

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

OPTIMALIZACE SÉRIOVÉ VÝROBY

T – PROFILU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor: Jan Flejberk

Studijní obor: B2342 Teoretický základ strojního inženýrství

Vedoucí práce: Ing. Jiří Kyncl

Praha 2015

Vysoká škola: ČVUT v Praze
Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Fakulta: strojní
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

pro **Jana Flejberka**

program Teoretický základ strojního inženýrství

Název: Optimalizace sériové výroby T-profilu

Název anglicky: Optimization of T-profile serial production

Zásady pro vypracování:

1. Problematika optimalizace výrobních procesů.
 2. Rozbor technicko organizačních podmínek výroby T-profilu.
 3. Návrh optimalizačních řešení a jejich ekonomické zhodnocení.
-

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Kyncl

Datum zadání bakalářské práce: 30. 4. 2015

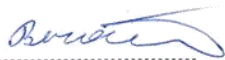
Termín odevzdání bakalářské práce: 19. 6. 2015

Neodevzdá-li student bakalářskou nebo diplomovou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské nebo diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou nebo diplomovou práci podruhé.

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Zadání bakalářské práce převzal dne: 20. 5.


Diplomant


Vedoucí ústavu




Děkan

V Praze

dne 31. 3. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Optimalizace sériové výroby T – profilu“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jiřího Kyncla, s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne 18. 6. 2015

.....

Jan Flejberk

Poděkování

Děkuji Ing. Jiřímu Kynclovi za pomoc a cenné rady, které mi poskytl při zpracování mé bakalářské práce. Dále děkuji firmě, která mi umožnila spolupráci v jejich prostředí a napsat tuto práci, zejména potom konzultantům Ing. Šulcovi a panu Vyčichlovi za jejich ochotu a zodpovězení všech mých dotazů během vypracovávání bakalářské práce.

ABSTRAKT

Obrábění na CNC centrech je stále více vyhledávanější a volí se při obrábění složitých součástí s požadovanou vysokou přesností, kterou konvenční stroje nejsou schopny dodržet. Víceosé obrábění dokáže být velice produktivní z hlediska úspory celkového času potřebného k zhotovení součástí. Moje bakalářská práce se zaměřuje na sériovou výrobu součástí pro tkalcovské stavy. Tato práce popisuje stávající podmínky výroby, použité stroje a potřebné nástroje, popis materiálu polotovaru a jeho výchozí tvar. Dalším postupem je analýza spotřeby časů, která ukazuje na možné rezervy, jež by mohly být odstraněny. Dále následuje ekonomické zhodnocení dosavadní technologie a na základě těchto výsledků je vypracován návrh možných technologií, které by stávající stav zlepšily. Následuje analýza jednotlivých variant jak z ekonomického, tak technologického hlediska a rozhodnutí, která z navržených možností je ta nejlepší.

Klíčová slova

Analýza spotřeby časů, Ganttův diagram, sériová výroba

ABSTRACT

CNC machining centers is increasingly sought after and chosen during the machining of complex parts or for the required high accuracy of the conventional machines are unable to meet. Axis machining can be very productive in terms of saving the total time required to manufacture components. My thesis focuses on the mass production of components for looms. This task describes the current conditions of production, used machines and the necessary tools, a description of the blank material and its default shape. Another procedure It is the time consumption analysis, which shows the possible reserves that might be removed. Followed by the economic evaluation of existing technologies and the results of this assessment follows a suggestion of possible technologies that would improve the existing situation. Now is the analysis of various alternatives, from both an economic and technological standpoint and deciding which of the proposed options is the best.

Keywords

Time consumption analysis, Gantt Chart, serial production

Obsah

1. Úvod	- 7 -
2. Představení společnosti	- 8 -
2.1. Historie.....	- 8 -
2.2. Současnost firmy Chotěbořské strojírny služby, a.s.	- 10 -
3. Rozbor obráběné součásti.....	- 12 -
3.1. Materiál a polotovar	- 12 -
3.2. Rozbor přesností	- 15 -
3.2.1. Polotovar.....	- 15 -
3.2.2. Hotová součást.....	- 15 -
3.3. Geometrická specifikace výrobku.....	- 17 -
3.4. Sériovost	- 17 -
4. Rozbor stávající technologie výroby	- 18 -
4.1. Stroj.....	- 18 -
4.2. Nástroje	- 22 -
4.3. Přípravek	- 26 -
4.4. Analýza spotřeby časů	- 27 -
5. Návrh optimalizačních řešení	- 31 -
5.1. JÚS.....	- 31 -
5.2. Nákup progresivní CNC obráběcí technologie	- 31 -
5.2.1. Soustružnický automat firmy Gildemeister SPRINT 20 – 8 linear	- 31 -

5.2.2.	5osé CNC frézovací centrum HERMLE C 22 U.....	- 33 -
5.3.	Optimalizace stávajícího principu výroby	- 34 -
5.3.1.	HSM 800	- 34 -
5.3.2.	Optimalizace parametrů obrábění.....	- 36 -
6.	Technicko – ekonomické zhodnocení variant	- 37 -
6.1.	Jednouúčelový stroj	- 37 -
6.2.	Nákup progresivní CNC obráběcí technologie	- 38 -
6.2.1.	Soustružnický automat firmy Gildemeister SPRINT 20 – 8 linear	- 38 -
6.2.2.	5osé CNC frézovací centrum například od HERMLE C 22	- 38 -
6.3.	Vylepšení stávajícího principu výroby.....	- 38 -
6.3.1.	Využití stroje HSM 800 s paletovou výměnou.....	- 38 -
6.3.2.	Změna stávajícího stavu na stroji MCV 750 A.....	- 41 -
7.	Vyhodnocení nejvhodnější technologie výroby.....	- 44 -
7.1.	Závěr	- 45 -
8.	Zdroje	- 46 -
9.	Seznam použitých zkratk a symbolů	- 48 -
10.	Přílohy	- 49 -

1. Úvod

V mé bakalářské práci se budu zabývat optimalizací sériové výroby T – profilu. Tato součást je používána u tkalcovských stavů. Vzhledem k tomu, že se jedná o sériovou výrobu, je velmi důležitý výrobní čas součásti. Každý zákazník požaduje co nejkvalitnější práci za co nejnižší cenu. A právě úspora výrobního času může velice snížit konečnou cenu daného výrobku.

Na začátku práce je krátké představení firmy, ve které jsem tuto práci realizoval. Dále následuje seznámení s daným materiálem, ze kterého je výrobek zhotoven. Pokračuji rozborem přesností a geometrických tolerancí, které jsou požadovány zákazníkem. Dále uvádím stroj, na kterém se součást vyrábí a použité nástroje.

Úkolem mé práce je zanalyzování stávajícího stavu výroby součásti, zmapování strojních časů jednotlivých operací a časů nutných pro manipulaci s výrobkem a správné nastavení stroje pro obrábění. Všechny výsledky jsou uvedeny do přehledného grafu pro jednodušší určení, kde je možnost zkrácení času nutného pro výrobu dílu. Dalším bodem je navržení nových metod, které by mohly být použity a popsání každé z nich.

Po srovnání jednotlivých alternativ, kde je uveden jejich popis a cena technologie, následuje závěr této práce, ve kterém je rozhodnutí, jaká z navrhovaných variant je nejvhodnější, jak z technologického hlediska, tak i z ekonomického.

2. Představení společnosti

2.1. Historie

Bakalářská práce je zpracována ve spolupráci s firmou Chotěbořské strojírny služby, a.s. Tato akciová společnost sídlí na Vysočině ve městě Chotěboř. Má dlouhou tradici, a proto bych rád, alespoň stručně, shrnul její historii, poté navázal na aktuální stav a přiblížil zaměření ve strojírenském průmyslu.

První podnikatelské záměry v místě dnešních Chotěbořských strojíren spadá do počátku 20. století. V tuto dobu zde vznikla malá textilní továrna, která je na obrázku (**obr. 1**). Zakladatelem byl podnikatel z Vídně, pan Gaininger. Prvním českým majitelem se stal továrník z Brna, pan Klazar, který roku 1906 továrnu koupil. Zaměřil se na výrobu kobereců a nábytkových látek. Postupně rozšiřoval a stavěl další budovy až do roku 1934, kdy ve světě vládla hospodářská krize. Z tohoto důvodu výroba stagnovala a byl dán návrh na prodej továrny.



Obr. 1 Původní textilní továrna [1]

Roku 1936, 17. prosince, továrnu koupila pražská firma Eckhardt a spol. v čele s továrníkem Vilémem Eckhardtem (**obr. 2**) za 425 000 Kč. Tato částka dnes působí velice směšně. Provoz byl zahájen se 420 zaměstnanci a každým rokem se počet zvyšoval. Po zřízení nástrojárny a lisovny se zde vyráběly protiplynové důlní, civilní a vojenské masky, dýchací přístroje, které jsou zobrazeny na obrázku (**obr. 3**). Dále probíhala výroba generátorů na dřevoplyn, vrtulových krytů a chladičů pro letadla, topných těles do tanků, konví na mléko, truhlářských výrobků, draselných pohlcovačů.

V roce 1938 byla postavena železniční vlečka a budova dnešní těžké lisovny a slévárny. Vlivem druhé světové války došlo k rozšíření výroby autogenních a řezacích přístrojů. Díky tomuto odvětví našlo ve firmě uplatnění spousta mladých lidí a studentů, kteří nastoupili do továrny místo nucené práce v Říši, to mělo za následek vysoký nárůst zaměstnanců. Před rokem 1945 zde pracovalo 2500 lidí.



Obr. 2 Vilém Eckhardt [1]



Obr. 3 Výroba plynových masek [1]

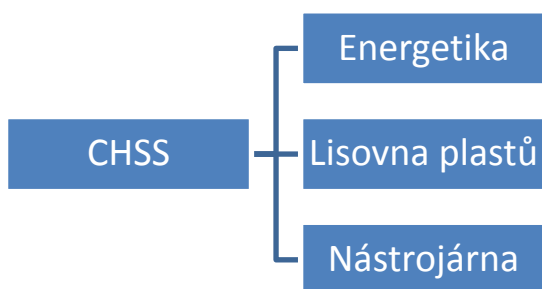
Veškeré zisky továrny Eckhardt vracel zpět a pracoval na rozšíření. Přestavovaly se a budovaly nové dílny, kanceláře, sklady, kotelna s elektrárnou, která umožňovala další růst továrny a hlavně její samostatnost. Roku 1942 byla otevřena učňovská škola s internátem. Po skončení druhé světové války vydává prezident Dr. Beneš dekret o znárodnění ze dne 24. října 1945. Následující den je firma Eckhardt a spol. znárodněna a podnik řídí revoluční závodní rada. Název podniku byl změněn na "Chotěbořské kovodělné závody, národní podnik, Chotěboř". Pan Eckhardt uhájil místo podnikového ředitele.

K velké změně ve výrobní náplni došlo roku 1951, kdy se začaly vyrábět stroje a zařízení pro mlékárny, které byly hlavní částí potravinářského oboru v tomto podniku. Další výroba začala o necelé tři roky později, tentokrát pro pivovary. Chotěbořské kovodělné závody dodávaly jednotlivé stroje i celé výrobní celky nejen pro tuzemsko, ale i pro zahraničí, například do Sovětského svazu, Rumunska, Polska, Bulharska, Egypta a dalších zemí po celém světě. Do výrobního programu patřily obory jako metalurgie, lahvárenské techniky, mycí, plnicí a uzavírací stroje s transportním zařízením, chemický a potravinářský průmysl, svařovací techniku a další. Výroba se rozrůstala a do výroby byly zařazovány nové technicky náročné stroje.

Po roce 1990 se Chotěbořské strojírný rozdělily na samostatné závody a k 1. 5. 1992 byla založena právní samostatnost firem Chotěbořské strojírný služby, a.s., TENEZ a.s., NATE a.s., GCE Autogen s.r.o. [1, 8 – 9]

2.2. Současnost firmy Chotěbořské strojírný služby, a.s.

Dnes akciová společnost podniká ve třech stěžejních oborech.



V oblasti energetiky je dodavatelem veškerých energií do průmyslového regionu, jako elektrické, tepelné energie, teplé užitkové vody, stlačeného vzduchu a pitné užitkové vody. Na obrázcích je místnost s kompresory a sušičkou vzduchu (**obr. 4**). Dále pohled na elektrárnu (**obr. 5**). [2]



Obr. 4 Kompresorová stanice [2]



Obr. 5 Elektrárna

Lisovna plastů se zaměřuje na dodávky plastových dílů pro automobilový, spotřebitelský a elektrotechnický průmysl. Technologicky je firma vybavena vstříkovacími lisami Arburg (*obr. 6*) a Engel (*obr. 7*) s uzavírací silou 40 – 220 tun. [3]



Obr. 6 Vstříkovací lisy ARBURG [3]

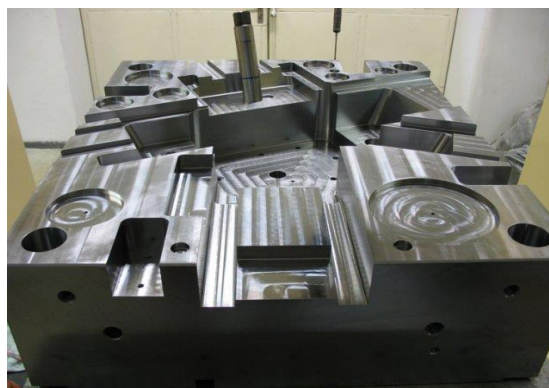


Obr. 7 Vstříkovací lis značky ENGEL [3]

Nástrojárna se zaměřuje na náročný trh dodavatelů do automobilového průmyslu. Konstruuje, vyrábí a modifikuje nástroje na tváření, stříhání plechů, formy na vstříkování plastů, formy na tlakové lití hliníku, vypěňovací formy (*obr. 8*) a další speciální nástroje a přípravky dle požadavků zákazníků. Na dalším obrázku (*obr. 9*) je rám formy. [4]



Obr. 8 Vypěňovací forma volantů [4]

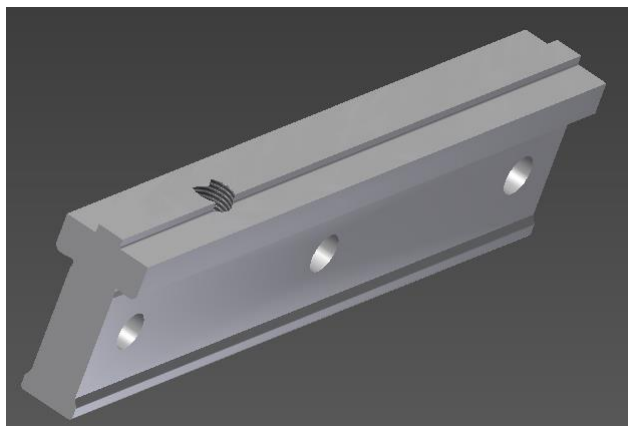


Obr. 9 Rám formy [5]

Lisovna plastů a nástrojárna jsou certifikovány dle norem ISO 9001/2008.

3. Rozbor obráběné součásti

Součást se používá u tkalcovských strojů, pro spojení částí rámu, kde je vedena osnova při tkání látky. Na obrázku (**obr. 10**) je pro lepší představu zobrazen model hotové součásti.



Obr. 10 Model hotové součásti

3.1. Materiál a polotovár

Materiál polotovaru je dle normy DIN EN 10277 – 2 ocel pro všeobecné technické použití. V první tabulce jsou uvedeny mechanické vlastnosti (**Tab. 1**), dále jsou shrnuty chemické vlastnosti polotovaru (**Tab. 2**). [6]

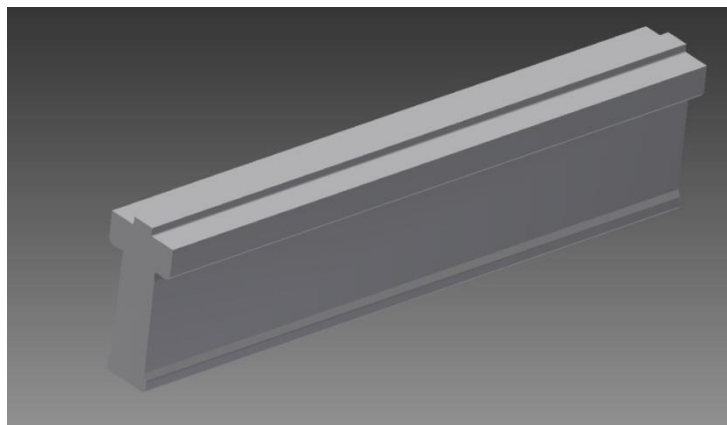
Tab. 1 Mechanické vlastnosti [7]

Ocel tažená za studena				
Tloušťka	$R_{p0,2}$	R_m	A_5	Hmotnost
	Minimální hodnota		Minimální hodnota	
[mm]	[MPa]	[MPa]	[%]	[kg / m]
$> 10 \leq 16$	450	600 – 800	7	1,001

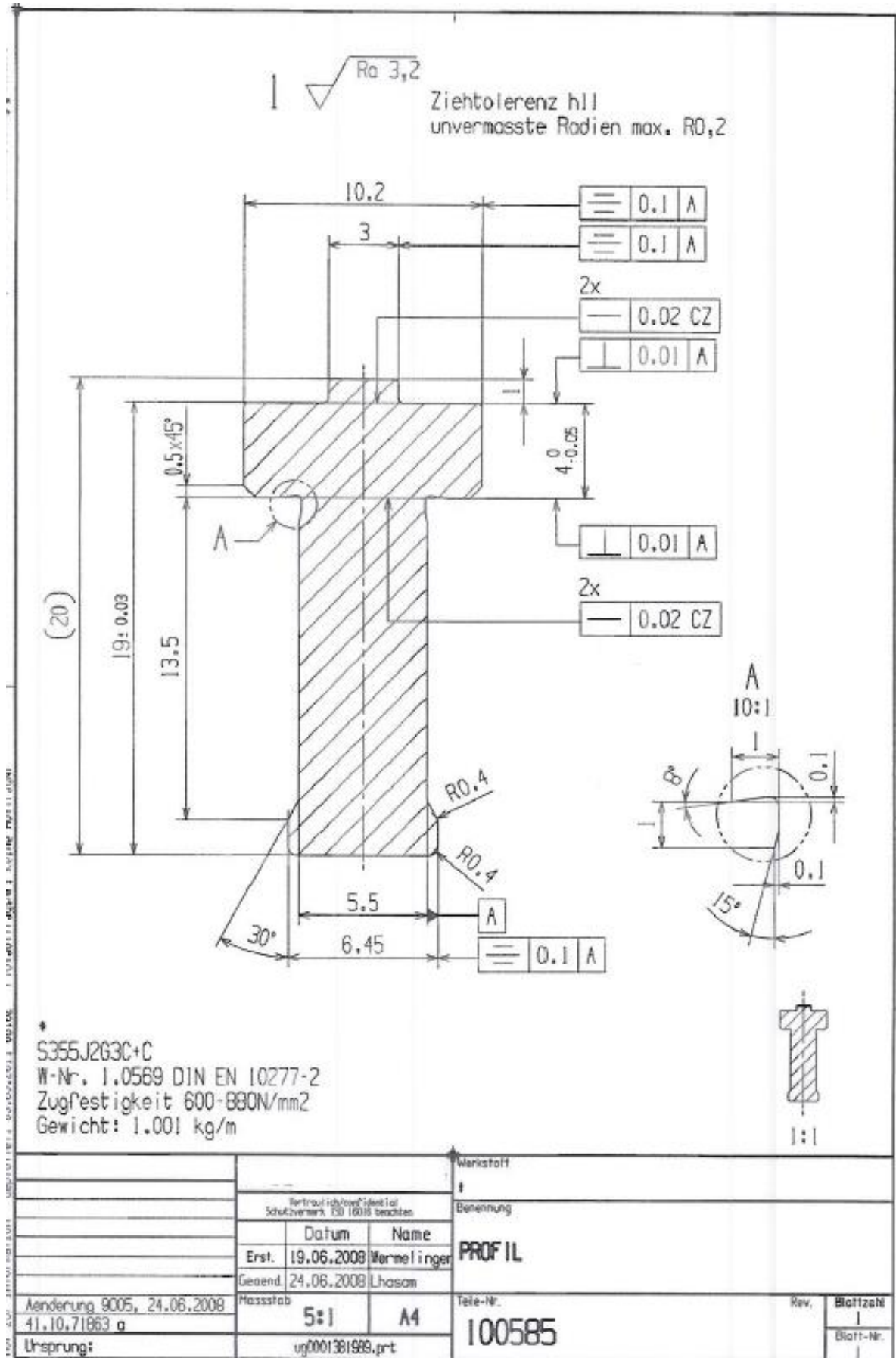
Tab. 2 Chemické složení [7]

C [%]	Si	Mn	P	S
Pro šířku ≤ 30 mm	[%]	[%]	[%]	[%]
0,2	0,55	1,6	0,035	0,035

Nakupovaným polotovarem je tyč T – profilu o délce 3 metry a váze cca 3 kg. Tato tyč se nařeže na pásové pile na požadovanou délku 80 mm. To znamená, že z 3metrové tyče vznikne 37 kusů, se kterými se dále pracuje. Model polotovaru viz obr. 11.



Obr. 11 Model polotovaru



Obr. 12 Výkres polotovaru [8]

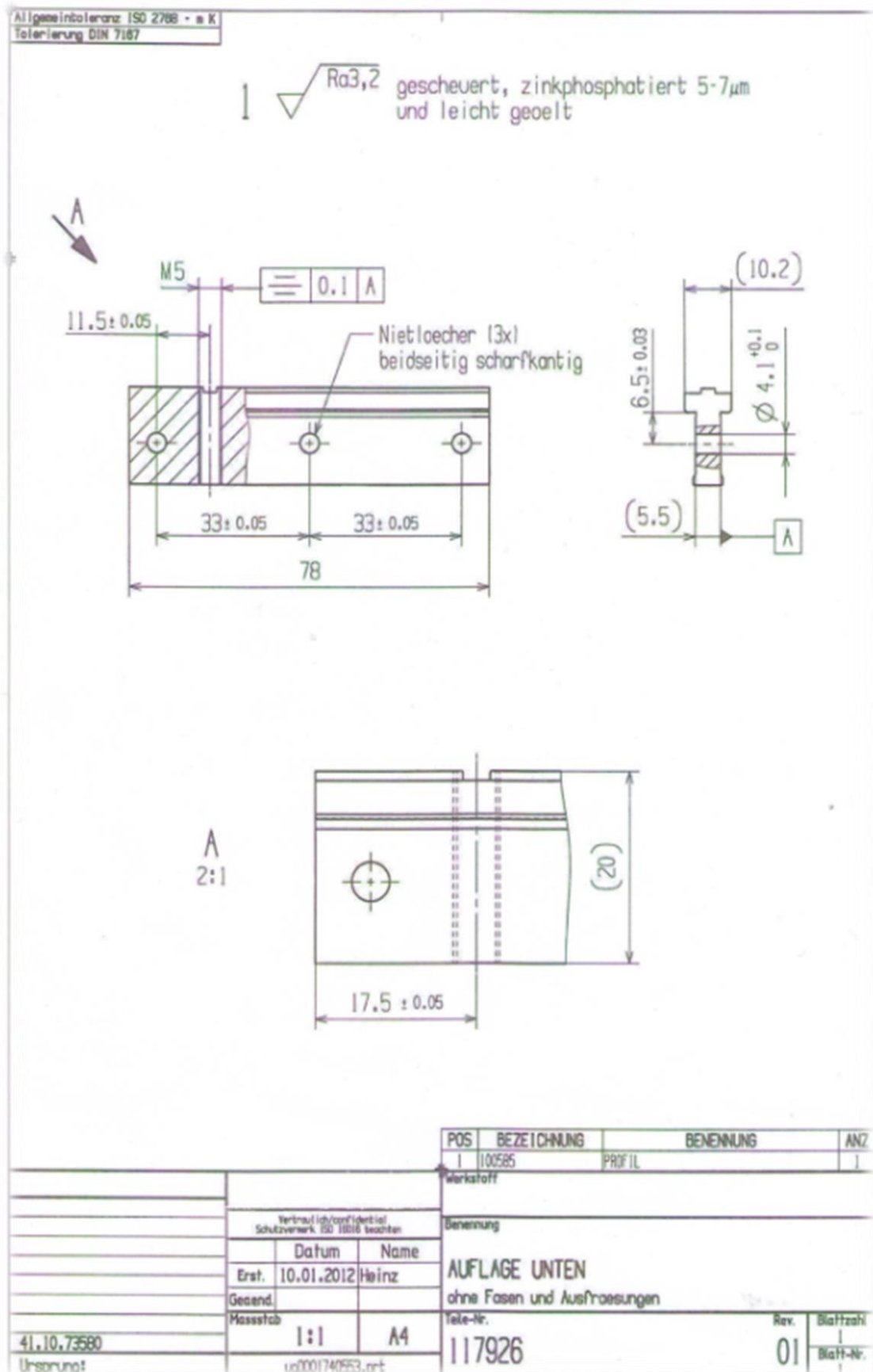
3.2. Rozbor přesností

3.2.1. Polotovar

Na výkrese polotovaru (**obr. 12**) jsou dvě délkové tolerance. První je výška T – profilu, o hodnotě 19 mm s úchytkou $\pm 0,03$ mm. To znamená, že toleranční pole je 0,06 mm. Druhá popisuje výšku rozšířené části o hodnotě 4 mm s úchytkou 0 až - 0,05 mm, tedy s tolerančním polem 0,05 mm. Polotovar se před výrobou nijak neupravuje, takže je nutná namátková kontrola rozměrů, které jsou uvedeny výše. Tato kontrola se provádí před zahájením směny v oddělení kontroly. Provádí se na nařezaných dílech.

3.2.2. Hotová součást

Výkres hotové součásti (**obr. 13**) obsahuje celkem pět rozměrů s úchytkami. Velmi důležitým rozměrem je kóta od čela součásti k ose otvoru se závitem M5, která je zobrazena v pohledu „A“. Má hodnotu 17,5 mm a úchytku $\pm 0,05$ mm. Od tohoto rozměru je předepsaná další tolerance pro otvor o průměru 4,1 s úchytkou 0 až +0,1 mm. Osa tohoto otvoru je ve vzdálenosti 11,5 mm s úchytkou $\pm 0,05$ mm od osy otvoru se závitem M5. Dalším rozměrem je vzdálenost osy otvoru o průměru 4,1 mm k rozšíření součásti, kde je vzdálenost 6,5 mm s úchytkou $\pm 0,03$ mm. Tento rozměr je důležitý z hlediska správného umístění otvoru. Posledním nezbytným rozměrem je osová vzdálenost otvorů o průměru 4,1 mm, která je 33 mm s úchytkou $\pm 0,05$ mm.



Obr. 13 Výrobní výkres součásti a zakótované rozměry pro kontrolu [8]

3.3. Geometrická specifikace výrobku

Základnou celé součásti je boční plocha polotovaru, která je zakótovaná podle pravidel a označena písmenem „A“. K této základně jsou vztaženy všechny tolerance. Tolerance souměrnosti je na výkrese polotovaru použita třikrát a pokaždé s hodnotou 0,1 mm. *„Tato tolerance udává vzdálenost dvou rovin, mezi kterými musí být plocha, kterou tolerujeme. Tyto dvě roviny jsou rovnoběžné s rovinou souměrnosti vnějších ploch a jsou od ní vzdáleny 0,05 mm.“* [9]

Další použitou tolerancí na tomto výkrese je tolerance kolmosti, která má hodnotu 0,01 mm. Je velice důležitá pro správnou výrobu celé součásti. *„To znamená, že každý bod tolerovaného povrchu musí ležet uvnitř tolerančního pole vymezeného dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými 0,01 mm kolmými na rovinu základny A.“* [9]

Dále je použita tolerance přímosti s hodnotou 0,02 mm. *„Hrana součásti musí ležet uvnitř tolerančního pole vymezeného dvěma rovinami vzdálenými 0,02 mm.“* [9]

Drsnost povrchu hotové součásti je Ra 3,2 μm , tato hodnota platí i u polotovaru. Na tomto výkrese je použita jedna geometrická tolerance (souměrnost) o hodnotě 0,1 mm, kterou je tolerován otvor se závitem M5.

3.4. Sériovost

Výroba začala v listopadu roku 2013 a z dosavadní výroby vychází, že daná technologie počítá s průměrnou sériovostí 85 000 kusů za rok, přičemž minimální množství je 60 000 kusů. Je nutno mít připravenou technologii na výrobu 100 000 kusů za rok. Tyto hodnoty obsahuje rámcová smlouva a konkrétní zakázky a dodávky jsou na základě jednotlivých objednávek. Výroba je naplánována minimálně do roku 2019. Navržené optimalizace budou realizovány ke konci roku 2015.

4. Rozbor stávající technologie výroby

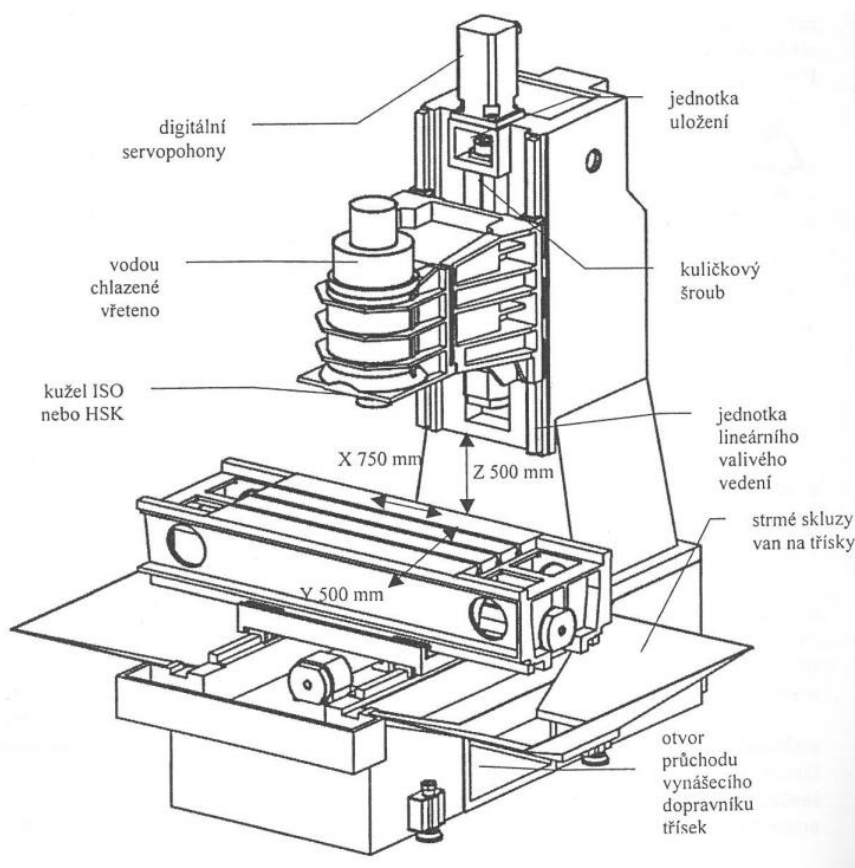
4.1. Stroj

Celý proces obrábění probíhá na jediném stroji. Je to vertikální obráběcí centrum MCV 750A (obr. 14), jehož výrobcem je KOVOSVIT, a.s., Sezimovo Ústí. Mezi jeho hlavní přednosti patří zvýšená dynamika a stabilita řezného procesu, vysoké otáčky vřetena, dokonalý odvod třísky z pracovního prostoru, vysoká spolehlivost a produktivita. Díky těmto vlastnostem ho lze použít jak pro oblast univerzální výroby, tak i pro výrobu forem. Toto obráběcí centrum je určeno jak pro kusovou, tak i pro sériovou výrobu. Je schopné provádět vrtání, vystružování, vyvrtávání, frézování a řezání závitů. Je standardně určeno k obrábění dílců z oceli, barevných kovů a plastů upnutých na pracovním stole.



Obr. 14 MCV 750 A v Chotěbořských strojárnách i s přípravkem

Základ stroje tvoří lože. Po loži přejíždějí saně (osa Y), po nich se pohybuje stůl (osa X), ten slouží k upnutí obráběného dílce. V zadní části lože je plocha pro stojan, po kterém se pohybuje vřeteník (osa Z). Popis stroje a znázornění pohybů pracovního stolu jsou na obrázku níže (**obr. 15**).



Obr. 15 Sestava strojních skupin [10]

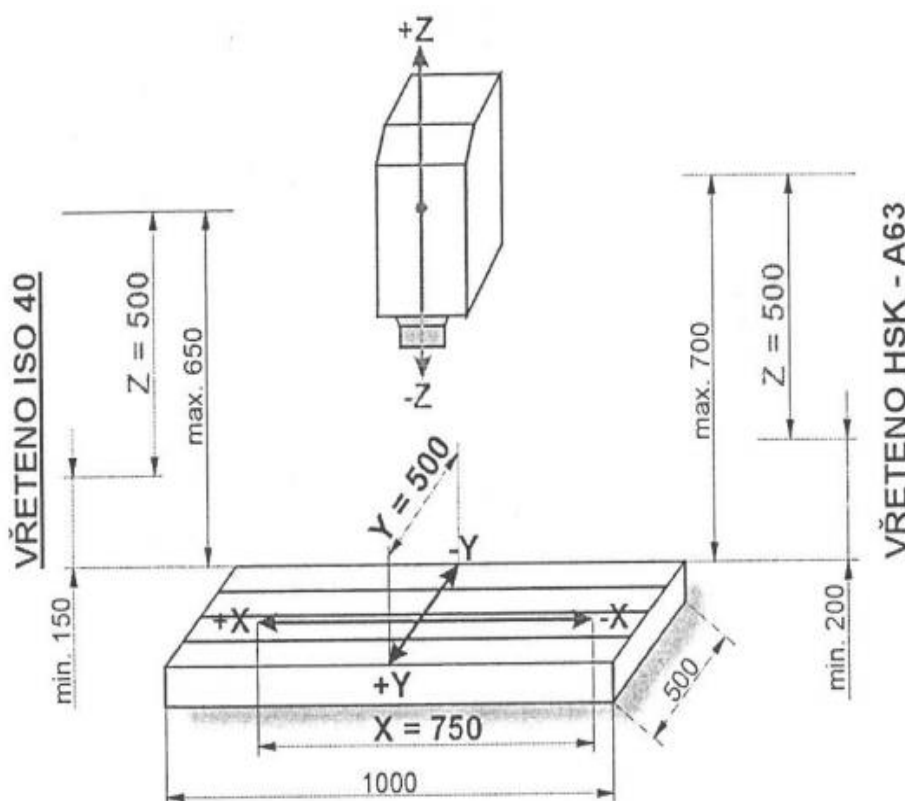
Pohony posuvů jsou ve všech osách digitálními regulačními servopohony, jež jsou připojeny spojkami na kuličkové šrouby.

Vřeteno je vybaveno středovým upínáním nástrojů a alternativně kuželem ISO 40, HSK 63 A. Pohonem vřetena je regulační vestavěný motor s vlastním okruhem kapalinového chlazení. Ovládání zásobníku nástrojů, stejně jako uvolňování nástrojů ve vřetenu je pneumatické.

Třísky a chladicí kapalina jsou po skluzech vany pracovního prostoru odváděny do dopravníku třísek nebo vany, které jsou zasunuty do otvoru středem lože ve směru pohybu stolu (osa X).

Požaduje-li výroba přívod chladicí kapaliny středem nástroje, je nutno použít u kužele ISO provrtaný čep a kužel nástroje dle DIN69872-A.

Prostor, který vymezuje možnosti umístění obrobku (polotovaru) na stole stroje. Pracovní prostor (**obr. 16**) je určen rozjezdy v jednotlivých osách. Souřadnice v ose určují krajní polohy osy vřeten.

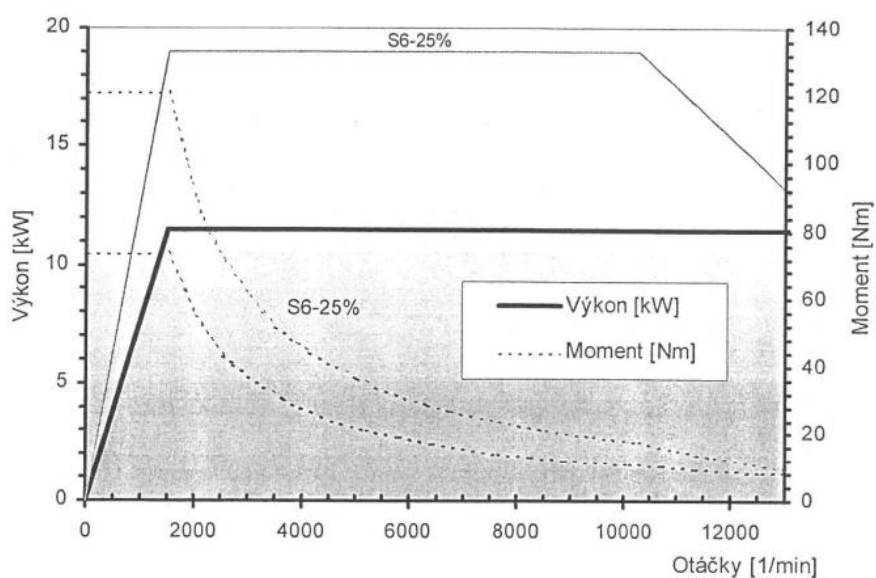


Obr. 16 Schéma pracovního prostoru [10]

Další důležité parametry, jsou zobrazeny v tabulce (**tab. 3**) a dále je uveden výkonový a momentový graf (**obr. 17**). [10, 18 – 20]

Tab. 3 Základní technické parametry [10]

		Provedení		
		ISO	HSK	
Stůl	Upínací plocha stolu	1000x500 [mm]		
	Max.zatížení stolu	450 [kg]		
Posuvy	Dráha pojezdu	X	750 [mm]	
		Y	500 [mm]	
		Z	500 [mm]	
	Vzdálenost upínací plochy od čela vřetena		150-650 [mm]	200-700 [mm]
	Rychloposuv	X	45 [m/min]	
		Y	45 [m/min]	
		Z	45 [m/min]	
	Zrychlení	X	2.5[m/s-2]	
		Y	2.5[m/s-2]	
		Z	3[m/s-2]	
Pracovní posuv		1-15000 [mm/min]		
Vřeteno	Jmenovitý výkon	11,5 [kW]		
	Rozsah otáček	20-13000 [1/min]		
	Průměr čelních ložisek	70 [mm]		
Zásobník nástrojů	Počet nástrojů	20		
	Max. hmotnost nástroje	6 [kg]		
	Čas výměny tříska-tříska sousedního nástroje	5,5 [sec]		
Elektrické připojení	Celkový jmenovitý. příkon stroje	30 [kVA]		
	Napětí AC	3x400 [V]		
Hmotnost stroje	Stroj s elektroskříní a zásobníkem nástrojů	4900 [kg]		



Obr. 17 Výkonový a momentový graf [10]

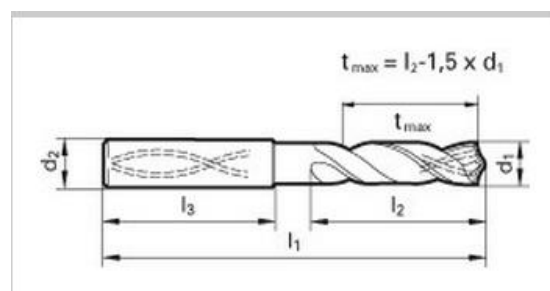
4.2. Nástroje

Použité nástroje jsou vybrány od firmy Guhring, kromě navrtávačku, který je vybrán z katalogu Hoffmann Group a závitníku Emuge Franken.

Pro vrtání třech otvorů o průměru 4,1 mm do polotovaru se používá upravený vrták o průměru 4,18 mm. Úprava byla provedena zkrácením délky, čímž se zmenší průměr na požadovanou hodnotu. Vrták, který se upravuje, má základní údaje uvedeny v tabulce (**tab. 4**). Jeho průměr je 4,2 mm a je zobrazen pomocí schématu (**obr. 18**) a s popisem dalších rozměrů (**tab. 5**).

Tab. 4 Údaje vrtáku [11]

kmenová data	
označení	Ratio vrták s chl. kanálky
Norma	
povrch	FIRE
směr řezu	pravý
řezný materiál	VHM
stopka	DIN 6535-HA
vnitř. chlazení	axiální
úhel špičky	140°
Typ	RT 100 U
toleranční pole	m7
Discount group	155



Obr. 18 Schéma vrtáku [11]

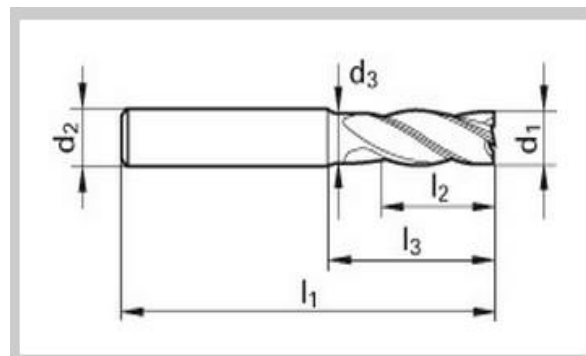
Tab. 5 Rozměry vrtáku [11]

Řezná rychlost v_c	[m/min]	145
Posuv f_z	[mm]	0,16
Počet drážek		2
d_1	[mm]	4,2
d_2	[mm]	6
l_1	[mm]	66
l_2	[mm]	30
l_3	[mm]	36

Pro zafrézování na konečnou délku a zhotovení požadované drsnosti hotového dílu je použita fréza o průměru 12 mm (**obr. 19**). Podrobnější údaje a rozměry jsou v tabulkách (**tab. 6**) a (**tab. 7**).

Tab. 6 Údaje frézy [12]

kmenová data	
označení	RF 100 U - Ratiofräser Standard
Norma	
povrch	FIRE
směr řezu	pravý
řezný materiál	VHM
stopka	DIN 6535-HA
vnitř. chlazení	žádná
Typ	N
toleranční pole	e8
poloměr řezné hrany	bez
Discount group	106



Obr. 19 Schéma frézy [12]

Tab. 7 Rozměry frézy [12]

Řezná rychlost v_c	[m/min]	180
Posuv f_z	[mm]	0,085
d_1	[mm]	12
d_2	[mm]	12
d_3	[mm]	11,2
l_1	[mm]	83
l_2	[mm]	38
l_3	[mm]	45
Typ stopky		HA

Pro vrtání otvoru se závitem M5 je nutné nejdříve použít navrtávák (**obr. 20**), pro odstranění výstupku v horní části profilu polotovaru (má přebroušený průměr břitů na rozměr 5,15 mm), vrták průměru 4,2 5D [13] a závitník M5 již obrábějí pouze pod navrtáním, jelikož průměrově výstupek obrobil navrtávák. Vrták 4,2 D5 je delší typ vrtáku, než předchozí 4,18 3D. Tento navrtávák je opět upraven na průměr špičky 5 mm, 15 mm do výšky břítu.





Další rozměry navrtáváku jsou v tabulce (**tab. 8**). Dále jsou vedeny vlastnosti navrtáváku [14]:

- 12 1070 - 1111
- přesný středový výbrus špičky
- snadné navrtávání a vysoká přesnost tvaru středícího otvoru
- velmi stabilní díky krátkým třískovým drážkám
- úhel špičky 142° pro záběr hlavního ostří následujícího spirálového vrtáku



Obr. 20 Navrtávák [14]

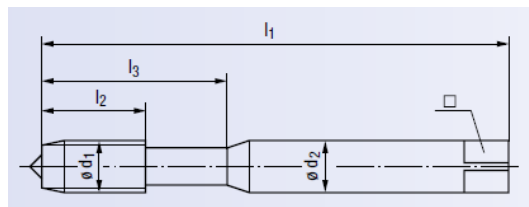
Tab. 8 Parametry navrtáváku [14]

$\varnothing h_6$				
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm/ot]
6	13,0	50	6	0,03

Posledním používaným nástrojem je závitník (**obr. 21**), kterým se vyřeže závit do otvoru o průměru 4,2 mm. Schéma závitníku (**obr. 22**) znázorňuje obecné rozměry, které jsou pro konkrétní typ popsány v tabulce (**tab. 9**).



Obr. 21 Závitník [15]



Obr. 22 Schéma závitníku [15]

Tab. 9 Rozměry závitníku [15]

Nominální průměr d_1	[mm]	5
Celková délka l_1	[mm]	70
Průměr stopky d_2	[mm]	6
Použitelná délka l_3	[mm]	25
Upínací čtyřhran \square	[mm]	4,9
Délka závitu l_2	[mm]	15
Náběh / počet závitů	[mm]	B / 4 – 5

Řezné parametry, které se u jednotlivých nástrojů používají, jsou znázorněny v tabulce (**Tab. 10**).

Tab. 10 Řezné parametry

NÁSTROJ	OTÁČKY (ot/min)	POSUV (mm/min)
Vrták 4,18 3D	7000	770
Fréza pr. 12	4000	1000
Navrtávák 5,15	5000	300
Vrták 4,2 5D	7000	840
Závitník M5	900	

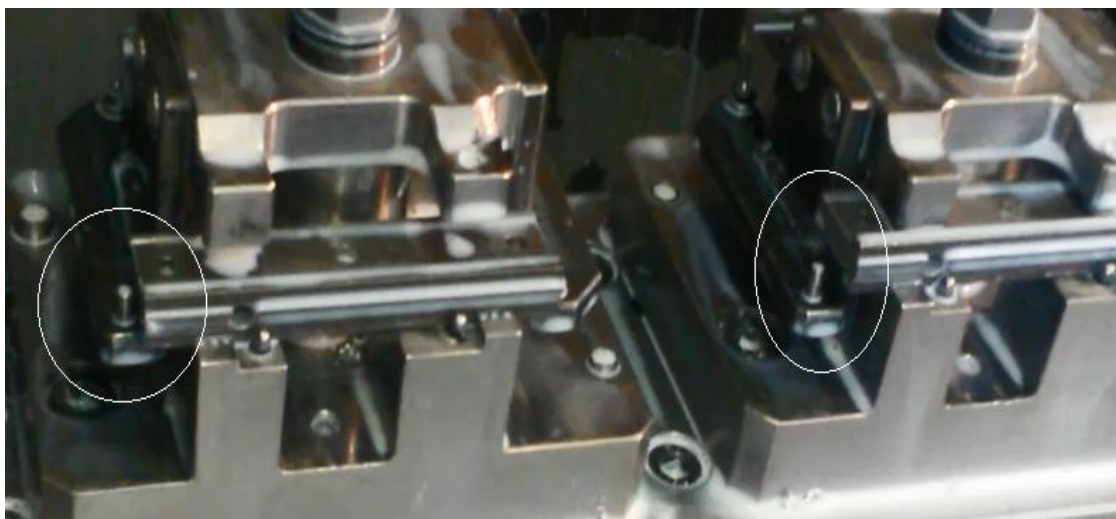
4.3. Přípravek

Tělem přípravku je čtverhranná ocelová trubka bezešvá, tvářená zatepla. Uvnitř této trubky jsou čtyři hydraulické písty, které jsou vyvedeny skrz trubku a ovládají horní části čelistí, které slouží k uchycení dílů. Dolní čelisti jsou nepohyblivé a přišroubované k tělu přípravku (**obr. 23**). Na protilehlé straně jsou otvory pro šrouby, kterými lze povolit písty a odejmout horní čelisti. Kapalina do pístů je přiváděna ze zadní strany trubky do každého zvlášť. Celé tělo je uchyceno mezi dvě podpory, ve kterých se může otáčet a lze jej zafixovat vždy po devadesáti stupních, pro optimální polohu dílů k obrábění. Podrobný výkres přípravku je umístěn v příloze.



Obr. 23 Přípravek

Správná pozice dílu je zaručena dorazy, které po sevření součásti pomocí hydraulických pístů sjedou pod úroveň obrobku a tím nebrání v obrábění. Na levé straně obrázku lze vidět rozdíl v pozici dorazu, kde je díl pouze vložený a opřený o doraz a na pravé části je díl pevně sevřen horní částí přípravku, a tím pádem i doraz je pod úrovní obráběného dílu (**obr. 24**).



Obr. 24 Detail přípravku

4.4. Analýza spotřeby časů

Vlastní proces začíná vložením osmi dílů do předem připraveného přípravku, který je upevněn na pracovním stole stroje a je zajištěný do tzv. „polohy nahoře“, to znamená, že kusy jsou naležato a ve vodorovné poloze vzhledem k pracovnímu stolu stroje. Správná poloha přípravku má velký vliv na dosažení požadované přesnosti, proto po upevnění přípravku nastává kontrola polohy pomocí souřadnicového měřicího systému, kde si sonda zkontroluje jednotlivé body a vyhodnotí, zda je přípravek správně upnutý. Jednotlivé díly musí být očištěny na dosedacích plochách, aby nevznikaly nepřesnosti v uložení do přípravku. Očištěné díly jsou vkládány mezi dorazy na dolní čelisti přípravku, které zabráňují posunutí dílu ve vodorovném směru. Je velmi důležité, aby každý kus byl správně uložen a předešlo se odchýlení od ideální polohy pro obrábění. Poté, co obsluha uloží všech osm kusů do přípravku, musí upnout díly pomocí horních čelistí, které jsou řízeny hydraulickými písty.

Po této přípravě, která předchází každému cyklu obrábění, obsluha zavře ochranné dveře stroje a na řídicím panelu spustí daný program obrábění. V čase, kdy stroj obrábí, si obsluha připraví dalších osm kusů.

Po nařezání polotovaru na délku 80 mm začíná vlastní proces obrábění na stroji MCV 750A. Program používaný pro tuto výrobu má tři základní operace.

1. Operace

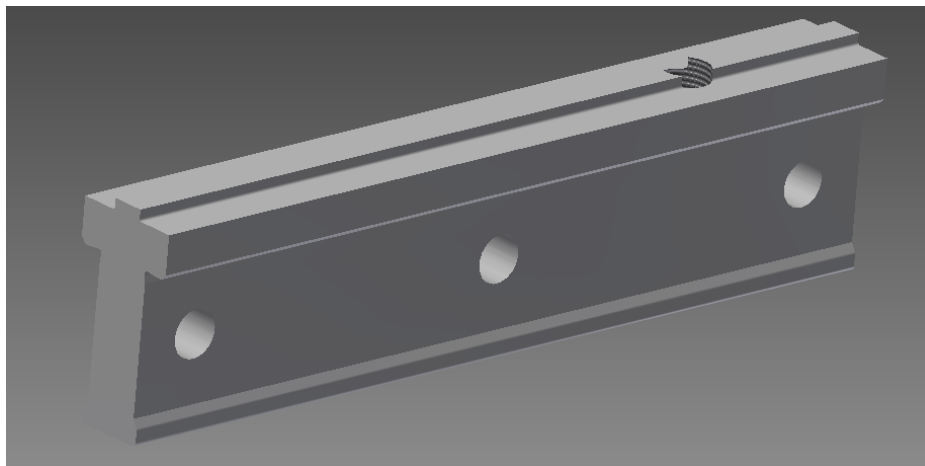
Stroj je naprogramován tak, že v první operaci, kde jsou kusy nahoře, začíná vrtáním průměrů o velikosti 4,1 mm a na každém kusu jsou tři takto velké otvory. Po vykonání této operace nastává zafrézování délky na konečných 78 mm. Zafrézování je nejdříve hrubovací operace, která probíhá pouze na jedné boční straně všech dílů. Poté následuje zafrézování všech kusů z obou bočních stran, což znamená, že na těch stranách, kde nástroj frézuje, podruhé probíhá zafrézování načisto. Stroj přestane pracovat a vrátí se do základní polohy. Obsluha otevře ochranné dveře a odjistí přípravek a pomocí páky ho pootočí o devadesát stupňů směrem k sobě, tím pádem díly mají polohu naboku a opět důkladně zajistí stabilní polohu přípravku a zavře ochranné dveře.

2. Operace

Na ovládacím panelu obsluha spustí druhou část programu obráběcího procesu, kde jako první navrtávák odvrtá příčku a zároveň tvoří sražení pro závit M5. Po výměně nástroje následuje vrtání průměru o velikosti 4,2 mm a jako poslední po další výměně nástroje následuje řezání závitu M5. Druhá část operace probíhá pouze na čtyřech dílech a na každém z nich vytváří jeden otvor se závitem. Po dokončení se opět nástroj vrátí do výchozí polohy a obsluha po otevření ochranných dveří musí opět odjistit a otočit přípravek o 180° stupňů směrem od sebe a pečlivě zajistit správnou polohu a zavřít dveře.

3. Operace

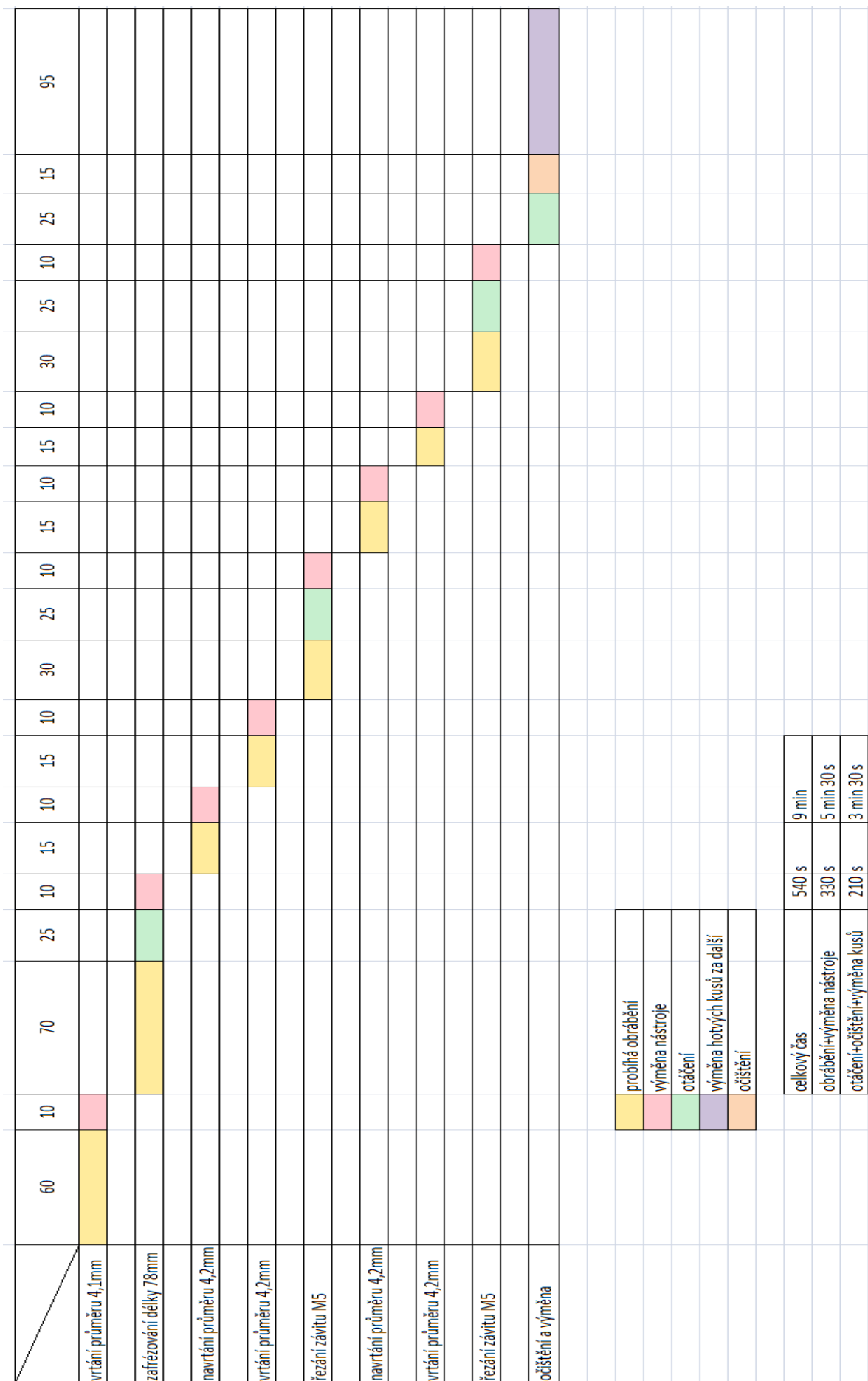
Pracovník zapne třetí část programu, který provádí stejné operace pomocí stejných nástrojů jako v předchozí operaci a tím se dokončí zbývající čtyři kusy. Po ukončení procesu pracovník vrátí přípravek do výchozí polohy, to znamená, že kusy jsou nahoře, následuje očištění dílů a přípravku od chladicí kapaliny. Povolí sevřené hydraulické čelisti a vyjme jednotlivé kusy.



Obr. 25 Hotová součást

Kontrola se provádí na začátku směny, vždy se kontroluje celá sada osmi kusů přímo na oddělení kontroly, v pořadí tak, jak byly vyrobeny. Další kontrolou je přeměření délky kusů a rozměru průměrů otvorů a vzdálenosti otvorů od kraje kusu. Podrobnější rozměry jsou zakótovány na výkrese. Tuto kontrolu provádí obsluha během procesu obrábění a kontroluje se každá desátá sada. Pracovník provádí měření digitálním posuvným měřítkem. Hotové a zkontrolované kusy se odkládají na paletu po osmi kusech v pořadí, tak jak byly vyrobeny. Pro lepší názornost jsem uvedl obrázek s modelem hotové součásti (**obr. 25**).

Do Ganttova diagramu jsem znázornil časové úseky obrábění, výměny nástroje, otáčení přípravku a výměny osmi dílů. Jednotlivé časy byly naměřeny během různých směn, kdy stroj obsluhoval pokaždé jiný člověk. Tento postup zajišťuje co nejreálnější zpracování jednotlivých časů a umožňuje mi vytvoření určité představy, kde by bylo možné tuto výrobu zproduktivnit. Celý proces jsem měřil celkem pětkrát a poté zprůměrované hodnoty zanesl do diagramu (**obr. 26**).



Obr. 26 Ganttův diagram

5. Návrh optimalizačních řešení

5.1. JÚS

Jednoučelový stroj je vhodný pro velkosériovou výrobu, kdy můžeme dosahovat stabilní kvality produkce, při nižších nárocích na kvalifikovanost obsluhy stroje. Nevýhodou je využití pouze pro výrobu jedné součásti. Tento konkrétní jednoučelový stroj by byl automatický s ručním zakládáním tyče, lineárním uspořádáním, se čtyřmi pracovními jednotkami, posuvným zařízením tyče a pneumatickými upínači řízenými programovatelným automatem.

5.2. Nákup progresivní CNC obráběcí technologie

5.2.1. Soustružnický automat firmy Gildemeister SPRINT 20 – 8 linear

Výhodou tohoto řešení je možnost opracování třímetrových tyčí T – profilu vložených do podavače stroje a výroba dílů pouze na jednom stroji bez nutnosti speciálních přípravků. Mezi další výhody patří používání dvou nástrojů současně a díky systému vykládání u protivřetena, žádná doba vykládky. Stroj je zobrazen na obrázku (**obr. 27**). [16]



Obr. 27 Sprint 20 – 8 linear [16]

V tabulce (**tab. 11**) jsou vypsány parametry stroje, které jsou vyhovující pro výrobu těchto dílů.

Tab. 11 Technické parametry [16]

Počet os		6 + 2
Rychlost hlavního vřetena/protivřetena	ot/min	10 000/10 000
Hnací výkon hlavního vřetena/protivřetena	kW	3,7/3,7
Krouticí moment hlavního vřetena/protivřetena	Nm	14/14
Maximální průměr soustružení - vřeteno/protivřeteno	mm	20/20
X2 dráha suportu	mm	240
Z2 podélný zdvih vřeteníku	mm	300
X1 dráha suportu	mm	50
Y1 dráha suportu	mm	350
Z1 podélný zdvih vřeteníku	mm	80
Váha stroje	kg	4 500

5.2.2. 5osé CNC frézovací centrum HERMLE C 22 U

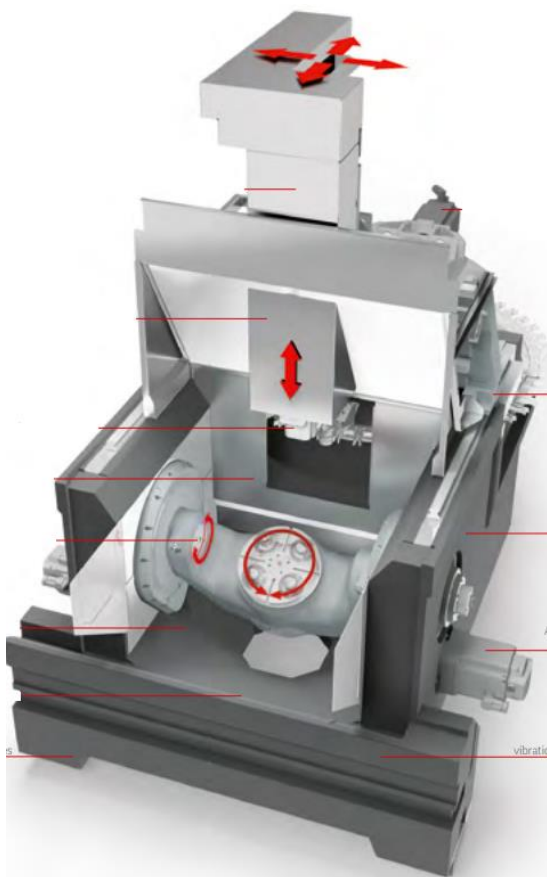
Zde se oproti stávajícímu řešení vyhneme přepínání mezi jednotlivými polohami (otočení o 90°) díky čtvrté ose, tzv. „kolíbce“, ale i nadále pro opracování dílů bude zapotřebí speciální přípravek. Stroj je zobrazen níže (**obr. 28**), dále jeho technické parametry (**tab. 12**). Znázornění možných pohybů tohoto stroje je vidět z obrázku (**obr. 29**). [17]



Obr. 28 HERMLE C 22 U [17]

Tab. 12 Technické parametry [17]

Pracovní prostor X / Y / Z	mm	450 / 600 / 300
Rychlost vřetena	1/min	15 000
Jmenovitý výkon	kW	25
Krouticí moment	Nm	80
NC naklápěcí, otočný stůl	mm	pr. 320
Řídicí systém Heidenhaim iTNC 530		
Hmotnost stroje	kg	8 500



Obr. 29 Znáznornění možných pohybů při obrábění [17]

5.3. Optimalizace stávajícího principu výroby

5.3.1. HSM 800

Další možností je využití obráběcího centra HSM 800 s paletovým výměníkem, který již firma vlastní. Díky paletovému systému by bylo možné, aby si obsluha připravila další sadu osmi dílů do druhého přípravku, který by se nemusel nijak výrazně upravovat oproti stávajícímu. Po správném zajištění a po skončení obrábění, by se tato paleta vyměnila s tou, která byla v pracovním prostoru a obsluha by opět zapnula obráběcí cyklus. Během tohoto obrábění by pracovník měl čas na další výměnu dílů a přípravu přípravku do výchozí polohy. Změny polohy během obráběcího cyklu, by se musely nadále provádět manuálně obsluhou stroje.

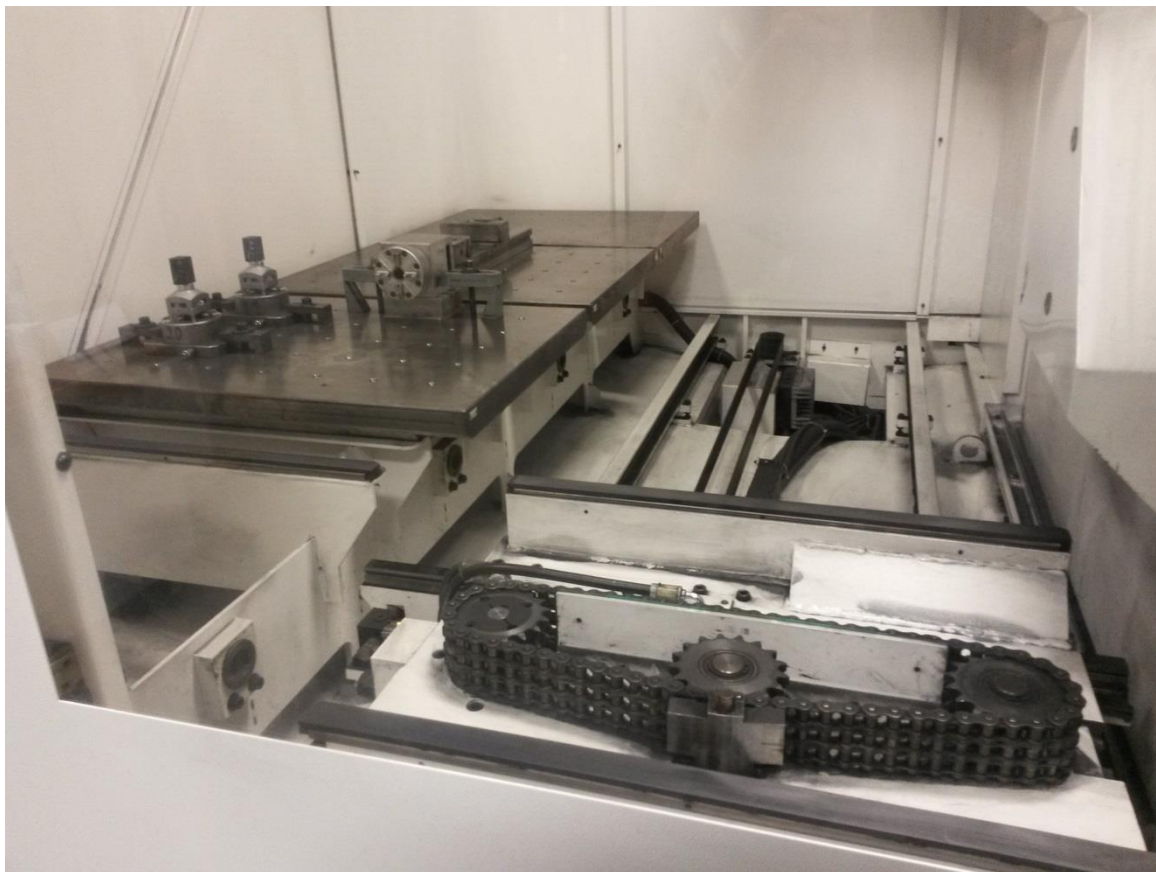
Na obrázku (**obr. 30**) je stroj HSM 800, vyfocený přímo v Chotěbořských strojárnách a v tabulce (**tab. 13**) jsou opět uvedeny jeho technické parametry. Dalším obrázkem je detail stroje s paletovým výměníkem a jednotlivými paletami (**obr. 31**).



Obr. 30 HSM 800 v Chotěbořských strojárnách

Tab. 13 Technické parametry HSM 800 [18]

Pracovní prostor X / Y / Z	mm	800 / 600 / 500
Maximální zatížení stolu	kg	1 000
Hmotnost stroje	kg	9 800
Hmotnost paletového výměníku	kg	1 800
Řídicí jednotka Heidenhain iTNC 530		
Posuv X / Y / Z	m/min	60/60
Zrychlení X / Y / Z	m/s ²	17



Obr. 31 Paletový výměník stroje HSM 800

5.3.2. Optimalizace parametrů obrábění

Na stávajícím stroji a přípravku zlepšit parametry obrábění, popřípadě zrychlit změny polohy a upínání součástí. Pro rychlejší změnu polohy přípravku, by bylo možné stroj vybavit tzv. „řízenou čtvrtou osou“, což znamená umístění opěrného koníku a elektrické děličky, která by byla přes doplněný řídicí systém programově řízená. Tím bychom odstranili neproduktivní čas při polohování přípravku, kdy je nutné stroj zastavit, otevřít dveře pracovního prostoru a ručně změnit polohu přípravku. Tímto opatřením, bychom zkrátili čas cyklů opracování osmi kusů.

6. Technicko – ekonomické zhodnocení variant

V této kapitole následuje porovnání jednotlivých navržených variant s aktuální technologií výroby jak z technického, tak i z ekonomického hlediska.

Pro základní úvahu je důležité si určit rámec finančních prostředků, které je možno investovat do nového řešení. Z popisu sériovosti vychází střední hodnota odebraných dílů na 85 000 kusů za rok, které vynásobíme aktuální cenou jednoho vyrobeného kusu a přibližná tržba za rok se pohybuje mezi 1 700 000 Kč – 2 000 000 Kč. Za tři roky bude celková tržba do 6 000 000 Kč. Tento obrat je pouze za obrábění součásti bez dokončovacích operací, jakými jsou omílání a fosfátování. Také zde nejsou započítány náklady na řezání tří metry dlouhé tyče. Tento propočet je pouze orientační a dává představu o možných tržbách na pořizované výrobní technologie. V úvahu je nutno vzít fakt, že smlouva o dodávkách tohoto dílu je rámcová a konkrétní dodávky jsou závislé na jednotlivých objednávkách. Z tohoto důvodu se může jednat i o nižší tržby v konkrétním roce (cena není na přání firmy přesně specifikována).

6.1. Jednouúčelový stroj

Navržený stroj pro tuto činnost, který nabídla firma ProJUS s.r.o., je schopný vyrobit jeden kus za 20 sekund. Jelikož všechny pracovní jednotky vykonávají svůj cyklus současně, zajímá nás tedy nejdelší čas operace, ke kterému se přičte zpětný chod jednotky a posuv s upnutím. Z toho vyplývá, že počet vyrobených kusů v jedné směně za rok při 80 % využití je 289 152 kusů. Pořizovací cena JÚ stroje je přibližně 2 500 000 Kč.

Při současném objemu výroby nemá smysl pořizovat jednouúčelovou technologii, která by nebyla využita ani na jednu směnu. K úvaze o pořízení jednouúčelové technologie, se má smysl vrátit při ročním objemu nad 500 000 kusů.

6.2. Nákup progresivní CNC obráběcí technologie

6.2.1. Soustružnický automat firmy Gildemeister SPRINT 20 – 8 linear

Kapacita této technologie je 214 186 kusů, při využití jedné směny na 80 % za kalendářní rok (čas opracování jednoho kusu cca 36 sekund). Pořízení této technologie stojí 248 000 EUR, což je při stávajícím kurzu 27.50 Kč/1 EURO = 6 820 000 Kč.

Tuto technologii lze sice využít i pro jiné zakázky, ale vzhledem k výrobnímu programu a zaměření firmy na nástrojařskou výrobu (hlavně formy) nelze předpokládat plné využití této technologie. Proto tuto variantu pokládám za neekonomickou.

6.2.2. 5osé CNC frézovací centrum například od HERMLE C 22

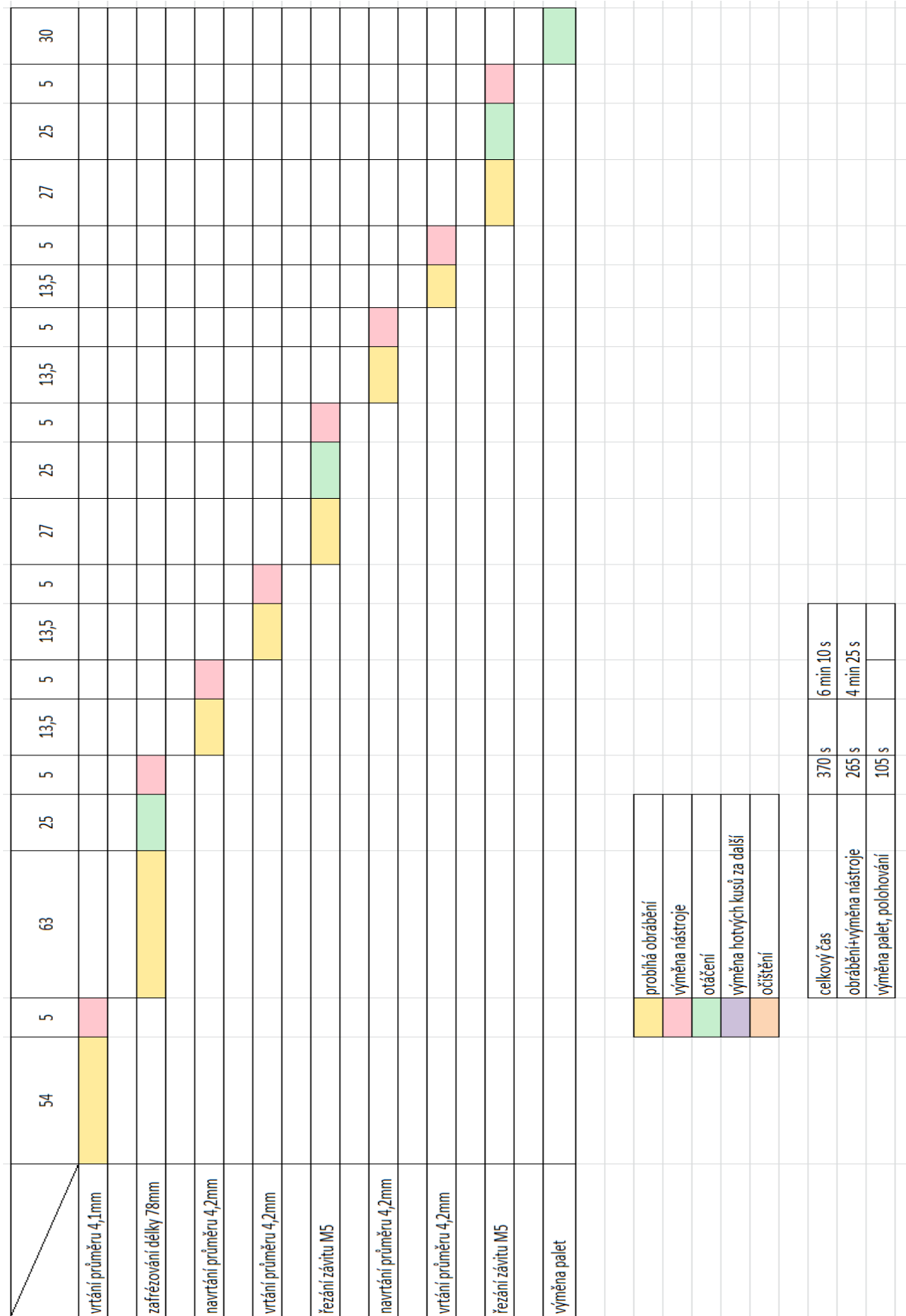
Toto obráběcí centrum nabízí i částečné využití při opracování dílů nástrojů a při mírně zlepšených parametrech obrábění a úspoře času při polohování přípravku (u stávající technologie) předpokládám kusový čas 45 sekund, což znamená roční kapacitu při jedné směně 128 512 kusů. Vzhledem k pořizovací ceně stroje, která je přibližně 280 000 EUR, tedy 7 700 000 Kč a odlišnou kinematikou 5osých obráběcích center, kterou firma využívá, nedoporučuji tuto variantu.

6.3. Vylepšení stávajícího principu výroby

6.3.1. Využití stroje HSM 800 s paletovou výměnou

- a) Oproti stávajícímu obráběcímu centru MCV 750 A, má stroj HSM 800 zrychlení o cca $14 \text{ m} / \text{s}^2$ větší, ale vzhledem ke krátkým vzdálenostem posuvů uvažuji zkrácení pracovního času o 10 procent, to je 33 sekund.
- b) Díky vyjmutí, očištění a upnutí nových dílů mimo pracovní prostor získám úsporu času na osmi kusech 105 sekund.

Zkrácení času, kterého by se mohlo docílit, je opět uvedeno v Ganttově diagramu (obr. 32).



Obr. 32 Ganttův diagram pro HSM 800

Nevýhodou tohoto řešení je nutnost výroby druhého přípravku. Cena stávajícího byla vyčíslena na 289 660 Kč. Při odečtení nákladů na konstrukci a technologii výroby tohoto přípravku jsme na ceně 245 000 Kč.

Nelze opomenout rozdílnou cenu strojní hodiny u HSM 800, kde se pohybujeme na částce 1 100 Kč/hodina oproti MCV 750 A, který má kalkulovanou cenu na 700 Kč/hodina. Ekonomické vyhodnocení této varianty je uvedeno v tabulce (**tab. 14**).

Tab. 14 Ekonomické vyhodnocení této varianty

Stroj	Čas cyklu [s]	Cena minuty stroje [Kč]	Cena cyklu [Kč]
MCV 750 A	540	11,67	105
HSM 800	370	18,33	113

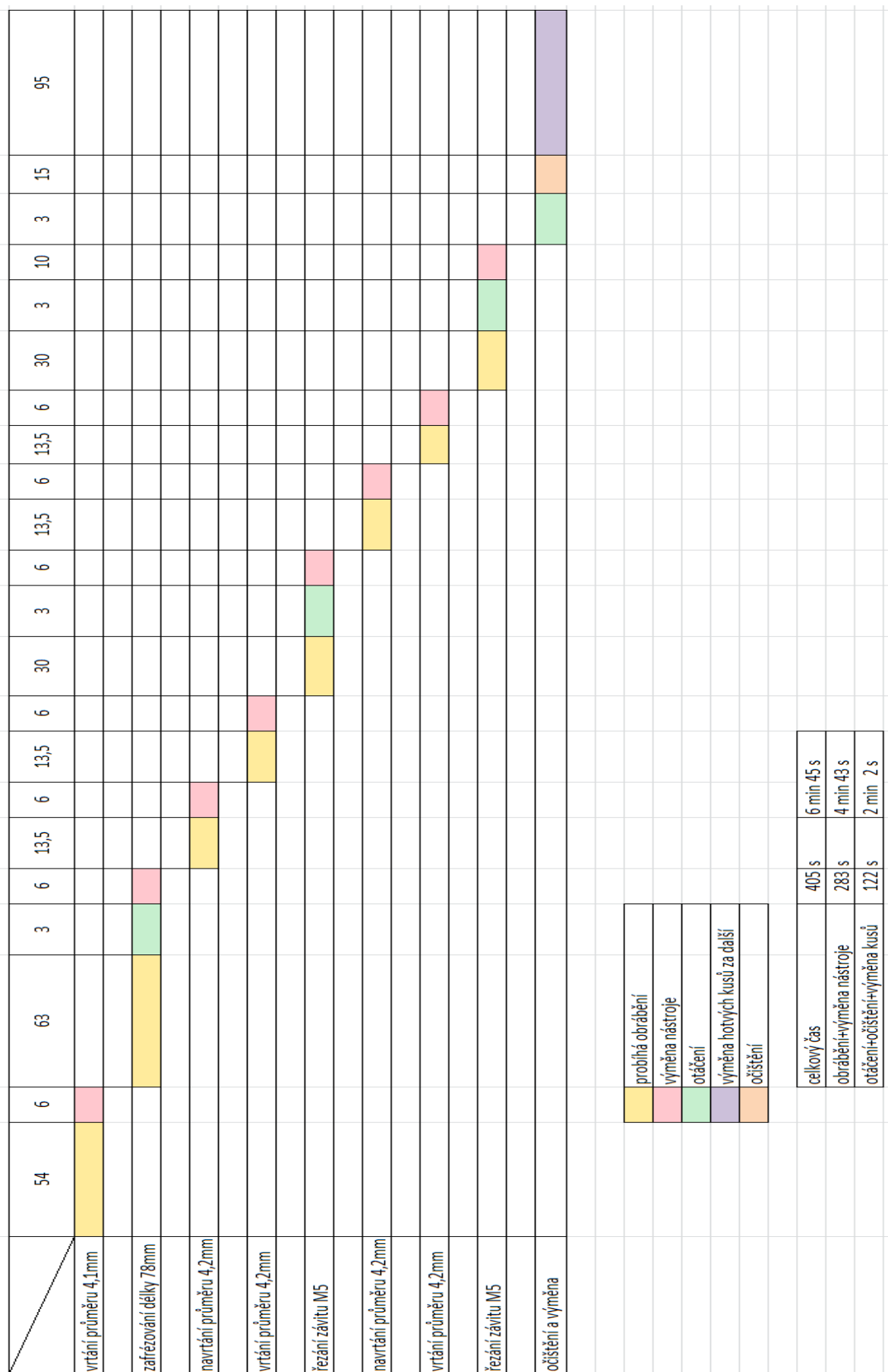
Z ekonomického porovnání vyplývá, že úspora času nevyrovná rozdíl ceny pracovní hodiny stroje. Proto nebudu dále rozpočítávat pořízení druhého přípravku. Při osobní konzultaci s vedoucím výroby s Ing. Petrem Šulcem, jsem se dozvěděl, že stroj HSM 800 je plně vytížen ve třísměnném provozu výrobou grafitových elektrod a opracováním tvrdých součástí forem (vločky, jádra). Z výše uvedených důvodů tato varianta není vhodná.

6.3.2. Změna stávajícího stavu na stroji MCV 750 A

Při rozboru stávajícího stavu jsem dospěl k názoru, že lze zkrátit potřebný čas v těchto úsecích.

- 1) Úpravou řezných podmínek frézování, vrtání otvoru o průměru 4,1 a 4,2 mm, včetně navrtání lze uspořit 10 procent času bez ohrožení stability procesu, neúměrně zvýšeného opotřebení nástrojů a stroje. U řezání závitu M5 jsem nechal původní vyzkoušené řezné podmínky, zvláště k velkému zatížení vřetena při rozběhu a brždění, zpětném chodu při řezání závitu M5, zde jsem se obával možnosti poškození nebo výrazného snížení životnosti vřetena.
- 2) Při monitorování výroby jsem zjistil příčinu doby výměny nástroje 10 sekund, oproti uváděným 5,5 sekund v technickém prospektu výrobce stroje. Důvodem je neuspořádání nástrojů v zásobníku do pozic, které jdou za sebou.
- 3) Vybavením stroje o řízenou čtvrtou osu dosáhneme zkrácení doby změny polohy přípravku a stroj nebude muset při této změně zastavit. Cena tohoto dovybavení činí 450 000 Kč a přibližně s 8 000 Kč až 10 000 Kč je počítáno na úpravu stávajícího přípravku, který bude upnut do elektrické děličky na straně jedné a opřen do koníku na straně druhé. Řídicí systém stroje bude doplněn potřebným hardwarem a softwarem.

Časová úspora pro stroj MVC 750 A s řízenou čtvrtou osou je znázorněna v Ganttově diagramu (**obr. 33**).



Obr. 33 Ganttův diagram pro MCV 750 A se 4. osou

Tab. 15 Ekonomické vyhodnocení této varianty

Stroj	Čas cyklu [s]	Cena minuty stroje [Kč]	Cena cyklu [Kč]
MCV 750 A	540	11,67	105
MCV 750 A + 4. osa	405	12,33	83,23

Cena hodiny stroje byla zvýšena na 740 Kč, kde je započítána zvýšená cena na pořízení čtvrté osy. Předpokládám návratnost čtvrté osy za tři roky při dvousměnném provozu. V tabulce (**tab. 15**) je k této variantě zobrazeno ekonomické vyhodnocení.

Tato varianta je výhodná, jak z hlediska ceny výroby, tak i proto, že čtvrtou osu lze využít i při jiných zakázkách.

7. Vyhodnocení nejvhodnější technologie výroby

Z výše provedeného rozboru je patrné, že při sériovosti 60 000 až 100 000 kusů za rok je ekonomicky nepřijatelná varianta nákupu progresivní CNC technologie a jednoúčelového stroje.

Využitím stávajícího stroje HSM 800 s paletovým výměníkem je možno zkrátit výrobní čas buď při upínání, nebo při využití rychlejších parametrů stroje. Tato varianta vyžaduje výrobu duplicitního upínacího přípravku, a proto je z ekonomického hlediska méně výhodná.

Z těchto důvodů vyplývá, že nejvhodnější variantou je dovybavení stroje MCV 750 A čtvrtou osou. Jednotlivé technologie jsem shrnul do tabulky (**tab. 16**), kde jsou uvedeny pořizovací náklady a důvod rozhodnutí, proč byla daná varianta zamítnuta, či přijata.

Tab. 16 Závěrečný přehled vyhodnocení jednotlivých variant

	Pořizovací náklady [Kč]	Důvod zamítnutí/přijetí	Výsledek
JÚS	2 500 000	Nízká sériovost od 500 000 kusů	NEVYHOVUJE
SPRINT 20	6 820 000	Nízká sériovost od 650 000 kusů	NEVYHOVUJE
HERMLE C 22	7 700 000	Vysoké investiční náklady	NEVYHOVUJE
HSM 800	245 000	Vyšší náklad na výrobu 1 kusu	NEVYHOVUJE
MCV 750A + 4. osa	459 000	Cenově výhodnější oproti současnému stavu	VYHOVUJE

7.1. Závěr

Po krátkém představení společnosti v první kapitole jsem provedl rozbor dané součásti, kde jsem se zaměřil na výchozí polotovary a materiál, ze kterého je zhotoven. Další kapitolou bylo uvedení požadovaných přesností a geometrických tolerancí. Pokračoval jsem představením použitého stroje, nástrojů a upínacího přípravku.

Důležitou částí mé práce byla analýza stávajícího stavu výroby součásti. Po této analýze jsem navrhl možné optimalizace a rozebral jednotlivé varianty.

Z rozboru jednotlivých variant vyplývá, že nejvhodnější je dovybavení stávajícího stroje MCV 750 A čtvrtou řízenou osou, zlepšení parametru obrábění přibližně o 10 % a zlepšení vkládání nástrojů do zásobníku (zkrácení výměny nástroje).

Podrobnější zdůvodnění je patrné z Ganttova diagramu na **(obr. 33)** a ekonomického propočtu v kapitole Technicko – ekonomické zhodnocení variant. Toto vylepšení je možné aplikovat od listopadu 2015.

8. Zdroje

- [1] Historie Chotěbořských strojíren. *Chss* [online]. © Copyright 2011 - 2015 CHSS [cit. 2015-02-21]. Dostupné z: <http://www.chss.cz/>
- [2] Energetika CHSS. *Chss* [online]. © Copyright 2011 - 2015 CHSS [cit. 2015-02-21]. Dostupné z: <http://www.chss.cz/energetika/tlakovyvzduch.html>
- [3] Lisovna. *Chss* [online]. © Copyright 2011 - 2015 CHSS [cit. 2015-02-21]. Dostupné z: <http://www.chss.cz/lisovna-plastu/fotogalerie/category/32-vyrobní-zaizeni.html>
- [4] Nástrojárna. *Chss* [online]. © Copyright 2011 - 2015 CHSS [cit. 2015-02-21]. Dostupné z: <http://www.chss.cz/nastrojarna/fotogalerie/category/14-vypovaci-formy.html>
- [5] Nástrojárna. *Chss* [online]. © Copyright 2011 - 2015 CHSS [cit. 2015-02-21]. Dostupné z: <http://www.chss.cz/nastrojarna/fotogalerie/category/17-ramy-forem.html>
- [6] Česká technická norma. *ČSN online pro firmy s více uživateli* [online]. 2015 [cit. 2015-03-7]. Dostupné z: http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/42/81546/81546_nahled.htm
- [7] S355J2G3C. *ATR S.R.L.* [online]. 2008 [cit. 2015-03-7]. Dostupné z: http://www.atrspa.eu/allegati/prodotti/en/en_S355J2G3C.pdf
- [8] Výkresová dokumentace. 2008 [cit. 2015-04-12].
- [9] POSPÍCHAL, Jaroslav. *Technické kreslení*. Dotisk vyd. 3., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2009, 84 s. ISBN 978-80-01-03214-5.
- [10] MCV 750A, návod od dodavatele. *KOVOSVIT MAS* [online]. © 2015 KOVOSVIT MAS, a. s. [cit. 2015-05-31]. Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/cz/produkty/technologie-frezovani/vertikalni-obrabeci-centra/mcv-750>

- [11] GÜHRINGNavigator: Datový list 5510. *GÜHRINGNavigator* [online]. 2014 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: <http://navigator.guehring.de/navigator/index.php?mod=dat&sorte=5510>
- [12] GÜHRINGNavigator: Datový list 3891. *GÜHRINGNavigator* [online]. 2014 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: <http://navigator.guehring.de/navigator/index.php?mod=dat&sorte=3891>
- [13] GÜHRINGNavigator: Datový list 5511. *GÜHRINGNavigator* [online]. 2014 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: <http://navigator.guehring.de/navigator/index.php?mod=dat&sorte=5511>
- [14] Virtuální prohlížečí katalog. *Hoffman Group* [online]. 2015 [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: https://www.hoffmann-group.com/CZ/cs/hot/fileadmin/user_upload/1_International/catalog/cs/BK_Band1_cs/blaetterkatalog/blaetterkatalog/pdf/save/bk_59.pdf
- [15] Tool Catalogue. *Emuge-franken* [online]. 2010 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: http://www.emugefranken.cz/files/files/katalogy/EMUGE_zavitovani_140.zip
- [16] Technical Data: SPRINT 20 | 8 linear. *DMG MORI* [online]. Copyright © 2015 DMG MORI [cit. 2015-03-9]. Dostupné z: <http://ca-en.dmgmori.com/products/lathes/automatic-lathes/sprint/sprint-20-8-linear#Technic>
- [17] Hermakina.com.tr>Broşürler. *Hermakina* [online]. ©2011 Hermakina [cit. 2015-03-9]. Dostupné z: http://www.hermakina.com.tr/SystemFiles/Pdf/Broschuere_C22_EN.pdf

9. Seznam použitých zkratk a symbolů

JÚS	Jednoúčelový stroj
CNC	Computer Numeric Control
X, Y, Z	Osy souřadného systému
ISO	International Organization for Standardization
DIN	Deutsche Industrie-Norm
Si	Křemík
Mn	Mangan
P	Fosfor
S	Síra
C	Uhlík
R_m	Mez pevnosti v tahu
$R_{p0,2}$	Smluvní mez kluzu
Ra	Střední aritmetická úchylka profilu

10. Přílohy

1. Příloha – Sestava přípravku