

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Racionalizace výroby tvarových vložek pro lití rotorů AH100-160

RATIONALIZATION OF SHAPED SETTING BLOCK PRODUCTION FOR  
MOULDING ROTORS AH100-160

Student:

Bc. Pavel Dostál

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.

Ostrava 2016

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Pavel Dostál**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie

Specializace: 20 Strojírenská technologie

Téma: **Racionalizace výroby tvarových vložek pro lití rotorů AH100-160**  
**Rationalization of Shaped Setting Block Production for Moulding Rotors AH100-160**

Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

1. Rozbor stávající technologie výroby tvarových vložek pro lití rotorů AH100-160.
2. Návrh nové technologie výroby tvarových vložek pro lití rotorů AH100-160.
3. Technicko – ekonomický přínos navrhovaného řešení.
4. Závěry pro realizaci v praxi.

### Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] AB SANDVIK COROMANT - SANDIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Překl. M. Kudela. 1. vyd. Praha : Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
- [2] SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I. - II. doplněné vydání*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010, 138 s., ISBN 978-80-248-2278-4.
- [3] BRYCHTA J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů. 2007. Ediční středisko VŠB – TUO, 251 s. ISBN 978-80-248-1505-3.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

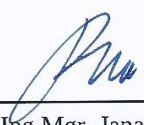
Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.**


Konzultant diplomové práce: Radek Havránek

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..... 16. 05. 2016 .....

.....  


podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 16.05.2016



.....

Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Pavel Dostál

Adresa trvalého pobytu autora práce: Třeština 67, 789 73 Úsov

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

DOSTÁL, P. *Racionalizace výroby tvarových vložek pro lití rotorů AH100-160: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2016, 71 s. Vedoucí práce: Sadílek, M.

Diplomová práce se zabývá racionalizací výroby tvarových vložek pro lití rotorů AH100-160. V teoretické části je popsána charakteristika tvarových vložek pro lití rotorů, technologie tlakového lití, rozbor stávající technologie výroby tvarových vložek AH100-160, seznámení s firmou a pracovištěm nástrojárny. Hlavní část diplomové práce je zaměřena na navrhovaný technologický postup výroby, porovnání stávajícího a navrženého postupu. Praktická část obsahuje simulace drah obrábění pro proces frézování. Závěrem práce je uveden technicko - ekonomický přínos navrženého řešení a zhodnocení práce.

## **ANNOTATION OF MASTER THESIS**

DOSTÁL, P. *Rationalization of Shaped Setting Block Production for Moulding Rotors AH100-160: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of machining, assembly and engineering metrology, 2016, 71 p. Thesis head: Sadílek, M.

The thesis is about dealing with rationalization of shaped setting block production for moulding rotors AH100-160. Theoretical part consists of description of characteristic of shaped setting block production for moulding rotors and die casting technology, as well as analysis of current production technology shaped inserts AH100-160. It includes also meeting with company and working place. The main part of the thesis is focused on proposed technological process of production, comparing existing and proposing procedures. Practical part contains simulation of toolpaths for milling process. At the end of the thesis, there are technical and economic benefits of proposed solution and evaluation of the thesis.

## **Poděkování**

Article has been done in connection with projects Education system for personal resource of development and research in field of modern trend of surface engineering - surface integrity, reg. no. CZ.1.07/2.3.00/20.0037 financed by Structural Funds of Europe Union and from the means of state budget of the Czech Republic and by project Students Grant Competition SP2016/172 and SP2016/174 financed by the Ministry of Education, Youth and Sports and Faculty of Mechanical Engineering VŠB-TUO.

Práce byla podpořena ze Studentské grantové soutěže Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava v rámci projektu SP2016/172 Vliv technologických parametrů na obrobený povrch a SP2016/174 Studium procesu obrábění progresivních materiálů s cílem zvýšit a podpořit vědecko-výzkumné aktivity studentů doktorských a magisterských studijních programů ve spolupráci s akademickými pracovníky.

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Marku Sadílkovi, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce. Dále pak firmě Siemens, s.r.o. za poskytnutí odborných konzultací a literatury.



## Obsah

Seznam použitého značení a zkratké.....	9
Úvod .....	10
1. Firma Siemens, s.r.o., odštěpný závod Mohelnice .....	10
1.1. Provoz nástrojárny .....	11
2. Charakteristika tvarových vložek pro lití rotorů .....	12
2.1. Proces výroby tvarových vložek .....	12
2.2. Koncepce tvarové vložky.....	13
2.3. Konstrukce vložky dle povahy odlitku .....	14
2.4. Životnost formy a vložky.....	15
3. Vysokotlaké lití slitin hliníku .....	16
3.1. Tlakové licí stroje využívané ve firmě Siemens: TL6-400 .....	17
3.2. Tlakové licí stroje využívané ve firmě Siemens: CLH 400.02.....	18
3.3. Tlakové licí stroje využívané ve firmě Siemens: CLH 630.02.....	19
4. Rozbor stávající technologie výroby tvarových vložek pro lití rotorů .....	20
4.0.1. Materiál pro výrobu tvarových vložek.....	21
4.1. Strojní vybavení a popis pracovišť pro výrobu tvarových vložek .....	21
4.2. Stávající technologie výroby tvarové vložky 1.1 .....	23
4.3. Stávající technologie výroby tvarové vložky 1.2 .....	25
4.4. Stávající technologie výroby tvarové vložky 2.1 .....	26
4.5. Stávající technologie výroby tvarové vložky 2.2 .....	27
4.6. Stávající technologie výroby tvarové vložky 3.1 .....	29
4.7. Stávající technologie výroby tvarové vložky 3.2 .....	31
4.8. Stávající technologie výroby tvarové vložky 4.1 .....	32
4.9. Stávající technologie výroby tvarové vložky 4.2 .....	34
5. Využití stroje TAJMAC 1260 pro novou technologii výroby tvarových vložek.....	36
5.1. Upínání nástrojů pro výrobu tvarových vložek AH100-160 .....	37
5.2. Přednastavovací přístroj GARANT VG1 .....	37
5.3. Optická obrobková sonda OMP60.....	37
6. Návrh nové technologie výroby tvarových vložek pro lití rotorů .....	38
6.1. Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 1.1n.....	39
6.1.1. Porovnání technologie tvarové vložky 1.1 a 1.1n .....	43
6.2. Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 1.2n.....	44
6.2.1. Porovnání technologie tvarové vložky 1.2 a 1.2n .....	46
6.3. Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 2.1n.....	47
6.3.1. Porovnání technologie tvarové vložky 2.1 a 2.1n .....	49
6.4. Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 2.2n.....	50
6.4.1. Porovnání technologie tvarové vložky 2.2 a 2.2n .....	52

6.5.	Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 3.1n.....	53
6.5.1.	Porovnání technologie tvarové vložky 3.1 a 3.1n .....	55
6.6.	Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 3.2n.....	56
6.6.1.	Porovnání technologie tvarové vložky 3.2 a 3.2n .....	57
6.7.	Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 4.1n.....	59
6.7.1.	Porovnání technologie tvarové vložky 4.1 a 4.1n .....	60
6.8.	Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 4.2n.....	61
6.8.1.	Porovnání technologie tvarové vložky 4.2 a 4.2n .....	63
7.	Technicko-ekonomický přínos navrhované řešení.....	64
7.1.	Technický přínos navrhovaného řešení.....	64
7.2.	Ekonomický přínos navrhovaného řešení.....	65
8.	Závěry pro realizaci v praxi.....	65
	Závěr.....	67
	Použitá literatura .....	68
	Seznam tabulek .....	70
	Seznam obrázků .....	70
	Seznam příloh .....	71



## Seznam použitého značení a zkratk

ACAD	Počítačem podporované projektování	R	Poloměr oblouku [mm]
AH100-160	Označení osových výšek elektromotorů firmy Siemens, s.r.o.	Rc	Mez kluzu [N/mm <sup>2</sup> ]
Al	Hliník	SAP	Systémy a aplikace ve zpracování dat
CNC	Číslicové řízení pomocí počítače	TIG	Svařovací metoda
ČSN	Státní technická norma České Republiky	TPV	Technická příprava výroby
DIN	Německá průmyslová norma	VAG	Diagnostický software
HB	Tvrdost podle Brinella	Ap	Hloubka řezu [mm]
HRC	Tvrdost podle Rockwella	f	Posuv [mm]
MPa	Jednotka tlaku, odvozená veličina [Pa]	ks	Kus, obor logistiky
NC	Číslicově řízené obráběcí stroje	n	Otáčky vřetena [ot/min]
Nx	Software pro simulaci obrábění	s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
PC	Osobní počítač	vc	Řezná rychlost [m/min]
PRO-E	Konstrukční software	6S	Metoda eliminace plýtvání na pracovišti
		ϕ	Průměr kružnice [mm]

## Úvod

Cílem této diplomové práce je racionalizace výroby tvarových vložek pro lití rotorů osových výšek AH100-160 pro firmu Siemens, s.r.o., odštěpný závod Elektromotory v Mohelnici. Problematiku řeším pro úsek technologie v provozu nástrojárny. Racionalizace výroby má své opodstatnění při rozvoji firmy a tím zlepšení konkurenceschopnosti na trhu. Tyto zásahy do výroby nabízí možnost využití nových technologií, které jsou přínosné jak z ekonomického hlediska, tak pro zlepšení pracovních podmínek. Práce je zaměřena na popis stávající technologie, její zhodnocení a následné zpracování nového technologického postupu, včetně programování strojů. Kromě ekonomického přínosu však musíme dbát i na kvalitu zvolené technologie a konečného výrobku. Příkladem může být citát Benjamina Franklina „*Pachut' mizerné kvality zůstává dlouho poté, co zmizí sladká chuť nízké ceny.*“ Proto nesmíme zapomínat na to, že ne vždy jednoduché a ekonomicky přijatelné řešení bude v celkovém důsledku stačit požadavkům na kvalitu a přesnost. Pro technologické postupy využiji nejmodernější strojní vybavení, kterým firma disponuje.

### 1. Firma Siemens, s.r.o., odštěpný závod Mohelnice

Firma Siemens sídlící v Mohelnici je největší závod pro výrobu nízkonapěťových asynchronních elektromotorů v Evropě. Denní produkce je téměř čtyři tisíce elektromotorů. Uplatnění motorů je především v průmyslu, hlavní využití je pro pohon čerpadel, ventilátorů, obráběcí stroje či kompresory. Díky této produkci firma zaměstnává více jak 2000 lidí a spolupracuje s regionálními dodavateli, kde zajišťuje stovky dalších pracovních míst. [6]

První zmínka o firmě pochází ze dne 30.9.1904, kdy byla založena společnost Ludwig Doczekal & Comp. – podnik pro výrobu elektrických zařízení se sídlem v Mohelnici. Z novodobé historie lze zmínit události od roku 2001, kdy byl zahájen projekt koncepce výroby elektromotorů v Evropě. 1.10.2010 zanikla společnost Siemens Elektromotory s.r.o. a závod byl začleněn jako odštěpný závod společnosti Siemens, s.r.o.. V roce 2015 byla ukončena výroba odlitků z šedé litiny. Tento krok uzavřel po padesáti letech důležitou etapu v historii závodu. [6]

## 1.1. Provoz nástrojárny

Jak již bylo zmíněno, tato diplomová práce vznikla pro potřeby provozu nástrojárny firmy Siemens s.r.o., odštěpný závod Mohelnice. Tento provoz se specializuje na několik procesů potřebných pro chod celého závodu. Mezi tyto procesy můžeme zahrnout jak konstrukční zpracování nástrojů a přípravků, tak i jejich technologické zpracování. Pořízení materiálů do zakázek technické přípravy výroby (TPV), výroba TPV v požadovaných termínech, to jsou další kritéria procesů nástrojárny. Výroba komponentů do motorů jako jsou hřídele, svazky a jiné. Samozřejmostí je externí výroba pro závody Siemens a ostatní subjekty, poslední oblast zahrnutá do procesů je prodej zakázek v SAP. [7]

Strategie provozu nástrojárny se rozděluje do několika bodů. Mezi nejdůležitější oblasti lze zařadit zvyšování technické úrovně výrobního sortimentu, rozvoj technických a výrobních kapacit a samozřejmostí je spolupráce s výrobními provozy v závodu. Nástrojárna dále spolupracuje s ostatními závody firmy Siemens Frenštát atd.. Využívá strategie Make or buy neboli ekonomické řízení výroby. Pro zlepšení kvality využívá rozvoj specialistů konstrukce a programování, zvýšení kvalifikace a odborných znalostí a zapojení do programů 6S, VAG aj.. Mezi úkoly nástrojárny zařazujeme konstrukci přípravků, nástrojů, forem tlakového lití a zatahovací techniky. Dále také výrobu forem pro tlakové lití, přípravky a nástroje. Dle dodané dokumentace výroby forem, vyráběný sortiment servisuje a opravuje. Na provozu nástrojárny pracuje 20 pracovníků v konstrukci, technologii aj.. Ve výrobních prostorách pak 66 pracovníků, kteří se specializují na obrábění, výrobní kontrolu, mechanizaci... Pro konstrukci a technologii využívají několik programů, výkresovou dokumentaci (NX, ACAD, Pro-E), programování NC strojů (NX, KOVOPROG), pro technologické postupy se využívá programu SAP. [7]



Obrázek 1. Provoz nástrojárny [7]

## 2. Charakteristika tvarových vložek pro lití rotorů

Tvarové vložky pro lití rotorů (dále jen vložky) se vždy vyrábí ve dvou provedeních, jedna přední a jedna zadní. Využívají se pro osové výšky číselně označené 100, 112, 132 a 160. Vložka po výrobě v nástrojárně přechází do provozu tlakového lití. Zde je vložena do zařízení pro vysokotlaké lití hliníku. V matici může být poskládáno více vložek najednou dle osové výšky. Jak již bylo řečeno, vložka se skládá ze dvou dílů. Ty můžeme rozdělit na pevné a pohyblivé. Pevný díl je upnut na stole a může se zde nacházet vtok. Naopak pohyblivý díl je upnut na nosiči formy, kde se nachází mechanismus na uvolnění odlitku.

### 2.1. Proces výroby tvarových vložek

Proces lze rozdělit do několika fází:

- Zákazník požaduje určité termínové, cenové a technické požadavky, které se musí dodržet, případně dojednat. Z těchto požadavků vyplývá výkres, případně 3D-model. Tato dokumentace obsahuje rozměry, tolerance a přijímací podmínky.
- V případě, že jsou odlitky obrobené, nestačí pouze dokumentace pro odlitek, ale musí se dodat i pro hotový výrobek.
- Do dalšího kroku můžeme zahrnout návrh formy a nástrojů pro zpracování, zabezpečení materiálu, plán projektu atd.
- Nedílnou součástí pak je zpracování upnutí, samostatná konstrukce vložky, konstrukce kontrolních přípravků a nástrojů.
- Důraz by měl být kladen na výrobu vložky v takové kvalitě, aby nemuselo docházet k jejímu zkoušení.
- Zkouška formy se provádí z důvodu podchycení parametrů lití z technologického hlediska, dále rozměrů, parametrů odlitků a v neposlední řadě pro kontrolu použité slitiny.

- V průběhu procesu je důležité optimalizovat vložku podle návrhu sjednaného s konstruktérem, nástrojárnou a slévárnou.
- Zpracování podkladů pro nultou sérii.
- Posledním krokem je druhá zkouška či výroba nulté série. Ověřujeme zde kontrolní a výrobní operace. Důraz klademe na přípravu vzorků s protokolem, který se zasílá zákazníkovi spolu s podklady pro sériovou výrobu. [1]

## 2.2. Koncepce tvarové vložky

Požadavky zákazníka se ve větší míře promítnou v koncepci vložky. Tyto požadavky lze rozdělit do několika faktorů a jsou předmětem jednání:

- Požadavek odlitků v celkovém a ročním čase
- Druh odlévané slitiny
- Technické požadavky, jako je tloušťka stěn, zaoblení, značení, úkosy, rozměrová přesnost atd.
- Volba dělicí roviny, násobnost formy, zaformování.
- Opěry při vytahování jader, směry pohybu jader.
- Pro poslední krok cyklu umístění vyhazovačů, vlastní způsob vyhazování.
- Hlavním kritériem je velikost licího stroje, jeho potřebný licí tlak a uzavírací síla, velikost formy.
- Z hlediska samotného lití musíme pamatovat na uspořádání vtoků a volbu průměru plnicí komory.

- Pro vtokové nařiznutí uzpůsobit průřez, nasměrování a umístění.
- Při konceptu již dopředu dohodnout, zda použijeme odvzdušnění nebo vakuování vložky.
- Jakost odlitku nám ovlivňuje temperování či chlazení vložky.
- Jakým způsobem se nanese dělicí prostředek a ošetří se vložka.
- Dalším hlavním kritériem je použitý materiál a opracování tvarových částí s ohledem na životnost.
- Jako poslední faktor můžeme uvést vyměnitelnost, údržbu a čištění dílů. [1]

### 2.3. Konstrukce vložky dle povahy odlitku

Požadavek vysoké přesnosti neznámá, že může být prakticky dodržen. U pevných či spojených rozměrů s formou můžeme dodržet i poloviční tolerance, než je uvedeno v normě. Rozměry kolmé dle normy DIN s formou nespojených rozměrů lze tolerance zmenšit o třetinu. Tyto zásady však platí, pokud máme dostatečnou tuhost formy, sílu stroje a čistotu vložky. Pohyblivá jádra by měla mít dorazy co nejvíce zapuštěny do rámu, z důvodu nebezpečí zastříknutí kovu nebo zapadnutí ořepu do prostoru dorazu. Při otevření formy hrozí samovolné vypadnutí odlitku. Žádoucí je, aby odlitek zůstal na vyhazovací části. Proto je vhodné použít podkosení tvaru, zmenšit přidržovací sílu, kterou upravíme snížením hlaviček u dřívků pevných jader. Další varianta je vytlačení odlitku z pevné poloviny hydraulikou či pružinami. Kombinace stírání jader a vyhození odlitku z dutiny se využívá při vyhazování. Poškození formy zabráníme vratnými kolíky, které zabezpečují dodržení stop po vyhazovačích. [1]

Vícenásobné formy by měli mít uspořádané vtokové systémy a rozložení dutin tak, aby dráha kovu a začátek plnění byly stejné. Zaoblením přechodů zabráníme turbulentnímu proudění kovů a zavírání vzduchu v kovu. Kruhový průřez, v kterém se nejméně sníží teplota kovu, by se měl využít při konstrukci soustavy. Vtokové nařiznutí, jeho nasměrování a umístění rozhoduje o vyplnění dutiny. Kov by neměl do formy vtékat kolmo na stěnu, ale

při plnění hlubších tvarů se může tato technologie využít. Pro lepší návrh konstrukce vtoků je nutné, aby technolog a konstruktér znal proudění a tuhnutí kovů. Tomuto problému může pomoci počítačová simulace, která však potřebuje již návrh vložky a chlazení. K odvodu forem využíváme kromě běžného odvodu i vlnovité odvodňovací vložky, valch a vakuování forem. Tyto odvodňovací technologie mají své pro a proti. Valchy z bronzu dobře odvádí teplo, tím nám kov rychleji tuhne, ale z důvodu nižší odolnosti se využívají valchy z oceli. Valcha má dobré využití při vakuování formy jako náhrada ventilu, ale její účinnost je nižší. Samotné vakuování formy má dobrý vliv na životnost vložky, jakost odlitku a při sériové výrobě je ekonomicky výhodné. Temperace vložek vodou či olejem pomocí vyššího tlaku je běžná technologie. U tenčích jader se k chlazení využívá měděná tyč nebo teplovodní trubice, tento způsob je však používán jen málo. Dělicí prostředek při ostřiku nešetrně chladí formu, páry vosku se napouštějí do formy, kde následně kondenzují na povrchu. Vosk zabraňuje přítomnosti vody, zlepšuje jakost odlitku a životnost formy. [1]

Výroba forem neprobíhá vždy ve firmě, ale jsou různé díly nakupovány či je využita kooperace. Výroba vložek, kterou se zabývá tato práce, má nejdelší průběžné časy. Proto se volí pro jejich výrobu obrábění na CNC strojích, které zaručují vysokou přesnost s rychlým průběhem výroby. 3D model zpracovaný na PC se využije při konstrukci a pro vytvoření obráběcího programu. Tímto způsobem výroby se současně obrobí složité kanály včetně zaoblení, dutiny se neleští. Častěji se využívá na opracování povrchu jemné tryskání. Po každé operaci se důsledně kontrolují rozměry na 3D měřících strojích, kontrolu dolícování provádí lícovací lis. [1]

## 2.4. Životnost formy a vložky

Dostatečná životnost je kromě tepelného zpracování a jakosti garantovaného materiálu podmíněna několika vlivy. Mezi tyto vlivy patří například plynulost výroby, použití nižšího tlaku ve vakuové formě, temperování formy a provozní podmínky. Po odlití stanovených počtů stříků je nutno důsledně provést mezižihání tvarových vložek a jader. Tento úkon zajistí odstranění vnitřního pnutí. Přetryskání dutiny po sérii zaručuje vyčištění chladicího systému a formy. Pro opravy využijeme vhodné metody svařování, jako např. pro jemnější tvary mikrosvářečky a laserové mikrosvářečky. Pro méně přesné tvary lze použít metodu TIG. Odolnost proti vymývání kovem se dá vyřešit najiskřením wolfram-karbidovými elektrodami. [1]

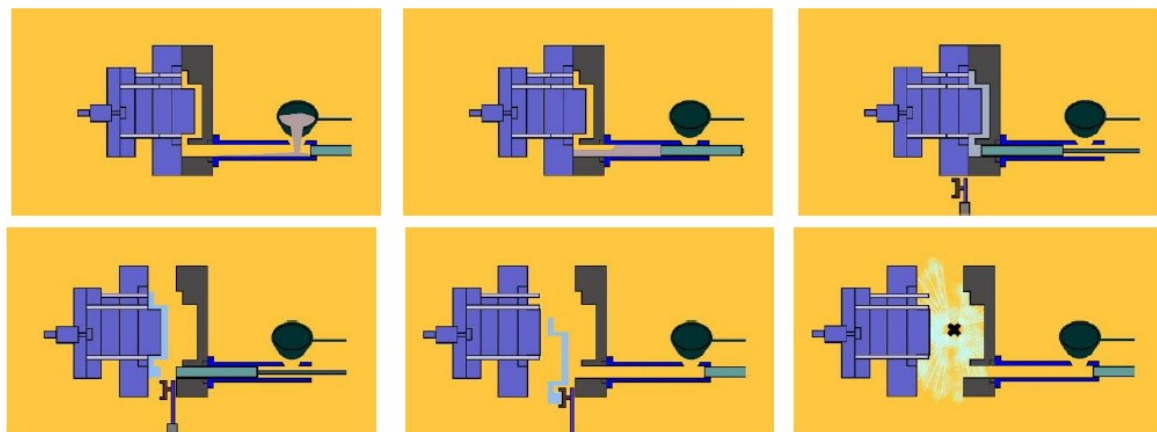


Důležité jsou vlastnosti materiálu využívané pro vložky, samozřejmostí je nízká tepelná roztažnost a dobrá tepelná vodivost. Při pracovních teplotách pak vysoká mez kluzu  $R_c$ , v provozu a tepelném zpracování malé rozměrové změny. Největší nárok je kladen na odolnost proti erozi, popouštění, tvorbě trhlinek, tepelné úpravy a opotřebení při zvýšených teplotách. Pro opětovné obnovení vložky je také dobrá lešitelnost a obrobitelnost. Kvalitu odlitku a ekonomii výroby ovlivňuje životnost a konstrukce formy. Velké náklady vložek a jejich obtížná změna konstrukce zajišťuje, že se s jejich výrobou započne, až pokud již nedojde ke změně konstrukce. [1]

### 3. Vysokotlaké lití slitin hliníku

Vysokotlaké lití je oproti nízkotlakému či gravitačnímu přesnější. Tvarová vložka se plní taveninou hliníku pod vysokým tlakem. První stroje využívali teplou komoru, kdy plnicí komora byla ponořena do taveniny. Novější způsob tlakového lití využívá studenou komoru. Slitina hliníku se vstříkuje do dutiny formy (tvarové vložky) pod vysokým tlakem, až 250 MPa. Díky této technologii můžeme odlévat výrobky s přesností 0,3-0,5 % a tloušťkou stěn 1-2 mm. Vložka musí zvládat vysoké tepelné a mechanické zatížení, proto se vyrábí z vysoce legovaných ocelí. Výrobní náklady vložky souvisejí s její vysokou životností, a proto se finančně vyplatí u velkosériové a hromadné výrobě. Jak již bylo řečeno, stroje využívají dva druhy komor, studenou a teplou. Dalším rozdělením je směr pohybu plnicího pístu, zde se setkáváme s vodorovnou či svislou komorou. Pro náš případ lití hliníku využijeme horizontální studenou komoru, která je nejvhodnější pro tuto technologii. Dávkování kovu provádíme automaticky pomocí dávkovací (udržovací) pece. Samostatné lití lze rozdělit do několika etap, které jsou u všech systémů stejné. Liší se pouze technologií, která je u jednotlivých typů využita. [2]

Samotné lití začíná uzavřením licího stroje, zajištění pohyblivých jader a je namazán licí píst. Do licí komory se nadávkuje potřebné množství taveniny. Poté proběhne lisovací proces, kdy se naplní dutina tlakové licí formy. Doba mezi lisováním a otevřením licí formy se nazývá tuhnutí, tomu napomáháme působením tlaku. Po ztuhnutí odlitku se forma otevře a pomocí podavače se odlitek umístí na dopravník, kde je připraven k dalšímu opracování. Posledním krokem je ošetření formy separační látkou a spuštění nového cyklu. Celý tento cyklus je znázorněn na obrázku 1. *Tlakové lití – licí cyklus.*



Obrázek 2. Tlakové lití - licí cyklus

### 3.1. Tlakové licí stroje využívané ve firmě Siemens: TL6-400

Firma Siemens pro kterou píše tuto diplomovou práci využívá různé typy licích strojů. V tlakové slévárně rotorů pro osovou výšku AH 160 je to stroj od firmy TOS Rakovník, typ TL6 – 400. Rok pořízení 1995 a průměrný výkon výroby rotorů 450 ks/den.

Tato řada strojů využívá horizontální studenou komoru a je určena pro tlakové lití slitin hliníku a zinku. Využití strojů je po odlitky střední až vysoké složitosti a uzavírací síla stroje činí 2500 až 7500 kN. Stroj je vybaven uzavírací jednotkou se stavitelným zadním třmenem spolu s kloubovým mechanismem pro vytvoření uzavírací síly. Uzavírací jednotka je opatřena vytahovatelným sloupem pro snadnější manipulaci s formami. Pohyblivá deska je opatřena vyrážecími válci, dodatečně je možno stroj dovybavit čtyřmi páry tahačů jader a lisovací jednotka využívá servořízení v reálném čase. Stroje jsou vybaveny vysokou úrovní zabezpečení, mohou dosáhnout lisovací síly až 750 tun a rychlosti uzávěru 500 mm/s. Rychlost lisování může být až 600 mm/s, řízení probíhá pomocí PLC a dle požadavků je stroj vybaven různými modifikacemi. [3]

Technické parametry stroje: jmenovitá uzavírací síla 4000kN, maximální uzav. síla 4500kN, maximální zdvih nosiče forem 600mm, rozměr upínacích desek 990x990mm, maximální výška formy 750mm, min. výška formy 250mm, lisovací jednotka má maximální sílu dotlaku 318kN, zdvih lisovacího pístu 480mm, maximální hmotnost nalité slitiny Al se

liší dle průměru plnicí soupravy od 2,3kg do 6,3kg, celkový příkon stroje je 40,2kW, hmotnost stroje 15500kg. [3]



Obrázek 3. Vysokotlaký licí stroj - TL6-400

### 3.2. Tlakové licí stroje využívané ve firmě Siemens: CLH 400.02

Tlakové licí centrum typ CLH 400.02 je určené pro automatické odlévání rotorů elektromotoru, včetně vkládání rotorových svazků do dutiny formy, separace odlitku od vtoku, vyjmutí odlitých rotorů z prostoru formy, vytlačení technologických odlévacích trnů z odlitých rotorů a vyjmutí rotorů a trnů z pracovního prostoru. [4]

Centrum se skládá z tlakového licího stroje, manipulátoru dávkování taveniny MDT 10.01 a vkládacího a vybíracího zařízení VVZR1. Tlakové licí centrum je řízené elektronickým rozvaděčem typu MLOG. Tlakové licí centrum je vybaveno hydraulickým, pneumatickým a elektrickým propojovacím vedením na propojení jednotlivých pracovišť a řídicího rozvaděče. [4]

CLHA 400.02 umožňuje odlévat rotory elektromotorů průměru 48 – 70 mA a délky 67 až 106 mm. Co se týče výkonu a příkonu tak čas pro pracovní cyklus je max. 50s. Celkový příkon zařízení bez pece 28 kW, celková spotřeba stlačeného vzduchu pro požadovaný tlak

0,4 až 0,6 MPa je 0,5 m<sup>3</sup>/hod. a spotřeba chladicí vody se udává na hodnotu 0,9 m<sup>3</sup>/hod. Maximální plošný rozměr stroje je udáván 7000x4200 mm, výška v nejvyšším bodě 2000 mm a hmotnost 18650 kg. [4]



Obrázek 4. Tlakový lící stroj CLH 400.02 v provozu firmy Siemens

### 3.3. Tlakové lící stroje využívané ve firmě Siemens: CLH 630.02

Tlakový lící stroj CLH 630.02 využívá firma Siemens pro největší osovou výšku AH 160, jelikož se jedná o rozměrné odlitky, odpovídají technické parametry těmto požadavkům. Přehled parametrů můžeme vidět v *tabulce 2. Technické parametry tlakového lícího stroje CLH 630.02.*

Tabulka 1. Technické parametry tlakového lícího stroje CLH 630.02 [5]

Uzavírací síla	6300 kN	Lisovací síla	146-657 kN
Zdvih nosiče forem	350-700 mm	Zdvih lisovacího pístu	520 mm
Rozměr upínacích desek	1200x1200 mm	Průměr plnicí komory	60/110 mm
Výška formy	900/350 mm	Max. hmotnost nalitého kovu Al	8,9 kg
Světlost mezi sloupy	755x755 mm	Čas cyklu naprázdno	8,5 s
Průměr sloupů	150 mm	Příkon elektromotorů	37,5 kW
Síla hydraulického vyrážače	50-330 kN	Rozměr stroje	7,9x2,4x3 m
Zdvih vyrážače	150 mm	Hmotnost	23 t

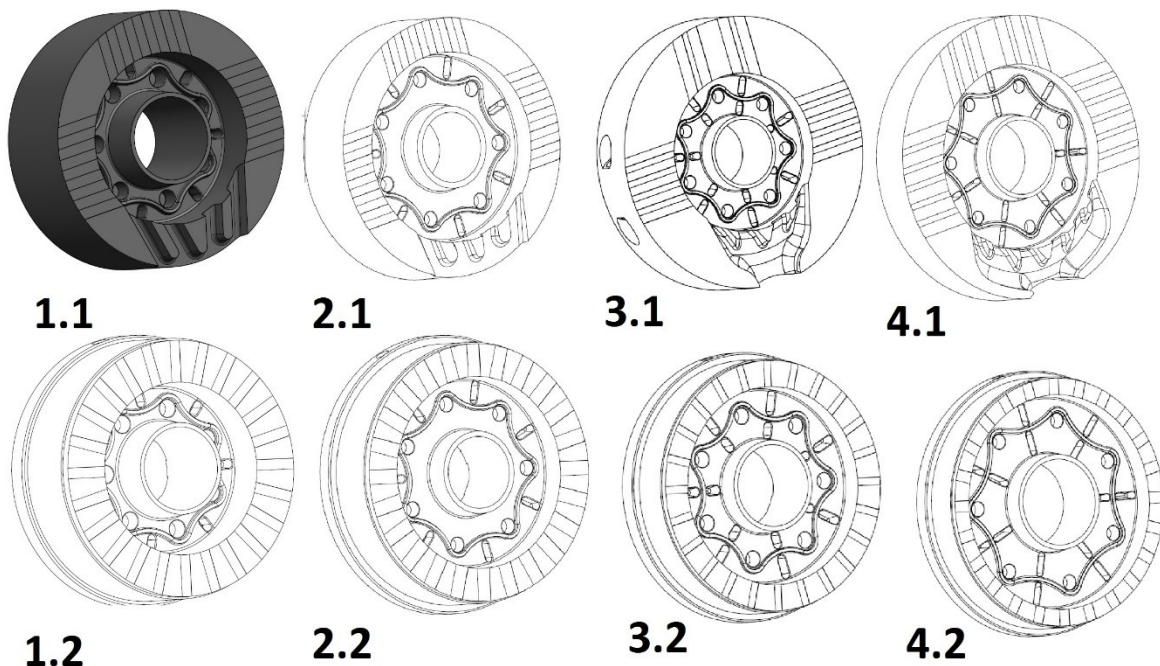
## 4. Rozbor stávající technologie výroby tvarových vložek pro lití rotorů

V této kapitole se podrobně zaměřím na stávající technologický postup výroby tvarových vložek v provozu nástrojárny. V podkapitolách se postupně rozeprší o strojním vybavením a pracovištích pro jednotlivé úkony v technologickém postupu, popíši jednotlivé osové výšky a zhodnotím stávající technologii výroby. V Tabulce 2. *Přehled tvarových vložek řešených v diplomové práci* jsou základní údaje o tvarových vložkách, které jsou předmětem této práce. Pro rozlišení jednotlivých vložek využiji číselné označení namísto firmou využitého standartu.

Tabulka 2. Přehled tvarových vložek řešených v diplomové práci

Firemní označení	Označení v Diplomové práci	Provedení	Maximální průměr [mm]	Maximální průměr vnitřního otvoru [mm]	Šířka [mm]	Materiál dle ČSN	Výkres
AH100 (Hybrid 1LE 100-2) přední	1.1	Přední	120	39	50	19552.3	Příloha č.1
AH100 (Hybrid 1LE 100-2) zadní	1.2	Zadní	127	39	50	19552.3	Příloha č.2
AH112 (Hybrid 1LE 112-4) přední	2.1	Přední	145	39,2	50	19552.3	Příloha č.3
AH112 (Hybrid 1LE 112-4) zadní	2.2	Zadní	154	40	50	19552.3	Příloha č.4
AH132 (Hybrid 1LE 132-4) přední	3.1	Přední	220	53	50	19552.3	Příloha č.5
AH132 (Hybrid 1LE 132-4) zadní	3.2	Zadní	174	53	50	19552.3	Příloha č.6
AH160 (Hybrid 1LE 160-4) přední	4.1	Přední	232	61	50	19552.3	Příloha č.7
AH160 (Hybrid 1LE 160-4) zadní	4.2	Zadní	188	61	50	19552.3	Příloha č.8





Obrázek 5. Řešené tvarové vložky 1.1 až 4.2 [Příloha č.1 až Příloha č.8]

#### 4.0.1. Materiál pro výrobu tvarových vložek

Materiál pro výrobu všem typů tvarových vložek (1.1 až 4.2) byl zvolen dle normy, ČSN 19 552.3. Norma uvádí, že se jedná o středně legovanou chrommolybdenovou nástrojovou ocel. Jakosti: W-Nr. 1.2343; DIN x38CrMoV5 1; POLDI TLH; AISI H1; BS BH1; JIS SKD6. Chemické složení: C= 0,4; Si= 1; Mn= 0,4; Cr= 5,3; Mo= 1,3; V= 0,4. Tepelné zpracování pro žhání na odstranění pnutí 600-650°C; kalící teplota 1020-1050°C; ochlazovací prostředí přetlak N<sub>2</sub> 0-3bar; dosažená tvrdost po kalení 54-55 HRC; rozmezí popouštěcích teplot 450-650°C 2x 1 hodina; žhání na měkko 780-820°C; tvrdost po žhání 200HB. [12]

#### 4.1. Strojní vybavení a popis pracovišť pro výrobu tvarových vložek

V této kapitole se zabývám popisem jednotlivých strojů využitých při stávající výrobě tvarových vložek. Pracoviště v technologických postupech jsou označena kódy, všechny osově výšky, které řeším, mají stejná označení pracoviště, liší se pouze v použitých nástrojích a parametrech. Většinu strojního vybavení využiji i v nových technologických postupech se změnami vyhovující novým kritériím.

**Pracoviště VN0411 – soustruh:** využívá model SV 18R od výrobce TOS Kuřim. Oběžný průměr nad ložem 380mm, vzdálenost hrotů 750mm, délka soustruženého kužele max. 350mm, oběžný průměr nad suportem 215mm, vrtání vřetena 40mm, kužel ve vřetenu metrický 50, kužel hrotů MORSE 3, přední konec vřetena podle ČSN M 68, šířka lože 340mm, průměr sklíčidla 165mm, průměr lícní desky 320mm, průměr unášecího kotouče 220mm, otáčky vřetena: 21° v rozsahu 14-2800 ot/min, posuvy: počet 52 podélné v rozsahu 0.02-5.6mm/ot, příčné v rozsahu 0.01-2.8mm/ot, závity: metrické, stoupání 0.2-140mm, Whitworthovy záv/1" 1/5-140, modulové modul 0.25-70, Diametral Pitch 1-224, elektromotor pro pohon stroje: počet otáček 2800, výkon 6kW, půdorysná plocha stroje: šířka 950mm, délka 2520mm, váha stroje s normálním příslušenstvím 1710kg. [8]

**Pracoviště VN0171 – kalič:** vakuová pec RDVA: dvoukomorová, maximální rozměr vsázky činní 550x370x300mm, hmotnost vsázky 100kg, maximální teplota 1020°C.

**Pracoviště VN0471 – souřadnicová vrtačka výrobce SIP:** pojezd osy x 900mm, pojezd osy y 700mm, pojezd osy z 720mm, rozměry stolu 1100x800mm.

**Pracoviště VN0564 – bruska na plocho BRH 50:** výrobce stroje firma VOJUS, základní parametr 500x1500mm, upínací plocha stolu 500x1500mm, maximální délka broušení 1500mm, maximální šířka broušení bez výběhu kotouče 640mm, maximální délka osy vřetena od stolu 675mm, otáčky vřetene 1850/min, příčný posuv 560mm, hlavní elektromotor 7,5kW, maximální zatížení stolu 700kg, hmotnost stroje 4650kg. [8]

**Pracoviště VN0551 – bruska na kulato BU28/630:** výrobce TOS Mělník, maximální průměr broušení 295mm, maximální délka broušení 630mm, maximální hmotnost obrobku 60kg, výkon hlavního elektromotoru 4kW, rozměry 2000x1450mm, hmotnost 2450kg.

**Pracoviště VN0596 – elektroerozivní hloubení AGIE Compact 3:** délka stolu 800mm, šířka stolu 600mm, max. délka pojezd x osy 500mm, max. délka pojezd y osy 350mm, max. délka pojezd z osy 500mm, max. zatížení stolu 800kg, výška stroje 2900mm, délka stroje 1880mm, šířka stroje 2870mm, hmotnost stroje 3500kg.



**Pracoviště VN0561 – bruska na plocho BPH 320A:** výrobce TOS Holice, upínací plocha stolu 320x1000mm, podélný pohyb stolu osa x 1000mm, příčný pohyb stolu osa z 320mm, svislý pohyb stolu osa y 350mm, otáčky brousícího vřetena 2280, 2600ot/min, maximální hmotnost obrobku 280kg, hmotnost stroje 3200kg.

#### 4.2. Stávající technologie výroby tvarové vložky 1.1

V příloze č.1 můžete vidět výkres součásti tvarové vložky 1.1 (přední Hybrid 1LE 100-2), materiál vložky je středně legovaná chrommolybdenová nástrojová ocel 19552.3. Celkový obvod vložky činí 120mm, průměr vnitřního otvoru 39mm. Maximální šířka tvarové vložky je 50mm.

Tabulka 3. Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 1.1 [14]

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [MIN.]	Čas zpracování [MIN.]
10	<b>VN0411</b> - Soustruh SV18R	Hrubovat povrch s přídavkem 3mm	18	75
20	<b>VN0171</b> – kalič, vakuová pec	Žíhat mezioperačně	9	15
30	<b>VN0411</b> – soustruh SV18R	Povrch a čela s přídavkem 0,4mm; otvor v ose hotově, dohotovení na frézce, pozor na hloubku zkratového kruhu 3mm musí být od zákl., zkrat. kruh hrubovat s přídavkem 0,6mm pro plochy u všech kusů stejná s ohledem na přídavek na čelech	18	60
40	<b>VN0532</b> – fréza DMC 104V	Dno zkrat. kruhu s přídavkem 0,5mm; vyhotovit vtokový kanál, vrtat díry pro závity a $\varnothing$ 10mm pro kolík, frézovat 7x hrubovat otvory pro vyvažovací kolíky, drážky lopatek dle detailu d - d hotově, na druhém čele drážku do hl. 0,5mm pro označení	30	124
50	<b>VN0944</b> – mechanik	Začistit vtokovou soustavu a drážky připravit pro kalení lopatek, řezat závity, označit	0	180
60	<b>VN0171</b> – kalič, vakuová pec	Kalit na hodnotu tvrdosti 48HRC	9	15
70	<b>VN0564</b> – bruska na plocho BPH50	Čela do roviny a na míru hotově, pozor na hloubku zkrat. kruhu	9	33
80	<b>VN0411</b> – soustruh SV18R	Začistit otvor	15	12

Tabulka 4. (pokračování) Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 1.1 [14]

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [MIN.]	Čas zpracování [MIN.]
90	<b>VN0551</b> – bruska na kulato BU28/630	Přesně střídit a povrch hotově	15	24
100	<b>VN0532</b> – fréza DMC 104V	Zkrat. kruh a otvory pro osy odvodušňovacích drážek pro brusku, vyvažovací kolíky hotově dle výkresu, rýsovat drážky	30	125
110	<b>VN0596</b> – elektroerozivní hloubení	Zkratový kruh hotově	30	240
120	<b>VN0561</b> – bruska na plochu BPH320A	Odvzdušňovací drážky hotově	18	30
130	<b>VN0944</b> - mechanik	Srazit hrany, potřebné upravit, připravit pro kalení	0	150
140	<b>EXTERNÍ</b>	Oxidace, žíhat 3 hodiny mat.19552		
150	<b>VN0944</b> - mechanik	Kontrolovat po kalení, naklepnout kolík, nakonzervovat	9	15

Name	TOOL_ID	TOOL_TYPE	CUTTER DIAM	SPINDLE_SPEED	CUT_FEED	TOOL_COMMENT
FSETP0	-	-	[mm]	S[ot/min]	F[mm/min]	
OP010	-	-	-	-	-	
HRUB_VTOKY	D6X15X57_PSF_LK30_HG	BULL MILL	6	1542	1684	D6x15x57 PROTOSTAR FLASH<=55 HRc
DOHRUB_VTOKY	D4X11X57_PSF_LK25_HG	BULL MILL	4	1530	1311	H3094718-4 FLASH <=55 HRc
HRUB_ROVNANI	D6X15X57_PSF_LK30_HG	BULL MILL	6	1542	1684	D6x15x57 PROTOSTAR FLASH<=55 HRc
ZKRAT_PRUM	D8X30X100_R1-D12_32	MILLING	8	523	108	PROG. PRUMER PRO KOREKCI D8 =<=55 HRc
ZKRAT_PRUM1	D8X30X100_R1-D12_32	MILLING	8	523	108	PROG. PRUMER PRO KOREKCI D8 =<=55 HRc
DOHRUB_ROVNANI	D3X15X60_R1_5_KUL_TAX	BALL MILL	3	9019	830	D6x3 R1.5 - KUL. WALTER-H4046918-3-15 TAX
ZUB-1	D4X8X70-R2_LK_12_HG	BALL MILL	4	10500	1100	HHW-Nr.16.625.105 - <=65 HRc
ZUB-2	D4X8X70-R2_LK_12_HG	BALL MILL	4	10500	1100	HHW-Nr.16.625.105 - <=65 HRc
ZUB-3	D4X8X70-R2_LK_12_HG	BALL MILL	4	10500	1100	HHW-Nr.16.625.105 - <=65 HRc
VTOK_LS	D4X8X70-R2_LK_12_HG	BALL MILL	4	10500	1100	HHW-Nr.16.625.105 - <=65 HRc
VTOK_PS	D4X8X70-R2_LK_12_HG	BALL MILL	4	10500	1100	HHW-Nr.16.625.105 - <=65 HRc
DNO_VTOKU	D4X8X70-R2_LK_12_HG	BALL MILL	4	10500	1100	HHW-Nr.16.625.105 - <=65 HRc
TVAR_ROVNANI-HOT	D4X11X57_R05_H50_WALTER	BULL MILL	4	4273	644	4x11x57/R0.5 - H50 ULTRA -H8082228-4-0.5
TVAR_ROVNANI-HOT_1	D2_5X12_5X60_WALTER	BULL MILL	2.5	5259	640	D2.5x12.5x60 -H4044918-2.5-12.5
HRUB_ZKRAT_KRUH	D2X15X60-R1_LK_23_HG	BALL MILL	2	5259	640	H4046918-2-15 <55HRc
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
ZKRAT_KRUH-DOHOT-1	D2X15X60-R1_LK_23_HG	BALL MILL	2	5259	640	H4046918-2-15 <55HRc
-	-	-	-	-	-	
ZKRAT_KRUH-DOHOT-2	D2X15X60-R1_LK_23_HG	BALL MILL	2	5259	640	H4046918-2-15 <55HRc
-	-	-	-	-	-	
ZKRAT_KRUH-DOHOT-3	D2X15X60-R1_LK_23_HG	BALL MILL	2	5259	640	H4046918-2-15 <55HRc
-	-	-	-	-	-	
ZKRAT_KRUH-DOHOT-4	D2X15X60-R1_LK_23_HG	BALL MILL	2	5259	640	H4046918-2-15 <55HRc
-	-	-	-	-	-	
ZKRAT_KRUH-DOHOT-5	D2X15X60-R1_LK_23_HG	BALL MILL	2	5259	640	H4046918-2-15 <55HRc
-	-	-	-	-	-	
ZKRAT_KRUH-DOHOT-6	D2X15X60-R1_LK_23_HG	BALL MILL	2	5259	640	H4046918-2-15 <55HRc
-	-	-	-	-	-	
ZKRAT_KRUH-DOHOT-7	D2X15X60-R1_LK_23_HG	BALL MILL	2	5259	640	H4046918-2-15 <55HRc
DNO_ZKRAT-HOT	D4X11X57_R05_H50_WALTER	BULL MILL	4	4273	644	4x11x57/R0.5 - H50 ULTRA -H8082228-4-0.5
DNO_ZKRAT-HOT_1	D4X11X57_R05_H50_WALTER	BULL MILL	4	4273	644	4x11x57/R0.5 - H50 ULTRA -H8082228-4-0.5
FSETP1	-	-	-	-	-	
OP020	-	-	-	-	-	
HOT_ZKRAT_KRUH	D2X20X75-R1_LK39_HG	BALL MILL	2	9868	691	H8006428-2 48-63 HRc
HOTOVE-R1	D2X20X75-R1_LK39_HG	BALL MILL	2	9868	691	H8006428-2 48-63 HRc

Obrázek 6. Seznam nástrojů pro výrobu vložky 1.1 a 1.2 [15]

### 4.3. Stávající technologie výroby tvarové vložky 1.2

Příloha č.2 obsahuje výkres zadní tvarové vložky 1.2 pro lití rotorů (HYBRYD 1LE 100-2), materiál vložky je středně legovaná chrommolybdenová nástrojová ocel 19552.3. Oproti vložce přední stejného typu se vložka liší tvarem a některými rozměry. Maximální průměr vložky činí 127mm, vnitřní otvor má průměr 39mm a maximální šířka vložky je 50mm.

Tabulka 5. Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 1.2 [14]

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [MIN.]	Čas zpracování [MIN.]
10	<b>VN0411</b> - Soustruh SV18R	Hrubovat plochy s přídavkem 2mm	15	75
20	<b>VN0171</b> – kalič, vakuová pec	Žíhat mezioperačně	0	15
30	<b>VN0411</b> - Soustruh SV18R	Obrábět $\varnothing 122f7$ a čela s přídavkem 0,4mm, otvor hotově, osazení 12 +0,6mm; zkratový kruh hrubuje s přídavkem 0,6mm, pro dohotovení na frézce, hloubku zkrat. kruhu s přídavkem 3,5mm musí být od zákl. plochy u všech kusů stejná s ohledem na přídavek na čelech	12	60
40	<b>VN0532</b> – fréza DMC 104V	Dno zkrat. kruhu hotově, hrubovat otvory pro vyvažovací kolíky s přídavkem 0,2mm; $\varnothing 8h7$ pro kolík hotově, frézovat 7x drážky lopatek dle detailu hotově, na druhém čele drážku do hloubky 0,5mm pro označení	21	200
50	<b>VN0944</b> – mechanik	Označit, připravit pro kalení	0	21
60	<b>VN0171</b> – kalič, vakuová pec	Kalit na hodnotu 48HRc	0	15
70	<b>VN0564</b> – bruska na plocho BPH50	Čela do roviny a na míru hotově, pozor na hloubku zkrat. kruhu	9	33
80	<b>VN0411</b> - Soustruh SV18R	Osazení na míru 12 s přídavkem 0,05mm a zápich hotově, otvor začistit	12	18
90	<b>VN0551</b> – bruska na kulato BU28/630	Přesně středit a povrch hotově	12	24
100	<b>VN0532</b> – fréza DMC 104V	Zkrat. kruh a otvory pro vyvažovací kolíky hotově dle výkresu, rýsovat osy od vzdušňovacích drážek pro brusku	21	30
110	<b>VN0596</b> – elektroerozivní hloubení	Zkratový kruh hotově	15	240

Tabulka 6. (pokračování) Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 1.2 [14]

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [MIN.]	Čas zpracování [MIN.]
120	<b>VN0561</b> – bruska na plocho BPH320A	Odvzdušňovací drážky hotově	9	36
130	<b>VN0944</b> – mechanik	Srazit hrany, potřebné upravit, připravit pro kalení	0	138
140	<b>VN0171</b> – kalič, vakuová pec	Natřít metalstarem, dát do pece při teplotě 300°		30
150	<b>VN0944</b> – mechanik	Kontrolovat po kalení, naklepat kolík, nakonzervovat	0	15

#### 4.4. Stávající technologie výroby tvarové vložky 2.1

V příloze č. 3 je výkres tvarové vložky 2.1 (přední HYBRID 1LE 112-4), materiál vložky je středně legovaná chrommolybdenová nástrojová ocel 19552.3. Maximální průměr činí 145mm, průměr otvoru 39,2mm, šířka vložky 50mm.

Tabulka 7. Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 2.1 [14]

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [MIN.]	Čas zpracování [MIN.]
10	<b>VN0411</b> - Soustruh SV18R	Hrubovat plochy přídavek 3mm	18	75
20	<b>VN0171</b> – kalič, vakuová pec	Žíhat mezioperačně	9	15
30	<b>VN0411</b> - Soustruh SV18R	Povrch a čela přídavek 0,4mm; otvor hotově, zkrat. kruh hrubovat 0,6mm pro dohotovení na frézce, pozor hloubka zkrat. Kruhu 3mm musí být od zákl. plochy u všech kusů stejná s ohledem na přídavek na čelech	18	60
40	<b>VN0532</b> – fréza DMC 104V	Dno zkrat. kruhu s přídávkem 0,5mm; hrubovat otvory pro vyvažovací kolíky 0,2mm; vyhotovit vtokový kanál, vrtat díry pro závity a $\varnothing$ 10mm pro kolík, frézovat 7x drážky lopatek dle detailu hotově, na druhém čele drážku do hloubky 0,5mm pro označení	60	165

Tabulka 8. (pokračování) Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 2.1 [14]

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [MIN.]	Čas zpracování [MIN.]
50	<b>VN0944</b> – mechanik	Začistit vtokovou soustavu a drážky připravit pro kalení lopatek, řezat závity, označit	0	90
60	<b>VN0171</b> – kalič, vakuová pec	Kalit na hodnotu 48HRc	9	15
70	<b>VN0564</b> – bruska na plocho BPH50	Čela do roviny a na míru hotově, pozor na hloubku zkrat. kruhu	9	33
80	<b>VN0411</b> - Soustruh SV18R	Otvor začistit	15	12
90	<b>VN0551</b> – bruska na kulato BU28/630	Přesně středit a povrch hotově	15	24
100	<b>VN0532</b> – fréza DMC 104V	Zkrat. kruh a otvory pro vyvažovací kolíky hotově dle výkresu, rýsovat osy odvzdušňovacích drážek pro brusku	30	125
110	<b>VN0596</b> – elektroerozivní hloubení	Zkratový kruh hotově	30	240
120	<b>VN0561</b> – bruska na plocho BPH320A	Odvzdušňovací drážky hotově	18	30
130	<b>VN0944</b> – mechanik	Dohotoví po frézování R0,3 u otvoru a R0,5 u drážky, odjehlít, odmagnetovat, leštit, potřebné upravit, připravit pro kalení	0	90
140	<b>EXTERNÍ</b>	Oxidace, žíhat 3 hodiny materiál 19552		
150	<b>VN0944</b> – mechanik	Kontrolovat po kalení, naklepat kolík, nakonzervovat	0	21

#### 4.5. Stávající technologie výroby tvarové vložky 2.2

V příloze č. 4 je výkres tvarové vložky 2.2 (zadní HYBRID 1LE 112-4), materiál vložky je středně legovaná chrommolybdenová nástrojová ocel 19552.3. Vložka v maximálním průměru měří 154mm, průměr vnitřního otvoru v ose je 40mm, celková šířka vložky činí 50mm.

Tabulka 9. Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 2.2 [14]

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [MIN.]	Čas zpracování [MIN.]
10	<b>VN0411</b> Soustruh SV18R	Hrubovat plochy s přídávkem 2mm	15	75
20	<b>VN0171</b> – kalič, vakuová pec	Žíhat mezioperačně	0	15
30	<b>VN0411</b> Soustruh SV18R	Obrábět $\varnothing 145f7$ a čela s přídávkem 0,4mm; otvor hotově, osazení 12+0,6mm; zkratový kruh hrubuje přídavek 0,8mm pro dohotovení na frézce, pozor hloubka zkrat. kruhu 3,5mm musí být od zákl. plochy u všech kusů stejná s ohledem na přídavek na čelech, $\varnothing 143$ a $\varnothing 156,6$ hotově	18	60
40	<b>VN0771</b> - vrtačka	Vrtat díru z boku pro kolík $\varnothing 8h7$	18	60
50	<b>VN0532</b> – fréza DMC 104V	Dno zkrat. kruhu s přídávkem 0,5mm; hrubovat otvory pro vyvažovací kolíky frézovat drážky lopatek dle detailu hotově, odlehčení $\varnothing 12,2$ a $\varnothing 12h7$ pro zátky hotově, na spodní straně drážku pro označení	30	150
60	<b>VN0944</b> – mechanik	Označit, připravit pro kalení	0	21
70	<b>VN0171</b> – kalič, vakuová pec	Kalit na hodnotu 48HRc	0	15
80	<b>VN0564</b> – bruska na plocho BPH50	Čela do roviny a na míru hotově, pozor na hloubku zkrat. kruhu	9	30
90	<b>VN0411</b> Soustruh SV18R	Osazení na míru 12-0,03mm; zápich hotově dle výkresu, vyčistit otvor	15	18
100	<b>VN0551</b> – bruska na kulato BU28/630	Přesně středit a povrch hotově	12	24
110	<b>VN0532</b> – fréza DMC 104V	Zkrat. kruh, otvory pro vyvažovací kolíky a $\varnothing 12h7$ pro zátky hotově dle výkresu, na předním čele rýsuje osy odvodňovacích drážek pro brusku na zadním čele frézovat odvodňovací drážky hotově	30	150
120	<b>VN0561</b> – bruska na plocho BPH320A	Odvodňovací drážky hotově	18	36
130	<b>VN0944</b> – mechanik	Dohotovit po frézování R0,3 u otvoru a R0,5 u drážky, odjehlit, nalisovat zátky, připravit pro brusku	0	180



Tabulka 10. (pokračování) Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 2.2 [14]

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [MIN.]	Čas zpracování [MIN.]
140	<b>VN0564</b> – bruska na plocho BPH50	Na zadním čele brousit zátky do roviny a na míru dle mechanika	9	30
150	<b>VN0171</b> – kalič, vakuová pec	Natřít metalstarem, do pece při teplotě 300°C		30
160	<b>VN0944</b> – mechanik	Kontrolovat po kalení, naklepat kolík, nakonzervovat	9	15

Name	TOOL_ID	TOOL_TYPE	CUTTER_DIAM	SPINDLE_SPEED	CUT_FEED	TOOL_COMMENT
FSETP0	-	-	[mm]	S[ot/min]	-F[mm/min]	
OP010	-	-	-	-	-	
ZKRAT_PRUM	D15X35X100_R1_4ST_D20	MILLING	15	523	108	FREZA D15/R1/4st.
HRUB_ZK	D8X20X63_PSF_LK27_A100_WAL	BULL MILL	8	1260	1874	D8x20x63 PROTOSTAR FLASH <=55 HRc
HRUB_CELA-R	D8X20X63_PSF_LK27_A100_WAL	BULL MILL	8	1260	1874	D8x20x63 PROTOSTAR FLASH <=55 HRc
DOHRUB_ZK	D4X11X57_PSF_LK25_HG	BULL MILL	4	1530	1311	H3094718-4 FLASH <=55 HRc
HRUB_VTOKU	D5X13X57_PSF_LK21_HG	BULL MILL	5	1454	1611	D5x13x57 PROTOSTAR FLASH <=55 HRc
SURFACE_MILL	D4X8X70-R2_LK_12_HG	BALL MILL	4	10500	1100	HHW-Nr. 16.625.105 - <=65 HRc
SURFACE_MILL1	D4X8X70-R2_LK_12_HG	BALL MILL	4	10500	1100	HHW-Nr. 16.625.105 - <=65 HRc
MIRROR_SURFACE_MILL	-	-	-	10500	1100	
MIRROR_SURFACE_MILL1	-	-	-	10500	1100	
SURFACE_MILL2	D4X8X70-R2_LK_12_HG	BALL MILL	4	10500	1100	HHW-Nr. 16.625.105 - <=65 HRc
SURFACE_MILL3	D4X8X70-R2_LK_12_HG	BALL MILL	4	10500	1100	HHW-Nr. 16.625.105 - <=65 HRc
FSETP1	-	-	-	-	-	
OP020	-	-	-	-	-	
ROVNANI	D4X11X57-R0_5_LK23_TU_A80	BULL MILL	4	4273	644	H8082228-4-0.5 H50 ULTRA 48-63 HRc
ROVNANI1	D4X11X57-R0_5_LK23_TU_A80	BULL MILL	4	4273	644	H8082228-4-0.5 H50 ULTRA 48-63 HRc
FACE	D4X11X57-R0_5_LK23_TU_A80	BULL MILL	4	4273	644	H8082228-4-0.5 H50 ULTRA 48-63 HRc

Obrázek 7. Seznam nástrojů pro výrobu tvarové vložky 2.1 a 2.2 [15]

#### 4.6. Stávající technologie výroby tvarové vložky 3.1

Příloha č.5 obsahuje výkres tvarové vložky 3.1 (přední HYBRID 1LE 132-4), materiál vložky je středně legovaná chrommolybdenová nástrojová ocel 19552.3. Tato osová výška má největší průměr 220mm, průměr otvoru ve středu vložky je 53mm a maximální šířka vložky činí 50mm.



Tabulka 11. Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 3.1 [14]

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [MIN.]	Čas zpracování [MIN.]
10	VN0411 Soustruh SV18R	Hrubovat plochy přídavek 3mm	12	60
20	VN0171 – kalič, vakuová pec	Žíhat mezioperačně	0	21
30	VN0411 Soustruh SV18R	Povrch a čela přídavek 0,5mm; otvor hotově, zkratový kruh hrubovat 0,8mm pro dohotovení na frézce, pozor hloubka zkrat. kruhu 4mm musí být od zákl. plochy u všech kusů stejná s ohledem na přídavek na čelech	12	45
40	VN0532 – fréza DMC 104V	Dno zkrat. kruhu s přídávkem 0,5mm; hrubovat otvory pro vyvažovací kolíky, vyhotovit vtokový kanál, vrtat díry pro závity a 2x $\varnothing 10+0,03$ mm; hrubovat $\varnothing 110$ mm; dohotovit drážky vtoku, frézovat drážky lopatek hotově, drážku pro označení do hloubky 0,5mm hotově	21	230
50	VN0471 – vrtačka SIP	Předvrtat pro chladicí kanály, na zadním čele rýsovat osy chladících kanálů pro mechanika, zahloubení 20mm hotově	15	90
60	VN0944 – mechanik	Vrtat chladicí kanály, řezat závity z boku, označit, upravit, přešetřit vtok, připravit pro kalení	0	210
70	VN0171 – kalič, vakuová pec	Kalit na hodnotu 48HRc	0	30
80	VN0564 – bruska na plocho BPH50	Plochy do roviny a na míru dle výkresu, pozor na hloubku lopatek	9	45
90	VN0411 - Soustruh SV18R	Čistit otvor	12	12
100	VN0551 – bruska na kulato BU28/630	Povrch hotově	12	36
110	VN0532 – fréza DMC 104V	Zkratový kruh a otvory pro vyvažovací kolíky hotově dle výkresu, $\varnothing 110h7$ hotově dle výkresu, rýsovat osy od vzdušňovacích drážek pro brusku	21	183
120	VN0596 – elektroerozivní hloubení	Lopatky hotově dle výkresu	15	420
130	VN0561 – bruska na plocho BPH320A	Odvzdušňovací drážky hotově	9	36
140	VN0944 – mechanik	Dohotovit po frézování R0,3 u otvoru a R1 u drážky, otryskat, odjehlit, odmagnetovat, připravit pro kalení	0	150
150	VN0171 – kalič, vakuová pec	Natřít metalstarem, do pece na 300°C	0	30
160	VN0944 – mechanik	Ucpat nežádoucí otvory chlazení zátkami, kontrolovat po kalení, nakonzervovat	0	15

#### 4.7. Stávající technologie výroby tvarové vložky 3.2

V příloze č.6 se nachází výkres tvarové vložky 3.2 (zadní HYBRID 1LE 132-4), materiál vložky je středně legovaná chrommolybdenová nástrojová ocel 19552.3. Maximální průměr je 174mm, průměr otvoru 53mm, šířka vložky 50mm.

Tabulka 12. Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 3.2 [14]

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [MIN.]	Čas zpracování [MIN.]
10	VN0411 - Soustruh SV18R	Hrubovat plochy přídavek 3mm	12	60
20	VN0171 – kalič, vakuová pec	Žíhat mezioperačně	9	24
30	VN0411 - Soustruh SV18R	Obrábět $\varnothing 164f7$ a čela přídavek 0,4mm; otvor hotově, osazení 15+0,6mm; zkratový kruh hrubovat přídavek 0,8mm pro dohotovení na frézce, pozor hloubka zkrat. kruhu 4mm musí být od zákl. plochy u všech kusů stejná s ohledem na přídavek na čelech, $\varnothing 162mm$ hotově	18	60
40	VN0471 – vrtačka SIP	Vrtat díru z boku pro kolík $\varnothing 8h7$	18	12
50	VN0532 – fréza DMC 104V	Dno zkrat. kruhu s přídavkem 0,5mm; hrubovat otvory pro vyvažovací kolíky, frézovat drážky lopatek hotově, drážku pro označení do hloubky 0,5mm hotově	60	150
60	VN0944 – mechanik	Označit, upravit, připravit pro kalení	0	21
70	VN0171 – kalič, vakuová pec	Kalit na hodnotu 48HRc	9	30
80	VN0564 – bruska na plocho BPH50	Plochy do roviny a na míru (50+0,03mm) dle výkresu, pozor na hloubku lopatek	9	39
90	VN0411 - Soustruh SV18R	Osazení na míru 15-0,03mm; zápich hotově dle výkresu, vyčistit otvor	15	18
100	VN0551 – bruska na kulato BU28/630	Povrch hotově	15	27
110	VN0532 – fréza DMC 104V	Zkrat. kruh, otvory pro vyvažovací kolíky a $\varnothing 14h7$ pro zátky hotově dle výkresu, na předním čele rýsovat osy odvzdušňovacích drážek pro brusku, na zadním čele frézovat odvzdušňovací drážky hotově	60	75
120	VN0596 – elektroerozivní hloubení	Lopatky hotově dle výkresu	30	450

Tabulka 13. (pokračování) Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 3.2 [14]

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [MIN.]	Čas zpracování [MIN.]
130	VN0561 – bruska na plochu BPH320A	Odvzdušňovací drážky hotově	18	36
140	VN0944 – mechanik	Dohotovit po frézování R0,3 u otvoru a R1 u drážky, otryskat, odjehlit, odmagnetovat, připravit pro kalení	0	180
150	VN0564 – bruska na plochu BPH50	Na zadním čele brousit zátky do roviny a na míru dle mechanika	9	30
160	VN0171 – kalič, vakuová pec	Natřít metalstarem, vložit do pece na 300°C	0	60
170	VN0944 – mechanik	Ucpat nežádoucí otvory chlazení zátkami, kontrolovat po kalení, nakonzervovat	0	15

Name	TOOL_ID	TOOL_TYPE	CUTTER_DIAM	SPINDLE_SPEED	CUT_FEED	TOOL_COMMENT
FSETP0	-	-	-[mm]	-S[ot/min]	F[mm/min]	
OP010	-	-	-	-	-	
ZKRAT_PRUM_000	D15X35X100_R1_4ST_D20	MILLING	15	523	108	FREZA D15/R1/4st.
ZKRAT_PRUM1_000	D15X35X100_R1_4ST_D20	MILLING	15	523	108	FREZA D15/R1/4st.
HRUB_ZKRAT_DNO	D8X20X63_PSF_LK27_A100_WAL	BULL MILL	8	1260	1874	D8x20x63 PROTOSTAR FLASH<=55 HRc
LOCAL_MILLING1	D5X13X57_PSF_LK21_HG	BULL MILL	5	1454	1611	D5x13x57 PROTOSTAR FLASH<=55 HRc
HRUB_TVARU	D8X20X63_PSF_LK27_A100_WAL	BULL MILL	8	1260	1874	D8x20x63 PROTOSTAR FLASH<=55 HRc
DOHRUB_TVARU	D5X13X57_PSF_LK21_HG	BULL MILL	5	1454	1611	D5x13x57 PROTOSTAR FLASH<=55 HRc
SURFACE_MILL	D6X13X80-R3_LK_20_HG	BALL MILL	6	6472	1579	6x13/R3(H6) H8011118-6 <48 HRc
SURFACE_MILL1	D6X13X80-R3_LK_20_HG	BALL MILL	6	6472	1579	6x13/R3(H6) H8011118-6 <48 HRc
SURFACE_MILL2	D6X13X80-R3_LK_20_HG	BALL MILL	6	6472	1579	6x13/R3(H6) H8011118-6 <48 HRc
MIRROR_MILLING1	-	-	-	6472	1579	
SURFACE_MILL3	D6X13X80-R3_LK_20_HG	BALL MILL	6	6472	1579	6x13/R3(H6) H8011118-6 <48 HRc
SURFACE_MILL4	D6X13X80-R3_LK_20_HG	BALL MILL	6	6300	950	6x13/R3(H6) H8011118-6 <48 HRc
FSETP1	-	-	-	-	-	
OP020	-	-	-	-	-	
ZKRAT_PRUM	D15X35X100_R1_4ST_D20	MILLING	15	523	108	FREZA D15/R1/4st.
ZKRAT_PRUM1	D15X35X100_R1_4ST_D20	MILLING	15	523	108	FREZA D15/R1/4st.
DOHRUB_ZK1	D5X13X57_PSF_LK21_HG	BULL MILL	5	1097	1398	D5x13x57 PROTOSTAR FLASH<=55 HRc
DNO_ZKRAT_H50	D4X11X57-R0_5_LK21_TU_A80	BULL MILL	4	4273	644	H8082228-4-0.5 H50 ULTRA 48-63 HRc
TVAR_ROVNANI	D4X11X57-R0_5_LK21_TU_A80	BULL MILL	4	4273	644	H8082228-4-0.5 H50 ULTRA 48-63 HRc
TVAR_ROVNANI01	D4X11X57-R0_5_LK21_TU_A80	BULL MILL	4	4273	644	H8082228-4-0.5 H50 ULTRA 48-63 HRc

Obrázek 8. Seznam nástrojů pro výrobu tvarové vložky 3.1 a 3.2 [15]

#### 4.8. Stávající technologie výroby tvarové vložky 4.1

Příloha č. 7 obsahuje výkres tvarové vložky 4.1 (přední HYBRID 1LE 160-4), materiál vložky je středně legovaná chrommolybdenová nástrojová ocel 19552.3. Tato vložka je největší z řešených vložek, maximální průměr činí 232mm, průměr vnitřního otvoru 61mm a šířka je 50mm. Postup výroby tvarové vložky je znázorněn v Tabulce 9.

Tabulka 14. Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 4.1 [14]

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [MIN.]	Čas zpracování [MIN.]
10	<b>VN0411</b> - Soustruh SV18R	Hrubovat plochy přídavek 3mm	15	130
20	<b>VN0171</b> – kalič, vakuová pec	Žíhat mezioperačně	9	24
30	<b>VN0411</b> - Soustruh SV18R	Povrch a čela přídavek 0,6mm; otvor hotově, zkrat. kruh hrubovat přídavek 0,8mm pro dohotovení na frézce, pozor hloubka zkrat. 3mm musí být od zákl. plochy u všech kusů stejná s ohledem na přídavek na čelech	10	100
40	<b>VN0532</b> – fréza DMC 104V	Dno zkrat. kruhu s přídavkem 0,5mm; hrubovat otvory pro vyvažovací kolíky, vyhotovit vtokový kanál, vrtat pro závity a 2x $\varnothing 10+0,03$ mm; hrubovat $\varnothing 110h7$ ; dohotovit drážky vtoku, hrubovat pro hl. 14x drážku lopatek, drážku pro označení do hloubky 0,5mm hotově	75	625
50	<b>VN0944</b> – mechanik	Řezat závity, označit, upravit, přešetřit vtok, připravit pro kalení	0	450
60	<b>VN0171</b> – kalič, vakuová pec	Kalit na hodnotu 48HRc	9	15
70	<b>VN0564</b> – bruska na plocho BPH50	Plochy do roviny a na míru (50+0,02)mm dle výkresu, pozor na hloubku lopatek	9	45
80	<b>VN0411</b> - Soustruh SV18R	Otvor začistit	15	12
90	<b>VN0551</b> – bruska na kulato BU28/630	Povrch hotově	15	39
100	<b>VN0532</b> – fréza DMC 104V	Zkrat. kruh a otvory pro vyvažovací kolíky hotově dle výkresu, $\varnothing 110h7$ hotově dle výkresu, rýsovat osy odvzdušňovacích drážek pro brusku	60	210
110	<b>VN0596</b> – elektroerozivní hloubení	Lopatky hotově dle výkresu	60	540
120	<b>VN0561</b> – bruska na plocho BPH320A	Odvzdušňovací drážky hotově	18	36
130	<b>VN0944</b> – mechanik	Dohotovit po frézování R0,3 u otvoru a R0,5 u drážky, odjehlit, odmagnetovat, leštit, potřebné upravit, připravit pro kalení	0	120
140	<b>VN0171</b> – kalič, vakuová pec	Natřít metalstarem, vložit do pece na 300°C	9	30
150	<b>VN0944</b> – mechanik	Kontrolovat po kalení, dle potřeby čistit po kalení nakonzervovat	0	21

#### 4.9. Stávající technologie výroby tvarové vložky 4.2

Příloha č. 8 obsahuje výkres tvarové vložky 4.2 (zadní HYBRID 1LE 160-4), materiál vložky je středně legovaná chrommolybdenová nástrojová ocel 19552.3. Tato vložka se liší od přední svými rozměry, kdy maximální průměr činí 188mm, průměr vnitřního otvoru v ose je 61mm a celková šířka vložky je 50mm. Postup výroby tvarové vložky zadní je znázorněn v Tabulce 10.

Tabulka 15. Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 4.2 [14]

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [MIN.]	Čas zpracování [MIN.]
10	VN0411 - Soustruh SV18R	Hrubovat plochy přídavek 2mm	15	100
20	VN0171 – kalič, vakuová pec	Žíhat mezioperačně	9	24
30	VN0411 - Soustruh SV18R	∅178f8 a čela přídavek 0,5mm; otvor hotově, osazení 15+0,6mm; zkratový kruh hrubuje 0,8mm pro dohotovení na frézce, pozor hloubka zkrat. kruhu 3mm musí být od zákl. plochy u všech kusů stejná s ohledem na přídavek na čelech, ∅188mm a ∅176mm hotově	18	70
40	VN0771 - vrtačka	Vrtat z boku pro kolík ∅8h7	18	12
50	VN0532 – fréza DMC 104V	Dno zkrat. kruhu s přídavkem 0,5mm; hrubovat otvory pro vyvažovací kolíky, hrubovat pro hl. 14x drážky lopatek, na spodní straně drážku pro označení	60	162
60	VN0944 – mechanik	Označit, připravit pro kalení	0	30
70	VN0171 – kalič, vakuová pec	Kalit na hodnotu 48HRc	0	15
80	VN0564 – bruska na plocho BPH50	Plochy do roviny a na míru (50+0,03)mm dle výkresu, pozor na hloubku lopatek	9	39
90	VN0411 - Soustruh SV18R	Osazení na míru 15-0,03mm; zápich hotově dle výkresu, vyčistit otvor	15	18
100	VN0551 – bruska na kulato BU28/630	Přesně středit a povrch hotově	15	34
110	VN0532 – fréza DMC 104V	Zkrat. kruh a otvory pro vyvažovací kolíky hotově dle výkresu, rýsovat osy odvodušňovacích drážek pro brusku	60	150
120	VN0596 – elektroerozivní hloubení	Lopatky hotově dle výkresu	60	540



Tabulka 16. (pokračování) Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 4.2 [14]

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [MIN.]	Čas zpracování [MIN.]
130	VN0561 – bruska na plocho BPH320A	Odvzdušňovací drážky hotově	18	36
140	VN0944 – mechanik	Dohotovit po frézování R0,3 u otvoru a R0,5 u drážky, odjehlit, odmagnetovat, nakonzervovat, připravit pro sestavu	0	120
150	VN0171 – kalič, vakuová pec	Natřít metalstarem, vložit do pece teplota 300°	9	30
160	VN0944 – mechanik	Kontrolovat po kalení, dle potřeby čistit po kalení, nakonzervovat	0	21

Name	TOOL_ID	TOOL_TYPE	CUTTER_DIAM	SPINDLE_SPEED	CUT_FEED	TOOL_COMMENT
FSETP0	-	-	[mm]	-S[ot/min]	F[mm/min]	
OP010	-	-	-	-	-	
ZKRAT_PRUM_000	D15X35X100_R1_4ST_D20	MILLING	15	523	108	FREZA D15/R1/4st.
ZKRAT_PRUM1_000	D15X35X100_R1_4ST_D20	MILLING	15	523	108	FREZA D15/R1/4st.
VTOK_HRUB	D10X26X72_PSF_LK32_A100_WAL	BULL MILL	10	1928	1890	D10x26x72 PROTOSTAR FLASH<=55 HRc
VTOK_DOHRUB	D5X13X57_PSF_LK25_HG	BULL MILL	5	1454	1611	D5x13x57 PROTOSTAR FLASH<=55 HRc
SURFACE_MILL	D6X8X58-R3_LK03_12_HG	BALL MILL	6	4244	1160	D6 R3 - KULOVA HHW-Nr. 16.558.205 BEZ POVLAKU
SURFACE_MILL_1	D6X8X58-R3_LK03_12_HG	BALL MILL	6	4244	1160	D6 R3 - KULOVA HHW-Nr. 16.558.205 BEZ POVLAKU
MIRROR_SURFACE_MILL	-	-	-	4244	1160	
MIRROR_SURFACE_MILL_1	-	-	-	4244	1160	
SURFACE_MILL1	D6X8X58-R3_LK03_12_HG	BALL MILL	6	4244	1160	D6 R3 - KULOVA HHW-Nr. 16.558.205 BEZ POVLAKU
VTOK_PS	D6X8X58-R3_LK03_12_HG	BALL MILL	6	4244	1160	D6 R3 - KULOVA HHW-Nr. 16.558.205 BEZ POVLAKU
DNO_VTOKU	D6X8X58-R3_LK03_12_HG	BALL MILL	6	4244	1160	D6 R3 - KULOVA HHW-Nr. 16.558.205 BEZ POVLAKU
VTOK_LS	D6X8X58-R3_LK03_12_HG	BALL MILL	6	4244	1160	D6 R3 - KULOVA HHW-Nr. 16.558.205 BEZ POVLAKU
DNO_VTOKU1	D6X8X58-R3_LK03_12_HG	BALL MILL	6	4244	1160	D6 R3 - KULOVA HHW-Nr. 16.558.205 BEZ POVLAKU
HRUB_ZK	D10X26X72_PSF_LK32_A100_WAL	BULL MILL	10	1928	1890	D10x26x72 PROTOSTAR FLASH<=55 HRc
DOHRUB_ZK	D5X13X57_PSF_LK25_HG	BULL MILL	5	1454	1611	D5x13x57 PROTOSTAR FLASH<=55 HRc
FSETP1	-	-	-	-	-	
OP020	-	-	-	-	-	
DOHRUB_ZK1	D5X13X57_PSF_LK25_HG	BULL MILL	5	1097	1398	D5x13x57 PROTOSTAR FLASH<=55 HRc
ZKRAT_PRUM	D15X35X100_R1_4ST_D20	MILLING	15	523	108	FREZA D15/R1/4st.
ZKRAT_PRUM1	D15X35X100_R1_4ST_D20	MILLING	15	523	108	FREZA D15/R1/4st.
DNO_ZKRAT	D5X13_R05_H50_WALTER	BULL MILL	5	4083	857	5x13x57/R1 - H50 ULTRA -H8082228-5-0.5
TVAR_ROVNANI	D5X13_R05_H50_WALTER	BULL MILL	5	5902	1062	5x13x57/R1 - H50 ULTRA -H8082228-5-0.5
TVAR_ROVNANI01	D5X13_R05_H50_WALTER	BULL MILL	5	5902	1062	5x13x57/R1 - H50 ULTRA -H8082228-5-0.5

Obrázek 9. Seznam nástrojů pro výrobu tvarové vložky 4.1 a 4.2 [15]

## 5. Využití stroje TAJMAC 1260 pro novou technologii výroby tvarových vložek

Při návrhu nového technologického postupu se zaměřím na využití strojů s plynule řízenou 4-osou, které jsou pro tvarové frézování nejvýhodnější. Firma Siemens s.r.o. disponuje také strojem DMC 104V, ale pro potřeby rychlejší a kvalitnější výroby využiji stroj TAJMAC.

Vertikální obráběcí centrum Tajmac MCFV 1260 je komplexní stroj pro třískové obrábění v osách X,Y,Z. Stroj je řízen CNC řídicím systémem, který za pomoci 3D CAD programu sleduje dráhu a vytváří prostorově složité tvary. Pojezd a pracovní stůl mají rozměry: pro stůl = osa X 1270mm, pro křížový suport = osa Y 610mm, pro vřeteník = osa Z 760mm, rozměr stolu výrobce udává 1250x590mm a zatížení stolu 1350kg. [10]



Obrázek 10. Stroj MCFV 1260 [10]

## 5.1. Upínání nástrojů pro výrobu tvarových vložek AH100-160

Jelikož větší část diplomové práce se zabývá výrobou tvarových vložek za pomoci CNC frézování a to pomocí stroje MCFV 1260, o kterém je zmínka v předchozí kapitole, nesmím opomenout specifické upnutí nástrojů, které využiji pro realizaci výroby vložek.

Toto upnutí nástroje a upínače bude pomocí tepelného upínání. Pro toto spojení je nutné využít k tomu určené tepelné upínače, indukční přístroj pro upínání nástrojů za tepla a chladicí aparát. Pro náš účel využiji indukční přístroj typu E-ZWO, tento přístroj lze využít pro tvrdokovové stopky průměru 3-32mm a stopky z HSS či oceli o průměru 6-32mm. Přístroj má rozměry 600x541x357mm, které zaručují jeho použití přímo na dílně u stroje. Výkon činí 11,8kW a pracovní frekvence vysokofrekvenčního generátoru je 9,9kHz. Co se týče chlazení, zde vždy nastával problém s délkou či dodávanou energií pro ochlazení na požadovanou teplotu. S přístrojem E-ZWO je úzce spjat přístroj pro chlazení typu COOL1. Tento přístroj využívá směs vody a speciálního koncentrátu, tato směs má jak chladicí, tak čistící účinky a zároveň chrání před korozi. Výhodou tohoto přístroje je čas pro zchlazení na požadovanou teplotu, výrobce uvádí maximálně 40 sekund. [11]

## 5.2. Přednastavovací přístroj GARANT VG1

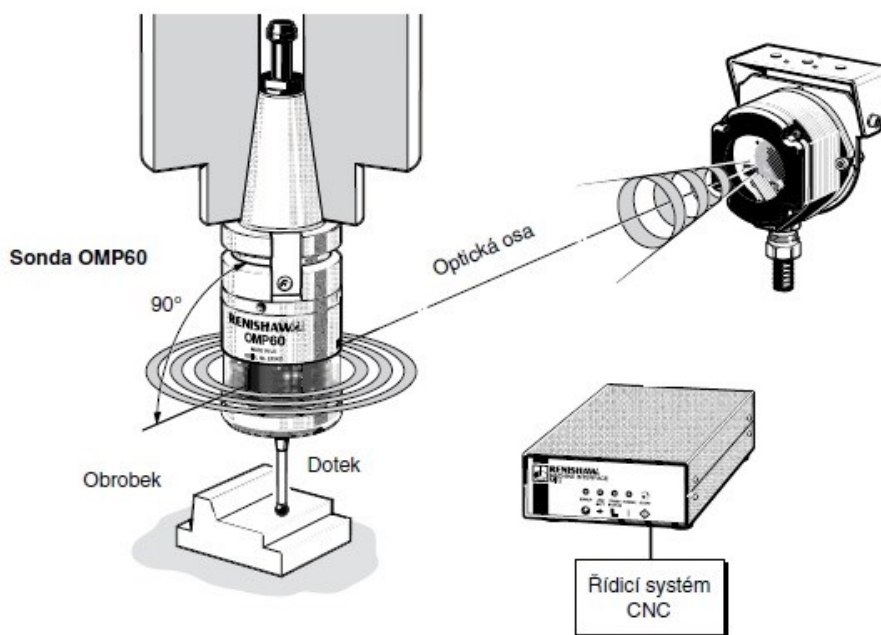
Zkvalitnění a zrychlení výroby se dá dosáhnout i pomocí rychlého seřízení obráběcích strojů. Pro novou technologii výroby tvarových vložek proto využiji přednastavovací přístroj společnosti Hoffman group. Tímto krokem docílím zkrácení seřizovacích časů pro zmiňované 4-osé obrábění. Přístroj díky kompatibilitě s obráběcím centrem TAJMAC, zaručí přesné seřízení a korekce stroje, díky snímání nástrojů. Tento přístroj zaručuje přímé měření a přednastavování nástrojů na strojích. Změřená data přenesou do stroje.

## 5.3. Optická obrobková sonda OMP60

Je dalším opatřením ke zkrácení seřizovacích časů, zlepšení kontroly procesů, omezení nákladů a snížení zmetkovitosti. Sonda komunikuje v rozsahu 360°, dosah paprsku až 6m,



opakovatelnost sondy 1 $\mu$ m. Primární použití je jako inspekční sonda pro obráběcí centra. Umožňuje vícesměrová snímání X,Y,Z. [13]



Obrázek 11. Optická sonda OMP60 [13]

## 6. Návrh nové technologie výroby tvarových vložek pro lití rotorů

V kapitole č.4 jsem se zabýval stávajícím postupem výroby tvarových vložek. V této kapitole se zaměřím již na nový technologický postup výroby jednotlivých tvarových vložek AH100-160. Výkresy a rozměry jednotlivých částí se nemění, pouze využiji jiné technologie pro zpracování. Nově pro zkrácení výrobních a seřizovacích časů využiji tepelné upínání nástrojů, kalibrační sondu aj.. V práci se také zaměřím na výběr vhodných nástrojů a výstupem bude CNC kód jednotlivých osových výšek, vytvořený v programu Mastercam. Pro rozlišení stávající a nové technologie výroby budu novou technologií značit pomocí indexu n.

Tabulka 17. Řešené tvarové vložky pro novou technologii

Firemní označení	Označení v Diplomové práci stávající výroba	Označení v Diplomové práci nová technologie	Provedení	Maximální průměr [mm]	Maximální průměr vnitřního otvoru [mm]	Šířka [mm]	Materiál dle ČSN	Výkres
AH100 (Hybrid 1LE 100-2) přední	1.1	1.1n	Přední	120	39	50	19552.3	Příloha č.1
AH100 (Hybrid 1LE 100-2) zadní	1.2	1.2n	Zadní	127	39	50	19552.3	Příloha č.2
AH112 (Hybrid 1LE 112-4) přední	2.1	2.1n	Přední	145	39,2	50	19552.3	Příloha č.3
AH112 (Hybrid 1LE 112-4) zadní	2.2	2.2n	Zadní	154	40	50	19552.3	Příloha č.4
AH132 (Hybrid 1LE 132-4) přední	3.1	3.1n	Přední	220	53	50	19552.3	Příloha č.5
AH132 (Hybrid 1LE 132-4) zadní	3.2	3.2n	Zadní	174	53	50	19552.3	Příloha č.6
AH160 (Hybrid 1LE 160-4) přední	4.1	4.1n	Přední	232	61	50	19552.3	Příloha č.7
AH160 (Hybrid 1LE 160-4) zadní	4.2	4.2n	Zadní	188	61	50	19552.3	Příloha č.8

### 6.1. Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 1.1n

První řešený technologický postup je pro vložku 1.1n. Tato osová výška je nejmenší, s jednoduchým vtokovým kanálem a lopatkami v jedné řadě. V *Tabulce 12. Navrhovaný technologický postup tvarová vložka 1.1n* je vidět kompletní postup se všemi údaji a obrázky k jednotlivým operacím. Pro zbývající návrhy technologie uvádím v práci rámcový technologický postup.

Tabulka 18. Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 1.1n (100-2 přední)

Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 1.1n (100-2 přední)									
Operace	Pracoviště	Popis	Nástroj	Otáčky n [ot.min-1]	Řezná rychlost vc[m.min-1]	Posuv na zub/otáčku f[mm]	Hloubka řezu ap [mm]	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
10	VN0411 - Soustruh SV18R	Soustružit - hrubovat:	Soustruž. nůž pravý R 0,8	450	184	0,3	0,4	18	75
		1. obrábět čelo přidavek 3mm		350	143	0,4	0,4		
		2. obrábět průměr přidavek 3mm		450	184	0,3	0,4		
		Otočit obrobek		350	143	0,4	0,4		
		3. obrábět čelo přidavek 3mm							
		4. obrábět průměr přidavek 3mm							
20	VN0171 – kalič, vakuová pec	Žíhat mezioperačně	-	-	-	-	-	9	15

Tabulka 19. (pokračování) Navrhovaný technologický postup tvarová vložka 1.1n

Operace	Pracoviště	Popis	Nástroj	Otáčky n [ot.min-1]	Řezná rychlost vc[m.min-1]	Posuv na zub/otáčku f[mm]	Hloubka řezu ap [mm]	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování
30.1	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Čelo s přídávkem 0,4mm	Rovinná fréza D50 Walter	732	115	0,04 0,3	25	40	50
		2. Rozměr $\varnothing 120f7mm$ s přídávkem 0,4mm	Stopková fréza N45 protostar D10	2445	115	0,04 0,12	5		
		3. Otvor hotově							
		4. Zkratový kruh a vtok hrubovat s přídávkem 0,5mm, hloubka zkratového kruhu u všech kusů stejná s ohledem na přídavek na čelech							
30.2	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Dno zkratového kruhu přídavek 0,25mm	TK hrubovací fréza MTC $\varnothing 5$	3373	53	0,04 0,08	2,5	0	170
		2. Hrubovat otvory pro vyvažovací kolíky přídavek 0,2mm	Strojní výstružník $\varnothing 7$	2409	53	0,04 0,12	3,5		
		3. Vyhotovit vtokový kanál	Fr. s bočním radius. N45 Protostar $\varnothing 4$	4273	54	0,04 0,08	2		
		4. Frézovat 7x drážky lopatek dle detailu hotově	Fr. s bočním rádiusem N45 Protostar $\varnothing 2 R1$	8476	53	0,04 0,12	1		
		Otočit obrobek	-	-	-	-	-		

Tabulka 20. (pokračování) Navrhovaný technologický postup tvarová vložka 1.1n

Operace	Pracoviště	Popis	Nástroj	Otáčky n [ot.min-1]	Řezná rychlost	Posuv na zub/ otáčku	Hloubka řezu ap [mm]	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování
30.2	VN0532 – frézka MCFV 1260	5. Čelo přídavek 0,4mm	Rovinná fréza D50	732	115	0,04 0,3	25	0	170
		6. Vrtat díry pro závity a $\varnothing$ 10mm pro kolík, drážku pro označení do hloubky 0,5mm hotově, řezat závity	Strojní výstružník $\varnothing$ 8.5mm	1984	53	0,04 0,12	3,5		
			Strojní závitník M10	56	-	-	-		
			Fr. stopková N50 Harte jungs $\varnothing$ 10	1687	53	0,04 0,12	5		
40	VN0944 – mechanik	Začistit vtokovou soustavu a drážky, připravit pro kalení lopatek, označit	-	-	-	-	-	0	30
50	VN0171 – kalič, vakuová pec	Kalit na hodnotu 48HRc	-	-	-	-	-	9	15
60	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Čelo do roviny a na míru hotově, povrch hotově	Rovinná fréza D50 Walter	732	115	0,04 0,3	25	60	150
			Fréza stopková H50 ULTRA $\varnothing$ 10	1657	53	0,04 0,12	5		
		2. Čistit středový otvor	Fréza stopková H50 ULTRA $\varnothing$ 10	1657	53	0,04 0,12	5		
		3. Zkratový kruh a otvory pro vyvažovací kolíky hotově, rýsovat odzv. drážky pro brusku	TK hrubovací a dokončovací fréza MTC GARANT $\varnothing$ 2	8476	53	0,04 0,12	1		

Tabulka 21. (pokračování) Navrhovaný technologický postup tvarová vložka 1.1n

Operace	Pracoviště	Popis	Nástroj	Otáčky n [ot.min-1]	Řezná rychlost vc[m.min-1]	Posuv na zub/otáčku f[mm]	Hloubka řezu ap [mm]	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
60	VN0532 – frézka MCFV 1260	3. (pokračování)	Fréza s bočním rádiusem N45 $\varnothing$ 2 R1	8476	53	0,04 0,12	1		
70	VN0561 - bruska	Odvzdušňovací drážky hotově	-	-	-	-	-	18	30
80	VN0944 – mechanik	Srazit hrany, potřebné upravit, připravit pro kalení	-	-	-	-	-	0	35
90	Externí	Oxidace, žíhat 3 hodiny materiál 19552	-	-	-	-	-	-	-
100	VN0944 – mechanik	Kontrolovat po kalení, naklepnout kolík, nakonzervovat	-	-	-	-	-	9	15
Celkové časy [min.]								163	585

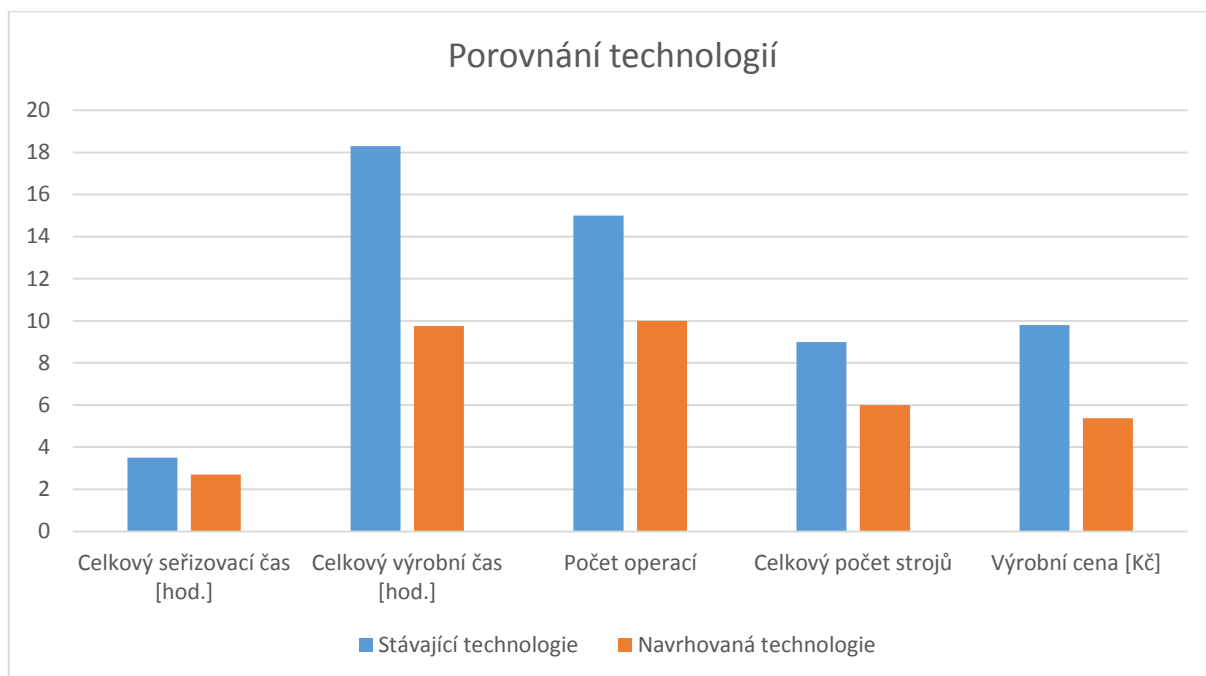
### 6.1.1. Porovnání technologie tvarové vložky 1.1 a 1.1n

Tvarová vložka 1.1n je rozměrově nejmenší řešená vložka. Od ostatních osových výšek se liší jak tvarově, tak rozměrově. V *Tabulce 13. Porovnání technologie 1.1 s 1.1n* je vidět, že díky navrhované technologii se celkové výrobní časy zkrátily. Největší rozdíl oproti stávajícímu řešení je využití frézování. Frézování nám nahradilo využití dosavadního obrábění pomocí soustruhu a brusek. Díky vysokorychlostnímu obrábění lze dosáhnout stanovených drsností povrchů. Největší podíl na zkrácení výrobních časů však má využití frézování při dohotovení zkratového kruhu, kdy pro stávající výrobu bylo využíváno elektroerozivní hloubení, které je oproti frézování značně pomalé. Operace 30. soustružení

byla nahrazena operací 30.1 frézování, operace 70. až 110. byla nahrazena novou operací 60.

Tabulka 22. Porovnání technologie 1.1 s 1.1n

-	Dosavadní technologie	Navrhovaná technologie
Označení v diplomové práci	1.1	1.1n
Výkresová dokumentace	Příloha č. 1	Příloha č. 1
Technologický postup	Kapitola č. 4.2.	Kapitola č. 6.1. (Příloha č. 9)
Počet operací	15.	10.
Čas seřízení [min.]	210	163
Čas zpracování [min.]	1098	585
Výrobní cena [Kč]	9804,60	5379,2



## 6.2. Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 1.2n

Tato zadní část se od své osové výšky liší tím, že nemá vtokové kanály a odvodušnění je zajištěno kromě drážek na čele i odvodušňovacími zátkami na zadním čele vložky. V *Tabulce 14. Rámcový technologický postup vložky 1.2n* je zobrazen rámcový technologický postup výroby vložky. Navrhovaný technologický postup naleznete v *příloze č. 10 - Navrhovaný technologický postup 1.2n*.

Tabulka 23. Rámcový technologický postup vložky 1.2n

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
10	VN0411 - Soustruh SV18R	Soustružení – hrubování:	15	75
		1. obrábět čelo přídavek 2mm		
		2. obrábět průměr přídavek 2mm		
		Otočit obrobek		
		3. obrábět čelo přídavek 2mm		
4. obrábět průměr přídavek 2mm				
20	VN0171 – kalič, vakuová pec	Žíhat vložku mezioperačně	0	15
30.1	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Čelo s přídavkem 0,4mm	35	60
		2. Průměr 122f7 s přídavkem 0,4mm		
		3. Průměr 127mm přídavek 0,6mm		
		4. Průměr 122mm hotově		
		5. Středový otvor hotově		
		6. Hloubit zkratový kruh s přídavkem 0,6mm, hloubka zkrat. Kruhu od zákl. plochy u všech kusů stejná s ohledem na přídavek na čele		
30.2	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Hrubovat otvory pro vyvažovací kolíky přídavek 0,2mm	0	180
		2. Dno zkratového kruhu hotově		
		3. Frézovat 7x drážky lopatek hotově		
		Otočit vložku		
		4. Čelo s přídavkem 0,4mm		
		5. Drážku pro označení do hloubky 0,5mm hotově		
6. Vrtat otvory pro zátky				
40	VN0471 – vrtačka SIP	Vrtat z boku díry pro kolík $\varnothing 8H7$	18	12
50	VN0944 – mechanik	Označit, připravit vložku pro kalení	0	21
60	VN0171 – kalič, vakuová pec	Kalit na hodnotu 48HRC	0	15



Tabulka 24. (pokračování) Rámcový technologický postup vložky 1.2n

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
70	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Plochy do roviny na hotovo dle výkresu,	40	290
		2. Osazení na míru, zápich hotově		
		3. Čistit otvor		
		4. Zkratový kruh hotově		
		5. Otvory pro vyvažovací kolíky hotově		
		6. Odvzdušňovací drážky zadní na hotovo, rýsovat osy odvzdušňovacích drážek předních pro brusku		
80	VN0561 - bruska	Odvzdušňovací drážky přední hotově, brousit zátky do roviny na zadním čele dle mechanika	9	36
90	VN0944 – mechanik	Srazit hrany, potřebné upravit, připravit pro kalení, otryskat a nalisovat zátky	0	60
100	VN0171 – kalič, vakuová pec	Natřít metalstarem, vložit do pece při teplotě 300°C	0	30
110	VN0944 – mechanik	Kontrola po kalení, naklepnout kolík, konzervace	0	15

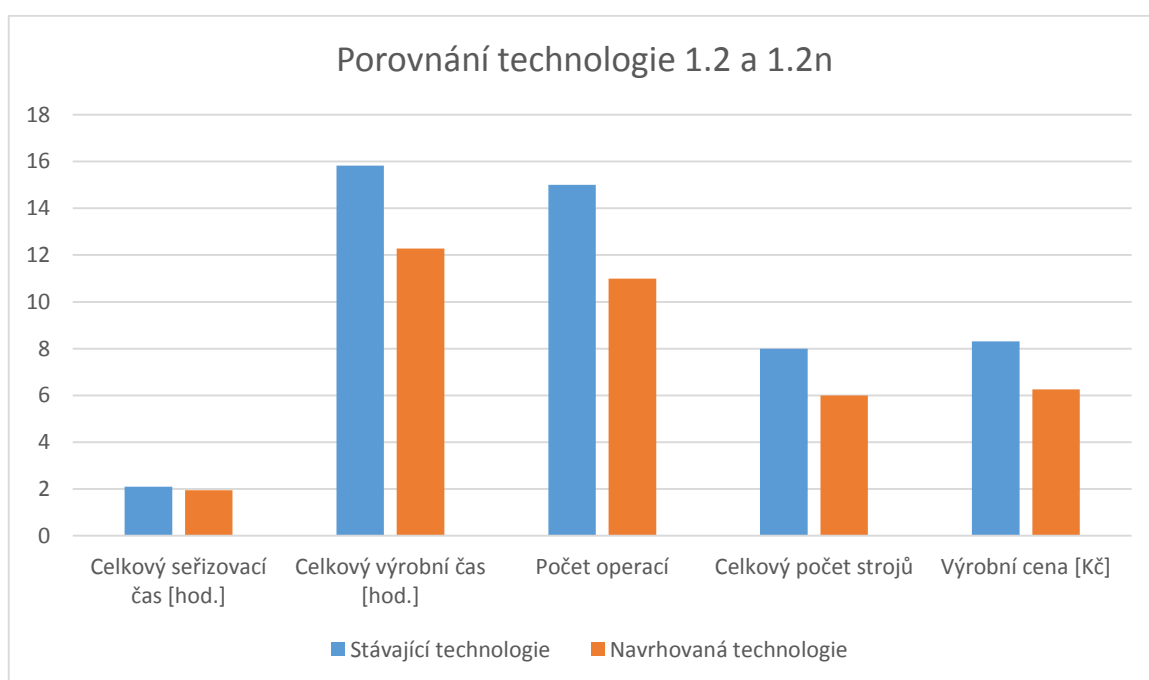
### 6.2.1. Porovnání technologie tvarové vložky 1.2 a 1.2n

Tvarová vložka 1.2 je specifická svými odvzdušňovacími kolíky vedoucími od zkratového kruhu do zadní části vložky, zde je potřeba dbát na přesnost díry z důvodu naklepnutí odvzdušňovacích kolíků a jejich přebroušení do roviny. Z *Tabulky 15. Porovnání technologie 1.2 s 1.2n* je patrné zvýšení seřizovacích časů u navrhované technologie. Toto zvýšení času je způsobeno využitím frézovacího centra, kde jsou kladeny vyšší nároky na seřízení. Zvýšení seřizovacího času naopak kompenzuje kratší výrobní čas. Největší úspory času bylo opět dosaženo díky využití frézování namísto elektroerozivního hloubení.

Operace 30. soustružení jsem nahradil operací 30.1 frézování – hrubování, operace 70. až 110. byla nahrazena jednou operací a to 70. frézování – přesné tvary.

Tabulka 25. Porovnání technologie 1.2 s 1.2n

-	Dosavadní technologie	Navrhovaná technologie
Označení v diplomové práci	1.2	1.2n
Výkresová dokumentace	Příloha č. 2	Příloha č. 2
Technologický postup	Kapitola č. 4.3.	Kapitola č. 6.2. (Příloha č. 10)
Počet operací	15.	11.
Čas seřízení [min.]	126	117
Čas zpracování [min.]	950	737
Výrobní cena [Kč]	8310,16	6256,8



### 6.3. Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 2.1n

Tvarová vložka 2.1n se liší od předešlé pouze rozměrově. Lopatky jsou umístěny v jedné řadě a vtokový kanál je přímý bez výrazných změn tvaru. V *Tabulce 16. Rámcový technologický postup vložky 2.1n* je vidět navrhovaný postup, celý technologický postup včetně obrázků naleznete v Příloze č. 11 - *Navrhovaný technologický postup 2.1n*.

Tabulka 26. Rámcový technologický postup vložky 2.1n

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
10	VN0411 - Soustruh SV18R	Soustružení – hrubování:	18	75
		1. obrábět čelo přídavek 3mm		
		2. obrábět průměr přídavek 3mm		
		Otočit obrobek		
		3. obrábět čelo přídavek 3mm		
4. obrábět průměr přídavek 3mm				
20	VN0171 – kalič, vakuová pec	Žíhat mezioperačně	9	15
30.I	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Čelo s přídavkem 0,4mm	60	90
		2. Rozměr $\varnothing 145\text{mm}$ s přídavkem 0,4mm		
		3. Otvor hotově		
		4. Zkratový kruh a vtok hrubovat s přídavkem 0,25mm		
30.2	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Dno zkratového kruhu přídavek 0,25mm	0	165
		2. Hrubovat otvory pro vyvažovací kolíky přídavek 0,2mm		
		3. Vyhотовit vtokový kanál		
		4. Frézovat 7x drážky lopatek dle detailu hotově		
		Otočit obrobek		
		5. Čelo přídavek 0,4mm		
		6. Vrtat díry pro závity a $\varnothing 10\text{mm}$ pro kolík, drážku pro označení do hloubky 0,5mm hotově, řezat závity		
40	VN0944 – mechanik	Začistit vtokovou soustavu a drážky, připravit pro kalení, označit	0	30
50	VN0171 – kalič, vakuová pec	Kalit na hodnotu 48HRC	9	15

Tabulka 27. (pokračování) Rámcový technologický postup vložky 2.1n

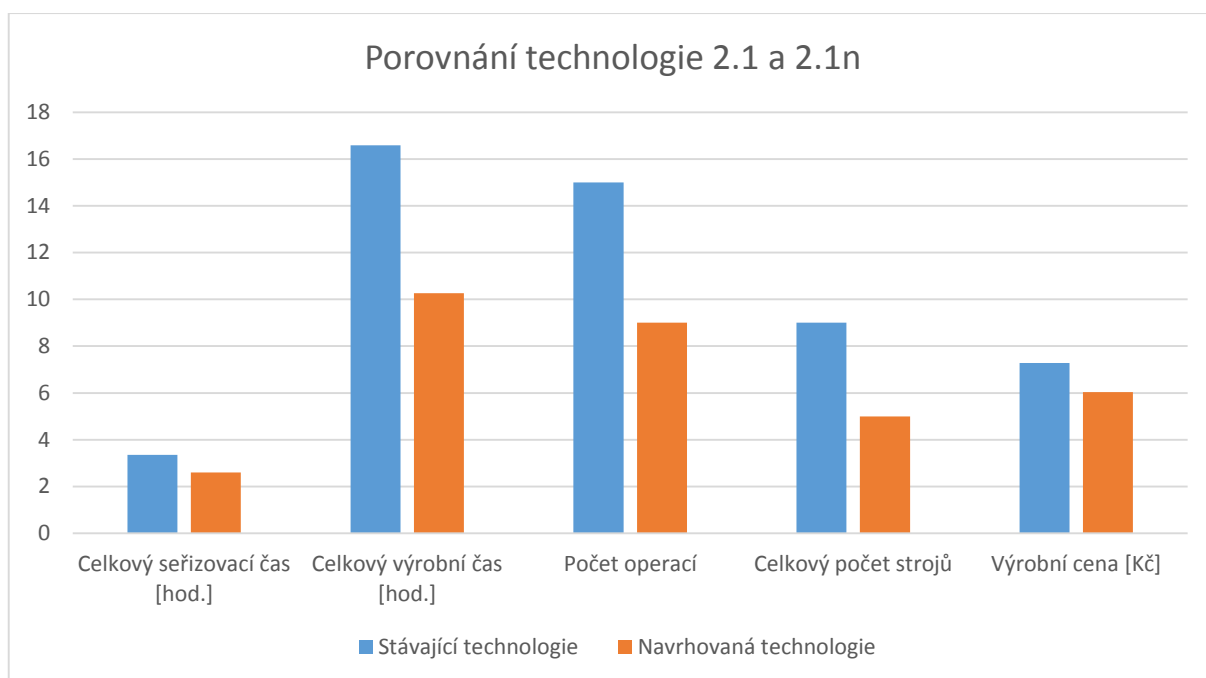
Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
60	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Čelo do roviny a na míru hotově, odvzdušňovací drážky hotově, povrch hotově	60	170
		2. Čistit středový otvor		
		3. Zkratový kruh a otvory pro vyvažovací kolíky hotově		
70	VN0944 – mechanik	Dohotovit po frézování R0.3 u otvoru a R0,5 u drážky, odjehlít, odmagnetovat, leštit, potřebné upravit, připravit pro kalení	0	35
80	Externí	Oxidace, žíhat 3 hodiny materiál 19552	-	-
90	VN0944 – mechanik	Kontrolovat po kalení, naklepnout kolík, nakonzervovat	0	21

### 6.3.1. Porovnání technologie tvarové vložky 2.1 a 2.1n

Tvarová vložka 2.1 se od vyšších osových výšek liší nepatrně, hlavní rozdíly jsou v rozměrech a vtokovém kanálu. Proto lze využít univerzální programy, lišit se budou pouze rozměrově a v použitých nástrojích. Výhody navrhovaného řešení jsou uvedeny v *Tabulce 17. Porovnání technologie 2.1 s 2.1n*. Rozdíl mezi stávající a novou technologií je v použitých operacích. Operace 30. soustružení byla nahrazena operací 30.1 frézování, operace 70. až 120. byla nahrazena jednou operací a to 60. frézování složitých tvarů.

Tabulka 28. Porovnání technologie 2.1 s 2.1n

-	Dosavadní technologie	Navrhovaná technologie
Označení v diplomové práci	2.1	2.1n
Výkresová dokumentace	Příloha č. 3	Příloha č. 3
Technologický postup	Kapitola č. 4.4.	Kapitola č. 6.3. (Příloha č. 11)
Počet operací	15.	9.
Čas seřízení [min.]	201	156
Čas zpracování [min.]	995	616
Výrobní cena [Kč]	7279,34	6033,91



#### 6.4. Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 2.2n

Vložka typu 2.2n se řadí mezi vložky zadní, nemá tedy vtokový kanál, ale je opatřena odvodušněním přes vyvažovací kolíky do zadní části, což má za následek ztížení výroby. Otvor v zadní části musí být vyroben dle H7. Přední část je tvarově shodná s ostatními typy, lopatky jsou umístěny v jedné řadě a odvodušnění probíhá jak vepředu, tak vzadu. Níže je uveden rámcový technologický postup. Úplné znění technologického postupu naleznete v *Příloze č. 12 - Navrhovaný technologický postup 2.2n*.

Tabulka 29. Rámcový technologický postup vložky 2.2n

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
10	VN0411 - Soustruh SV18R	Hrubuje	15	75
		1. obrábět čelo přídavek 2mm		
		2. obrábět průměr přídavek 2mm		
		Otočit obrobek		
		3. obrábět čelo přídavek 2mm		
4. obrábět průměr přídavek 2mm				
20	VN0171 – kalič, vakuová pec	Žíhat vložku mezioperačně	0	15

Tabulka 30. (pokračování) Rámcový technologický postup vložky 2.2n

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
30.1	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Čelo s přídávkem 0,4mm	60	80
		2. Průměr 145F7 s přídávkem 0,4mm		
		3. Průměr 154,6mm hotově		
		4. Průměr 143mm hotově		
		5. Středový otvor hotově		
		6. Hloubit zkratový kruh s přídávkem 0,8mm		
30.2	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Hrubovat otvory pro vyvažovací kolíky	0	70
		2. Dno zkratového kruhu s přídávkem 0,25mm		
		3. Frézovat drážky lopatek		
		Otočit vložku		
		4. Čelo s přídávkem 0,4mm		
		5. Vrtat otvory pro zátky		
6. Drážku pro označení do hloubky 0,5mm hotově				
40	VN0471 – vrtačka SIP	Vrtat z boku díry pro kolík $\varnothing 8H7$	18	12
50	VN0944 – mechanik	Označit, upravit a připravit vložku pro kalení	0	21
60	VN0171 – kalič, vakuová pec	Kalit na hodnotu 48HRC	0	15
70	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Plochy do roviny na hotovo dle výkresu, odvzdušňovací drážky přední	60	264
		2. Osazení na míru, zápich hotově		
		3. Čistit otvor		
		4. Zkratový kruh, otvory pro vyvažovací kolíky		
		5. Lopatky hotově		
		6. Odvzdušňovací drážky hotově zadní		
80	VN0944 – mechanik	Dohotovit po frézování R0.3 u otvoru a R0,5 u drážky, odjehlít, otryskat, nalisovat zátky, připravit pro brusku	0	60
90	VN0564 – bruska na plocho BPH50	Na zadním čele brousit zátky do roviny a na míru dle mechanika	9	30

Tabulka 31. (pokračování) Rámcový technologický postup vložky 2.2n

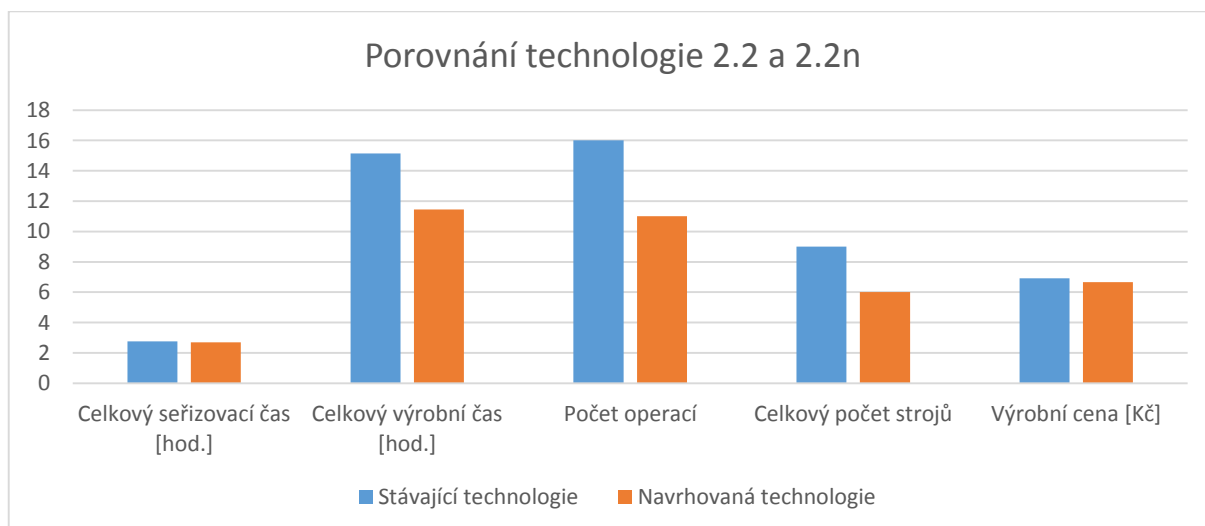
Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
100	VN0171 – kalič, vakuová pec	Natřít metalstarem, vložit do pece na teplotě 300°C	0	30
110	VN0944 – mechanik	Ucpat nežádoucí otvory chlazení zátkami, kontrola po kalení, konzervace	0	15

#### 6.4.1. Porovnání technologie tvarové vložky 2.2 a 2.2n

Tvarová vložka 2.2 se vyznačuje opět odvzdušňovacím kanálem skrz vložku. V zadní části opět dbáme na přesný otvor pro odvzdušňovací kolík. Hlavní rozdíl oproti stávající technologii je sloučení několika operací do jedné. Ve stávajícím postupu bylo využito soustruhu a brusku. Tyto operace však byly nahrazeny přesným frézováním, pouze pro odvzdušňovací drážky a zátky byla operace broušení ponechána.

Tabulka 32. Porovnání technologie 2.2 s 2.2n

-	Dosavadní technologie	Navrhovaná technologie
Označení v diplomové práci	2.2	2.2n
Výkresová dokumentace	Příloha č. 4	Příloha č. 4
Technologický postup	Kapitola č. 4.5.	Kapitola č. 6.4. (Příloha č. 12)
Počet operací	16.	11.
Čas seřízení [min.]	165	162
Čas zpracování [min.]	909	687
Výrobní cena [Kč]	6919,44	6668,5





## 6.5. Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 3.1n

Tvarová vložka 3.1n se vyznačuje složitějším tvarem vtokové soustavy. Další rozdíl oproti menším osovým výškám je vrtání chladících kanálů v tělese vložky a dvě řady lopatek na dně zkratového kruhu. Rámcový technologický postup je uveden v *Tabulce 20. Rámcový technologický postup vložky 3.1n*. Kompletní postup s parametry a obrázky k operacím naleznete v *Příloze č. 13 - Navrhovaný technologický postup 3.1n*.

Tabulka 33. Rámcový technologický postup vložky 3.1n

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
10	VN0411 - Soustruh SV18R	Soustružit - hrubování	12	60
		1. obrábět čelo přídavek 3mm		
		2. obrábět průměr přídavek 3mm		
		Otočit obrobek		
		3. obrábět čelo přídavek 3mm		
4. obrábět průměr přídavek 3mm				
20	VN0171 – kalič, vakuová pec	Žíhat mezioperačně	0	21
30.1	VN0532 – frézka MCFV 1260	Frézování ploch:	21	20
		1. Čelo přídavek 0,5mm		
		2. Povrch s přídávkem 0,5mm		
		3. Otvor hotově dle rozměrů		
4. Hrubovat vtokový kanál se zkratovým kruhem				
30.2	VN0532 – frézka MCFV 1260	Přesné tvary	0	230
		1. Dno zkratového kruhu s přídávkem 0,5mm		
		2. Hrubovat otvory pro vyvažovací kolíky		
		3. Vyhotovit vtokový kanál		
		4. Hrubuje $\varnothing 110$		
		5. Dohotovit drážky vtoku		
		6. Frézovat drážky lopatek hotově		
7. Drážku pro označení do hloubky 0,5mm hotově				

Tabulka 34. (pokračování) Rámcový technologický postup vložky 3.1n

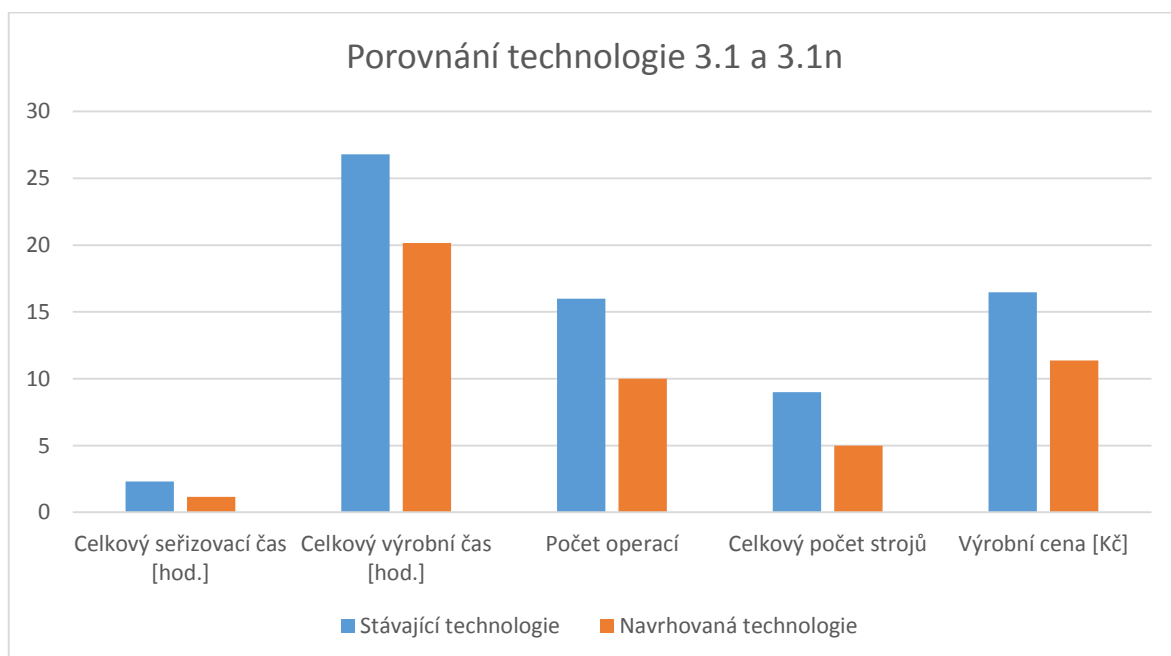
Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
30.2	VN0532 – frézka MCFV 1260	8. Vrtat otvory a vyhotovit závit 4x M12, vrtat otvor na kolík $\varnothing 10+0,03$		
40	VN0471 – vrtačka SIP	Předvrtat díry pro chladící kanály	15	90
		Na zadním čele narýsovat osy chladících kanálů pro mechanika		
		Zahloubení 20mm hotově		
50	VN0944 – mechanik	Vrtat chladící kanály Řezat závity z boku Označit, upravit, přešetřit vtok, připravit pro kalení	0	210
60	VN0171 – kalič, vakuová pec	Kalit na hodnotu 48HRC	0	30
70	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Plochy do roviny a na hotovo dle výkresu, rádius 110H7 na hotovo, pozor na stanovenou hloubku lopatek	21	463
		2. Čistit středový otvor		
		3. Zkratový kruh a otvory pro vyvažovací kolíky hotově dle výkresu, odvzdušňovací drážky hotově		
		4. Lopatky hotově dle výkresu		
80	VN0944 – mechanik	Otrýskat, odjehlit, odmagnetovat a připravit pro kalení	0	40
90	VN0171 – kalič, vakuová pec	Natřít metalstarem, vložit do pece při teplotě 300°C	0	30
100	VN0944 – mechanik	Ucpat otvory chlazení zátkami, kontrola po kalení, konzervace	0	15

### 6.5.1. Porovnání technologie tvarové vložky 3.1 a 3.1n

Vložka 3.1 je specifická svými chladicími kanály v tělese, které se vrtají na pracovišti mechaniků. Oproti menším osovým výškám je zde složitější vtokový kanál, který je vhodné obrábět pomocí tvarového frézování. Největšího rozdílu v úspoře výrobního času bylo dosaženo díky zrušení elektroerozivního hloubení lopatek. Toto hloubení bylo nahrazeno frézováním a úspora v řádu několika hodin je patrná v *Tabulce 21. Porovnání technologie 3.1 s 3.1n*. Operace 30. soustružení jsem nahradil operací 30.1 frézování, tento krok umožní kratší čas seřízení díky použití stejného stroje v další operaci. Operace 80. až 130. byla nahrazena jednou technologií pro snížení seřizovacích a výrobních časů. V grafu pod tabulkou jsou graficky zobrazené hodnoty jednotlivých úspor.

Tabulka 35. Porovnání technologie 3.1 s 3.1n

-	Dosavadní technologie	Navrhovaná technologie
Označení v diplomové práci	3.1	3.1n
Výkresová dokumentace	Příloha č. 5	Příloha č. 5
Technologický postup	Kapitola č. 4.6.	Kapitola č. 6.5. (Příloha č. 13)
Počet operací	16.	10.
Čas seřízení [min.]	138	69
Čas zpracování [min.]	1613	1209
Výrobní cena [Kč]	16471,02	11371,53



## 6.6. Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 3.2n

Jako většina tvarových vložek zadních tak i vložka 3.2n nemá vtokový kanál, je však opatřena již zmiňovanými odvodušňovacími kanály, které vedou přes vyvažovací kolíky do zadní části vložky. Pro tuto osovou výšku obsahuje vložka dvě řady lopatek. Postup výroby je znázorněn v Tabulce 22. Rámcový technologický postup vložky 3.2n, celý postup s parametry pak v Příloze č. 14 - Navrhovaný technologický postup 3.2n.

Tabulka 36. Rámcový technologický postup vložky 3.2n

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
10	VN0411 - Soustruh SV18R	Soustružení - hrubování	12	60
		1. obrábět čelo přídavek 3mm		
		2. obrábět průměr přídavek 3mm		
		Otočit obrobek		
		3. obrábět čelo přídavek 3mm		
4. obrábět průměr přídavek 3mm				
20	VN0171 – kalič, vakuová pec	Žíhat mezioperačně	9	24
30.1	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Čelo s přídavkem 0,4mm	60	70
		2. Průměr 174 s přídavkem 0,4mm		
		3. Průměr 164 s přídavkem 0,4mm		
		4. Průměr 162 hotově		
		5. Středový otvor hotově		
		6. Hloubit zkratový kruh s přídavkem 4mm		
30.2	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Hrubovat otvory pro vyvažovací kolíky	0	70
		2. Dno zkratového kruhu s přídavkem 0,25mm		
		3. Frézovat drážky lopatek		
		Otočit vložku		
		4. Čelo s přídavkem 0,4mm		
		5. Vrtat otvory pro zátky		
6. Drážku pro označení do hloubky 0,5mm hotově				

Tabulka 37. (pokračování) Rámcový technologický postup vložky 3.2n

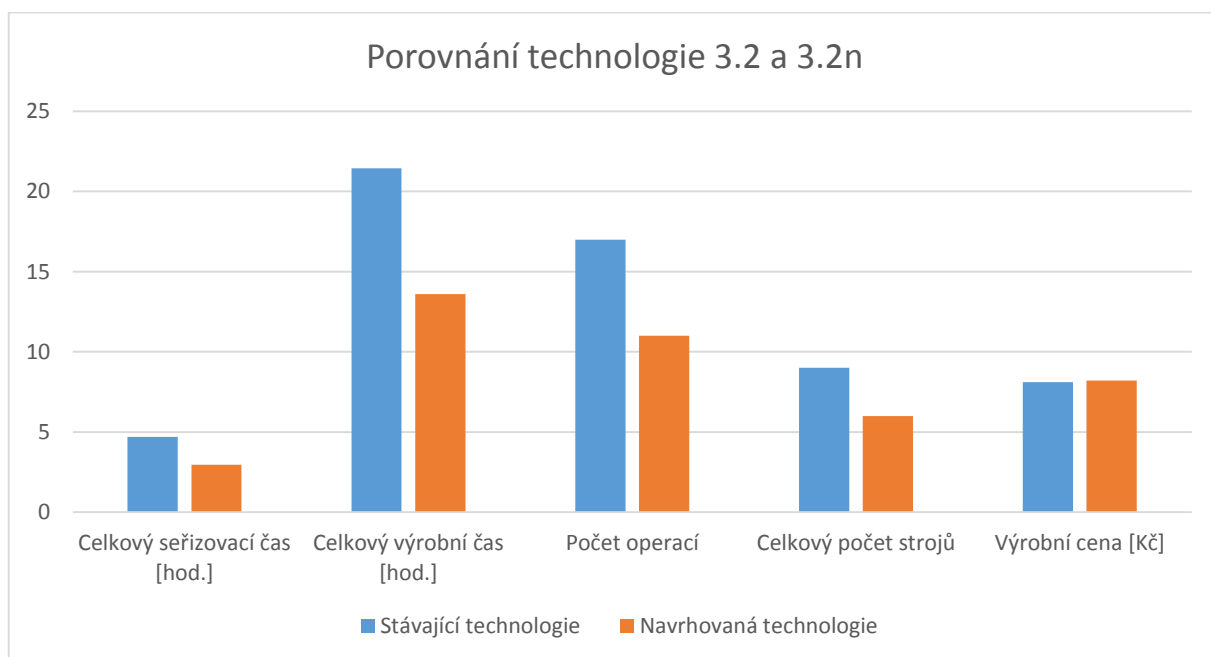
Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
40	VN0471 – vrtačka SIP	Vrtat z boku díry pro kolík $\varnothing 8H7$	18	12
50	VN0944 – mechanik	Označit, upravit a připravit vložku pro kalení	0	21
60	VN0171 – kalič, vakuová pec	Kalit na hodnotu 48HRC	9	30
70	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Plochy do roviny na hotovo dle výkresu, odvzdušňovací drážky přední	60	364
		2. Osazení na míru, zápich hotově		
		3. Čistit otvor		
		4. Zkratový kruh, otvory pro vyvažovací kolíky		
		5. Lopatky hotově		
		6. Odvzdušňovací drážky hotově zadní		
80	VN0944 – mechanik	Dohotovit po frézování R0.3 u otvoru a R1 u drážky, otryskat, odjehlít, odmagnetovat, připravit pro kalení, nalisovat zátky	0	60
90	VN0564 – bruska na plocho BPH50	Na zadním čele brousit zátky do roviny a na míru dle mechanika	9	30
100	VN0171 – kalič, vakuová pec	Natřít metalstarem, vložit do pece na teplotě 300°C	0	60
110	VN0944 – mechanik	Ucpat nežádoucí otvory chlazení zátkami, kontrola po kalení, konzervace	0	15

#### 6.6.1. Porovnání technologie tvarové vložky 3.2 a 3.2n

U této tvarové vložky opět nastal problém s elektroerozivním hloubením, které se využívá při opracování lopatek na hotovo. Stávající technologický postup se touto operací značně prodlužoval, proto při návrhu nového postupu výroby jsem využil již zmíněného frézování. Toto má za následek snížení počtu operací, využitých strojů a technologií. Operace 8. až 13. byla kompletně nahrazena frézováním, což mělo za následek snížení výrobních časů. Díky vyloučení některých úkonů a pracovišť se snížila i doba pro seřízení.

Tabulka 38. Porovnání technologie 3.2 s 3.2n

-	Dosavadní technologie	Navrhovaná technologie
Označení v diplomové práci	3.2	3.2n
Výkresová dokumentace	Příloha č. 6	Příloha č. 6
Technologický postup	Kapitola č. 4.7.	Kapitola č. 6.6. (Příloha č. 14)
Počet operací	17.	11.
Čas seřízení [min.]	282	177
Čas zpracování [min.]	1287	816
Výrobní cena [Kč]	8102,69	8201,77



## 6.7. Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 4.1n

Tvarová vložka 4.1n je z řešených vložek největší a řadí se do osové výšky 160. Tato přední část je typická svým vtokovým kanálem, oproti vložce 3.1n nemá chladicí kanály. Při obrábění je třeba dbát na hloubku zkratového kruhu. Kompletní technologický postup je zobrazen v Příloze č. 15 - Navrhovaný technologický postup 4.1n.

Tabulka 39. Rámcový technologický postup vložky 4.1n

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
10	VN0411 - Soustruh SV18R	Soustružení – hrubování:	15	130
		1. obrábět čelo přídavek 3mm		
		2. obrábět průměr přídavek 3mm		
		Otočit obrobek		
		3. obrábět čelo přídavek 3mm		
20	VN0171 – kalič, vakuová pec	Žíhat mezioperačně	9	24
30.1	VN0532 – frézka MCFV 1260	Frézování ploch	75	70
		1. Čelo přídavek 0,6mm		
		2. Povrch s přídavkem 0,6mm		
		3. Otvor hotově dle rozměrů		
30.2	VN0532 – frézka MCFV 1260	4. Hrubovat vtokový kanál se zkratovým kruhem přídavek 0,4mm	0	370
		Přesné tvary - frézování		
		1. Dno zkratového kruhu s přídavkem 0,25mm		
		2. Hrubovat otvory pro vyvažovací kolíky		
		3. Vyhотовit vtokový kanál		
		4. Hrubuje $\varnothing 110$		
		5. Dohotovit drážky vtoku		
		6. Frézovat drážky lopatek 14x		
7. Drážku pro označení do hloubky 0,5mm hotově				
8. Vrtat otvory a vyhotovit závit 4x M12, vrtat otvor na kolík $\varnothing 10+0,03$				



Tabulka 40. (pokračování) Rámcový technologický postup vložky 4.1n

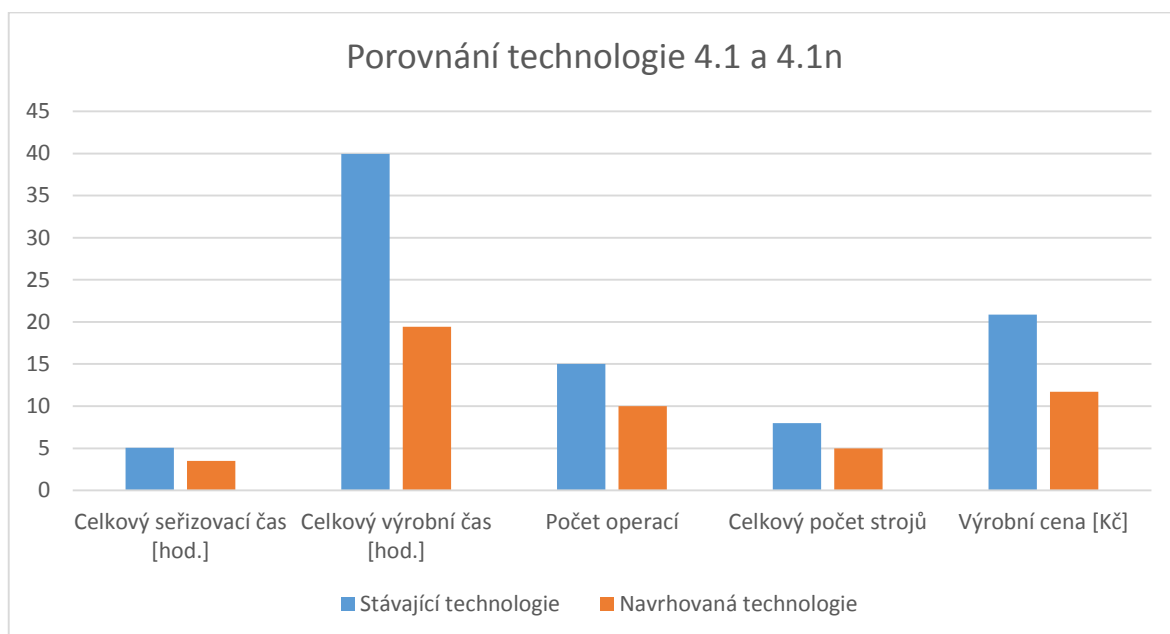
Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
40	VN0944 – mechanik	Označit, upravit, přeleštit vtok, připravit pro kalení	0	30
50	VN0171 – kalič, vakuová pec	Kalit na hodnotu 48HRc	9	15
60	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Plochy do roviny a na hotovo dle výkresu, rádius 110H7 na hotovo, pozor na stanovenou hloubku lopatek	75	410
		2. Čistit středový otvor		
		3. Zkratový kruh, otvory pro vyvažovací kolíky a Lopatky hotově dle výkresu		
		4. Otočit obrobek		
		Čelo zadní a sražení na hotovo		
70	VN0561 – Bruska	Odvzdušňovací drážky hotově	18	36
80	VN0944 – mechanik	Dohotovit po frézování R0,3 u otvoru a R0,5 u drážky, odjehlit, otryskat, odmagnetovat, leštit, potřebné opravit, připravit pro kalení	0	30
90	VN0171 – kalič, vakuová pec	Natřít metalstarem, vložit do pece při teplotě 300°C	9	30
100	VN0944 – mechanik	Kontrolovat po kalení, dle potřeby očistit po kalení, nakonzervovat	0	21

### 6.7.1. Porovnání technologie tvarové vložky 4.1 a 4.1n

Vložka 4.1 je rozměrově největší ze všech řešených typů. Díky shodným tvarům s předešlými vložkami lze využít univerzální programy s obměnou nástrojů. Stávající technologický postup využíval elektroerozivní obrábění, které značně prodlužovalo výrobní časy. Navrhovaný technologický postup využívá převážně frézování, tato změna se projevuje v celkových časech, které se zkrátily o několik hodin, jak je možné vidět v *Tabulce 25. Porovnání technologie 4.1 s 4.1n*. Operace 30. soustružení je nahrazeno frézováním, tato změna byla použita i pro operace 70. až 110.

Tabulka 41. Porovnání technologie 4.1 s 4.1n

-	Dosavadní technologie	Navrhovaná technologie
Označení v diplomové práci	4.1	4.1n
Výkresová dokumentace	Příloha č. 7	Příloha č. 7
Technologický postup	Kapitola č. 4.8.	Kapitola č. 6.7. (Příloha č. 15)
Počet operací	15.	10.
Čas seřízení [min.]	304	210
Čas zpracování [min.]	2397	1166
Výrobní cena [Kč]	20 864,17	11696,81



## 6.8. Navrhovaný technologický postup tvarové vložky 4.2n

Poslední řešená vložka 4.2n využívá pro odvzdušnění pouze drážek ve svém čele. Oproti nižším osovým výškám nemá odvzdušnění přes vyvažovací kolík. Celý technologický postup je v *Příloze č. 16 - Navrhovaný technologický postup 4.2n*.

Tabulka 42. Rámcový technologický postup vložky 4.2n

Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
10	VN0411 - Soustruh SV18R	Soustružení hrubování:	15	100
		1. obrábět čelo přídavek 2mm		
		2. obrábět průměr přídavek 2mm		
		Otočit obrobek		
		3. obrábět čelo přídavek 2mm		
		4. obrábět průměr přídavek 2mm		
20	VN0171 – kalič, vakuová pec	Žíhat mezioperačně	9	24
30.1	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Čelo s přídavkem 0,5mm	60	70
		2. Průměr 188mm hotově		
		3. Průměr 178F8 s přídavkem 0,5mm, srazit hranu		
		4. Průměr 176mm hotově		
		5. Středový otvor hotově		
		6. Hloubit zkratový kruh s přídavkem 4mm		
30.2	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Hrubovat otvory pro vyvažovací kolíky	0	150
		2. Dno zkratového kruhu s přídavkem 0,25mm		
		3. Frézovat drážky lopatek		
		Otočit vložku		
		4. Čelo zadní přídavek 0,4mm, sražení hrany		
		5. Drážku pro označení do hloubky 0,5mm hotově		
40	VN0471 – vrtačka SIP	Vrtat z boku díry pro kolík $\varnothing 8H7$	18	12
50	VN0944 – mechanik	Označit, upravit a připravit vložku pro kalení	0	15
60	VN0171 – kalič, vakuová pec	Kalit na hodnotu 48HRC	0	15
70	VN0532 – frézka MCFV 1260	1. Plochy do roviny na hotovo dle výkresu	60	336
		2. Osazení na míru, zápich hotově		
		3. Čistit otvor		
		4. Zkratový kruh, otvory pro vyvažovací kolíky		
		5. Lopatky hotově		
		6. Čelní plocha zadní na hotovo		

Tabulka 43. (pokračování) Rámcový technologický postup vložky 4.2n

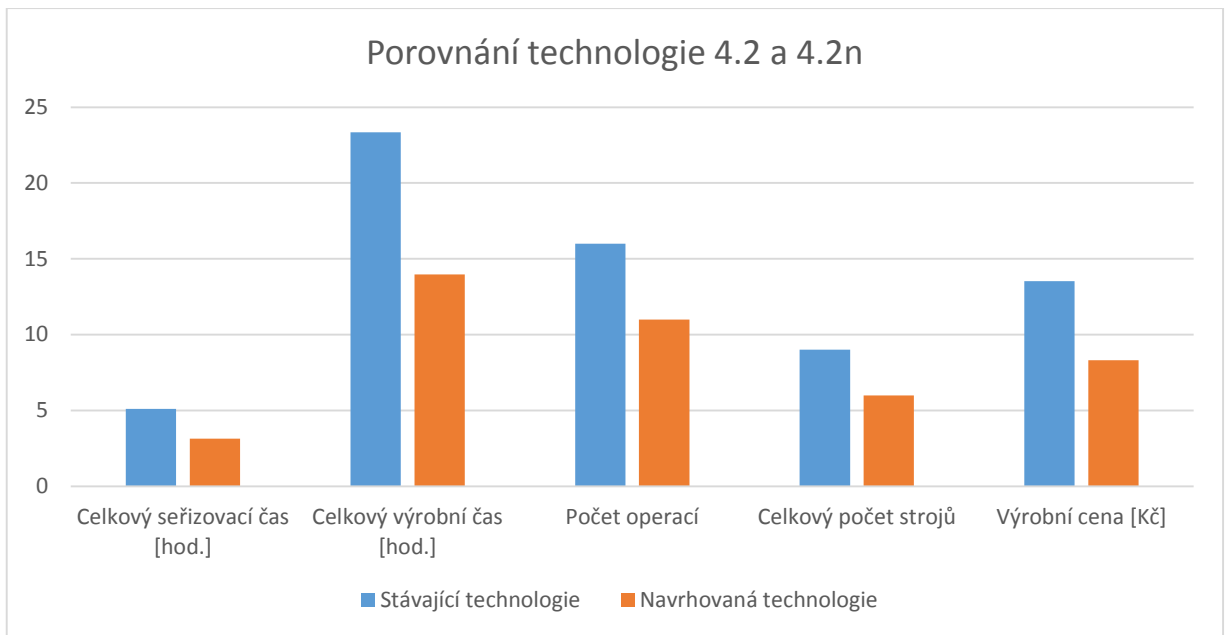
Operace	Pracoviště	Popis	Čas seřízení [min.]	Čas zpracování [min.]
80	VN0561 – Bruska	Odvzdušňovací drážky hotově	18	36
90	VN0944 – mechanik	Dohotovit po frézování R0.3 u otvoru a R0.5 u drážky, odjehlit, otryskat, odmagnetovat, připravit pro kalení	0	30
100	VN0171 – kalič, vakuová pec	Natřít metalstarem, vložit do pece na teplotě 300°C	9	30
110	VN0944 – mechanik	Kontrola po kalení, dle potřeby čistit, konzervace	0	21

#### 6.8.1. Porovnání technologie tvarové vložky 4.2 a 4.2n

Poslední navrhovaný technologický postup vložky 4.2 se liší od stávající technologie využitím operace frézování pro většinu tvarů. Nahrazuje tak použití elektroerozivního hloubení a broušení na kruhových a rovinných bruskách. Frézování na stroji TAJMAC nahradí operaci 30., 80. až 120. a to zajistí zkrácení výrobního času o několik hodin.

Tabulka 44. Porovnání technologie 4.2 s 4.2n

-	Dosavadní technologie	Navrhovaná technologie
Označení v diplomové práci	4.2	4.2n
Výkresová dokumentace	Příloha č. 8	Příloha č. 8
Technologický postup	Kapitola č. 4.9.	Kapitola č. 6.8. (Příloha č. 16)
Počet operací	16.	11.
Čas seřízení [min.]	306	189
Čas zpracování [min.]	1401	839
Výrobní cena [Kč]	13 535,25	8308,25



## 7. Technicko-ekonomický přínos navrhované řešení

### 7.1. Technický přínos navrhovaného řešení

Z hlediska technického přínosu navrhovaného řešení lze zmínit několik parametrů, které zaručují celkové zlepšení výroby. Mezi tyto parametry patří zkrácení seřizovacích a výrobních časů, využití jednoho stroje pro více operací, ušetření výrobních kapacit pro jinou výrobu nebo snížení kontrol po jednotlivých operacích. Jako další výhody mohou zmínit snížení manipulačních drah a operací mezi jednotlivými pracovišti.

Dle navrhovaného technologického postupu jsou časy ušetřené změnou technologií hlavní výhodou. Pro tvarovou vložku 1.1n je čas seřízení menší o 47 minut, výrobní čas se pak snížil o 513 minut. U zadní vložky 1.2n se seřizovací čas snížil o 9 minut z důvodu větších nároku na přesné seřízení stroje. Toto nepatrné zlepšení je znásobeno časem výroby vložky o 213 minut. Tvarová vložka 2.1n díky nové technologii dosáhla o 45 minut kratšího času seřízení a o 274 minut kratšího času výroby. Pro návrh vložky 2.2n je přínos v seřizovacím čase, který se zkrátil o 45 minut. Pro hlavní strojní čas se celkové časy zkrátily dokonce o 379 minut. Vložka 2.2n má seřizovací čas snížený o 9 minut, celkový čas výroby se podařil snížit o 222 minut. Vložka 3.1n se vyznačuje složitějším tvarem vtokového kanálu a dvěma řadami lopatek, přesto se snížily seřizovací časy o polovinu a výrobní čas o 404 minut. Tvarové vložky zadní se projeví jako problémové při konečném hodnocení, kdy rozdíly jsou někdy nepatrné, ale i tyto změny je vhodné projednat. Pro vložku 3.2n není

problém v ušetřeném čase, ale spíše v nové celkové ceně. Seřizovací čas pro novou technologii je o 105 minut kratší, celkový strojní čas se snížil o 471 minut. Tvarová vložka 4.1n má seřizovací čas kratší o 94 minut a čas zpracování se snížil o 1231 minut. Poslední tvarová vložka 4.2n oproti stávající technologii má seřizovací čas snížen o 117 minut, čas zpracování se podařilo snížit o 562 minut. Z těchto hodnot je patrné, že zkrácení časů má přínos pro navrhované řešení a pomůže zlepšení technologie.

## 7.2. Ekonomický přínos navrhovaného řešení

S technickým přínosem souvisí ekonomický přínos navrhovaného řešení. Při zvolení vhodné technologie se kromě krácení výrobních časů sníží i cena výroby tvarové vložky. Pro výpočet nové ceny vložky jsem využil stávající kalkulaci, která má pro některé operace stejnou hodnotu. Kalkulace ceny je pro každou operaci rozdílná, je určena suma za minutu. Příkladem je operace mechanické úkony, kdy dle kalkulace za 30 minut zpracování je cena 90,75 Kč. Díky snížení počtu operací a využití vybraných strojů se u některých vložek cena snížila i o několik stovek korun: Tvarová vložka 1.1n díky navrhované technologii ušetří 4425,4 Kč; vložka 1.2n zajistí ušetření nákladů o 2053 Kč. Zde je vidět, že u vložek zadních není snížení nákladů tak velké jak u vložek předních. Další osově výšky mají snížení nákladů: 2.1n o 1246 Kč; 2.2n o 251 Kč; 3.1n o 5100 Kč; 3.2n tato vložka má naopak zvýšení nákladů o 100 Kč, ale snížení výrobních časů o 8 hodin; vložka 4.1n o 9168 Kč; 4.2n o 5227 Kč méně oproti staré technologii. Pro kalkulaci jednotlivých vložek bylo ke každé operaci přičteno 20-30% k časům z důvodu ztrát.

## 8. Závěry pro realizaci v praxi

Navrhované technologické postupy jsem konzultoval s provozem nástrojárny, jednotlivé operace se postupně odladují dle požadavků výroby. Pro operace frézování je vytvořen NC kód v programu Mastercam. V tomto programu díky vytvořenému modelu vložky a simulaci drah jsou patrné jednotlivé úkony. Firma Siemens s.r.o. využívá programů NX pro tvorbu a simulaci obrábění. Dalšími kroky bude odladění CNC programu a využití získaných poznatků pro vylepšení stávajících technologických postupů. Příloha č. 17 až 24 obsahuje NC kódy, vhodné pro realizaci v praxi. Tyto kódy je však nutné odladit dle stroje TAJMAC, který bude využit pro operace frézování.

```
25314512846010.NC x
1  |
2  O0000(25314512846010)
3  (DATE=DD-MM-YY - 12-05-16 TIME=HH:MM - 22:24)
4  (MCX FILE - C:\USERS\DOSTAL.PA\DESKTOP\OSTRAVA\DIPLOMOVÁ PRJ
5  (NC FILE - C:\USERS\DOSTAL.PA\DOCUMENTS\MY MCMX8\MILL\NC\2
6  (MATERIAL - STEEL MM - S2 - 200 BHN)
7  ( T515 | 75 FACE MILL | H515 | XY STOCK TO LEAVE - 0. | Z S
8  N100 G21
9  N110 G0 G17 G40 G49 G80 G90
10 N120 T515 M6
11 N130 G0 G90 G54 X-146.704 Y109.998 A0. S1527 M3
12 N140 G43 H515 Z78.
13 N150 Z63.
14 N160 G1 Z51.75 F305.4
15 N170 X109.204 F610.8
16 N180 X140.247 Y65.999
17 N190 X-140.247
18 N200 X-153.431 Y22.
19 N210 X153.431
20 N220 Y-22.
21 N230 X-153.431
22 N240 X-140.247 Y-65.999
23 N250 X140.247
24 N260 X109.204 Y-109.998
25 N270 X-146.704
26 N280 G0 Z76.75
27 N290 M5
28 N300 G91 G28 Z0.
29 N310 G28 X0. Y0. A0.
30 N320 M30
```

Obrázek 12. Ukázka NC kódu pro operaci frézování vložky 3.1n

## Závěr

Náplní této diplomové práce bylo navrhnout nový technologický postup výroby tvarových vložek AH100-160, v práci označené jako 1.1 až 4.2. Hlavním cílem byl rozbor stávající technologie, návrh nové technologie, porovnání obou technologií, zhodnocení technicko- ekonomického přínosu navrhovaného řešení a provedení závěrů pro realizaci v praxi. Při návrhu technologických postupů vyplynulo, že nejvhodnější cesta bude snížení počtu operací, které se nahradí jednou technologií za použití jednoho stroje. Jako příklad mohu uvést operace broušení, soustružení a elektroerozivní hloubení, které byly nahrazeny operací frézování na stroji TAJMAC. Tyto změny mají za následek snížení výrobních a časových nákladů na jednotlivé typy vložek. Celková úspora za všechny tvarové vložky 1.1n až 4.2n činí 3995 minut, nejvyšší úspory času bylo dosaženo u vložky 2.2n. Při kalkulaci výrobních nákladů se celková úspora za všechny vložky 1.1n až 4.2n rovná částce 27372 Kč. Úspory byly u většiny vložek v tisících, pouze vložka 2.1n přešla do záporných hodnot o 100 Kč. Tuto ztrátu však kompenzoval nižší výrobní a seřizovací čas. Cíl této diplomové práce navrhnout nový technologický postup se podařil. V přílohách jsou uvedeny jednotlivé navrhované technologické postupy pro každou tvarovou vložku a výkresová dokumentace. S firmou Siemens, s.r.o. probíhá další spolupráce jak v oblasti navrhování, tak v oblasti možného budoucího uplatnění.



## Použitá literatura

- [1] Grov, N.: Možnosti tlakového odlévání hliníku – použití této technologie v mezní oblasti. Slévárství č. 2-3, 2005, s. 95-101
- [2] ROUČKA, Jaromír. Metalurgie neželezných slitin. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 148 s. ISBN 80-214-2790-6.
- [3] Tlakové licí stroje TL. Rakovnické tvářecí stroje s.r.o. [online]. Rakovník: Rakovnické tvářecí stroje, 2013 [cit. 2016-03-03]. Dostupné z: <http://www.tosrakovnik.cz/article-tlakove-lici-stroje>
- [4] CLH 400.02: Návod na obsluhu tlakového lejacieho centra typu CLHA 400.02. Vihorlat n. p., Snina, 1987.
- [5] Dodávka tlakových lejacích strojov. Fomart Slovakia, spol. s r.o. [online]. Humenné: Grafitek.sk s.r.o., 2013 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <http://www.fomart.sk/sk/profil-spolocnosti/dodavka-tlakovych-lejacich-strojov>
- [6] Siemens, s.r.o., odštěpný závod Elektromotory Mohelnice. SIEMENS [online]. Mohelnice: Siemens, s.r.o., 2016 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: [http://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty\\_a\\_sluzby/OZ\\_Mohelnice/Pages/Elektromotory\\_Mohelnice.aspx](http://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/OZ_Mohelnice/Pages/Elektromotory_Mohelnice.aspx)
- [7] TOLLRIAN, Zdeněk. Nástrojárna I DT LD P MF-MOH PT4. Mohelnice, 2010.
- [8] Soustruh hrotový. In: Stroje Svoboda s.r.o. [online]. Blansko: strojesvoboda.cz, 2016 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://strojesvoboda.cz/katalog.php?page=DETAIL&katalog=Stroje/Soustruh&key=&id=9344&ids=9360&o=1>
- [8] Brusky. Strojtom [online]. Moravany: STROJTOM s.r.o., 2016 [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: [http://strojtom.com/cz/www/info.php?id\\_stroj=24&adr=brusky](http://strojtom.com/cz/www/info.php?id_stroj=24&adr=brusky)
- [9] Postup výroby tvarových vložek AH 100-160 HYBRID. Siemens s.r.o., Mohelnice, 2015.
- [10] Vertikální obráběcí centrum MCFV 1260. TAJMAC-ZPS, a.s. [online]. Malenovice: TAJMAC-ZPS, a.s., 2012 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.tajmac-zps.cz/cs/MCFV-1260>
- [11] KOUTNÝ, Aleš. *Indukční přístroj pro upínání nástroj za tepla typ E-ZWO v sadě s chladičím aparátem COOL 1*. Kuřim, 2011.
- [12] 19 552.3. In: *Lentus* [online]. Dolní Bousov: LENTUS spol. s r.o., 2007 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.lentus-ocel.cz/tridy-oceli/n-19-5523.htm>

- [13] OMP60 - optická obrobková sonda. Renishaw plc., 2008.
- [14] HAVRÁNEK, Radek (ed.). Rámcové technologické postupy tvarových vložek firmy Siemens s.r.o. Mohelnice, 2010.
- [15] HAVRÁNEK, Radek (ed.). Seznam nástrojů pro výrobu tvarových vložek firmy Siemens s.r.o. Mohelnice, 2016.
- [16] AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění – Kniha pro praxi*. Překl. M. Kudela. 1. vyd. Praha : Scientia, s.r.o., 1997. 857 s. Přel. Z: Modern Metal Cutting – A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
- [17] SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I. - II. doplněné vydání*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010, 138s. ISBN 978-80-248-2278-4.
- [18] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění: E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů*. 2007. Editační středisko VŠB-TUO, 251 s. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [19] KULKARNI, Suhas. *Robust process development and scientific molding theory and practice*. Munich: Hanser Publications, 2010. ISBN 978-161-3442-982.
- [20] BOLJANOVIC, Vukota. *Metal shaping processes casting and molding, particulate processing, deformation processes, and metal removal*. New York: Industrial Press, 2010. ISBN 978-161-3448-557.
- [21] EDITED BY DAL KOSHAL. *Manufacturing engineer's reference book*. Norwich, NY: Knovel, 2002. ISBN 978-008-0523-958.
- [22] MICKELSON, Dale. *Guide to hard milling and high speed machining*. New York: Industrial Press, c2007. ISBN 08-311-3319-8.

## Seznam tabulek

Tabulka 1. Technické parametry tlakového licího stroje CLH 630.02 [5].....	19
Tabulka 2. Přehled tvarových vložek řešených v diplomové práci .....	20
Tabulka 3. Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 1.1 [14] .....	23
Tabulka 5. Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 1.2 [14] .....	25
Tabulka 7. Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 2.1 [14] .....	26
Tabulka 9. Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 2.2 [14] .....	28
Tabulka 11. Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 3.1 [14] .....	30
Tabulka 12. Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 3.2 [14] .....	31
Tabulka 14. Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 4.1 [14] .....	33
Tabulka 15. Rámcový technologický postup výroby tvarové vložky 4.2 [14] .....	34
Tabulka 17. Řešené tvarové vložky pro novou technologii .....	39
Tabulka 18. Navrhovaný technologický postup tvarová vložka 1.1n .....	40
Tabulka 22. Porovnání technologie 1.1 s 1.1n.....	44
Tabulka 23. Rámcový technologický postup vložky 1.2n .....	45
Tabulka 25. Porovnání technologie 1.2 s 1.2n.....	47
Tabulka 26. Rámcový technologický postup vložky 2.1n .....	48
Tabulka 28. Porovnání technologie 2.1 s 2.1n.....	49
Tabulka 29. Rámcový technologický postup vložky 2.2n .....	50
Tabulka 32. Porovnání technologie 2.2 s 2.2n.....	52
Tabulka 33. Rámcový technologický postup vložky 3.1n .....	53
Tabulka 35. Porovnání technologie 3.1 s 3.1n.....	55
Tabulka 36. Rámcový technologický postup vložky 3.2n .....	56
Tabulka 38. Porovnání technologie 3.2 s 3.2n.....	58
Tabulka 39. Rámcový technologický postup vložky 4.1n .....	59
Tabulka 41. Porovnání technologie 4.1 s 4.1n.....	61
Tabulka 42. Rámcový technologický postup vložky 4.2n .....	62
Tabulka 44. Porovnání technologie 4.2 s 4.2n.....	63

## Seznam obrázků

Obrázek 1. Provoz nástrojárny [7] .....	11
Obrázek 2. Tlakové lité - licí cyklus .....	17
Obrázek 3. Vysokotlaký licí stroj - TL6-400 .....	18
Obrázek 4. Tlakový licí stroj CLH 400.02 v provozu firmy Siemens .....	19
Obrázek 5. Řešené tvarové vložky 1.1 až 4.2 [Příloha č.1 až Příloha č.8] .....	21
Obrázek 6. Seznam nástrojů pro výrobu vložky 1.1 a 1.2 [15] .....	24
Obrázek 7. Seznam nástrojů pro výrobu tvarové vložky 2.1 a 2.2 [15] .....	29
Obrázek 8. Seznam nástrojů pro výrobu tvarové vložky 3.1 a 3.2 [15] .....	32
Obrázek 9. Seznam nástrojů pro výrobu tvarové vložky 4.1 a 4.2 [15] .....	35
Obrázek 10. Stroj MCFV 1260 [10].....	36
Obrázek 11. Optická sonda OMP60 [13] .....	38
Obrázek 12. Ukázka NC kódu pro operaci frézování vložky 3.1n .....	66

## Seznam příloh

- Příloha č.1 - výkresová dokumentace vložky 1.1
- Příloha č.2 - výkresová dokumentace vložky 1.2
- Příloha č.3 - výkresová dokumentace vložky 2.1
- Příloha č.4 - výkresová dokumentace vložky 2.2
- Příloha č.5 - výkresová dokumentace vložky 3.1
- Příloha č.6 - výkresová dokumentace vložky 3.2
- Příloha č.7 - výkresová dokumentace vložky 4.1
- Příloha č.8 - výkresová dokumentace vložky 4.2
- Příloha č.9 - Navrhovaný technologický postup 1.1n
- Příloha č.10 - Navrhovaný technologický postup 1.2n
- Příloha č.11 - Navrhovaný technologický postup 2.1n
- Příloha č.12 - Navrhovaný technologický postup 2.2n
- Příloha č.13 - Navrhovaný technologický postup 3.1n
- Příloha č.14 - Navrhovaný technologický postup 3.2n
- Příloha č.15 - Navrhovaný technologický postup 4.1n
- Příloha č.16 - Navrhovaný technologický postup 4.2n
- Příloha č. 17 - NC kód tvarové vložky 1.1n
- Příloha č. 18 - NC kód tvarové vložky 1.2n
- Příloha č. 19 - NC kód tvarové vložky 2.1n
- Příloha č. 20 - NC kód tvarové vložky 2.2n
- Příloha č. 21 - NC kód tvarové vložky 3.1n
- Příloha č. 22 - NC kód tvarové vložky 3.2n
- Příloha č. 23 - NC kód tvarové vložky 4.1n
- Příloha č. 24 - NC kód tvarové vložky 4.2n