychlým zchlazením jsou v současnosti pece s výstupem vsázky dnem, viz následující **obr. 7.2**. Samozřejmě velmi záleží na dokonalé těsnosti komory a na žárovzdorninách s vysokou izolační schopností.

Obr. 7.2: Energeticky výhodná pec se spouštěním vsázky do vodní lázně dnem

Náklady na vodu jsou pak téměř zanedbatelné.

Další šetření procesu tepelného zpracování doporučujeme provádět s dodavateli pracovišť pro tepelné zpracování. Jak tuzemští, tak zahraniční výrobci jsou vybaveni měřidly, kterými lze provádět precizní analytiku procesů stávajících pracovišť a podle výsledků lze realizovat nápravná opatření nebo zajistit obnovu novou investicí.

Pokud budeme uvažovat o možném pokračování v řešení této oblasti, jeví se nezbytné v úvodu získané závěry podrobně prodiskutovat se slévárnami A1 – F1. Ty by se mohly dosti kvalifikovaně vyjádřit k dosaženým výsledkům a této problematice. Dále můžeme snad očekávat podněty od oponentů PROJEKTU a eventuálně od účastníků semináře.

Nicméně snad nejvážnějším problémem se nyní jeví obava sléváren o své know-how.

8 Problematika odstraňování nálitků

8.1 Východiska z PROJEKTU XVII.

S touto problematikou jsme začali pracovat již v PROJEKTU XVI. Je třeba říci, že se podařilo soustředit úvodní data, bez jejich dalšího prověření.

Tam jsme popsali u jednotlivých sléváren používané metody odstraňování nálitků. 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 oddělování nálitků o Ø 200 mm. Tam jsme se, pokoušeli podle metodiky NVN stanovit pro vybrané technologie náklady na oddělení zadaného nálitku. Následně jsme se rozhodli prošetřit oddělování nálitků z pohledu ročních nákladů.

8.1.1 Hodnocení nákladové náročnosti operace odstraňování nálitků v PXVII

Vlastní nákladové porovnání jsme prováděli s manipulačními a bez manipulačních časů. Zjistili jsme, že rozdíl mezi nimi není nevýznamný. Pohybuje se od 14 % do 81 %. Nejvyšší rozdíl byl zjištěn při urážení ocelových odlitků s použitím mechanického děla CLANSMAN (kanonu), kdy nákladovost vlastního urážení je pouze minimální – 2,40 Kč/nálitek. U upalovaných nálitků z oceli o Ø 200 až 220 mm je vykázaný rozdíl pouze od 15 % do 29 %.

Zaměřili jsme se proto na oddělování nálitků bez manipulačních časů.

Zjistili jsme, že u nálitků o Ø 150 až 220 se náklady pohybují od 2,40 Kč/nálitek (urážení mechanickým dělem) až po 31,20 Kč/nálitek u strojního pálení zemním plynem.

Náklady oddělování nálitků s Ø 200 až 220 pro ocelové odlitky se pohybovaly následně:

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

Podobně se řešitelský tým soustředil na hodnocení a porovnání nákladových charakteristik pro technologie ze sléváren D, G a M, u odlitků z LLG, LKG, a slitin hliníku a mědi.

V PROJEKTU XVII jsme se také zaměřili na porovnání celkových ročních nákladů jednotlivých sléváren na odstraňování nálitků. Zjistili jsme mimo jiné, že náklady na oddělování nálitků pro šetřené slévárny za rok celkem, se pohybovaly od 0,3 Kč/kg až po 1,5 Kč/kg hrubé hmotnosti odlitků. Další šetření v této oblasti se jevilo velice náročné, poněvadž jsme nenacházeli schůdné cesty, jak se dopracovat k dalším dílčím podkladům pro provedení analýzy.

8.1.2 Rámcové shrnutí hlavních závěrů v oblasti oddělování nálitků

Řešitelský tým si byl vědom, že získaná data jsou hodnocena v malém počtu případů. Dále i toho, že jsme posuzovali pouze NVN sledovaných technologií, které mohou v některých slévárnách činit třeba pouze 50 % (nebo i méně) z úplných vlastních nákladů (ÚVN). A tedy kupříkladu pro pořízení nové technologie oddělování nálitků by bylo nutné pracovat i s pořizovací cenou nového zařízení. Byli jsme si také vědomi, že některé námi zjištěné spotřeby, kupříkladu energie, mohou vykazovat jisté odchylky od skutečnosti.

Přes tato zjištění jsme získali základní představu o NVN nákladech oddělování nálitků ve slévárnách zařazených do řešitelského týmu.

Dále jsme si ověřili, že získání věrohodných detailních výsledků z velkého počtu sledovaných souborů je velice náročné na sledování a také je nutná následná velice pracná kontrola výsledků. Což bylo někdy i nad síly a možnosti řešitelského týmu. A dále také toho, že jsme v dostupné literatuře nezískali věrohodné výsledky ve zkoumané oblasti, se kterými bychom mohli naše závěry konfrontovat.

8.2 Zaměření řešení oddělování nálitků v PROJEKTU XVIII

Z východisek PROJEKTU XVII tedy vyplývalo, že další šetření zaměřené na podrobnější nákladové charakteristiky jednotlivých technologií odstraňování nálitků za srovnatelných podmínek a v počtu případů, které by přesahovaly nejméně desítku, si vyžaduje zcela jiné prostředky. A potřebovalo by to také významné rozšíření řešitelského týmu a vytvoření nemalého časového prostoru z jejich pracovní doby. Konstatovalo se, že v rámci možností a podmínek, které stávající řešitelé mají – připomeňme, že jsou ve svých slévárnách plně vytíženi svým úvazkem – jsme patrně na hranici našich možností.

Na druhé straně jsme kriticky zvažovali možný přínos šetření, které by nám přinesla. Ze stávajícího sledování jasně vyplynulo, jakým postupem nákladově ohodnotit posuzované technologie oddělování nálitků. Dále známe hlavní parametry, které významně ovlivňují náklady. Práce také věrohodně naznačily i jisté nákladové pořadí vybraných technologií.

Na druhé straně jsme si byli vědomi skutečnosti, že výběr optimální technologie oddělování nálitků a také cesta ke snížení jejich nákladů, je významně závislý na řadě dalších parametrů. Jako vyráběný sortiment odlitků, materiál, ze kterého jsou vyráběny, výše výroby atd. Významná je pochopitelně také cesta výrobního toku odlitků, atd. Jinými slovy ani velice náročné detailní šetření „ve statické situaci“, tedy zjištění pro pouze daný výrobní sortiment, dané technické vybavení, atd., by nám patrně nepřineslo zásadní (nové) informace.

Proto jsme se rozhodli hledat jiný postup pohledu na naši problematiku.

8.3 Posuzování vybraných technologií oddělování nálitků cestou expertních hodnocení

Metoda, která je používaná, vychází ze subjektivního hodnocení vybranými odborníky v dané oblasti. V našem případě jsme stanovili, že člen řešitelského týmu, z příslušné firmy spolu s pracovníky této slévárny, provede subjektivní posouzení („oznámkování“) všech technologií oddělování nálitků, které používají. Pro posouzení jsme vycházeli z pětistupňové škály, která se běžně používá ve školství. Tedy hodnocení „známkou jedna“ je obecně v posuzované oblasti hodnocení nejpříznivější. Na druhé straně „oznámkování“ známkou pět je nejméně příznivé.

Pro vlastní posuzování jsme u hodnocených technologií oddělování nálitků po řadě diskusí zvolili tyto charakteristiky: kvalita řezu, kvalita odlitku, náklady na operaci (osobní náklady), náklady na předehřev, spotřeba energie na operaci, investice, pracovní podmínky, ovlivnění životního prostředí (environment), následné náklady, předchozí náklady, univerzálnost použití a ztráty kovu. Tedy celkem 12 hodnocených charakteristik. Pro vlastní hodnocení („oznámkování“) jsme v situacích, kdy se u posuzované technologie jistá operace (kupříkladu předehřev) vůbec nevyskytovala (nebyl nutný) tak jsme přistoupili k hodnotě „jedna“. Podobně kolegové ze sléváren (experti) podle počtu případů (nutnosti předehřevu) subjektivně ohodnotili situace, kdy jej bylo nutné provádět často (vždy), méně často, atd.

Ve čtyřech slévárnách zastoupených v řešitelském týmu jsme hodnotili následující technologie oddělování nálitků:

1. urážení: - ručně (zastoupeny 2 slévárny – L a H),
   - strojem (jedna slévárna – F),
2. uříznout pilou: (jedna slévárna – F),
3. odbrousit ručně: (tři slévárny – L, H a F),
4. upálit strojem: (jedna slévárna – F),
5. upálit ručně acetylenem: (tři slévárny – L, H a F),
6. upálit ručně Grieson®: (jedna slévárna – E).

Hodnotili jsme tedy celkem sedm různých technologií oddělování nálitků. Jak je zřejmé, tak těchto 7 technologií bylo posuzována ve 12 výrobních způsobech. Výrobním způsobem, pro toto šetření, rozumíme aplikaci dané technologie oddělování nálitků v konkrétních výrobních a sortimentních podmínkách dané slévárny.

Technologie „upalování nálitků ručně acetylenem“ byla posuzována ve třech slévárnách. „Urážení ručně a obroušení ručně“ bylo šetřeno vždy ve dvou výrobních jednotkách. „Řezání pilou, upalování strojem a upalování ručně pomocí Grieson® bylo sledováno vždy v jedné slévárně.

Následně se zaměříme na hodnocení a interpretaci získaných výsledků.

8.3.1 Diskuse získaných výsledků

V **tab. 8.1** jsou shrnuta hodnocení technologií (výrobních způsobů) oddělování nálitků v šetřených slévárnách.

Tab. 8.1: Ohodnocení posuzovaných technologií oddělování nálitků

	Oblast	Urazit			Uříznout pilou	Odbrousit ručně			Upálit				
		ručně		strojem					strojem	ručně AC			ručně Grieson®
		Slévárna L	Slévárna H	Slévárna F	Slévárna F	Slévárna L	Slévárna H	Slévárna F	Slévárna F	Slévárna L	Slévárna H	Slévárna F	Slévárna E
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Kvalita řezu	2	2	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
2	Kvalita odlitku	2	2	1	1	2	2	1	3	3	3	4	3
3	Osobní náklady operace	1	1	1	2	4	4	4	3	5	4	4	4
4	Předehřev	1	1	1	1	1	1	1	5	1	3	5	3
5	Spotřeba energie	1	1	1	2	2	2	3	4	5	4	5	3
6	Investice	1	1	4	4	3	3	3	5	5	4	2	4
7	Pracovní podmínky	3	3	2	3	4	4	5	3	3	3	5	3
8	Environment	2	2	2	2	4	4	3	5	3	3	5	3
9	Následné náklady	2	2	2	1	3	3	1	3	3	3	4	3
10	Předchozí náklady	1	1	4	1	1	3	1	1	1	3	1	1
11	Univerzálnost použití	3	3	4	3	2	2	3	3	1	1	1	1
12	Ztráta kovu	1	1	1	2	3	3	3	5	5	5	5	5
13	Celkem	20	20	24	23	31	33	30	42	38	39	44	36

Nejdříve se zaměříme na rámcové hodnocení vybraných výrobních způsobů.

8.3.1.1 Rámcové posouzení vybraných výrobních způsobů

V první interpretaci se nebudeme zamýšlet nad porovnáním sledovaných technologií oddělování nálitků.

Zaměříme se alespoň rámcově na porovnání různých výrobních způsobů v rámci jedné technologie. Připomeňme, že v úvodní interpretaci se nezamýšlíme nad možným odlišným strojním vybavením, jeho technickým stavem a odborností a motivací osádky. A dále pro zjednodušení předpokládáme, že u hodnotitelů se jedná vždy o jejich zcela objektivní pohled. Což jak je známo, nejde vždy plně zaručit.

Když se pokusíme zamyslet nad „oznámkováním" jednotlivých výrobních způsobů docházíme k následujícím zjištěním. První technologie, která je uplatňována ve dvou slévárnách, je urážení ruční (sl. 2,3, **tab. 8.1**). Je zřejmé, že experti obou sléváren ve všech hodnocených oblastech přidělili vždy stejné hodnoty. Přijmeme-li výše uvedené předpoklady, pak vliv rozdílného sortimentu a další výrobní podmínky jsou zanedbatelné anebo (a to se spíše blíží skutečnosti) jsou v obou slévárnách velice blízké.

Jiná situace je u technologie „odbrousit ručně" (sl. 6, 7, 8). Tam dochází téměř ve dvou třetinách posuzovaných případů k odlišnému hodnocení. Rozdíly v „oznámkování" jsou nejčastěji v jednom stupni, pouze ve dvou případech se liší dvěma stupni. To již signalizuje větší vliv okolních podmínek.

Ve třetím případě můžeme výrobní způsoby porovnat u technologie „upálit ručně acetylenem" (sl. 10,11,12). Tam jsou rozdílná hodnocení u tří čtvrtin případů. A odlišná hodnocení jsou až o čtyři stupně. To signalizuje významný vliv okolních podmínek (zejména sortimentu) a dalších nespecifikovaných vlivů.

Následně jsme se pokusili o hledání komplexního hodnocení použitých technologií.

8.3.1.2 Komplexní hodnocení používaných technologií oddělování nálitků

Nejdříve se zaměříme na metodické vymezení hodnocení.

A. Metodické vymezení posuzování sledovaných technologií oddělování nálitků

Nejdříve jsme se zaměřili na sledování ohodnocení dílčích charakteristik (kvalita řezu, kvalita odlitku, atd.) podle jednotlivých výrobních způsobů (VZ) oddělování nálitků. Pro jednotlivé charakteristiky jsme vytvořili dílčí grafy (viz příklad **obr. 8.1 v PŘÍLOZE 6**). Tak bylo sestrojeno celkem 13 grafů. Jsou uloženy u zpracovatelů. Jejich podrobné hodnocení bylo velice rozvláčné a nejevilo se jako efektivní a rychle použitelné.

Proto jsme se zaměřili na komplexnější postup. Ten spočíval v tom, že jsme z našich původních 12 charakteristik vytvářeli komplexní skupiny charakteristik. Ty jsme si pracovně nazvali „kategorie".

Je třeba připomenout, že řešitelský kolektiv při přípravě této metodiky zvažoval, zda je správné všem charakteristikám šetřených technologií přidělovat stejnou „váhu". Tedy zda některé z nich neohodnotit vyšší „váhou" kupř. „dvě", „tři" apod. Nicméně nakonec jsme se rozhodli pro toto úvodní posuzování vyjít se stejnou „váhou" všech vytypovaných charakteristik.

Jako úvodní se logicky nabízí kategorie zaměřené na náklady. První tedy budou INVESTICE. Tím se myslí výše investičních nákladů, které je třeba vynaložit na instalaci příslušného technologického zařízení.

Následně to bude kategorie nazvaná NÁKLADOVOST. Ta zahrnuje vliv nákladů předchozích (vynaložených před vlastní technologií oddělování nálitku), náklady na předehřev odlitku před technologickou operací, energetické náklady na vlastní operaci, osobní náklady, vyčísleni ztráty kovu, které vznikají a náklady následné po provedení oddělení nálitku.

Další kategorie je označena jako JAKOST. Do ní zahrnujeme charakteristiky kvalita odlitku a kvalita řezu.

Názvem PROSTŘEDÍ jsme označili kategorii, která obsahuje pracovní podmínky a environment (vliv na životní prostředí).

Jako předposlední jsme do našeho hodnoceni zařadili kategorii UNIVERZÁLNOST. Ta zahrnuje charakteristiku označenou jako univerzálnost použití.

Považovali jsme za nutné také zařadit kategorii zahrnující komplexní hodnocení všech použitých technologií. Tu jsme nazvali CELKOVÉ HODNOCENÍ.

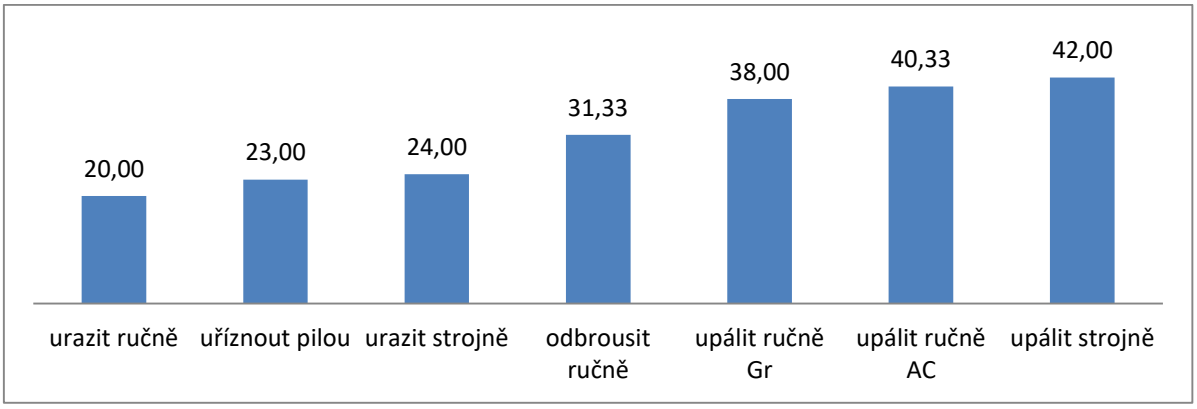
Bodové ohodnocení pro vytýčené kategorie se stanovovalo jako součet bodů („známek“) pro příslušný výrobní způsob (technologii v konkrétní slévárně). A pokud pro danou technologii bylo více výrobních způsobů, tak se pro všechny udělal aritmetický průměr.

Příklad pro kategorii JAKOST a technologii „urazit ručně“. V **tab. 8.1** je uvedeno, že tato technologie je zastoupena dvěma výrobními způsoby (sl. 2 a 3). Do kategorie JAKOST jsou zařazeny dvě charakteristiky „kvalita řezu“ a „kvalita odlitku“- viz ř. 1 a 2 v **tab. 8.1**. Tedy pro výrobní způsob „Urazit ručně, slévárna L“ – viz sl. 2, ř. 1 a 2 bude hodnota pro tuto kategorii stanovena jako součet bodů v obou řádcích – tedy 2 + 2 = 4. Pro druhý výrobní způsob („Urazit ručně, slévárna H“) – viz sl. 3, ř. 1 a 2 bude hodnota pro tuto kategorii stanovena opět jako součet bodů v obou řádcích – tedy 2 + 2 = 4. Z hodnot pro oba výrobní způsoby bude vypočten aritmetický průměr, který se rovná 4. A tato hodnota je následně zařazena do **tab. 8.2 v PŘÍLOZE 6** pro naši kategorii JAKOST ve sl. 6, ř. 4. Podobně jsou vypočteny hodnoty pro ostatní kategorie.

Následně se zaměříme na vlastní hodnocení posuzovaných technologií.

B. Vlastní hodnocení posuzovaných technologií

Jak již bylo uvedeno, v **tab. 8.2** jsou uvedeny přidělené body jednotlivým kategoriím, které shrnují dříve vytypovaných 12 základních charakteristik posuzovaných technologií oddělování nálitků. V uvedené **tab. 8.2** jsou pro každou šetřenou kategorii seřazeny technologie vzestupně. Tedy od nejlépe hodnocené (s nejnižšími průměrnými známkami) až po nejvyšší. Uvedená zjištění jsou následně názorně představena na **obr. 8.2 až 8.6** v **PŘÍLOZE 6.**



Obr. 8.6: Znázornění k. CELKOVÉ HODNOCENÍ podle technologií

Konstatovali jsme kupříkladu, že technologie, které jsou nákladově příznivé (kupř. urazit ručně, urazit strojně, **tab. 8.2**, sl. 3,4, ř. 1,2) jsou zase málo univerzální (**tab. 8.2,** sl. 9,10, ř. 6,7. Na druhé straně technologie, které jsou velice univerzální (kupř. upálit ručně acetylenem, Grieson®, sl. 9,10, ř. 1,2) jsou zase nákladově nejnáročnější (sl. 3,4, ř. 6,7). Obdobné pořadí potvrzuje celkové hodnocení (sl. 1,2). Lze snad konstatovat, že patrně každá technologie má své omezení a asi nemůže být ve všech kategoriích nejlepší.

Bylo by tedy možné v této stati rozsáhle detailně rozebírat pořadí posuzovaných technologií podle přidělených bodů v jednotlivých kategoriích a na druhé straně nacházet příslušná omezení.

Proto řešitelský tým považoval za nutné slovně deklarovat přednosti a možné nevýhody šetřených technologií – viz **tab. 8.3**. Tam jsme se pokusili o doplnění pro někoho možná „suchých čísel a grafů“ o upozornění na vazby a snad i problémy technologií oddělování nálitků.

Tab. 8.3: Komentář k posuzovaným technologiím

	Technologie	Komentář
	1	2
1	Urazit ručně	nákladově nenáročná metoda s minimálním vlivem na jakost odlitku, nízká investice, manuálně náročná, využitelná pro nálitky malých průměrů umístěných na rovné ploše odlitku, bez ztráty materiálu,
2	Urazit strojně	nákladově nenáročná metoda s minimálním vlivem na jakost odlitku, nutná investice do zařízení, využitelná pro nálitky do průměrů 400 mm umístěných na rovné ploše odlitku, bez ztráty materiálu,
3	Uříznout - pila	nákladově náročnější metoda s minimálním vlivem na jakost odlitku, nutná investice do zařízení, využitelná pro nálitky umístěných na rovné ploše odlitku, s minimální ztrátou materiálu,
4	Odbrousit ručně	nákladově náročnější metoda s minimálním vlivem na jakost odlitku, manuálně náročná, využitelná pro nálitky malých průměrů, s minimální ztrátou materiálu,
5	Upálit ručně GR	nákladově náročná metoda, vliv na jakost odlitku - teplota, zápaly, manuálně náročná, využitelná pro všechny nálitky a kapsy, se ztrátou materiálu propalem,
6	Upálit ručně AC	nákladově náročná metoda, vliv na jakost odlitku - teplota, zápaly, manuálně náročná, využitelná pro všechny nálitky a kapsy, se ztrátou materiálu propalem,
7	Upálit strojně ZP	nákladově náročná metoda vysoce výkonná, vliv na jakost odlitku - teplota, zápaly, náročná příprava, nutná investice do zařízení, využitelná pro dobře přístupné nálitky a kapsy, se ztrátou materiálu propalem,

Domníváme se, že tato naše práce – po možných doplněních od odborné slévárenské veřejnosti by mohla být pro slévárny vhodnou pomůckou při výběru technologie oddělování nálitků a snad i podnětem k možným korekcím u svých, již provozovaných zařízeních.

Při posuzování měrné nákladovosti oddělování nálitků u ocelových odlitků se řešitelský tým zaměřil také na vliv využití kovu.

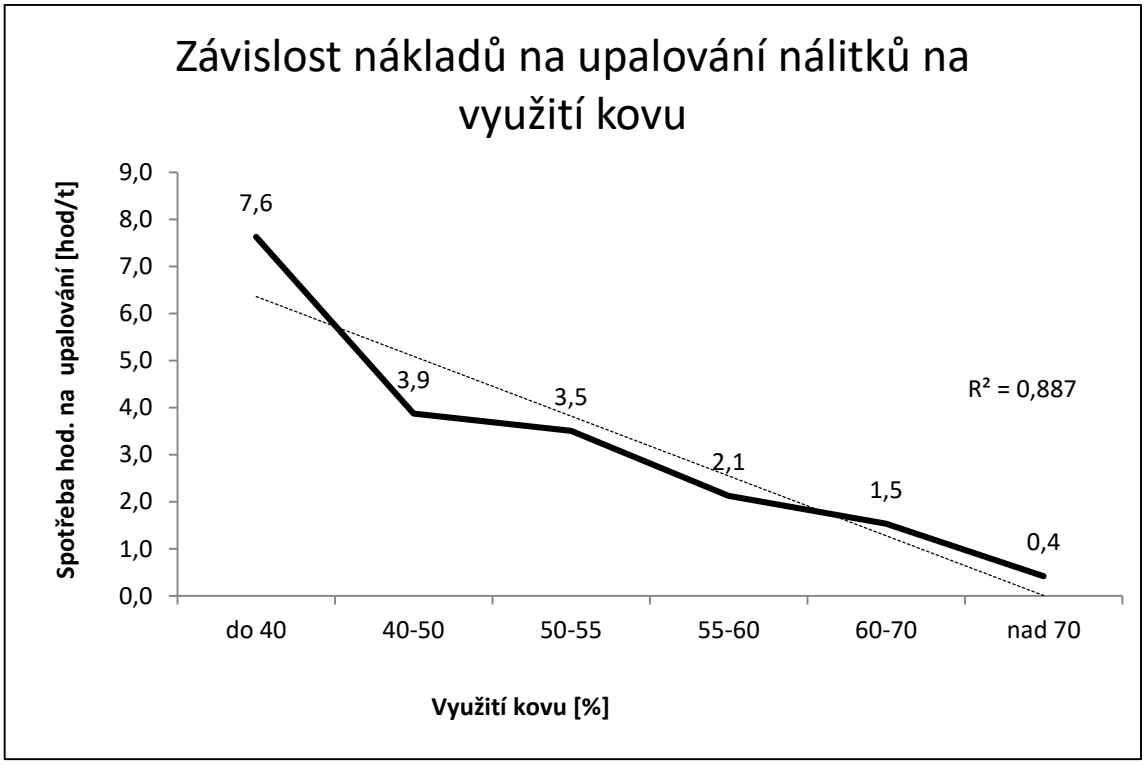
8.4 Posouzení vlivu využití kovu na nákladovost oddělování nálitků

Pro naše šetření jsme si ukazatel využití kovu definovali podílem hrubé hmotnosti odlitku k surové hmotnosti.

K posouzení závislostí jsme volili výběrové soubory ze sléváren zastoupených v řešitelském týmu. První byl ze slévárny H, z r. 2017. Zahrnoval 413 případů legovaných a nelegovaných odlitků, u kterých byly nálitky odstraňovány pálením. Zkonstruovali jsme lineární, logaritmickou a polynomickou závislost. Ve všech případech koeficient determinace (R_{skut}) přesahoval hodnotu 0,6. Kritická hodnota tohoto koeficientu (R_{krit}) pro daný počet případů je v tabulkách uváděna 0,11. Je tedy zřejmé, že uvedená závislost je jednoznačně prokázána.

U slévárny E, jsme pracovali s výběrovým souborem 23 případů oddělování nálitku pálením u nelegovaných jakostí oceli. Tam jsme volili lineární a exponenciální funkci. Koeficient determinace R_{skut} byl 0,68 a 0,73 přičemž R_{krit} byl uváděn 0,44.

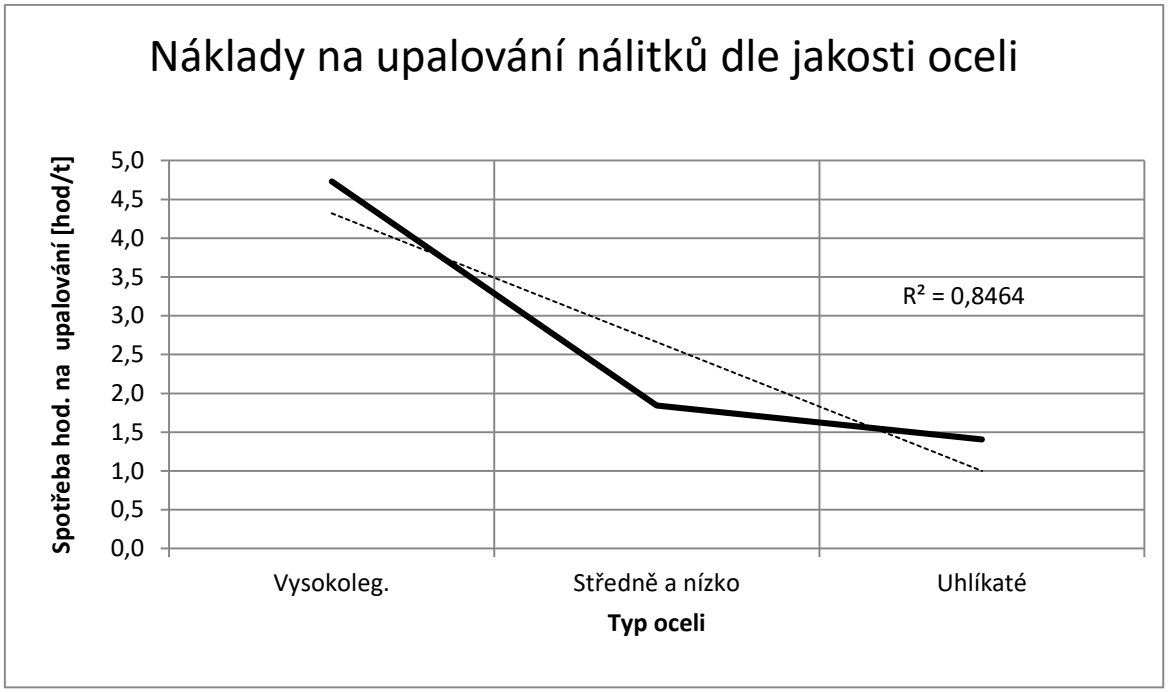
Zjištěný stav zobecnila slévárna F, na základě interního šetření. V něm pro využití kovu od 40 % do 70 % doplnili průměrnou dobu potřeby pálení nálitků (hod/t). Slévárna F má prokázáno, že v jeho podmínkách je doba pálení přímo úměrná nákladům na pálení. Autoři mají dále doloženo, že i v tomto schematickém, ale velice přehledném grafu (**viz obr. 8.7**) byl R_{skut}=0,94 a R_{krit}= 0,81. Toto zjištění tedy na závěr shrnuje šetřenou problematiku.



Obr. 8.7: Závislost nákladů na upalování nálitků na využití kovu

Je tedy zřejmé, že využití kovu je další důležitý fenomén, který ovlivňuje náklady na oddělování nálitků.

Slévárna F se také zaměřila na šetření změny nákladů podle jakosti ocelových odlitků. Sledování vychází z celkového výrobního sortimentu roku 2017 – viz **obr. 8.8**. Z něj vyplývá patrně logický pokles nákladů na upalování nálitků s poklesem jakosti oceli.



Obr. 8.8: Náklady na upalování nálitků dle jakosti oceli

Na závěr této kapitoly se opět zaměříme na další faktory, které mohou ovlivnit nákladovost oddělování nálitků

8.5 Ztráty propalem a nakládání se vzniklým odpadem

V podmínkách slévárny F se podle teoretického výpočtu jedná o cca 8-9 % hmotnosti vratného odpadu (nálitky, kapsy, vtoky, výfuky). A podle evidence hmotnost vratného odpadu činí cca 11 %. V roce 2017 byl zahájen sběr odpadní strusky po pálení. Takto vytříděný odpad bude prodáván externí firmě jako druhotná surovina místo původního skládkování. Roční objem strusky a ekonomické přínosy budou vyhodnoceny v polovině r. 2018.

V podmínkách slévárny E, podle teoretického výpočtu činí ztráty propalem cca 5 % hmotnosti vratného odpadu (4-8 % podle velikosti nálitků a poměru strojní a ruční výroby), což je cca 2,5 % z odlité výroby. Jelikož pálením odstraňují cca 95 % nálitků, pak se jedná o cca 4,85 % vratného odpadu, což je cca 2,4 % z odlité výroby.

Struska, která vzniká při upalování nálitků na pracovišti, se ukládá ke kovovému odpadu, se kterým se pak prodává (někdy ovšem s problémy a se slevou) vlastní ocelárně.

U slévárny L ztráty propalem podle teoretického výpočtu činní cca 3,5 % hmotnosti vratného odpadu. Odpadní struska po upalování není tříděna a je vyvážena jako odpad. Platí se za ni 410 Kč/t.

Slévárna H odpadní strusku (zbytky po pálení nálitků) prodává. V roce 2016 prodali 33,7 t. V r. 2017 za 1. až 8. měsíc to bylo již 42,9 t. Cena pro letošní rok činí 120,- Kč/t.

Závěr: Z uvedeného je zřejmé, že i o tento zdánlivě minoritní náklad se slévárny zajímají a je snaha jej nějakým způsobem využít. Bude asi vhodné se k této problematice příští rok vrátit a opakovaně ji posoudit.

9 Posuzování výrobní fáze broušení odlitků

9.1 Východiska z PROJEKTU XVII

Řešitelský tým začal s detailním posuzováním nákladovosti této problematiky v PROJEKTU XVII. Tam jsme nejprve popsali používané technologie broušení aplikované ve slévárnách zařazených do řešení PXVII. Pojmenovali jsme používané brousicí zařízení pro hrubé broušení neopracovaných povrchů pro zkoušky a vybrušování vad.

Následně jsme se zaměřili na porovnání průměrné nákladovosti broušení celkem ve slévárnách podle účetně vykázaných ročních nákladů. Tato šetření byla dosti komplikovaná a výsledky zohledňovaly různý podíl broušení pro NDT a vybrušování vad.

Zjistili jsme, že celkové roční specifické náklady se pohybovaly od 1,50 Kč/kg hrubé hmotnosti až po 4,70 Kč/kg. Registrovali jsme při tom, že vybrušování a zabrušování vad se ve slévárnách pohybovalo od 5 do 48 % brusičské práce měřené odpracovanými hodinami. Téměř obdobný rozdíl mělo broušení pro NDT. Tam jejich podíl činil od téměř nuly po cca 27 % - viz **tab. 9.1a**, sl. 9,10,11 a 12 - viz **PŘÍLOHA 7**.

Jak je zřejmé, tak tyto aspekty významně ovlivnily výsledné měrné náklady na broušení celkem.

V PXVII jsme ještě posuzovali vliv náročnosti časové (pohybovala se v rozpětí 5,5 – 18,3 hod/t) a energetické (108 – 5017 Kč/t) této technologie. Věnovali jsme se také spotřebě brusných kotoučů (155 – 617 Kč/t) a průměrné hmotnosti odlitků (1,9 – 3300 kg/ks). Bylo zřejmé, že všechny tyto aspekty v nemalé míře ovlivňují celkové měrné náklady na broušení.

Následně se zaměříme na šetření v PXVIII.

9.2 Šetření prováděná v PROJEKTU XVIII

První oblastí, na kterou jsme se zaměřili, byla snaha o vyčlenění z „celkových ročních nákladů na broušení“ nákladů na „hrubé broušení“.

9.2.1 Posuzování nákladů na „hrubé broušení“

Vycházíme z předpokladu, že vlastní broušení odlitků by mělo být zaměřeno zejména na úvodní „hrubé broušení“. Opravy odlitků broušením a výbrusy by měly být vyhraněně řečeno co nejmenší. Stejně tak i broušení pro NDT by mělo být pokud možno minimální. Víme však, že pokud zákazník požaduje magnetickou zkoušku povrchu odlitku, musí se brousit, protože u odlitku litého do písku nedocílíme požadované kvality povrchu dle normy pro magnetické zkoušení. Dodejme tedy, že v praxi na tento předpoklad bude mít vliv řada faktorů od sortimentu odlitků, přes jejich materiál, atd. A samozřejmě tedy tento předpoklad v praxi nepůjde nikdy zcela naplnit. Nicméně to nemůže narušit skutečnost, že „hrubé broušení“ je stěžejní operací broušení.

Druhým výchozím předpokladem pro stanovení měrných nákladů na „hrubé broušení“ je, že náklady na energii broušení, brusný materiál a osobní náklady jsou úměrné odpracovaným hodinám broušení.

Následně jsme na základě těchto předpokladů provedli příslušné propočty.

Závěry uvedených propočtů jsou shrnuty v **tab. 9.1b v PŘÍLOZE 7**. K její konstrukci jsme vyšli z **tab. 9.1a**, která byla sestavena v PXVII pro celkové roční náklady broušení. Výtah z **tab.9.1b** je uveden v **tab. 9.1c**.

Tab. 9.1c: Podklady pro posuzování "hrubého broušení" – výtah z **tab. 9.1b**

roční náklady 2015						
	Slévárna	**Osobní náklady**	**Energie k broušení**	**Brusný materiál**	**Náklady na hrubé broušení celkem**	**Náklady na hrubé broušení**
	1	5	6	7	8	9
		[Kč/rok]	**[Kč/rok]**	**[Kč/rok]**	**[Kč/rok]**	**[Kč/kg]**
1	**L**	1 217 295	87 189	254 161	**1 558 645**	**2,20**
3	**F**	5 362 500	775 000	925 000	**7 062 500**	**1,20**
2	**E**	4 858 133	425 000	1 541 900	**6 825 033**	**1,50**
4	**M**	5 221 125	1 402 500	913 750	**7 537 375**	**1,30**
5	**H: 2015**	4 036 547	681 000	249 170	**4 966 717**	**2,00**

V **tab. 9.1c**, sl. 5 – 7 jsou uvedeny vypočtené roční dílčí náklady na „hrubé broušení“, a ve sl. 8 jsou sumarizovány. Následně ve sl. 9 jsou uvedeny specifické náklady na 1kg hrubé hmotnosti odlitků. Ty se pohybují v pásmu od 1,20 Kč/kg až po 2,20 Kč/kg. Tedy v rozmezí 1 Kč/kg. Je třeba konstatovat, že uvedené rozpětí je oproti původnímu rozmezí celkových nákladů na broušení zcela odlišné.

Pokud se pokusíme o komentář získaných výsledků, tak je zřejmá výše uvedená známá skutečnost, že o celkových nákladech na broušení významně rozhoduje počet prováděných oprav broušením a výbrusy a podíl broušení pro NDT. A od toho se nebudeme moci zcela oprostit – jejich výše bude do značné míry dána vyráběným sortimentem odlitků.

Výše uvedené náhledy na hodnocení nákladovosti broušení odlitků – spíše „hrubého broušení“ jsme zatím prováděli pouze dle sléváren zařazených do našeho šetření. Skutečností je, že v šetřených slévárnách je provádění této operace zajišťováno různými technologiemi, které používají různé agregáty.

Následně se tedy zaměříme na posuzování různých technologií broušení.

9.2.2 Posuzování technologií broušení odlitků

Podobně jako u oddělování nálitků se zaměříme na hodnocení různých technologií. Stejně jsme použitou technologii broušení odlitků v konkrétní slévárně pojmenovali „výrobním způsobem“ – dále VZ. Ve slévárnách zařazených do řešitelského týmu PROJEKTU XVIII se používají k broušení odlitků následující technologie:

- ruční broušení: -pneumatická bruska (4 VZ- slévárna E, L, F, H),
  -elektrická bruska (3 VZ – slévárna L, H, F),
- kyvadlová bruska: (2 VZ – slévárna H a F),
- pásová bruska: (1 VZ – slévárna L),
- stojanová bruska: (1 VZ – slévárna L),
- strojní brouseni: (1 VZ – slévárna F),

Máme tedy k posuzování 6 technologií a 12 výrobních způsobů. Jejich samostatné nákladové hodnocení nemáme provedeno. Toto šetření by bylo velice náročné a jeho vypovídací hodnota vzhledem k velice odlišnému sortimentu vyráběných odlitků by byla velice nízká.

Proto jsme se rozhodli opět podobně jako u oddělování nálitků posuzovat vybrané technologie cestou expertních hodnocení.

9.2.2.1 Využití expertních hodnocení u různých technologií broušení odlitků

Metodika přístupu byla obdobná jako u oddělování nálitků.

Pro vlastní posuzování jsme u hodnocených technologií broušení po řadě diskusí zvolili tyto charakteristiky: kvalita odlitku, náklady na operaci (osobní náklady), spotřeba energie na operaci, investice, pracovní podmínky, ovlivnění životního prostředí (environment), následné náklady, předchozí náklady, univerzálnost použití. Tedy celkem 9 hodnocených charakteristik. Pro vlastní hodnocení („oznámkování“) jsme v situacích, kdy se u posuzované technologie jistá operace vůbec nevyskytovala, přistoupili, jako u posuzování oddělování nálitků, k hodnotě „jedna“.

9.2.2.2 Rámcové posouzení vybraných VZ broušení odlitků

V úvodní interpretaci se neposuzuje stáří, technický stav strojního vybavení, odbornost a motivace osádky.

Když se pokusíme zamyslet nad „oznámkováním“ jednotlivých výrobních způsobů docházíme k následujícím zjištěním. První technologie, která je uplatňována ve čtyřech slévárnách, je ruční broušení pneumatickou bruskou (sl. 2-5, **tab. 9.2**).

Tab. 9.2: Technologie broušení shrnutí - nově

	Oblast	ruční							kyvadlová bruska		pásová bruska	stojanová bruska	strojní broušení
		pneumatická bruska				el. bruska							
		Slévárna E	Slévárna L	Slévárna F	Slévárna H	Slévárna L	Slévárna H	Slévárna F	Slévárna H	Slévárna F	Slévárna L	Slévárna L	Slévárna F
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
1	Kvalita odlitku	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3
2	Náklady osobní	3	3	4	3	2	2	4	2	3	1	1	1
3	Náklady na energii	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	1	4
4	Investice	1	1	1	2	2	1	3	2	3	4	4	5
5	Pracovní podmínky	3	2	5	2	3	3	5	1	3	3	3	2
6	Enviroment	3	2	3	2	3	3	3	2	3	3	3	4
7	Následné náklady	1	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	3
8	Předchozí náklady	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2
9	Univerzálnost použití	2	2	1	2	1	1	2	3	3	4	4	4
10	Celkem	17	16	19	18	17	17	23	15	24	21	22	28

Je zřejmé, že experti sléváren vyjma kvality odlitku a nákladů na energii se v dalších sedmi hodnocených oblastech v přidělení bodů odlišovali. Různý pohled je kvantifikován jedním až třemi body. I když v daném případě jsou posuzovány všechny slévárny, s významně odlišným sortimentem, tak dané zjištění si zasluhuje hlubší posouzení.

Obdobná situace je u technologie ručního broušení el. bruskou (sl. 6, 7, 8). Tam se experti shodují u posuzování kvality odlitku a vlivu technologie na životní prostředí. V ostatních případech je „oznámkování" odlišné až o dva stupně.

Ve třetím případě při posuzování dvou VZ – použití kyvadlové brusky – se experti shodují pouze v univerzálnosti použití. U ostatních charakteristik je hodnocení vždy o jeden stupeň odlišné. Následně jsme se pokusili o hledání komplexního hodnocení použitých technologií.

A. Komplexní hodnocení používaných technologií broušení odlitků

V úvodu se zaměříme na metodické vymezení hodnocení.

Nejdříve jsme se věnovali sledování ohodnocení dílčích charakteristik (kvalita odlitku, atd.) podle jednotlivých výrobních způsobů (VZ) oddělování nálitků. Jejich podrobné hodnocení bylo velice rozvláčné a opět se nejevilo jako efektivní a rychle použitelné.

Proto jsme se zaměřili stejně jako u oddělování nálitků na komplexnější postup. Tedy z našich původních 9 charakteristik vytvořit komplexní skupiny charakteristik - „kategorií".

Jako úvodní se opět logicky nabídla kategorie zaměřená na náklady. První tedy byly INVESTICE. Následně to byla kategorie nazvaná NÁKLADOVOST. Tedy vliv nákladů předchozích (vynaložených před vlastní technologií oddělování nálitku) a následných, dále energetické náklady na vlastní operaci a osobní náklady.

Další kategorie je označena jako KVALITA. Do ní zahrnujeme charakteristiku kvality odlitku.

Názvem PROSTŘEDÍ jsme označili kategorii, která obsahuje pracovní podmínky a environment (vliv na životní prostředí). A jako poslední jsme do našeho hodnoceni zařadili kategorii UNIVERZÁLNOST (charakteristiku označenou jako univerzálnost použití).

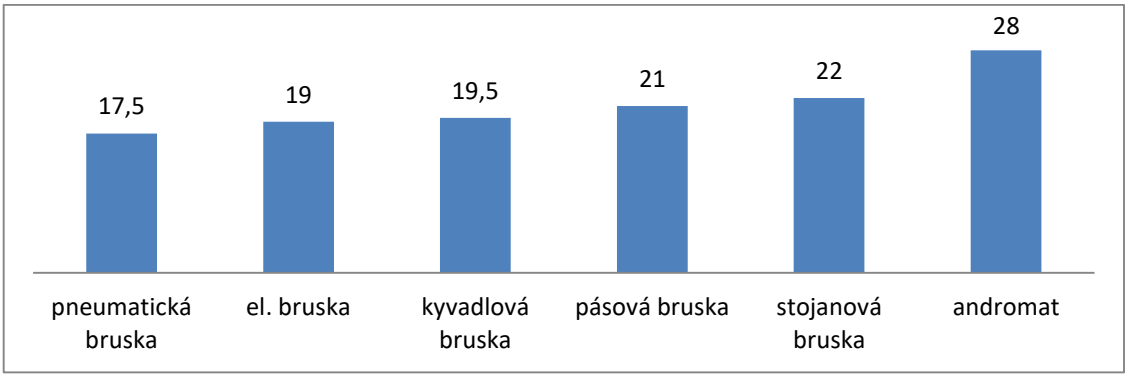
Považovali jsme za nutné také zařadit kategorii zahrnující komplexní hodnocení všech použitých technologií. Tu jsme nazvali CELKOVÉ HODNOCENÍ.

Bodové ohodnocení pro vytýčené kategorie se stanovovalo podobně jako součet bodů („známek") pro příslušný výrobní způsob (technologii v konkrétní slévárně). A pokud pro danou technologii bylo více výrobních způsobů, tak se pro všechny opět udělal aritmetický průměr.

Následně se zaměříme na vlastní hodnocení posuzovaných technologií.

B. Vlastní hodnocení posuzovaných technologií

Jak již bylo uvedeno, v **tab. 9.2** v **PŘÍLOZE 7** jsou uvedeny přidělené body jednotlivým kategoriím, které shrnují dříve vytypovaných 9 základních charakteristik posuzovaných technologií broušení. V uvedené **tab. 9.3** v **PŘÍLOZE 7** jsou pro každou šetřenou kategorii seřazeny technologie vzestupně. Tedy od nejlépe hodnocené (s nejnižšími průměrnými známkami) až po nejvyšší. Uvedená zjištění jsou následně názorně představena na **obr. 9.1 - 9.4** v **PŘÍLOZE 7**.



Obr. 9.5: Komplexní hodnocení všech posuzovaných technologií

Konstatovali jsme kupříkladu, že technologie, které jsou nákladově příznivé (kupř. stojanová a pásová bruska, **tab. 9.3,** sl. 3,4, ř. 1,2) jsou zase málo univerzální (**tab. 9.3**, sl. 9,10, ř. 5,6. Na druhé straně technologie, které jsou velice univerzální (kupř. el. bruska a pneu. bruska, sl. 9,10, ř. 1,2) jsou zase nákladově náročnější (sl. 3,4, ř. 4,5). Na druhé straně pneumatická a elektrická bruska jsou na prvních místech v univerzálnosti, tak i v celkovém hodnocení. Lze snad konstatovat, podobně jako u oddělování nálitků, že každá technologie má své omezení a asi nemůže být ve všech kategoriích nejlepší.

Bylo by tedy opět možné rozsáhle rozebírat pořadí posuzovaných technologií podle přidělených bodů v jednotlivých kategoriích a nacházet příslušná omezení.

Proto řešitelský tým považoval stejně jako u oddělování nálitků za nutné slovně deklarovat přednosti a možné nevýhody šetřených technologií – viz **tab. 9.4.**

Tab. 9.4: Komentář k hodnoceným technologiím broušení odlitků

	Technologie	**Charakteristika technologie**
	1	2
1	Pneumatická bruska	Minimální vliv na jakost odlitku, nízká investice, manuálně náročná, univerzální, nízká pořizovací cena, zařízení na stlačený vzduch, nenáročné na údržbu
2	El. bruska	minimální vliv na jakost odlitku, nízká investice, manuálně náročná - vyšší hmotnost brusky, univerzální, vyšší pořizovací cena, vyšší výkon,
3	El. kyvadlová bruska	minimální vliv na jakost odlitku, nízká investice, manuálně náročná, broušení přístupných míst, nízká pořizovací cena,
4	Pásová bruska	minimální vliv na jakost odlitku, manuálně náročná-dle velikosti odlitku, použití zejména k rovinnému broušení, vyšší pořizovací cena, menší vibrace než stojanová bruska, bezpečná,
5	Stojanová bruska	minimální vliv na jakost odlitků, slouží především k broušení malých odlitků, manuálně nenáročná, broušení přístupných míst, srážení hran, drobných výronků a nárustu odlitků, vyšší pořizovací cena, vysoký výkon, dlouhá životnost,
6	Andromat	vliv na jakost odlitku - hrubý povrch - vysoký výkon (60-100 kg/hod), manuálně nenáročná - obsluha v kabině, využitelná pro větší odlitky, vysoké pořizovací náklady,

Tam jsme se pokusili o doplnění úvodních zjištění a upozornění na vazby a snad i problémy technologií broušení odlitků.

Opět jsme toho názoru, že tato naše práce – po možných doplněních od odborné slévárenské veřejnosti by mohla být pro slévárny vhodnou pomůckou při výběru technologie oddělování nálitků a snad i podnětem k možným korekcím u svých, již provozovaných zařízeních.

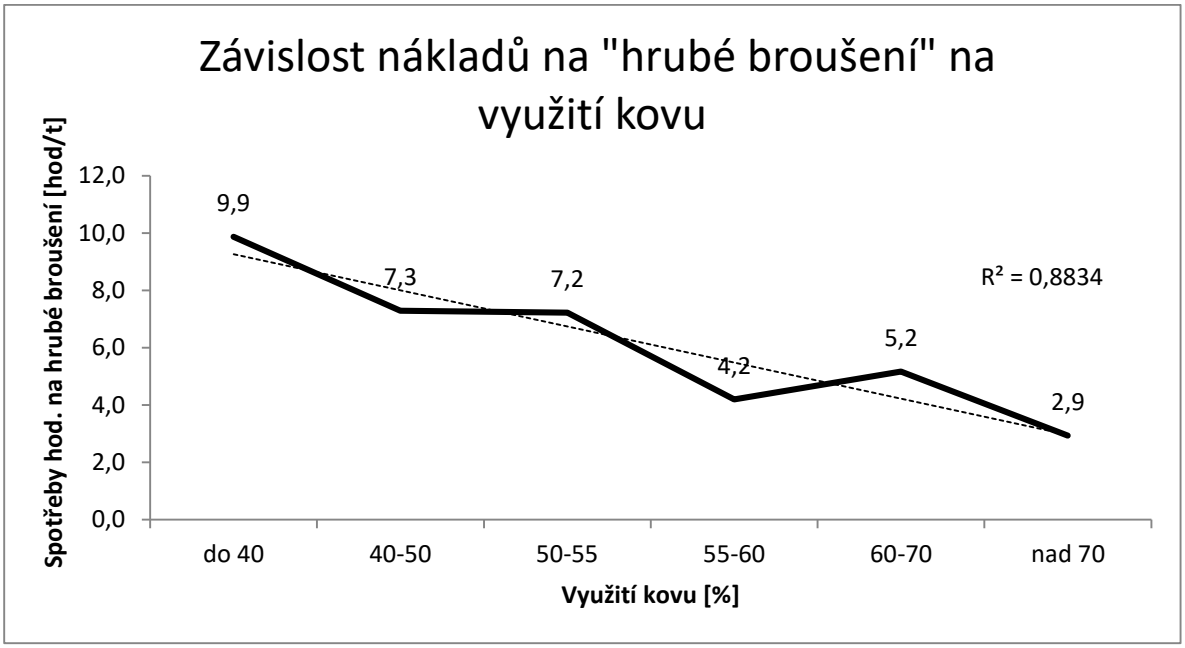
Při posuzování měrné nákladovosti broušení odlitků se řešitelský tým dotkl také závislosti nákladů broušení na využití kovu.

9.2.3 Posouzení vlivu využití kovu na nákladovost hrubého broušení

Pro naše šetření jsme si ukazatel využití kovu opět definovali podílem hrubé hmotnosti odlitku k surové hmotnosti.

K posouzení závislostí jsme v tomto případě nevolili výběrové soubory ze sléváren zastoupenými v řešitelském týmu. Předpokládali jsme podle závěrů šetření u odstraňování nálitků tento vliv za vysoce pravděpodobný.

Proto jsme pouze využili údaje ze slévárny F, za r. 2017. Tam v rozsáhlém souboru shrnutém do šesti hodnot využití kovu, tento vliv shrnuli do přehledného grafu (**Obr. 9.6**).



Obr. 9.6: Závislost nákladů na "hrubé broušení" na využití kovu [hod/t]

Z něj schematicky vyplývá, že při zvýšení využití kovu ze 40 % na 70 % dochází ke snížení měrných nákladů více než 3 krát. Doplňme, že koeficient determinace (R_{skut}) pro přímku proloženou pěti hodnotami je 0,91. R_{krit} udává pro tento případ hodnotu 0,81. Je tedy zřejmé, že lineární pokles měrných nákladů můžeme považovat za prokázaný. Dodejme, jak jsme uváděli výše, že v podmínkách slévárny F, měrné hodiny broušení jsou přímo úměrné měrným nákladům na broušení.

Považujeme tedy využití kovu za významný aspekt, který náklady na broušení odlitků ovlivňuje.

10 NÁVRH DALŠÍHO POSTUPU V PROJEKTU XIX

V PROJEKTU XVIII jsme v zásadě dokončili naše šetření v oblasti tryskání odlitků.

První oblastí pro následující PROJEKT XIX je možné pokračování v řešení rozpracovaných oblastí. To se nabízí u tepelného zpracování ocelových odlitků. Tam bude patrně nezbytné v praxi ověřit vyvinuté nákladové vztahy. Dále je vhodné 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. V tom jsou ochotni se angažovat kolegové z VŠB-TU OSTRAVA, Business Intelligence. s. r. o.

Také bude patrně vhodné pokusit se hlouběji vstoupit do problematiky řešení tepelného zpracování neželezných kovů.

Je také možné podrobněji rozpracovat problematiku oddělování nálitků. Do praktického šetření pojmout dosud nezahrnuté faktory. Kupříkladu tvarovou složitost a hmotnost odlitku. A další.

Podobně v broušení odlitků se najdou oblasti na dopracování.

A za velice důležité také považujeme dokončit apretaci odlitků, to znamená opravy zavařováním, drážkování, získání dodavatelů nářadí a zařízení…

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

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.

Na základě realizovaných projektů (I - XVIII) by bylo vhodné provést podrobnou analýzu jednotlivých výrobních fází a jejich neúplných nákladů. Kriticky prozkoumat, u kterých výrobních fází nebo přímo operací je vytvořen nákladový vztah, který by bylo možné využít k operativnímu sledování nákladů. Podobně jako to bylo vyvinuto pro výrobu tekuté fáze. Tam je možné ihned po ukončení tavby vypočítat skutečné NVN, porovnat je se standardem a získat nákladové překročení nebo podkročení. Tyto odchylky lze operativně analyzovat na prvotní faktory, které ji způsobily (skladba vsázky, přísad, energetické režimy, pracovní postupy, předváha atd.) A tyto informace následně využít k zásahům do následující tavby (taveb). Ideální by bylo provést již zásah do probíhající tavby tak, jak to fungovalo v ocelárně Evraz - Vítkovice.

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 přirážkové 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 18 léty. Kupříkladu tavení tekuté fáze. Tedy posuzování aktuálností projektů od samého začátku.

11 SHRNUTÍ A ZÁVĚR

V oblasti tryskání ocelových odlitků jsme zrekapitulovali možnosti, které reálně přináší racionální řízení této výrobní fáze. Prokázalo se, že NVN v Kč/hod tryskání mohou narůst z optimálních 735 Kč/hod (při jednotné spotřebě abraziva 0,2) až o 90 % na neuvěřitelných 1383 Kč/hod!! V práci jsou znovu zrekapitulovány hlavní zásady racionálního provozu tryskačů a optimální využívání přídavného zařízení. Na příkladu slévárny G je prokázán reálný pokles nákladů na abrazivo od r. 2013 způsobený technickými opatřeními a motivačním programem z cca 350 Kč/t na cca 150 Kč/t!

U tepelného zpracování ocelových odlitků jsme se zaměřili na odvození matematického vztahu s vyšším počtem nezávisle proměnných. To bylo šetřeno na výběrových souborech slévárny F, E, C a H. Prokázalo se, že spolehlivost získané závislosti spotřeby plynu na až devíti proměnných se zvýšila až na 90 %. V práci je podrobně rozveden návrh dalšího postupu.

Dále jsme se u šetření tepelného zpracování ocelových odlitků zmínili o některých faktorech, které se dotýkají jeho nákladovosti. Je to tendence snižování cen zemního plynu, posouzení nákladů na žíhací pomůcky a jejich výroba z netradičních materiálů, náklady na vyzdívky žíhacích pecí a ztráty propalem a nakládání se vzniklým odpadem.

Řešitelskému kolektivu se podařilo dopracovat prakticky k prvním věrohodným výsledkům porovnání nákladů na TeZ u odlitků ze slitin hliníku. Zjistilo se, že NVN na rozpouštěcí žíhání a vytvrzování se pohybují od 3,30 Kč/kg do 5,50 Kč/kg. Srovnatelnost zjištěné informace je narušena nestejným sortimentem, odlišnou tonáží pecí apod. Přesto se řešitelé pokusili o úvodní interpretaci zjištěných výsledků. Jeví se nutnost v práci pokračovat.

Následně jsme se zaměřili na problematiku oddělování nálitků. Vyšli jsme ze závěrů PXVII, kdy jsme se již dál nemohli schůdnou cestou dopracovat k dalším analytickým datům. Zvolili jsme proto cestu expertních hodnocení používaných technologií a výrobních způsobů. Zpracováním získaných expertních hodnocení charakteristik technologií, jsme se dopracovali k velice zajímavému a v pravdě i novému náhledu na postupy oddělování nálitků. Ty mohou být vhodné jako pomůcka pro slévárny. U oddělování nálitků jsme si prokázali, že náklady této fáze klesají při zvyšování využití kovu u odlitku.

Poté jsme se zaměřili na broušení odlitků. Podařilo se z celkových ročních nákladů broušení u sléváren zařazených do šetření vyseparovat náklady pouze na „hrubé broušení“. Tedy bez podílu na NDT a opravy odlitků. Jejich měrný podíl se u šetřených sléváren pohyboval od 1,20 Kč/kg do 2,20 Kč/kg hrubé hmotnosti odlitků. Následně jsme se, podobně jako u oddělování nálitků, zaměřili na expertní posouzení technologií broušení odlitků. Celkem šest technologií a 12 výrobních způsobů bylo „oznámkováno“ a následně ohodnoceno podobnou metodikou jako oddělování nálitků. Očekáváme, že získané výsledky spolu s nákladovými údaji bude možné využit ve slévárnách.

Předložená práce je zakončena diskusí o možném pokračování v PROJEKTU XIX.

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

12 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.

/5/ KAFKA V., HERZÁN M., JELÍNEK P., LÁNA I., LASÁK R., MÍČA R., MARKO E., NOVOBÍLSKÝ M., OBRTLÍK J., ŠPIČKA I., TYKVA T., VÍTEK R., ZÁVRBSKÁ M.: *Vývoj nákladového hodnocení apretace odlitků (VII. etapa)*, PROJEKT XVII, *závěrečná zpráva*, prosinec 2016, Česká slévárenská společnost Brno, s. 1- 41, tab. 12, obr. 7.

13 SEZNAM ZKRATEK

- **AC** **Acetylen**
- **ČSS** **Česká slévárenská společnost**
- **DSTP** **Dálkové sledování tryskacího procesu**
- **GR** **Plyn Grieson®**
- **JSA** **Jednotná spotřeba abraziva**
- **LF** **Pánvová pec**
- **MS** **Microsoft**
- **NDT** **Nedestruktivní zkoušky**
- **NVN** **Neúplné vlastní náklady**
- **PXII** **Projekt XII**
- **PXIII** **Projekt XIII**
- **PXVI** **Projekt XVI**
- **R^2** **Koeficient determinace**
- **SAT** **Software ke sběru a zpracování dat**
- **TeZ** **Tepelné zpracování**
- **TUS** **Měření teplotní homogenity**
- **ÚVN** **Úplné vlastní náklady**
- **VD** **Vakuová sekundární technologie**
- **VZ** **Výrobní způsoby**
- **ZP** **Zemní plyn**

14 Přílohy - viz CD rom

14.1 Příloha 1

- Zevrubný popis použité metodiky stanovení nákladů

14.2 Příloha 2

- Základní informace o nově zapojených slévárnách

14.3 Příloha 3

- Tab. 5.1: Skladba nákladů na hodinu tryskání při JSA 0,2
- Tab. 5.2: Skladba nákladů na hodinu tryskání při JSA 0,4
- Tab. 5.3: Skladba nákladů na hodinu tryskání při JSA 0,8
- Tab. 5.4: Změny nákladů při různých hodnotách JSA
- Obr. 5.2: Změna podílu nákladů osobních, el. energie a abraziva při různých JSA
- Obr. 5.3: Grafický průběh tryskacích časů pracovního týdne
- Obr. 5.4: Statistické hodnocení pracovního týdne
- Obr. 5.5: Vyhodnocení nákladů tryskání
- Obr. 5.6: Spotřeba abraziva v Kg/hod
- Obr. 5.7: Náklady na abrazivo při tryskání v Kč/hod

14.4 Příloha 4

- Tepelné zpracování ocelových odlitků - korelace
- Tab. 6.7: Změny cen zemního plynu (%)

14.5 Příloha 5

- Tab. 7.1: T6 Rozpouštěcí žíhání, rychlé ochlazení a vytvrzování za tepla (520°C, 170°C)
- Tab. 7.2: T6 Rozpouštěcí žíhání, rychlé ochlazení a vytvrzování za tepla (520°C, 170°C)
- Tab. 7.3: Rozpouštěcí žíhání (list vsázka), voda mzdy a vytvrzování
- Tab. 7.4: T6 Rozpouštěcí žíhání, rychlé ochlazení a vytvrzování za tepla (520°C, 170°C)
- Tab. 7.5: Celý cyklus: voda, mzdy
- Tab. 7.6: Shrnutí
- Tab. 7.7: T6 Rozpouštěcí žíhání, rychlé ochlazení a vytvrzování za tepla (520°C, 170°C)
- Tab. 7.8: Celý cyklus: voda, mzdy
- Tab. 7.9: Shrnutí
- Tab. 7.10: T6 Rozpouštěcí žíhání, rychlé ochlazení a vytvrzování za tepla (520°C, 170°C)
- Tab. 7.11: Celý cyklus: voda, mzdy
- Tab. 7.12: Shrnutí
- Tab. 7.13: T6 Rozpouštěcí žíhání, rychlé ochlazení a vytvrzování za tepla (540°C, 170°C
- Tab. 7.14: Celý cyklus: voda, mzdy
- Tab. 7.15: Shrnutí
- Tab. 7.16: T6 Rozpouštěcí žíhání, rychlé ochlazení a vytvrzování za tepla (540°C, 170°C)

- Tab. 7.17: Celý cyklus: voda, mzdy
- Tab. 7.18: Shrnutí

14.6 Příloha 6

- Tab. 8.1: Ohodnocení posuzovaných technologií oddělování nálitků
- Tab. 8.2: Hodnocení odstraňování nálitků
- Tab. 8.3: Komentář k posuzovaným technologiím
- Obr. 8.1: Porovnání charakteristiky (kvalita řezu) podle různých technologií a sléváren
- Obr. 8.2: Znázornění k. NÁKLADŮ podle technologií
- Obr. 8.3: Znázornění k. JAKOSTI podle technologií
- Obr. 8.4: Znázornění k. PROSTŘEDÍ podle technologií
- Obr. 8.5: Znázornění k. UNIVERZÁLNOST podle technologií
- Obr. 8.6: Znázornění k. CELKOVÉ HODNOCENÍ podle technologií

14.7 Příloha 7

- Tab. 9.1a: Podklady k posuzování nákladovosti broušení odlitků
- Tab. 9.1b: Podklady pro posuzování "hrubého broušení"
- Tab. 9.2: Technologie broušení shrnutí – nově
- Tab. 9.3: Hodnocení technologií broušení odlitků
- Tab. 9.4: Komentář k hodnoceným technologiím broušení odlitků
- Obr. 9.1: Hodnocení k. NÁKLADY podle technologií
- Obr. 9.2: Hodnocení k. JAKOST podle technologií
- Obr. 9.3: Hodnocení k. PROSTŘEDÍ podle technologií
- Obr. 9.4: Hodnocení k. UNIVERZÁLNOST podle technologií
- Obr. 9.5: Komplexní hodnocení všech posuzovaných technologií
- Obr. 9.6: Závislost nákladů na "hrubé broušení" na využití kovu (hod/t)

Nejkrásnější perly mnohdy vzniknou v té nejošklivější lastuře

Naše materiály, které vyrábíme zpracováním ocelárenských odpadů, stojí za vznikem užitečných staveb nebo výrobků z kovu. Ze strusky vyráběné kamenivo najde bohaté využití ve stavebnictví v základech staveb nebo jako součást betonových stavebních bloků. Recyklací vyzdívek a dalších částí pecí vyrábíme materiály k jejich opravám nebo přísady do strusky.

ODPAD MĚNÍME V MATERIÁL

DESTRO

SLÉVÁRNA A MODELÁRNA NOVÉ RANSKO, s.r.o.
Nové Ransko 234
582 63 Ždírec nad Doubravou

Vyrábí odlitky:

- z litin
  - strojním a ručním formováním do bentonitových a furanových směsí,
- ze slitin hliníku a ze slitin mědi
  - strojním a ručním formováním do bentonitových a furanových směsí,
- dále vyrábí modelová zařízení a kovové formy
  - pro strojní a ruční výrobu forem a odlévání,
  - pro gravitační lití do kovových forem s pískovými jádry,
  - pro nízkotlaké lití do kovových forem s pískovými jádry,
- obrábí odlitky na CNC obráběcích strojích.

http://www.slevarna.cz
e-mail: info@slevarna.cz

Název:	VÝVOJ NÁKLADOVÉHO HODNOCENÍ APRETACE ODLITKŮ (VII. Etapa), Sborník přednášek z XVII. 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:	2018
Počet výtisků:	30
Vytiskla:	Česká slévárenská společnost, z.s., (vlastním nákladem)
Vazba:	brožovaná
Poznámka:	Neprošlo jazykovou úpravou

ISBN 978-80-02-02791-1

Příloha 1

2.1 Zevrubný popis použité metodiky stanovení nákladů

Hlavní výrobní fáze APRETACE byla rozdělena na 10 výrobních fází. Kupříkladu:

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

Zvolené výrobní fáze byly následně děleny na dílčí výrobní fáze:

A. Transport a odstranění zbytků formovacích směsí:
- A.1 Přeprava odlitku do čistírny
- A.2 Odstranění zbytků formovacích směsí z odlitku

B. Mechanické čištění (tryskání):
- B.1 Přeprava odlitku do tryskacího zařízení
- B.2 Tryskání odlitku
- B.3 Přeprava odlitku z tryskacího zařízení

C. Tepelné zpracování (TZ):
- C.1 Přeprava odlitku k TZ
- C.2 Tepelné zpracování
- C.3 Přeprava odlitku po TZ

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

E. Úprava plochy po odstranění nálitků a vtokové soustavy (hrubé broušení):
- E.1 Přeprava odlitku k broušení
- E.2 Příprava a manipulace s odlitkem
- E.3 Hrubé broušení
- E.4 Přeprava odlitku po broušení

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

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

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

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

J. Broušení svárů:
- J.1 Přeprava odlitku k broušení
- J.2 Příprava a manipulace s odlitkem
- J.3 Broušení
- J.4 Přeprava odlitku po broušení

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

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

Příloha 2

4.1 Základní informace o nově zapojených společnostech

Profil společnosti N výrobce pecí a žáruvzdorných tvarovek

Společnost N je více než dvě desetiletí úspěšným výrobcem a prodejcem průmyslových pecí, sušáren a žárobetonových tvarovek. Působí jak na tuzemských, tak i na zahraničních trzích. Od založení společnosti v roce 1992 vyrobila více než 12 000 pecí. Výrobky nacházejí uplatnění v mnoha technických procesech tepelného zpracování:

- tepelné zpracování železných a neželezných kovů ve slévárnách,
- tepelné a chemicko-tepelné zpracování kovů,
- tepelné zpracování v procesu tváření a svařování,
- nízkoteplotní aplikace,
- slévání neželezných kovů,
- laboratorní technologie,
- průmyslová výroba skla a technické keramiky,
- výroba hobby skla a keramiky,

Výrobní program není tvořen jen ucelenou řadou sériově vyráběných pecí a sušáren, ale vychází vstříc zákazníkům i v oblasti atypických pecí dle jejich specifických požadavků. V reakci na neustále se zvyšující ceny energií se společnost N začala aktivně zabývat energetickými audity, pomocí kterých identifikuje energetické ztráty a napomáhá tak zákazníkům snižovat náklady na elektrickou energii. Vlastní vývojová a konstrukční kancelář společně s týmem servisních techniků jsou zárukou kvalitních služeb pro zákazníky a příslibem pro další růst firmy. Progresivitu v technologickém vývoji dokazují zakázky pro letecký, automobilový a vojenský průmysl, které splňují náročné normy NADCAP.

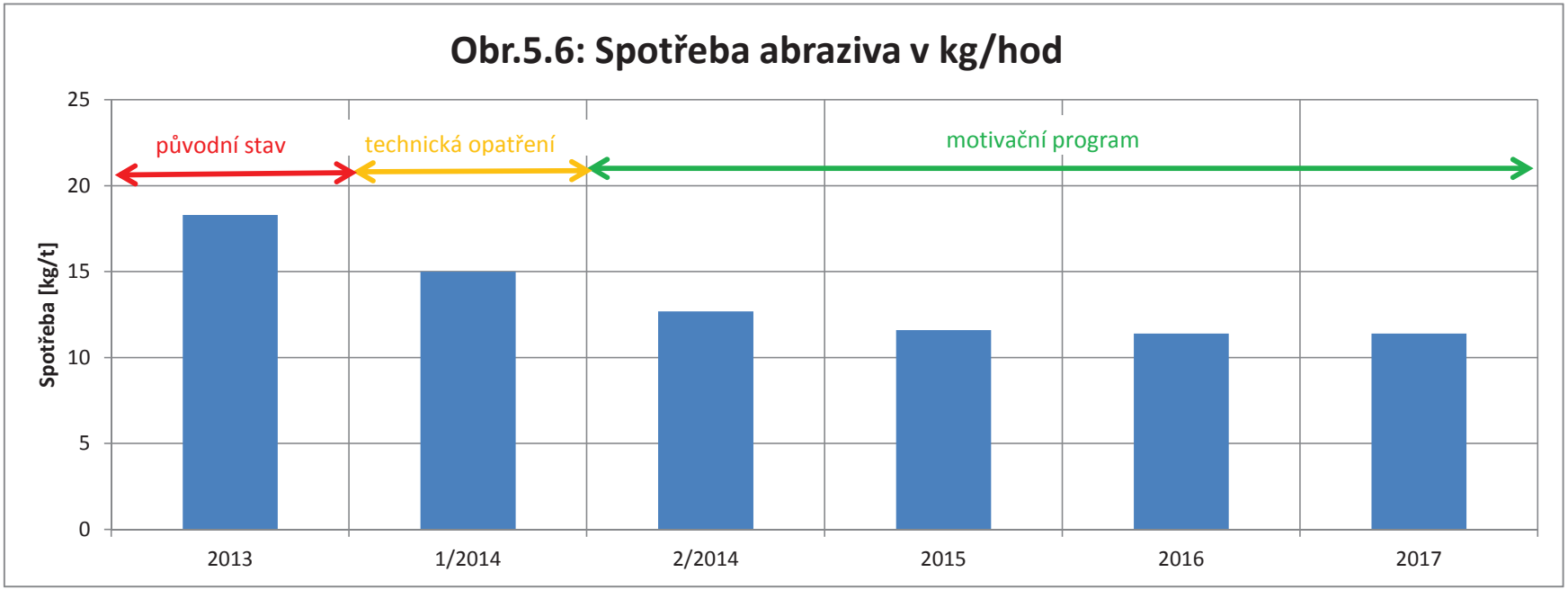
Významnou činností společnosti je výroba žáruvzdorných tvarovek, jejíž podstatná část je používaná do vlastní výroby průmyslových pecí. Dalšími odběrateli jsou firmy z oboru metalurgie a výrobci kotlů na dřevo, pelety a biomasu. V segmentu žárobetonových tvarovek patří společnost k největším výrobcům v Evropě. V roce 2012 byla dokončena rozsáhlá investice v hodnotě 30 mil. Kč do rozšíření areálu výroby žáruvzdorných tvarovek.

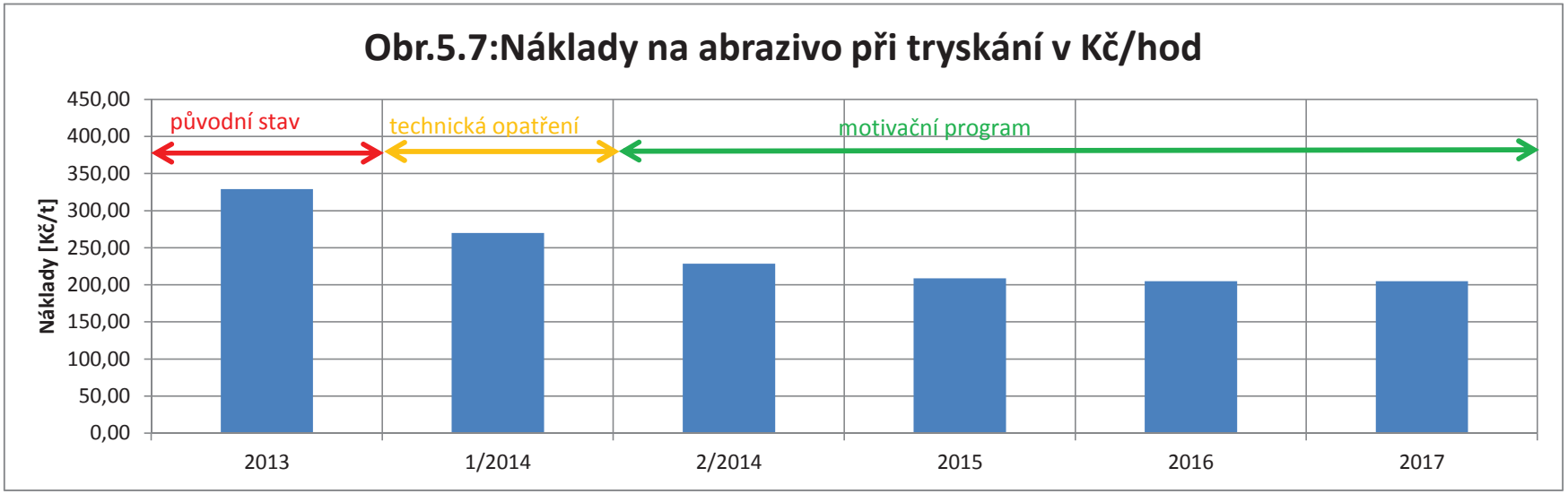
Největší investicí společnosti je výstavba nových pracovních prostor pro výrobu pecí, na zelené louce v Židlochovicích. Převedení výroby do nových prostorů bude v závěru I. čtvrtletí 2018.

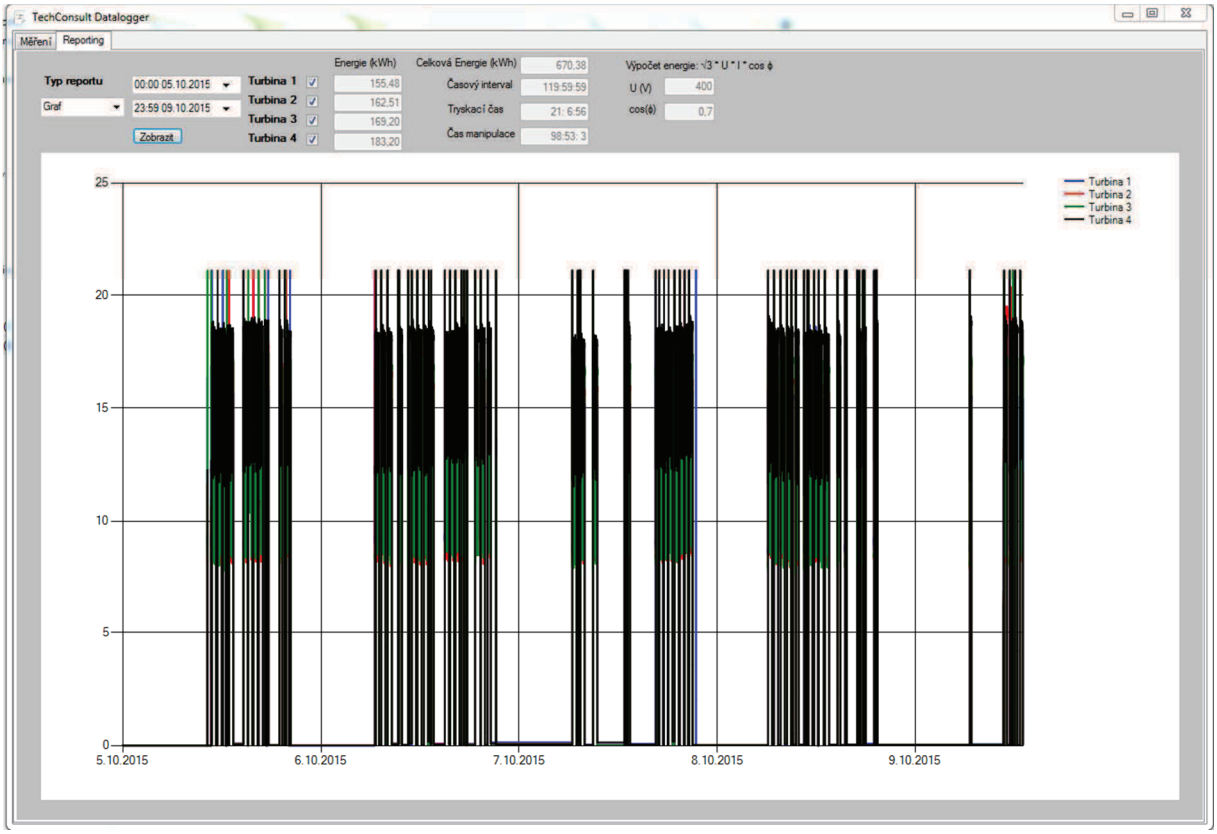
Firma nabízí také dodávky topných elementů, žárobetonových a izolačních materiálů, regulačních prvků, realizace rekonstrukcí pecí, topných systémů a rozvaděčů.

Razantní vývoj společnosti ilustruje současných 200 zaměstnanců a realizací nových výrobních ploch bude firma N jedním z nejvýznamnějších zaměstnavatelů v regionu.

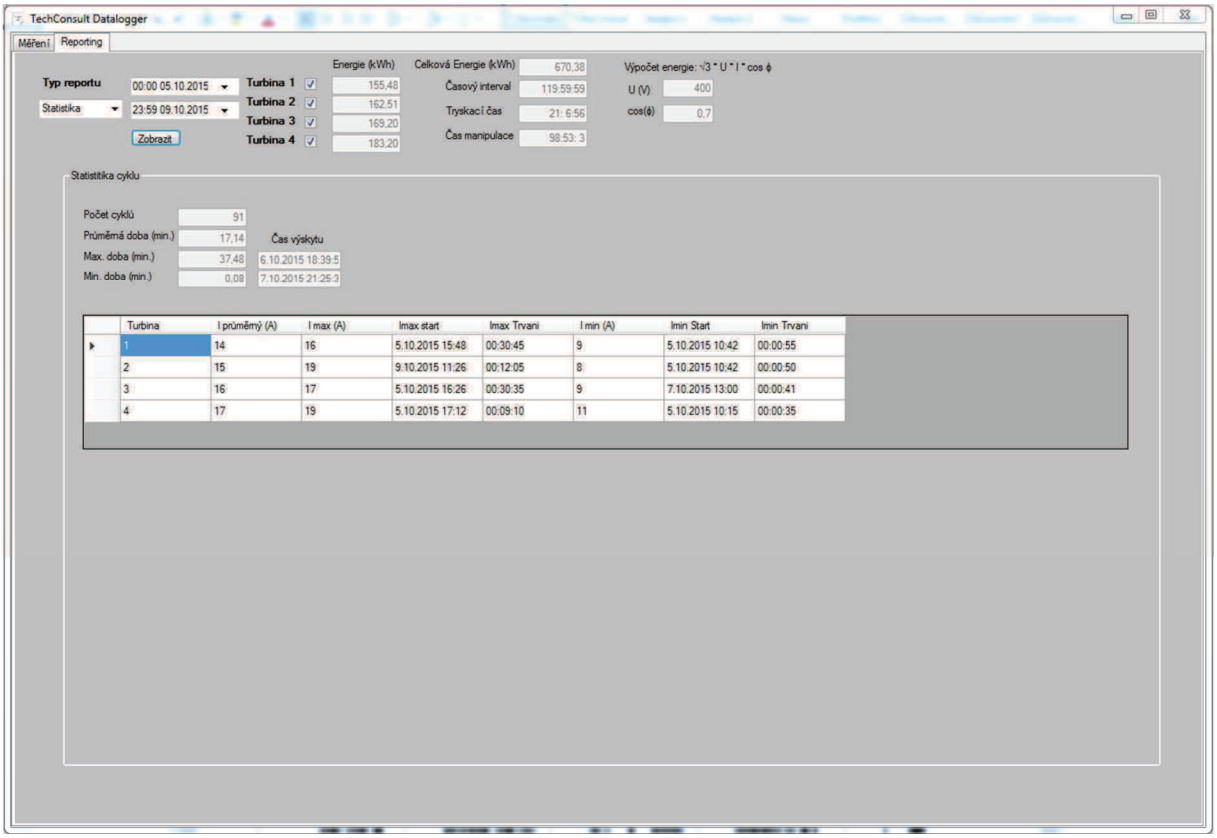
V roce 2010 recertifikovala společnost svůj systém managementu jakosti dle nejnovější normy ČSN EN ISO 9001.2009. Od roku 2008 má firma obchodní zastoupení v Číně.


Obr.5.6: Spotřeba abraziva v kg/hod
Spotřeba [kg/t]
25
20
15
10
5
0
původní stav
technická opatření
motivační program
2013
1/2014
2/2014
2015
2016
2017

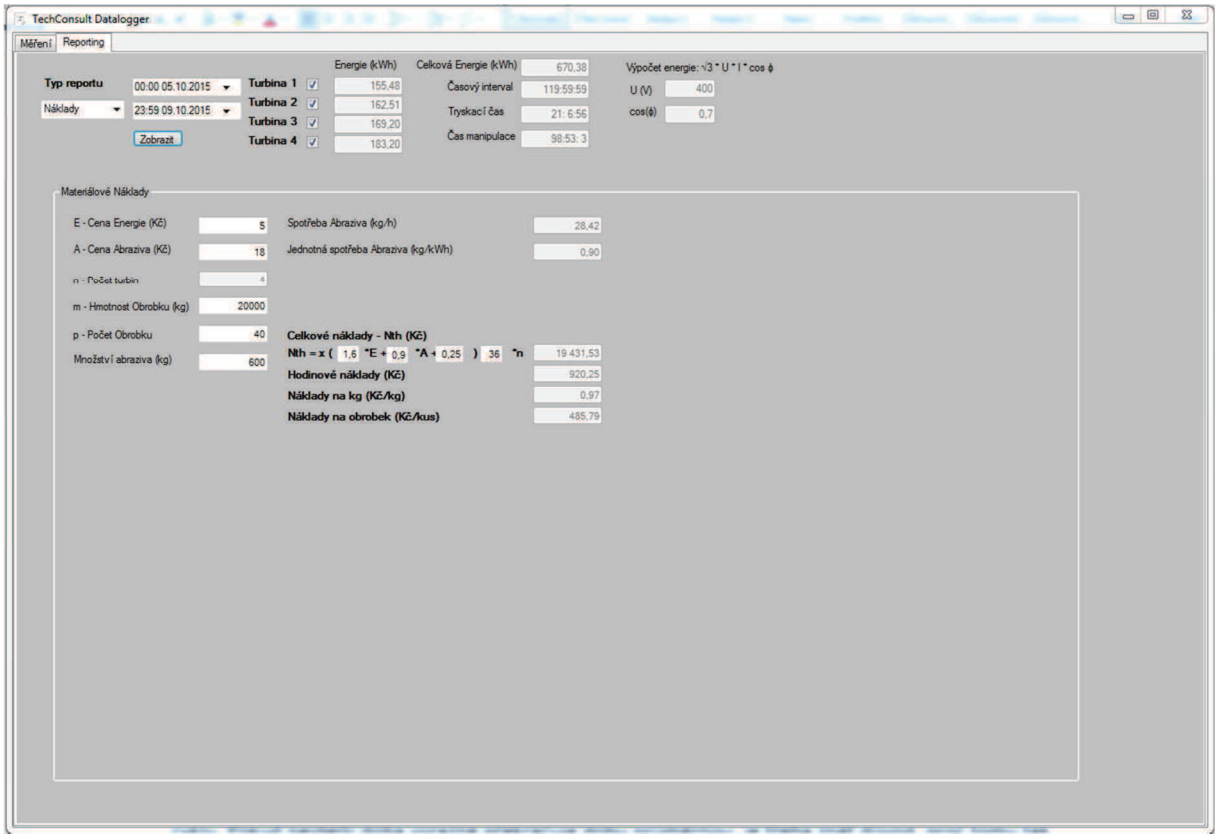

Obr.5.7:Náklady na abrazivo při tryskání v Kč/hod
Náklady [Kč/t]
450,00
400,00
350,00
300,00
250,00
200,00
150,00
100,00
50,00
0,00
původní stav
technická opatření
motivační program
2013
1/2014
2/2014
2015
2016
2017



Obr. 5.3: Grafický průběh tryskacích časů pracovního týdne



Obr. 5.4: Statistické hodnocení pracovního týdne



Obr. 5.5: Vyhodnocení nákladů tryskání

Tab.5.1: Skladba nákladů na hodinu tryskání při JSA 0,2

		Charakteristiky		Náklady (Kč/hod)		
		Hodnota	Rozměr	Osobní	Energie	Abrazivo
		1	2	3	4	5
1	Doba tryskání	30	min	185		
2	Příkon tryskače	20	KW		180	
3	Spotřeba abraziva	24	kg/hod			216
4	Doba manipulace	25	min	154		
5	Osobní náklady	370	Kč/hod			
6	Cena abraziva	18	Kč/kg			
7	Cena energie	3	Kč/kWh			
8	Náklady celkem			339	180	216
9	Celkové NVN na tryskací hodinu v Kč při JSA 0,2..... 735					

Tab.5.2: Skladba nákladů na hodinu tryskání při JSA 0,4

		Charakteristiky		Náklady (Kč/hod)		
		Hodnota	Rozměr	Osobní	Energie	Abrazivo
		1	2	3	4	5
1	Doba tryskání	30	min	185		
2	Příkon tryskače	20	KW		180	
3	Spotřeba abraziva	48	kg/hod			432
4	Doba manipulace	25	min	154		
5	Osobní náklady	370	Kč/hod			
6	Cena abraziva	18	Kč/kg			
7	Cena energie	3	Kč/kWh			
8	Náklady celkem			339	180	432
9	Celkové NVN na tryskací hodinu v Kč při JSA 0,4..... 951					

Tab.5.3: Skladba nákladů na hodinu tryskání při JSA 0,8

		Charakteristiky		Náklady (Kč/hod)		
		Hodnota	Rozměr	Osobní	Energie	Abrazivo
		1	2	3	4	5
1	Doba tryskání	30	min	185		
2	Příkon tryskače	20	KW		180	
3	Spotřeba abraziva	96	kg/hod			864
4	Doba manipulace	25	min	154		
5	Osobní náklady	370	Kč/hod			
6	Cena abraziva	18	Kč/kg			
7	Cena energie	3	Kč/kWh			
8	Náklady celkem			339	180	864
9	Celkové NVN na tryskací hodinu v Kč při JSA 0,8..... 1383					

Tab.5.4: Změny nákladů při různých hodnotách JSA

	JSA	0,2		0,4		0,8	
	Rozměr	Kč/hod	%	Kč/hod	%	Kč/hod	%
	1	2	3	4	5	6	7
1	Osobní	339	46	339	36	339	25
2	Energie	180	24	180	19	180	13
3	Abrazivo	216	29	432	45	864	62
4	NVN celkem	735	100	951	100	1383	100

		0,2	0,4	0,8
Náklady	osobní	46	36	25
	el. energie	24	19	13
	na abrazivo	29	45	62

PŘÍLOHA 4:

6.1.2 Tepelné zpracování odlitků slévárny E – Pec 2

6.1.2.1 Zpracování výsledků v SW MatLab

V rámci zpracování dat bylo vyhodnoceno, které proměnné jsou a které nejsou pro provedení regresní analýzy, resp. pro vytvoření regresního modelu významné. Pokud software při zpracování zjistí, že některá proměnná je pro model nevýznamná (tzn. náklady na ohřev ovlivňuje pouze zanedbatelně), odstraní ji a uvede u ní anglický výraz Removing. Naopak pokud zjistí, že vzájemný vztah některých proměnných má pro regresní model význam, přidá jej a označí anglickým výrazem Adding. Dvojtečka označující vztah dvou proměnných neznamená početní operaci dělení, ale skutečně jen relaci, kterou může být dělení či násobení – to je pak patrné z obecného regresního modelu.

*>>**trinec**_all_reg=*
stepwiselm(Tinec_pec2_all,'linear','lower','spotrpl~1','ResponseVar','spotrpl','PEnter',0.06)
1. Addingteplotaprodlevy:cyklus, FStat = 82.335, pValue = 5.16352e-17
2. Removingrychlostnahrevu, FStat = 0.085686, pValue = 0.77
3. Removingdobanahrevu, FStat = 2.5337, pValue = 0.1128
trinec_all_reg =

6.1.2.2 Výsledky konvenční regresní analýzy

Lineární regresní model:
Spotreba_plynu ~ 1 + Hmotnost_vsazky + Doba_prodlevy + Teplota_prodlevy * Delka_cyklu + Teplota_prodlevy + Delka_cyklu
Lineární regresní model po doplnění koeficientů z následující tab.6.2:
Spotreba_plynu= 361.12 + 6.6295 * Hmotnost_vsazky - 45.0222 * Doba_prodlevy + 0.11658 * Teplota_prodlevy * Delka_cyklu-0.2311 * Teplota_prodlevy-54.876 *Delka_cyklu,

Tab. 6.2: Odhadované koeficienty (T)

Proměnná	Odhadovaný koeficient	SE	tStat	pValue
Intercept	361.12	74.596	4.8411	2.3524e-06
Hmotnost_vsazky	6.6295	1.211	5.4745	1.1324e-07
Doba_prodlevy	-45.222	11.828	-3.8231	0.00016916
Teplota_prodlevy	-0.2311	0.11872	-1.9466	0.052789
Delka_cyklu	-54.876	9.1651	-5.9875	8.0004e-09
Teplota_prodlevy:Delka_cyklu	0.11658	0.01223	9.5324	2.13e-18

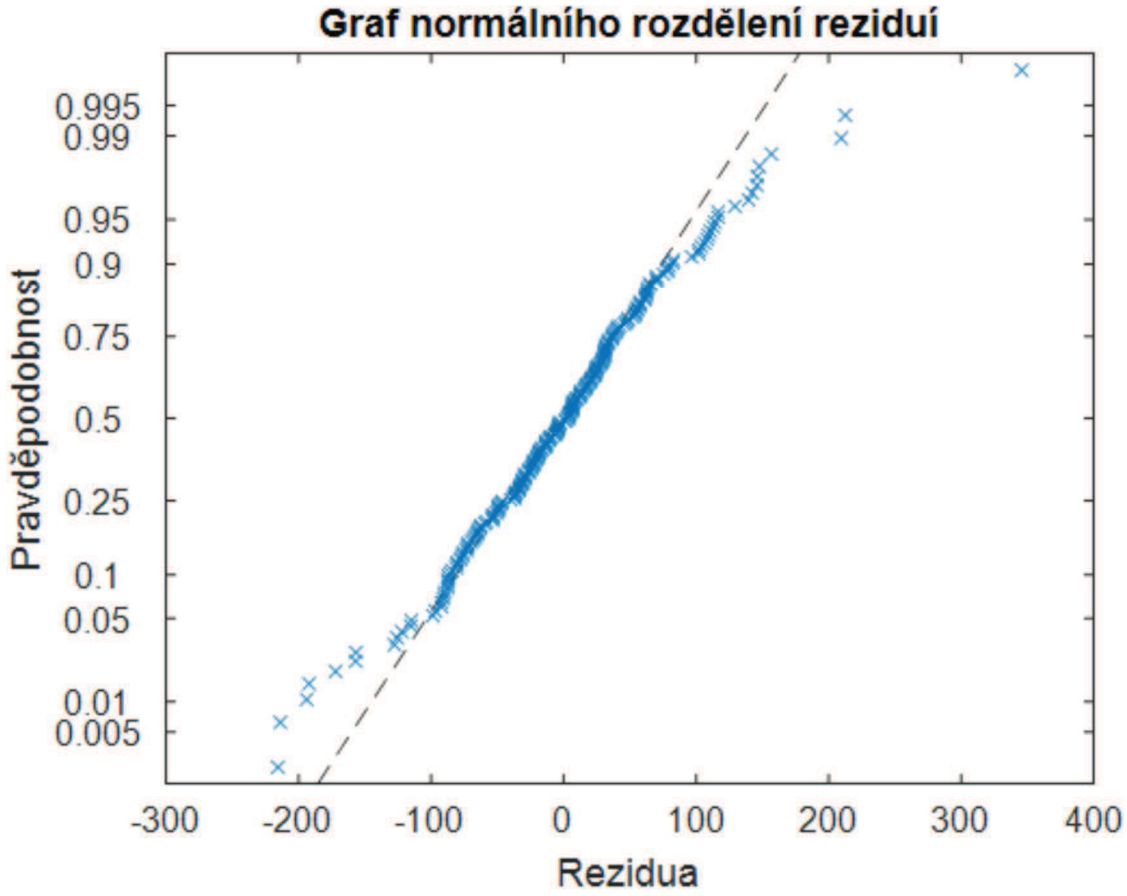
- Počet pozorování (řádků vstupní tabulky): 239, Errordegreesoffreedom: 233
- RootMeanSquaredError: 73.6
- R-squared: 0.912, Adjusted R-Squared 0.91
- F-statistic vs. constant model: 481, p-value = 1.29e-120

R-squared nabývá hodnot mezi 0 a 1 a odpovídá poměru rozptylu popsaného modelem. Čím vyšší číslo, tím větší část variability dat model popisuje. Adjusted R-squared je pak pokusem provést korekci jevu, kdy ve vícenásobné regresi (více vstupních proměnných - regresorů) přidávání dalších (i nerelevantních) proměnných

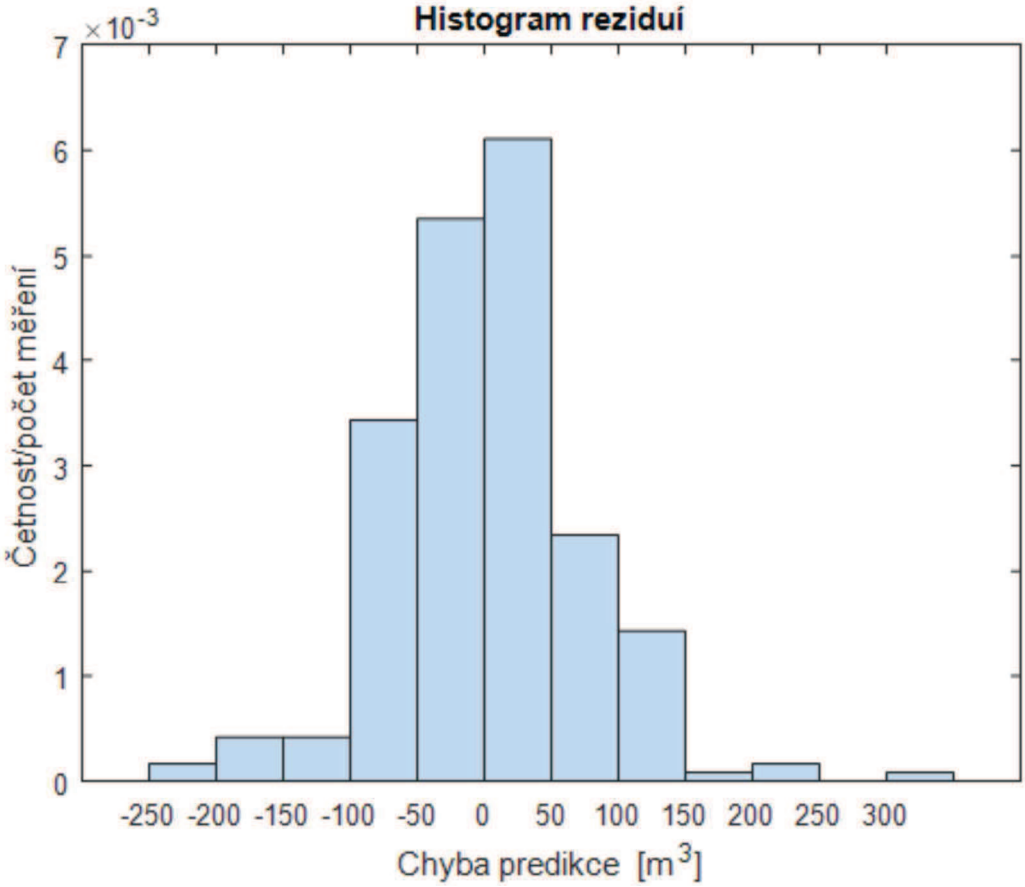
způsobuje nárůst základního koeficientu R-squared. Na rozdíl od základního R-squared narůstá tato upravená verze pouze v případě, když je přínos nové proměnné nad rámec náhody. Tato hodnota nevychází vyšší než základní R-squared a může nabývat i záporných hodnot. Nemá proto jednoduchou interpretaci jako základní R-squared a používá se spíše jako měřítko pro vyhodnocení, zda přidávání dalších proměnných do modelu má skutečně smysl. Pro takové aplikace však existují i jiná kritéria, jako např. BIC či AIC. Tyto statistické postupy by bylo možné využít v následném projektu. Pokud by v případě řešení dalšího projektu byly přidávány další proměnné, bude možné právě podle koeficientu Adjusted R-Squared posoudit, jestli nově přidaná proměnná má na zpřesnění modelu vliv pozitivní (Adjusted R-Squared se zvýší), nebo naopak negativní (Adjusted R-Squared se sníží).

Poznámky k práci s tabulkou a regresním modelem:
Vlnovka odpovídá rovnítku ve výsledném matematickém vztahu. 1 znamená hodnotu Intercept a z tabulky se dosadí číselná hodnota ze sloupce Odhad. Hmotnost_vsazky ve výsledném matematickém vztahu bude obsahovat vztah 6.6295 * Hmotnost_vsazky, 6.6295 je hodnota z řádku Hmotnost_vsazky opět ve sloupci Odhad. Hmotnost_vsazky je hmotnost vsázky odpovídající hodnotě ze vstupní tabulky. Teplota_prodlevy:Delka_cyklu odpovídá vztahu 0.11658 * Teplota_prodlevy * Delka_cyklu. Pro tuto slévárnu jsme uvedli celkový vztah. Pro složité vztahy s více proměnnými je nutné s regresní funkcí pracovat dle popisu, který je uveden v předchozím textu, kdy každou hodnotu z prvního sloupce (Intercept, tj. konstanta a jednotlivé proměnné) vynásobíme hodnotou z druhého sloupce (Odhad), která je koeficientem pro danou proměnnou. Ostatní sloupce pak vyjadřují směrodatnou odchylku (SE), kolikrát je koeficient větší, než jeho směrodatná odchylka (tStat) a hladinu spolehlivosti při které je daná hypotéza přijata nebo odmítnuta (pValue).
Interpretace jednotlivých hodnot:
Hodnota koeficientu determinace výsledného vztahu není vždy dostačující k posouzení spolehlivosti regresní funkce. I vysoká hodnota determinace (např. 0.95) nemusí vyjadřovat reálnou přesnost regresní funkce v případě, že vstupní údaje budou obsahovat závislé proměnné (vysoký stupeň kolinearity mezi některými údaji). Tyto proměnné lze určit pomocí hodnoty pValue v odpovídajících řádcích tabulky. Pro 95 % spolehlivost je nutné, aby hodnoty pValue ve všech řádcích byly menší než 0.05.
Stejné poznámky k práci s tabulkou a regresním modelem, stejně jako způsob interpretace jednotlivých hodnot platí v tomto dokumentu univerzálně, tzn. pro všechny slévárny.

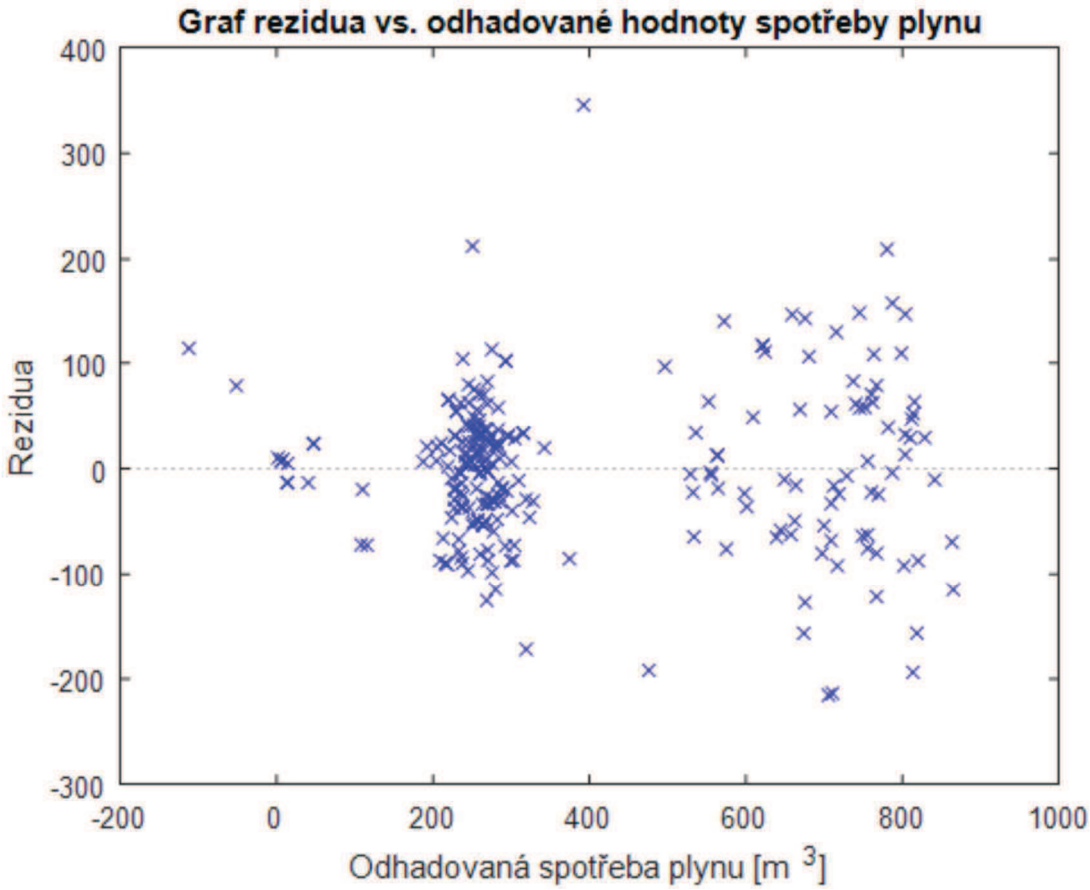
Obr.6.5: Grafické znázornění výsledků regresní analýzy (T)



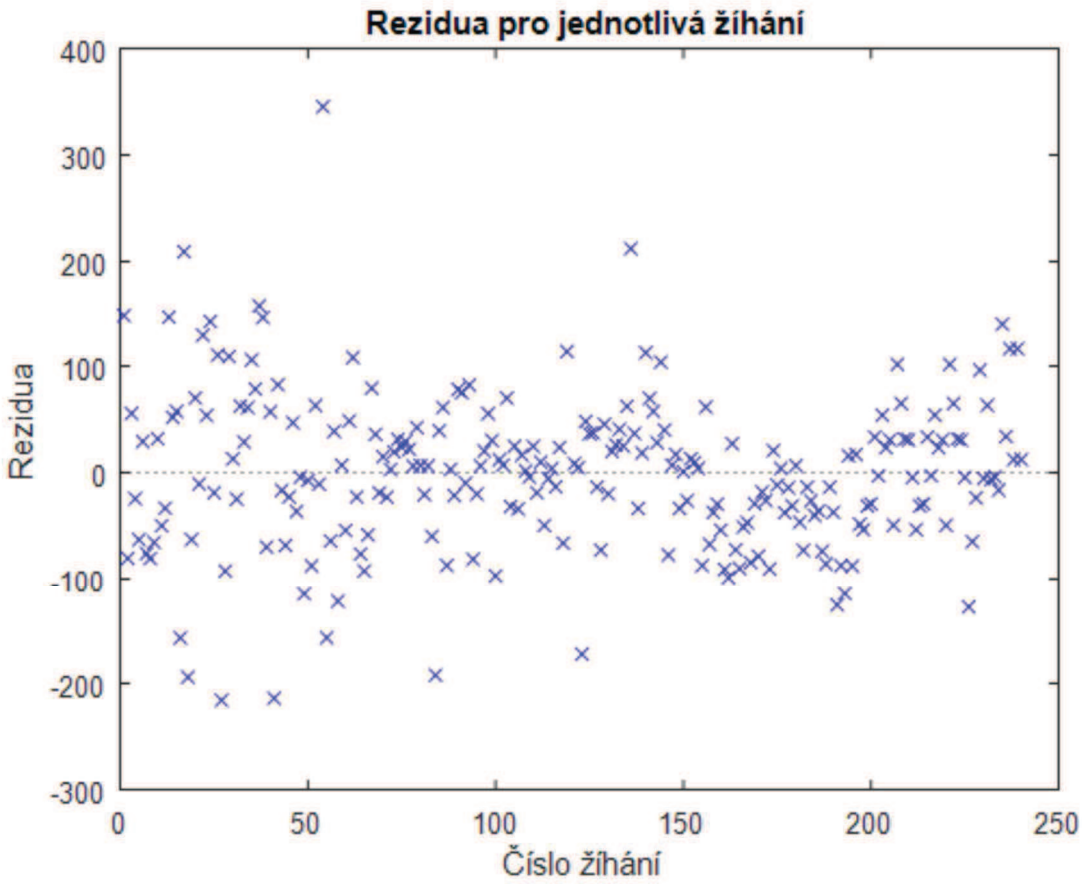
Obr. 6.6: Histogram reziduí (T)



Obr. 6.7: Porovnání reziduí s odhadovanými hodnotami (T)



Obr. 6.8: Rezidua pro jednotlivá žíhání (T)



6.1.3: Tepelné zpracování odlitků slévárny C (řízené chladnutí)

6.1.2.3 Zpracování výsledků v SW MatLab

V rámci zpracování dat bylo vyhodnoceno, které proměnné jsou a které nejsou pro provedení regresní analýzy, resp. pro vytvoření regresního modelu významné. Pokud software při zpracování zjistí, že některá proměnná je pro model nevýznamná (tzn. náklady na ohřev ovlivňuje jen zanedbatelně), odstraní ji a uvede u ní anglický výraz Removing. Naopak pokud zjistí, že vzájemný vztah některých proměnných má pro regresní model význam, přidá jej a označí anglickým výrazem Adding. Dvojtečka označující vztah dvou proměnných neznamená početní operaci dělení, ale skutečně jen relaci, kterou může být dělení či násobení – to je pak patrné z obecného regresního modelu.

>>**Herzan_rizene_chladnuti**_celk_spotreba_reg=
stepwiselm(Herzan_rizene_chladnuti_celk_spotreba,'linear','lower','Celkova_spotreba_plynu~1','ResponseVar','Celkova_spotreba_plynu','PEnter',0.06)
1. AddingSpotreba_plynu_nahrev:Doba_nahrevu, FStat = -7, pValue = 0
2. AddingSpotreba_plynu_nahrev:Spotreba_plynu_klesani, FStat = Inf, pValue = 0
3. AddingSpotreba_plynu_nahrev:Spotreba_plynu_pri_vydrzi, FStat = -12, pValue = 0
4. AddingSpotreba_plynu_nahrev:motnost_vsazky, FStat = Inf, pValue = 0
5. RemovingDoba_vydrze, FStat = NaN, pValue = NaN
6. RemovingDoba_klesani, FStat = NaN, pValue = NaN
7. RemovingCelkovy_cas_vypalu, FStat = NaN, pValue = NaN
8. RemovingTeplota_vydrze, FStat = NaN, pValue = NaN
9. RemovingSpotreba_plynu_nahrev:Doba_nahrevu, FStat = NaN, pValue = NaN
10. RemovingDoba_nahrevu, FStat = NaN, pValue = NaN
11. RemovingSpotreba_plynu_nahrev:Spotreba_plynu_pri_vydrzi, FStat = NaN, pValue = NaN
12. RemovingSpotreba_plynu_nahrev:Spotreba_plynu_klesani, FStat = NaN, pValue = NaN
Herzan_rizene_chladnuti_celk_spotreba_reg =

6.1.2.4 Výsledky konvenční regresní analýzy

Lineární regresní model:
Celkova_spotreba_plynu ~ 1 + Spotreba_plynu_pri_vydrzi + Spotreba_plynu_klesani + Spotreba_plynu_nahrev*Hmotnost_vsazky + Spotreba_plynu_nahrev + Hmotnost_vsazky
Lineární regresní model po doplnění koeficientů z následující tabulky:
Celkova_spotreba_plynu=-1.2209e-14 + Spotreba_plynu_pri_vydrzi + Spotreba_plynu_klesani + 4.0456e-22*Spotreba_plynu_nahrev*Hmotnost_vsazky + Spotreba_plynu_nahrev + 1.1324e-17*Hmotnost_vsazky

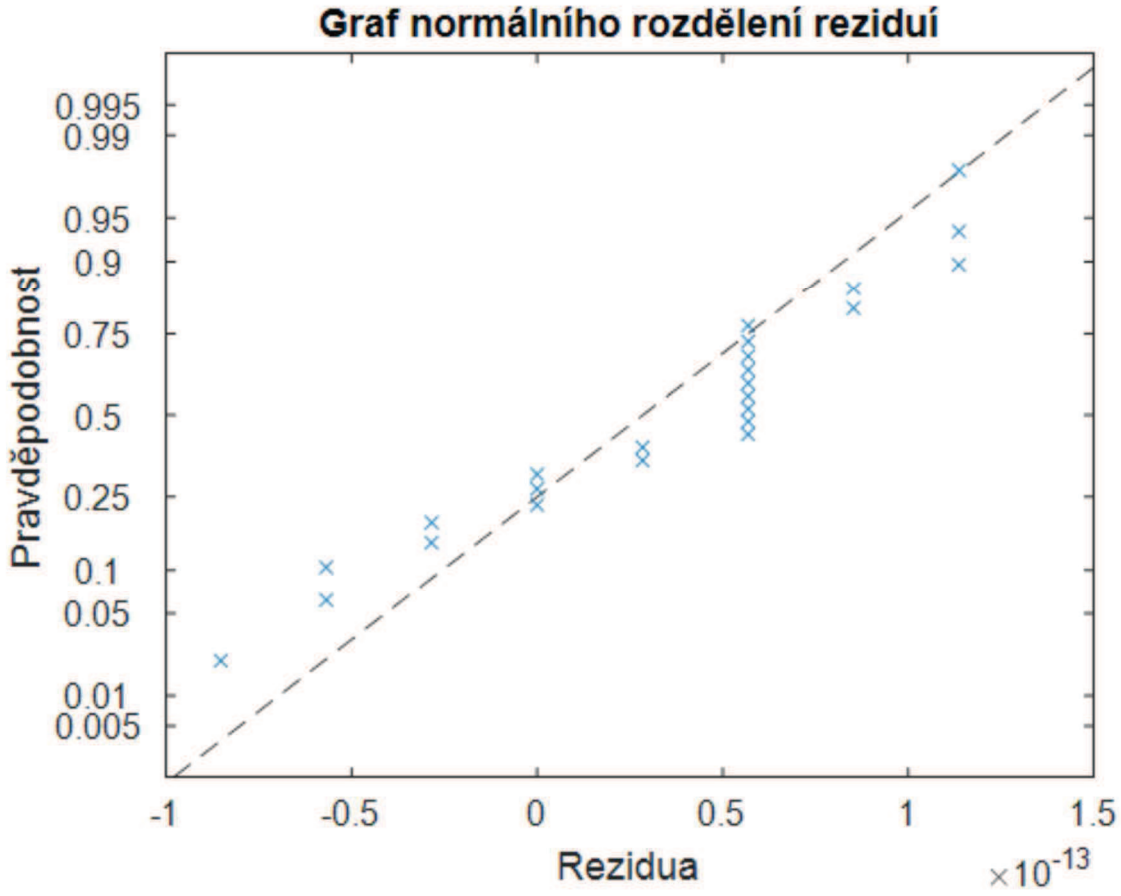
Tab. 6.3: Odhadované koeficienty (Slévárna C 1 - řízené chladnutí):

Proměnná	Odhadovaný koeficient	SE	tStat	pValue
(Intercept)	-1.2209e-14	0	-Inf	0
Spotreba_plynu_nahrev	1	0	Inf	0
Spotreba_plynu_pri_vydrzi	1	0	Inf	0
Spotreba_plynu_klesani	1	0	Inf	0
Hmotnost_vsazky	1.1324e-17	0	Inf	0
Spotreba_plynu_nahrev:Hmotnost_vsazky	4.0456e-22	0	Inf	0

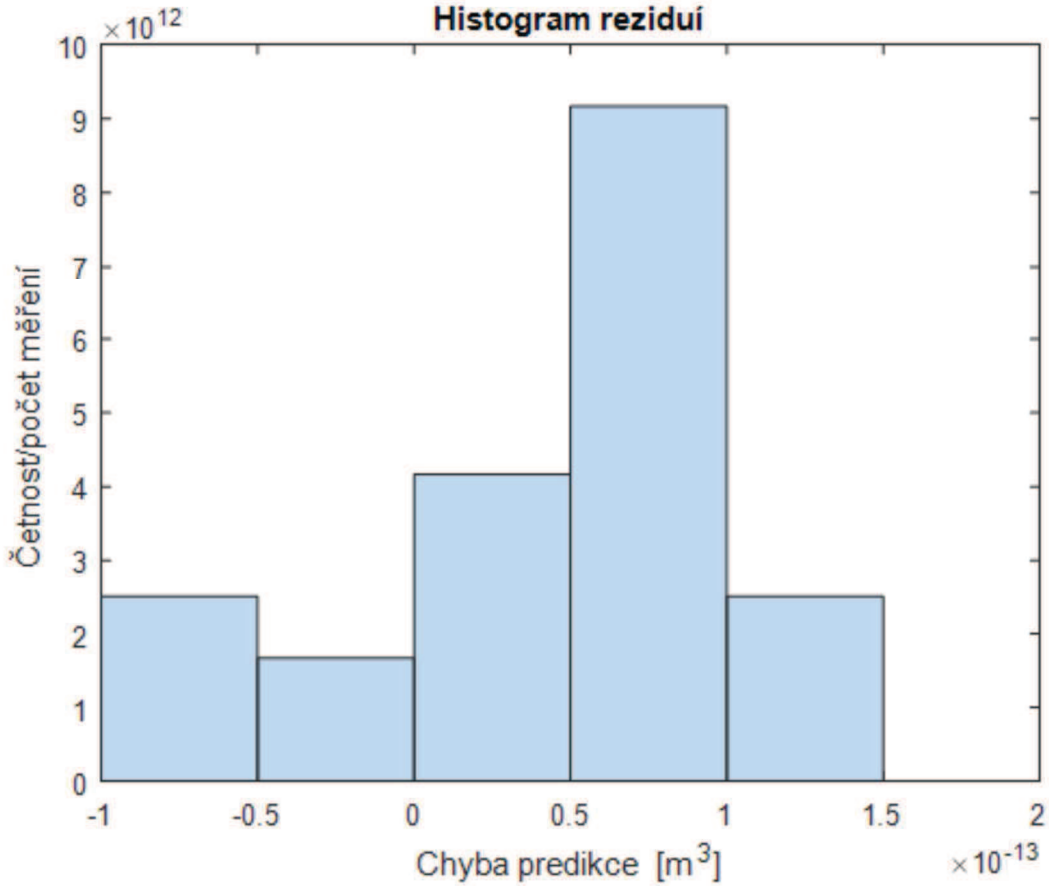
- Počet pozorování (řádků vstupní tabulky): 24, Errordegreesoffreedom: 18
- R-squared: 1, Adjusted R-Squared 1
- F-statistic vs. constant model: Inf, p-value = 0

Nelze použít z důvodu malého počtu měření! Z dodaných dat nelze získat relevantní regresní model.

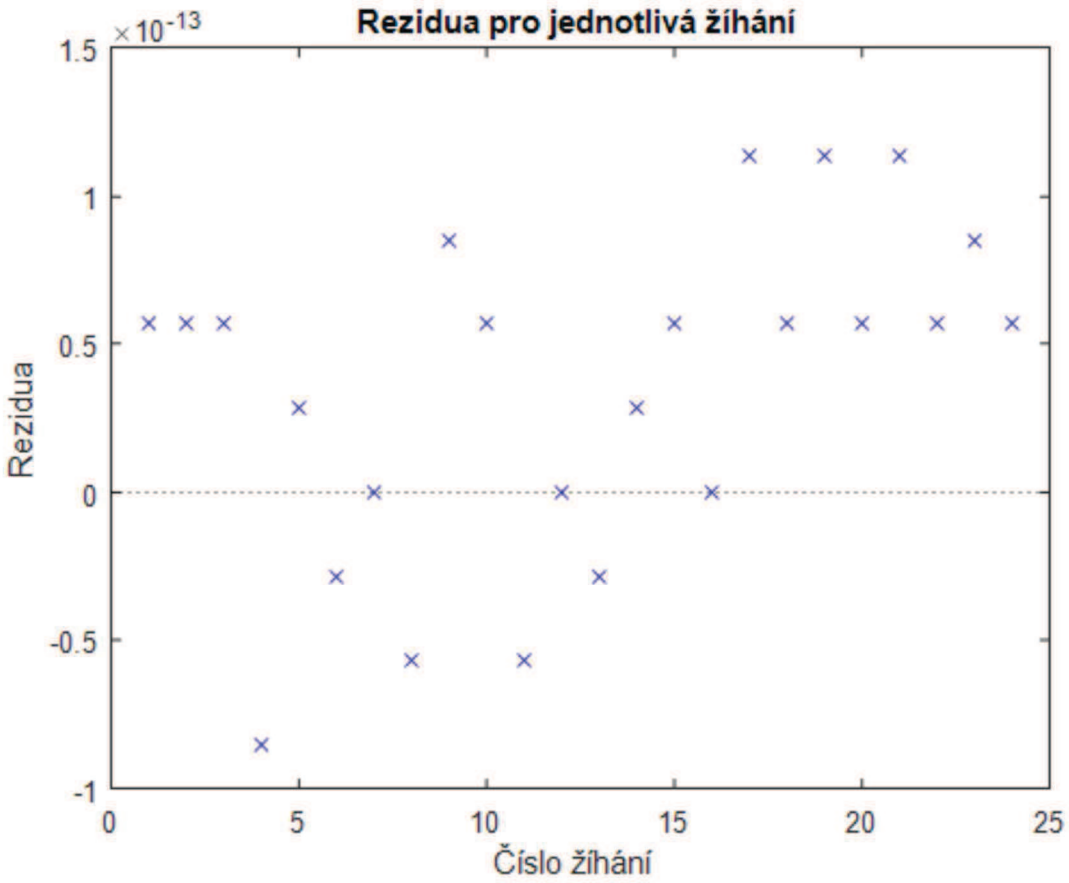
Obr. 6.9: Grafické znázornění výsledků regresní analýzy (Slévárna C 1 - řízené chladnutí)



Obr. 6.10: Histogram reziduí (Slévárna C 1 - řízené chladnutí)



Obr. 6.11: Rezidua pro jednotlivá žíhání (Slévárna C 1- řízené chladnutí)



6.1.3 Tepelné zpracování odlitků slévárny C (dvě žíhání)

6.1.3.1 Zpracování výsledků v SW MatLab

V rámci zpracování dat bylo vyhodnoceno, které proměnné jsou a které nejsou pro provedení regresní analýzy, resp. pro vytvoření regresního modelu významné. Pokud software při zpracování zjistí, že některá proměnná je pro model nevýznamná (tzn. náklady na ohřev ovlivňuje jen zanedbatelně), odstraní ji a uvede u ní anglický výraz Removing. Naopak pokud zjistí, že vzájemný vztah některých proměnných má pro regresní model význam, přidá jej a označí anglickým výrazem Adding. Dvojtečka označující vztah dvou proměnných neznamená početní operaci dělení, ale skutečně jen relaci, kterou může být dělení či násobení – to je pak patrné z obecného regresního modelu.

>>**Herzan_2_zihani**_celk_spotreba_reg=
stepwiselm(Herzan_2_zihani_celk_spotreba,'linear','lower','Celkova_spotreba_plynu~1','ResponseVar','Celkova_spotreba_plynu','PEnter',0.06)
1. Adding Hmotnost_vsazky:Teplota_vydrze_2, FStat = 39.7883, pValue = 0.0242236
2. Removing Doba_nahrevu_1, FStat = Inf, pValue = NaN
3. Adding Doba_nahrevu_2:Hmotnost_vsazky, FStat = 832.352, pValue = 0.02205732
4. Removing Doba_vydrze_1, FStat = NaN, pValue = NaN
Herzan_2_zihani_celk_spotreba_reg =

6.1.3.2 Výsledky konvenční regresní analýzy

Lineární regresní model:
Celkova_spotreba_plynu ~ 1 + Spotreba_plynu_nahrev_2 + Doba_vydrze_2 + Celkovy_cas_vypalu + Teplota_vydrze_1 + Doba_nahrevu_2*Hmotnost_vsazky + Hmotnost_vsazky*Teplota_vydrze_2 + Doba_nahrevu_2 + Hmotnost_vsazky + Teplota_vydrze_2
Lineární regresní model po doplnění koeficientů z následující tabulky:
Celkova_spotreba_plynu=-1088.8 + 0.93052*Spotreba_plynu_nahrev_2 + 54.014*Doba_vydrze_2 - 9.204*Celkovy_cas_vypalu-0.041442*Teplota_vydrze_1-
0.016205*Doba_nahrevu_2*Hmotnost_vsazky-0.0010281*Hmotnost_vsazky*Teplota_vydrze_2 + 121.75*Doba_nahrevu_2 +1.1252*Hmotnost_vsazky + 0.90034*Teplota_vydrze_2

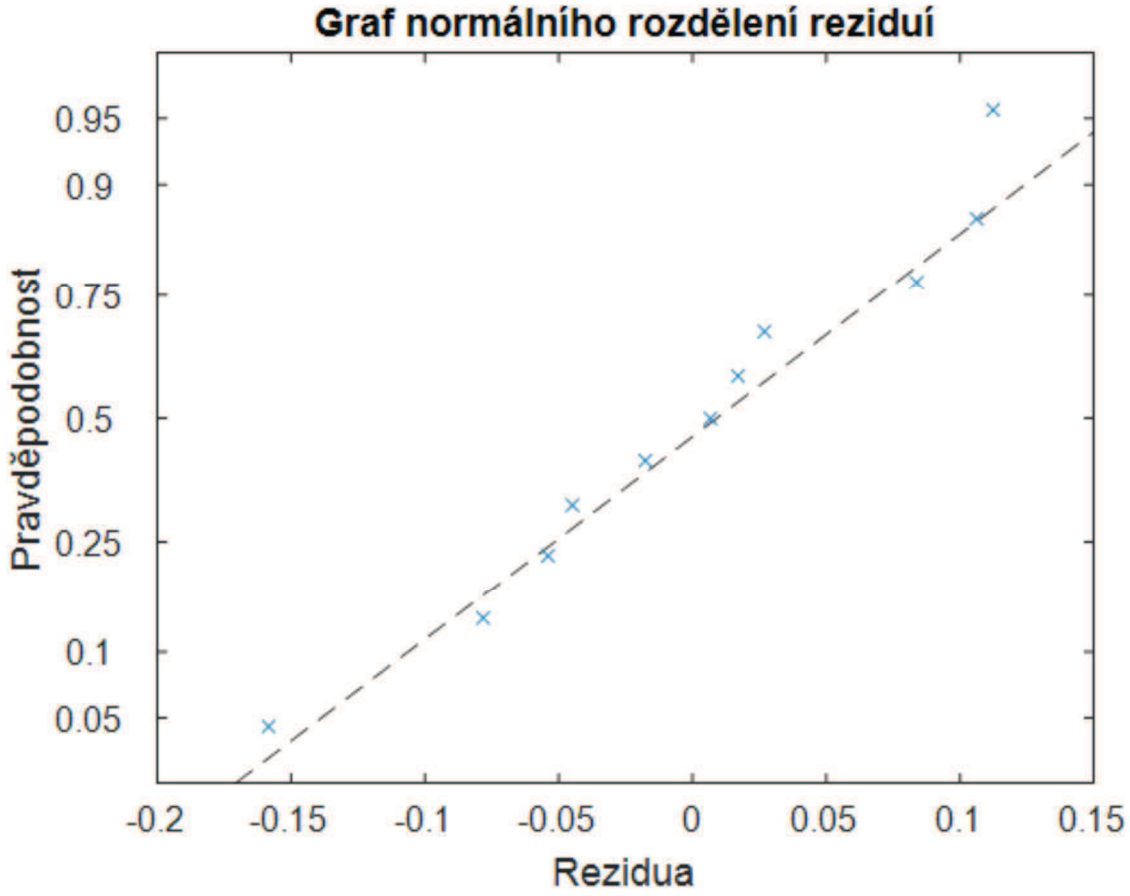
Tab. 6.4: Odhadované koeficienty (Slévárna C 2 – dvě žíhání):

Proměnná	Odhadovaný koeficient	SE	tStat	pValue
(Intercept)	-1088.8	10.514	-103.55	0.0061477
Spotreba_plynu_nahrev_2	0.93052	0.015634	59.518	0.010695
Doba_nahrevu_2	121.75	3.0077	40.48	0.015724
Doba_vydrze_2	54.014	0.81415	66.344	0.009595
Celkovy_cas_vypalu	-9.204	0.74504	-12.354	0.051421
Hmotnost_vsazky	1.1252	0.0088086	127.73	0.0049838
Teplota_vydrze_1	-0.041442	0.0050583	-8.1929	0.077321
Teplota_vydrze_2	0.90034	0.011202	80.37	0.0079207
Doba_nahrevu_2:Hmotnost_vsazky	-0.016205	0.00056168	-28.851	0.022057
Hmotnost_vsazky:Teplota_vydrze_2	-0.0010281	8.8738e-06	-115.86	0.0054948

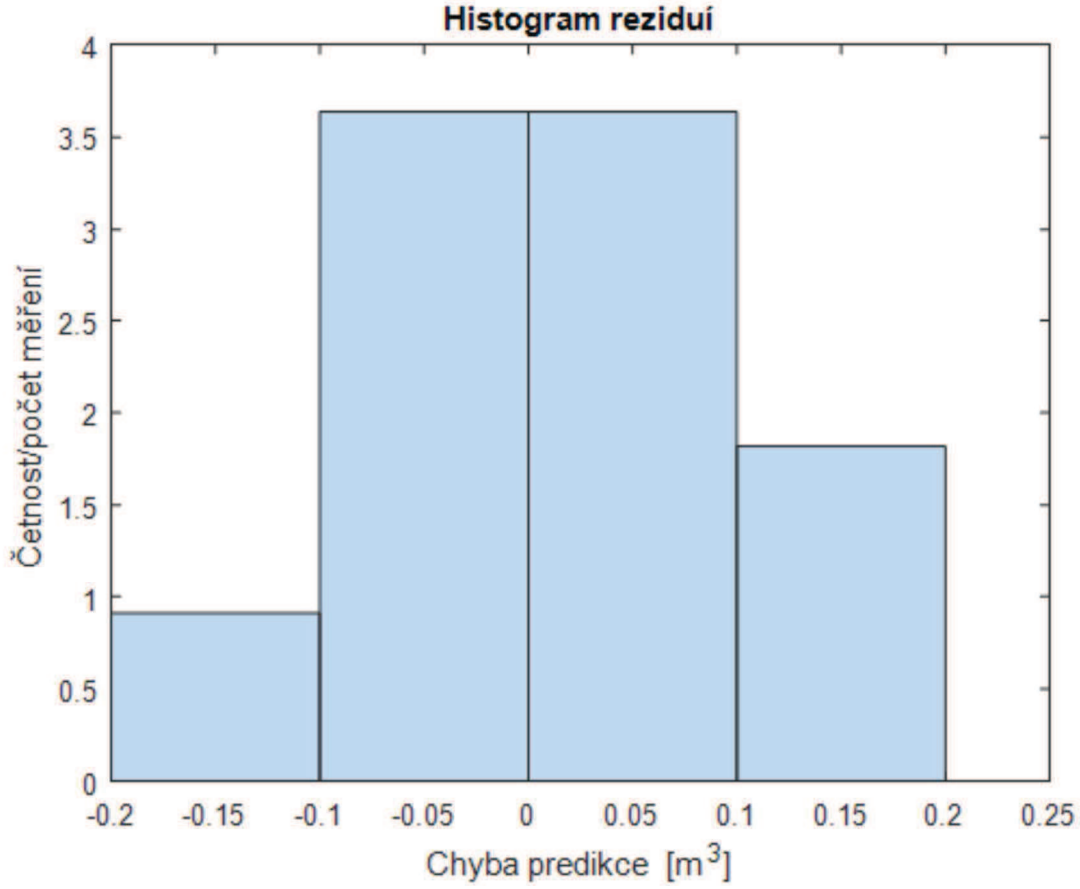
- Počet pozorování (řádků vstupní tabulky): 11, Errordegreesoffreedom: 1
- RootMeanSquaredError: 0.262
- R-squared: 1, Adjusted R-Squared 1
- F-statistic vs. constant model: 4.53e+04, p-value = 0.00364

Nelze použít z důvodu malého počtu měření! Z dodaných dat nelze získat relevantní regresní model.

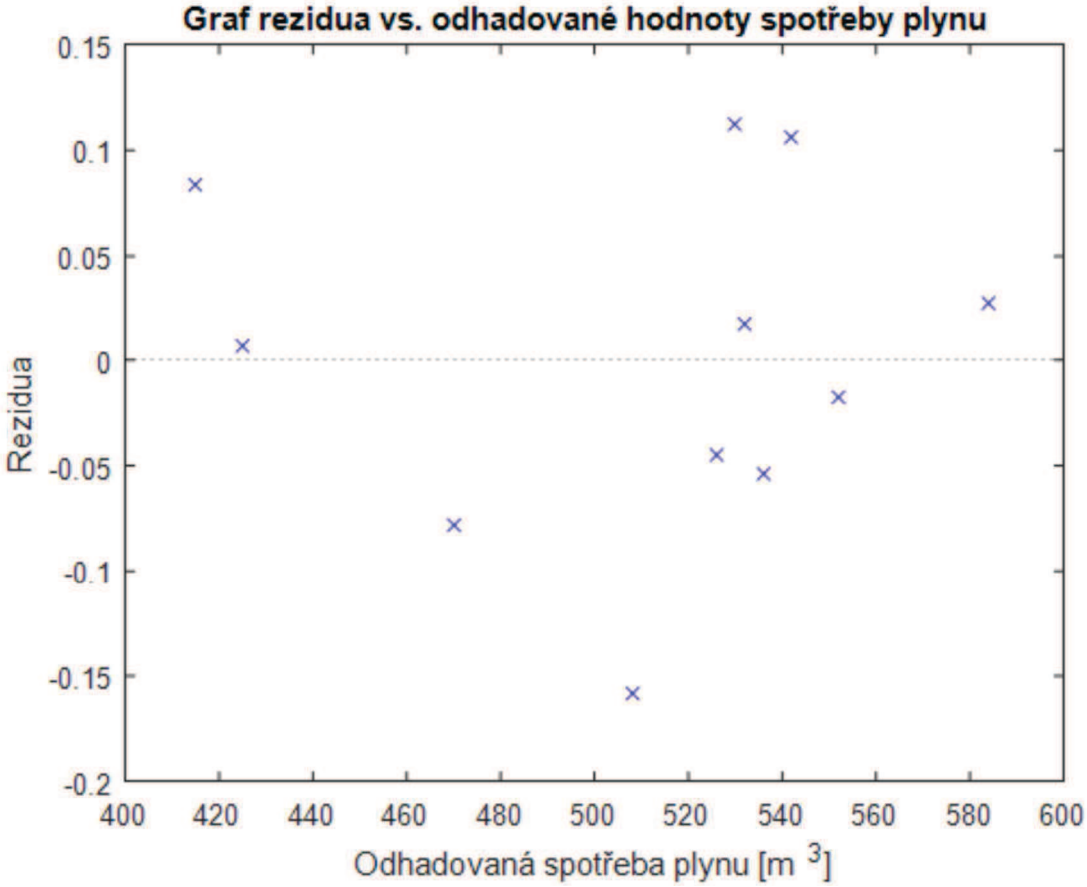
Obr. 6.12: Grafické znázornění výsledků regresní analýzy (slévárna C 2 - dvě žíhání)



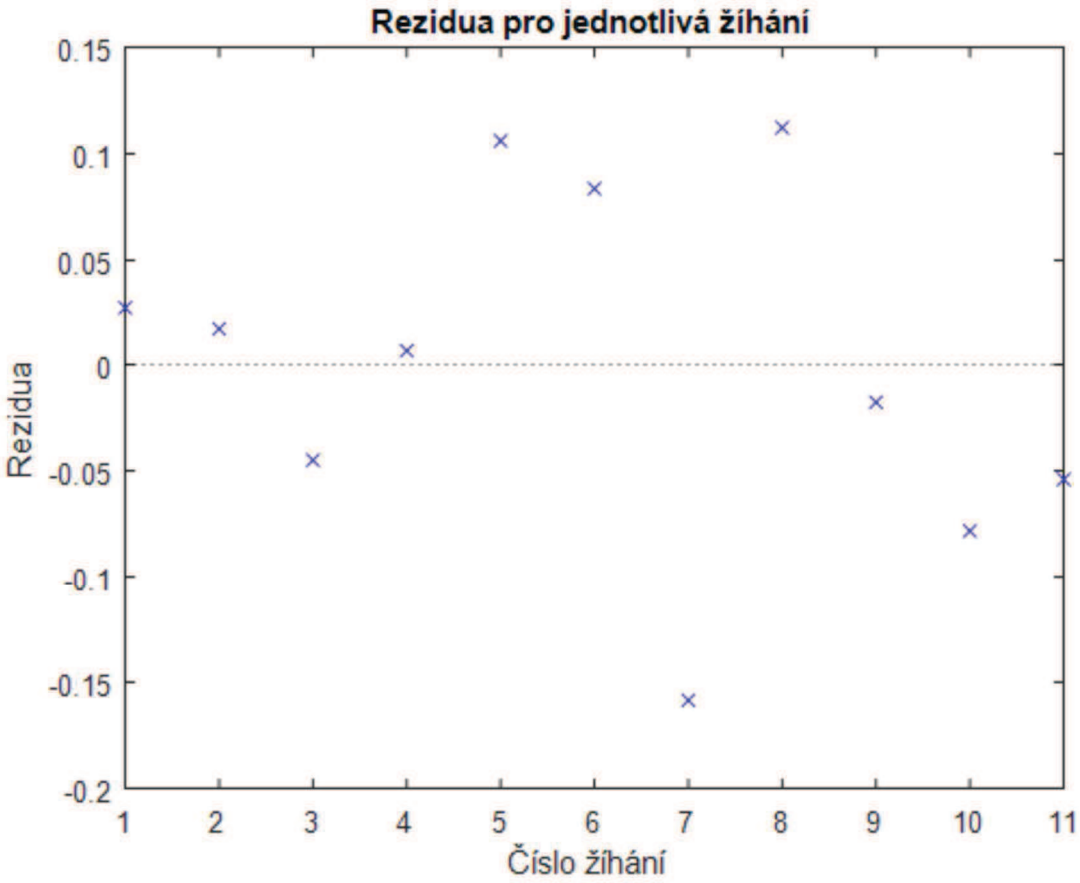
Obr. 6.13: Histogram reziduí (slévárna C 2 - dvě žíhání)



Obr. 6.14: Rezidua oproti odhadovaným hodnotám (slévárna C 2 - dvě žíhání)



Obr. 6.15: Rezidua pro jednotlivá žíhání (slévárna C 2 - dvě žíhání)



6.1.4 Tepelné zpracování odlitků slévárny C (jedno žíhání)

6.1.4.1 Zpracování výsledků v SW MatLab

V rámci zpracování dat bylo vyhodnoceno, které proměnné jsou a které nejsou pro provedení regresní analýzy, resp. pro vytvoření regresního modelu významné. Pokud software při zpracování zjistí, že některá proměnná je pro model nevýznamná (tzn. náklady na ohřev ovlivňuje jen zanedbatelně), odstraní ji a uvede u ní anglický výraz Removing. Naopak pokud zjistí, že vzájemný vztah některých proměnných má pro regresní model význam, přidá jej a označí anglickým výrazem Adding. Dvojtečka označující vztah dvou proměnných neznamená početní operaci dělení, ale skutečně jen relaci, kterou může být dělení či násobení – to je pak patrné z obecného regresního modelu.

>>**Herzan_1_zihani**_reg=
stepwiselm(Herzan_1_zihani,'linear','lower','Celkova_spotreba_plynu~1','ResponseVar','Celkova_spotreba_plynu','PEnter',0.06)
1. AddingDoba_nahrevu:Celkovy_cas_vypalu, FStat = 25.4556, pValue = 1.44448e-06
2. AddingDoba_nahrevu:Hmotnost_vsazky, FStat = 6.099, pValue = 0.014793
Herzan_1_zihani_reg =

6.1.4.2 Výsledky konvenční regresní analýzy

Lineární regresní model:
Celkova_spotreba_plynu ~ 1 + Doba_vydrze + Teplota_vydrze + Doba_nahrevu*Celkovy_cas_vypalu + Doba_nahrevu*Hmotnost_vsazky + Doba_nahrevu + Celkovy_cas_vypalu + Hmotnost_vsazky
Lineární regresní model po doplnění koeficientů z následující tabulky:
Spotreba_plynu = 471.11 + (242.71*Doba_vydrze) + (0.40225*Teplota_vydrze) + (7.6702*Doba_nahrevu*Celkovy_cas_vypalu) + (0.0044922*Doba_nahrevu*Hmotnost_vsazky)+(133.82*Doba_nahrevu) – (282.33*Celkovy_cas_vypalu) – (0.022622*Hmotnost_vsazky)

Tab. 6.5: Odhadované koeficienty (Slévárna C 3 – jedno žíhání)

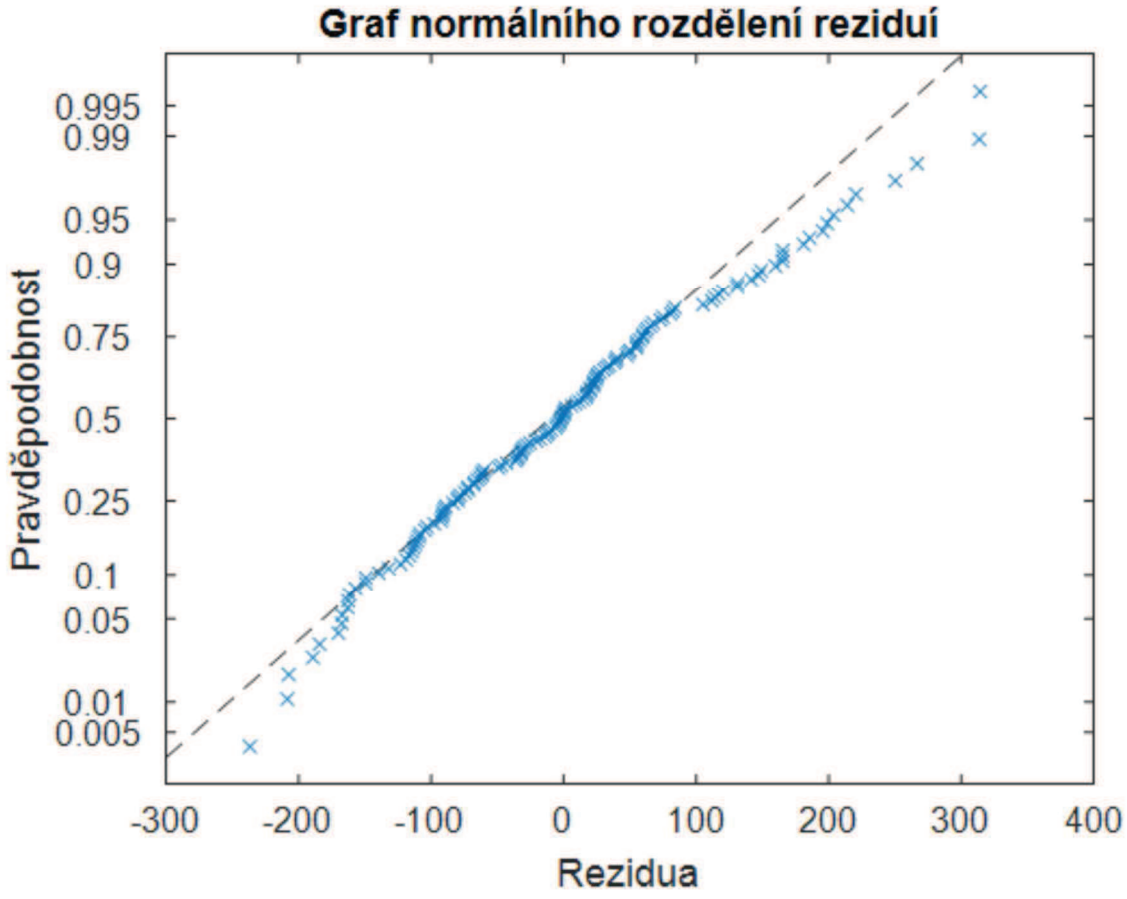
Proměnná	Odhadovaný koeficient	SE	tStat	pValue
(Intercept)	471.11	157.76	2.9863	0.0033625
Doba_nahrevu	133.82	117.16	1.1421	0.25544
Doba_vydrze	242.71	116.12	2.0902	0.038499
Celkovy_cas_vypalu	-282.33	116.87	-2.4158	0.017058
Hmotnost_vsazky	-0.022622	0.013473	-1.6791	0.095483
Teplota_vydrze	0.40225	0.091497	4.3963	2.2336e-05
Doba_nahrevu:Celkovy_cas_vypalu	7.6702	2.041	3.7581	0.00025528
Doba_nahrevu:Hmotnost_vsazky	0.0044922	0.001819	2.4696	0.014793

- Počet pozorování (řádků vstupní tabulky): 141, Errordegreesoffreedom: 133
- RootMeanSquaredError: 114
- R-squared: 0.583, Adjusted R-Squared 0.561
- F-statistic vs. constant model: 26.6, p-value = 1.62e-22

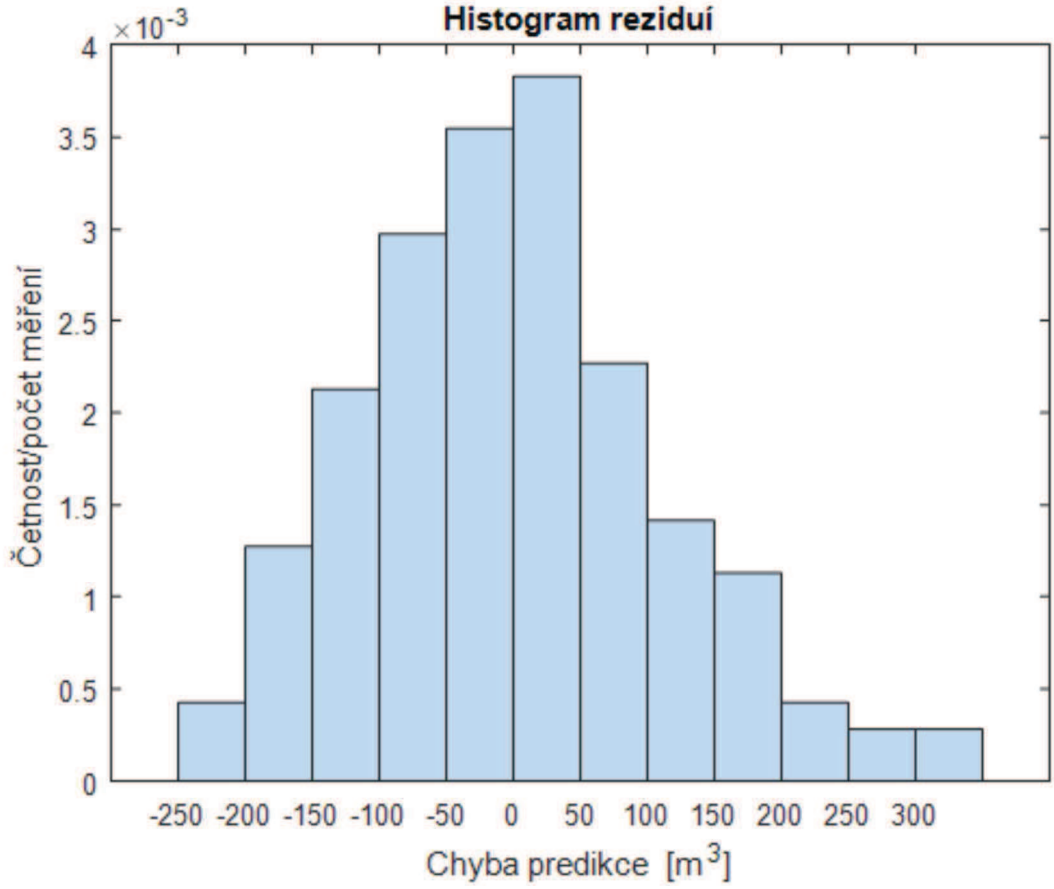
R-squared nabývá hodnot mezi 0 a 1 a odpovídá poměru rozptylu popsaného modelem. Čím vyšší číslo, tím větší část variability dat model popisuje. Adjusted R-squared je pak pokusem provést korekci jevu, kdy ve vícenásobné regresi (více

vstupních proměnných - regresorů) přidávání dalších (i nerelevantních) proměnných způsobuje nárůst základního koeficientu R-squared. Na rozdíl od základního R-squared narůstá tato upravená verze pouze v případě, když je přínos nové proměnné nad rámec náhody. Tato hodnota nevychází vyšší než základní R-squared a může nabývat i záporných hodnot. Nemá proto jednoduchou interpretaci jako základní R-squared a používá se spíše jako měřítko pro vyhodnocení, zda přidávání dalších proměnných do modelu má skutečně smysl. Pro takové aplikace však existují i jiná kritéria, jako např. BIC či AIC. Tyto statistické postupy by bylo možné využít v následném projektu. Pokud by v případě řešení dalšího projektu byly přidávány další proměnné, bude možné právě podle koeficientu Adjusted R-Squared posoudit, jestli nově přidaná proměnná má na zpřesnění modelu vliv pozitivní (Adjusted R-Squared se zvýší), nebo naopak negativní (Adjusted R-Squared se sníží).

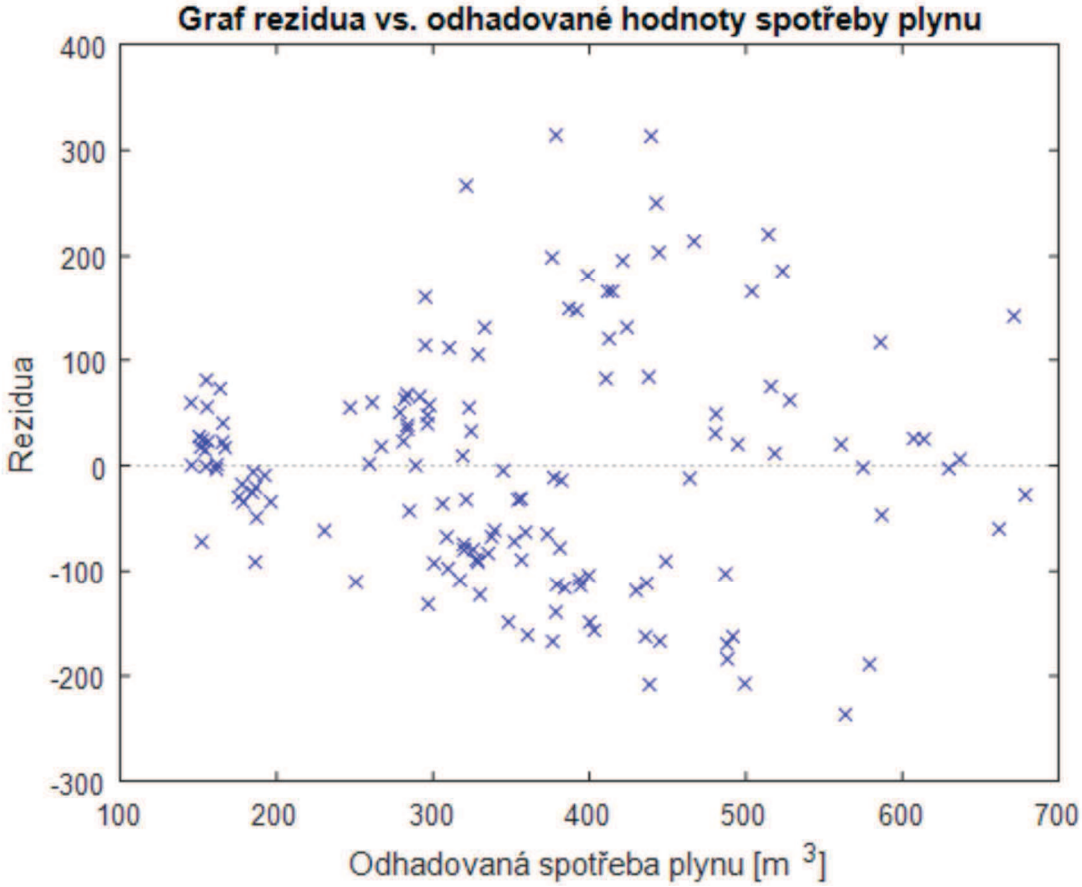
Obr. 6.16: Grafické znázornění výsledků regresní analýzy (Slévárna C 3 – jedno žíhání)



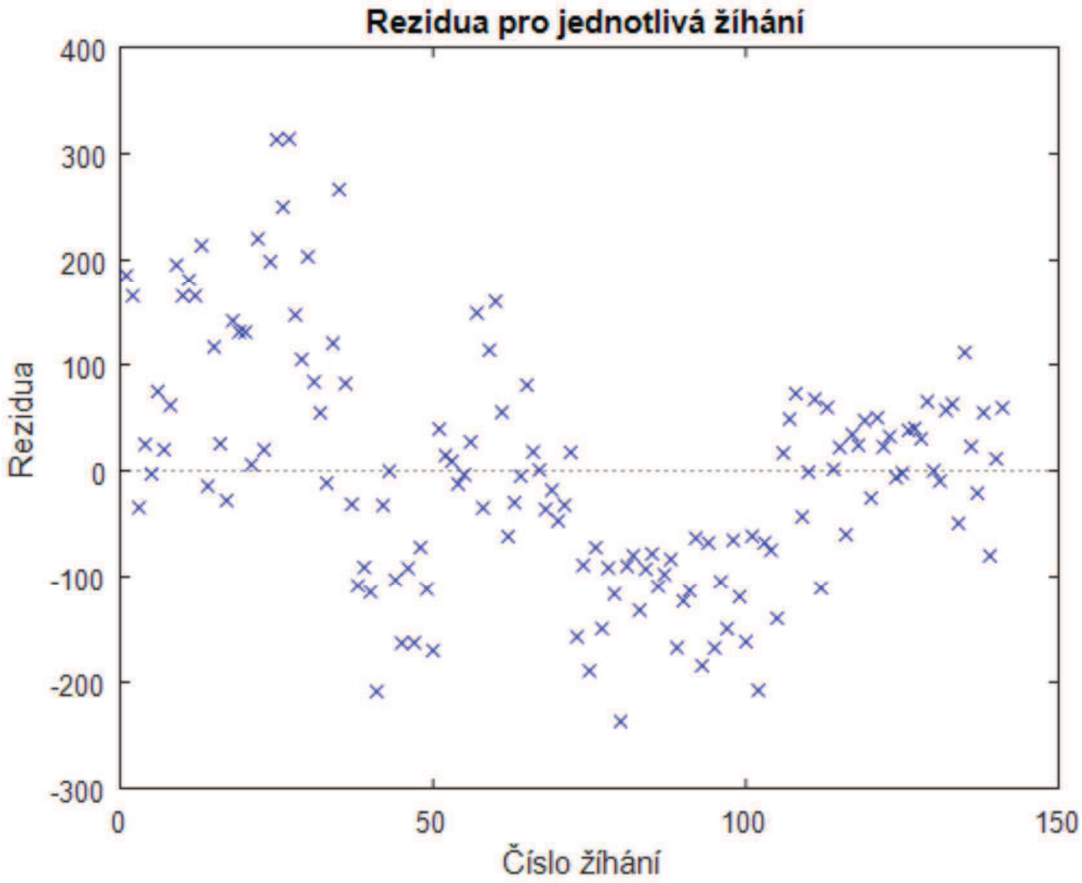
Obr. 6.17: Histogram reziduí (Slévárna C 3 – jedno žíhání)



Obr. 6.18: Porovnání reziduí s predikovanými hodnotami (Slévárna C 3 – jedno žíhání)



Obr. 6.19: Rezidua pro jednotlivá žíhání (Slévárna C 3 – jedno žíhání)



6.1.5 Tepelné zpracování odlitků slévárny H

6.1.5.1 Zpracování výsledků v SW MatLab

V rámci zpracování dat bylo vyhodnoceno, které proměnné jsou a které nejsou pro provedení regresní analýzy, resp. pro vytvoření regresního modelu významné. Pokud software při zpracování zjistí, že některá proměnná je pro model nevýznamná (tzn. náklady na ohřev ovlivňuje jen zanedbatelně), odstraní ji a uvede u ní anglický výraz Removing. Naopak pokud zjistí, že vzájemný vztah některých proměnných má pro regresní model význam, přidá jej a označí anglickým výrazem Adding. Dvojtečka označující vztah dvou proměnných neznamená početní operaci dělení, ale skutečně jen relaci, kterou může být dělení či násobení – to je pak patrné z obecného regresního modelu.

>>**Vitkovice**_Only_plyn_reg=
stepwiselm(Vitkovice_Only_plyn,'linear','lower','Spotreba_ZP_m3~1','ResponseVar','Spotreba_ZP_m3','PEnter',0.06)
1. AddingHmotnost_vsazky:Cas_hod, FStat = 40.3705, pValue = 2.89266e-10
2. AddingHmotnost_vsazky:Teplota, FStat = 38.4333, pValue = 7.57967e-10
Vitkovice_Only_plyn_reg =
Poznámky k předchozímu textu:

6.1.5.2 Výsledky konvenční regresní analýzy

Lineární regresní model:
Spotreba_ZP_m3 ~ 1 + Hmotnost_vsazky*Teplota -0.14084*Hmotnost_vsazky*Cas_hod-21.073*Hmotnost_vsazky + Teplota + Cas_hod
Lineární regresní model po doplnění koeficientů z následující tabulky:
Spotreba_ZP_m3 =38.403 + 0.043833*Hmotnost_vsazky*Teplota + Hmotnost_vsazky*Cas_hod + Hmotnost_vsazky + 0.83414*Teplota + 16.012*Cas_hod

Tab. 6.6: Odhadované koeficienty (Slévárna H)

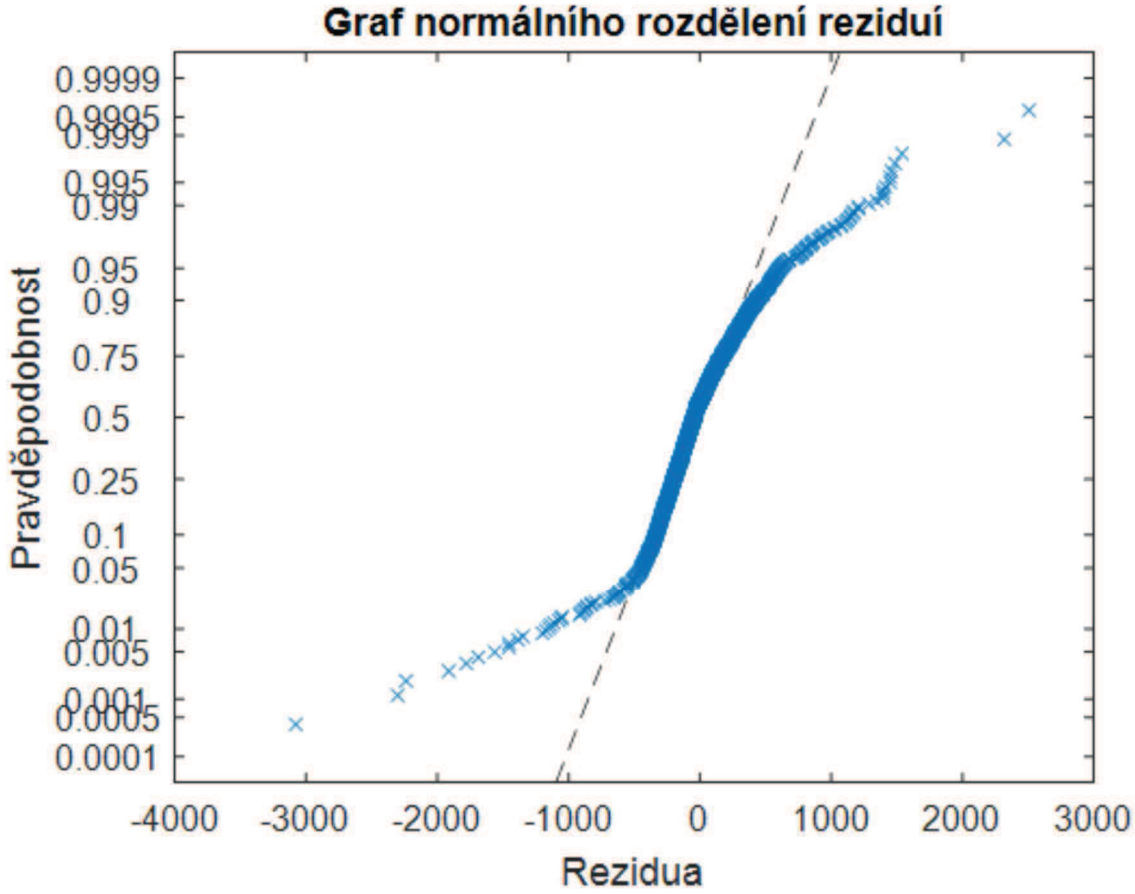
Proměnná	Odhadovaný koeficient	SE	tStat	pValue
(Intercept)	38.403	82.758	0.46404	0.6427
Hmotnost_vsazky	-21.073	5.4368	-3.8761	0.00011142
Teplota	0.83414	0.10299	8.0995	1.2526e-15
Cas_hod	16.012	0.69107	23.171	8.2788e-100
Hmotnost_vsazky:Teplota	0.043833	0.0070705	6.1995	7.5797e-10
Hmotnost_vsazky:Cas_hod	-0.14084	0.021061	-6.687	3.3639e-11

- Počet pozorování (řádků vstupní tabulky): 1315, Errordegreesoffreedom: 1309
- RootMeanSquaredError: 399
- R-squared: 0.762, Adjusted R-Squared 0.761
- F-statistic vs. constant model: 838, p-value = 0

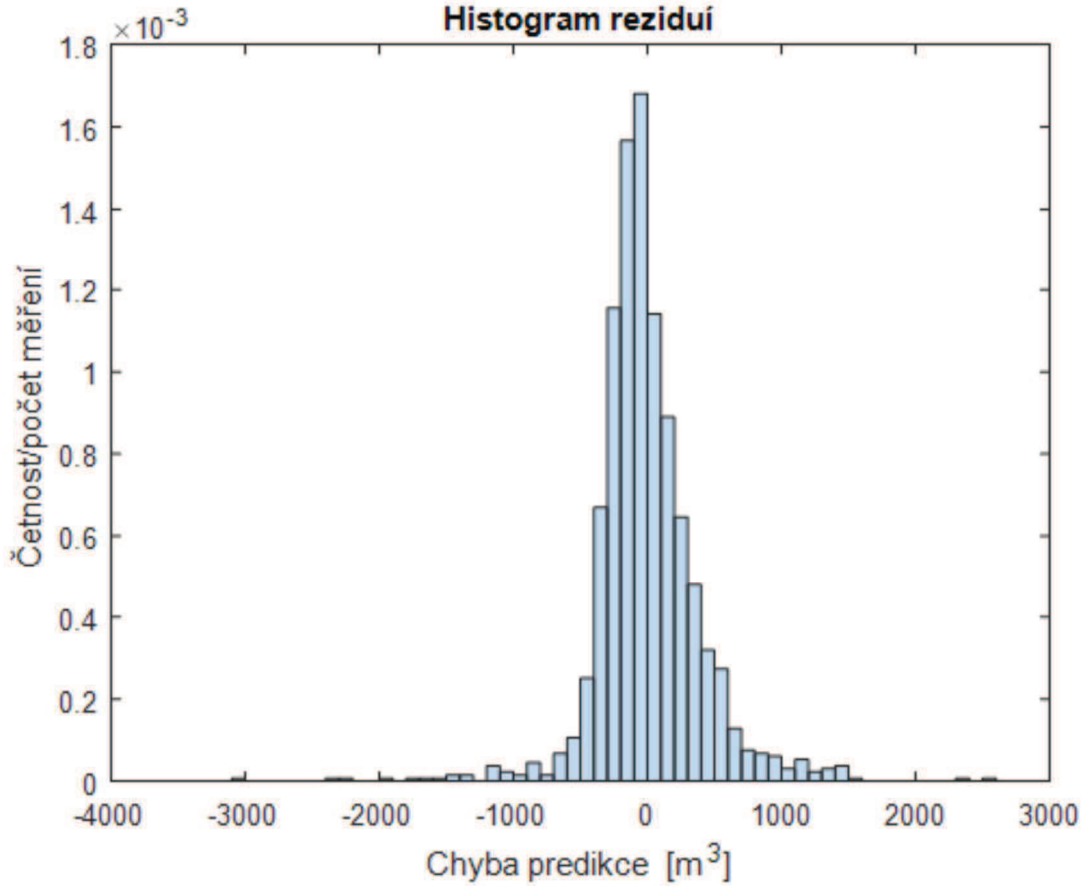
R-squared nabývá hodnot mezi 0 a 1 a odpovídá poměru rozptylu popsaného modelem. Čím vyšší číslo, tím větší část variability dat model popisuje. Adjusted R-

squared je pak pokusem provést korekci jevu, kdy ve vícenásobné regresi (více vstupních proměnných - regresorů) přidávání dalších (i nerelevantních) proměnných způsobuje nárůst základního koeficientu R-squared. Na rozdíl od základního R-squared narůstá tato upravená verze pouze v případě, když je přínos nové proměnné nad rámec náhody. Tato hodnota nevychází vyšší než základní R-squared a může nabývat i záporných hodnot. Nemá proto jednoduchou interpretaci jako základní R-squared a používá se spíše jako měřítko pro vyhodnocení, zda přidávání dalších proměnných do modelu má skutečně smysl. Pro takové aplikace však existují i jiná kritéria, jako např. BIC či AIC. Tyto statistické postupy by bylo možné využít v následném projektu. Pokud by v případě řešení dalšího projektu byly přidávány další proměnné, bude možné právě podle koeficientu Adjusted R-Squared posoudit, jestli nově přidaná proměnná má na zpřesnění modelu vliv pozitivní (Adjusted R-Squared se zvýší), nebo naopak negativní (Adjusted R-Squared se sníží).

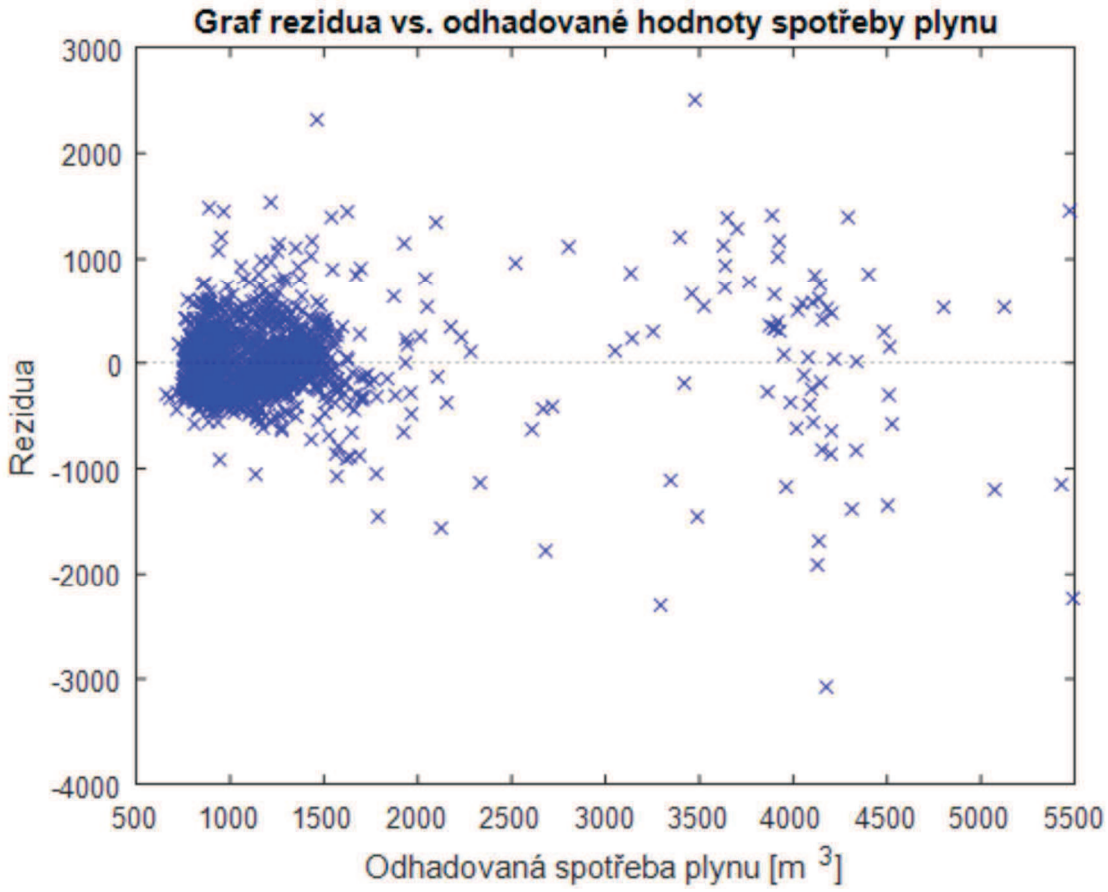
Obr. 6.20: Grafické znázornění výsledků regresní analýzy (Slévárna H)



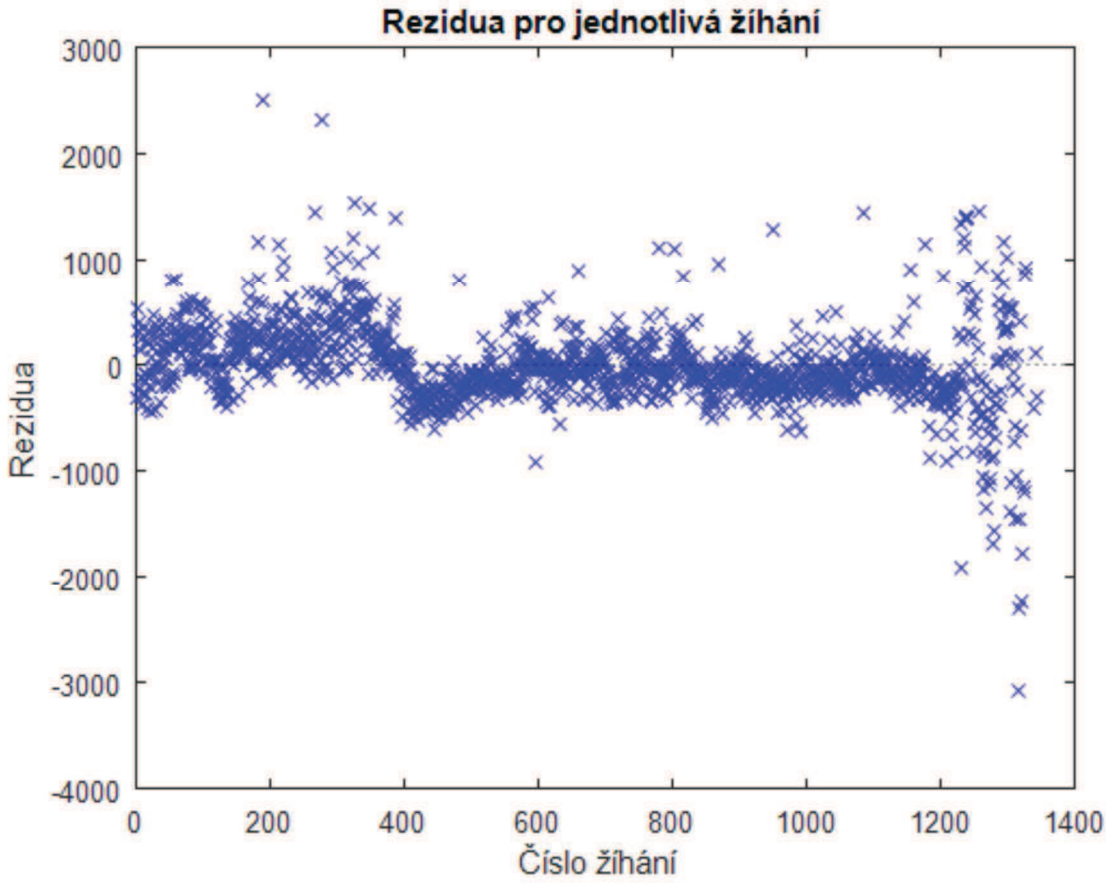
Obr. 6.21: Histogram reziduí (Slévárna H)



Obr. 6.22: Porovnání reziduí a predikovaných hodnot (Slévárna H)



Obr. 6.23: Rezidua pro jednotlivá žíhání (Slévárna H)



Tab. 6.7: Změny cen zemního plynu (%)

	rok	slévárny					
		E	F	C	D	L	průměr
	1	2	3	4	5	6	7
1	2015	100	100	100,0	100	100	100,0
2	2016	93	85	99,8	94	94	93,2
3	2017	85	74		72	87	79,5

Tab. 7.1: T6 Rozpouštěcí žíhání, rychlé ochlazení a vytvrzování za tepla (520°C, 170°C)

	vsázka, rozpouštěcí žíhání							
tepelné zpracování - Proces	skupina	celkem TeZ	maximální hmotnost vsázky	průměrná hmotnost vsázky	využití (maximál./ průměr)	spotřeba elektřiny	cena elektřiny	náklady na vsázku
T6	č	t/rok	kg/vsázku	kg/vsázku	%	kWh/kg	Kč/kWh	Kč/kg
	1	2	3	4	5	6	7	8
A1	2016	90	500	128	25,60	0,41	2,50	1,03
	vsázka, vytvrzování							
	2016	90	500	128	25,60	0,38	2,50	0,94

pomocné výpočty 2016	
počet pecí	2
příkon(kW)	45
výchzí (°C)	20
konečná (°C)	543
náběh (°C/hod)	280
náběh (hod)	2,00
náběh (kWh)	90,00
výdrž (hod)	8
spotřeba (%)	30
výdrž (kWh)	108
celkem (kWh)	198,00
celkem (kWh/kg)	1,55

Tab. 7.2: T6 Rozpouštěcí žíhání, rychlé ochlazení a vytvrzování za tepla (520°C, 170°C)

celý cyklus: voda, mzdy								
	spotřeba vody				mzdy		celkem	
tepelné zpracování - proces T6	cena spotřebované vody	energie na ohřev vody	náklady za vodu na cyklus	náklady na vodu	osobní náklady	osobní náklady	voda, mzdy	pomocné výpočty
	Kč/m^3	Kč/cyklus	Kč/cyklus	Kč/kg	Kč/cyklus	Kč/kg	Kč/kg	
dnů	9	10	11	12	13	14	15	čerpadlo (kW) 1,2
5	46	30	2,30	0,02	416	3,25	3,27	průměr (hod/cyklus) 10
								energie (kWh) 12
								energie (Kč/kWh) 2,5
								energie (Kč/cyklus) 30
								spotřeba vody (m^3/cyklus) 0,05
								mzda (Kč/hod) 195
								průměrný čistý čas obsluhy (hod) 2,133
								kg/vsázku 128

Tab. 7.3: Rozpouštěcí žíhání (list vsázka), voda mzdy a vytvrzování

tepelné zpracování - proces T6	rozpouštěcí žíhání	vytvrzování	Spotřeba elektřiny na kg vsázky	voda, mzdy	**celkové náklady na TeZ**
	Kč/kg	Kč/kg	Kč/kg	Kč/kg	**Kč/kg**
dnů	16	17	18	19	20
5	1,03	0,94	1,97	3,27	**5,24**

Tab. 7.4: T6 Rozpouštěcí žíhání, rychlé ochlazení a vytvrzování za tepla (520°C, 170°C)

tepelné zpracování - proces T6	období	celkem TeZ	maximální hmotnost vsázky	průměrná hmotnost vsázky	využití (maximál./průměr)	spotřeba elektřiny	cena elektřiny	náklady na vsázku
B1	dnů	t/rok	kg/vsázku	kg/vsázku	%	kWh/kg	Kč/kWh	Kč/kg
	1	2	3	4	5	6	7	8
rozpouštěcí žíhání	233	238,85	1473	512,55	34,8	0,67	2,50	1,68
vytvrzování	233	238,85	1473	512,55	34,8	0,27	2,50	0,68

pomocné výpočty 2016, rozpouštěcí žíhání, vytvrzování		
počet pecí	2	2
příkon(kW)	45	45
výchozí (°C)	20	20
konečná (°C)	520	170
náběh (°C/hod)	85	85
náběh (hod)	6,12	2,00
náběh (kWh)	275,29	90,00
výdrž (hod)	5	5
spotřeba (%)	30	22
výdrž (kWh)	67,5	49,5
celkem (kWh)	342,79	139,50
celkem (kWh/kg)	0,67	0,27

Tab. 7.5: Celý cyklus: voda, mzdy

tepelné zpracování - proces T6	spotřeba vody				mzdy		celkem
	cena spotřebované vody	energie na doplnění vody a cirkulaci	náklady za vodu na cyklus	náklady na vodu	osobní náklady	osobní náklady	voda, mzdy
	Kč/m^3	Kč/cyklus	Kč/cyklus	Kč/kg	Kč/cyklus	Kč/kg	Kč/kg
dnů	9	10	11	12	13	14	15
233	46	30	23	0,10	1560	3,04	3,15

pomocné výpočty	
čerpadlo (kW)	1,20
průměr (hod/cyklus)	10,00
energie (kWh)	12,00
energie (Kč/kWh)	2,50
energie (Kč/cyklus)	30,00
spotřeba vody (m^3/cyklus)	0,50
počet cyklů/měsíc	21,00
mzda (Kč/hod)	195,00
mzda (Kč/směnu)	1560,00
2016 kg/vsázku	512,55

Tab. 7.6: Shrnutí

tepelné zpracování - proces T6	rozpouštěcí žíhání	vytvrzování	Spotřeba elektřiny na kg vsázky	voda, mzdy	**celkové náklady na TeZ**
	Kč/kg	Kč/kg	Kč/kg	Kč/kg	**Kč/kg**
dnů	16	17	18	19	20
233	1,68	0,68	2,35	3,15	**5,50**

Tab. 7.7: T6 Rozpouštěcí žíhání, rychlé ochlazení a vytvrzování za tepla (520°C, 170°C)

tepelné zpracování - proces T6	období	celkem TeZ	maximální hmotnost vsázky	průměrná hmotnost vsázky	využití (maximál./průměr)	spotřeba elektřiny	cena elektřiny	náklady na vsázku
C1	dnů	t/rok	kg/vsázku	kg/vsázku	%	kWh/kg	Kč/kWh	Kč/kg
	1	2	3	4	5	6	7	8
rozpouštěcí žíhání	7	1009	10100	4329	42,86	0,5000	2,5	1,250
vytvrzování	7	1009	10100	4329	42,86	0,1652	2,5	0,413

pomocné výpočty 2016, rozpouštěcí žíhání, vytvrzování		
počet pecí	1	1
spotřeba (kWh/vsázku)	1443,62	721,81
výchozí (°C)	20	20
konečná (°C)	520	170
náběh (°C/hod)	85	85
náběh (hod)	6,12	2,00
náběh (kWh)	8831,56	1443,62
výdrž (hod)	5	5
spotřeba (kWh/kg)	0,5	0,1652

Tab. 7.8: Celý cyklus: voda, mzdy

tepelné zpracování - proces T6	spotřeba vody				mzdy		celkem
	cena spotřebované vody	energie na doplnění vody a cirkulaci	náklady za vodu na cyklus	náklady na vodu	osobní náklady	osobní náklady	voda, mzdy
	Kč/m^3	Kč/cyklus	Kč/kg	Kč/kg	Kč/cyklus	Kč/kg	Kč/kg
dnů	9	10	11	12	13	14	15
7	46	0,062	0,033	0,096	2811,04	1,54	1,636

pomocné výpočty

Spotřeba el energie na 1kg odlitku	**spotřeba vody na 1kg odlitku**
kWh/kg	**m3/kg**
0,5	0,000726073
Kč/kWh	Kč/m^3
2,5	46
Kč/kg	Kč/kg
0,0625	0,0334
hodin za směnu 4 pracovníci (hod)	20
osobní náklady (Kč/hod)	195
osobní náklady (Kč/kg)	1,54

Tab. 7.9: Shrnutí

tepelné zpracování - proces T6	rozpouštěcí žíhání	vytvrzování	Spotřeba elektřiny na kg vsázky	voda, mzdy	**celkové náklady na TeZ**
	Kč/kg	Kč/kg	Kč/kg	Kč/kg	**Kč/kg**
dnů	16	17	18	19	20
7	1,25	0,413	1,663	1,636	**3,299**

Tab. 7.10: T6 Rozpouštěcí žíhání, rychlé ochlazení a vytvrzování za tepla (520°C, 170°C)

tepelné zpracování - proces T6	období	celkem TeZ	maximální hmotnost vsázky	průměrná hmotnost vsázky	využití (maximál./průměr)	spotřeba elektřiny	cena elektřiny	náklady na vsázku
D1	dnů	t/rok	kg/vsázku	kg/vsázku	%	kWh/kg	Kč/kWh	Kč/kg
	1	2	3	4	5	6	7	8
rozpouštěcí žíhání	1		500	200	40	0,51	2,50	1,275
vytvrzování	1		500	200	40	0,17	2,50	0,413

pomocné výpočty 2016, rozpouštěcí žíhání, vytvrzování		
počet pecí	1	1
příkon(kW)	45	45
výchozí (°C)	20	20
konečná (°C)	520	170
náběh (°C/hod)	85	85
náběh (hod)	6,12	2,00
spotřeba (kWh)	102	33,00
výdrž (hod)	5	5
celkem (kWh/kg)	0,51	0,17

Tab. 7.11: Celý cyklus: voda, mzdy

tepelné zpracování - proces T6	spotřeba vody				mzdy		celkem
	cena spotřebované vody	energie na doplnění vody a cirkulaci	náklady za vodu na cyklus	náklady na vodu	osobní náklady	osobní náklady	voda, mzdy
	Kč/m^3	Kč/cyklus	Kč/cyklus	Kč/kg	Kč/cyklus	Kč/kg	Kč/kg
dnů	9	10	11	12	13	14	15
1	46	5,70	2,30	0,04	632	3,16	3,20

pomocné výpočty	
průměr (hod/cyklus)	10,00
energie (Kč/kWh)	2,50
energie (Kč/cyklus)	5,70
spotřeba vody (m^3/cyklus)	0,05
mzda (Kč/hod)	195,00
mzda (Kč/směnu)	632,00
kg/vsázku	200,00

Tab. 7.12: Shrnutí

tepelné zpracování - proces T6	rozpouštěcí žíhání	vytvrzování	Spotřeba elektřiny na kg vsázky	voda, mzdy	**celkové náklady na TeZ**
	Kč/kg	Kč/kg	Kč/kg	Kč/kg	**Kč/kg**
dnů	16	17	18	19	20
1	1,28	0,413	1,688	3,20	**4,89**

Tab. 7.13: T6 Rozpouštěcí žíhání, rychlé ochlazení a vytvrzování za tepla (540°C, 170°C)

tepelné zpracování - proces T6	období	celkem TeZ	maximální hmotnost vsázky	průměrná hmotnost vsázky	využití (maximál./průměr)	spotřeba elektřiny	cena elektřiny	náklady na vsázku
E1	dnů	t/rok	kg/vsázku	kg/vsázku	%	kWh/kg	Kč/kWh	Kč/kg
	1	2	3	4	5	6	7	8
rozpouštěcí žíhání	1		540	200	37,04	0,22	2,50	0,55
vytvrzování	1		540	200	37,04	0,06	2,50	0,14

pomocné výpočty 2016, rozpouštěcí žíhání, vytvrzování		
počet pecí	1	1
příkon(kW)	45	45
výchozí (°C)	20	20
konečná (°C)	540	170
náběh (°C/hod)	540	540
náběh (hod)	1,00	0,31
spotřeba (kWh)	73,48	23,12
výdrž (hod)	5	5
celkem (kWh/kg)	0,55	0,14

Tab. 7.14: Celý cyklus: voda, mzdy

tepelné zpracování - proces T6	spotřeba vody				mzdy		celkem
	cena spotřebo-vané vody	energie na doplnění vody a cirkulaci	náklady za vodu na cyklus	náklady na vodu	osobní náklady	osobní náklady	voda, mzdy
	Kč/m^3	Kč/cyklus	Kč/cyklus	Kč/kg	Kč/cyklus	Kč/kg	Kč/kg
dnů	9	10	11	12	13	14	15
1	46	4	2,30	0,0315	632	3,16	3,1915

pomocné výpočty	
průměr (hod/cyklus)	11,00
energie (Kč/kWh)	2,50
energie (Kč/cyklus)	5,70
spotřeba vody (m^3/cyklus)	0,05
mzda (Kč/hod)	195,00
mzda (Kč/směnu)	632,00
kg/vsázku	200,00

Tab. 7.15: Shrnutí

tepelné zpracování - proces T6	rozpouštěcí žíhání	vytvrzování	Spotřeba elektřiny na kg vsázky	voda, mzdy	**celkové náklady na TeZ**
	Kč/kg	Kč/kg	Kč/kg	Kč/kg	**Kč/kg**
dnů	16	17	18	19	20
1	0,55	0,140	0,690	3,19	**3,8815**

Tab. 7.16: T6 Rozpouštěcí žíhání, rychlé ochlazení a vytvrzování za tepla (540°C, 170°C)

tepelné zpracování-proces T6	období	celkem TeZ	maximální hmotnost vsázky	průměrná hmotnost vsázky	využití (maximál./průměr)	spotřeba elektřiny	cena elektřiny	náklady na vsázku
F1	dnů	t/rok	kg/vsázku	kg/vsázku	%	kWh/kg	Kč/kWh	Kč/kg
	1	2	3	4	5	6	7	8
rozpouštěcí žíhání	41		1000	356	35,60	0,60	2,50	1,50
vytvrzování	41		1000	356	35,60	0,24	2,50	0,60

pomocné výpočty, rozpouštěcí žíhání, vytvrzování		
počet pecí	41	1
příkon(kW)	45	45
výchozí (°C)	20	20
konečná (°C)	520	170
náběh (°C/hod)	85	85
náběh (hod)	6,12	2,00
spotřeba (kWh)	131	41,00
výdrž (hod)	5	5
celkem (kWh/kg)	0,60	0,24

Tab. 7.17: Celý cyklus: voda, mzdy

tepelné zpracování - proces T6	spotřeba vody				mzdy		celkem
	cena spotřebované vody	energie na doplnění vody a cirkulaci	náklady za vodu na cyklus	náklady na vodu	osobní náklady	osobní náklady	voda, mzdy
	Kč/m^3	Kč/cyklus	Kč/cyklus	Kč/kg	Kč/cyklus	Kč/kg	Kč/kg
dnů	9	10	11	12	13	14	15
1	46	5,50	23	0,0801	1111	3,1208	3,2008

pomocné výpočty	
průměr (hod/cyklus)	11,00
energie (Kč/kWh)	2,50
energie (Kč/cyklus)	5,50
spotřeba vody (m^3/cyklus)	0,50
mzda (Kč/hod)	195,00
mzda (Kč/směnu)	1111,00
kg/vsázku	356,00

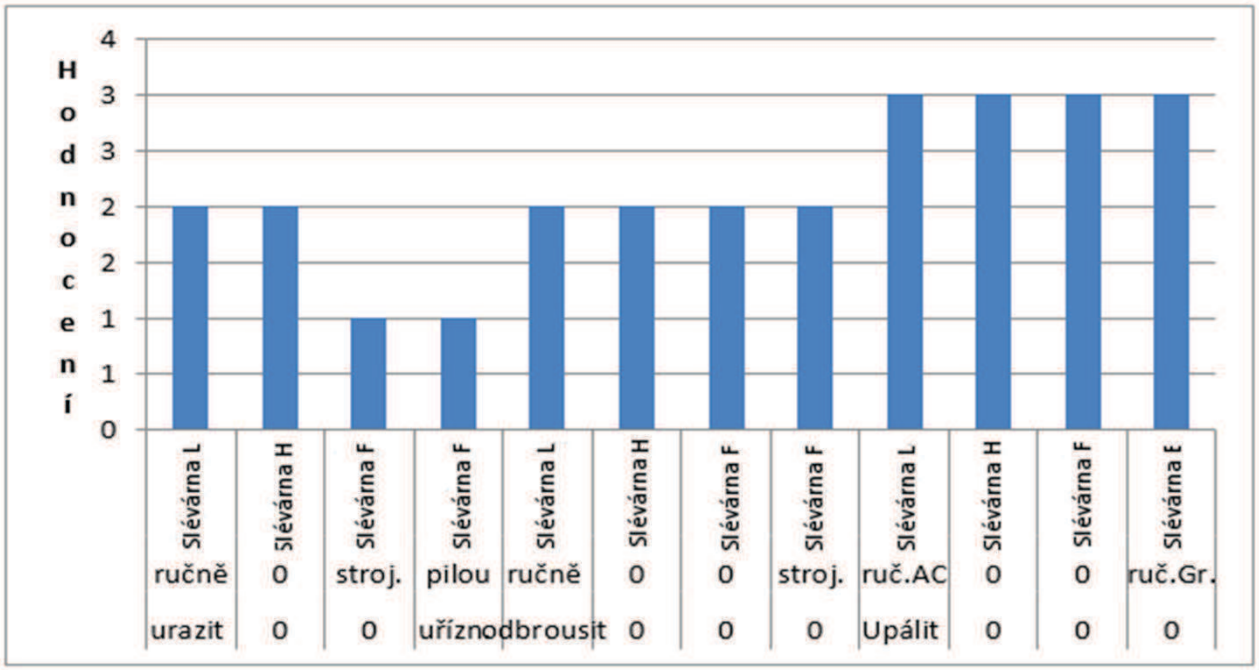
Tab. 7.18: Shrnutí

tepelné zpracování - proces T6	rozpouštěcí žíhání	vytvrzování	Spotřeba elektřiny na kg vsázky	voda, mzdy	**celkové náklady na TeZ**
	Kč/kg	Kč/kg	Kč/kg	Kč/kg	**Kč/kg**
dnů	16	17	18	19	20
1	1,50	0,60	2,10	3,20	**5,30**

Tab. 8.1: Ohodnocení posuzovaných technologií oddělování nálitků

	Oblast	Urazit			Uříznout pilou	Odbrousit ručně			Upálit				
		ručně		strojem					strojem	ručně AC			ručně Grieson®
		Slévárna L	Slévárna H	Slévárna F	Slévárna F	Slévárna L	Slévárna H	Slévárna F	Slévárna F	Slévárna L	Slévárna H	Slévárna F	Slévárna E
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Kvalita řezu	2	2	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
2	Kvalita odlitku	2	2	1	1	2	2	1	3	3	3	4	3
3	Osobní náklady operace	1	1	1	2	4	4	4	3	5	4	4	4
4	Předehřev	1	1	1	1	1	1	1	5	1	3	5	3
5	Spotřeba energie	1	1	1	2	2	2	3	4	5	4	5	3
6	Investice	1	1	4	4	3	3	3	5	5	4	2	4
7	Pracovní podmínky	3	3	2	3	4	4	5	3	3	3	5	3
8	Environment	2	2	2	2	4	4	3	5	3	3	5	3
9	Následné náklady	2	2	2	1	3	3	1	3	3	3	4	3
10	Předchozí náklady	1	1	4	1	1	3	1	1	1	3	1	1
11	Univerzálnost použití	3	3	4	3	2	2	3	3	1	1	1	1
12	Ztráta kovu	1	1	1	2	3	3	3	5	5	5	5	5
13	Celkem	20	20	24	23	31	33	30	42	38	39	44	36

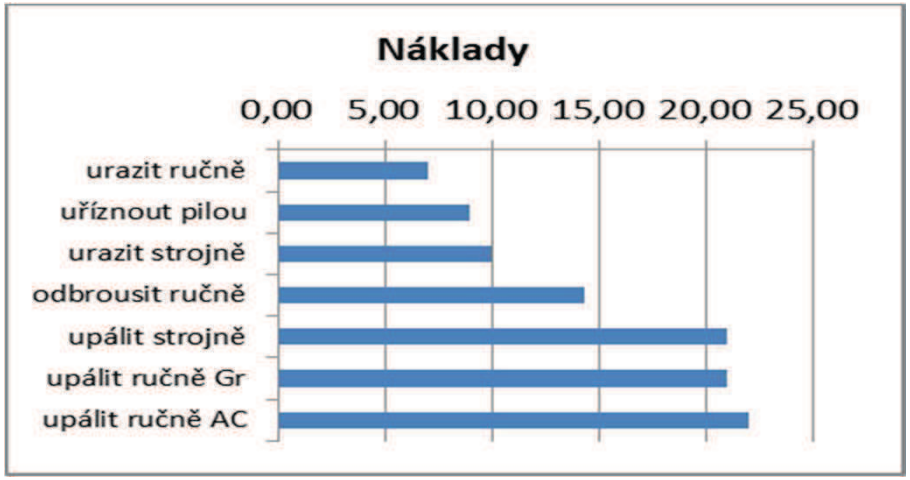
Obr. 8.1: Porovnání charakteristiky (kvalita řezu) podle různých technologií a sléváren



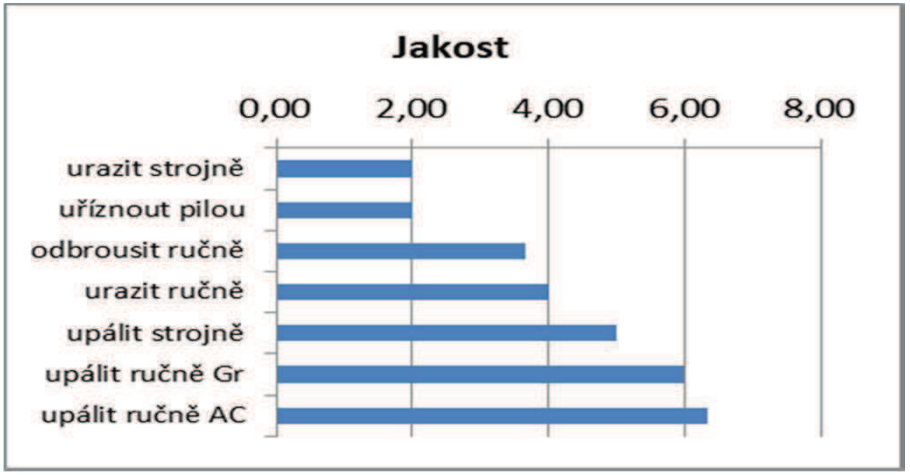
Tab. 8.2: Hodnocení odstraňování nálitků

	Celkem		Náklady		Jakost		Prostředí		Univerzálnost		Investice	
	operace	Celkem	operace	Celkem	operace	Celkem	operace	Celkem	operace	Celkem	operace	Celkem
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	urazit ručně	20,0	urazit ručně	7,0	urazit strojně	2,0	urazit strojně	4,0	upálit ručně AC	1,0	urazit ručně	1,0
2	uříznout pilou	23,0	uříznout pilou	9,0	uříznout pilou	2,0	uříznout pilou	5,0	upálit ručně Gr	1,0	odbrousit ručně	3,0
3	urazit strojně	24,0	urazit strojně	10,0	odbrousit ručně	3,7	urazit ručně	5,0	odbrousit ručně	2,3	upálit ručně AC	3,7
4	odbrousit ručně	31,3	odbrousit ručně	14,3	urazit ručně	4,0	upálit ručně Gr	6,0	upálit strojně	3,0	upálit ručně Gr	4,0
5	upálit ručně Gr	38,0	upálit strojně	21,0	upálit strojně	5,0	upálit ručně AC	7,3	uříznout pilou	3,0	uříznout pilou	4,0
6	upálit ručně AC	40,3	upálit ručně Gr	21,0	upálit ručně Gr	6,0	upálit strojně	8,0	urazit ručně	3,0	urazit strojně	4,0
7	upálit strojně	42,0	upálit ručně AC	22,0	upálit ručně AC	6,3	odbrousit ručně	8,0	urazit strojně	4,0	upálit strojně	5,0

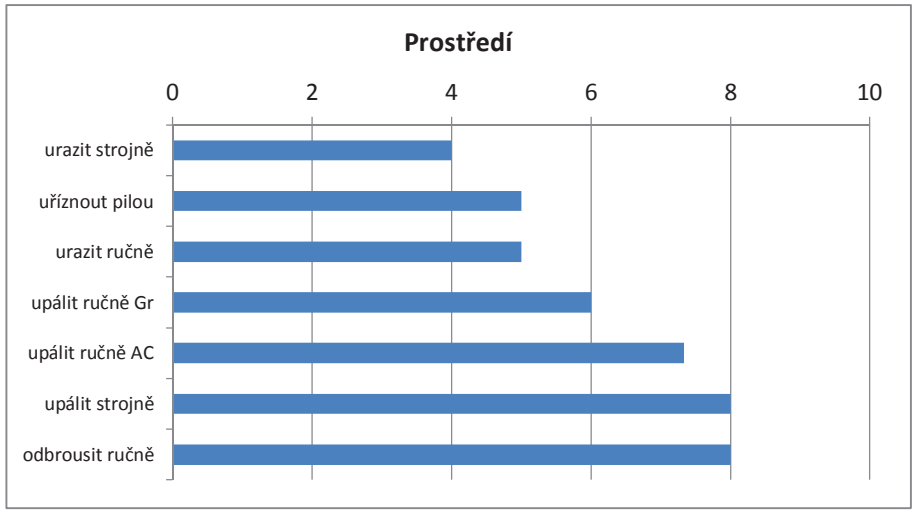
Obr. 8.2: Znázornění k. NÁKLADŮ podle technologií



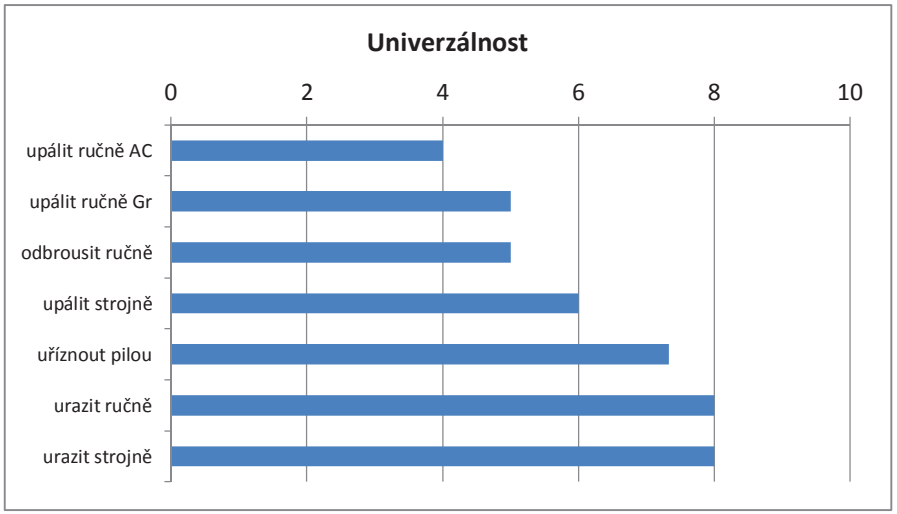
Obr. 8.3: Znázornění k. JAKOSTI podle technologií



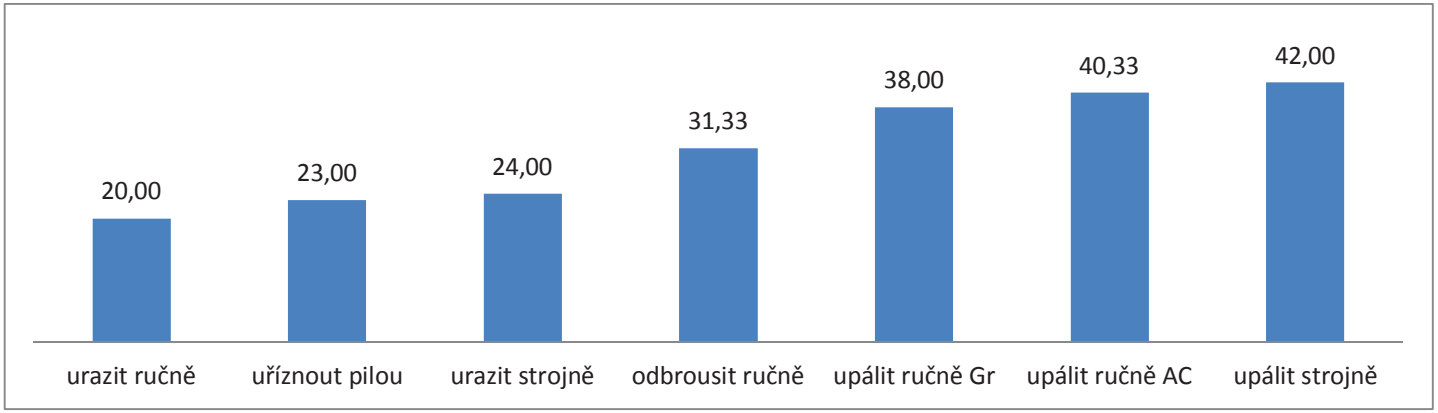
Obr. 8.4: Znázornění k. PROSTŘEDÍ podle technologií



Obr. 8.5: Znázornění k. UNIVERZÁLNOST podle technologií



Obr. 8.6: Znázornění k. CELKOVÉ HODNOCENÍ podle technologií



Tab. 8.3: Komentář k posuzovaným technologiím

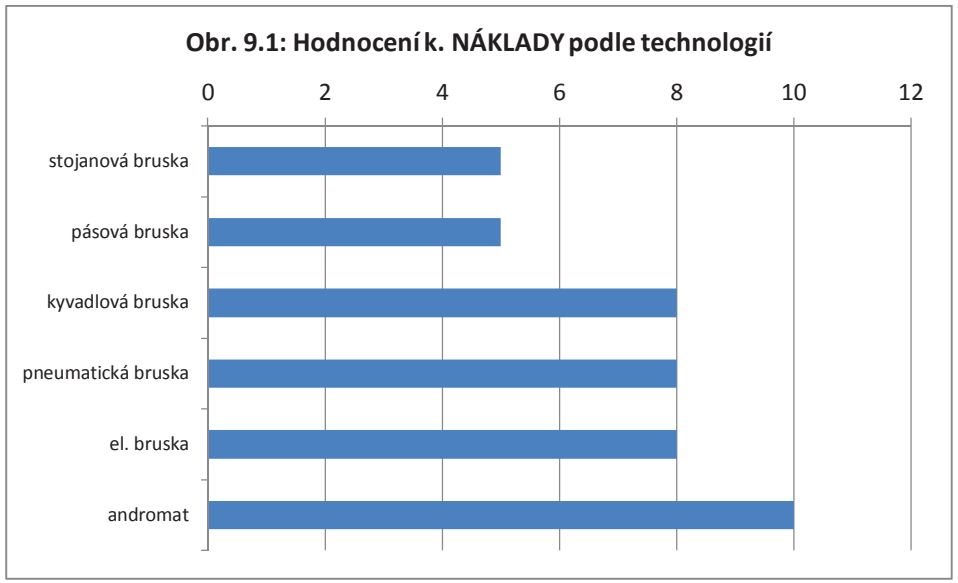
	Technologie	Komentář
	1	2
1	Urazit ručně	nákladově nenáročná metoda s minimálním vliven na jakost odlitku, nízká investice, manuálně náročná, využitelná pro nálitky malých průměrů umístěných na rovné ploše odlitku, bez ztráty materiálu,
2	Urazit strojně	nákladově nenáročná metoda s minimálním vliven na jakost odlitku, nutná investice do zařízení, využitelná pro nálitky do průměrů 400 mm umístěných na rovné ploše odlitku, bez ztráty materiálu,
3	Uříznout - pila	nákladově náročnější metoda s minimálním vlivem na jakost odlitku, nutná investice do zařízení, využitelná pro nálitky umístěných na rovné ploše odlitku, s minimální ztrátou materiálu,
4	Odbrousit ručně	nákladově náročnější metoda s minimálním vlivem na jakost odlitku, manuálně náročná, využitelná pro nálitky malých průměrů , s minimální ztrátou materiálu,
5	Upálit ručně GR	nákladově náročná metoda, vliv na jakost odlitku - teplota, zápaly, manuálně náročná, využitelná pro všechny nálitky a kapsy, se ztrátou materiálu propalem,
6	Upálit ručně AC	nákladově náročná metoda, vliv na jakost odlitku - teplota, zápaly, manuálně náročná, využitelná pro všechny nálitky a kapsy, se ztrátou materiálu propalem,
7	Upálit strojně ZP	nákladově náročná metoda vysoce výkonná, vliv na jakost odlitku - teplota, zápaly, náročná příprava, nutná investice do zařízení, využitelná pro dobře přístupné nálitky a kapsy, se ztrátou materiálu propalem,

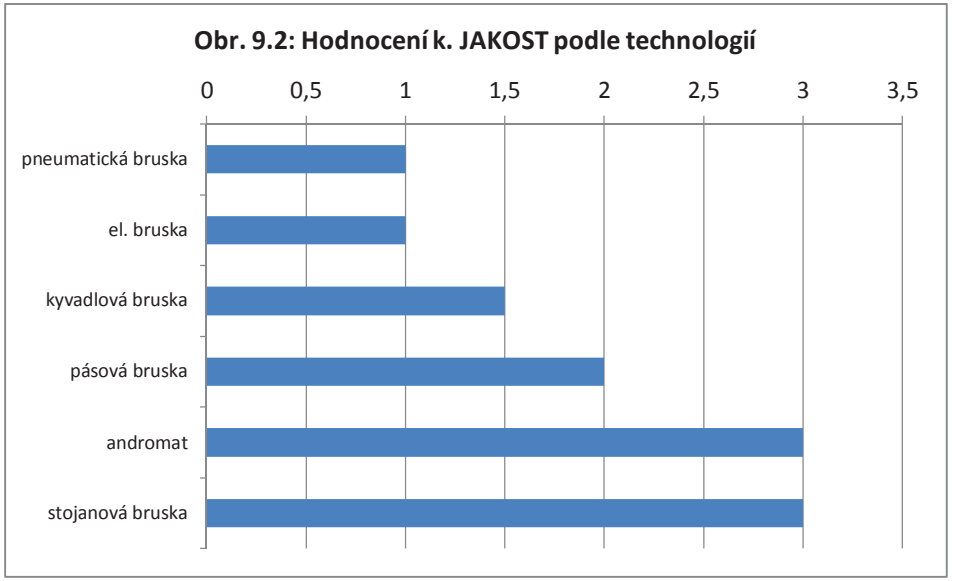
Tab. 9.2: Technologie broušení shrnutí - nově

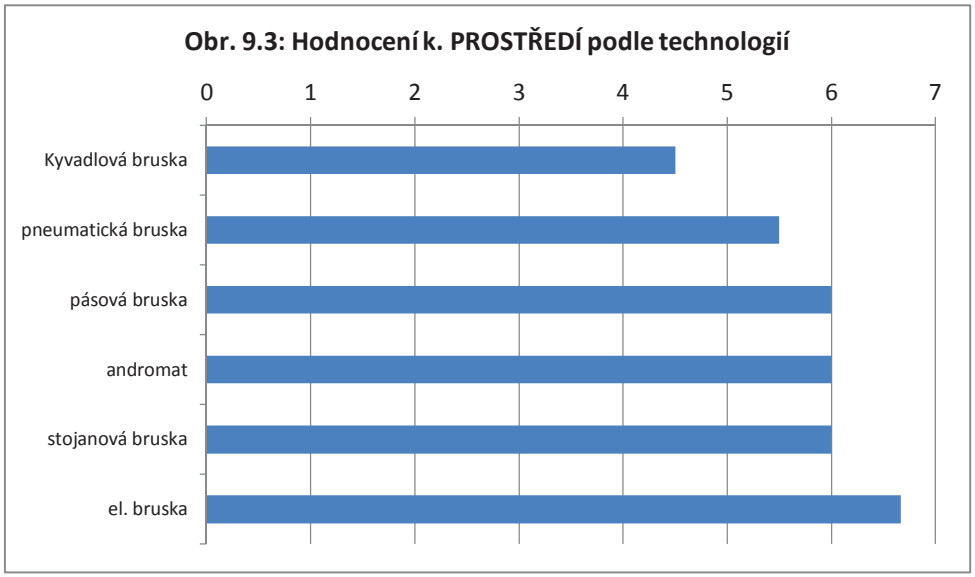
	Oblast	ruční							kyvadlová bruska		pásová bruska	stojanová bruska	strojní broušení
		pneumatická bruska				el. bruska							
		Slévárna E	Slévárna L	Slévárna F	Slévárna H	Slévárna L	Slévárna H	Slévárna F	Slévárna H	Slévárna F	Slévárna L	Slévárna L	Slévárna F
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
1	Kvalita odlitku	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3
2	Náklady osobní	3	3	4	3	2	2	4	2	3	1	1	1
3	Náklady na energii	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	1	4
4	Investice	1	1	1	2	2	1	3	2	3	4	4	5
5	Pracovní podmínky	3	2	5	2	3	3	5	1	3	3	3	2
6	Enviroment	3	2	3	2	3	3	3	2	3	3	3	4
7	Následné náklady	1	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	3
8	Předchozí náklady	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2
9	Univerzálnost použití	2	2	1	2	1	1	2	3	3	4	4	4
10	Celkem	17	16	19	18	17	17	23	15	24	21	22	28

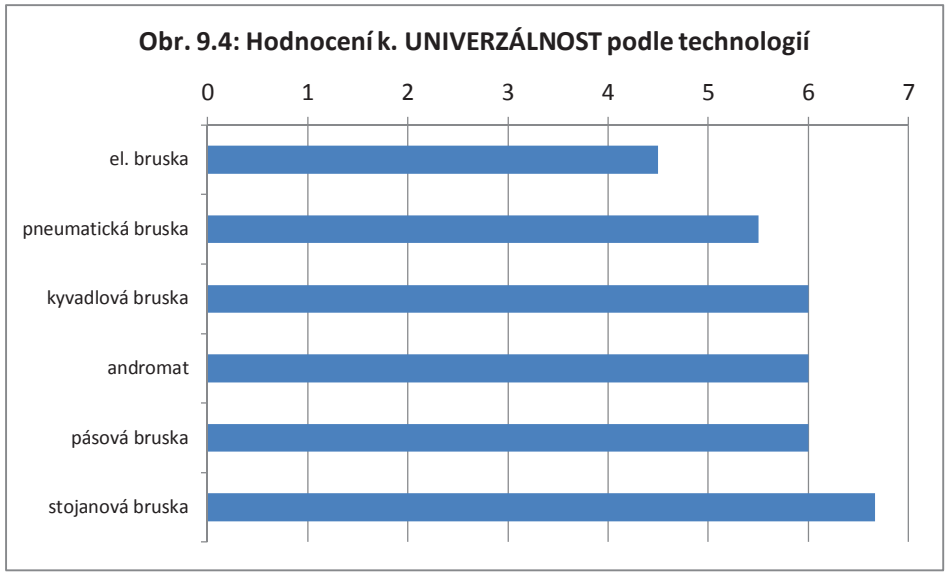
Tab. 9.3: Hodnocení technologií broušení odlitků

	Celkem		Náklady		Jakost		Prostředí		Univerzálnost		Investice	
	technol.	body	technol.	body	technol.	body	technol.	body	technol.	body	technol.	body
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	pneu. bruska	17,5	stoj.bruska	5	pneu. bruska	1,0	kvad.bruska	4,5	el. bruska	1,3	pneumatická bruska	1,3
2	el. bruska	19,0	pás.bruska	5	el. bruska	1,0	pneu. bruska	5,5	pneu. bruska	1,8	el. bruska	2,0
3	kyvad.bruska	19,5	kyvad. bruska	8	kyvad. bruska	1,5	pás.bruska	6,0	kyvadlová bruska	3,0	kyvadlová bruska	2,5
4	pásová bruska	21,0	pneu. bruska	8	pás.bruska	2,0	andromat	6,0	andromat	4,0	stojanová bruska	4,0
5	stoj.bruska	22,0	el. bruska	8	andromat	3,0	stoj.bruska	6,0	pásová bruska	4,0	pásová bruska	4,0
6	andromat	28,0	andromat	10	stoj. bruska	3,0	el. bruska	6,7	stojanová bruska	4,0	andromat	5,0

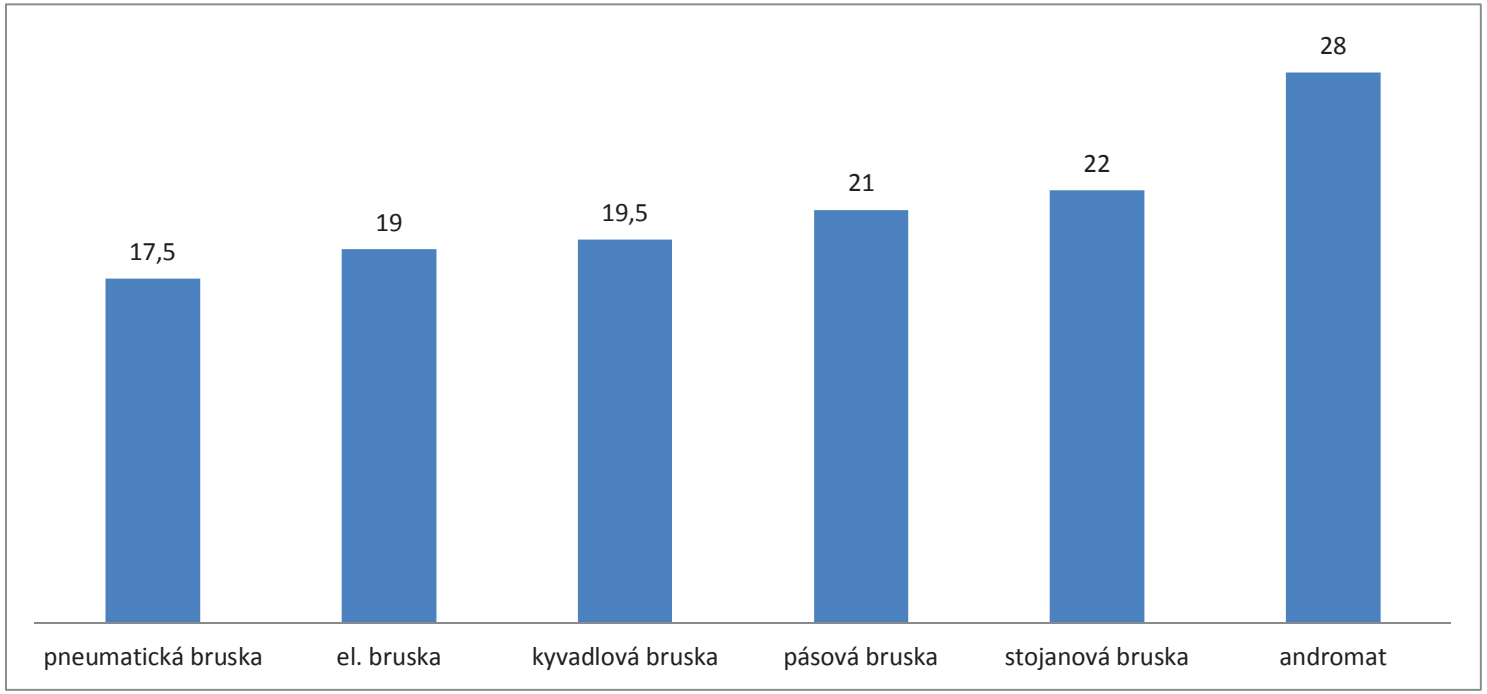

Obr. 9.1: Hodnocení k. NÁKLADY podle technologií
0
2
4
6
8
10
12
stojanová bruska
pásová bruska
kyvadlová bruska
pneumatická bruska
el. bruska
andromat


Obr. 9.2: Hodnocení k. JAKOST podle technologií
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
pneumatická bruska
el. bruska
kyvadlová bruska
pásová bruska
andromat
stojanová bruska


Obr. 9.3: Hodnocení k. PROSTŘEDÍ podle technologií
0
1
2
3
4
5
6
7
Kyvadlová bruska
pneumatická bruska
pásová bruska
andromat
stojanová bruska
el. bruska

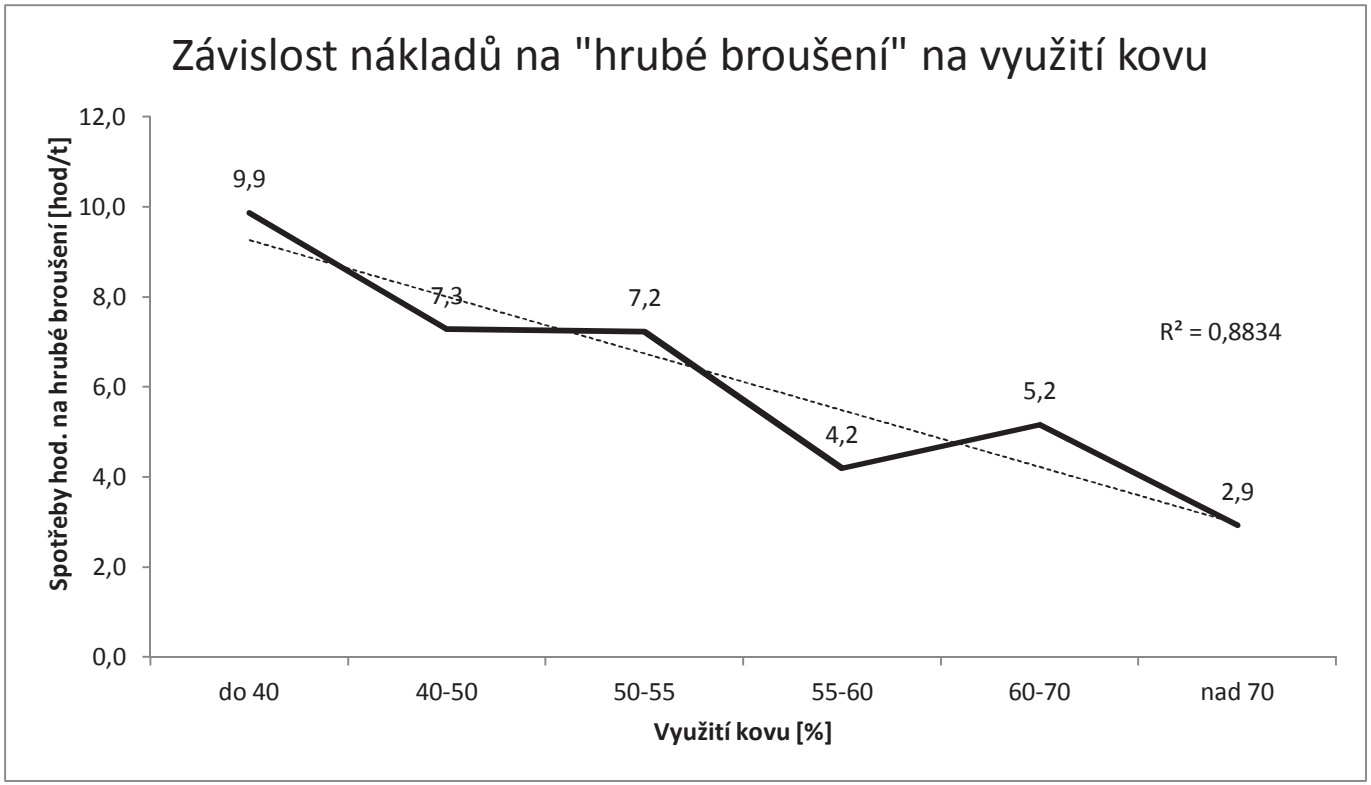

Obr. 9.4: Hodnocení k. UNIVERZÁLNOST podle technologií
0
1
2
3
4
5
6
7
el. bruska
pneumatická bruska
kyvadlová bruska
andromat
pásová bruska
stojanová bruska

Obr. 9.5: Komplexní hodnocení všech posuzovaných technologií



Tab. 9.4: Komentář k hodnoceným technologiím broušení odlitků

	Technologie	Charakteristika technologie
	1	2
1	pneumatická bruska	minimální vliv na jakost odlitku, nízká investice, manuálně náročná, univerzální, nízká pořizovací cena, zařízení na stlačený vzduch, nenáročné na údržbu,
2	el. bruska	minimální vliv na jakost odlitku, nízká investice, manuálně náročná-vyšší hmotnost brusky, univerzální, vyšší pořizovací cena, vyšší výkon,
3	el.kyvadlová bruska	minimální vliv na jakost odlitku, nízká investice, manuálně náročná, broušení přístupných míst, nízká pořizovací cena,
4	pásová bruska	minimální vliv na jakost odlitku, manuálně náročná-dle velikosti odlitku, použití zejména k rovinnému broušení, vyšší pořizovací cena, menší vibrace než stojanová bruska, bezpečná,
5	stojanová bruska	minimální vliv na jakost odlitků, slouží především k broušení malých odlitků, manuálně nenáročná, broušení přístupných míst, srážení hran, drobných výronků a nárustu odlitků, vyšší pořizovací cena, vysoký výkon, dlouhá životnost,
6	andromat	vliv na jakost odlitku - hrubý povrch - vysoký výkon (60-100 kg/hod), manuálně nenáročná - obsluha v kabině, využitelná pro větší odlitky, vysoké pořizovací náklady,


Závislost nákladů na "hrubé broušení" na využití kovu
Spotřeby hod. na hrubé broušení [hod/t]
12,0
10,0
8,0
6,0
4,0
2,0
0,0
9,9
7,3
7,2
4,2
5,2
2,9
R² = 0,8834
do 40
40-50
50-55
55-60
60-70
nad 70
Využití kovu [%]

Tab. 9.1a: Podklady k posuzování nákladovosti broušení odlitků

					roční náklady 2015					brusičské práce [hod]			Pomocné ukazatele (náročnosti)							
	Slévárna	Objem výroby (hr.hm)	Objem výroby	Celkem broušení	Osobní náklady	Energie k broušení	Brusný materiál	Náklady broušení celkem	Náklady na kg hrub. hmot.	apretace (hrubé broušení)	broušení pro NDT	Opravy	časová		energetická		spotřeba brusných materiálů		Podíl osobních nákladů	Průměrná hmotnost odlitků
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		[t]	[ks]	[hod]	[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]	**[Kč/rok]**	**[Kč/kg]**	[%]	[%]	[%]	[hod/t]	[Kč/t]	[Kč/t]	[Kč/hod]	[Kč/t]	[Kč/hod]	[Kč/ks]	[kg/ks]
1	**L**	707	77 082	6 641	1 294 995	92 754	270 384	**1 658 133**	**2,3**	94	1	5	9,4	1 832	131	14	382	41	17	9
2	**E**	4 631	75 042	29 310	5 715 450	500 000	1 814 000	**8 029 450**	**1,7**	85	5	10	6,3	1 234	108	17	392	62	76	62
3	**F**	6 000	1 818	110 000	21 450 000	3 100 000	3 700 000	**28 250 000**	**4,7**	25	27	48	18,3	3 575	517	28	617	34	11 798	3 300
4	**M**	5 735	2 980 485	31 500	6 142 500	1 650 000	1 075 000	**8 867 500**	**1,5**	85	0	15	5,5	1 071	288	52	187	34	2	1,9
5	**H: 2015**	2 443	-	31 364	6 115 980	1 031 819	377 530	**7 525 329**	**3,1**	66	4	29	12,8	2 503	422	33	155	12		
6	**H 1-7., 2016**	1 558	-	9 968	1 943 760	424 248	118 985	**2 486 993**	**1,6**	73	0	27	6,4	1 248	272	43	76	12		

Tab. 9.1b: Podklady pro posuzování "hrubého broušení"

					roční náklady 2015					brusičské práce [hod]			Pomocné ukazatele (náročnosti)							
	Slévárna	Objem výroby (hr.hm)	Objem výroby	Celkem broušení	Osobní náklady	Energie k broušení	Brusný materiál	Náklady na hrubé broušení celkem	Náklady na hrub. broušení	apretace (hrubé broušení)	broušení pro NDT	Opravy	časová		energetická		spotřeba brusných materiálů		Podíl osobních nákladů	Průměrná hmotnost odlitků
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		[t]	[ks]	[hod]	[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]	**[Kč/rok]**	**[Kč/kg]**	[%]	[%]	[%]	[hod/t]	[Kč/t]	[Kč/t]	[Kč/hod]	[Kč/t]	[Kč/hod]	[Kč/ks]	[kg/ks]
1	**L**	707	77 082	6 641	1 217 295	87 189	254 161	**1 558 645**	**2,2**	94	1	5	9,4	1 722	123	13	359	38	16	9
					78%	6%	16%													
3	**F**	6 000	1 818	27 500	5 362 500	775 000	925 000	**7 062 500**	**1,2**	25	27	48	4,6	894	129	28	154	34	2 949	3 300
					76%	11%	13%													
2	**E**	4 631	75 042	29 310	4 858 133	425 000	1 541 900	**6 825 033**	**1,5**	0,85	5	10	6,3	1 049	92	15	333	53	65	62
4	**M**	5 735	2 980 485	31 500	5 221 125	1 402 500	913 750	**7 537 375**	**1,3**	0,85	0	15	5,5	910	245	45	159	29	2	1,9
5	**H: 2015**	2 443	-	31 364	4 036 547	681 000	249 170	**4 966 717**	**2,0**	0,66	4	29	12,8	1 652	279	22	102	8		

dopočítáno z původní tabulky