VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

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

RUČNÍ A AUTOMATIZOVANÁ VERZE VÝROBY SOUČÁSTI

MANUAL AND AUTOMATED PRODUCTION VERSION COMPONENTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR
David MIKULÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR
Ing. Milan KALIVODA

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2013/14

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): David Mikulík

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

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

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:

Ruční a automatizovaná verze výroby součásti

v anglickém jazyce:

Manual and Automated Production Version Components

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Rozbor zadané součásti.
2. Představení strojového zařízení.
3. Verze technologie s ručním pracovištěm.
4. Přechod na automatizovanou verzi výroby.
5. Technicko-ekonomické posouzení verzí.
6. Diskuze.
7. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Na základě rozboru stávající situace ve výrobě je sestaven projekt, obsahující podmínky na zavedení vyšší úrovně.

Seznam odborné literatury:

1. KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. Technologie obrábění. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2005. 272 s. ISBN 80-214-3068-0.
2. 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.
3. IMAI, Masaaki. Kaizen. 1. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2004. 272 s. ISBN 80-251-0461-3.
4. ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
5. Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.
6. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 27.11.2013

L.S.

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ DĚKANÁT

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Bakalářská práce blíže popisuje a porovnává stávající výrobu perforovacích matric pro obuvnický průmysl. Je zde uvedena výroba, jak ručním způsobem za použití stolní vrtačky a dalších ručních strojů, tak automatizovaná se zapojením obráběcího centra Mori Seiki. Zjištěné výsledky byly popsány v technicko-ekonomickém posouzení.

Klíčová slova

Frézování, obráběcí centrum, perforovací matrice, porovnání, vrtání.

ABSTRACT

This bachelor thesis closely describes and compares current production of perforated matrix for the shoes industries. It contains the hand way production uses the bench drill and the other hand machines. Also describes the use of the automated production with the machine-tool Mori Seiki. Results of this thesis are described in the techno-economic comparison.

Key words

Milling, Machine tool, Perforated matrix, Comparison, Drilling.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MIKULÍK, D. *Ruční a automatizovaná verze výroby součásti.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 34 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma **Ruční a automatizovaná verze výroby součásti** jsem vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

David Mikulík

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi z VUT v Brně za jeho čas, cenné připomínky a rady při vypracování této bakalářské práce.

Dále děkuji své rodině za velkou podporu při studiu.

OBSAH

ABSTRAKT 4
PROHLÁŠENÍ 5
PODĚKOVÁNÍ 6
OBSAH 7
ÚVOD 8
1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY A ZADANÉ SOUČÁSTI 9
1.1 Firma 9
1.2 Perforovací matrice 9
1.3 Popis řešené matrice 9
1.3.1 Použitý rastr 10
2 STROJOVÉ ZAŘÍZENÍ FIRMY 11
2.1 Stroje využívané pro ruční výrobu 11
2.2 Obráběcí centrum 12
2.3 Další stroje 13
3 TEORIE ŘEZÁNÍ, VRTÁNÍ A FRÉZOVÁNÍ 15
3.1 Řezání 15
3.1.1 Plastické deformace při řezání 15
3.2 Vrtání 16
3.3 Frézování 17
3.3.1 Sousledné a nesousledné frézování 17
4 VERZE TECHNOLOGIE S RUČNÍM PRACOVIŠTĚM 19
4.1 Popis výroby perforovací matrice 19
5 AUTOMATIZOVANÁ VERZE VÝROBY 22
5.1 Obrábění spodní desky 22
5.2 Obrábění horní desky 24
6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POSOUZENÍ VERZÍ 27
6.1 Ruční verze výroby 27
6.1 Automatizovaná verze výroby 28
6.3 Porovnání 28
7 DISKUZE 29
ZÁVĚR 30
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 31
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 32
SEZNAM PŘÍLOH 34

ÚVOD

V současné moderní době je automatizace výrobního procesu nedílnou součástí většiny firem a zároveň primárním faktorem v jejich rozvoji. Stále však existují firmy, které preferují ruční výrobu.

Tato bakalářská práce se zabývá ruční a automatizovanou výrobou perforovací matrice a následně posouzením daných metod. Bez ohledu na nutnost automatizace je práce spíše zaměřena na porovnání faktorů, které jsou v současnosti nejdůležitější – čas a náklady.

Nejdříve je představena firma zaměřující se na perforovací matrice pro obuvnický průmysl. Následuje charakteristika výrobku, která je předmětem této práce, a popis strojů využívaných v daném procesu. Po technologii výroby na ručních strojích je uvedena výroba za využití obráběcího centra. Všechny stroje a nástroje jsou ve vlastnictví firmy, ve které výroba probíhá. Technicko-ekonomické posouzení zahrnuje poznatky získané během výroby.

V závěru je sepsáno vyhodnocení nejdůležitějších faktorů a nedostatky jednotlivých procesů.

1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY A ZADANÉ SOUČÁSTI

1.1 Firma

Sídlo firmy se nachází nedaleko Zlína a zabývá se výrobou tlačných šablon, perforovacích matric pro obuvnický průmysl. Jedná se o poměrně mladou firmu, vznikla v roce 2003, a momentálně se řadí, svou výrobou, mezi největší v Evropě.

Firma vyrábí dva typy perforovacích matric. Prvním typem je matrice s pryžovým vyhazováním a druhým je matrice pružinová s ocelovou vyhazovací plotnou [1].

1.2 Perforovací matrice

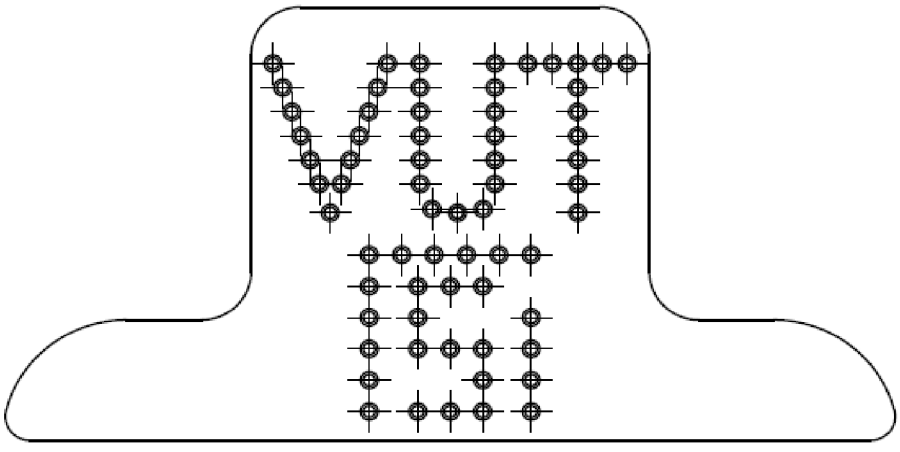
Zadanou součástí je perforovací matrice, ve které jsou osy, jednotlivých obráběných děr, definovány v určitých pozicích. Tato součást je používána pro perforaci jednotlivých komponent, ze kterých je následně ušita bota.

Perforovací matrice je jednoduchá součást skládající se ze dvou desek oceli 11 373 (ČSN 41 1373), tloušťky 4 mm**.** Do jedné z těchto desek, spodní, jsou s přesahem uloženy dírkovače, jejichž velikost a umístění jsou zadány zákazníkem. Aby nedošlo k poškození těchto dírkovačů, např. při manipulaci, nebo dopravě, je na desku nalepena ochranná pryž, nebo rozebíratelně spojena, další ocelová deska. Tato ochrana slouží při vysekávání, též jako vyhazování. Druhá deska, horní, slouží jako opora dírkovačů a také k odvodu odpadního materiálu. Tyto desky, jsou spojeny rozebíratelným šroubovým spojením. Materiál desek je dobře obrobitelný i svařitelný. Složení oceli a její vlastnosti jsou uvedeny v příloze 1.

1.3 Popis řešené matrice

Součástí popisovanou v této práci, bude typově jednodušší matrice s pryžovým vyhazováním a celkovou výškou 14 mm. Tento typ je svou konstrukcí vhodný spíše na kusovou, tj. vzorkovou, nebo malosériovou výrobu [1]. V této součásti budou použity dírkovače, o vnějším průměru 3 mm a délky 9,7 mm, které jsou značeny R8.

Tvar matrice byl převzat z portfolia firmy a mírně poupraven. Umístění obráběných děr, bylo zvoleno autorem této práce tak, aby zobrazovalo zkratku VUT a znak Fakulty strojního inženýrství FSI (obr. 1.1).

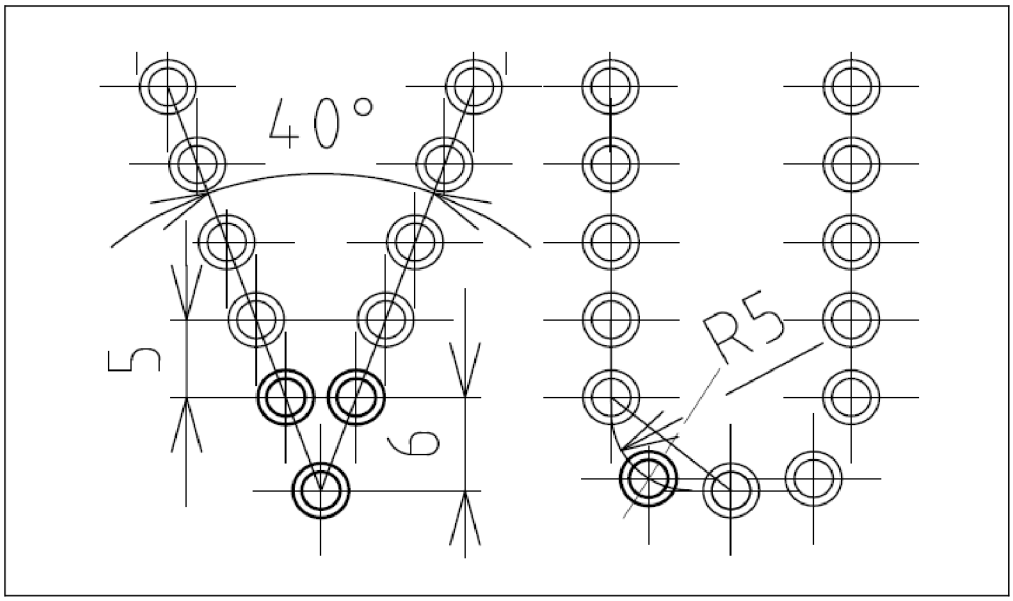


Obr. 1. 1 Perforovací matrice.

1.3.1 Použitý rastr

Umístění os obráběných děr do tvaru písmen VUT, bylo zvoleno autorem práce, tak, aby bylo docíleno co nejpřesnějšího zobrazení těchto písmen. Samotná písmena byla vytvořena pomocí přímek a zaoblení v programu AutoCAD Mechanical 2010 studentské verze. V tomto případě není použit žádný definovaný rastr. Osy obráběných děr jsou umístěny na vytvořené přímky a jsou od sebe vzdáleny 5 mm. U písmene V však bylo nutno poupravit polohu os tří nejníže položených děr tak, aby nedošlo ke kolizi při obrábění. Jsou tedy od sebe vzdáleny 6 mm. Dále byla upravena poloha osy díry u písmene U v dolním oblouku tak, aby ležela na zaoblení R5 a ose mezi dvěma sousedícími dírami. Díry, u kterých byla nutná úprava jejich polohy, jsou zvýrazněny a zobrazeny na obrázku 1.2.

Definovaný rastr byl použit až u zobrazení znaku Fakulty strojního inženýrství. Vzdálenost jednotlivých čar rastru je 2,3 mm a jsou umístěny pod úhly 45° a 135°.



Obr. 1.2 Upravené polohy děr.

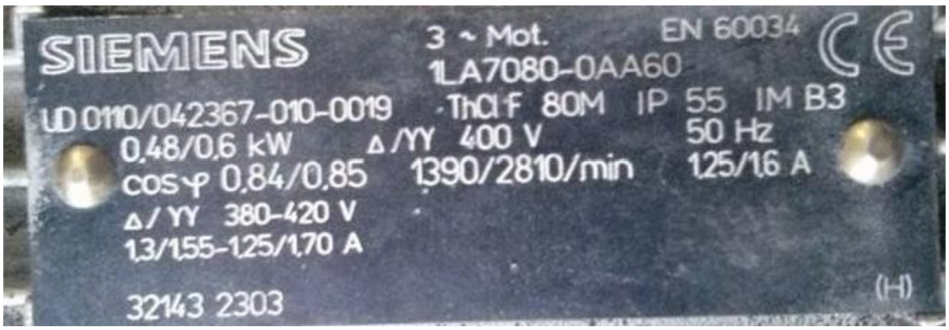
2 STROJOVÉ ZAŘÍZENÍ FIRMY

Strojový park firmy lze pomyslně rozdělit na tři základní části. V první části parku jsou stroje pro ruční výrobu popisované součásti – 9 ks vrtaček typu VS 13 II, pásová pila OPUS 400. Druhá část je složena z pracovních stolů, jednoúčelovým odhrotovacím strojem s brousicím papírem a svářečky DACO mig 210. Ve třetí části dílny je umístěno vertikální obráběcí centrum Mori Seiki Dura Vertical 5080.

2.1 Stroje využívané pro ruční výrobu

- Stolní vrtačka VS 13 II (obr. 2.1) – používá se k vrtání, vyvrtávání a zahlubování kovových i nekovových materiálů [7]. Technické parametry vrtačky jsou uvedeny v příloze 2. Na obrázku 2.2 je zobrazen štítek z motoru.

Obr. 2.1 Stolní vrtačka VS 13 II.



Obr. 2.2 Štítek z motoru vrtačky.

- Pásová pila OPUS 400 (obr. 2.3) – vertikální pásová pila se využívá k vyřezávání tvarů perforovacích matric. Základní parametry jsou uvedeny v tabulce 2.1 a byly opsány ze štítku na motoru stroje.

Tab. 2.1 Parametry pásové pily OPUS 400.

Frekvence [Hz]	50	Otáčky [min^{-1}]	1400
Jmenovité napětí [V]	400	Jmenovitý proud[A]	2,9
Příkon [kW]	1,1		

Obr. 2.3 Pásová pila OPUS 400.

2.2 Obráběcí centrum

K automatizované výrobě je využíváno vertikální obráběcí centrum Mori Seiki typ Dura Vertical 5080 (obr. 2.4). Technickou specifikaci stroje udává tabulka 2.2 (rozměry byly přepočítány z inch na mm).

Tab. 2.2 Technické údaje stroje Dura Vertical 5080 [8].

Pohyb v ose X	800,1 mm	Kapacita nástrojů	30
Pohyb v ose Y	530,9 mm	Rozměry prac. plochy	1100 x 600 mm
Pohyb v ose Z	510,5 mm	Nosnost prac. plochy	800 kg
Max. otáčky vřetene	10000 min^{-1}	Max. moment nástroje	12 N·m
Max. hmotnost nástroje	8 kg	Max. průměr nástroje	125 mm

Obr. 2.4 Obráběcí centrum Mori Seiki Dura Vertical 5080.

2.3 Další použité stroje

Mezi další použité stoje, potřebné ke zhotovení matrice, patří níže popisovaný svářečka a jednoúčelový odhrotovací stroj.

- Svářečka Daco mig 210 – používá se především pro spojování dvou desek bodovým svarem.
- Jednoúčelový odhrotovací stroj (obr. 2.5) – stroj je složen z motoru Siemens, (obr. 2.6), ke kterému je hřídelí připojen kotouč Ø 160 mm a šířky 50 mm s brousicím papírem hrubosti P60. Nosným materiálem brousicího papíru je bavlněná X-tkanina. Jako zrno slouží korund a pojivem je pryskyřice [9]. Stroj slouží k odstranění ostřin, vzniklých při vrtání, a ke srážení hran při dokončování perforovacích matric.

Obr. 2.5 Jednoúčelový odhrotovací stroj.

Obr. 2.6 Motor Siemens a jeho parametry.

Na štítku motoru stroje jsou udávány tyto informace [12]:

- jméno, nebo značku výrobce, označení typu a výrobní číslo,
- jmenovité napětí [V],
- jmenovitý proud [A],
- jmenovitý příkon u spotřebních přístrojů [W],
- frekvence [Hz],
- norma, dle které byl přístroj zhotoven.

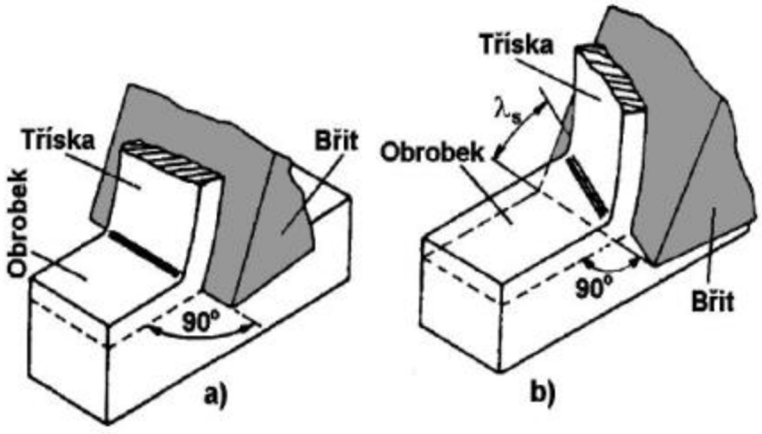
3 TEORIE ŘEZÁNÍ, VRTÁNÍ A FRÉZOVÁNÍ

V této kapitole je definován teoretický popis nejdůležitějších technologií využitých v této bakalářské práci.

3.1 Řezání

Hlavním procesem obrábění je vznik třísky. Značná energie přiváděná na břit, který působí proti obráběnému materiálu, má za následek vznik třísky.

Proces řezání je realizován v obráběcím systému: stroj, upnutí, nástroj a obrobek. Primárním výstupem tohoto procesu jsou parametry plochy, která byla obrobena. Řezný proces je realizován jako řezání ortogonální nebo obecné (obr. 3.1) [3].



a – řezání ortogonální; b – řezání obecné.

Obr. 3.1 Realizace řezného procesu [5].

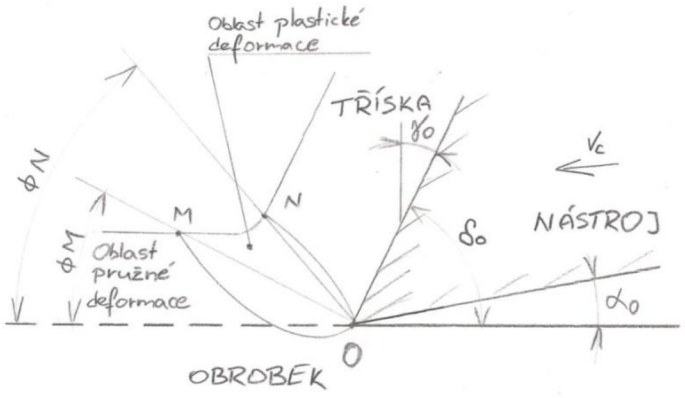
Při ortogonálním řezání vniká ostří do materiálu kolmo na směr řezného pohybu a proces je řešen v rovině (protahování, zapichování, frézování nástrojem s přímými zuby).

Obecné řezání řeší danou problematiku v prostoru (vrtání, podélné soustružení, frézování nástrojem se zuby ve šroubovici).

3.1.1 Plastické deformace při řezání

Vytvoření třísky před břitem nástroje předchází pružná a následně plastická deformace v odřezávané vrstvě materiálu – primární plastická deformace. Sekundární plastická deformace vzniká v povrchových vrstvách třísky při styku s čelem obráběcího nástroje.

K pružné deformaci v odebírané vrstvě materiálu dojde, pokud napětí nepřekročí mez pružnosti. Po překročení této meze, dojde v odebírané vrstvě materiálu k plastické deformaci – obr. 3.2.

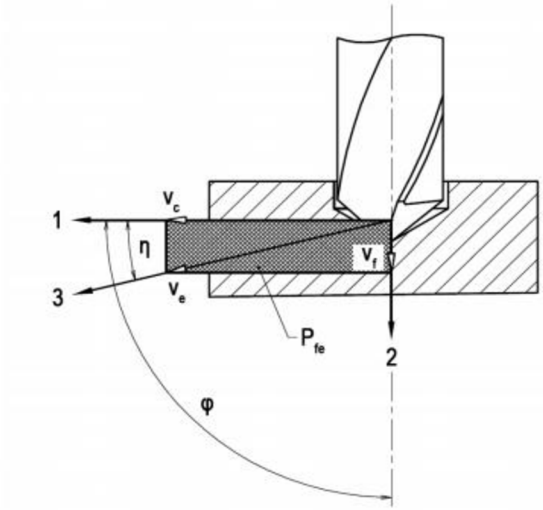


MO – počátek plastických deformací; NO – konec plastických deformací; γ_o – nástrojový ortogonální úhel řezu

Obr. 3.2 Oblast plastických deformací v řezané vrstvě [3].

3.2 Vrtání

Vrtání zahrnuje téměř všechny možné způsoby obrábění, které jsou využívány ke zhotovení válcových děr za použití řezných nástrojů. Základní rozdělení této technologie je vrtání krátkých a dlouhých děr. K vrtání děr do průměru D = 30 mm je v úvahu brána délka vrtání maximálně L = 5 – 6 x D, zatímco u vrtání děr s větším průměrem je délka omezena maximálně na L = 2,5 x D. Moderními nástroji je možno vrtat do plného materiálu, bez předvrtávání, nebo středicích důlků s takovou jakostí, kterou by bylo dříve dosaženo až následným obráběním [2]. Kinematika vrtání je zobrazena na obrázku 3.3.

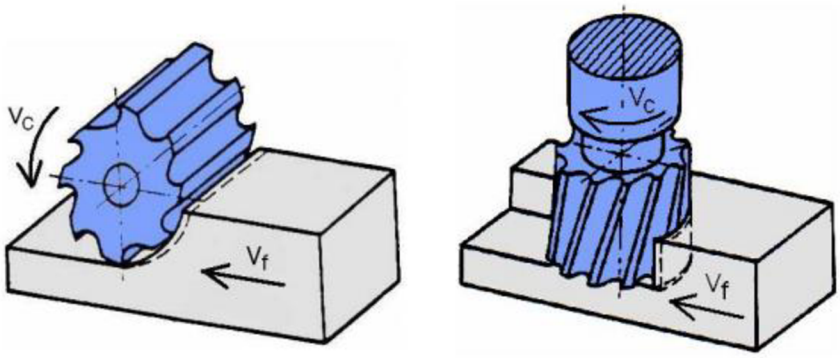


1 - směr hlavního pohybu; 2 - směr posuvového pohybu; 3 - směr řezného pohybu; v_c - řezná rychlost; v_f - posuvová rychlost; v_e - rychlost řezného pohybu; P_{fe} - pracovní boční rovina; φ - úhel posuvového pohybu; η - úhel řezného pohybu

Obr. 3.3 Kinematika vrtání [4].

3.3 Frézování

Frézování je metoda obrábění, při které břity otáčejícího se nástroje, odebírají materiál obrobku. Provádí se dvěma, na sebe vázanými, pohyby – posuvem, který koná obráběná součást, a rotací nástroje. Moderní stroje, jako jsou obráběcí centra, umožňují plynulou změnu posuvových pohybů do všech směrů. Mezi největší výhody současného frézování patří především vysoký výkon obrábění, flexibilita, vysoká jakost obrobeného povrchu a velká rozměrová přesnost. Z hlediska technologie a s ohledem na nástroj se rozlišuje frézování válcové (obvodové) a frézování čelní (obr. 3.4). V této práci je využito frézování čelní.



v_c – řezná rychlost, v_f – rychlost posuvu obrobku

Obr. 3.4 Válcové frézování (vlevo), čelní frézování (vpravo) [6].

3.3.1 Sousledné a nesousledné frézování

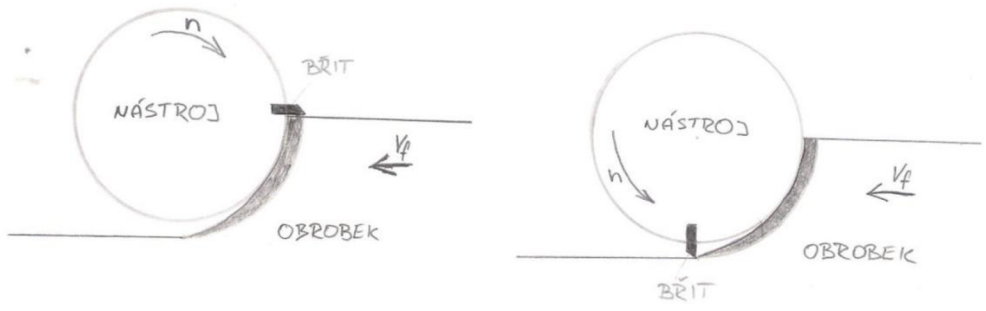
Nástroj – fréza, při obrábění rotuje a obrobek koná pohyb proti nástroji. V závislosti na směru pohybu obrobku můžeme frézování rozdělit na frézování sousledné a nesousledné (obr. 3.5).

Sousledné frézování probíhá tehdy, pokud je směr posuvu obrobku shodný se směrem rotace nástroje. Tloušťka třísky je maximální při vnikání nástroje do obrobku a ve směru ven z obrobku klesá až na nulu.

- výhody: tlačení obrobku ke stolu, nižší teplota a sklon ke zpevňování materiálu obrobku za studena,
- nevýhody: rázové namáhání břitu při vnikání do materiálu.

Nesousledné frézování probíhá, když se obrobek posouvá k nástroji, proti směru jeho rotace. Na začátku záběru je tloušťka třísky nulová a postupně se mění, až na její maximální hodnotu na konci záběru.

- výhody: klidnější chod stroje,
- nevýhody: větší opotřebení břitu, nutnost velmi stabilního upnutí [2, 3].



n – otáčky nástroje, v_f – rychlost posuvu obrobku

Obr. 3.5 Sousledné frézování (vlevo), nesousledné frézování (vpravo) [2].

4 VERZE TECHNOLOGIE S RUČNÍM PRACOVIŠTĚM

V této kapitole je popsána stávající výroba perforovacích matric za pomoci ručních strojů. Proces výroby popisované součásti může být zjednodušeně rozdělen na tři výrobní etapy:

- **Přípravná část**

  Do této etapy se řadí přijetí objednávky od zákazníka, zhodnocení všech aspektů objednávky a vytisknutí papírové šablony dle zadaných parametrů. Poté je papírová šablona nalepena lepicí páskou na ocelové desky, které byly spojeny bodovým svarem svářečkou DACO mig 210. Obvodový tvar a umístění dírkovačů je na tyto desky přenesen ručně, za pomocí rýsovací jehly a důlkovače. Následně jsou vybrány nástroje (vrtáky, digitální posuvné měřítko), které budou využity při výrobě.

- **Výrobní část**

  Výrobní část procesu se skládá z vrtání, vyvrtávání a zahlubování na stolní vrtačce VS 13 II, řezání závitu, ručního naklepávání dírkovačů do vyvrtaných děr, řezání obvodového tvaru perforovací matrice na pásové pile OPUS 400 a sražení hran na jednoúčelovém odhrotovacím stroji. Bližší popis výrobní etapy je uveden v kapitole 4.1.

- **Dokončovací část**

  Na horní desku výrobku je vyraženo zadané označení, proběhne vizuální kontrola a přilepení ochranné gumy lepidlem. Následně je výrobek zabalen a připraven k odeslání zákazníkovi.

4.1 Popis výroby perforovací matrice

Po přenesení polohy os dírkovačů na svařené desky důlkovačem a orýsování tvaru pomocí rýsovací jehly jsou podle tabulky vybrány vrtáky, které jsou předepsány pro všechny průměry dírkovačů. Tabulka s průměry vrtáků je na obrázku 4.1. V tomto případě jsou hodnoty, ve sloupci s názvem *pružicí,* využívány pro zahloubení.

	odpadová	naklepávací	pružící	zahloubení
R3	1,5	1,9	2,5	<3
R4	1,5	2,1	2,8	3,2
R5	1,8-2	2,4	3	3,5
R6	1,8-2	2,4	3	3,5
R7	2,2	2,6	3,3	4
R8	2,4	2,9	3,5	4
R9	2,6	3,1	3,8	4,5
R10	2,8	3,5	4,1	4,5
R11	3	3,6	4,3	5
R12	3,3	3,9	4,5	5
R13	3,5	4,1	4,8	5,5
R14	3,8	4,4	5	5,5
R15	4	4,6	5,3	6
R16	4,1	4,9	5,6	6

Obr. 4.1 Průměry vrtáků pro různé typy dírkovačů.

Operace, které jsou nutné k obrobení perforovací matrice, jsou uvedeny v tabulce 4.1. Řezná rychlost vrtání se pohybuje přibližně v rozmezí 20 – 30 $m.min^{-1}$. V tomto případě je rychlost volena spíše ke spodní hranici daného rozmezí, nebo i pod ni, z důvodu ručního posuvu. K výrobě jsou použity nástroje z HSS a procesní kapalina je na nástroje přiváděna ručně.

Tab. 4.1 Obráběcí operace u ruční výroby.

Číslo operace	Popis operace	Použitý nástroj	Řezná rychlost [$m.min^{-1}$]	Otáčky nástroje [min^{-1}]
1.	Vrtání děr	Vrták Ø 2,4 mm	24,4	3240
2	Odstranění ostřin	Brousicí papír P60	-	1420
3.	Zahloubení děr	Vrták Ø 3,5 mm	18,9	1620
4.	Vrtání děr pro šrouby	Vrták Ø 3,2 mm	17,3	1620
5.	Odstranění svarů	Pilový pás tloušťky 0.9 mm	-	-
6.	Vyvrtání děr	Vrták Ø 2,9 mm	19,5	2140
7.	Řezání závitů	Závitník M4	7,0	560
8.	Vyvrtání děr pro šrouby	Vrták Ø 4,1 mm	20,9	1620
9.	Zahlubování děr pro hlavy šroubů	Záhlubník tříbřitý Ø 10 mm	12,7	405
10.	Vyřezání tvaru matrice	Pilový pás tloušťky 0.9 mm	-	-
11.	Sražení ostrých hran	Brousicí papír P60	-	1420

Vrtání děr – první operace, při ruční výrobě. Použitým vrtákem Ø 2,4 mm, je vrtáno skrz obě desky.

Odstranění ostřin – po první operaci, musí dojít k odstranění ostřin na horní desce, které vznikly při vrtání a mohly by negativně ovlivnit přesnost vrtání u dalších operací.

Zahloubení děr – v tomto případě je použit vrták Ø 3,5 mm, kterým je vrtáno do horní desky do hloubky H = 1,9±0,1 mm. Toto zahloubení se provádí pro snazší odvod odpadního materiálu při perforaci. Hloubka zahloubení je kontrolována posuvným měřítkem.

Vrtání děr pro šrouby – vrtákem Ø 3,2 mm je vrtáno skrz obě desky. Po rozdělení desek bude v jedné desce (spodní) vyřezán závit a ve druhé desce (horní) provedeno zahloubení na hlavu šroubu.

Odstranění svarů – svary se odstraní pomocí pásové pily OPUS 400.

Vyvrtání děr – dírkovače, použité v této součásti mají vnější Ø 3 mm a ve spodní desce musí být uloženy s přesahem, proto jsou díry vrtány vrtákem Ø 2,9 mm. 0,05 mm jako přesah pro uložení dírkovače, je dostatečný.

Řezání závitů – do tří děr Ø 3,2 mm, jsou ve spodní desce vyřezány závity M4.

Vyvrtání děr pro šrouby – díry na šrouby Ø 3,2 mm jsou v horní desce vyvrtány dalším vrtákem Ø 4,1 mm. Tím se docílí, že šroub je v této desce uložen s vůlí a při kompletování perforovací matrice nedojde k tření.

Zahloubení děr pro šrouby – díra v horní desce pro zapuštění hlavy šroubu do desky.

Vyřezání tvaru matrice – na pásové pile OPUS 400, je vyřezán tvar, který byl podle papírové šablony přenesen na desky pomocí rýsovací jehly.

Sražení ostrých hran – při řezání na pásové pile, vznikají po obvodu ostré hrany a výstupky, které mohou způsobit zranění pracovníka při manipulaci. Na jednoúčelovém odhrotovacím stroji, jsou tyto hrany odstraněny.

Celkový čas práce na obou deskách $\mathbf{t_{cp}}$ **= 67:49 min**, byl změřen na stopkách s přesností na vteřiny. Čas obrábění na jednotlivých strojích, spotřeba energie a náklady jsou uvedeny v kapitole 6.1.

5 AUTOMATIZOVANÁ VERZE VÝROBY

Automatizovaná verze výroby je v této práci popsána pouze teoreticky a to z finančních důvodů. Stroj, který by byl v případě praktické výroby použit, je obráběcí centrum Mori Seiki Dura Vertical 5080. K přípravě NC programu pro obráběcí stroj byl použit software GibbsCAM, který je ve vlastnictví firmy.

Při obrábění na obráběcím centru nejsou desky svařeny k sobě, jak je tomu u ruční výroby, ale obrábí se každá zvlášť. To si vyžaduje vytvoření dvou různých obráběcích programů. Další rozdíl při obrábění na obráběcím centru je ten, že nedochází k předvrtávání děr. Nástroj musí vždy vrtat do plného materiálu. Například při zahlubování musí být vždy nejprve vyvrtána díra s větším průměrem. Nástroje jsou vyrobeny ze slinutých karbidů, které jsou navíc povlakovány TiN. Použitá procesní kapalina je ředěna na 7% a její vlastnosti jsou uvedeny v příloze 3.

Dle katalogu nástrojů WNT [11] bylo zjištěno, že řezná rychlost vrtání, pro použitou ocel (příloha 1) a nástroje, se pohybuje v rozmezí $v_c = 42 – 54$ m.min^{-1} a pro frézování $v_c = 200$ m.min^{-1}. Použité řezné rychlosti jsou však voleny nižší, kvůli menšímu opotřebení nástrojů. Dle vztahu (5.1) pro řeznou rychlost, jsou vypočítány otáčky jednotlivých operací.

$$v_c = \frac{\pi . D . n}{1000} \tag{5.1}$$

kde: v_c [m.min^{-1}] - řezná rychlost,
D [mm] - průměr nástroje,
n [min^{-1}] - otáčky.

5.1 Obrábění spodní desky

Operace, nutné pro úplné obrobení spodní desky, jsou zobrazeny v tabulce 5.1.

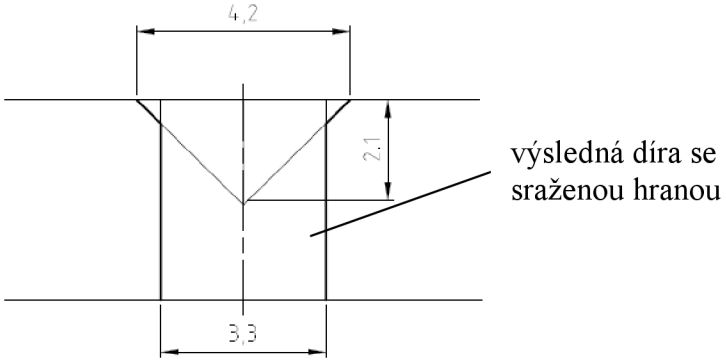
Tab. 5.1 Seznam operací pro obrobení spodní desky.

Číslo operace	Popis operace	Použitý nástroj	Řezná rychlost [m.min^{-1}]	Otáčky nástroje [min^{-1}]
1.	Navrtání středicích důlků	Středicí vrták Ø 0,6 mm	18,85	10000
2.	Vrtání děr	Vrták Ø 2,9 mm	50,1	5500
3.	Navrtání děr pro šrouby	Vrták Ø 4,2 mm	46,2	3500
4.	Vyvrtání děr pro šrouby	Vrták Ø 3,3 mm	46,6	4500
5.	Vyřezání závitů	Závitník M4	10	800
6.	Frézování obvodového tvaru	Fréza Ø 10 mm	100,5	3200

Navrtání středicích důlků – pro přesné určení polohy os obráběných děr, je zapotřebí navrtání středicích důlků. Pro tuto operaci, byl vybrán středicí vrták Ø 0,6 mm, který vrtá do hloubky H = 0,3 mm.

Vrtání děr pro uložení dírkovačů – vrtákem Ø 2,9 mm.

Navrtání děr průměru 4,2 mm – tyto díry jsou vrtány v poloze os budoucích závitů. Jsou vrtány pouze do hloubky H = 2,1 mm tak, aby při další operaci zůstala sražená hrana, pro řezání závitu (obr. 5.1).



Obr. 5.1 Znázornění díry se sraženou hranou.

Předvrtání děr na závity – pro závit M4 je nutno předvrtat díru Ø 3,3 mm.

Vyřezání závitů – do tří předvrtaných děr Ø 3,3 mm je vyřezán závit M4.

Vyfrézování obvodového tvaru - nástrojem, použitým pro tuto operaci, je fréza průměru 10 mm. Řezná rychlost odpovídá přibližně polovině rychlosti udávané prodejcem, z důvodu nižšího opotřebení nástroje. Šířka záběru ostří a_p je zvolena 1,5 mm, software GibbsCAM však tuto hodnotu přepočítal, v závislosti na tloušťce plechu t_{pl} = 4 mm, na a_p = 1,333 mm. Pro vyfrézování tvaru jsou tedy potřeba tři průjezdy nástroje.

Dokončená deska po simulaci je zobrazen na obrázku 5.2, čas obrábění $\mathbf{t_O = 11{:}33.9}$ min je, dle simulace, změřen dohromady pro všechny operace, bez výměn nástrojů. Čas pro výměnu jednoho nástroje je $\mathbf{t_v}$ = 0,0433 min (dle simulace), což je 2,6 s.

NC program obrábění spodní desky je uveden v příloze 4.

Celkový čas obrábění spodní desky je součtem času obrábění a času výměn nástrojů:

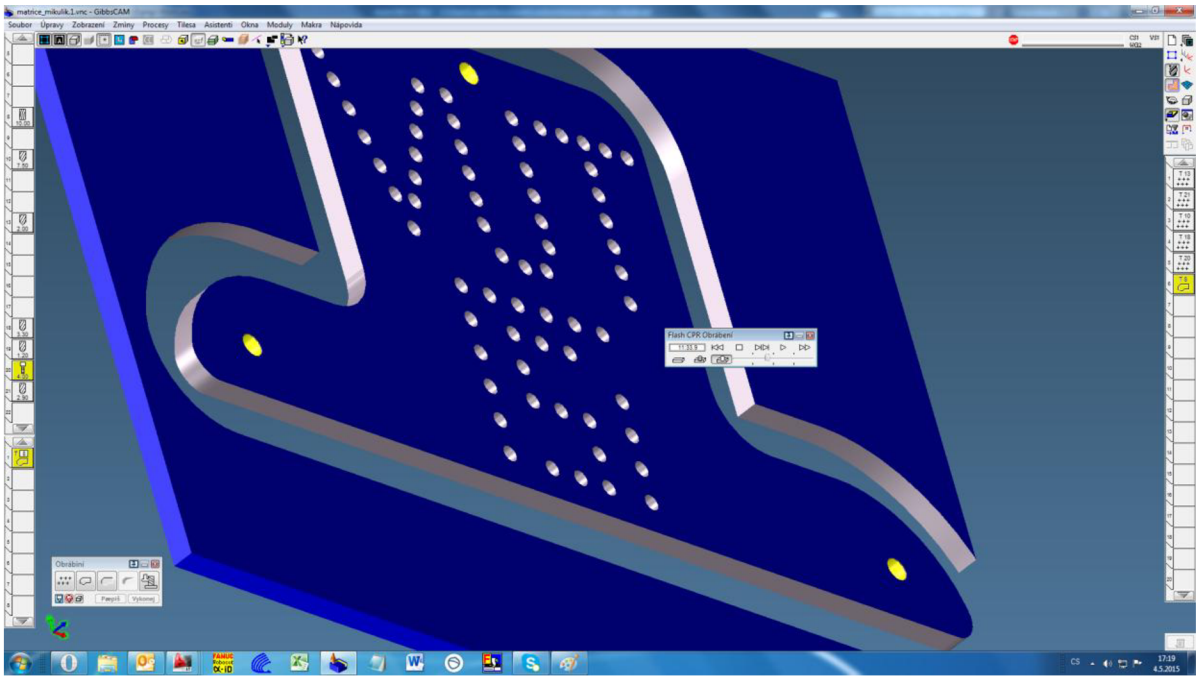
$$t_{c1} = t_O + t_{AX} \tag{5.2}$$

kde: t_{c1} [min] - celkový čas obrábění spodní desky,

t_O [min] - čas obrábění desky,

t_{AX} [min] - čas výměny nástroje.

$$t_{c1} = 11{,}565 + 6 \cdot 0{,}0433 = 11{,}8248\ min = 11{:}\,49{,}49\ minut$$



Obr. 5.2 Spodní plotna po dokončení obráběcích operací.

5.2 Obrábění horní desky

Obráběcí operace nutné k úplnému dokončení horní desky, jsou uvedeny v tabulce 5.3.

Tab. 5.3 Seznam operací pro obrobení horní desky.

Číslo operace	Popis operace	Použitý nástroj	Řezná rychlost [m.min^{-1}]	Otáčky nástroje [min^{-1}]
1.	Navrtání středicích důlků	Středicí vrták Ø 0,6 mm	18,85	10000
2.	Navrtání děr (sražení hrany)	Vrták Ø 4 mm	41,4	3300
3.	Navrtání děr	Vrták Ø 3,5 mm	49,5	4500
4.	Vyvrtání děr	Vrták Ø 2,4 mm	43,7	5800
5.	Zahloubení děr pro šrouby	Vrták Ø 7,5 mm	49,5	2100
6.	Vyvrtání děr pro šrouby	Vrták Ø 4,1 mm	45	3500
7.	Srážení hrany obvodového tvaru	Celokarbidový středicí vrták Ø 8 mm	75	3000
8.	Vyfrézování obvodového tvaru	Fréza Ø 10 mm	100,5	3200

Navrtání středicích důlků - stejným způsobem jako u desky spodní (kap. 5.1).

Navrtání děr - toto první navrtání, se provádí vrtákem Ø 4 mm a pouze do hloubky H = 2 mm, tak aby při následné operaci sloužilo jako sražená hrana díry. Podobně jako tomu bylo v kapitole 5.1 u vrtání díry pro závit.

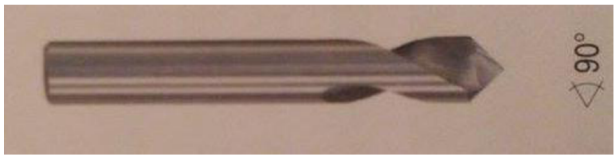
Navrtání děr - další operace navrtání se provádí vrtákem Ø 3,5 mm do hloubky H = 2,4 mm. Tato operace se provádí z důvodu odlehčení díry, pro snazší odvod odpadního materiálu, při následném perforování.

Vyvrtání děr - vrták 2,4 mm je zvolen dle tabulky na obrázku 4.1.

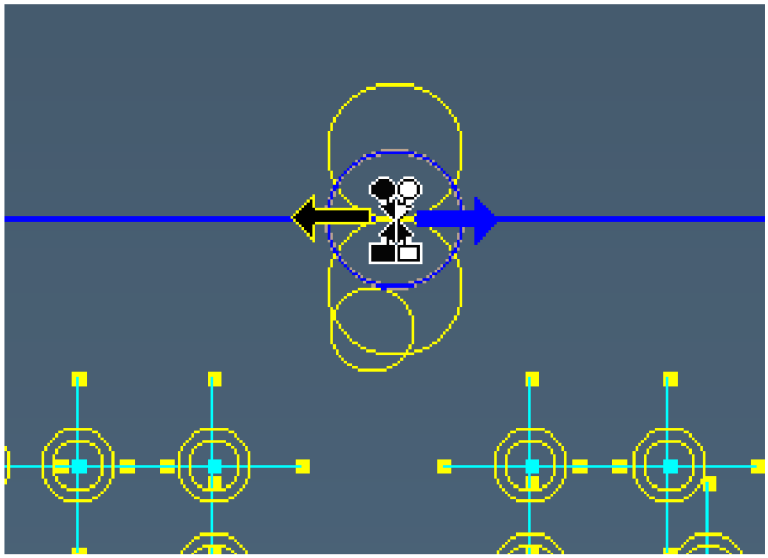
Zahloubení děr pro šrouby - díra pro zapuštění hlavy šroubu do materiálu, vrták je Ø 7,5 mm, hloubka vrtání H = 3,8 mm.

Vyvrtání děr pro šrouby - průměr vrtáku je 4,1 mm.

Srážení hrany po obvodu - středicím vrtákem ze slinutého karbidu (obr. 5.3) je obráběn obvod matrice do hloubky H = 1 mm, tak, aby osa nástroje kopírovala obvod perforovací šablony (obr. 5.4). Při následném vyfrézování, tímto vznikne sražená hrana.



Obr. 5.3 Středicí vrták.

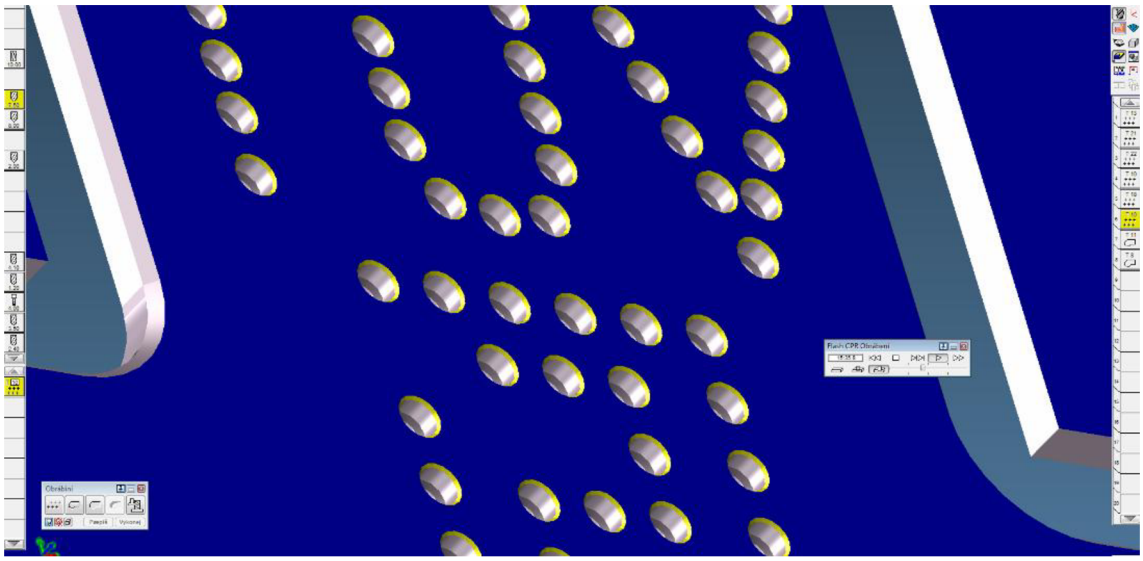


Obr. 5.4 Vytváření sražené hrany frézováním.

Vyfrézování obvodového tvaru - konečné vyfrézování obvodového tvaru. Stejné jako u desky spodní v kapitole 5.1.

Horní deska, po všech obráběcích operacích, je zobrazena na obrázku 5.5. Na obrázku je vidět sražení hran po obvodu šablony i vyvrtaných děr.

Zkrácený NC program obrábění horní desky je v příloze 5.



Obr. 5.5 Horní deska po obrábění.

Celkový čas obrábění horní desky je součtem strojního času a času výměn nástrojů, podle vztahu 5.2.

$$t_{c2} = t_O + t_{AX} \tag{5.2}$$

kde: t_{c2} [min] - celkový čas obrábění horní desky.

$$t_{c2} = 15{,}5967 + 8 \cdot 0{,}0433 = 15{,}9431\ min = 15{:}\,56{,}58\ minut$$

6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POSOUZENÍ VERZÍ

V této kapitole jsou posouzeny obě výrobní verze, včetně času přípravné části. Dále bude porovnán čas obrábění, mzda pracovníka a celkové náklady. Cena elektrické energie je 3,70 Kč/kWh [10].

6.1 Ruční verze výroby

Přípravná část ruční verze výroby pro tuto práci, zabrala čas **t_p = 6:15 min = 6,25 min**. Čas obrábění **t_c = 61:34 min = 61,57 min** (kap. 4.1), zahrnuje čas obráběcích operací na obou deskách, včetně přesunu mezi jednotlivými stroji. Čas chodu jednotlivých strojů (měřen stopkami), spotřeba elektrické energie a její cena je zobrazena v tabulce 6.1. Hodinová mzda pracovníka obsluhující ruční stroje je **130 Kč/hod (2,17 Kč/min)**.

Tab. 6.1 Rozdělení práce, spotřeba energie a náklady na jednotlivých strojích.

Použitý stroj	Práce, nástroj	Čas chodu stroje	Spotřeba energie [kWh]	Cena energie [Kč]
Vrtačka VS 13 II	Vrtání, vrták Ø 2,4 mm	9 min 04 s	0,09	0,333
	Zahlubování, vrták Ø 3,5 mm	3 min 32 s	0,028	0,1
	Vrtání, vrták Ø 3,2 mm	35 s	0,004	0,015
	Vyvrtávání, vrták Ø 2,9 mm	2 min 34 s	0,02	0,074
	Vyvrtávání, vrták Ø 4,1 mm	7 s	0,0009	0,003
	Zahlubování, záhlubník Ø 10 mm	36 s	0,004	0,015
Jednoúčelový odhrotovací stroj	Odstranění ostřin, srážení hran	4 min 37 s	0,13	0,48
Pásová pila	Odřezání svarů, řezání obvodového tvaru	11 min 58 s	0,22	0,81
Celkem	-	33 min 3 s	0,367	1,83

Mzda pracovníka při ruční výrobě lze vypočítat dle vztahu 6.1.

$$m_p = t_{cp} \cdot m_m \tag{6.1}$$

kde: m_p [Kč] - mzda pracovníka za výrobu součásti,

t_{cp} [min] - celkový čas práce na obou deskách,

m_m [2,17 Kč/min] - minutová mzda pracovníka.

$$m_p = 67{,}82 \cdot 2{,}17 = 147{,}17\ Kč$$

Celkové náklady u ruční verze výroby této řešené součásti, získáme ze vztahu 6.2.

$$N = cena\ energie + m_p \tag{6.2}$$

kde: N [Kč] - celkové náklady za ruční výrobu součásti.

$$N = 1{,}83 + 147{,}17 = 149\ Kč.$$

6.1 Automatizovaná verze výroby

Pro tento případ, by byl čas přípravy přibližně 45 min a zahrnoval by práci na počítači, seřízení stroje a nahrání NC programu. Při porovnání bude počítáno s hodinovou sazbou stroje, která je určena firmou a stanovena na 600 Kč/hod. Mzda pracovníka, obsluhujícího tento stroj a počítač, je 150 Kč/hod. Náklady práce na stroji jsou uvedeny v tabulce 6.2. Čas práce stroje je získán součtem časů obrábění spodní a horní desky podle vztahu 6.3.

$$t_{co} = t_{c1} + t_{c2} \tag{6.3}$$

kde: t_{co} [min] - čas obrábění obou desek na stroji.

$$t_{co} = 11{,}8248 + 15{,}9431 = 27{,}768 \doteq 27{:}45\ minut$$

Tab. 6.2 Náklady na práce na obráběcím centru.

Práce	Hodinová mzda	Čas práce	Náklady
Příprava	150 Kč/hod	45 min + 27,75 min	181,9 Kč
Práce na stroji	600 Kč/hod	27,75 min	275,5 Kč
Celkem	-	72,75 min	457 Kč

6.3 Porovnání

Základní zjištěné údaje jsou uvedeny v tabulce 6.3.

Tab. 6.3 Zobrazení časů a nákladů u obou verzí.

	Ruční výroba	Automatizovaná výroba
Čas přípravy	6,25 min	45 min
Čas výroby	61,57 min	27,75 min
Náklady	149 Kč	457 Kč

7 DISKUZE

V tabulce 6.3 jsou zobrazeny klíčové údaje výroby. Náklady na výrobu této perforovací matrice automatizovaným způsobem jsou více než trojnásobné. To je způsobeno především dobou přípravy, která byla ještě prodloužena nezkušeností autora práce v programu GibbsCAM a častým konzultováním s pracovníkem firmy zajišťující tuto činnost. Přesnost u této technologie je však mnohem vyšší než u ruční výroby, kde vše závisí na psychické a fyzické kondici pracovníka, jeho zkušenosti a zručnosti. Například u přenášení poloh os na ocelové desky pomocí důlkovače, je zkušenost a zručnost základním předpokladem pro pozdější přesnost výroby perforovacích matric.

Celkový čas práce za pomoci ručních strojů (čas přípravy není uvažován) je t_{co} = 61,57 minut (kap. 4.1). V tabulce 6.1 je uvedena doba chodu strojů 33 minut. Zbývající čas je ovlivněn pohybem mezi jednotlivými stroji, prací se stopkami a zaznamenáváním časových údajů.

Jednou z možností jak zvýšit přesnost a rychlost u ruční výroby, je vytvoření plechové šablony, která je bodovými svary spojena s ocelovými deskami a vrtání probíhá do laserem vyřezaných děr. Díky tomu odpadne nutnost použití důlkovače. Firma však laserovým strojem nedisponuje. Je tedy nucena plechové šablony objednávat u jiné společnosti, a proto tuto možnost využívá jen při větších objednávkách.

ZÁVĚR

V kapitole 6 jsou porovnávány základní údaje výroby perforovacích matric ručním a automatizovaným způsobem. Čas při ruční výrobě byl významně ovlivněn několika faktory:

- zhoršenou pohyblivostí autora,
- malou zkušeností s přípravnou fází,
- prací se stopkami a zaznamenáváním časových údajů,
- ne zcela ideálním umístěním jednotlivých strojů.

Výroba automatizovaným způsobem je u tohoto výrobku více než trojnásobně nákladnější. Tato skutečnost je způsobena především dlouhou dobou tvoření NC programu, přípravy stroje a náklady na jeho provoz. Největší výhody výše zmíněného způsobu výroby jsou:

- přesnost obrábění, kdy se stroj řídí souřadnicemi zadanými zákazníkem,
- rychlost obrábění,
- pracovník může za chodu stroje vykonávat jinou práci.

Jelikož se jedná o výrobu kusovou, firma zřejmě zůstane u ručního způsobu, který je méně nákladný. Pro snížení výrobního času by mělo dojít k lepšímu uspořádání strojů, například k přiblížení jednoúčelového odhrotovacího stroje a pásové pily k vrtačkám.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *Sefo plus s. r. o.* [online]. 2013 [vid. 2015-04-01]. Dostupné z: http://www.sefoplus.cz/Perforovaci-matrice-a6_2.htm
2. *Příručka obrábění, kniha pro praktiky*. 1. vyd. Praha: Sandwik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.
3. KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2005. 272 s. ISBN 80-214-3068-0.
4. ADAM, J. *Technologie vrtání a vrtací přípravky*. Brno, 2013 [vid. 2015-05-05] Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
5. BRYCHTA, Josef, Robert ČEP, Jana NOVÁKOVÁ a Lenka PETŘKOVSKÁ. *Technologie II - 1. díl*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1641-8.
6. KOS, B. *Nástroje pro frézování*. Brno, 2008. [vid. 2015-05-05] Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
7. *Agap s. r. o.* [online]. 2012 [vid. 2015-05-07]. Dostupné z: http://www.strojekovo.cz/stolni-vrtacky/5413-vs-13-ii.html
8. *KOVO.net* [online]. 2009 [vid. 2015-05-07]. Dostupné z: http://www.kovo.net/index.php?kategorie=979&type=detail&sub=z&ID=65438
9. *Mirka* [online]. 2013 [vid. 2015-05-07]. Dostupné z: http://www.mirka.com/en/Cz/Abrasives/Abrasives_By_Name/?productgroup=&product=HIOLIT+X___570
10. *Centropol* [online]. 2011 [vid. 2015-05-20]. Dostupné z: http://www.centropolenergy.cz/data/ceniky/elektrina/2015-01/OPTIMUM-EON-2015.pdf
11. *Katalog nástrojů*. Velké Meziříčí: WNT, 2015. 1826 s.
12. JAROLÍM, Karel, Zdeněk LEDR a František RŮŽIČKA. *Elektrické přístroje a stroje*. 5. vyd. Praha: SNTL, 1971. 368 s.
13. U. S. STEEL KOŠICE S. R. O. *Metallurgical certificate no: 15/201888 01*. Košice, 2015.
14. OLEA CZ S. R. O. *Certifikát jakosti: Optima cool 40*. Jersín, 2014.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
ČSN	[-]	Česká technická norma
FSI	[-]	Fakulta strojního inženýrství
HSS	[-]	High Speed Steel (Rychlořezná ocel)
MO	[-]	Počátek plastických deformací
NO	[-]	Konec plastických deformací
TiN	[-]	Nitrid titanu
VUT	[-]	Vysoké učení technické

Symbol	Jednotka	Popis
D	[mm]	Průměr nástroje
H	[mm]	Hloubka obrábění
L	[mm]	Délka nástroje
N	[Kč]	Celkové náklady za ruční výrobu součásti
R	[mm]	Poloměr
$\mathbf{a_p}$	[mm]	Šířka záběru ostří
n	$[min^{-1}]$	Otáčky nástroje
$\mathbf{m_m}$	[Kč]	Minutová mzda pracovníka
$\mathbf{m_p}$	[Kč]	Mzda pracovníka
$\mathbf{t_{AX}}$	[min]	Čas výměny nástroje
$\mathbf{t_c}$	[min]	Čas obrábění na ručních strojích
$\mathbf{t_{co}}$	[min]	Celkový čas obrábění obou desek na stroji
$\mathbf{t_{cp}}$	[min]	Čas práce na obou deskách
$\mathbf{t_{c1}}$	[min]	Čas obrábění spodní desky
$\mathbf{t_{c2}}$	[min]	Čas obrábění horní desky
$\mathbf{t_o}$	[min]	Čas obrábění desky bez výměny nástrojů
$\mathbf{t_p}$	[min]	Čas přípravy
$\mathbf{t_{pl}}$	[mm]	Tloušťka plechu
$\mathbf{t_v}$	[min]	Čas výměny nástroje

$\mathbf{v_c}$	[$m.min^{-1}$]	Řezná rychlost
$\mathbf{v_f}$	[$mm.min^{-1}$]	Posuv obrobku
$\boldsymbol{\gamma_o}$	[°]	Nástrojový ortogonální úhel řezu
Ø	[mm]	Průměr

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Složení a vlastnosti oceli
Příloha 2 Technické parametry vrtačky VS 13 II
Příloha 3 Vlastnosti procesní kapaliny
Příloha 4 NC program pro spodní plotnu
Příloha 5 NC program pro horní plotnu

PŘÍLOHA 1

Složení a vlastnosti oceli [13].

11373

Inspection certificate according to EN 10204-3.1

U.S.Steel Košice,s.r.o.
Vstupný areál U.S.Steel
044 54 Košice
SLOVAK REPUBLIC

Code: 717P4C45/04
Works Order No: XC512517
Advice No: 15/201888 01
Your order: 20141535

METALLURGICAL CERTIFICATE NO: 15/201888 01

Desc. of goods: HEAVY PLATES 12MM AND UNDER		Size: 4,000 x 1000,0 x 2000,0 mm EN 10051/10
Standard: EN 10025-2/04		Net Weight: 5 106 kg
Quality: S235JR+N	Spec. No: 30165703	

Unit No	Coil No	Heat	Unit No	Coil No	Heat
486600301	4866003	48660	486600305	4866003	48660

MECHANICAL TEST RESULTS

		Min. / Max.	Coil No 4866003
Tensile streng.-Rm(1)	(MPA)	360/510	435
Yield point-ReH(1)	(MPA)	235/	319
Elongation A5(1)	(%)	24,0/	33,0

Direction: (1)-transversal;

CHEMICAL COMPOSITION, %

	Min. / Max.	Heat No 48660		Min. / Max.	Heat No 48660
C	/0,17	0,14	Mn	/1,40	0,51
Si	/0,03	0,02	P	/0,035	0,012
Al	0,020/	0,038	N	/0,012	0,004
S	/0,035	0,009	Cr	/0,305	0,021
Cu	/0,55	0,04	CEV	/0,350	0,237
Mo	/0,060	0,002	Ni	/0,305	0,013
V	/0,008	0,001			

On the basis of the IAEA recommendation allowed limit of weight-based activity of a heat sample amounts up to 300 Bq/kg. 750 Last Page: 1
F-USM/0063-04/10-01-12
The measured weight-based activity of Co60 + Cs137 radionuclide is not higher than 100 Bq/kg.
Košice: 29.01.2015, 7:32:18 THE MATERIAL IS IN COMPLIANCE WITH ORDER REQUIREMENTS.
JOZEF ČERVEŇÁK,AUTHORIZED INSPECTION REPRESENTATIVE. e-mail:jcervenak@sk.uss.com, tel.:+421-55-6737464
DARINA BERNÁTOVÁ,AUTHORIZED INSPECTION REPRESENTATIVE.e-mail:dbernatova@sk.uss.com,tel.:+421-55-6732373

CE 06 1015 E-30-20300-06

U. S. Steel Košice, s.r.o. 02
Vstupný areál U. S. STEEL
Odbor Analýzy kvality a špecifikácie
Uvoľňovanie výrobkov a Hutné atesty
044 54 Košice

Dokument certifikoval uživatel Jozef Červeňák <jcervenak@sk.uss.com>.
Digitally signed by Jozef Červeňák
Date: 2015.01.29 09:30:32 CET

PŘÍLOHA 2

Technické parametry vrtačky VS 13 II [7].

Upnutí nástroje	Sklíčidlo do Ø 13mm
Počet převodových stupňů	5
Převod	Klínový řemen
Otáčky vřetene	405, 575, 1620, 2140, 2820, 810, 1150, 3240, 4280, 5640 min^{-1}
Napětí	380V
Vzdálenost hřídele sklíčidla od stolu	95 – 390 mm
Vzdálenost vřetena od sloupu	220 mm
Zdvih vřetena	70 mm
Rozměry pracovního stolu	290 x 495 mm
Rozměry pracovní plochy	225 x 280 mm
Upínání součásti	T - drážka šířky 12 mm
Hmotnost	75 kg

PŘÍLOHA 3

Vlastnosti procesní kapaliny [14].

Olea
Your oil solution

Certifikát jakosti

Produkt: **OPTIMA COOL 40**

Číslo šarže/
Jakostní dávka: **004520004-VYR1400402-1**

Parametry	Jednotky	Metoda	Limity	Výsledek
Kinematická viskozita při 40 °C	mm2/s	ČSN EN ISO 3104	10 - 60	51,49
Hustota při 15 °C	g/cm3	ČSN EN ISO 12185	0.937 - 1.037	0,983
pH, 5% emulze	1	ČSN 65 6299	9.25 - 9.35	9,25
Korozivní působení na filtrační papír	1	PM 110	0 - 2	0

PŘÍLOHA 4 (1/3)

NC program pro spodní desku.

```
%
O5002( MIKULIK.1.NCF )
( MATRICE_MIKULIK.1.VNC )
( FORMAT- FANUC MSX 501 MS
DURAVERTICAL [SF-V9-SPEC]
NC51398.16.5M.PST )
( 4.5.2015 V  5:58 PM )
( VYSTUP V ABSOLUTNI MM )
( POCET SOUCASTI- 1 )
( PRVNI NASTROJ NENI VE VRETENI )

( OPERACE 1 DIRY )
( DXF HLADINA '0' )
( T 13 2. NAVRTAVAK )
N1G91G30Z0.M19
N2G90
N3G0G17G40G80G90G94
N4T13
N5M6
N6T21
N7G54X69.428Y-32.523S5000M3
N8G43Z100.H13
N9/M8
N10Z5.
N11G81G98X69.428Y-32.523Z-0.3R2.F500.
N12X71.397Y-37.523
N13X73.232Y-42.523
N14X75.066Y-47.523
N15X76.901Y-52.523
N16X78.735Y-57.523
N17X80.937Y-63.523
N18X83.138Y-57.523
N19X84.973Y-52.523
N20X86.807Y-47.523
N21X88.641Y-42.523
N22X90.476Y-37.523
N23X92.445Y-32.523
N24X98.981
N25X98.989Y-37.523
N26X98.997Y-42.523
N27X99.006Y-47.523
N28X99.014Y-52.523
N29X99.022Y-57.523
N30X101.357Y-62.752
N31X106.504Y-63.523
N32X111.65Y-62.752
N33X113.985Y-57.522
N34X113.993Y-52.522
N35X114.001Y-47.522
N36X114.009Y-42.522
N37X114.017Y-37.522
N38X114.026Y-32.522
N39X120.561Y-32.523
N40X125.561
N41X130.561
N42X135.561
N43X140.561
N44X130.576Y-37.523
N45X130.59Y-42.523
N46X130.605Y-47.523
N47X130.62Y-52.523
N48X130.635Y-57.523
N49X130.652Y-63.523
N50X121.291Y-72.235
N51X114.786
N52X108.281
N53X101.775
N54X95.27
N55X88.765
N56Y-78.74
N57Y-85.246
N58Y-91.751
N59Y-98.256
N60Y-104.762
N61X98.523
N62X105.028
N63X111.533
N64Y-98.256
N65Y-91.751
N66X105.028
N67X98.523
N68Y-85.246
N69Y-78.74
N70X105.028
N71X111.533
N72X121.291Y-85.246
N73Y-91.751
N74Y-98.256
N75Y-104.762
N76G80Z30.
N77M9
N78M5
N79G91G30Z0.M19
N80G90
N81M1

( OPERACE 2 DIRY )
( DXF HLADINA '0' )
( T 21 2.9 VRTAK )
N82G0G17G40G80G90G94
N83G91G30Z0.M19
N84G90
N85T21
N86M6
N87T10
N88X69.428Y-32.523S5500M3
N89G43Z100.H21
N90/M8
N91Z5.
N92G83G98X69.428Y-32.523Z-
5.R2.Q2.5F250.
N93X71.397Y-37.523
N94X73.232Y-42.523
N95X75.066Y-47.523
N96X76.901Y-52.523
N97X78.735Y-57.523
N98X80.937Y-63.523
N99X83.138Y-57.523
N100X84.973Y-52.523
N101X86.807Y-47.523
```

PŘÍLOHA 4 (2/3)

NC program pro spodní desku.

```
N102X88.641Y-42.523
N103X90.476Y-37.523
N104X92.445Y-32.523
N105X98.981
N106X98.989Y-37.523
N107X98.997Y-42.523
N108X99.006Y-47.523
N109X99.014Y-52.523
N110X99.022Y-57.523
N111X101.357Y-62.752
N112X106.504Y-63.523
N113X111.65Y-62.752
N114X113.985Y-57.522
N115X113.993Y-52.522
N116X114.001Y-47.522
N117X114.009Y-42.522
N118X114.017Y-37.522
N119X114.026Y-32.522
N120X120.561Y-32.523
N121X125.561
N122X130.561
N123X135.561
N124X140.561
N125X130.576Y-37.523
N126X130.59Y-42.523
N127X130.605Y-47.523
N128X130.62Y-52.523
N129X130.635Y-57.523
N130X130.652Y-63.523
N131X121.291Y-72.235
N132X114.786
N133X108.281
N134X101.775
N135X95.27
N136X88.765
N137Y-78.74
N138Y-85.246
N139Y-91.751
N140Y-98.256
N141Y-104.762
N142X98.523
N143X105.028
N144X111.533
N145Y-98.256
N146Y-91.751
N147X105.028
N148X98.523
N149Y-85.246
N150Y-78.74
N151X105.028
N152X111.533
N153X121.291Y-85.246
N154Y-91.751
N155Y-98.256
N156Y-104.762
N157G80Z30.
N158M9
N159M5
N160G91G30Z0.M19
N161G90
N162M1

( OPERACE 3 DIRY )
( DXF HLADINA '0' )
( T 10 7.5 NAVRTAVAK )
N163G0G17G40G80G90G94
N164G91G30Z0.M19
N165G90
N166T10
N167M6
N168T18
N169X106.471Y-26.037S3000M3
N170G43Z100.H10
N171/M8
N172Z5.
N173G81G98X106.471Y-26.037Z-
2.1R2.F200.
N174X30.988Y-100.673
N175X179.068
N176G80Z30.
N177M9
N178M5
N179G91G30Z0.M19
N180G90
N181M1

( OPERACE 4 DIRY )
( DXF HLADINA '0' )
( T 18 3.3 VRTAK )
N182G0G17G40G80G90G94
N183G91G30Z0.M19
N184G90
N185T18
N186M6
N187T20
N188X106.471Y-26.037S4800M3
N189G43Z100.H18
N190/M8
N191Z5.
N192G85G98X106.471Y-26.037Z-
5.2R2.F250.
N193X30.988Y-100.673
N194X179.068
N195G80Z30.
N196M9
N197M5
N198G91G30Z0.M19
N199G90
N200M1

( OPERACE 5 DIRY )
( DXF HLADINA '0' )
( T 20 4. ZAVITNIK )
N201G0G17G40G80G90G94
N202G91G30Z0.M19
N203G90
N204T20
N205M6
N206T8
```

PŘÍLOHA 4 (3/3)

NC program pro spodní desku.

```
N207X106.471Y-26.037S800M3
N208G43Z100.H20
N209/M8
N210Z5.
N211M29S800
N212G84G98X106.471Y-26.037Z-7.R2.F560.
N213X30.988Y-100.673
N214X179.068
N215G80Z30.
N216M9
N217M5
N218G91G30Z0.M19
N219G90
N220M1

( OPERACE 6 KONTURA )
( DXF HLADINA '0' )
( T 8 10. CELNI VALCOVA FREZA
DOKONCOVACI )
N221G0G17G40G80G90G94
N222G91G30Z0.M19
N223G90
N224T8
N225M6
N226T13
N227X107.656Y-10.762S3000M3
N228G43Z100.H8
N229/M8
N230Z50.
( ZACATEK CYKLU )
N231Z-1.333
N232G41G1Y-20.762F100.D8
N233X135.028F200.
N234G2X145.028Y-30.762I0.J-10.
N235G1Y-75.762
N236G3X155.028Y-85.762I10.J0.
N237G1X170.028
N238G2X194.234Y-104.512I0.J-25.
N239G2X189.393Y-110.762I-4.841J-1.25
N240G1X20.663
N241G2X15.822Y-104.512I0.J5.
N242G2X40.028Y-85.762I24.206J-6.25
N243G1X55.028
N244G3X65.028Y-75.762I0.J10.
N245G1Y-30.762
N246G2X75.028Y-20.762I10.J0.
N247G1X107.656
N248X109.656
N249G40Y-10.762
N250G0Z20.
( ZACATEK CYKLU )
N251X107.656
N252Z-2.667
N253G41G1Y-20.762F100.D8
N254X135.028F200.
N255G2X145.028Y-30.762I0.J-10.
N256G1Y-75.762
N257G3X155.028Y-85.762I10.J0.
N258G1X170.028
N259G2X194.234Y-104.512I0.J-25.
N260G2X189.393Y-110.762I-4.841J-1.25
N261G1X20.663
N262G2X15.822Y-104.512I0.J5.
N263G2X40.028Y-85.762I24.206J-6.25
N264G1X55.028
N265G3X65.028Y-75.762I0.J10.
N266G1Y-30.762
N267G2X75.028Y-20.762I10.J0.
N268G1X107.656
N269X109.656
N270G40Y-10.762
N271G0Z20.
( ZACATEK CYKLU )
N272X107.656
N273Z-4.
N274G41G1Y-20.762F100.D8
N275X135.028F200.
N276G2X145.028Y-30.762I0.J-10.
N277G1Y-75.762
N278G3X155.028Y-85.762I10.J0.
N279G1X170.028
N280G2X194.234Y-104.512I0.J-25.
N281G2X189.393Y-110.762I-4.841J-1.25
N282G1X20.663
N283G2X15.822Y-104.512I0.J5.
N284G2X40.028Y-85.762I24.206J-6.25
N285G1X55.028
N286G3X65.028Y-75.762I0.J10.
N287G1Y-30.762
N288G2X75.028Y-20.762I10.J0.
N289G1X107.656
N290X109.656
N291G40Y-10.762
N292G0Z20.
N293M9
N294M5
N295G91G30Z0.M19
N296G90
N297M30
%
( DELKA SOUBORU- 5837 ZNAKU )
( DELKA SOUBORU- 48.90 STOP )
( DELKA SOUBORU- 14.98 METRU )
```

PŘÍLOHA 5

NC program pro horní desku.

```
%
O5003( MATRICE_MIKULIK.OP.NCF )
( MATRICE_MIKULIK.OP.VNC )
( FORMAT- FANUC MSX 501 MS
DURAVERTICAL [SF-V9-SPEC]
NC51398.16.5M.PST )
( 4.5.2015 V  5:59 PM )
( VYSTUP V ABSOLUTNI MM )
( POCET SOUCASTI- 1 )
( PRVNI NASTROJ NENI VE VRETENI )

( OPERACE 1 DIRY )
( DXF HLADINA '0' )
( T 13 2. NAVRTAVAK )
N1G91G30Z0.M19
N2G90
N3G0G17G40G80G90G94
N4T13
N5M6
N6T21
N7G54X130.572Y-32.523S5000M3
N8G43Z100.H13
N9/M8
.
.
( OPERACE 2 DIRY )
( DXF HLADINA '0' )
( T 21 3.5 VRTAK )
N82G0G17G40G80G90G94
N83G91G30Z0.M19
N84G90
N85T21
N86M6
N87T22
N88X130.572Y-32.523S4500M3
N89G43Z100.H21
N90/M8
.
.
( OPERACE 3 DIRY )
( DXF HLADINA '0' )
( T 22 2.4 VRTAK )
N163G0G17G40G80G90G94
N164G91G30Z0.M19
N165G90
N166T22
N167M6
N168T10
N169X130.572Y-32.523S5500M3
N170G43Z100.H22
.
.
( OPERACE 4 DIRY )
( DXF HLADINA '0' )
( T 10 7.5 NAVRTAVAK )
N244G0G17G40G80G90G94
N245G91G30Z0.M19
N246G90
N247T10
N256X126.768Y-42.523
.
.
( OPERACE 5 DIRY )
( DXF HLADINA '0' )
( T 10 7.5 NAVRTAVAK )
N320G90G0X93.529Y-26.037S3000M3
N321Z5.
N322G81G98X93.529Y-26.037Z-3.8R2.F200.
N323X169.012Y-100.673
N324X20.932
N325G80Z30.
N326M9

( OPERACE 6 DIRY )
( DXF HLADINA '0' )
( T 18 4.1 VRTAK )
N331G0G17G40G80G90G94
N332G91G30Z0.M19
N333G90
N334T18
N335M6
.
.
( OPERACE 7 KONTURA )
( DXF HLADINA '0' )
( T 11 8. NAVRTAVAK )
N350G0G17G40G80G90G94
N351G91G30Z0.M19
N352G90
N353T11
N354M6
.
.
( OPERACE 8 KONTURA )
( DXF HLADINA '0' )
( T 8 10. CELNI VALCOVA FREZA
DOKONCOVACI )
N382G0G17G40G80G90G94
N383G91G30Z0.M19
N384G90
N385T8
N386M6
N387T13
N388X96.273Y-10.762S3000M3
N389G43Z100.H8
N390/M8
N391Z50.
( ZACATEK CYKLU )
N392Z-1.333
N393G41G1Y-20.762F100.D8
N394X124.972F200.
N395G2X134.972Y-30.762I0.J-10.
N396G1Y-75.762
.
.
%
( DELKA SOUBORU- 8881 ZNAKU )
( DELKA SOUBORU- 74.27 STOP )
( DELKA SOUBORU- 22.72 METRU )
```