



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## **SESTAVENÍ TECHNOLOGIE SOUČÁSTI "CAGE" VE FIRMĚ CCI BRNO**

TECHNOLOGY ASSEMBLING OF A PART "CAGE" IN A COMPANY CCI

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. ALENA TKÁČOVÁ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. MILAN KALIVODA**

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie  
Akademický rok: 2010/2011

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Alena Tkáčová

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Sestavení technologie součásti "cage" ve firmě CCI Brno**

v anglickém jazyce:

### **Technology assembling of a part "cage" in a company CCI**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Představení firmy (součástková základna, strojový park, nástrojové vybavení). Rozbor zadané součásti a aplikace. Představení současné technologie součásti včetně procesu jejího vytvoření. Navržení nové technologie s požadavkem na zvýšení produktivity výroby ve firmě o cca 20 %. Zhodnocení návrhu. Ekonomické porovnání v podmínkách firmy.

Cíle diplomové práce:

Návrh technologie ve specifických podmínkách firmy. Začlenění výhledové varianty s vybavením na úrovni současného stavu techniky. Definování podmínek realizace na podkladě ekonomického rozboru.

Seznam odborné literatury:

1. CIHLÁŘOVÁ, P., HILL, M. and PÍŠKA, M. Fundamentals of CNC Machining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
2. KOČMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. 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.
5. HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
6. KOČMAN, K. Speciální technologie obrábění. 3. vyd. Brno: VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERM, 2004. 230 s. ISBN 80-214-2562-8.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 24.11.2010

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na technologii výroby součásti „cage“ ve firmě CCI Brno. Řeší operaci vrtání děr po obvodu součásti. V první části je představena strojírenská společnost CCI Brno. Druhá část je zaměřena na rozbor zadané součásti a jejího materiálu. Následuje analyzování postupu současné technologie výroby a sestavení návrhu na její změnu. V závěru práce je doloženo technicko-ekonomické porovnání současné a navržené změny technologie.

### Klíčová slova

Technologie výroby, vrtání, řezné podmínky, dráhy nástrojů, výrobní čas.

## ABSTRACT

This thesis is focused on technology of manufacturing a "cage" component at CCI Brno company. It solves drilling holes to the outside diameter of it. In the first part the company CCI is introduced, and in the second part is focused on component and material analysis. Next step is analyzing present manufacturing procedures and proposing its change. At the end of this thesis is techno-economic comparison of the present and proposed technological change.

### Key words

Production technology, drilling, cutting conditions, tool paths, production time.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TKÁČOVÁ, Alena. *Sestavení technologie součásti "cage" ve firmě CCI Brno: Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 54 s., 9 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Sestavení technologie součásti "cage" ve firmě CCI Brno vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 23. 5. 2011

.....  
Bc. Alena Tkáčová

## **Poděkování**

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce Ing. Milanu Kalivodovi a zaměstnancům firmy CCI Brno za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

**OBSAH**

<b>Abstrakt</b> .....	<b>4</b>
<b>Prohlášení</b> .....	<b>5</b>
<b>Poděkování</b> .....	<b>6</b>
<b>Obsah</b> .....	<b>7</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>9</b>
<b>1 STROJÍRENSKÁ SPOLEČNOST CCI BRNO</b> .....	<b>10</b>
1.1 Mateřská společnost IMI plc .....	10
1.2 Historie .....	11
1.3 Hlavní produkty .....	12
1.4 Strojový park .....	12
1.5 Nástrojové vybavení .....	14
<b>2 ROZBOR ZADANÉ SOUČÁSTI</b> .....	<b>15</b>
2.1 Polotovár .....	15
2.2 Tvar součásti .....	15
2.3 Aplikace .....	16
<b>3 MATERIÁL SOUČÁSTI</b> .....	<b>18</b>
3.1 Žáropevné materiály .....	18
3.1.1 Rozdělení žáropevných ocelí .....	19
3.1.2 Creep (tečení) .....	19
3.2 Vliv legujících prvků .....	20
3.3 Schaefflerův diagram.....	21
<b>4 SOUČASNÁ TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI</b> .....	<b>23</b>
4.1 Postup výroby .....	23
4.2 Operace vrtání děr po obvodu součásti .....	24
4.2.1 Popis obráběcího stroje.....	24
4.2.2 Použité nástroje .....	26
4.2.3 Řezné podmínky .....	28
4.2.4 Dráhy nástrojů .....	28
4.2.5 Výrobní čas .....	31
<b>5 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI</b> .....	<b>33</b>
5.1 Operace vrtání děr po obvodu součásti .....	33
5.1.1 Nástroje .....	33
5.1.2 Řezné podmínky .....	34
5.1.3 Dráhy nástrojů .....	36
5.1.4 Výrobní čas .....	38
<b>6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ</b> .....	<b>41</b>
6.1 Porovnání řezných podmínek .....	41
6.2 Porovnání drah nástrojů .....	42
6.3 Porovnání výrobních časů .....	43
6.4 Porovnání nákladů.....	44
6.4.1 Náklady na nástroje.....	44

6.4.2 Náklady na práci stroje .....	46
6.4.3 Náklady na operaci vrtání po obvodu součásti .....	47
6.5 Celkové doporučení .....	48
<b>Závěr .....</b>	<b>49</b>
<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>50</b>
<b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>	<b>52</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>54</b>



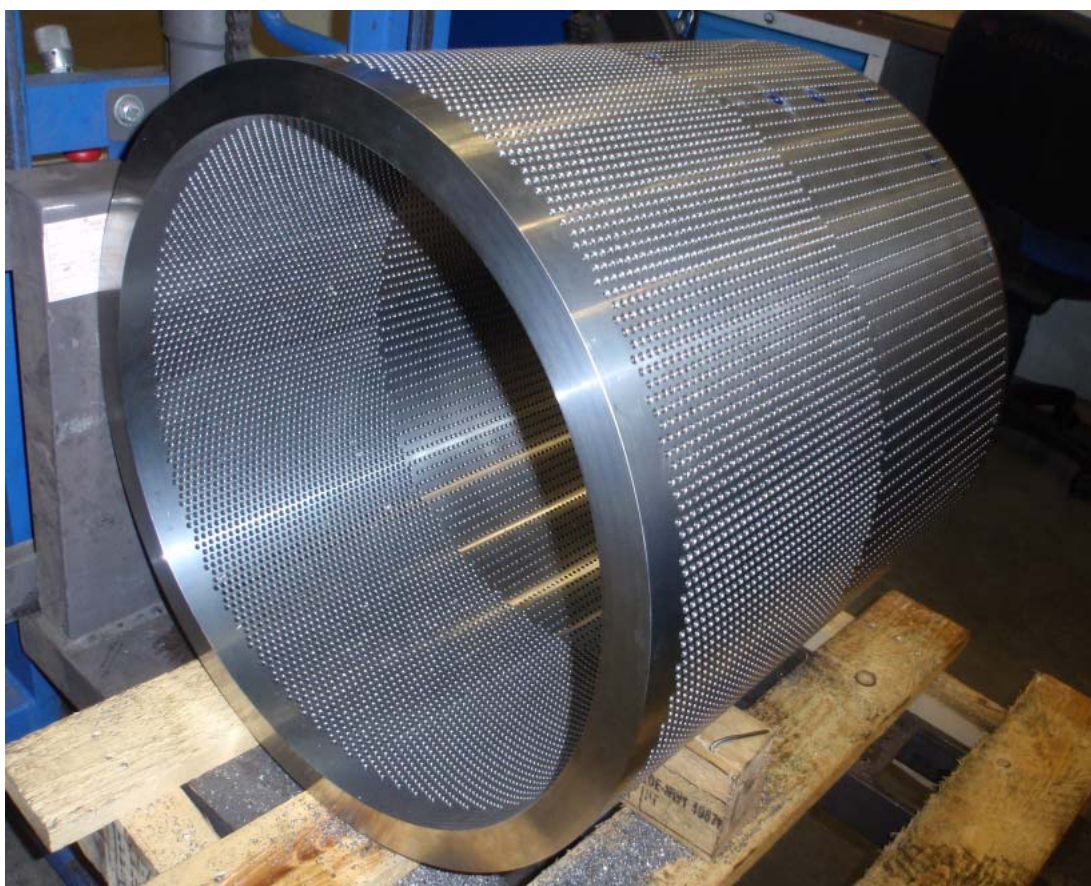
## ÚVOD

Strojírenství je významné průmyslové odvětví. Úroveň tohoto odvětví často poukazuje na hospodářskou vyspělost daného státu. Vyznačuje se velkou různorodostí výrobků, které jsou rozptýleny do mnoha strojírenských společností. Jsou to společnosti na výrobu komponentů pro průmysl automobilový, letecký, strojírenský, papírenský, potravinářský atd.

Firma CCI Brno je strojírenská společnost, která se zabývá zakázkovou výrobou ventilů pro řízení plynů a kapalin používaných v energetice, ropném a plynárenském průmyslu a při výrobě papíru a celulózy.<sup>2</sup>

V současné době se CCI Brno, stejně jako mnoho dalších firem, snaží zvyšovat produktivitu a současně snižovat náklady na výrobu při dosažení stávající kvality výrobků, a tím si udržet konkurenceschopnost na trhu.

Diplomová práce je zaměřena na představení a následnou optimalizaci současné technologie výroby součásti „cage“, která je zobrazena na obr. 1. Hlavním úkolem je zvýšení produktivity snížením výrobního času. Toho lze dosáhnout správným výběrem nástrojů, vhodných rezných podmínek a drah nástrojů. Tato práce je zaměřena na vrtací operaci. Jedná se o vrtání děr do hloubky přibližně  $8 \times D$  a  $10 \times D$ . Hluboké vrtání je poměrně problematické. V dnešní době se však výrobou nástrojů pro vrtání hlubokých děr zabývá již mnoho výrobců.



Obr. 1 Zadaná součást

## 1 STROJÍRENSKÁ SPOLEČNOST CCI BRNO

Závod v Brně je jednou z poboček strojírenské společnosti CCI, nebo-li Control Components Inc. Z důvodu nedostatečných prostor byl v roce 2010 přestěhován do větší haly, která je zobrazena na obr. 1.1. Tento závod nyní zaměstnává přes 300 zaměstnanců.<sup>5</sup>

Firma poskytuje služby pro průmysl po celém světě s vlastními výrobními prostory v USA, Mexiku, Rakousku, České republice, Švýcarsku, Švédsku, Číně, Japonsku a Jižní Koreji. CCI má pobočky a kanceláře se svými zaměstnanci ve více než 15 zemích a je zastoupena místními zastupujícími organizacemi v dalších více než 60 zemích.<sup>2</sup>

CCI využívá své zdroje nejen v oblasti designu, inženýrské a technické podpory, ale také v oblasti prodeje, řízení projektů, zajištění kvality, zadávání veřejných zakázek a výroby.<sup>2</sup>



Obr. 1.1 Strojírenská společnost CCI Brno

### 1.1 Mateřská společnost IMI plc

IMI (Imperial Metal Industries) je celosvětově známá strojírenská společnost se sídlem ve Velké Británii v Birminghamu.<sup>17</sup>

Firma byla založena v roce 1862 Georgem Kynochem jako továrna na kapsle. Později se firma rozšířila o válcovny mosazi, výrobu lamp, tiskárny atd. Dále byla také zavedena metalurgická laboratoř a po první světové válce výroba karburátorů a radiátorů pro automobily a letadla. Další rozvoj následoval po druhé světové válce. V roce 1962, při příležitosti stého výročí založení, byla firma oficiálně pojmenována IMI. Později byly některé podniky prodány. Současně byly rozšířeny kapacity hlavních oblastí.<sup>17</sup>

Nyní se IMI plc skládá z pěti silných odvětví:<sup>17</sup>

- severe service – ovládací ventily průmyslových zařízení (ropné věže apod.),
- fluid power – pohyb a řízení tekutin pro výrobní procesy,
- indoor climate – klimatizační a vytápěcí zařízení,

- beverage dispense – velkoobjemová chladicí zařízení pro nápoje,
- merchandising – systémy pro podporu prodeje a marketingu.

## 1.2 Historie

Společnost CCI založil Richard Self v roce 1961, když si uvědomil potřebu ventilů, které by mohly zvládnout vysokotlaký kapalným vodík a kyslík.<sup>2</sup>

Od roku 1967 se společnost osvědčila při řešení specifických problémů s použitím ventilů s patentovanou technologií CCI DRAG® (princip pravouhého proudění).<sup>2</sup> Patří sem např. regulační ventily, napájecí ventily, ventily pro kritické aplikace, turbínové bypassy, bypassové ventily, kompresorové stanice.<sup>9</sup>

V roce 1971 bylo CCI prodáno firmě Babcock & Wilcox. Roku 1981 získala CCI britská společnost IMI plc.<sup>2</sup>

Díky úspěchům v letech 1980 a 1990, koupila CCI v roce 1997 divizi Thermtec firmy Sulzer a 2001 ventily BTG vyvinuté ve Švédsku. Tím si vydobyla vedoucí postavení na pracovním trhu.<sup>2</sup>

Systém řízení kvality ventilů Sulzer Thermtec je certifikovaný podle ISO 9001. Tyto ventily jsou navrhované pro náročné provozní podmínky. Zahrnují např. parní pojistné ventily řízené médiem, vysokotlakové a nízkotlakové bypassy.<sup>9</sup>

Ventily BTG jsou využívány v klasických elektrárnách a procesních teplárnách. Mezi tyto ventily patří vodní regulační ventily, chladiče páry a ventily na úpravu páry.<sup>9</sup>

Jako hlavní světový dodavatel přístrojů Severe Service, CCI začala usilovat o rozšíření svého vynikajícího portfolia v dodávání produktů a služeb. CCI Italy, původně STI, navrhla a zahájila výrobu lineárních pneumatických ovládacích prvků a také vývoj příslušenství pro tyto prvky.<sup>2</sup>

Dále Fluid Kinetics, které CCI získala v roce 2003, rozšířilo vedoucí pozici firmy na trhu. Fluid Kinetics je výhradní dodavatel upravených průmyslových tlumičů pro energetický, olejový a plynárenský průmysl.<sup>2</sup>

Později, v roce 2003, byly firmy Herion-Werke KG GmbH Nuclear Process a Nuclear Process Control formálně převedeny z IMI Norgren do CCI. Nyní CCI vyrábí solenoidy ovládané ventily Herion v továrnách CCI-AG ve Švýcarsku. Tyto ventily jsou hojně využívány v jaderném průmyslu.<sup>2</sup>

V roce 2005 CCI upevnila svoji pozici v Asii získáním firmy ABB KK v Japonsku, která byla výhradním dodavatelem ovládacích ventilů energetického průmyslu.<sup>2</sup>

Naposledy roku 2006 oznámila IMI plc získání společnosti Truflo Group (specialista na ventily a podobné přístroje na ovládnání průtoku), která je dodavatelem součástí v olejovém, plynárenském, jaderném, chemickém a námořním průmyslu. Truflo Group má výrobní i jiné haly ve Velké Británii, Itálii, Francii, Belgii, Německu a Kanadě.<sup>2</sup>

### 1.3 Hlavní produkty

CCI Brno vyvíjí, konstruuje a vyrábí široký sortiment ventilů a jejich náhradních dílů, které jsou používány v energetice, ropném a plynárenském průmyslu a při výrobě papíru a celulózy.<sup>2</sup>

Firma se zabývá především kusovou výrobou ventilů. Některé komponenty do těchto ventilů se vyrábí v malých sériích. Velikost výrobků je poměrně rozdílná. Na obr. 1.2 je uveden příklad těla ventilu o délce asi 300 mm a hmotnosti okolo 11 kg, zatímco na obr. 1.3 je tělo ventilu o délce přibližně 2 m a hmotnosti asi 8000 kg.



Obr. 1.2 Tělo ventilu



Obr. 1.3 Tělo ventilu

### 1.4 Strojový park

Výrobní hala je rozdělena do několika úseků označených podle počátečních písmen anglických názvů. Plán haly je zobrazen na obr. 1.4.

Obr. 1.4 Plán haly<sup>5</sup>



K dispozici má závod CCI Brno celkem 27 obráběcích strojů. Z hlediska obrábění zde převažují soustružnické operace. Na dílně se nachází dohromady 18 soustruhů (od univerzálních hrotových soustruhů až po CNC soustruhy s možností přídatného hnaného nástroje). Dále je k dispozici 6 frézek (konvenční nástrojařská frézka, tříosá a čtyřosá CNC frézka a tři pětiosá frézovací centra s možností přídatné soustružnické hlavy na vytáčení průměru), bruska pro vnější a vnitřní kruhové plochy a dvě soustružnicko-frézovací centra s dvěma vřeteny a zásobníkem pro 24 nástrojů. Uvedené stroje jsou rozmístěny do dvou částí – hlavní obrobna (na plánu haly označená M) a závěrečná obrobna (F), která slouží především pro finální obrábění těl ventilů.

Příklad CNC soustruhu, které se nachází v hlavní obrobně, je uveden na obr. 1.5. Na obr. 1.6 je prostor pro upínání součástí na rychloupínací palety sloužící ke zkrácení času prostoje stroje při upínání obrobku. Na obr. 1.7 je zobrazen CNC soustruh a na obr. 1.8 pětiosé frézovací centrum. Tyto stroje slouží k finálnímu obrábění v úseku F.



Obr. 1.5 CNC soustruh GHT 7



Obr. 1.6 Prostor pro upínání obrobku



Obr. 1.7 CNC soustruh GHT 9

Obr. 1.8 Pětiosé frézovací centrum  
Juaristi TX1S

Dalším významným úsekem závodu je svařovna. Provádí se zde svařování pomocí několika různých technologií, např. svařování obalovanou elektrodou, MIG, MAG a WIG. Mezi další svařovací zařízení patří svařovací automat, viz obr. 1.9 a 1.10. Zároveň je svařovna vybavena žhacími pecemi a zařízením pro lokální žhání (žhání pouze v místě svaru). Na konci svařovny

se nachází rentgen, ultrazvuk a magnetická prášková metoda pro kontrolu vad materiálu.



Obr. 1.9 Svařovací automat



Obr. 1.10 Svařovací automat

V oddělení montáže je důležitým vybavením tlakovací stolice, na které se po konečném sestavení ventilu ověří jeho těsnost a odolnost vůči vysokému tlaku. U některých výrobků se navíc provádí speciální testování tlakem vody, vzduchu nebo směsí dusíku a helia. Dále kus pokračuje do pískovacího boxu na odstranění nečistot a mastnoty, poté se nalakuje a je připraven na balení a expedici.

## 1.5 Nástrojové vybavení

CCI Brno používá celou škálu obráběcích nástrojů (vrtáky, závitníky, frézy, soustružnické nože), které odebírá např. od výrobců ARNO Werkzeuge, Paul Horn GmbH, Kennametal Inc., Sandvik Coromant, ATI Stellram, Walter AG a WNT Deutschland GmbH.

Vrtáky velkých průměrů odebírá CCI Brno od firmy Kennametal Inc., vrtáky pro hluboké díry dodává především ARNO Werkzeuge, soustružnické nástroje Sandvik Coromant, nástroje ze slinutých karbidů (vrtáky, frézy) WNT Deutschland GmbH, zapichovací nástroje Paul Horn GmbH a závitníky výhradně Walter AG, od kterého často CCI používá také vrtáky a frézovací nástroje.

Od firmy ATI Stellram si CCI Brno nechává vyrábět na zakázku sortu vyměnitelných břitových destiček, která se v současné době běžně nevyrábí.

## 2 ROZBOR ZADANÉ SOUČÁSTI

Analýza součásti je provedena z hlediska polotovaru, jeho rozměrů a hmotnosti, tvaru a rozměrů hotového výrobku, funkce a použití. Rozbor materiálu je vypracován v kapitole 3.

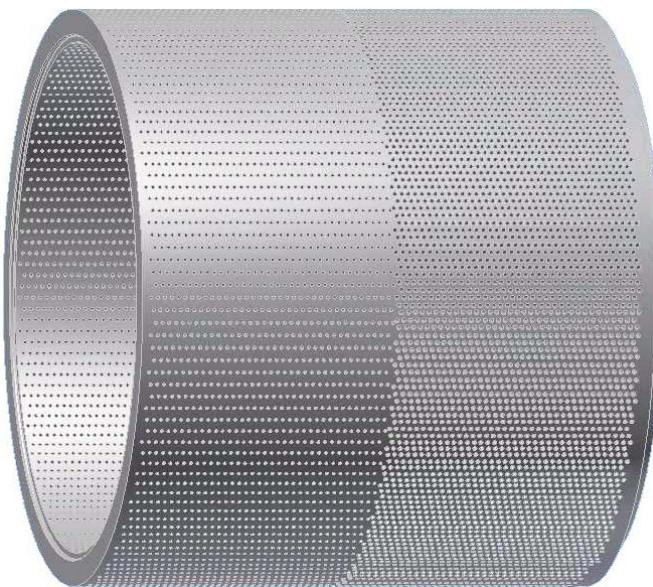
### 2.1 Polotovar

Polotovar pro výrobu součásti „cage“ dodává zákazník v počtu 3 ks.

Součást je vyrobena z plného tyčového polotovaru o  $\varnothing$  600 mm, délce 520 mm a hmotnosti okolo 1200 kg. Materiálem je žárovečná ocel A-182 F91. Chemické složení a vlastnosti této oceli jsou uvedeny v kapitole 3.

### 2.2 Tvar součásti

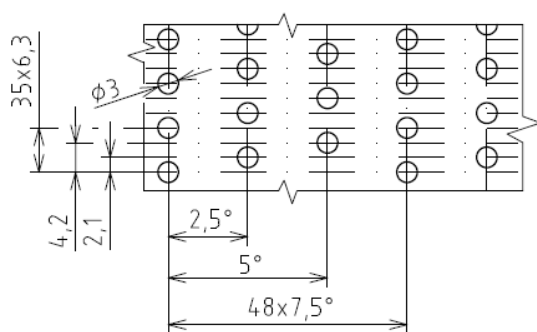
Zadaná součást „cage“ (obr. 2.1) má tvar dutého válce s mnoha pravidelně uspořádanými dírami po obvodu o  $\varnothing$  3 mm a  $\varnothing$  4 mm pro průchod plynného nebo kapalného média. Vnější průměr součásti má velikost 520,7 mm a celková výška je  $487,75 \pm 0,05$  mm.



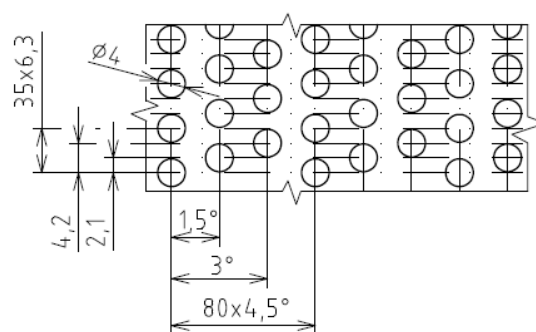
Obr. 2.1 Model zadané součásti

Díry o  $\varnothing$  3 mm jsou uspořádány podélně v 36 řadách s roztečí 6,3 mm a po obvodu po  $2,5^\circ$ , přičemž druhý a třetí sloupec je posunut o 2,1 mm od předchozího sloupce (viz obr. 2.2). Celkem je na součásti 5184 děr o  $\varnothing$  3 mm.

Větší díry, o  $\varnothing$  4 mm, jsou podélně seřazeny také v 36 řadách s roztečí 6,3 mm. Po obvodu je ovšem rozteč jen  $1,5^\circ$ . Opět jsou další dva sloupce posunuty o 2,1 mm oproti předchozímu (viz obr. 2.3). Dohromady je po obvodu kusu 8640 těchto děr.



Obr. 2.2 Detail děr  $\varnothing$  3 mm  
(celkem 5184 děr)



Obr. 2.3 Detail děr  $\varnothing$  4 mm  
(celkem 8640 děr)

Na každém čele obrobku je zhotoveno osazení sloužící k přesnému uložení v sestavě. Na horním čele jsou vyrobeny dvě závitové díry, které slouží k upnutí výrobku při montáži.

Tvar a rozměry kusu jsou zobrazeny na výkresu součásti (viz příloha 2). Jedná se o americký typ výkresu, z těchto důvodů jsou zde rozměry zadány v palcích.

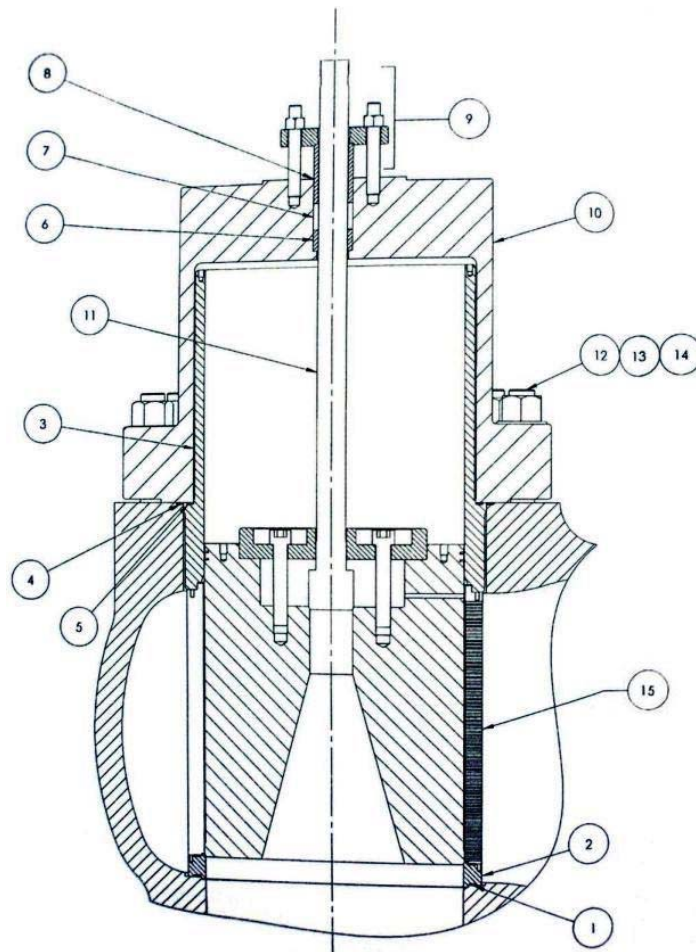
### 2.3 Aplikace

„Cage“ je část ventilu, kterou prochází plynné nebo kapalně médium. Tato součást slouží k redukci tlaku a současně jako ochrana proti poškození těla ventilu a potrubí od kavitace, vibrací a eroze.

Základními částmi sestavy ventilu, která je zobrazena na obr. 2.4, jsou:

- 1 ... gasket (těsnění),
- 2 ... seat ring (sedlo),
- 3 ... guide bushing (vodící pouzdro),
- 4 ... gasket (těsnění),
- 5 ... gasket (těsnění),
- 6 ... graphite ring (grafitový těsnící kroužek),
- 7 ... packing set (teflonové těsnění),
- 8 ... packing follower (těsnící pouzdro),
- 9 ... packing flange (upínka těsnění),
- 10 ... bonnet (kryt),
- 11 ... stem (hřídel),
- 12 ... stud (šroub),
- 13 ... nut (matice),
- 14 ... washer (podložka),
- 15 ... cage (síto).





Obr. 2.4 Sestava ventilu

### 3 MATERIÁL SOUČÁSTI

Zadaná součást je vyráběna z žárovevné feriticko-martenzitické vysokolegované chromové oceli ASTM A-182 F91, což odpovídá číslu oceli 1.4903, evropskému označení X10CrMoVNb9-1 a také přibližně oceli ČSN 17 134. Legujícími prvky jsou chrom a molybden. Ocel je také mikrolegovaná vanadem, niobem a dusíkem.<sup>6, 7, 8</sup>

Chemické složení oceli ASTM A-182 F91, které znázorňuje tab 3.1, je stanoveno dle materiálového technika firmy CCI Brno<sup>6</sup>.

Tab. 3.1 Chemické složení oceli ASTM A-182 F91<sup>6</sup>

prvek	C	Cr	Mo	V	Nb
[hm. %]	0,08–0,12	10,0–12,0	0,85–1,05	0,18–0,25	0,06–0,10

prvek	Mn	Si	Ni	P	N	S	Al
[hm. %]	0,30–0,60	0,20–0,50	0,40	0,02	0,03–0,07	0,01	0,04

#### Vlastnosti

Hlavními přednostmi tohoto materiálu je vysoká pevnost a odolnost proti creepu za zvýšených teplot. Její vysoká žárovevnost je dána precipitačním zpevněním karbidy typu  $M_{23}C_6$  a karbonitridy MX.<sup>7, 8</sup>

Mechanické vlastnosti (mez pevnosti, smluvní mez kluzu a tažnost) oceli ASTM A-182 F91 jsou určeny v tab. 3.2.

Tab. 3.2 Mechanické vlastnosti oceli ASTM A-182 F91<sup>6</sup>

$R_m$ [MPa]	$R_{p0,2}$ [MPa]	$A_5$ [%]
686–883	min. 490	min. 16

#### Použití

Ocel je využívána pro modernizaci tepelných bloků velkých výkonů s výstupní teplotou páry 593 °C a pro parovody v energetickém průmyslu.<sup>7, 8</sup>

### 3.1 Žárovevné materiály

Základním požadavkem žárovevných materiálů je zachování dostatečných mechanických vlastností při vyšší teplotě, jako je např. odolnost proti tečení (creepu) a oxidaci v prostředí vodní páry, dobrá tvárnost a tažnost, vysoká mez kluzu a pevnost v tahu.

### 3.1.1 Rozdělení žárovevných ocelí

Žárovevné oceli se podle chemického složení rozdělují na:<sup>13</sup>

- **nelegované oceli** – většinou se používají pouze do teploty 350 až 400 °C, z těchto ocelí se vyrábí např. trubky, plechy, výkovky a odlitky používané v energetice,
- **nízkolegované oceli** – používané většinou při teplotě 500 až 550 °C, některé do 590 °C. Obvykle jsou legované chromem, molybdenem a vanadem, méně často borem, wolframem a niobem,
- **vysokolegované chromové oceli** – vhodné pro pracovní teploty 600 až 650 °C, kdy se kromě žárovevnosti požaduje také žáruvzdornost.
- **austenitické oceli** – vysoce odolné proti tečení, díky plošně středěné krystalické mřížce, ve které probíhají difúzní pochody i za zvýšených teplot pomaleji. Jsou použitelné až do teploty 700 °C, protože dobře odolávají opalu. Rozdělují se na: *chromniklové austenitické oceli*,  
*manganchromové austenitické oceli*,
- **vytvrditelné oceli** – používají se pro pracovní teploty 650 až 700 °C, kdy už nevyhovují austenitické chromniklové oceli.

### 3.1.2 Creep (tečení)

**Creep** – plastická deformace materiálu závislá na čase, ke které dochází za dlouhodobého působení vysokých teplot při konstantním zatížení nebo konstantním napětí nižším než mez kluzu:<sup>14</sup>

$$\varepsilon_{pl} = f(\sigma, T, t) \quad [-] \quad (3.1)$$

Creep nastává při teplotě:<sup>14</sup>

$$T > (0,3 \text{ až } 0,5) \cdot T_m \quad [\text{K}] \quad (3.2)$$

Kde:  $T_m$  ... teplota tavení [K].

**Křivka tečení** – závislost poměrného prodloužení na čase při konstantním zatížení a konstantní teplotě.<sup>14</sup> Křivka tečení je znázorněna na obr. 3.1.

Stádia křivky tečení:<sup>14</sup>

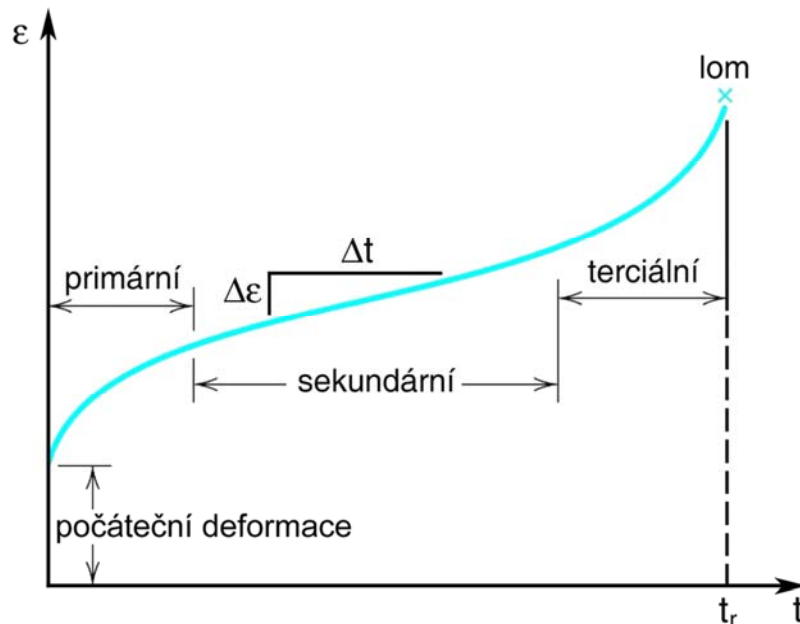
- I. **primární** – snížení rychlosti tečení, výraznější deformační zpevňování oproti odpevňování,
- II. **sekundární** – ustálení tečení, určení rychlosti creepu:

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta t} \quad [\text{s}^{-1}] \quad (3.3)$$

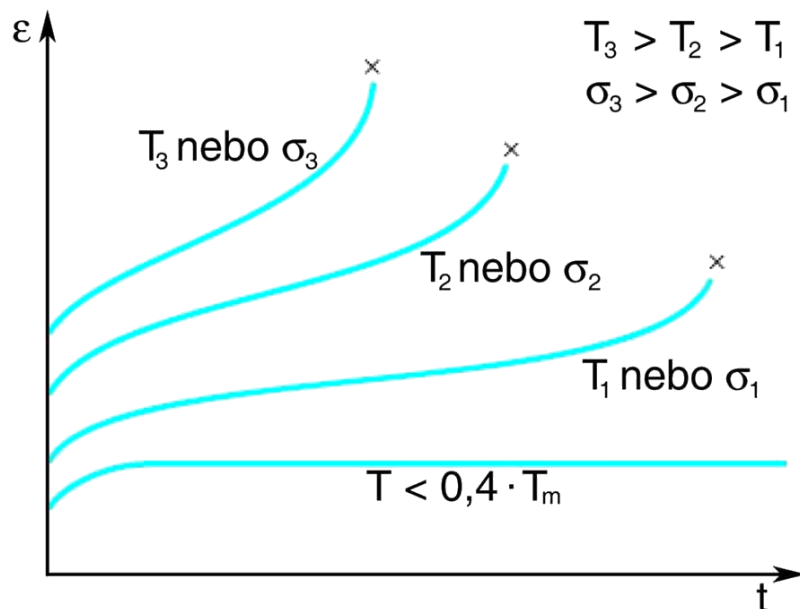
Kde:  $\Delta \varepsilon$  ... změna poměrného prodloužení [-],

$\Delta t$  ... změna času [s].

- III. **terciální** – vznik lokálních poruch soudržnosti (trhliny).

Obr. 3.1 Křivka tečení<sup>14</sup>

Creep závisí na velikosti působícího napětí a na provozní teplotě. Se zvyšujícím se napětím nebo s rostoucí teplotou dochází ke zkrácení doby do vzniku lomu, viz obr. 3.2.<sup>14</sup>

Obr. 3.2 Křivky tečení pro různá napětí a teploty<sup>14</sup>

### 3.2 Vliv legujících prvků

Legující prvky upravují a zlepšují konečné vlastnosti ocelí. Ovlivňují např. žárovevnost, odolnost proti korozi, odolnost proti tečení a mechanické vlastnosti. V oceli ASTM A-182 F91 se vyskytují tyto legující prvky:

- **chrom** – feritotvorný prvek, zvyšuje pevnost a prokalitelnost, zlepšuje odolnost proti korozi a proti tečení. U vysokolegovaných chromových ocelí dochází při ohřevu na teplotu 400 až 550 °C a dlouhodobé výdrži na této teplotě ke zvýšení tvrdosti a křehkosti, což je způsobeno změnami v chromovém feritu. Plastické vlastnosti se opět obnoví ohřevem na teplotu 550 až 600 °C a rychlým ochlazením,<sup>13</sup>
- **molybden** – feritotvorný prvek, který prodlužuje stabilitu při vyšších teplotách, zvyšuje mez pevnosti při tečení a žárovevnost. Část molybdenu se rozpouští ve feritu a zvyšuje jeho tvrdost, část tvoří karbidy,<sup>13</sup>
- **křemík** – silně feritotvorný prvek, netvoří karbidy, ale úplně se rozpouští ve feritu a zvyšuje jeho pevnost. Až do obsahu 0,5 % křemíku se nepovažuje za legující prvek, pouze za dezoxidační přísadu,<sup>13</sup>
- **vanad** – silně feritotvorný prvek, zvyšuje mez tečení a žárovevnost. Vanad tvoří s uhlíkem karbidy, které mají vysokou tvrdost (okolo 2500 HV),<sup>13</sup>
- **niob** – karbidotvorný prvek, zvyšuje žárovevnost,<sup>13</sup>
- **mangan** – austenitotvorný prvek, zvyšuje prokalitelnost a mez tečení. Při vysokém množství manganu se zhoršuje obrobitelnost oceli. Mangan rozpuštěný ve feritu zvyšuje jeho pevnost a snižuje tažnost. K velkému snížení tažnosti dochází až při obsahu manganu nad 2 %, <sup>1, 12, 13</sup>
- **nikl** – austenitotvorný prvek, netvoří karbidy, zvyšuje prokalitelnost a pevnost feritu,<sup>13</sup>
- **dusík** – vytváří nitridy, které zvyšují tvrdost a snižují tvárné vlastnosti. Pokud se dodává atomovou formou, snadno proniká do oceli v pevném stavu, což se využívá v procesu nitridace.<sup>12</sup>

### 3.3 Schaefflerův diagram

Výsledná struktura materiálu je závislá na množství a vzájemném poměru jednotlivých legujících prvků. Tuto strukturu můžeme určit pomocí strukturního diagramu (viz obr. 3.3), který předložil v roce 1949 Schaeffler.<sup>10</sup>

Účinek legujících prvků na strukturu vyjadřuje ekvivalent chromu a niklu. Podle těchto hodnot lze stanovit, zda se jedná o strukturu martenzitickou, austenitickou nebo feritickou.<sup>10</sup>

Vliv feritotvorných prvků vyjadřuje chromový ekvivalent:<sup>11</sup>

$$Cr_E = Cr + Mo + 1,5 \cdot Si + 0,5 \cdot Nb + 2 \cdot Ti \text{ [%]} \quad (3.4)$$

Vliv austenitotvorných prvků vyjadřuje niklový ekvivalent:<sup>11</sup>

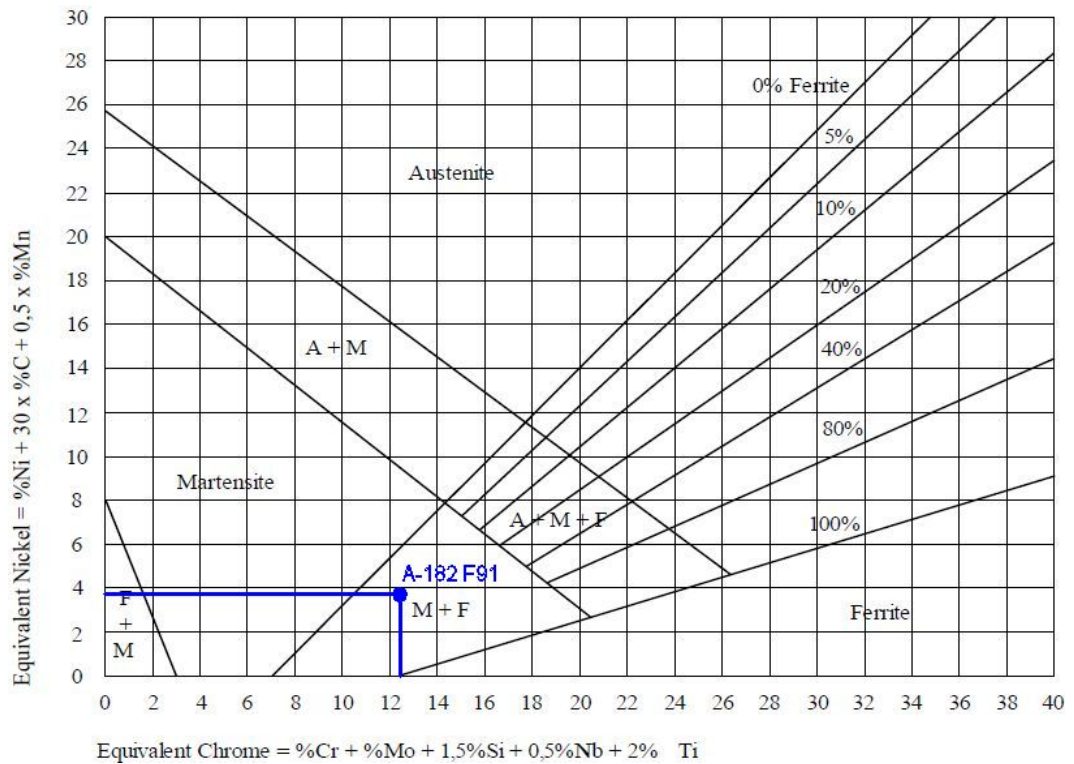
$$Ni_E = Ni + 30 \cdot C + 0,5 \cdot Mn \text{ [%]} \quad (3.5)$$

Struktura oceli A-182 F91*Ekvivalent chrómu*

$$Cr_E = 11 + 0,95 + 1,5 \cdot 0,35 + 0,5 \cdot 0,08 = \underline{12,515 \%}$$

*Ekvivalent niklu*

$$Ni_E = 0,40 + 30 \cdot 0,10 + 0,5 \cdot 0,45 = \underline{3,625 \%}$$

Obr. 3.3 Schaefflerův diagram<sup>11</sup>

Výsledná struktura oceli ASTM A-182 F91 je dle Schaefflerova diagramu (obr. 3.3) feriticko-martenzitická.

## 4 SOUČASNÁ TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI

Jedná se o kusovou výrobu. Součást je vyráběna v celkovém počtu tří kusů. Výroba je časově náročná. Jedná se o součást poměrně velkých rozměrů. Hmotnost polotovaru je přibližně 1200 kg. Po vyhrubování je z polotovaru odebráno kolem 80 % jeho hmotnosti. Při takto masivním odběru materiálu dochází k deformaci (zkroucení) kusu. Z těchto důvodů se provádí žíhání na snížení vnitřního pnutí dle procedury 2, které je popsáno v příloze 7.

Poslední výrobní operací je zlepšení požadovaných vlastností povrchu součásti pomocí plazmové nitridace, která slouží ke zvýšení tvrdosti a odolnosti proti otěru.

Některé operace (broušení, plazmová nitridace), které firma není schopna realizovat ve vlastních prostorách, jsou prováděny na specializovaných externích pracovištích. V technologickém postupu (viz příloha 1) jsou tato pracoviště označena jako OSP.

### 4.1 Postup výroby

Posloupnost jednotlivých operací je uvedena v tab. 4.1.

Tab. 4.1 Postup výroby součásti

č. op.	popis operace
10	vstupní kontrola polotovaru
20	soustružení nahrubo s přídatkem pro tepelné zpracování
30	žíhání
40	soustružení horní strany, vnějšího průměru na hotovo, čela s přídatkem na dokončení a otvoru s přídatkem pro brus
50	soustružení spodní strany, vnějšího průměru na hotovo, čela s přídatkem na dokončení a otvoru s přídatkem pro brus
60	vrtání děr po obvodu součásti
70	odjehlení děr
80	ražení
90	mezioperační kontrola
100	broušení otvoru
110	mezioperační kontrola
120	obrábění čel a osazení na hotovo, vrtání, závitování a odjehlení závitových děr
130	mezioperační kontrola
140	plazmová nitridace
150	kontrola výrobku

V příloze 1 je uveden podrobnější současný technologický postup výroby dané součásti.

Práce je zaměřena především na vrtání děr po obvodu součásti. Ostatní operace jsou zmíněny jen okrajově.

## 4.2 Operace vrtání děr po obvodu součásti

Tato operace je časově nejnáročnější. Provádí se na CNC obráběcím centru Chiron FZ 28 L. Součást je na jedné straně upnuta do univerzálního sklíčidla připojeného k dělicímu přístroji. Druhá strana je podepřena podpůrnými ložisky na odstranění chvění a současně je středem přitažena pomocí šroubu a upínky. Nejdříve se vrtají menší díry o  $\varnothing$  3 mm, které se předvrtávají (obr. 4.1). Poté se vrtají větší díry o  $\varnothing$  4 mm. Vrtání je prováděno pomocí cyklu s výplachem.



Obr. 4.1 Předvrtávání děr o  $\varnothing$  3 mm

### 4.2.1 Popis obráběcího stroje

#### Chiron FZ 28 L

Chiron FZ 28 L (obr. 4.2) je čtyřosé vertikální obráběcí centrum. Osy jsou X Y Z B, kdy rotační osa B je poháněna přes dělicí přístroj. Stroj je řízen systémem Sinumerik 810T.





Obr. 4.2 Chiron FZ 28 L

**Technické údaje stroje:**<sup>15</sup>

pojezdové dráhy	osa X	3200 mm,
	osa Y	630 mm,
	osa Z	800 mm,
rychloposuv		40 m.min <sup>-1</sup> ,
otáčky vřetena		20–7100 min <sup>-1</sup> ,
výkon motoru vřetena		26 kW,
upínací kužel		ISO 50,
nástrojová místa		40,
max. průměr nástroje		100 mm,
max. délka nástroje		350 mm,
max. hmotnost nástroje		8 (25) kg,
velikost stolu		(4000 x 680) mm,
rozměry stroje:	výška	3145 mm,
	délka	5451 mm,
	šířka	3622 mm,
hmotnost stroje		13000 kg.

#### 4.2.2 Použité nástroje

U první součásti byly pro vrtání děr o  $\varnothing$  3 mm a  $\varnothing$  4 mm použity šroubovitě vrtáky ze slinutého karbidu od firmy WNT Deutschland GmbH.

Při obrábění děr o  $\varnothing$  3 mm docházelo k častému zalamování nástrojů, proto se díry začaly předvrtávat do hloubky 0,8 mm. Vrtáky od WNT Deutschland GmbH poté vydržely delší dobu, ovšem stále se zalamovaly. Po odladění technologie byly pro další součásti použity vrtáky od výrobce Walter AG (viz obr. 4.3 – vrták Walter Titex A6589DPP-3  $\varnothing$  3 mm).



Obr. 4.3 Vrták Walter Titex A6589DPP-3

Na předvrtání byl použit nástroj WTX VA od WNT Deutschland GmbH s maximální hloubkou vrtání  $5 \times D$ , objednací číslo 10 745 030. Pro vrtání děr byly použity:

vrtáky o  $\varnothing$  3 mm:

- **WNT WTX 4F – obj. číslo 10 755 030:**<sup>4</sup>
  - vnitřní chlazení,
  - vhodné pro obrábění materiálů skupiny P a K,
  - možnost vrtání až do hloubky díry **12 x D**,
- **Walter Titex – obj. číslo A6589DPP-3:**<sup>3</sup>
  - vnitřní chlazení,
  - vhodné pro obrábění materiálů skupiny P, M, K, S a N,
  - možnost vrtání až do hloubky díry **12 x D**,

vrtáky o  $\varnothing$  4 mm:

- **WNT WTX 4F – obj. číslo 10 751 040:**<sup>4</sup>
  - vnitřní chlazení,
  - vhodné pro obrábění materiálů skupiny P a K,
  - možnost vrtání až do hloubky díry **8 x D**.
- **Walter Titex – obj. číslo A6489DPP-4:**<sup>3</sup>
  - vnitřní chlazení,
  - vhodné pro obrábění materiálů skupiny P, M, K, S a N,
  - možnost vrtání až do hloubky díry **8 x D**.

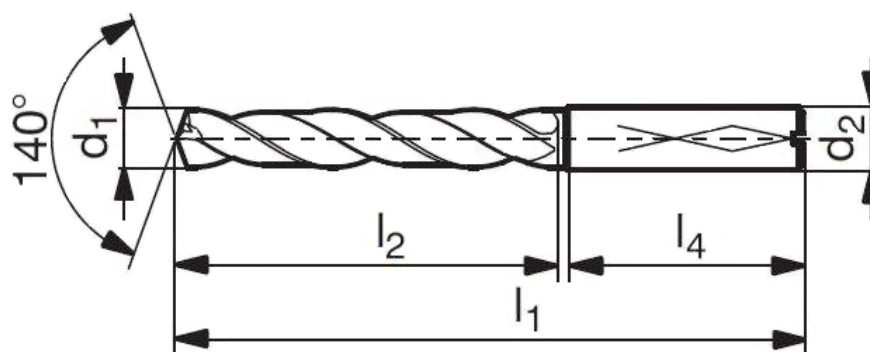
Vhodné řezné rychlosti pro použité nástroje stanovené dle výrobce jsou uvedeny v tab. 4.2. Pro nástroje WTX 4F jsou tyto hodnoty získány z katalogu TK Vrtáky<sup>4</sup> a pro nástroje Titex jsou hodnoty určeny po konzultaci se zástupcem firmy Walter AG. Rozměry vrtáků jsou zakótovány na obr. 4.4, jejich hodnoty znázorňuje tab. 4.3.

Z uvedených informací, zjištěných z katalogu firmy WNT Deutschland GmbH je patrné, že původně používané vrtáky WTX 4F nejsou přímo vhodné pro vrtání materiálu skupiny M. Toto byl pravděpodobně hlavní důvod poměrně častého zlomení vrtáků při operaci vrtání prvního kusu.

Tab. 4.2 Vhodné řezné rychlosti vrtáků [ $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ ] podle obráběného materiálu:<sup>4</sup>

obráběný materiál	10 755 030	A6589DPP-3	10 751 040	A6489DPP-4
<b>P</b>	50–120	55–240	55–130	60–240
<b>M</b>	–	45–85	–	45–90
<b>K</b>	50–95	85–195	50–95	85–195
<b>S</b>	–	30–55	–	30–55
<b>N</b>	–	150–700	–	150–700

Rozdělení slinutých karbidů podle obráběného materiálu je uvedeno v příloze 3<sup>1</sup>.



Obr. 4.4 Šroubovitý vrták

Tab. 4.3 Rozměry vrtáků<sup>3, 4</sup>

označení	$d_1$ m7 [mm]	$d_2$ h6 [mm]	$l_1$ [mm]	$l_2$ [mm]	$l_4$ [mm]
10 755 030	3	6	92	54	36
A6589DPP-3	3	6	92	max. 54	36
10 751 040	4	6	81	43	36
A6489DPP-4	4	6	85	max. 45	36

### 4.2.3 Řezné podmínky

Řezná rychlost a pracovní posuv na otáčku jsou vypočteny pomocí hodnot průměru nástroje, otáček a posuvové rychlosti dle vzorců 4.1 a 4.2. Zjištěné hodnoty stávajících řezných podmínek jsou uvedeny v tab. 4.4.

*Řezná rychlost*

$$v_c = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n}{10^3} \text{ [m.min}^{-1}\text{]} \quad (4.1)$$

Kde:  $d_1$  ... průměr nástroje [mm],

$n$  ... otáčky nástroje [ $\text{min}^{-1}$ ].

*Pracovní posuv na otáčku*

$$f = \frac{v_f}{n} \text{ [mm]} \quad (4.2)$$

Kde:  $v_f$  ... posuvová rychlost [ $\text{mm.min}^{-1}$ ].

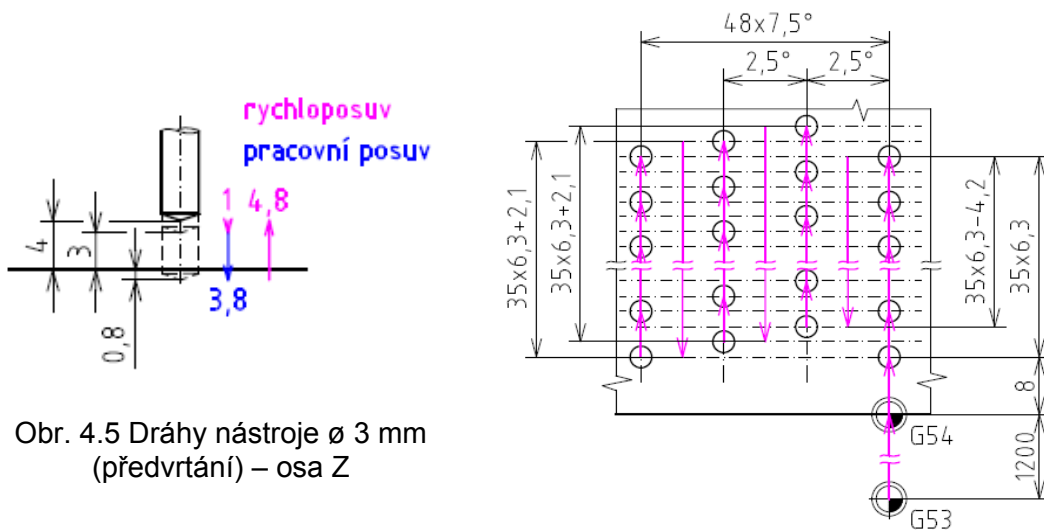
Tab. 4.4 Stávající řezné podmínky

vrták	$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	$v_c$ [ $\text{m.min}^{-1}$ ]	$v_f$ [ $\text{mm.min}^{-1}$ ]	$f$ [mm]	$v_r$ [ $\text{m.min}^{-1}$ ]
ø 3	6000	57	300	0,05	15
ø 4	4500	57	360	0,08	15

### 4.2.4 Dráhy nástrojů

Dráhy nástrojů pro vrtání jsou vytvářeny přímo na stroji. Informace potřebné k určení drah jsou získané z původních NC programů uvedených v přílohách 4, 5 a 6.

Počátek drah nástrojů pro předvrtání i vrtání vychází z bodu G53, kde dochází k výměně nástrojů. Dále pokračuje do nulového bodu obrobku G54 (viz obr. 4.6 a 4.9), poté na souřadnici první díry (začátek vrtacího cyklu) a v ose Z na rovinu příjezdu (viz obr. 4.5, 4.7 a 4.8). Od tohoto místa se vrták pohybuje pracovním posuvem. Po vykonání vrtání se nástroj vrací rychloposuvem do roviny odjezdu a pokračuje na další díru. Po ukončení vrtacího cyklu (vyvrtání celé řady) dojde k pootočení obrobku a dále se nástroj pohybuje ve směru uvedeném na obr. 4.6 a 4.9. Po vyvrtání řad děr po celém obvodu se nástroj vrací do výchozího bodu G53.

Díra ø 3 mm – předvrtání, výpočty drah nástroje

Obr. 4.5 Dráhy nástroje ø 3 mm (předvrtání) – osa Z

Obr. 4.6 Dráhy nástroje ø 3 mm – osa X

*Délka pracovního posuvu*

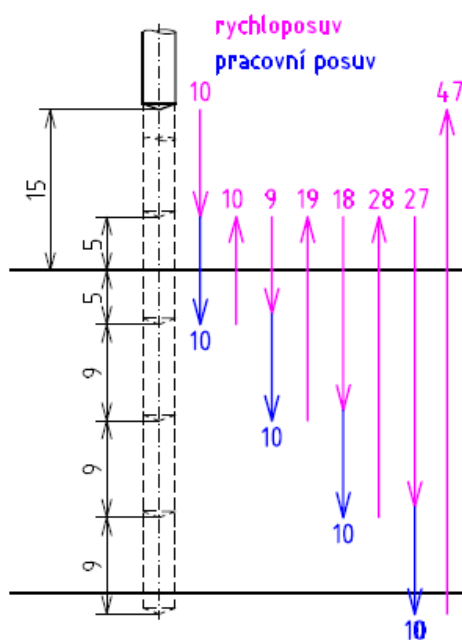
$$L = 5184 \cdot 3,8 = 19699,2 \text{ mm}$$

*Délka rychloposuvu v ose X*

$$L_x = 2 \cdot 1200 + 2 \cdot 8 + 48 \cdot [35 \cdot 6,3 \cdot 3 + 35 \cdot 6,3 - 4,2 + (35 \cdot 6,3 + 2,1) \cdot 2] = 65920 \text{ mm}$$

*Délka rychloposuvu v ose Z*

$$L_z = 5184 \cdot (1 + 4,8) = 30067,2 \text{ mm}$$

Díra ø 3 mm – vrtání, výpočty drah nástroje

Obr. 4.7 Dráhy nástroje ø 3 mm (vrtání) – osa Z

Dráhy v ose X pro vrtání a předvrtání děr  $\varnothing 3$  mm jsou totožné (obr. 4.6).

*Délka pracovního posuvu*

$$L = 5184 \cdot (10 + 10 + 10 + 10) = 207360 \text{ mm}$$

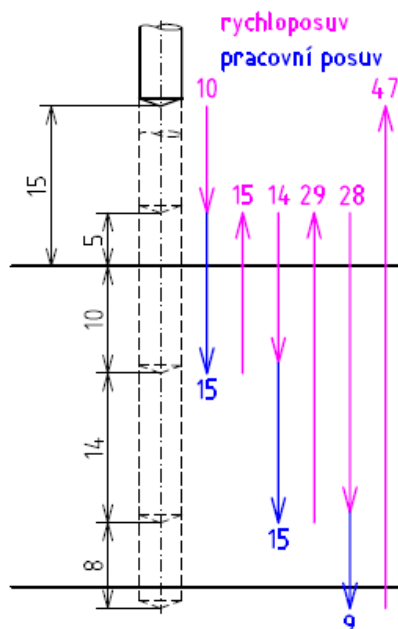
*Délka rychloposuvu v ose X*

$$L_x = 2 \cdot 1200 + 2 \cdot 8 + 48 \cdot [35 \cdot 6,3 \cdot 3 + 35 \cdot 6,3 - 4,2 + (35 \cdot 6,3 + 2,1) \cdot 2] = 65920 \text{ mm}$$

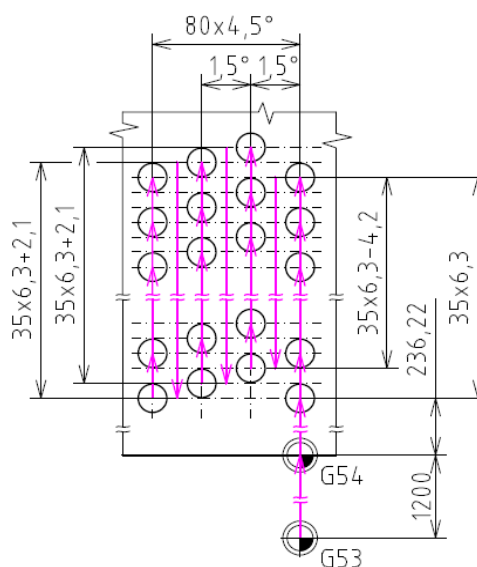
*Délka rychloposuvu v ose Z*

$$L_z = 5184 \cdot (10 + 10 + 9 + 19 + 18 + 28 + 27 + 47) = 870912 \text{ mm}$$

Díra  $\varnothing 4$  mm – výpočty drah nástroje



Obr. 4.8 Dráhy nástroje  $\varnothing 4$  mm - osa Z



Obr. 4.9 Dráhy nástroje  $\varnothing 4$  mm – osa X

*Délka pracovního posuvu*

$$L = 8640 \cdot (15 + 15 + 9) = 336960 \text{ mm}$$

*Délka rychloposuvu v ose X*

$$L_x = 2 \cdot 1200 + 2 \cdot 236,22 + 80 \cdot [35 \cdot 6,3 \cdot 3 + 35 \cdot 6,3 - 4,2 + (35 \cdot 6,3 + 2,1) \cdot 2]$$

$$L_x = 108712,44 \text{ mm}$$

*Délka rychloposuvu v ose Z*

$$L_z = 8640 \cdot (10 + 15 + 14 + 29 + 28 + 47) = 1235520 \text{ mm}$$

#### 4.2.5 Výrobní čas

Pro stanovení výrobního času dané operace je potřeba určit jednotkový strojní čas, čas na výměnu nástroje, čas rychloposuvu a čas otáčení obrobku po vyvrtání řady.

Výpočet výrobního času jedné součásti se provádí podle vzorce:

$$t_A = t_{AS} + t_N + t_{AV} + i \cdot t_{ot} \text{ [min]} \quad (4.3)$$

Kde:  $t_{AS}$  ... jednotkový strojní čas [min],

$t_N$  ... čas výměny nástroje [min],

$t_{AV}$  ... čas rychloposuvu [min],

$t_{ot}$  ... čas otočení obrobku [min],

$i$  ... počet otočení obrobku [-].

*Jednotkový strojní čas*

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} \text{ [min]} \quad (4.4)$$

Kde:  $L$  ... délka pracovního posuvu [mm],

$n$  ... otáčky nástroje [ $\text{min}^{-1}$ ],

$f$  ... pracovní posuv na otáčku [mm].

*Čas rychloposuvu*

$$t_{AV} = \frac{L_x + L_z}{10^3 \cdot v_r} \text{ [min]} \quad (4.5)$$

Kde:  $L_x$  ... délka rychloposuvu v ose X [mm],

$L_z$  ... délka rychloposuvu v ose Z [mm],

$v_r$  ... velikost rychloposuvu [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ].

*Čas výměny nástroje, čas otočení obrobku*

Hodnoty časů na výměnu nástroje a otočení obrobku jsou stanoveny podle odborného odhadu pracovníka.

Tab. 4.5 Vypočítané časy na vrtání jedné součásti

vrták	řezné podmínky			dráhy nástroje		
	n [min <sup>-1</sup> ]	f [mm]	v <sub>r</sub> [m.min <sup>-1</sup> ]	L [mm]	L <sub>x</sub> [mm]	L <sub>z</sub> [mm]
∅ 3 předvrt.	6000	0,05	15	19699,2	65920,00	30067,2
∅ 3 vrtání	6000	0,05	15	207360,0	65920,00	870912,0
∅ 4 vrtání	4500	0,08	15	336960,0	108712,44	1235520,0

vrták	t <sub>N</sub> [min]	i · t <sub>ot</sub> [min]	vypočítané časy		
			t <sub>AS</sub> [min]	t <sub>AV</sub> [min]	t <sub>A</sub> [min]
∅ 3 předvrt.	≈ 3	48 · 0,05	65,66	6,40	<b>77,46</b>
∅ 3 vrtání	≈ 3 · 5	48 · 0,05	691,20	62,46	<b>771,06</b>
∅ 4 vrtání	≈ 3 · 7	80 · 0,04	936,00	89,62	<b>1049,82</b>
<b>Σ t<sub>A</sub> [min]</b>					<b>1898,34</b>

Vypočítané časy (viz tab. 4.5) jsou pouze orientační. Vzhledem k pravidelnému rozjíždění a brzdění nástroje na velmi krátkých vzdálenostech, nedosáhne stroj vždy takových hodnot rychloposuvů. Celkový čas na výrobu jedné součásti se tedy prodlouží přibližně o 40 %. To je ovšem jenom odborný odhad. Z technických důvodů principu pohybu stroje a velmi krátkých časových úseků jednotlivých přejezdů není možné posuvy přesně odměřit.

Poznámka:

K dalšímu prodloužení celkového času docházelo u této verze technologie vlivem poměrně častého zlomení vrtáků při odlaďování technologie u první součásti a následně jejich pracného a zdlouhavého odstraňování z vrtaných děr. Při vrtání prvního kusu došlo k zalomení 16 vrtáků o ∅ 3 mm a 18 vrtáků o ∅ 4 mm. Tím byl tedy výrobní čas první součásti delší asi o 30 %, což je opět pouze odborný odhad.



## 5 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI

Současná technologie výroby (viz kapitola 4) má několik nedostatků v operaci vrtání děr po obvodu součásti. Jedním z těchto nedostatků je původně zvolený obráběcí nástroj, který není přímo určen pro obráběný materiál. Následně používaný nástroj již vyhovuje. Dalšími nedostatky je volba řezných podmínek, které mají nižší hodnoty, než za jakých je vrták schopen pracovat (především pracovní posuvy), příliš dlouhé dráhy náběhu vrtání, současně s nevhodně zvoleným vrtacím cyklem (vrtání s výplachem třísky), který výrobce pro tento typ nástroje nedoporučuje a v neposlední řadě také přejezdy mezi jednotlivými řadami, kdy vrtání jednotlivých řad začíná vždy z jedné strany.

### 5.1 Operace vrtání děr po obvodu součásti

V této kapitole jsou uvedeny návrhy na odstranění nedostatků původní technologie.

#### 5.1.1 Nástroje

Pro operaci vrtání děr po obvodu zadané součásti jsou zde popsány některé možné varianty použití nástrojů.

##### WNT Deutschland GmbH

Vrtáky WTX VA od společnosti WNT Deutschland GmbH jsou vhodné pro vrtání materiálu skupiny M až do  $8 \times D$  a pro vrtání bez předvrtání a výplachu.<sup>4</sup>

Po konzultaci s pracovníkem WNT Deutschland GmbH bylo zjištěno, že v jejich sortimentu není nástroj vhodný pro vrtání skupiny materiálu M do hloubky díry minimálně  $10 \times D$ .

- **WNT WTX VA – obj. číslo 10 770 040:**<sup>4</sup>

- $\varnothing 4$  mm,
- vnitřní chlazení,
- možnost vrtání až do hloubky díry  **$8 \times D$** .

##### Mitsubishi Materials Corporation

Vrtáky MPS od společnosti Mitsubishi Materials Corporation jsou vhodné pro vrtání materiálu skupiny M až do  $40 \times D$ . Pro vrtání do hloubky větší než  $10 \times D$  se doporučuje pilotní otvor.<sup>16</sup>

- **MPS0300-L10C:**<sup>16</sup>

- $\varnothing 3$  mm,
- vnitřní chlazení,
- možnost vrtání až do hloubky díry  **$10 \times D$** .

- **MPS0400-L8C:**<sup>16</sup>

- $\varnothing$  4 mm,
- vnitřní chlazení,
- možnost vrtání až do hloubky díry **8 x D**.

Walter AG

Vrtáky Walter Titex jsou vhodné pro vrtání materiálu skupiny M a výrobce dále uvádí jejich vhodnost pro vrtání bez předvrtání (až do 12 x D) a výplachu.<sup>3</sup>

- **Walter Titex A6589DPP-3:**<sup>3</sup>

- $\varnothing$  3 mm,
- vnitřní chlazení,
- možnost vrtání až do hloubky díry **12 x D**.

- **Walter Titex A6489DPP-4:**<sup>3</sup>

- $\varnothing$  4 mm,
- vnitřní chlazení,
- možnost vrtání až do hloubky díry **8 x D**.

V tab. 5.1 jsou zaznamenány rozměry navržených nástrojů zjištěných dle katalogů výrobců.

Tab. 5.1 Rozměry vrtáků<sup>3, 4, 16</sup>

označení	d <sub>1</sub> [mm]	d <sub>2</sub> h6 [mm]	l <sub>1</sub> [mm]	l <sub>2</sub> [mm]	l <sub>4</sub> [mm]
MPS0300-L10C	3 h7	6	80	40	36
A6589DPP-3	3 m7	6	92	max. 54	36
10 770 040	4 h7	6	81	43	36
MPS0400-L8C	4 h7	6	85	45	36
A6489DPP-4	4 m7	6	85	max. 45	36

### 5.1.2 Řezné podmínky

V této kapitole jsou určeny vhodné řezné podmínky a zároveň stanovena životnost nástrojů.

WNT Deutschland GmbH

Hodnoty řezných podmínek (viz tab. 5.2) pro vrták o  $\varnothing$  4 mm obj. číslo 10 770 040 jsou stanoveny podle katalogu TK vrtáky<sup>4</sup> od výrobce WNT Deutschland GmbH. Tyto údaje představují pouze možná řezná data, která se musí upravovat v závislosti na pracovních podmínkách. Životnost nástroje se

od tohoto výrobce nepodařila zjistit, proto je čas na výměnu nástroje (uveden v tab. 5.6) pouze odhadován dle zkušeností pracovníka CCI Brno.

Tab. 5.2 Řezné podmínky – WNT Deutschland GmbH<sup>4</sup>

Vrták	$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	$v_c$ [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]	$v_f$ [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ]	$f$ [mm]	$v_r$ [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]
ø 4	3183	40	191	0,06	15

#### Mitsubishi Materials Corporation

Z katalogu Drilling tools<sup>16</sup> od výrobce nástrojů Mitsubishi Materials Corporation byly stanoveny řezné parametry (viz tab. 5.3) pro vrtání pomocí vrtáků MPS0300-L10C (ø 3 mm) a MPS0400-L8C (ø 4 mm). Jedná se pouze o katalogové řezné podmínky, které se od skutečnosti mohou výrazně lišit. Proto se tyto hodnoty používají jako referenční a upravují se v souladu s pracovními podmínkami. U těchto nástrojů udává výrobce životnost 10–15 m vrtané hloubky, což je přibližně 350–520 děr.

Tab. 5.3 Řezné podmínky – Mitsubishi Materials Corporation<sup>16</sup>

vrták	$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	$v_c$ [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]	$v_f$ [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ]	$f$ [mm]	$v_r$ [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]
ø 3	5305	50	531	0,10	15
ø 4	3978	50	398	0,10	15

#### Walter AG

Dle softwaru TEC-CCS firmy Walter AG byly vygenerovány řezné podmínky pro vrtání pomocí nástrojů Titex A6589DPP-3 (ø 3 mm) a A6489DPP-4 (ø 4 mm). Tyto hodnoty představuje tab. 5.4. Při těchto řezných podmínkách je garantováno vyvrtání 1050 děr na jeden vrták (dle utváření třísky).

Tab. 5.4 Řezné podmínky – dle softwaru TEC-CCS Walter AG

vrták	$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	$v_c$ [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]	$v_f$ [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ]	$f$ [mm]	$v_r$ [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]
ø 3	4562	43	365	0,08	15
ø 4	3581	45	394	0,11	15

Po osobní konzultaci se zástupcem firmy Walter AG a na základě jeho zkušeností s vrtáním pomocí nástrojů Titex A6589DPP-3 a A6489DPP-4 byly navrženy řezné podmínky uvedené v tab. 5.5. Tato řezná data se od dat vygenerovaných pomocí softwaru TEC-CCS liší i za předpokladu zachování vyvrtání téměř stejného počtu děr. V běžné praxi se často používají i vyšší řezné rychlosti (cca 65–70  $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ) dle utvářené třísky.

Tab. 5.5 Řezné podmínky – dle zástupce Walter AG

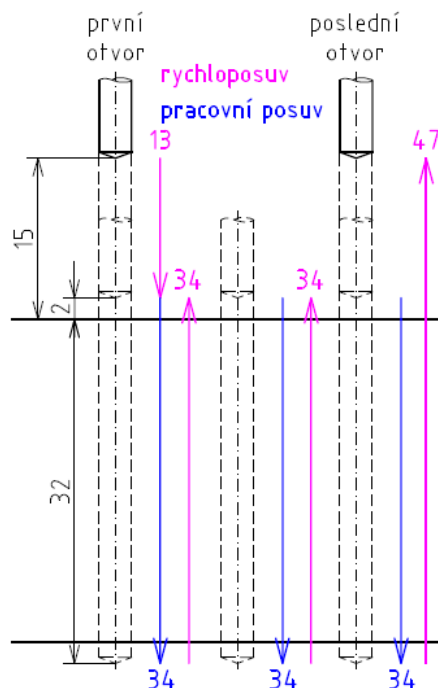
vrták	$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	$v_c$ [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]	$v_f$ [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ]	$f$ [mm]	$v_r$ [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]
$\varnothing 3$	6366	60	510	0,08	15
$\varnothing 4$	4774	60	525	0,11	15

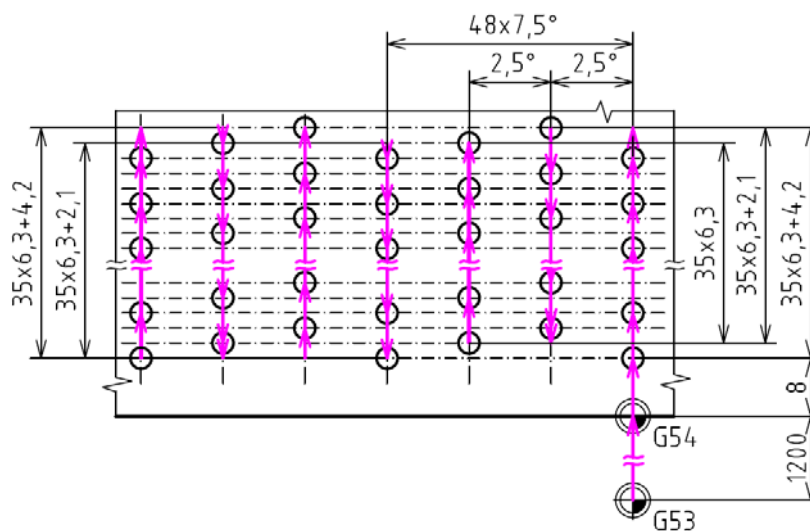
### 5.1.3 Dráhy nástrojů

Jednou z možností změny drah nástrojů oproti původní technologii je zkrácení náběhu. Uvedené nástroje jsou navíc vhodné pro vrtání bez předvrtání, čímž dojde ke zkrácení drah v ose X i Z. Další možnou variantou je nahrazení vrtacího cyklu s výplachem za vrtání do plné hloubky (bez přerušení). Poslední uvedenou změnou drah je zkrácení přejezdů mezi jednotlivými řadami. Znázornění navržených drah nástrojů je zobrazeno na obr. 5.1, 5.2, 5.3 a 5.4.

Počátek drah nástrojů vychází z bodu G53. Dále pokračuje do nulového bodu obrobku G54 (viz obr. 5.2 a 5.4), poté na souřadnici první díry a v ose Z na rovinu příjezdu (viz obr. 5.1 a 5.3). Po vyvrtání díry se nástroj vrací rychloposuvem do roviny příjezdu a pokračuje na další díru. Po vyvrtání celé řady dojde k pootočení obrobku a dále se nástroj pohybuje ve směru uvedeném na obr. 5.2 a 5.4. Po vyvrtání řad děr po celém obvodu se nástroj vrací v ose Z do roviny odjezdu a dále v ose X do výchozího bodu G53.

#### Díra $\varnothing 3$ mm – výpočty drah nástroje

Obr. 5.1 Dráhy nástroje  $\varnothing 3$  mm – osa Z

Obr. 5.2 Dráhy nástroje  $\varnothing$  3 mm – osa X

*Délka pracovního posuvu*

$$L = 5184 \cdot 34 = 176256 \text{ mm}$$

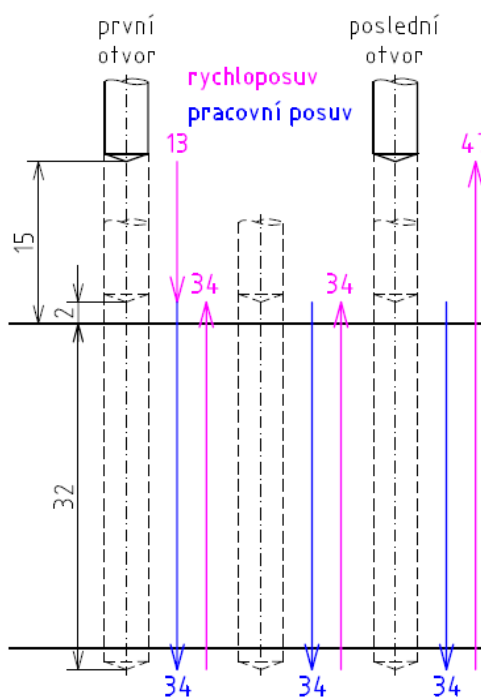
*Délka rychloposuvu v ose X*

$$L_x = 2 \cdot 1200 + 2 \cdot 8 + 24 \cdot [(35 \cdot 6,3 + 4,2) \cdot 3 + (35 \cdot 6,3 + 2,1) \cdot 2 + 35 \cdot 6,3] = 34571,2 \text{ mm}$$

*Délka rychloposuvu v ose Z*

$$L_z = 5184 \cdot 34 + 2 \cdot 13 = 176282 \text{ mm}$$

Díra  $\varnothing$  4 mm – výpočty drah nástroje

Obr. 5.3 Dráhy nástroje  $\varnothing$  4 mm – osa Z



Tab. 5.6 Vypočítané časy na vrtání děr o  $\varnothing$  4 mm jedné součásti – WNT Deut. GmbH

vrták	řezné podmínky			dráhy nástroje		
	n [min <sup>-1</sup> ]	f [mm]	v <sub>r</sub> [m.min <sup>-1</sup> ]	L [mm]	L <sub>x</sub> [mm]	L <sub>z</sub> [mm]
ø 4	3183	0,06	15	293760	56464,44	293786

vrták	t <sub>N</sub> [min]	i · t <sub>ot</sub> [min]	vypočítané časy		
			t <sub>AS</sub> [min]	t <sub>AV</sub> [min]	t <sub>A</sub> [min]
ø 4	≈ 3 · 15	80 · 0,04	1538,17	23,35	<b>1609,72</b>

#### Mitsubishi Materials Corporation

Z řezných podmínek vrtáků MPS0300-L10C a MPS0400-L8C zjištěných z katalogu od Mitsubishi Materials Corporation byl vypočítán čas na vrtání děr jedné součásti, který je uveden v tab. 5.7.

Tab. 5.7 Vypočítané časy na vrtání jedné součásti – Mitsubishi Materials Corporation

vrták	řezné podmínky			dráhy nástroje		
	n [min <sup>-1</sup> ]	f [mm]	v <sub>r</sub> [m.min <sup>-1</sup> ]	L [mm]	L <sub>x</sub> [mm]	L <sub>z</sub> [mm]
ø 3	5305	0,10	15	176256	34571,20	176282
ø 4	3978	0,10	15	293760	56464,44	293786

vrták	t <sub>N</sub> [min]	i · t <sub>ot</sub> [min]	vypočítané časy		
			t <sub>AS</sub> [min]	t <sub>AV</sub> [min]	t <sub>A</sub> [min]
ø 3	≈ 3 · 11	48 · 0,05	332,25	14,06	<b>381,71</b>
ø 4	≈ 3 · 18	80 · 0,04	738,46	23,35	<b>819,01</b>
				<b>Σ t<sub>A</sub> [min]</b>	<b>1200,72</b>

#### Walter AG

Dle řezných podmínek vygenerovaných pomocí softwaru TEC-CCS firmy Walter AG pro vrtáky Titex A6589DPP-3 a A6489DPP-4 byl zjištěn výrobní čas na vrtání jedné součásti, který je uveden v tab. 5.8.

Tab. 5.8 Vypočítané časy na vrtání jedné součásti – dle softwaru TEC-CCS Walter AG

vrták	řezné podmínky			dráhy nástroje		
	n [min <sup>-1</sup> ]	f [mm]	v <sub>r</sub> [m.min <sup>-1</sup> ]	L [mm]	L <sub>x</sub> [mm]	L <sub>z</sub> [mm]
∅ 3	4562	0,08	15	176256	34571,20	176282
∅ 4	3581	0,11	15	293760	56464,44	293786

vrták	t <sub>N</sub> [min]	i · t <sub>ot</sub> [min]	vypočítané časy		
			t <sub>AS</sub> [min]	t <sub>AV</sub> [min]	t <sub>A</sub> [min]
∅ 3	≈ 3 · 5	48 · 0,05	482,95	14,06	<b>514,41</b>
∅ 4	≈ 3 · 9	80 · 0,04	745,75	23,35	<b>799,30</b>
<b>Σ t<sub>A</sub> [min]</b>					<b>1313,71</b>

Podle řezných podmínek pro nástroje Titex A6589DPP-3 a A6489DPP-4 určených po konzultaci se zástupcem firmy Walter AG byl vypočítán čas na operaci vrtání jedné součásti. Tento výrobní čas je uveden v tab. 5.9.

Tab. 5.9 Vypočítané časy na vrtání jedné součásti – dle zástupce Walter AG

vrták	řezné podmínky			dráhy nástroje		
	n [min <sup>-1</sup> ]	f [mm]	v <sub>r</sub> [m.min <sup>-1</sup> ]	L [mm]	L <sub>x</sub> [mm]	L <sub>z</sub> [mm]
∅ 3	6366	0,08	15	176256	34571,20	176282
∅ 4	4774	0,11	15	293760	56464,44	293786

vrták	t <sub>N</sub> [min]	i · t <sub>ot</sub> [min]	vypočítané časy		
			t <sub>AS</sub> [min]	t <sub>AV</sub> [min]	t <sub>A</sub> [min]
∅ 3	≈ 3 · 5	48 · 0,05	346,09	14,06	<b>377,55</b>
∅ 4	≈ 3 · 9	80 · 0,04	559,39	23,35	<b>612,94</b>
<b>Σ t<sub>A</sub> [min]</b>					<b>990,49</b>



## 6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ

Jednotlivé varianty jsou posouzeny a porovnány z hlediska řezných podmínek, (řezné a posuvové rychlosti), drah nástrojů, výrobních časů a nákladů (na nástroje, práci stroje a celkových nákladů na operaci vrtání).

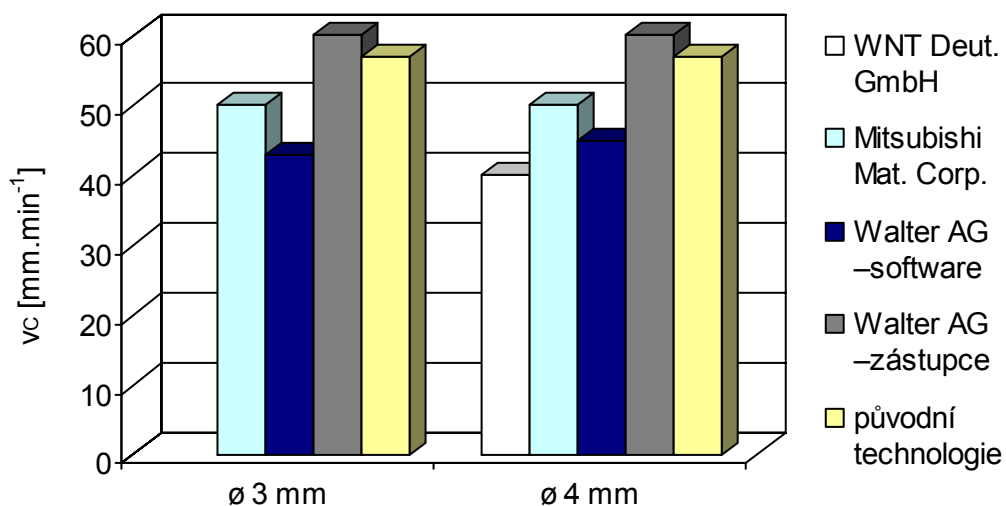
Z těchto porovnaní je vyhodnoceno a zpracováno celkové doporučení na technologii operace vrtání.

### 6.1 Porovnání řezných podmínek

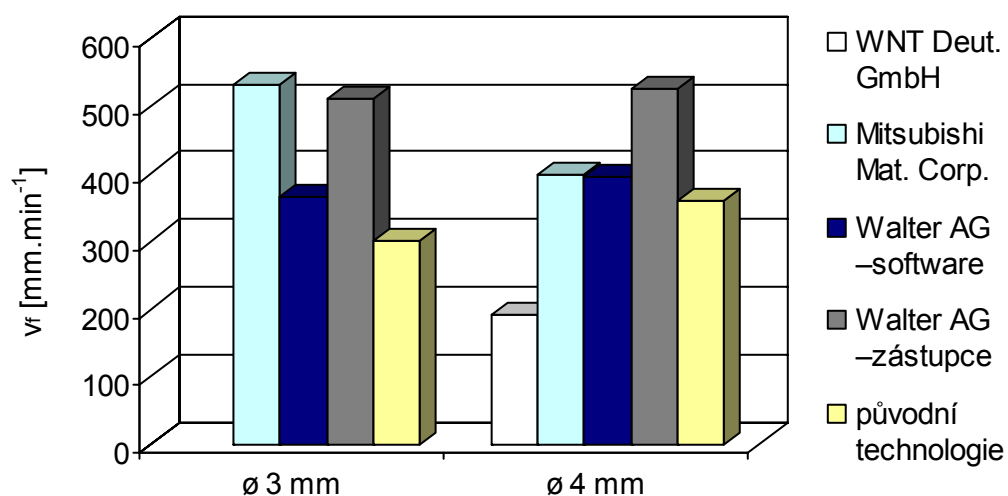
Řezné a posuvové rychlosti vypočtené dle vhodných řezných podmínek pro jednotlivé nástroje jsou uvedeny v tab. 6.1. Z těchto hodnot jsou pak sestaveny srovnávací grafy (obr. 6.1 a obr. 6.2).

Tab. 6.1 Řezná a posuvová rychlost technologie navržené a původní

výrobce nástroje	ø 3 mm		ø 4 mm	
	$v_C$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$v_f$ [mm.min <sup>-1</sup> ]	$v_C$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$v_f$ [mm.min <sup>-1</sup> ]
WNT Deut. GmbH	---	---	40	191
Mitsubishi Mat. Corp.	50	531	50	398
Walter AG – software	43	365	45	394
Walter AG – zástupce	60	510	60	525
původní technologie	57	300	57	360



Obr. 6.1 Porovnání řezné rychlosti



Obr. 6.2 Porovnání posuvové rychlosti

Z grafů zobrazených na obr. 6.1 a 6.2, je patrné, že vrtáky od firmy WNT Deutschland GmbH jsou určeny pro vrtání s nejmenšími řeznými rychlostmi a posuvy. Pro nástroje od výrobce Walter AG jsou řezné podmínky vygenerované softwarem TEC-CCS nižší než stanovené zástupcem firmy a také než řezné podmínky pro nástroje od výrobce Mitsubishi Materials Corporation zvolené dle katalogu.

Dále je také zřejmé, že pro vrtaný ø 3 mm je navržena nejvyšší řezná rychlost pro vrták od výrobce Walter AG (zvolená dle zástupce firmy) ovšem nejvyšší posuvová rychlost pro vrták od Mitsubishi Materials Corporation (zvolená dle katalogu).

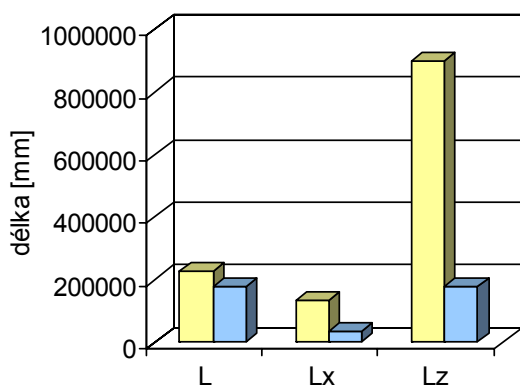
Pro vrtanou díru o ø 4 mm jsou nejvyšší řezné podmínky doporučeny pro nástroje Titex dle zástupce Walter AG.

## 6.2 Porovnání drah nástrojů

Délky pracovního posuvu ( $L$ ), rychloposuvu v ose X ( $L_x$ ) a rychloposuvu v ose Z ( $L_z$ ) pro jednotlivé varianty operace vrtání děr ø 3 mm a ø 4 mm jsou zaznamenány v tab. 6.2. Pomocí těchto hodnot jsou vytvořeny grafy na obr. 6.3 a obr. 6.4.

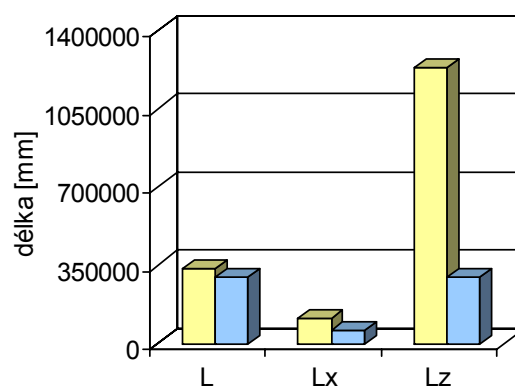
Tab. 6.2 Dráhy nástrojů technologie původní a navržené

délka [mm]	ø 3 mm		ø 4 mm	
	původní tech.	navržená tech.	původní tech.	navržená tech.
$L$	227059,20	176256,00	336960,00	293760,00
$L_x$	131840,00	34571,20	108712,44	56464,44
$L_z$	900979,20	176282,00	1235520,00	293786,00



■ původní technologie ■ navržená technologie

Obr. 6.3 Porovnání délek posuvů  
– ø 3 mm



■ původní technologie ■ navržená technologie

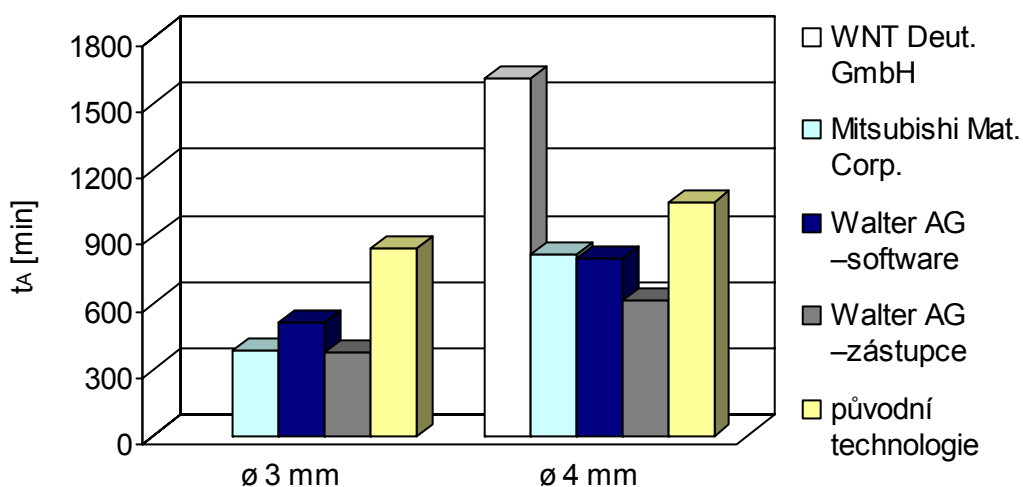
Obr. 6.4 Porovnání délek posuvů  
– ø 4 mm

Na uvedených grafech (obr. 6.3 a 6.4) je zobrazeno porovnání délek pracovních posuvů a rychloposuvů pro původní a navrženou technologii. K velkému zkrácení drah došlo především v ose X pro vrtání děr ø 3 mm (vysoký podíl má odstranění předvrtání) a také v ose Z pro oba vrtané průměry.

### 6.3 Porovnání výrobních časů

Tab. 6.3 Výrobní časy  $t_A$  [min] navržené a původní technologie

výrobce nástroje	ø 3 mm	ø 4 mm
WNT Deut. GmbH	---	1609,72
Mitsubishi Mat. Corp.	381,71	819,01
Walter AG – software	514,41	799,30
Walter AG – zástupce	377,55	612,94
původní technologie	848,52	1049,82



Obr. 6.5 Porovnání výrobních časů

Dle grafického znázornění výrobních časů (viz obr. 6.5), které vychází z tab. 6.3, je patrné, že pro zadanou součást získáme nejnižší hodnoty výrobních časů (pro oba vrtané průměry) aplikací vrtání dle navržené technologie s nástroji od výrobce Walter AG a řeznými parametry zvolenými po konzultaci se zástupcem této firmy.

Oproti původní technologii byl výrobní čas navýšen pouze u navržené technologie nástrojů s katalogovými řeznými podmínkami od výrobce WNT Deutschland GmbH, a to o více než 53 %. U ostatních návrhů došlo ke zvýšení produktivity snížením těchto časů.

Pro technologii vrtání děr  $\varnothing$  3 mm byl vzhledem k původní technologii výrobní čas snížen o:

- přibližně 55 % ... Mitsubishi Materials Corporation,
- více než 39 % ... Walter AG – software,
- přes 55 % ... Walter AG – zástupce.

Pro vrtání děr  $\varnothing$  4 mm jsou zjištěné hodnoty výrobních časů nižší vůči původní technologii o:

- asi 22 % ... Mitsubishi Materials Corporation,
- téměř 24 % ... Walter AG – software,
- více než 41 % ... Walter AG – zástupce.

## 6.4 Porovnání nákladů

Z ekonomického hlediska je pro firmu důležité zjistit vynaložené náklady na danou operaci. Tyto náklady obnáší náklady na nástroje a náklady na práci stroje.

### 6.4.1 Náklady na nástroje

Ke zjištění nákladů na nástroje použité pro danou operaci je nutné znát počet obrobených součástí, celkový počet objednaných nástrojů na jednu součást a také zjistit cenu nástroje a rabat (slevu z prodejní ceny) od výrobce.

Výpočet nákladů na nástroje na operaci vrtání děr po obvodu pro všechny vyráběné součásti je proveden dle vzorce:

$$N_N = n_s \cdot n_N \cdot c_N \cdot \frac{(100 - R)}{100} \text{ [Kč]} \quad (6.1)$$

Kde:  $n_s$  ... počet obrobených součástí [-],

$n_N$  ... počet objednaných nástrojů na jednu součást [-],

$c_N$  ... cena nástroje [Kč],

$R$  ... rabat [%].

Tab. 6.4 Zadané hodnoty

výrobce nástroje	ø 3 mm				ø 4 mm			
	$n_s$ [-]	$n_N$ [-]	$c_N$ [Kč]	R [%]	$n_s$ [-]	$n_N$ [-]	$c_N$ [Kč]	R [%]
WNT Deut. GmbH	---	---	---	---	3	17	3240	24
Mitsubishi Mat. Corp.	3	13	3985	30	3	20	3713	30
Walter AG	3	7	4914	48	3	11	4273	48
původní t. – předvrtání	3	1	1399	24	---	---	---	---
původní t. – 1. souč.	1	17	3915	24	1	19	2880	24
původní t. – 2., 3. souč.	2	5	4914	48	2	7	4273	48

Hodnoty potřebné k výpočtu nákladů vynaložených na nástroje pro operaci vrtání děr po obvodu jsou uvedeny v tab. 6.4. Ceny nástrojů od výrobce WNT Deutschland GmbH jsou stanoveny dle katalogu TK vrtáky<sup>4</sup>, od výrobců Mitsubishi Materials Corporation a Walter AG jsou určeny po konzultaci se zástupci firem.

**Poznámka:**

U každé navržené varianty jsou k počtu nástrojů potřebných na obrobení jedné součásti připočteny dva vrtáky z důvodu zabránění přerušení výroby při eventuálním poškození nástroje. Pro původní technologii je uveden přesný počet použitých nástrojů na jeden kus ( $n_N$ ).

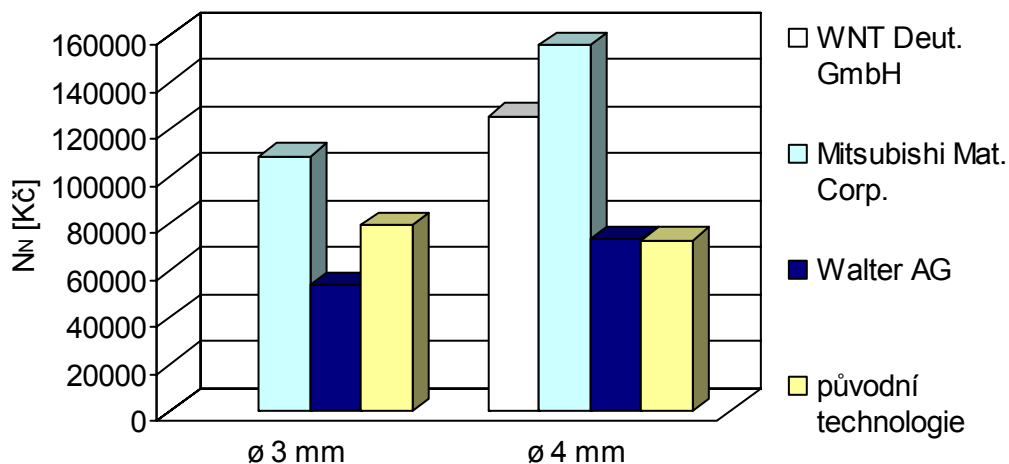
Tab. 6.5 Náklady na nástroje  $N_N$  [Kč] navržené a původní technologie

výrobce nástroje	ø 3 mm	ø 4 mm
WNT Deut. GmbH	---	125582,40
Mitsubishi Mat. Corp.	108790,50	155946,00
Walter AG	53660,88	73324,68
původní technologie	79324,32	72694,64

V tab. 6.5 jsou uvedeny potřebné náklady na nástroje pro vrtání děr (ø 3 mm a ø 4 mm) po obvodu součásti podle použité technologie. Z těchto hodnot byl sestaven graf porovnání nákladů na nástroje, viz obr. 6.6.

**Poznámka:**

Pro variantu nákladů na nástroje původní technologie je výpočet proveden jako součet nákladů na nástroje pro předvrtání (pouze u ø 3 mm), vrtání první součásti (vrtáky WTX 4F) a vrtání dalších součástí po odladění technologie (vrtáky Titex).



Obr. 6.6 Porovnání nákladů na nástroje

Z hlediska nákladů na nástroje je pro vrtání děr o  $\varnothing$  3 mm nejvhodnější varianta použití nástrojů Titex od výrobce Walter AG.

Pro vrtání děr o  $\varnothing$  4 mm jsou získány nejnižší náklady na nástroje dle původní technologie. Z navržených variant je nejvýhodnější použití vrtáků Titex. Rozdíl mezi uvedenými náklady těchto dvou variant je v podstatě zanedbatelný.

#### 6.4.2 Náklady na práci stroje

Pro operaci vrtání po obvodu součásti jsou stanoveny náklady na práci stroje pomocí vzorce:

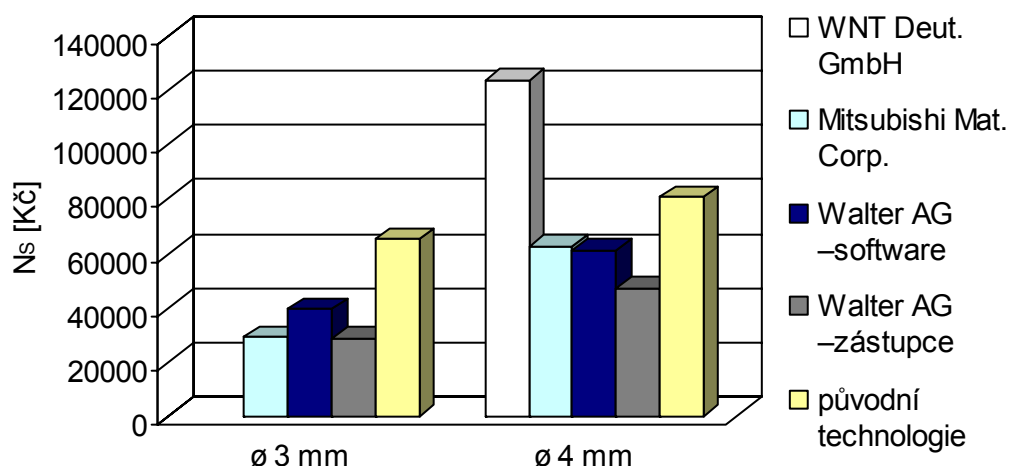
$$N_s = n_s \cdot N_{sh} \cdot \frac{t_A}{60} \text{ [Kč]} \quad (6.2)$$

Kde:  $N_{sh}$  ... náklady na hodinu práce na stroji [ $\text{Kč} \cdot \text{h}^{-1}$ ].

Náklady na hodinu práce na obráběcím centru Chiron FZ 28 L ve firmě CCI Brno činí  $1535 \text{ Kč} \cdot \text{h}^{-1}$ . Vypočtené hodnoty nákladů na práci tohoto stroje pro všechny obráběné součásti je určen v tab. 6.6 pomocí výrobního času stanoveného v kapitole 4.2.5 (původní technologie) a 5.1.4 (navržené technologie).

Tab. 6.6 Náklady na práci stroje Chiron FZ 28 L technologie navržené a původní

výrobce nástroje	$\varnothing$ 3 mm		$\varnothing$ 4 mm	
	$t_A$ [min]	$N_s$ [Kč]	$t_A$ [min]	$N_s$ [Kč]
WNT Deut. GmbH	---	---	1609,70	123546,01
Mitsubishi Mat. Corp.	381,71	29296,24	819,01	62859,02
Walter AG – software	514,41	39480,97	799,30	61346,28
Walter AG – zástupce	377,55	28976,96	612,94	47043,15
původní technologie	848,52	65123,91	1049,80	80573,69



Obr. 6.7 Porovnání nákladů na práci stroje Chiron FZ 28 L

Grafická znázornění porovnání nákladů na práci stroje Chiron FZ 28 L (viz obr. 6.7) a porovnání výrobních časů (viz obr. 6.5) ukazují, že jsou navzájem přímo úměrné. Z tohoto je zřejmé, že z hlediska nákladů na práci stroje, stejně jako z hlediska výrobních časů, je výhodnější varianta navržené technologie s nástroji od výrobce Walter AG a řeznými parametry zvolenými po konzultaci se zástupcem této firmy.

#### 6.4.3 Náklady na operaci vrtání po obvodu součásti

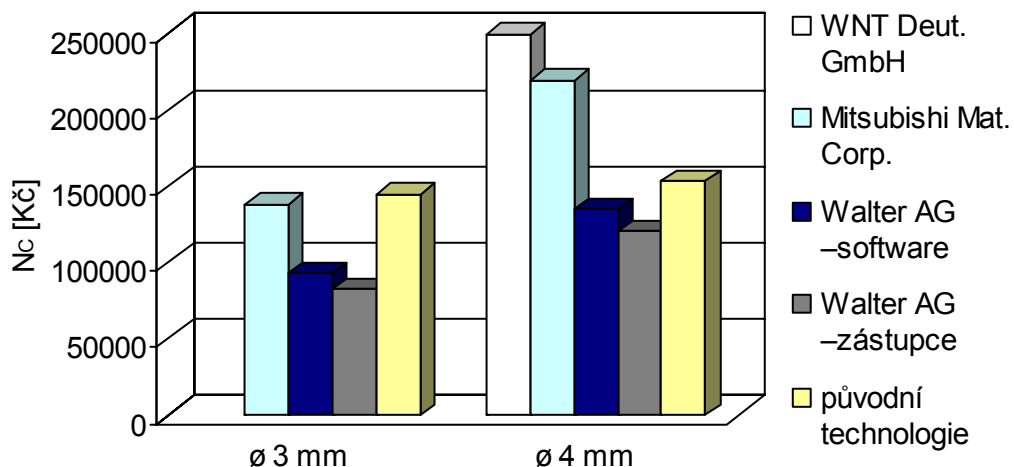
Celkové náklady na vrtací operaci jsou získány sečtením nákladů na nástroje a nákladů na práci stroje:

$$N_C = N_N + N_S \text{ [Kč]} \quad (6.3)$$

Tyto náklady pro jednotlivé varianty použití nástrojů na operaci vrtání děr ø 3 mm a ø 4 mm znázorňuje tab. 6.7, pomocí níž je sestaven porovnávací graf, viz obr. 6.8.

Tab. 6.7 Celkové náklady  $N_C$  [Kč] technologie navržené a původní

výrobce nástroje	ø 3 mm	ø 4 mm
WNT Deut. GmbH	---	249128,41
Mitsubishi Mat. Corp.	138086,74	218805,02
Walter AG –software	93141,85	134670,96
Walter AG –zástupce	82637,84	120367,83
původní technologie	144448,23	153268,33



Obr. 6.8 Porovnání celkových nákladů

Po srovnání celkových nákladů (viz obr. 6.8) na operaci vrtání po obvodu bylo zjištěno, že z uvedených technologií je nejvýhodnější variantou použití navržené technologie s nástroji Titex od výrobce Walter AG a řeznými rychlostmi zvolenými po konzultaci s firemním zástupcem.

Pro vrtání  $\varnothing$  3 mm došlo ve všech navržených variantách ke snížení celkových nákladů na tuto operaci. Oproti původní technologii poklesla tato hodnota o: více než 4 % ... Mitsubishi Materials Corporation,

více než 35 % ... Walter AG – software,

téměř 43 % ... Walter AG – zástupce.

Pro vrtání děr  $\varnothing$  4 mm se podařilo zjistit, že celkové náklady na danou operaci vzrostou při použití návrhů nástrojů od výrobce WNT Deutschland GmbH (o více než 62 %) a Mitsubishi Materials Corporation (téměř o 43 %). Snížení těchto nákladů lze dosáhnout použitím variant s nástroji od výrobce Walter AG. Vůči původní verzi lze celkové náklady na tuto operaci snížit o:

více než 12 % ... Walter AG – software,

více než 21 % ... Walter AG – zástupce.

## 6.5 Celkové doporučení

Po celkovém vyhodnocení jednotlivých navrhovaných variant byly zvoleny nástroje Titex a řezné podmínky dle zástupce firmy Walter AG. Tato volba nástrojů společně s nově zvolenou technologií (viz NC programy uvedené v příloze 8 a 9) umožňuje snížení celkového výrobního času o téměř 48 % a pokles celkových nákladů o cca 32 % oproti původní technologii. Skutečnou situaci je třeba odladit v podmínkách firmy.



## ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo představení stávající technologie výroby pro operaci vrtání děr po obvodu součásti „cage“ ve firmě CCI Brno a následně navržení nové technologie s požadavkem firmy na zvýšení produktivity výroby o přibližně 20 %.

Při rozboru původní technologie vrtací operace bylo zjištěno několik nedostatků, které jsou v navrhované variantě odstraněny:

- původně používaný nástroj, který byl po odladění technologie nahrazen a současně bylo navrženo několik dalších nástrojů,
- odstranění předvrtávání  $\varnothing$  3 mm, navržené nástroje tuto operaci nevyžadují,
- používané řezné podmínky, především nízké hodnoty pracovních posuvů na otáčku,
- nevhodně zvolený vrtací cyklus, při kterém se nástroj oddálí až nad povrch obrobku a následně se vrací zpět do záběru (vrtání s výplachem),
- zbytečně dlouhé náběhy vrtání, které nejsou nutné u tohoto obrobku (jedná se o předobrobenou součást s maximální házivostí po upnutí několik desetin mm),
- přejezdy mezi jednotlivými řadami, při výkonu této operace není nutné, aby vrtání jednotlivých řad začínalo vždy z jedné strany.

Z hlediska výrobního času vychází nejvýhodněji volba nástrojů od Walter AG s řeznými parametry dle zástupce firmy (zkrácení  $t_A$  pro vrtání děr  $\varnothing$  3 mm o více než 55 % a  $\varnothing$  4 mm přes 41 % oproti původní technologii). Pro vrtání děr  $\varnothing$  3 mm se ovšem jeví výhodně také varianta s nástroji od společnosti Mitsubishi Materials Corporation (zkrácení o cca 55 % vůči původnímu výrobnímu času).

Po zjištění celkových nákladů na operaci vrtání se ukazuje jako nejvýhodnější možnost použití vrtáků od výrobce Walter AG s řeznými podmínkami zvolenými po konzultaci se zástupcem firmy.

Jedná se o kusovou výrobu, proto není možné v současné době nově navrženou technologii aplikovat. Z tohoto důvodu se celkové teoretické procentuální vyjádření může od skutečnosti lišit. Přesnější hodnoty mohou být zjištěny až po odladění technologie. Ve firmě CCI Brno je vyráběno mnoho typově stejných součástí, na které je možno tuto technologii uplatnit. Liší se od sebe celkovými rozměry součástí, průměrem vrtaných děr (nejčastěji  $\varnothing$  3 mm až  $\varnothing$  8 mm) a uspořádáním jednotlivých řad.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. FOREJT, Milan; PÍŠKA, Miroslav. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2006. 226 s. ISBN 80-214-2374-9.
2. Control Components Inc. *CCI – Control Components Inc.* [online]. 2004–2009. [cit. 2010-12-28]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.ccivalve.com/>>.
3. *Inovace výrobků 2009: Soustružení, vrtání a závitování, frézování*. Germany: Walter. 09/2009.
4. WNT Česká republika s.r.o. *TK vrtáky* [online]. 2.6.2010 [cit. 2011-02-07]. Dostupné na World Wide Web: <[http://www.wnt.com/download/02\\_TK\\_vrtaky\\_WNT2010.pdf](http://www.wnt.com/download/02_TK_vrtaky_WNT2010.pdf)>.
5. *Welcome to CCI Czech Republic*. Brno: CCI Brno, 2011. 7 s.
6. *Technologie CCI Brno*. Informace od materiálového technika CCI Brno.
7. Armatury Group. *Příruby – Produktový katalog* [online]. 29.6.2009 [cit. 2011-03-15]. Dostupné na World Wide Web: <[http://www.armaturygroup.cz/soubory/Produktove%20katalogy%20CZ%20EN/ag\\_priruby\\_cz+en\\_2009.pdf](http://www.armaturygroup.cz/soubory/Produktove%20katalogy%20CZ%20EN/ag_priruby_cz+en_2009.pdf)>.
8. Metal 2011. *Homogenní a heterogenní svarové spoje žárovevých ocelí* [online]. 26.3.2009. [cit. 2011-03-15]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.metal2011.com/data/metal2009/sbornik/Lists/Papers/039.pdf>>.
9. BTG Slovensko s.r.o. *BTG Valve – Technologie* [online]. [cit. 2011-02-04]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.btg.sk/Technologie.htm>>.
10. AMBROŽ, Oldřich. *Svařitelnost materiálu*. Obor technologie svařování a povrchových úprav [online]. 25.11.2002 [cit. 2011-04-05]. Dostupné na World Wide Web: <[http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory\\_soubory/svaritelnost\\_materialu\\_\\_a\\_mbroz.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/svaritelnost_materialu__a_mbroz.pdf)>.
11. Dacapo Stainless. *Application of the Schaeffler diagram* [online]. 6.2.2009. [cit. 2011-04-05]. Dostupné na World Wide Web: <[http://www.dacapo.com/filer/schaeffler\\_diagram.pdf](http://www.dacapo.com/filer/schaeffler_diagram.pdf)>.
12. Velkosklady jakostních ocelí. *Obsah prvků a vlastností oceli* [online]. 2009. [cit. 2011-01-15]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.multistal.pl/go.live.php/CZ-H306/obsah-prvku-a-vlastnosti-oceli.html>>.
13. FREMUNT, Přemysl; PODRÁBSKÝ, Tomáš. *Konstrukční oceli*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 1996. 267 s. ISBN 80-85867-95-8.
14. VUT Brno: Ústav materiálových věd a inženýrství. *Creep* [online]. 28.4.2008. [cit. 2011-01-14]. Dostupné na World Wide Web: <[http://ime.fme.vutbr.cz/files/vyuka/GS0-K/07\\_MS6K.ppt](http://ime.fme.vutbr.cz/files/vyuka/GS0-K/07_MS6K.ppt)>.

15. Chiron - Werke GmbH & Co. KG. *FZ 28 L* [online]. 10.3.2000. [cit. 2011-02-07]. Dostupné na World Wide Web: <[http://www.chironuk.co.uk/pics/FZ28L\\_E.pdf](http://www.chironuk.co.uk/pics/FZ28L_E.pdf)>.
16. Mitsubishi Materials Corporation. *Drilling tools* [online]. 19.11.2010, poslední úpravy 15.2.2011 [cit. 2011-04-17]. Dostupné na World Wide Web: <[http://www.mitsubishicarbide.com/EU/West/product/pdf/c\\_n\\_other/catalog\\_uk\\_drilling.pdf](http://www.mitsubishicarbide.com/EU/West/product/pdf/c_n_other/catalog_uk_drilling.pdf)>.
17. IMI plc. *IMI* [online]. 2007–2009. [cit. 2011-04-20]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.imi.plc.uk/default.asp>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
A <sub>5</sub>	[%]	tažnost
ASTM		Americká technická norma
c <sub>N</sub>	[Kč]	cena nástroje
CCI		Control Components Inc.
CNC		číslicové řízení pomocí počítače (computer numerical control)
Cr <sub>E</sub>	[%]	ekvivalent chromu
ČSN		Česká technická norma
d <sub>1</sub>	[mm]	průměr nástroje
d <sub>2</sub>	[mm]	průměr stopky nástroje
D	[mm]	průměr vrtané díry
f	[mm]	pracovní posuv na otáčku
i	[-]	počet otočení obrobku
IMI		Imperial Metal Industries
ISO		Mezinárodní organizace pro normalizaci
l <sub>1</sub>	[mm]	celková délka vrtáku
l <sub>2</sub>	[mm]	délka šroubovice
l <sub>4</sub>	[mm]	délka stopky nástroje
L	[mm]	délka pracovního posuvu
L <sub>x</sub>	[mm]	délka rychloposuvu v ose X
L <sub>z</sub>	[mm]	délka rychloposuvu v ose Z
MAG		svařování v ochranné atmosféře aktivního plynu (metal activ gas)
MIG		svařování v ochranné atmosféře inertního plynu (metal inert gas)
n	[min <sup>-1</sup> ]	otáčky nástroje
n <sub>N</sub>	[-]	počet objednaných nástrojů na jednu součást
n <sub>s</sub>	[-]	počet obrobených součástí
N <sub>C</sub>	[Kč]	celkové náklady
N <sub>N</sub>	[Kč]	náklady na nástroje
N <sub>S</sub>	[Kč]	náklady na práci stroje

$N_{Sh}$	[Kč.h <sup>-1</sup> ]	náklady na hodinu práce na stroji
NC		číslicově řízený (numerical control)
$Ni_E$	[%]	ekvivalent niklu
OSP		specializované externí pracoviště
R	[%]	rabat
$R_m$	[MPa]	mez pevnosti
$R_{p0,2}$	[MPa]	smluvní mez kluzu
t	[s]	čas
$t_A$	[min]	výrobní čas
$t_{AS}$	[min]	jednotkový strojní čas
$t_{AV}$	[min]	čas rychloposuvu
$t_N$	[min]	čas výměny nástroje
$t_{ot}$	[min]	čas otočení obrobku
T	[K]	teplota
$T_m$	[K]	teplota tavení
$v_C$	[m.min <sup>-1</sup> ]	řezná rychlost
$v_f$	[mm.min <sup>-1</sup> ]	posuvová rychlost
$v_r$	[m.min <sup>-1</sup> ]	velikost rychloposuvu
WIG		obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu (wolfram inert gas)
$\Delta t$	[s]	změna času
$\Delta \epsilon$	[-]	změna poměrného prodloužení
$\epsilon_{pl}$	[-]	plastická deformace materiálu
$\dot{\epsilon}$	[s <sup>-1</sup> ]	rychlost creepu (tečení)
$\sigma$	[MPa]	napětí

**SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1 Technologický postup
- Příloha 2 Výkres součásti
- Příloha 3 Rozdělení slinutých karbidů podle ISO 513
- Příloha 4 Původní NC program – předvrtání děr  $\varnothing$  3 mm
- Příloha 5 Původní NC program – vrtání děr  $\varnothing$  3 mm
- Příloha 6 Původní NC program – vrtání děr  $\varnothing$  4 mm
- Příloha 7 Žihací procedura 2
- Příloha 8 NC program navržené technologie – vrtání děr  $\varnothing$  3 mm
- Příloha 9 NC program navržené technologie – vrtání děr  $\varnothing$  4 mm

## Příloha 1

### Technologický postup

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			
Název výr.: Cage – Plasmanitridace		Číslo výkr.: 325000234	Počet kusů: 3
Polotovár: Ø 600 x 520 ČSN 42 5510		Materiál: A-182 F91	Zákazník: CCI-CZ
č. op.	stroj	popis práce	
10		- vstupní kontrola polotovaru	
20	CNC soustruh GHT 6 II	- upnout - hrubovat kus s přídávkem 2,5 mm na plochu pro tep. zpracování - POZOR vnitřní osazení na spodní straně a vnější osazení na horní straně neprovádět	
30	Heat. big oven II (2 x 2,5 x 1,9)	- kus položit v peci na spodní čelo - žíhat dle procedury II.	
40	CNC soustruh GHT 6 II	- upnout za spodní stranu - zarovnat čelo s přídávkem 0,5 mm - soustružit horní stranu, vnější průměr dle výkresu - POZOR vnější osazení neprovádět - soustružit otvor s přídávkem 0,40 – 0,45 mm pro brus	
50	CNC soustruh GHT 6 II	- upnout do měkkých čelistí za horní stranu - zarovnat čelo – celkovou délku s přídávkem 1 mm (na každém čele přídavek 0,5 mm) - soustružit spodní stranu, vnější průměr obrobit hotově - POZOR vnitřní osazení neprovádět - soustružit otvor s přídávkem 0,40 – 0,45 mm pro brus	
60	CNC vert. frézka Chiron FZ28L	- vrtat díry po obvodu kusu dle výkresu - POZOR na polohu díry s ohledem na příd. 0,5 mm na čele	
70	Ruční - odjehlení	- odjehlít díry s ohledem na přídavek pro brus	
80	Ruční - ražení	- razit na spodní stranu Ø 520,7 – materiál – číslo výkr. – heat Nr.	
90		- mezioperační kontrola	
100	OSP	- brousit otvor – POZOR otvor brousit z důvodu nitridace k horní hranici tolerance	
110		- mezioperační kontrola	
120	CNC horiz. frézka Juaristi I	- upnout – POZOR na deformace při upnutí - POZOR vycházet od broušeného otvoru - začistit horní čelo, obrobit osazení na horní straně dle výkresu, vrtat, závitovat, odjehlít – zavít. díry dle výkresu - zarovnat spodní čelo, obrobit vnitřní osazení na spodní straně dle výkresu	
130		- mezioperační kontrola	
140	OSP – Plasm. nitr.	- plazmová nitridace dle ES-290	
150		- kontrola výrobku	





### Příloha 3

Rozdělení slinutých karbidů podle ISO 513

skupina	obráběný materiál
<b>P</b>	<b>slitiny na bázi železa s plynulou třískou</b> (oceli tř. 10 a 11, uhlíkové oceli tř. 12, nízko a středně legované oceli tř. 13 – 17, nástrojové oceli tř. 19, uhlíkové ocelolitiny skupiny ČSN 42 26xx, nízko a středně legované ocelolitiny skupiny ČSN 42 27xx)
<b>M</b>	<b>speciální slitiny kovů s dlouhou i krátkou třískou</b> (austenitické a feriticko-austenitické oceli korozivzdorné, slitiny žáruvzdorné a žárovevné, oceli nemagnetické a otěruvzdorné)
<b>K</b>	<b>slitiny na bázi železa s krátkou třískou</b> (šedá litina skupiny ČSN 42 24xx, tvárná litina skupiny ČSN 42 23xx, temperovaná litina skupiny ČSN 42 25xx)
<b>S</b>	<b>speciální žárovevné slitiny na bázi Ni, Co, Fe a Ti</b> (superslitiny typu Inconel, Hastelloy)
<b>H</b>	<b>oceli zušlechtěné na HRC 48 – 60, tvrzené litiny HSh 55 – 85</b>
<b>N</b>	<b>neželezné kovy</b> (slitiny Al a Cu)

## Příloha 4

Původní NC program – předvrtání děr  $\varnothing$  3 mm

HLAVNÍ PROGRAM ČÍSLO 5

---

%MPF 5

N10 G0 G90 G53 X-1200 Y0 Z0 D0

N15 T19 M6

N20 G0 G54 G90 G17 X0 Y0 Z20 D19 M7

N25 M3 S6000 F300

*$n = 6000 \text{ min}^{-1}$ ,  $v_f = 300 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$*

N30 B0

N40 L1 P48

*vyvolání podprog. L1, opakování 48x*

N120 G80

N125 G90 G0 G53 X-1200 Y0 Z0 D0

N130 M30

*ukončení programu*

PODPROGRAM 1

---

%SPF 1

R98=5 R97=2

R96=R98/R97

R1=7 R2=3 R3=-0.8 R5=8 R8=0 R9=0 R10=4 R11=0

*celková hloubka vrtání 0,8 mm; rovina příjezdu 3 mm; rovina odjezdu 4 mm*

R18=8 R19=6.3 R22=0 R23=0 R25=0 R26=0 R27=36 R28=81

L906

*vrtací rastr*

G80

*mazání vrtacího cyklu*

G91 B=R96

*přírůstkové prog., otočení obrobku o 2,5°*

G90

*absolutní programování*

R18=12.2 R27=36

*vzdálenost středu díry 12,2 mm; 36 děr*

L906

G80

G91 B=R96

G90

R18=10.1 R27=36

*vzdálenost středu díry 10,1 mm; 36 děr*

L906

G80

G91 B=R96

G90

M17

*konec podprogramu a návrat do hlavního programu*

---

## Příloha 5

Původní NC program – vrtání děr  $\varnothing$  3 mm

HLAVNÍ PROGRAM ČÍSLO 6

---

%MPF 6

N10 G90 G0 G53 X-1200 Y0 Z0 D0

N15 T1 M6

N20 G0 G54 G90 G17 X0 Y0 Z50 D1 M7

N25 M3 S6000 F300

$n = 6000 \text{ min}^{-1}$ ,  $v_f = 300 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$

N30 B0

N40 L2 P48

vyvolání podprog. L2, opakování 48x

N120 G80

N125 G90 G0 G53 X-1200 Y0 Z0 D0

N130 M30

ukončení programu

PODPROGRAM 2

---

%SPF 2

R98=5 R97=2

R96= R98/R97

R1=0 R2=5 R3=-32 R5=10 R8=0 R10=15 R11=1

celková hloubka vrtání 32 mm; rovina příjezdu 5 mm; rovina odjezdu 15 mm

R18=8 R19=6.3 R22=0 R23=0 R25=0 R27=36 R28=83

L906

vrtací rastr

G80

mazání vrtacího cyklu

G91 B=R96

přirůstkové prog., otočení obrobku o 2,5°

G90

absolutní programování

R18=12.2 R27=36

vzdálenost středu díry 12,2 mm; 36 děr

L906

G80

G91 B=R96

G90

R18=10.1 R27=36

vzdálenost středu díry 10,1 mm; 36 děr

L906

G80

G91 B=R96

G90

M17

konec podprogramu a návrat do hlavního programu

## Příloha 6

Původní NC program – vrtání děr  $\varnothing$  4 mm

HLAVNÍ PROGRAM ČÍSLO 7

---

%MPF 7

N10 G90 G0 G53 X-1200 Y0 Z0 D0

N15 T1 M6

N20 G0 G54 G90 G17 X0 Y0 Z50 D1 M7

N25 M3 S4500 F360

$n = 4500 \text{ min}^{-1}$ ,  $v_f = 360 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$

N30 B0

N40 L3 P80

vyvolání podprog. L3, opakování 80x

N120 G80

N125 G90 G0 G53 X-1200 Y0 Z0 D0

N130 M30

ukončení programu

PODPROGRAM 3

---

%SPF 3

R98=3 R97=2

R96= R98/R97

R1=0 R2=5 R3=-32 R5=15 R8=0 R10=15 R11=1

*celková hloubka vrtání 32 mm; rovina příjezdu 5 mm; rovina odjezdu 15 mm*

R18=236.22 R19=6.3 R22=0 R23=0 R25=0 R27=36 R28=83

L906

*vrtací rastr*

G80

*mazání vrtacího cyklu*

G91 B=R96

*přírůstkové prog., otočení obrobku o  $1,5^\circ$*

G90

*absolutní programování*

R18=240.42 R27=36

*vzdálenost středu díry 240,42 mm;  
36 děr*

L906

G80

G91 B=R96

G90

R18=238.32 R27=36

*vzdálenost středu díry 238,32 mm;  
36 děr*

L906

G80

G91 B=R96

G90

M17

*konec podprogramu a návrat do hlavního programu*

---

# Příloha 7

## Žíhací procedura 2

Sulzer Markets and Technology AG Winterthur Schweiz

<b>SULZER</b>	<b>Wärmebehandlungsvorschrift (WBV)</b> <b>Heat Treatment Instruction</b>			FV-Nr./No. 42.38.008-2	Rev. 8
	Code: ASME IX / EN 288-2			Seite Page 1 von of 1	Seiten Pages
Behandlung / Treatment Wärmebehandlung nach dem Schweißen Postweld heat treatment		Bauteil / Part Ventile Valves		Bemerkungen / Remarks	
<b>Werkstoff(e) / Metal(s)</b>				<b>Dimension / Dimension</b>	
Bezeichnung Designation	<input checked="" type="checkbox"/> ASME <input checked="" type="checkbox"/> DIN	W1 SA 182-F22 10CrMo9-10	W2 SA 182-F22 10CrMo9-10	W3 SA 182-F12 13CrMo4-4	
<b>WÄRMEQUELLE / HEAT SOURCE</b>				<b>Messgrösse/Data</b>	<b>Sollwert/Range</b>
<input checked="" type="checkbox"/> Ofen Furnace	<input type="checkbox"/> örtlich local	Obj.Nr. Obj.No.	<input checked="" type="checkbox"/> Abkühlung nach dem Schweißen erlaubt Cooling after welding allowed	Stücktemperatur bei Beginn Part starting temperature	°C max. 250
<input type="checkbox"/> Öl Oil	<input type="checkbox"/> Gas Gas		<input type="checkbox"/> Glühen aus Schweisswärme HT immediatly after welding	Ofentemperatur bei Beginn Furnace starting temperature	°C max. 250
<input type="checkbox"/> Elektr. Element Electr. Element	<input checked="" type="checkbox"/> Induktiv Induction		<input type="checkbox"/> Abkühlung nach WB erlaubt Cooling after HT allowed	Aufheizrate Heating Rate	°C / h max. 100
<input type="checkbox"/> Atmosphäre Atmosphere			<input type="checkbox"/> Glühen aus WB-Temperatur HT immediatly after HT	Temperaturdifferenz bei Aufheizen Temperature difference at heating	°C 1)
<input checked="" type="checkbox"/> Schutzgasofen / shielding gas oven			<input type="checkbox"/>	Haltezeit Holding temperature	°C 690 ± 10
<b>TEMPERATURMESSUNG / TEMPERATURE MEASURING</b>					
<input checked="" type="checkbox"/> Thermoelement am Werkstück Thermocouple on part	Anzahl: Number of:	Gehäuse 2 / Sitz 1 Housing 2 / Seat 1	Haltezeit Holding time	h	gem. Tabelle acc. to table
<input type="checkbox"/> frei loose	<input checked="" type="checkbox"/> angeschweisst welded on	<input type="checkbox"/> Taster Feeler	Abkühlung Cooling	°C / h	max. 100
<input type="checkbox"/> Pyrometer Pyrometer	<input checked="" type="checkbox"/> nur nach Ofentemperatur by furnace temperature only		Temperaturdifferenz bei der Abkühlung Temperature difference at cooling	°C	1)
<input type="checkbox"/>			Temperatur beim Ausfahren Temperature at removal	°C	max. 250
				<b>Haltezeit / Holding time:</b> < 20mm 1,0h 20 - 40mm 2,0h 40 - 120mm 3,0h  <b>Toleranz / Tolaration:</b> +0,5h-0h	
Weitere Wärmebehandlung Following heat treatment				keine / none	
1) Bei der Wärmebehandlung mit eingeschweisstem Sitz darf die Temperaturdifferenz zwischen Sitz und Gehäuse 30 °C nicht überschreiten. Kontrolle mit Thermoelementen.				1) A temperature difference of 30 °C between housing and seat has to be observed while applying heat treatment with welded seat. Control with thermocouples.	
Ofenlage Position in furnace		Mitlaufende Proben - Kennzeichnung Test coupons - Designation			Anzahl Number of
Verteiler Distribution	Ko. St. Sect. No				
	Anzahl Num. of				

## Příloha 8

NC program navržené technologie – vrtání děr  $\varnothing$  3 mm

HLAVNÍ PROGRAM ČÍSLO 8

---

%MPF 8

N10 G90 G0 G53 X-1200 Y0 Z0 D0

N15 T1 M6

N20 G0 G54 G90 G17 X0 Y0 Z50 D1 M7

N25 M3 S6366 F510

N30 B0

N40 L4 P24

N120 G80

N125 G90 G0 G53 X-1200 Y0 Z0 D0

N130 M30

---

PODPROGRAM 4

---

%SPF 4

R98=5 R97=2

R96= R98/R97

R1=0 R2=2 R3=-32 R8=0 R10=2

R18=8 R19=6.3 R22=0 R23=0 R25=0 R27=36 R28=81

L906

G80

G0 Z15

G91 B=R96

G90

R18=232.7 R19=-6.3 R27=36

L906

G80

G0 Z15

G91 B=R96

G90

R18=10.1 R19=6.3 R27=36

L906

G80

G0 Z15

G91 B=R96

G90

R18=228.5 R19=-6.3 R27=36

L906

G80

G0 Z15

G91 B=R96

G90

R18=12.2 R19=6.3 R27=36

L906

G80

G0 Z15

G91 B=R96

G90

R18=230.6 R19=-6.3 R27=36

L906

G80

G0 Z15

G91 B=R96

G90

M17

---

## Příloha 9

NC program navržené technologie – vrtání děr ø 4 mm

HLAVNÍ PROGRAM ČÍSLO 9

---

%MPF 9

N10 G90 G0 G53 X-1200 Y0 Z0 D0

N15 T1 M6

N20 G0 G54 G90 G17 X0 Y0 Z50 D1 M7

N25 M3 S4774 F525

N30 B0

N40 L5 P40

N120 G80

N125 G90 G0 G53 X-1200 Y0 Z0 D0

N130 M30

---

PODPROGRAM 5

---

%SPF 5

R98=3 R97=2

R96= R98/R97

R1=0 R2=2 R3=-32 R8=0 R10=2

R18=236.22 R19=6.3 R22=0 R23=0 R25=0 R27=36 R28=81

L906

G80

G0 Z15

G91 B=R96

G90

R18=460.92 R19=-6.3 R27=36

L906

G80

G0 Z15

G91 B=R96

G90

R18=238.32 R19=6.3 R27=36

L906

G80

G0 Z15

G91 B=R96

G90

R18=456.72 R19=-6.3 R27=36



L906

G80

G0 Z15

G91 B=R96

G90

R18=240.42 R19=6.3 R27=36

L906

G80

G0 Z15

G91 B=R96

G90

R18=458.82 R19=-6.3 R27=36

L906

G80

G0 Z15

G91 B=R96

G90

M17

---