



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

SESTAVENÍ NOVÉ VARIANTY VÝROBY SOUČÁSTÍ „ZÁKLADOVÁ DESKA“

A NEW VARIANT OF PRODUCTION COMPONENTS „SOLE PLATE“

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Tomáš BRIŠ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Milan KALIVODA

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Tomáš Briš

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

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 bakalářské práce:

Sestavení nové varianty výroby součástí "základová deska"

v anglickém jazyce:

A new Variant of Production Components "Sole Plate"

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod.
2. Představení firmy.
3. Konstrukčně-technologický rozbor součásti "základová deska".
4. Stávající technologie.
5. Návrh nové varianty.
6. Technicko-ekonomické vyhodnocení.
7. Diskuze.
8. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Stanovení nových možností obrábění středně náročné součásti na základě znalosti parametrů zastupitelných strojů a využití progresivního nářadí v konkrétních podmínkách firmy.

Seznam odborné literatury:

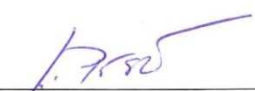
1. PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
2. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing, s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
3. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
4. ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.
5. HLAVENKA, Bohumil. Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem. 4. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 21.11.2014





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na sestavení nové technologie pro výrobu součásti „základová deska“, která má tvar plochého kvádru se stupňovitými výstupky. Součást se bude vyrábět v sérii 100 kusů. Hlavními body práce budou rozbor součásti, popis podmínek, ve kterých řešení probíhalo, popis stávající technologie, návrh nové technologie a závěrečné porovnání a vyhodnocení výsledků zkoumání. Cílem je zkompletovat efektivnější postup výroby, který by nahradil současný postup.

Klíčová slova

konvenční frézka, CNC obráběcí centrum, vrták, fréza, VBD

ABSTRACT

The bachelor thesis aims at forming a new variant of production components „sole plate“ which has a character of a flat block with stepped protrusions. The main points of the work will be component analysis, description of the conditions under which the solution was carried out, description of the current technology, proposal of a new technology as well as their final comparison and the results assessment. The work is focused on forming a more effective manufacturing process which would replace the current one.

Keywords

conventional milling machine, CNC machining centre, drill, milling cutter, insert grade

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BRIŠ, Tomáš. *Sestavení nové varianty výroby součástí „základová deska“*. Brno 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 40 s. 11 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Sestavení nové varianty výroby součástí „základová deska“** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

10. 5. 2015

Datum

Tomáš Briš

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Milanu Kalivodovi z VUT FSI za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce a vedení firmy Geniczech-M, spol. s. r.o., jmenovitě panu Ing. Pavlu Novosadovi, za poskytnutí materiálů a zázemí při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH	7
ÚVOD	9
1 FORMULACE PROBLEMATIKY - ROZBOR SOUČÁSTI.....	10
1.1 Funkčnost.....	10
1.2 Kótování.....	10
1.3 Použité technologie na součásti	11
1.3.1 Frézování	11
1.3.2 Vrtání	11
1.4 Materiálový rozbor	12
2 PODMÍNKY ŘEŠENÍ VE FIRMĚ	13
2.1 Historie firmy.....	13
2.2 Strojní výroba	13
2.3 Strojové vybavení	14
2.4 Obecný postup při obdržení zakázky.....	14
3 STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY	16
3.1 Použité stroje a jejich parametry.....	16
3.2 Použité nástroje a použité řezné podmínky	17
3.3 Postup výroby dílce „základová deska “	18
3.4 Zhodnocení stávající výroby.....	21
4 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE VÝROBY	22
4.1 Nové nástroje a řezné podmínky	22
4.2 Nový výrobní postup	23
5 UPRAVENÝ NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE VÝROBY DLE POŽADAVKU FIRMY.....	27
6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ.....	30
6.1 Rekapitulace jednotlivých nákladů a podrobný rozpis časů.....	34
7 DISKUZE	36
7.1 Zhodnocení z hlediska autora	36
7.2 Zhodnocení z pohledu firmy.....	36
7.3 Posouzení v návaznosti na další vývoj	36
ZÁVĚR	37

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	38
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	39
SEZNAM PŘÍLOH.....	40

ÚVOD

Česká republika má velkou tradici v oblasti strojírenské výroby. Možná že i díky této historické skutečnosti dochází v současné době k rozvoji strojírenského průmyslu, zejména v návaznosti na potřeby strojírenských podniků v sousedním Německu, Rakousku, ale i Holandsku a Švýcarsku, kde mj. firma Geniczech-M, spol. s. r. o. své produkty exportuje. Konkurence je však velká, a tak se firmy musí starat o to, aby jejich výrobky byly konkurenceschopné.

Návrh práce byl zformulován v době mého působení ve firmě, kdy management firmy spolu se mnou vytvořil zadání BP, které se týká právě zvýšení konkurenceschopnosti podniku.

Hlavním cílem bakalářské práce je zpracování nové technologie výroby součásti „základová deska“ (obr. 1) v podmínkách středně velké strojírenské firmy Geniczech-M, spol. s. r. o., která by měla nahradit původně používanou technologii. Důvodem je zefektivnění, tedy zlevnění výroby. Takového efektu by mělo být dosaženo vhodnou volbou nástrojů, strojů a dalších faktorů, které jsou při výrobě uplatňovány. Výhodnost jednotlivých technologií bude porovnána při uvažované výrobní dávce 100 kusů, což vychází z dat za rok 2014.

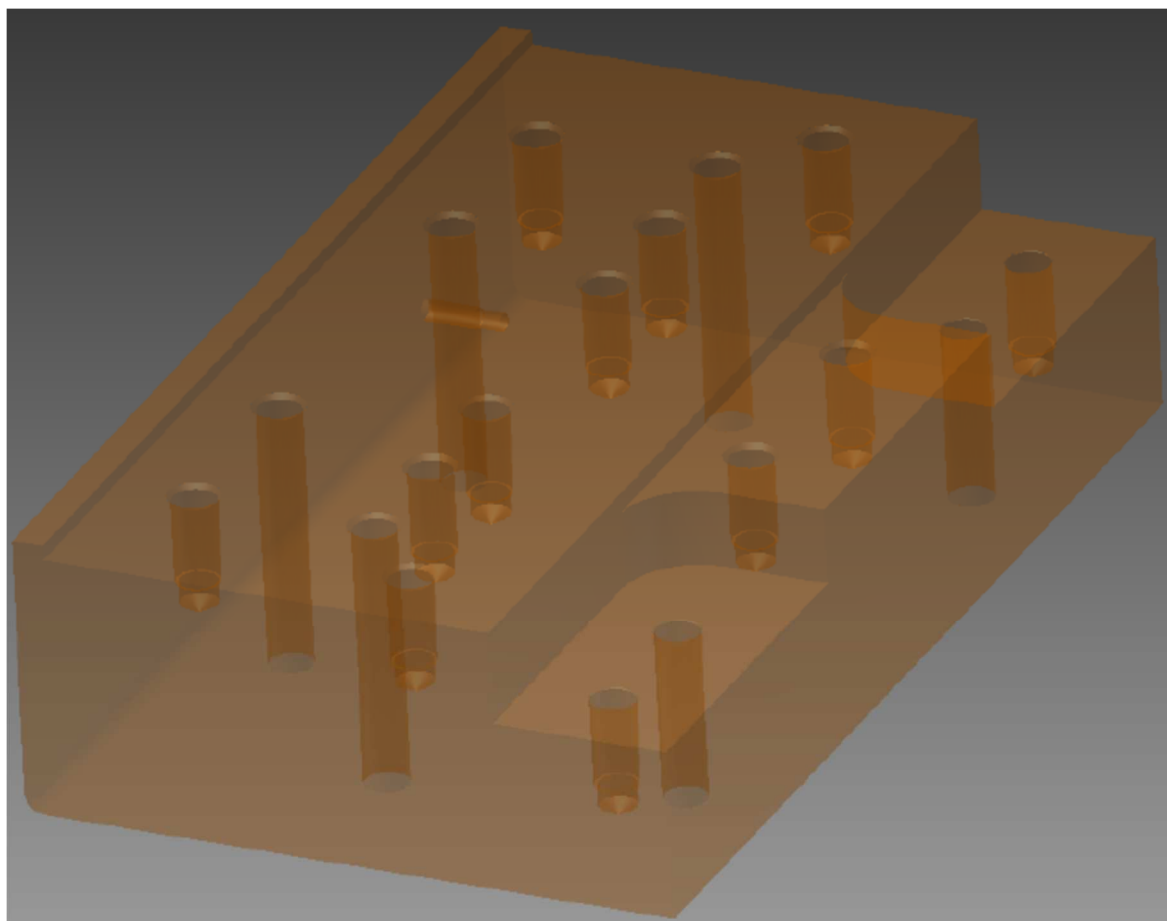


Obr. 1 Hotový výrobek.

1 FORMULACE PROBLEMATIKY – ROZBOR SOUČÁSTI

1.1 Funkčnost

Součást slouží jako základová deska, kterou zákazník montuje do svých finálních výrobků. Závity jsou určeny k připevnění dalších součástí. Bližší informace od zákazníka nejsou známy. Na obrázku 2 je vyobrazen orientační 3D model součásti.



Obr. 2 3D model součásti.

1.2 Kótování

Na výkrese, který je k nahlédnutí v příloze 1, je použito kótování od společné základny. Vhodnost tohoto typu kótování je tehdy, má-li poloha kótovaných prvků funkční nebo technologický vztah k jednomu prvku. Pro úsporu místa bylo použito průběžné uspořádání kót. Z geometrických tolerancí je předepsána tolerance polohy osy všech děr s průměrem tolerančního prostoru $\ominus 0,1$ mm a kolmost několika stěn vůči základnám. Závity jsou normalizované, metrické, M12 a M6. Na výkrese chybí kóta označující rádius R20 ve vybrání dílce [1].

1.3 Použité technologie na součásti

Daná součást je vyráběna postupně technologií frézování a vrtání. Tyto technologie budou dále popsány v kapitolách 1.3.1 a 1.3.2.

1.3.1 Frézování

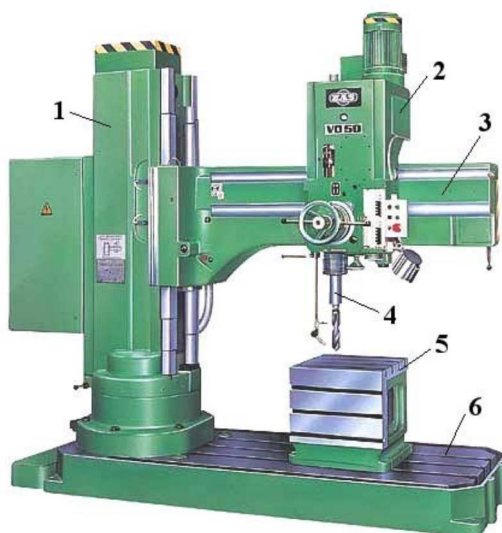
Frézování je metoda obrábění, při které břity rotujícího nástroje odebírají materiál obrobku. Ve většině případů koná posuv obrobek a to převážně ve směru kolmém k ose nástroje. Posuvové pohyby u moderních frézovacích strojů jsou plynule měnitelné a mohou být realizovány ve všech směrech (obráběcí centra, víceosé CNC frézky). Při řezném procesu, který je přerušovaný, odřezává každý zub frézy krátké třísky proměnné tloušťky [2], [3].

V závislosti na aplikovaném nástroji jsou rozlišovány tyto základní typy frézování: frézování válcové (frézování obvodem nástroje) a frézování čelní (frézování čelem nástroje). Od těchto dvou způsobů se odvozují některé další speciální způsoby, jako je frézování okružní a planetové [2], [3].

Hlavní, rotační pohyb u všech druhů frézování koná nástroj, vedlejší, posuvový pohyb je většinou přímočarý a koná ho obrobek. V případě okružního a planetového frézování může být vedlejší pohyb i rotační a konat ho může obrobek nebo nástroj [2], [3].

1.3.2 Vrtání

Na obrázku 3 je pro názornost vyobrazena běžně používaná radiální vrtačka.



Obr. 3 Radiální vrtačka: 1 – stojan, 2 – vřeteník, 3 – rameno, 4 – vřeteno, 5 – upínací kostka, 6 – základová deska [4].

Vrtání je výrobní metoda, která je nezbytná pro zhotovování děr zcela nebo pro zvětšování již předpracovaných děr (předvrtaných, předlitých, předlisovaných, předkovaných, atd.). Hlavní pohyb je rotační a vykonává ho nejčastěji nástroj (vrták), méně obvykle obrobek. Při vrtání je osa vrtáku zpravidla kolmá k obráběné ploše, na které vrták vstupuje do obráběného materiálu. Vedlejší, posuvový pohyb ve směru své osy vykonává vrták [3], [4].

Analogické pohyby nástroje se využívají při vyhrubování, vystružování a zahlubování pro dosažení vyšších kvalitativních parametrů obráběných děr (odchylky jmenovitého průměru, válcovitost, kruhovitost, struktura povrchu). Při zahlubování se provádí úprava tvarů konců děr a ploch k nim přilehlých [3], [4].

Všechny nástroje na díry mají jednu společnou typickou vlastnost. Řezná rychlost se podél hlavního ostří, to znamená ve směru od obvodu nástroje ke středu, zmenšuje (v ose nástroje dosahuje nulovou hodnotu). Za řeznou rychlost se proto obecně považuje obvodová rychlost na jmenovitém (největším) průměru nástroje, kde je tato rychlost maximální [3], [4].

1.4 Materiálový rozbor

- Název materiálu: šedá litina s lupínkovým grafitem.
- Značka: EN-GJL-250.
- Alternativní značka: GG25, ČSN 422425.
- Vlastnosti:
 - velmi dobrá kombinace pevnosti, tvrdosti a struktury,
 - univerzálně použitelný materiál pro strojní součásti,
 - dobře tlumí chvění. Velmi dobrá obrobiteľnosť. Svařitelnost obtížná [5].
- Použití: válce motorů, ozubená kola, lože obráběcích strojů, formy, řemenice.
- Chemické složení:

Tab. 1 Chemické složení [5].

Prvek	Směrné složení [%]
Uhlík	2,95 – 3,45
Křemík	2,10 – 2,90
Mangan	0,55 – 0,75
Síra	0,04 – 0,07
Fosfor	0,10 – 0,20
Ostatní prvky	Zbytkové množství
Železo	Základní prvek

- Tvrdost dle Brinella:
 - 160 - 230 HB (kulička průměr 10 mm, zatížení 3000 kg) v závislosti na velikosti průřezu. Měření tvrdosti se provádí přes celý průřez profilu [5].
- Mikrostruktura:
 - grafit: v jádru profilu lupínkový,
 - struktura: převážně perlitická, max. 30 % feritu (v závislosti na průřezu), max. 5 % cementitu v povrchové vrstvě [5].

2 PODMÍNKY ŘEŠENÍ VE FIRMĚ

2.1 Historie firmy

Historie firmy GENICZECH-M, spol. s r. o. byla zahájena v roce 1993 a to vytvořením firmy GENICZECH-M, spol. s r. o., kde byl spoluzakladatelem zahraniční partner na výrobu strojírenských součástí pro významné elektronické firmy.

Po transformaci zahraničního partnera do jiné zahraniční společnosti došlo k vytvoření nové firmy s dnešním názvem, která úspěšně navázala na činnost předcházející firmy. V poměrně krátké historii firma zaznamenala dva mezníky, které výrazně ovlivnily budoucí vývoj společnosti a tím i jejich hospodářské výsledky.

První mezník byl v roce 1998, kdy došlo k modernizaci výrobní základny, především investováním do nových CNC obráběcích strojů, stabilizaci personálu, a především získání nových obchodních projektů, které umožnily stabilizovat firmu na dlouhé období. Druhý mezník byl rok 2003, kdy byl realizován nákup vlastní výrobní budovy a tím došlo k vytvoření a rozšíření výrobních ploch, což mělo za následek realizaci nového projektu na výrobu speciálních součástí pro zvedací a transportní techniku.

Rok 2005 - 2007 znamená nasazení nových technologií umožňující komplexní výrobu velmi přesných rotačních i skříňových součástí při obrábění v 5ti osách, nasazení měřicího CNC stroje a dále nových technologií, které byly rozvíjeny v součinnost s nákupem softwarového vybavení pro konstrukci a programování CAD-CAM .

V roce 2011 firma zahájila implementaci nového informačního systému a nakoupila nové strojní zařízení s využitím progresivní technologie obrábění. Tím upevnila svou pozici u odběratelských firem z hlediska kvality a dodacích termínů [6].

2.2 Strojní výroba

Firma má široký sortiment vyráběných součástí od obráběných přes svařované až po montované. Firma se zaměřuje výhradně na zakázkovou výrobu. Typická výroba strojních dílů této firmy je zachycena na obrázcích 4, 5 a 6.



Obr. 4 Obráběný dílec [6].



Obr. 5 Svařenec [6].



Obr. 6 Montovaný dílec [6].

2.3 Strojové vybavení

CNC stroje pro obrábění ploch a skříňových součástí (ve 3,4 i 5 osách)

Obrábění rotačních součástí

Měřicí stroje

Konvenční stroje

2.4 Obecný postup při obdržení zakázky

- obdržení objednávky – jelikož firma nemá vlastní konstrukci, většinou preferuje zakázkovou výrobu
- schválení termínů – jestliže zákazník nepožaduje konkrétní termín dodání, navrhne termín výrobce
- cena – technolog propočítá náročnost a navrhne cenu
- schválení a zapsání zakázky

- postup – technolog vytvoří technologický postup pro výrobu
- materiál – zjistí se, jestli na skladě je odpovídající materiál, v opačném případě se materiál objedná
- sklad – zakázka pokračuje do skladu, kde se nařezou polotovary
- plánovač – roznese dokumentaci operátorům
- proces výroby – náhled do prostor výroby možný na obr. 7
- kontrola
- expedice



Obr. 7 Pohled do prostor haly [6].

3 STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY

Stávající technologie výroby se realizuje ve dvou krocích na dvou strojích. Jedná se o konzolovou frézku FGSH 50 a vertikální obráběcí centrum MCFV 1050. V přílohách 2 a 3 jsou k nahlédnutí ukázky technologického postupu a nástrojového listu používané pro stávající technologii pro stroj MCFV 1050.

3.1 Použité stroje a jejich parametry

Konzolová frézka FGSH 50

Tento stroj je ve firmě v provozu už několik let. Dokumentace se nedochovala. Informace jsou použity z všeobecných zdrojů.

Výrobce: TOS Kuřim.

Název: frézka konzolová univerzální.

Tab. 2 Parametry stroje FGSH 50.

Upínací rozměr stolu (š × d):	630 × 1800 mm
Maximální hmotnost obrobku:	1200 kg
Pracovní zdvih:	podélný, příčný, svislý 1400 × 630 × 500 mm
Kuželová dutina ve vřetenu:	ISO 50
Rozsah otáček:	16 stupňů, 45–1400 min ⁻¹
Pracovní posuvy:	16 stupňů - podélné, příčné 10–1800 mm·min ⁻¹ , svislé 2,5 - 450 mm·min ⁻¹
Rychloposuv:	podélný, příčný - svislý 4000–1000 mm·min ⁻¹
Elektromotor vřetena:	výkon 15 kW
Rozměry stroje (d × š × v):	3060 × 3170 × 2200 mm
Hmotnost stroje včetně elektrorozvaděče:	6700 kg

Vertikální obráběcí centrum MCFV 1050

Výrobce: TAJMAC-ZPS, a.s.

Název: vertikální obráběcí centrum.

Obráběcí centrum MCFV 1050, které můžete vidět na obrázku 8, je představitelem klasického vertikálního frézovacího centra s moderně řešenou konstrukcí s lineárními vedeními ve všech osách a digitálními pohony posuvů. Je vybaveno třemi na sebe kolmými, souvisle řízenými osami. Stroj může být osazen řídicím systémem FANUC a pohony Fanuc, nebo řídicími systémy SINUMERIK nebo HEIDENHAIN s motory Siemens [7].



Obr. 8 Vertikální obráběcí centrum MCFV 1050 [7].

Tab. 3 Stručný přehled parametrů stroje MCFV 1050 (kompletní informace jsou obsaženy v příloze 4) [7].

Pojezdy	
Osa X	1020 mm
Osa Y	510 mm
Osa Z	525 mm
Rychloposuv	25 m·min ⁻¹
Stůl	
Pracovní plocha	1200 × 510 mm
Maximální zatížení	700 kg
Vřeteno	
Upínací kužel	ISO 40
Maximální otáčky	10 000 min ⁻¹
Zásobník nástrojů	
Počet míst v zásobníku	20
Čas výměny nástroje	6 s
Maximální hmotnost nástroje	8 kg
Řídicí systém	
	HEIDENHAIN
Příkon	
	20 kW

3.2 Použité nástroje a použité řezné podmínky

Tab. 4 Použité nástroje a použité řezné podmínky na FGSH 50 [8], [9], [10].

Pořadí	Nástroj	Použitá posuvová rychlost v_f [mm·min ⁻¹]	Použité otáčky n [min ⁻¹]
1	Fréza nástrčná d=200	315/630	355
2	Fréza čtvrtkruhová vydutá HSS, R5	315	355

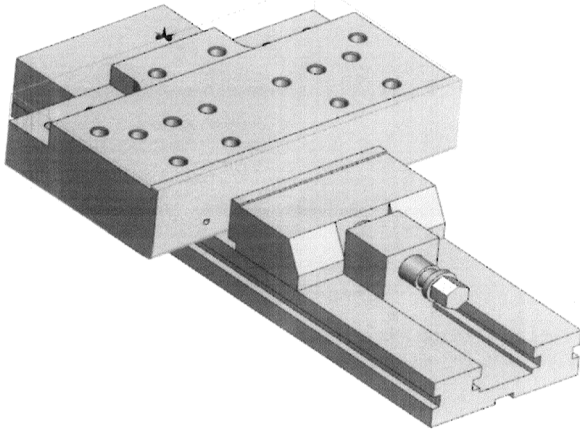
Tab. 5 Použité nástroje a použité řezné podmínky na MCFV 1050.

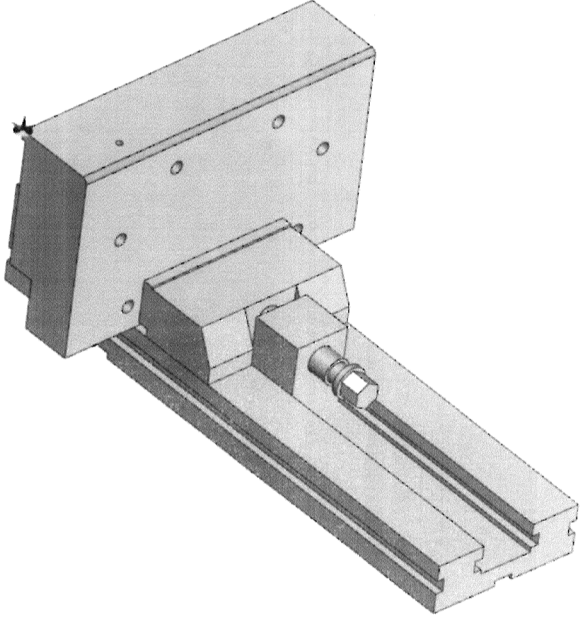
Pořadí	Nástroj	Použitá posuvová rychlost v_f [$\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$]	Použité otáčky n [min^{-1}]
1	Fréza nástrčná $d=80$	800	800
2	Fréza nástrčná $d=50$	600	1150
3	Fréza stopková SK $d=20\times 30$ hrubovací	600	2100
4	Fréza stopková SK $d=20\times 30$ dokončovací	900	2500
5	Vrták SK $d=10,3\times 50$ s vnitřním chlazením	520	2700
6	Fréza na srážení hran $d=10/22$	800	4000
7	Středicí vrták $d=16$	120	900
8	Vrták $d=10,3\times 87$	105	800
9	Závitník M12, typ pro slepé díry	437,5	250
10	Závitník M12, typ pro průchozí díry, prodloužený	437,5	250
11	Vrták SK $d=5,1\times 30$ s vnitřním chlazením	420	5300
12	Středicí vrták $d=10$	120	1200
13	Závitník M6, typ pro slepé díry	320	320

3.3 Postup výroby dílce „základová deska“

Tab. 6 Postup výroby dílce [11].

Číslo operace	Stroj	Úsek	Pracoviště	Popis
0/0			Sklad	Vychystání materiálu (EN-GJL-250). Přířez na $190\times 320\times 81$.

1/1	Konvenční frézka	1	Dílna	Fréza nástrčná d=200, zhotovit základní rozměr 180×303×77 (6 upnutí).
		2	Dílna	Fréza čtvrtkruhová, zhotovit rádius R5 (1 upnutí).
2/2			Dílna	Odjehlit ostré hrany, obrousit otřepty.
3/3	MCFV 1050		Dílna	Výroba dílce podle programu 590.002.747.
		1		Upnout do svěráku za základnu 180×303. 
		2		Fréza nástrčná d=80, hrubovat osazení 171,5 s přídávkem 0,15 na boční stěně do hloubky 4. Dále hrubovat osazení 48 s přídávkem 0,15 na boční stěně do hloubky 5.
		3		Fréza nástrčná d=50, hrubovat vybrání 48 s přídávkem 0,15 na boční stěně do hloubky 26.
		4		Fréza stopková d=20 hrubovací, hrubovat rádius R20 s přídávkem 0,15.
		5		Fréza stopková d=20 dokončovací, dokončit boční stěnu vybrání 171,5 do hloubky 4, boční stěnu vybrání 48 do hloubky 5 a boční stěny vybrání 48 do hloubky 26.
		6		Vrták d=10,3, vyvrtat díry pod závity.
		7		Fréza d=10/22, odjehlit dílec.
		8		Středicí vrták d=16, srazit hrany u všech děr.
9		Vrták d=10,3, dovtat průchozí díry.		

		10		Závitník M12, vyřezat všechny neprůchozí závity.
		11		Závitník M12 prodloužený, vyřezat všechny průchozí závity.
4/4	MCFV 1050		Dílna	Výroba dílce podle programu 590.002.747.
		1		Upnout do svěráku za bok 303×73. 
		2		Vrták d=5,1, předvrtat boční díru pod závit.
		3		Středicí vrták d=10, srazit hranu pod závit.
		4		Závitník M6, vyřezat závit M6.
5/5			Dílna	Odjehlřit hrany.
6/6	Technická pračka		Dílna	Vyčistit, odmastit.
7/7			Dílna	Kontrola: <ul style="list-style-type: none"> - vzhled, 100 %, - osazení 171,5×4, 20 %, - osazení 48×5, 20% - závit 18×M12, 30 %, - závit 1×M6, 30 %, - kolmost 0,1 k základnám A a B, 20 %, - poloha os děr Ø 0,1, 20 %.
8/8			Expedice	Konzervovat, balit, uložit do bedny.

Pozn.: všechny rozměry jsou dle zvyklostí firmy vyráběny na střed tolerance.

3.4 Zhodnocení stávající výroby

Stávající technologie:

- malá produktivita,
- poloautomatizovaná výroba,
- velký počet upnutí (9 upnutí).

Předběžný návrh nové technologie:

- nové progresivní nástroje – frézy a vrtáky,
- kompletní přesun výroby na obráběcí centrum – snížení počtu upnutí a snížení celkových časů.

Stávající technologie je především časově náročná. Odhaduji, že největší časové ztráty budou ve vrtání průchozích děr. Řezné podmínky prodlouženého vrtáku jsou velmi špatné, a proto by se tady dalo použitím progresivních nástrojů ušetřit hodně času. Co se týče stroje MCFV 1050, je to moderní stroj, ale přesto má určité nedostatky. Mezi ně patří umístění zásobníku nástrojů v pracovním prostoru – dochází k zanášení nečistot (třísky) na upínací kužely a operátor musí nástroje průběžně čistit, dále pak nepromyšlený zásobník na použitou procesní kapalinu, kde chybí sítko proti třískám – kapalina je zanášena. Tyto konstrukční nedostatky byly u novější verze typu MCFV 1060, kterou má výrobce TAJMAC-ZPS, a.s. ve své nabídce, odstraněny.

Zde na obrázku 9 je možno vidět 1. krok výroby (operace číslo 1/1, úsek 1), výroba na konvenční frézce. Konkrétně se jedná o frézování čela nástrčnou čelní frézou o průměru 200 mm.



Obr. 9 Ukázka frézování na konvenční frézce.

4 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE VÝROBY

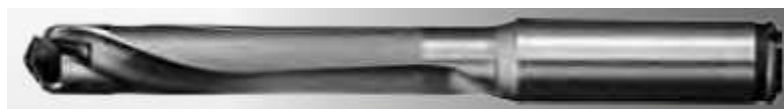
Hlavní bod návrhu nové technologie výroby spočívá v tom, že celá výroba bude realizována na jednom strojním zařízení a původních 15 řezných nástrojů se zredukuje pouze na 11. Návrh nové technologie výroby se skládá ze 4 jednotlivých kroků:

- a) Přesun celé výroby dílce na obráběcí centrum MCFV 1050, kde by proběhl kompletní proces frézování a následně vrtání a vynechání konvenční frézky. Tím by se zmenšily vedlejší časy vzniklé manipulací s obrobkem a také počet upnutí obrobku z 9 na 3. Dá se předpokládat, že celkový čas obrábění by se měl také snížit.
- b) Vynechání nástrčné frézy $d=50$ mm a nahrazení její funkce stopkovou frézou $d=20$ mm, která je v procesu obrábění nezbytná při frézování boků. To znamená úspora jednoho nástroje, ale zároveň mírné prodloužení času obrábění.
- c) Pořízení nového výkonného korunkového vrtáku $d=10,3$ mm, který je schopný vrtat hluboké otvory až do hloubek, které činí osminásobek průměru vrtáku. Tento krok by umožnil vrtat všechny čelní otvory jedním nástrojem, tím by se odstranil čas na výměnu jednoho nástroje. Hlavní úspora času by ale vznikla při vrtání průchozích hlubokých děr, protože u tohoto vrtáku můžeme použít podstatně vyšší otáčky i posuvovou rychlost než u klasického vrtáku. Náklady na pořízení jsou vysoké, avšak předpokládá se, že se to vyplatí.
- d) Vynechání středicího vrtáku $d=16$ mm a nahrazení jeho funkce frézou na srážení hran $d=10/22$ mm. Ta by po odjehlení dílce navíc srazila hrany pod závity. Vznikla by tak další finanční úspora.

4.1 Nové nástroje a řezné podmínky

Po zvážení všech okolností byly z katalogů výrobců (možnost náhledu v příloze 5 a 6), které firma Geniczech-M, spol. s r.o. upřednostňuje, vybrány tyto nové nástroje (nástroje vybírány i s ohledem na další jiné využití v budoucnosti):

- výrobce KYOCERA:
 - korunkový vrták $d=10-10,49$, typ SS12-DRC100M-8, viz obr. 10 – díky své tuhosti a vnitřnímu chlazení je vhodný pro hluboké díry,
 - korunka $d=10,3$, typ DC1030M-SC, viz obr. 11.



Obr. 10 Korunkový vrták [12].



Obr. 11 Korunka [12].

Tab. 7 Přehled nástrojů a řezných podmínek u nové technologie výroby [8], [9], [10], [12].

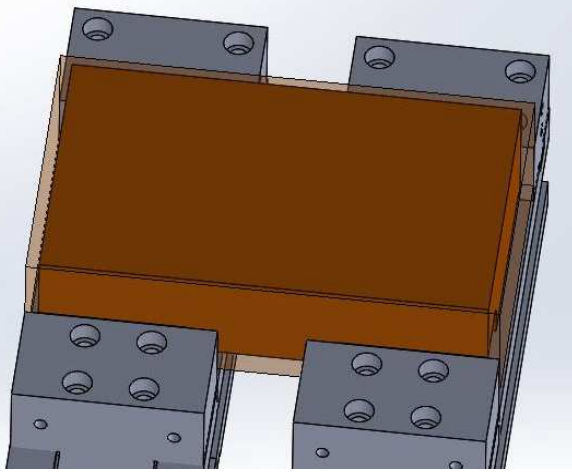
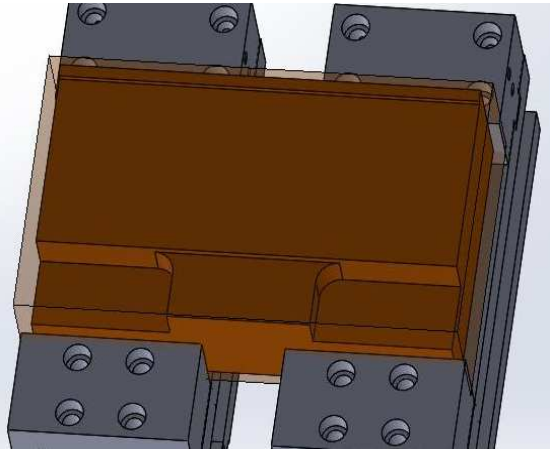
Pořadí	Nástroj	Použitá posuvová rychlost v_f [mm·min ⁻¹]	Použité otáčky n [min ⁻¹]
1	Fréza nástrčná d=80 s VBD	600	1150
2	Fréza stopková SK d=20×30 hrubovací	600	2100
3	Fréza stopková SK d=20×30 dokončovací	900	2500
4	Fréza čtvrtkruhová vydutá HSS, R5	150	800
5	Korunkový vrták d=10,3×84	450	2800
6	Fréza na srážení hran d=10/22	800	4000
7	Závitník M12, typ pro slepé díry	437,5	250
8	Závitník M12, typ pro průchozí díry, prodloužený	437,5	250
9	Vrták SK d=5,1×30 s vnitřním chlazením	420	5300
10	Sředicí vrták d=10	120	1200
11	Závitník M6, typ pro slepé díry	320	320

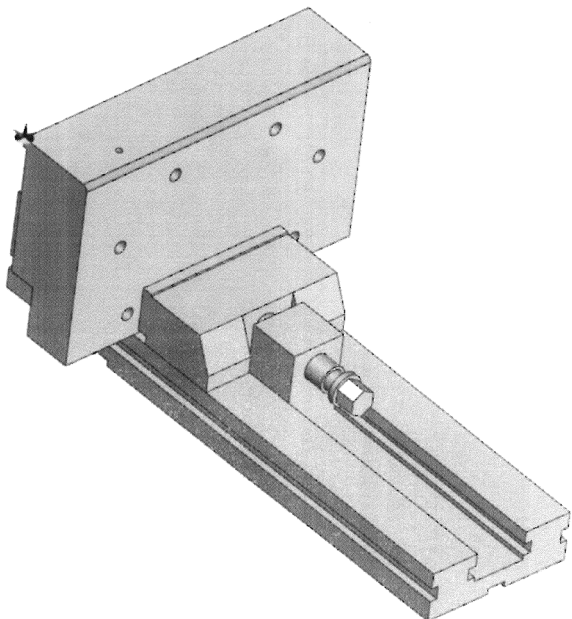
4.2 Nový výrobní postup

Nový výrobní postup zahrnuje použití výše uvedených nových nástrojů a nepočítá s výrobou na konvenční frézce FGSH 50. To by se mělo projevit snížením celkového času a zvýšením produktivity. Celá výroba by se uskutečnila na jednom pracovišti (obr. 12).

Tab. 8 Nový výrobní postup [11].

Číslo operace	Stroj	Úsek	Pracoviště	Popis
0/0			Sklad	Vychystání materiálu (EN-GJL-250). Přířez na 190×320×81.
1/1	MCFV 1050		Dílna	Výroba dílce podle programu 590.002.748.
		1		Upnout do svěráku za horní stranu 180×303.

				
		2		Fréza nástrčná d=80, frézovat čelo do hloubky 2.
		3		Fréza stopková d=20 hrubovací, hrubovat boky s úběrem 8,5 a 5 s přídavky 0,15 na obou stěnách.
		4		Fréza stopková d=20 dokončovací, dokončit boky.
		5		Fréza čtvrtkruhová, frézovat rádius R5.
		6		Fréza d=10/22, odjehlit dílec.
2/2	MCFV 1050		Dílna	Výroba dílce podle programu 590.002.748.
		1		Upnout do svěráku za základnu 180×303. 
		2		Fréza stopková d=20 hrubovací, hrubovat boky s úběrem 8,5 a 5, s přídavky 0,15 na obou stěnách.

	3		Fréza stopková d=20 hrubovací, hrubovat vybrání 48 s přídkem 0,15 na bočních stěnách do hloubky 32.
	4		Fréza stopková d=20 dokončovací, dokončit boky dílce a boční stěny vybrání 48.
	5		Fréza nástrčná d=80, frézovat čelo vybrání 48 do hloubky 11, dále osazení do hloubky 2 a nakonec vybrání 171,5 do hloubky 6.
	6		Korunkový vrták d=10,3, vyvrtat všechny díry pod závity.
	7		Fréza d=10/22, odjehlit dílec a srazit hrany pod závity.
	8		Závitník M12, vyřezat všechny neprůchozí závity.
	9		Závitník M12 prodloužený, vyřezat všechny průchozí závity.
	3/3	Dílna	Výroba dílce podle programu 590.002.748.
	1		Upnout do svěráku za bok 73×303.
			
2		Vrták d=5,1, předvrtat boční díru pod závit.	
3		Středicí vrták d=10, srazit hranu pod závit.	

		4		Závitník M6, vyřezat závit M6.
4/4			Dílna	Odjehlit hrany.
5/5	Technická pračka		Dílna	Vyčistit, odmastit.
6/6			Dílna	Kontrola: <ul style="list-style-type: none"> - vzhled, 100 %, - osazení 171,5×4, 20 %, - osazení 48×5, 20% - závit 18×M12, 30 %, - závit 1×M6, 30 %, - kolmost 0,1 k základnám A a B, 20 %, - poloha os děr Ø 0,1, 20 %.
7/7			Expedice	Konzervovat, balit, uložit do bedny.

Pozn.: všechny rozměry jsou dle zvyklostí firmy vyráběny na střed tolerance.



Obr. 12 Ukázka pracoviště se strojem MCFV 1050.

5 UPRAVENÝ NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE VÝROBY DLE POŽADAVKU FIRMY

Z navrhovaných kroků v kapitole 4, vedoucích k úpravě technologie, byly na základě rozhodnutí ředitele realizovány pouze kroky c, d jako kompromis mezi starou a novou technologií. Krok b byl z technologie vynechán z důvodu, že firma již zmíněný typ frézy vlastní a tím pádem ji chtěla využít, jelikož stačí koupit pouze nové VBD. Krok a nebyl realizován z důvodu, že firma má pro stroj MCFV 1050 dostatek práce a stroj je v současné době plně vytížen.

Upravená nová technologie je principiálně bližší původní technologii s tím rozdílem, že byl upraven nástrojový list pro obráběcí centrum (místo 2 původních vrtáků byl použit 1 korunkový vrták a byl vynechán středicí vrták $d=16$ mm). Nástrojový list pro konvenční frézku je totožný s původní technologií (viz tab. 4).

Tato část výroby je doložena fotografickou dokumentací v přílohách 7–11, kde je možné vidět pracoviště, části stroje (zásobník nástrojů, ovládací panel), samotný proces výroby a hotovou sadu výrobků.

Tab. 9 Upravený nástrojový list pro MCFV 1050 [8], [9], [10], [12].

Pořadí	Nástroj	Použitá posuvová rychlost v_f [$\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$]	Použité otáčky n [min^{-1}]
1	Fréza nástrčná $d=80$	800	800
2	Fréza nástrčná $d=50$	600	1150
3	Fréza stopková SK $d=20\times 30$ hrubovací	600	2100
4	Fréza stopková SK $d=20\times 30$ dokončovací	900	2500
5	Korunkový vrták $d=10,3\times 84$	450	2800
6	Fréza na srážení hran $d=10/22$	800	4000
7	Závitník M12, typ pro slepé díry	437,5	250
8	Závitník M12, typ pro průchozí díry, prodloužený	437,5	250
9	Vrták SK $d=5,1\times 30$ s vnitřním chlazením	420	5300
10	Středicí vrták $d=10$	120	1200
11	Závitník M6, typ pro slepé díry	320	320

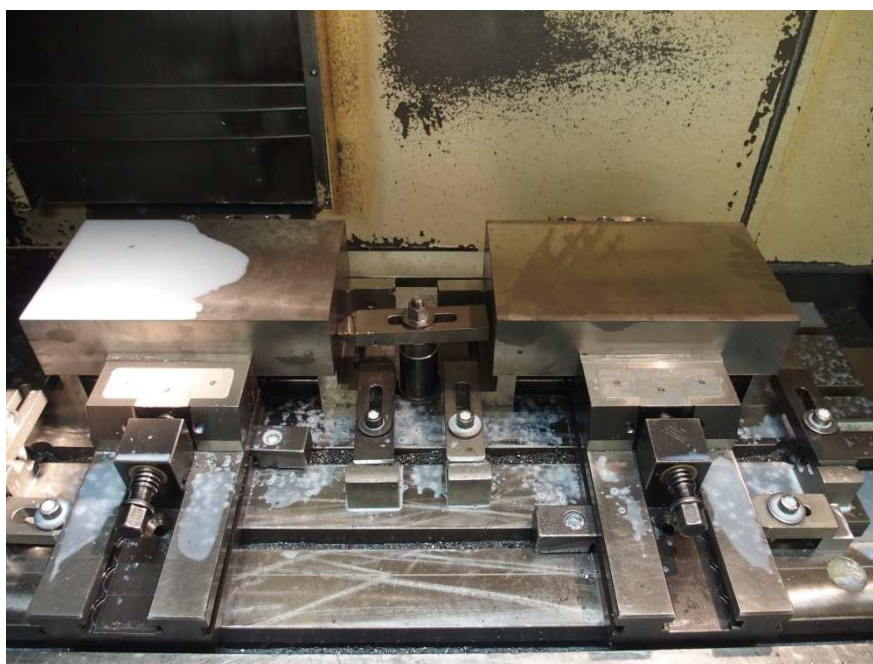
Tab. 10 Upravený výrobní postup [11].

Číslo operace	Stroj	Úsek	Pracoviště	Popis
0/0			Sklad	Vychystání materiálu (EN-GJL-250). Přířez na 190×320×81.
1/1	Konvenční frézka	1	Dílna	Fréza nástrčná d=200, zhotovit základní rozměr 180×303×77 (6 upnutí).
		2	Dílna	Fréza čtvrtkruhová, zhotovit rádius R5 (1 upnutí).
2/2			Dílna	Odjehlit ostré hrany, obrousit otěpy.
3/3	MCFV 1050		Dílna	Výroba dílce podle programu 590.002.749.
		1		Upnout do svěráku za základnu 180×303.
		2		Fréza nástrčná d=80, hrubovat osazení 171,5 s přídavkem 0,15 na boční stěně do hloubky 4. Dále hrubovat osazení 48 s přídavkem 0,15 na boční stěně do hloubky 5.
		3		Fréza nástrčná d=50, hrubovat vybrání 48 s přídavkem 0,15 na boční stěně do hloubky 26.
		4		Fréza stopková d=20 hrubovací, hrubovat rádius R20 s přídavkem 0,15.
		5		Fréza stopková d=20 dokončovací, dokončit boční stěnu vybrání 171,5 do hloubky 4, boční stěnu vybrání 48 do hloubky 5 a boční stěny vybrání 48 do hloubky 26.
		6		Korunkový vrták d=10,3, vyvrtat všechny díry pod závity.
		7		Fréza d=10/22, odjehlit dílec a srazit hrany pod závity.
		10		Závitník M12, vyřezat všechny neprůchozí závity.
		11		Závitník M12 prodloužený, vyřezat všechny průchozí závity.

4/4	MCFV 1050		Dílna	Výroba dílce podle programu 590.002.749.
		1		Upnout do svěráku za bok 303×73.
		2		Vrták d=5,1, předvrtat boční díru pod závit.
		3		Středicí vrták d=10, srazit hranu pod závit.
		4		Závitník M6, vyřezat závit M6.
5/5			Dílna	Odjehlit hrany.
6/6	Technická pračka		Dílna	Vyčistit, odmastit.
7/7			Dílna	Kontrola – viz tab. 6.
8/8			Expedice	Konzervovat, balit, uložit do bedny.

Pozn.: tab. 10 vychází z tab. 6, obrazové přílohy byly vynechány.

Navíc oproti navrhované nové technologii firma uplatnila jednu metodu (inovaci) navíc. Místo 1 součásti se do svěráků upnou 2 polotovary vedle sebe a tudíž se budou vyrábět 2 součásti najednou. To znamená, že nástroj bude dělat jednu operaci na prvním polotovaru, poté přejede vedle a bude dělat stejnou operaci na druhém polotovaru. Tím se ušetří určitý čas, což je pak zahrnuto v přehledu celkových časů v kapitole 6. Výhodné je to hlavně z pohledu operátora, který spustí program a nemusí stroj delší dobu obsluhovat a vyměňovat obrobky. Uchycení dvou obrobků vedle sebe je zachyceno na obr. 13.



Obr. 13 Uchycení obrobků ve svěracích.

6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ

Technicko-ekonomické porovnání vychází ze všech 3 variant (původní, nová a upravená nová technologie). Je uvažována výrobní dávka 100 kusů, což vychází z reálné praxe za rok 2014. Veškeré výpočty jsou prováděny podle interních směrnic firmy.

Původní technologie:

- počet upnutí obrobku: 7 + 2,
- počet použitých nástrojů: 2 (konvenční frézka) + 13 (obráběcí centrum),
- počet použitých strojů: 2,
- celkový čas výroby: **101,8** min (52,5 min – konvenční frézka + 49,3 min – CNC + určitý čas strávený převozem mezi stroji).

Nová technologie:

- počet upnutí obrobku: 3,
- počet použitých nástrojů: 11 (obráběcí centrum),
- počet použitých strojů: 1,
- celkový čas výroby: **69,1** min (CNC).

Pozn.: u nové technologie byly strojní časy určeny na základě simulace pomocí programu Edgcam (CAM systém umožňující programování soustružnických, frézovacích a soustružnicko-frézovacích strojů), jehož licenci firma vlastní a konzultací s operátorem přímo v podmínkách firmy.

Upravená nová technologie:

- počet upnutí obrobku: 7 + 2,
- počet použitých nástrojů: 2 (konvenční frézka) + 11 (obráběcí centrum),
- počet použitých strojů: 2,
- celkový čas výroby: **90,8** min (52,5 min – konvenční frézka + 38,3 min – CNC + určitý čas strávený převozem mezi stroji).

Podrobnější rozpis časů u jednotlivých technologií je uveden v tabulce 18.

Tab. 11 Cena použitého materiálu.

Materiál	Cena za kus bez DPH	Cena za 100 ks bez DPH
1 kus materiálu GG25 o rozměrech 190×320×81	1370,03 Kč	137003,00 Kč

Tab. 12 Výrobní (fixní) náklady (provoz stroje, režie, mzda operátora, odvody, náklady na přípravek nebo programování u první dávky, zisk).

Typ stroje	Cena za 1 hodinu provozu v Kč bez DPH
Obráběcí centrum	1000
Konvenční frézka	600

Výrobní (fixní) náklady přepočtené na čas výroby 1 kusu v pořadí původní, nová a upravená nová technologie [13]:

$$N_{FP} = \left(\frac{600 \text{ Kč}}{60 \text{ min}} \cdot 52,5 \text{ min} \right) + \left(\frac{1000 \text{ Kč}}{60 \text{ min}} \cdot 49,3 \text{ min} \right) = 1347 \text{ Kč}$$

$$N_{FN} = \left(\frac{1000 \text{ Kč}}{60 \text{ min}} \cdot 69,1 \text{ min} \right) = 1152 \text{ Kč}$$

$$N_{FU} = \left(\frac{600 \text{ Kč}}{60 \text{ min}} \cdot 52,5 \text{ min} \right) + \left(\frac{1000 \text{ Kč}}{60 \text{ min}} \cdot 38,3 \text{ min} \right) = 1163 \text{ Kč}$$

Tab. 13 Přehled výrobních nákladů přepočtených na čas výroby 1 kusu.

Typ technologie	Výrobní náklady v Kč bez DPH
Původní technologie	1347
Nová technologie	1152
Upravená nová technologie	1163

Tab. 14 Přehled nákladů na řezné nástroje u původní technologie výroby.

Nástroj	Cena v Kč bez DPH
Fréza nástrčná d=200, 10 VBD	13990
30 ks VBD	$140 \times 30 = 4200$
Fréza čtvrtkruhová vydutá HSS, R5	1160
Fréza nástrčná d=80, 9 VBD	9572
27 ks VBD	$140 \times 27 = 3780$
Fréza nástrčná d=50, 5 VBD	6558
10 ks VBD	$140 \times 10 = 1400$

Fréza stopková SK d=20×30 hrubovací	2812
Fréza stopková SK d=20×30 dokončovací	2595
Vrták SK d=10,3×50 s vnitřním chlazením	1668
Fréza na srážení hran d=10/22	2511
Středicí vrták d=16	672
Vrták d=10,3×87	195
Závitník M12, typ pro slepé díry	730
Závitník M12, typ pro průchozí díry, prodloužený	2245
Vrták SK d=5,1×30 s vnitřním chlazením	2354
Středicí vrták d=10	247
Závitník M6, typ pro slepé díry	312
Celkem	57001

Tab. 15 Přehled nákladů na řezné nástroje u nové technologie výroby.

Nástroj	Cena v Kč bez DPH
Fréza nástrčná d=80, 9 VBD	9572
36 ks VBD	$140 \times 36 = 5040$
Fréza stopková SK d=20×30 hrubovací × 6	$2812 \times 6 = 16872$
Fréza stopková SK d=20×30 dokončovací x 3	$2595 \times 3 = 7785$
Fréza čtvrtkruhová vydutá HSS, R5	1160
Korunkový vrták d=10,3×84	9200
Korunka d=10,3	2070
Fréza na srážení hran d=10/22	2511
Závitník M12, typ pro slepé díry	730
Závitník M12, typ pro průchozí díry, prodloužený	2245
Vrták SK d=5,1×30 s vnitřním chlazením	2354

Středicí vrták d=10	247
Závitník M6, typ pro slepé díry	312
Celkem	60098

Pozn.: počet potřebných nástrojů a výměnných břitových destiček byl konzultován s prodejcem nástrojů firmy TGS, spol. s r. o. a s operátorem daného stroje. Následně byl počet kusů odhadnut a uveden v tabulce 15.

Tab. 16 Přehled nákladů na řezné nástroje u upravené nové technologie výroby.

Nástroj	Cena v Kč bez DPH
Fréza nástrčná d=200, 10 VBD	13990
30 ks VBD	$140 \times 30 = 4200$
Fréza čtvrtkruhová vydutá HSS, R5	1160
Fréza nástrčná d=80, 9 VBD	9572
27 ks VBD	$140 \times 27 = 3780$
Fréza nástrčná d=50, 5 VBD	6558
10 ks VBD	$140 \times 10 = 1400$
Fréza stopková SK d=20×30 hrubovací	2812
Fréza stopková SK d=20×30 dokončovací	2595
Korunkový vrták d=10,3×84	9200
Korunka d=10,3	2070
Fréza na srážení hran d=10/22	2511
Závitník M12, typ pro slepé díry	730
Závitník M12, typ pro průchozí díry, prodloužený	2245
Vrták SK d=5,1×30 s vnitřním chlazením	2354
Středicí vrták d=10	247
Závitník M6, typ pro slepé díry	312
Celkem	65736

Tab. 17 Celkové náklady na jednotlivé technologie při 100 kusech.

Typ technologie	Celkové vynaložené náklady v Kč bez DPH
Původní technologie	328704
Nová technologie	312301
Upravená nová technologie	319039

6.1 Rekapitulace jednotlivých nákladů a podrobný rozpis časů

V souvislosti s novou technologií došlo k úsporám téměř ve všech směrech s výjimkou nákladů na řezné nástroje. V oblasti výrobních nákladů došlo k úspoře 195 Kč na jeden kus. Co se týká řezných nástrojů, byly pořizovací náklady navýšeny z původních 57001 Kč na 60098 Kč, tzn. navýšení o 3097 Kč. Výrobní čas se snížil o 32,7 minut. Celkové vynaložené náklady na 100 kusů u nové technologie byly pak sníženy z 328704 Kč na 312301 Kč. To činí úsporu 16403 Kč, což je 5 % při výrobní dávce 100 kusů.

Co se týče upravené nové technologie, nebyly úspory tak značné, ale přesto nebyly zanedbatelné. Došlo sice k většímu navýšení pořizovací ceny nástrojů o 8735 Kč, ale celkový čas se snížil o 11 minut a to se ve výsledku vyplatilo. Celkové vynaložené náklady na 100 kusů u upravené nové technologie činí 319039 Kč namísto původních 328704 Kč. V porovnání s původní technologií je to úspora 9665 Kč na 100 kusech, tzn. 3 %.

Výpočet jednotlivých časů (časy uvedeny nad tab. 11):

Původní technologie:

- konvenční frézka
 - celkový čas výroby: 52,5 min
- obráběcí centrum
 - čistý čas obrábění: 37,1 min
 - vedlejší čas: 5,2 min
 - výměna VBD (v průměru na 1 ks): 1,8 min
 - celkový čas výroby:

$$t_{CP} = 52,5 \text{ min} + 37,1 \text{ min} + 5,2 \text{ min} \cdot 2 \text{ upnutí} + 1,8 \text{ min} = 101,8 \text{ min}$$

Nová technologie:

- obráběcí centrum
 - čistý čas obrábění: 51,6 min
 - vedlejší čas: 5,2 min
 - výměna VBD (v průměru na 1 ks): 1,87 min

- celkový čas výroby:

$$t_{CN} = 51,6 \text{ min} + 5,2 \text{ min} \cdot 3 \text{ upnutí} + 1,87 \text{ min} = 69,1 \text{ min}$$

Upravená nová technologie:

- konvenční frézka
 - celkový čas výroby: 52,5 min
- obráběcí centrum
 - čistý čas obrábění 1 obrobku: 27,3 min
 - vedlejší čas na 1 obrobek: 4,6 min
 - výměna VBD (v průměru na 1 ks): 1,8 min
 - celkový čas výroby 1 kusu:

$$t_{CUN} = 52,5 \text{ min} + 27,3 \text{ min} + 4,6 \text{ min} \cdot 2 \text{ upnutí} + 1,8 \text{ min} = 90,8 \text{ min}$$

Pozn.: z důvodu průběhu výroby nebylo možné přesněji zjistit hlavní a vedlejší časy výroby na konvenční frézce, proto byl v tomto případě uveden pouze čas celkový.

Tab. 18 Přehled jednotlivých časů.

Původní technologie			
	Hlavní časy	Vedlejší časy	Celkový čas výroby
Konvenční frézka	-	-	52,5 min
Obráběcí centrum	37,1 min	12,2 min	49,3 min
Nová technologie			
	Hlavní časy	Vedlejší časy	Celkový čas výroby
Obráběcí centrum	51,6 min	17,5 min	69,1 min
Upravená nová technologie			
	Hlavní časy	Vedlejší časy	Celkový čas výroby
Konvenční frézka	-	-	52,5 min
Obráběcí centrum	27,3 min	11 min	38,3 min

7 DISKUZE

7.1 Zhodnocení z hlediska autora

Z hlediska autora jako jednotlivce, který nemusí brát ohled na potřeby firmy, bylo novou technologií dosaženo úspory 5 %. Je však jasné, že kdyby se návrh nové technologie dělal pouze pro potřeby firmy, technicko-ekonomické porovnání v případě původní a nové technologie by se částečně lišilo (viz kapitola 7.2). Naopak výsledky technicko-ekonomického porovnání v případě původní a upravené nové technologie jsou vypovídající i pro firmu, protože zde se prováděly změny pouze v nástrojích (vrtáky), které nemají takovou životnost jako frézy a nakupují se pro danou zakázku.

7.2 Zhodnocení z pohledu firmy

Z pohledu firmy byla aplikována upravená nová technologie, která přinesla úsporu 3 %, což je o 2 % méně oproti nové technologii. Reálně ale může být tato technologie pro firmu stejně výhodná nebo výhodnější jako nová technologie, protože odebrání některých nástrojů (fréza nástrčná d=200 mm používaná na konvenční frézce a fréza nástrčná d=50 mm používaná na obráběcím centru) u nové technologie by pro firmu úsporu neznamenovalo, jelikož už tyto nástroje vlastní a stačí jí pořídit pouze nové VBD.

7.3 Posouzení v návaznosti na další vývoj

Technologické inovace navržené v kapitole 5 mohou být dále aplikovány i v budoucnosti u dalších zakázek. Například použití korunkového vrtáku je univerzální a jeho vlastností může být dále hojně využíváno. Tak jako v roce 2014 firma plánuje nákup nových CNC strojních zařízení i v roce 2015, a tak je možné, že nová technologie bude v budoucnosti aplikována v plném rozsahu.

ZÁVĚR

Postup řešení probíhal v následujícím sledu: popis stávající technologie (kapitola 3), návrh nové technologie (kapitola 4), úprava nové technologie pro potřeby firmy (kapitola 5) a závěrečné porovnání (kapitola 6).

V kapitole 3 byly představeny stroje, které byly během této výroby k dispozici, včetně jejich hlavních parametrů. Dále byla podrobně popsána původní technologie a všechny použité nástroje. Nakonec byla tato technologie zhodnocena, byly uvedeny nedostatky, co se týče nástrojů a strojů a byl uveden předběžný návrh nové technologie. Kapitola 4 se zabývá čistě návrhem nové technologie. V jejím úvodu byly rozepsány jednotlivé kroky, pomocí nichž by mělo být dosaženo patřičného efektu. Dále byl znovu uveden přehled použitých nástrojů a popis výrobního postupu. Kapitola 5 uvádí, které inovační kroky byly ve firmě aplikovány, a které byly vynechány.

Výstupem bakalářské práce je tedy nově navržená technologie, která byla po určité úpravě (výroba nebyla kompletně přesunuta na obráběcí centrum, nástrčná fréza $d=50$ nebyla z technologie vynechána) realizována. Všechny 3 technologie (původní, nová a upravená nová) byly náležitě srovnány a vyhodnoceny v kapitole 6 jak po stránce ekonomické, tak po technické stránce. Vše bylo v závěru této kapitoly zrekapitulováno. Nová technologie přinesla úsporu nákladů 5 % a upravená nová technologie 3 %, což znamená 16403 Kč a 9665 Kč. Tyto částky nejsou podle mého názoru zanedbatelné, zvláště v případě, že se bude výroba v budoucnosti opakovat. Inovované technologické postupy mohou být aplikovány také u nových zakázek a tím přinést pro firmu další úspory.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. SVOBODA, P., J. BRANDEJS, J. DVOŘÁČEK a F. PROKEŠ. *Základy konstruování*. Brno: CERM, 2009. ISBN 978-80-7204-633-1.
2. HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 1. část* [online]. [cit. 2014-08-27]. Dostupné z: ust.fme.vutbr.cz
3. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: CERM, 2005, 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
4. HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 2. část* [online]. [cit. 2014-08-27]. Dostupné z: ust.fme.vutbr.cz
5. *UCB* [online]. [vid. 2014-08-25]. Dostupné z: www.unitedcastbar.com
6. *GENICZECH-M* [online]. [vid. 2014-08-25]. Dostupné z: www.geniczech.cz
7. *TAJMAC-ZPS* [online]. [vid. 2014-08-26]. Dostupné z: www.tajmac-zps.cz
8. *SUMITOMO* [online]. [vid. 2015-04-07]. Dostupné z: www.sumicarbide.com
9. *SECO* [online]. [vid. 2015-04-08]. Dostupné z: www.secotools.com
10. *SANDVIK* [online]. [vid. 2015-04-08]. Dostupné z: www.sandvik.coromant.com
11. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: CERM, 2002, 158 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-214-2219-X.
12. *KYOCERA* [online]. [vid. 2015-04-08]. Dostupné z: www.kyoceraprecisiontools.com
13. JUROVÁ, Marie. *Ekonomika a management podniku*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002, 217 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-214-2060-X.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CAD	[-]	Computer Aided Design
CAM	[-]	Computer Aided Manufacturing
CNC	[-]	Computer Numeric Control
VBD	[-]	výměnná břitová destička
SK	[-]	slinutý karbid
ks	[-]	kus


Symbol	Jednotka	Popis
N_{FP}	[Kč]	fixní náklady u původní technologie
N_{FN}	[Kč]	fixní náklady u nové technologie
N_{FU}	[Kč]	fixní náklady u upravené nové technologie
d	[mm]	průměr
t_{CP}	[min]	celkový čas výroby u původní technologie
t_{CN}	[min]	celkový čas výroby u nové technologie
t_{CUN}	[min]	celkový čas výroby u upravené nové technologie
□	[mm]	průměr







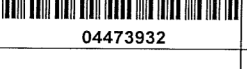
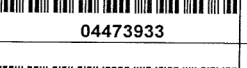
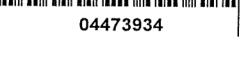
SEZNAM PŘÍLOH


Příloha 1	Výkres vyráběné součásti
Příloha 2	Technologický postup u původní technologie
Příloha 3	Nástrojový list u původní technologie
Příloha 4	Parametry stroje MCFV 1050
Příloha 5	Katalogový list KYOCERA (vrták)
Příloha 6	Katalogový list KYOCERA (korunka)
Příloha 7	Ukázka pracoviště
Příloha 8	Zásobník nástrojů
Příloha 9	Ovládací panel
Příloha 10	Proces frézování
Příloha 11	Hotové výrobky

PŘÍLOHA 2 – 1/2

Technologický postup u původní technologie




		TECHNOLOGICKÝ POSTUP	Výrobní příkaz 065476
Zákazník Sch	Předmět GUSSPLATTE RS	Výkres 590 002 747	
Obj.	100,00 KS	Zakázka 14-0701-003	
 022695890		Materiál 9999900242 PŘÍŘEZ 190x320x81	100,000 KS Jakost GG 25 Délka: Šířka:

OP	STR	POPIS OPERACE	Pracnost celk. (hod)	Kód operace	Termín zaplánování
101	7	Vychystání materiálu		 04473926	23.04
103	201	Frézování.F3 zhotoví základní rozměr + R5		 04473927	25.04
107	603	Zámečnick, mechanik		 04473928	07.05
504	504	Programovani		 04473929	07.05
505	603	Seřizování		 04473930	12.05
124	304	HAAS VF5		 04473931	12.05
105	401	PREDVRTANI		 04473932	22.05
105	402	VRTANI M6 z boku		 04473933	22.05
107	603	Zámečnick, mechanik		 04473934	23.05

Expedice: 27.05.2014	Hmotnost: 0,00	 14-0701-003
Podpis technologa	Poznámky	Dodací list Dne

PŘÍLOHA 2 – 2/2

Technologický postup u původní technologie

		TECHNOLOGICKÝ POSTUP		Výrobní příkaz 065476	
Zákazník Sch		Předmět GUSSPLATTE RS		Výkres 590 002 747	
Obj.		100,00 KS		Zakázka 14-0701-003	
 022695890		Materiál 9999900242 PŘÍREZ 190x320x81		100,000 KS Jakost GG 25 Délka: Šířka:	
OP	STR	POPIS OPERACE	Pracnost celk. (hod)	Kód operace	Termín zaplánování
502	999	OTK POZOR !!! 100% KONTROLA + PROTOKOL U 1ks TOHOTO DÍLCE DODAT TZV. "Erstmusterprufbericht" = Zpráva o provedení měření prvního kusu tzn. Ve výkresové dokumentaci vedle všech jmenovitých rozměrů doplnit naměřené rozměry. U dalších 3 kusů musí být přiložen měřicí protokol pro díly s mírami v tolerancích 0,2mm a přesnější!		 04473935	23.05
Expedice: 27.05.2014		Hmotnost: 0,00		 14-0701-003	
Podpis technologa		Poznámky		Dodací list Dne	

PŘÍLOHA 3 – 1/2

Nástrojový list u původní technologie

Číslo výkresu:	590 002 747	Material:	Litina (GG25)	
Číslo programu:	590.002.747-1,2			
Operace číslo:	I.II.	Datum:	27.5.2014	
MCFV-1050 - Sch				
Pozice	Označení		Korekce	
T1	Nástroj	Navrtavak d=16	L-	L-
	Zákl. držák		R-	R-
T2	Nástroj	Freza nastrcna d=80 90st. pl.	L-	L-
	Zákl. držák		R-	R-
T3	Nástroj	Freza nastrcna d=50.0 90st. 5pl.	L-	L-
	Zákl. držák		R-	R-
T4	Nástroj	Freza st. TK d=20x30 hrubovací	L-	L-
	Zákl. držák		R-	R-
T5	Nástroj	Freza stopkova TK d=20x30	L-	L-
	Zákl. držák		R-	R-
T6	Nástroj	Vrtak d=10.3x50 TK /s v.n. Vysune L>63mm	L-	L-
	Zákl. držák		R-	R-
T7	Nástroj	Srazec pl. d=10/22 Korekce R=7	L-	L-
	Zákl. držák		R-7	R-7
T8	Nástroj	Vrtak d=10.3x87	L-	L-
	Zákl. držák		R-	R-

PŘÍLOHA 3 – 2/2

Nástrojový list u původní technologie

NÁSTROJOVÝ LIST					
Číslo výkresu:		590.002.747	Material:	Litina (GG25)	
Číslo programu:		590.002.747-1,2			
Operace číslo:		I.II.	Datum:	27.5.2014	
MCFV-1050 - Sch					
Pozice	Označení			Korekce	
T9	Nástroj	Zavitník M12 sl.		L-	L-
		Nábeh max. 5mm			
	Zákl. držák	ER-25 střední		R-	R-
T10	Nástroj	Zavitník M12 pr. prodloužený		L-	L-
		Jede do hloubky 90mm			
	Zákl. držák			R-	R-
T11	Nástroj	Vrtak d=5.1x30 TK /s v.ch.		L-	L-
	Zákl. držák			R-	R-
T12	Nástroj	Navrtavak d=10		L-	L-
	Zákl. držák			R-	R-
T13	Nástroj	Zavitník M6 sl.		L-	L-
	Zákl. držák			R-	R-
T14	Nástroj			L-	L-
	Zákl. držák			R-	R-
T15	Nástroj			L-	L-
	Zákl. držák			R-	R-
T16	Nástroj			L-	L-
	Zákl. držák			R-	R-

PŘÍLOHA 4

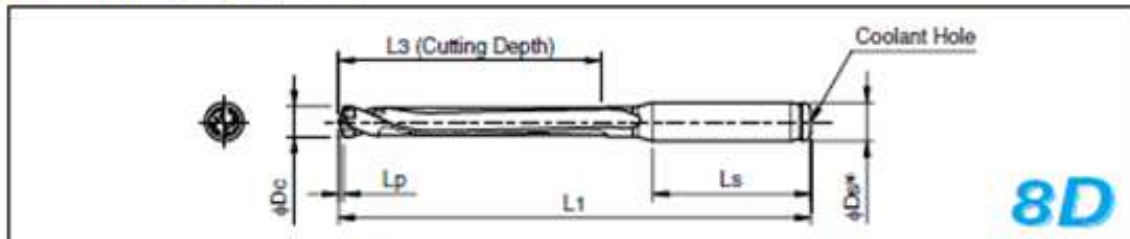
Parametry stroje MCFV 1050

Pojezdy			
Osa X (pracovní stůl)		1 020 mm	
Osa Y (křížový suport)		510 mm	
Osa Z (vřeteník)		525 mm	
Rychloposuv		25 m/min	
Maximální pracovní posuv		8 m/min	
Zrychlení		5 m/s ²	
Stůl			
Pracovní plocha		1 200 × 510 mm	
Maximální zatížení		700 kg	
Počet T-drážek × šířka × rozteč		4 × 18 mm × 125 mm	
Rozměr střední drážky		18 H6	
Vzdálenost pracovní plochy od podlahy		850 mm	
Vřeteno	provedení s pohony	SIEMENS	FANUC*
Upínací kužel		ISO 40	
Maximální otáčky		10 000 min ⁻¹	
Maximální krouticí moment při přetížení		127 Nm	115 Nm
Maximální krouticí moment S1		90 Nm	97 Nm
Výkon při přetížení		17 kW	26 kW
Výkon S1		12 kW	22 kW
Vzdálenost čela vřetena od stolu		200 – 725 mm	
Typ převodu		řemenový	
Zásobník nástrojů			
Počet míst v zásobníku		20	
Čas výměny nástroje		6 s	
Maximální průměr nástroje:			
– plně obsazený zásobník		90 mm	
– bez sousedních nástrojů		160 mm	
Maximální délka nástroje		300 mm	
Maximální hmotnost nástroje		8 kg	
Přívody energie			
Jmenovité napětí sítě		3 × 400 V/50 Hz	
Provozní příkon		25 kVA	
Tlak vzduchu		0,6 – 0,8 MPa	
Doplňkové údaje			
Půdorys stroje bez dopravníku třísek		2 810 × 1 895 mm	
Maximální pracovní výška stroje		2 940 mm	
Hmotnost stroje		4 800 kg	
Řídicí systém		SINUMERIK, HEIDENHAIN*, FANUC*	

PŘÍLOHA 5

Katalogový list KYOCERA (vrták)

SS-DRC (Cutting Depth: 8xD)



* For Lp indicates distance from drill point to corner edge. ● K4-K6

Toolholder Dimensions

Description	Std.	Dimension (mm)					Spare Parts Wrench ● K15	Applicable Inserts ● K4-K6	Applicable chancing Holder and Insert description		
		Applicable Insert Dia. ϕD_c		ϕD_s (h6)	L1	L3			Ls	Toolholder	Insert
		min.	max.								
SS10- DRC090M-8	●	7.94	8.49	10	122.5	68	40	WDRC8 (WDRC17)	DC0794M-SC-DC0840M-SC DC0850M-SC-DC0890M-SC DC0900M-SC-DC0940M-SC DC0950M-SC-DC0990M-SC	S20-CH10	CT08T2-6A
	●	8.50	8.99		127.0	72					
	●	9.00	9.49		131.5	76					
	●	9.50	9.99		137.0	80					
SS12- DRC100M-8	●	10.00	10.49	12	146.5	84	45	WDRC10 (WDRC17)	DC1000M-SC-DC1040M-SC DC1050M-SC-DC1090M-SC DC1100M-SC-DC1140M-SC DC1150M-SC-DC1190M-SC	S32-CH12	CT12T3-6A
	●	10.50	10.99		151.0	88					
	●	11.00	11.49		155.5	92					
	●	11.50	11.99		160.0	96					
SS14- DRC120M-8	●	12.00	12.49	14	164.5	100	45	WDRC12 (WDRC17)	DC1200M-SC-DC1240M-SC DC1250M-SC-DC1290M-SC DC1300M-SC-DC1340M-SC DC1350M-SC-DC1390M-SC	S32-CH14	CT12T3-6A
	●	12.50	12.99		169.0	104					
	●	13.00	13.49		173.5	108					
	●	13.50	13.99		179.0	112					
SS16- DRC140M-8	●	14.00	14.49	16	186.5	116	48	WDRC14 (WDRC17)	DC1400M-SC-DC1440M-SC DC1450M-SC-DC1490M-SC DC1500M-SC-DC1580M-SC	S32-CH16	CT16T3-6A
	●	14.50	14.99		191.0	120					
	●	15.00	15.99		200.0	128					
SS18- DRC160M-8	●	16.00	16.99	18	209.0	136	49	WDRC16 (WDRC17)	DC1600M-SC-DC1690M-SC DC1700M-SC-DC1790M-SC	S32-CH18	CT18T3-6A
	●	17.00	17.99		219.0	144					
SS20- DRC180M-8	●	18.00	18.99	20	230.0	152	51	WDRC18 (WDRC17)	DC1800M-SC-DC1890M-SC DC1900M-SC-DC1990M-SC	S32-CH20	CT20T3-6A
	●	19.00	19.99		239.0	160					
SS25- DRC200M-8	●	20.00	20.99	25	254.0	168	56	WDRC17	DC2000M-SC-DC2099M-SC DC2100M-SC-DC2150M-SC DC2200M-SC-DC2250M-SC DC2300M-SC-DC2350M-SC DC2400M-SC-DC2450M-SC DC2500M-SC-DC2550M-SC	S32-CH25	CT25T3-6A
	●	21.00	21.99		264.0	176					
	●	22.00	22.99		273.0	184					
	●	23.00	23.99		282.0	192					
	●	24.00	24.99		291.0	200					
SS32- DRC250M-8	●	25.00	25.50	32	305.0	208	60	WDRC17	DC2500M-SC-DC2550M-SC	S32-CH32	CT32T3-6A

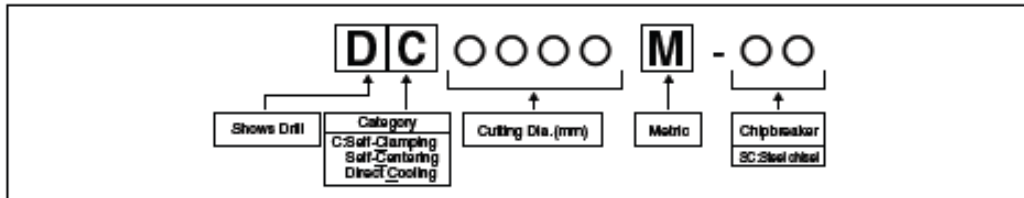


PŘÍLOHA 6

Katalogový list KYOCERA (korunka)

MagicDrill Insert for DRC

Description identification system (Insert)



Insert Grades PR0315

PR0315 is tough super micro grain carbide grade with TiAlN coating, with excellent wear resistance and fracture resistance. It enables stable machining of carbon steel, alloy steel and cast iron.

Insert	Description	Dimension (mm)		PVD Coated Carbide	Applicable Toolholders K7-K9, K12-K14	
		φDc	Lp	PR0315		
	DC 0794M-SC	7.94	1.44	●	SS10-DRC080M○ SF12-DRC080M○	
	0800M-SC	8.00	1.46	●		
	0810M-SC	8.10	1.47	●		
	0820M-SC	8.20	1.49	●		
	0830M-SC	8.30	1.51	●		
	0840M-SC	8.40	1.53	●		
	DC 0850M-SC	8.50	1.55	●		SS10-DRC085M○ SF12-DRC085M○
	0860M-SC	8.60	1.56	●		
	0870M-SC	8.70	1.58	●		
	0880M-SC	8.80	1.60	●		
	DC 0890M-SC	8.90	1.62	●	SS10-DRC090M○ SF12-DRC090M○	
	0900M-SC	9.00	1.64	●		
	0910M-SC	9.10	1.66	●		
	0920M-SC	9.20	1.67	●		
	0930M-SC	9.30	1.69	●		
	DC 0940M-SC	9.40	1.71	●	SS10-DRC095M○ SF12-DRC095M○	
	0950M-SC	9.50	1.73	●		
	0960M-SC	9.60	1.75	●		
	0970M-SC	9.70	1.76	●		
	0980M-SC	9.80	1.78	●		
	DC 0990M-SC	9.90	1.80	●	SS12-DRC100M○ SF16-DRC100M○	
	1000M-SC	10.00	1.82	●		
	1010M-SC	10.10	1.84	●		
	1020M-SC	10.20	1.86	●		
	1030M-SC	10.30	1.87	●		
	DC 1040M-SC	10.40	1.89	●	SS12-DRC105M○ SF16-DRC105M○	
	1050M-SC	10.50	1.91	●		
	1060M-SC	10.60	1.93	●		
	1070M-SC	10.70	1.95	●		
	1080M-SC	10.80	1.96	●		
	DC 1090M-SC	10.90	1.98	●	SS12-DRC110M○ SF16-DRC110M○	
	1100M-SC	11.00	2.00	●		
	1110M-SC	11.10	2.02	●		
	1120M-SC	11.20	2.04	●		
	1130M-SC	11.30	2.06	●		
	DC 1140M-SC	11.40	2.07	●	SS12-DRC115M○ SF16-DRC115M○	
	1150M-SC	11.50	2.09	●		
	1160M-SC	11.60	2.11	●		
	1170M-SC	11.70	2.13	●		
	1180M-SC	11.80	2.15	●		
	DC 1190M-SC	11.90	2.16	●	SS14-DRC120M○ SF16-DRC120M○	
	1200M-SC	12.00	2.18	●		
	1210M-SC	12.10	2.20	●		
	1220M-SC	12.20	2.22	●		
	1230M-SC	12.30	2.24	●		
	DC 1240M-SC	12.40	2.26	●		

k8 tolerance

φDc	k8(mm)
7.94 ±	+0.022 0
10.00 ±	+0.027 0
10.10 ±	+0.027 0
18.00 ±	+0.033 0
18.10 ±	+0.033 0
25.50 ±	+0.033 0

k8 is the dimension tolerance of the insert.
It is not the dimension tolerance of the cutting diameter.

PŘÍLOHA 7

Ukázka pracoviště

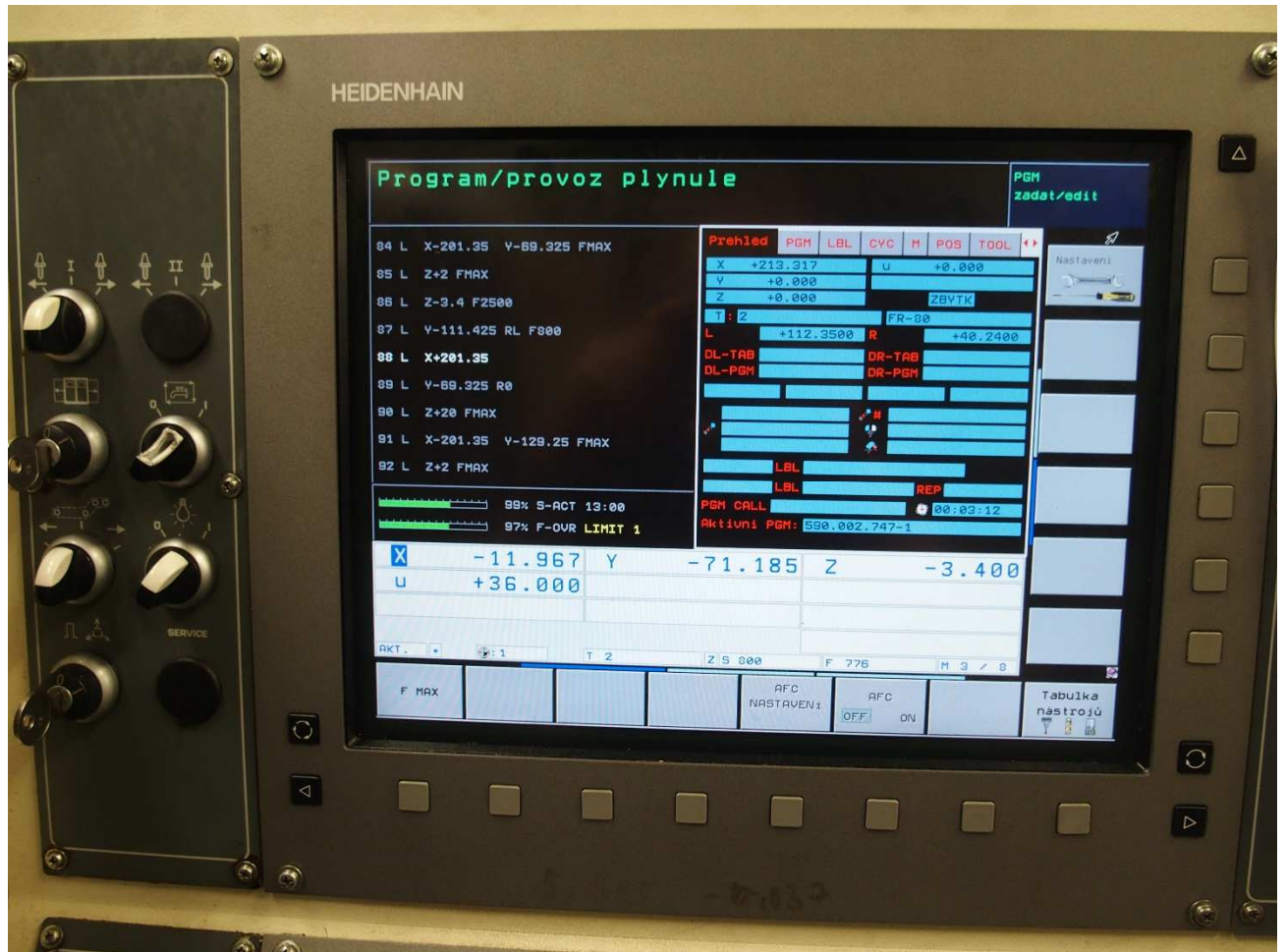


PŘÍLOHA 8
Zásobník nástrojů



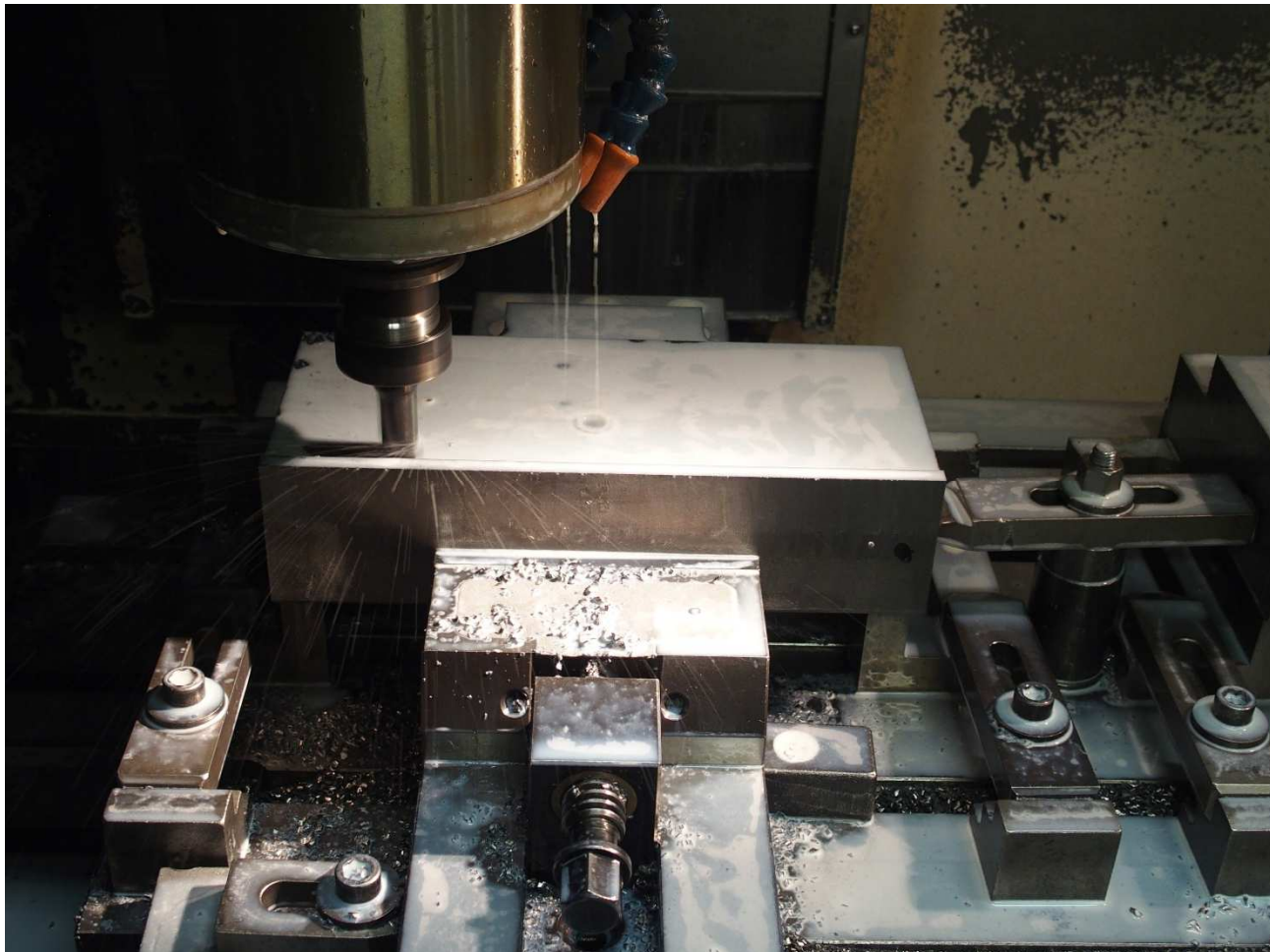
PŘÍLOHA 9

Ovládací panel



PŘÍLOHA 10

Proces frézování



PŘÍLOHA 11

Hotové výrobky

