

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH PROGRESIVNÍ TECHNOLOGIE VÝROBY STRIŽNÉHO NÁSTROJE.

PROJECTION ADVANCED PRODUCTION TECHNOLOGY OF SHEARING TOOL.

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. TOMÁŠ VEJREK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. OSKAR ZEMČÍK, CSC.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2009/10

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Vejrek Tomáš, Bc.

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

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

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

Návrh progresivní technologie výroby střížného nástroje.

v anglickém jazyce:

Projection advanced production technology of shearing tool.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Analýza technologie výroby střížných nástrojů.
2. Návrh variantních technologií výroby střížných nástrojů.
3. Vypracování výrobních postupů.
4. Návrh a zpracování programů na vybrané NC stroje.
5. Technicko ekonomické vyhodnocení.
6. Závěr s doporučením pro využití v praxi.

Cíle diplomové práce:

Návrh variantní technologie výroby střížného nástroje, na základě rozboru stávající výroby. Vypracování programů NC strojů, pro zvolené metody obrábění obrysu. Na závěr doporučení využití v praxi.

Seznam odborné literatury:

1. ZEMČÍK, O. Technologická příprava výroby. 1. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2002. 153 s. ISBN 80-214-2219-X.
2. ZEMČÍK, O. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2003. 198 s. ISBN 80-214-2336-6
3. KÖNIG, W. Fertigungsverfahren band 1, 2, 3, 4, 5, 6. 4. Aufl. Düsseldorf : VDI – Verlag GmbH, 1999. 416 s. ISBN 3-18-401054-6
4. Firemní podklady dle dalšího zpřesnění a určení.
5. REICHARD, A. Fertigungstechnik 1, 2. 10. Aufl. Hamburg : Handwerk und technik, 1993. 420 s. ISBN 3-582-02311-7

Vedoucí diplomové práce: Ing. Oskar Zemčík, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 13.11.2009





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Návrh progresivní technologie výroby střížného nástroje. Popis střížného nástroje a střížného procesu, rozbor stávajících technologií výroby střížného nástroje. Navržení dvou variantních technologií výroby dané střížnice metodou konvenční a nekonvenční, vypracování technologických postupů a programů na vybrané NC stroje, jejich porovnání a technickoekonomické vyhodnocení se závěrem s doporučením pro využití v praxi.

Klíčová slova

Střížný nástroj, technologie, konvenční, nekonvenční, elektroerozivní drátové řezání, frézování, obrábění, výroba, nástroj, stroj, střížník, střížnice, CAD/CAM.

ABSTRACT

Proposal progressive technology of production shearing tools. Description shearing tools and shear of the process, analysis current technology production shearing tools. Proposition two variant technology production given to dies method conventional and unconventional, elaboration technological progress and programmes on choice NC machinery, their comparison and technical economic evaluation in fine with recommendation for usage practically.

Key words

Shearing tool, technology, conventional, unconventional, electroerosion machining wire cutting, paring, cutting, production, tool, machine, stamp, stamping die, CAD/CAM.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VEJREK, Tomáš. *Návrh progresivní technologie výroby střížného nástroje: Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 69 s., 9 příloh. Ing. Oskar Zemčík, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh progresivní technologie výroby střížného nástroje vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum: 26. 5. 2010

.....
Bc. Tomáš Vejrek

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce Ing. Oskaru Zemčíkovi, CSc. za odborné vedení, cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce a firmě ASN HAKR Brno s.r.o., hlavně pak vedoucímu výroby Radimu Popelákovi za odborné konzultace, poskytnutí informací a přístupu do výroby za účelem vypracování této diplomové práce.

OBSAH

Abstrakt.....	3
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah	7
Úvod	9
1. ANALÝZA TECHNOLOGIE VÝROBY STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ	10
1.1 Popis střížného nástroje.....	10
1.1.1 Koncept střížného nástroje	11
1.1.2 Střížnice	12
1.1.3 Střížníky	13
1.1.4 Rozdělení střížných nástrojů	14
1.2 Popis střížného procesu.....	15
1.2.1 Určení střížné síly	16
1.2.2 Určení střížné práce.....	18
1.2.3 Určení střížné vůle	19
1.3 Materiály používané v konstrukci střížných nástrojů	19
1.3.1 Nástrojové oceli	19
1.3.2 Konstrukční oceli.....	20
1.3.3 Litiny.....	21
1.3.4 Slinuté karbidy	21
1.4 Obrobitelnost materiálu	22
1.5 Technologie výroby střížných nástrojů	24
1.5.1 Konvenční technologie obrábění.....	24
1.5.1.1 Frézování	24
1.5.1.2 Broušení.....	25
1.5.1.3 Obrážení	26
1.5.2 Nekonvenční technologie obrábění.....	26
1.5.2.1 Elektroerozivní obrábění	27
1.5.2.2 Elektroerozivní drátové řezání	29
1.5.3 Tepelné a chemicko tepelné zpracování.....	30
1.5.3.1 Kalení.....	30
1.5.3.2 Žihání.....	31
1.5.3.3 Cementování.....	31
1.5.3.4 Nitridování	31
2. NÁVRH VARIANTNÍCH TECHNOLOGIÍ VÝROBY STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ.....	32
2.1 Návrh funkčních částí střížného nástroje	32
2.1.1 Návrh střížníků	33
2.1.2 Návrh střížnice	35
2.1.3 Návrh koncepce střížného nástroje	36
2.2 Technologie výroby zadaných střížníků	37
2.2.1 Střížník pro vystřížení vnějšího tvaru	38
2.2.2 Střížník pro vystřížení vnitřního tvaru	39
2.2.3 Střížník pro kalibrování.....	40
2.3 Variantní technologie výroby střížnice.....	40
2.3.1 Střížnice varianta 1.....	40

2.3.2 Střížnice varianta 2.....	42
3. VYPRACOVÁNÍ VÝROBNÍCH POSTUPŮ.....	46
3.1 Tepelné zpracování daných součástí.....	46
4. NÁVRH ZPRACOVÁNÍ PROGRAMŮ NA VYBRANÉ NC STROJE.....	47
4.1 Základní pojmy.....	47
4.2 Programování obráběcích strojů	48
4.2.1 Struktura NC programu	48
4.3 Programování obráběcích strojů CNC	49
4.3.1 Informační slova CNC programu.....	49
4.4 Vypracování programů pro obrábění	50
4.4.1 CAM program SURFCAM	51
4.4.2 CAM program KOVOPROG	55
5. TECHNICKO EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ	59
5.1 Technické vyhodnocení	59
5.2 Ekonomické vyhodnocení	60
5.2.1 Ekonomické vyhodnocení Varianta 1	60
5.2.2 Ekonomické vyhodnocení Varianta 2	60
5.3 Porovnání navržených variant obrábění.....	61
ZÁVĚR	62
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	64
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	67
SEZNAM PŘÍLOH.....	69

ÚVOD

Technologie obrábění je v současné době jedno z nejrozšířenějších odvětví ve strojírenství, kterému se klade velká pozornost. Je jí zapotřebí v podstatě ve všech oblastech strojírenského průmyslu. Proto se spousta firem a vědeckých institutů věnuje neustálému zdokonalování současných metod obrábění. Nemalá pozornost je také věnována vývoji nových nástrojů, strojů, upínacích a ustavovacích prvků a procesních kapalin pro obrábění.

Na jednotlivé vývoje se kladou velmi tvrdé požadavky, mezi které patří např. rozměrová a geometrická přesnost obrobku, drsnost obrobené plochy a výrazným činitelem je také ekologická šetrnost při obrábění. Určujícím faktorem je však ekonomická stránka, která se ve strojírenství dostává stále více do popředí. Jednotlivé nástrojárny a výrobní provozy vedou neustálý konkurenční boj, který se promítá do jejich technologické, strojní a konstrukční vybavenosti.

Dnešní stroje a nástroje pro obrábění nám nabízejí širokou škálu možností při volbě technologie obrábění, s tímto se však kladou i čím dál větší požadavky na znalosti nejenom technologů a konstruktérů, ale i na odbornou obsluhu strojů a jejich programátorů. Současný trh nám také nabízí velké množství tzv. CAD/CAM systémů sloužících pro tvorbu programů na obrábění.

Součástí této práce je také návrh a vytvoření NC programů pro výrobu dané součásti.

Tato práce se zabývá návrhem a porovnáním konvenčních a nekonvenčních technologií výroby dané střížnice. Jsou zde popsány a vyhodnoceny 2 variantní technologie obrábění. Jako první varianta je nekonvenční metoda a sice výroba střížnice pomocí elektroerozivního drátové řezání. Tato metoda se postupem času stala při výrobě střížných nástrojů jedna z nejpoužívanějších. Druhá varianta je konvenční metoda výroby střížnice pomocí frézování a obrážení.

Cílem této práce je na základě experimentálního obrábění dané střížnice porovnat konvenční a nekonvenční metody výroby a následně je technickoekonomicky vyhodnotit.

Práce je nejdříve zaměřena na obecný popis technologie výroby střížných nástrojů. Je zde definován i teoretický základ střížného procesu a popis technologií výroby používaných při výrobě střížných nástrojů.

1 ANALÝZA TECHNOLOGIE VÝROBY STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ

Postupový střížný nástroj se skládá z mnoha jednotlivých komponentů, které jsou zhotoveny z různých materiálů. Toto je dáno funkcí, kterou jednotlivé komponenty při střížném procesu zastávají.

Při konstrukci postupových střížných nástrojů řeší konstruktér širokou škálu úkolů geometrického, technického a technologického charakteru. K jejich řešení musí mít určité předpoklady z nichž vychází. Při moderním konstruování je limitován dvěma rozhodujícími parametry – kvalitou návrhu nástroje a rychlostí jeho zpracování.

Mechanická konstrukce daného střížného nástroje je do značné míry variabilní, stejně funkční nástroj můžeme zkonstruovat několika různými způsoby. Tyto způsoby konstrukce se pak liší jednotlivými parametry, jako jsou životnost, spolehlivost a v neposlední řadě cena nástroje. Konstruktéři používají nejčastěji normálie, které vyrábí specializovaní dodavatelé. K těmto normálím se pak přidávají automatizační a mechanizační prvky, které se osvědčily v jednotlivých konstrukčních kancelářích.(23)

1.1 Popis střížného nástroje

Konstrukčními vlivy pro střížné nástroje jsou tvar střížných částí a vůle v nástroji. Střížník a střížnice jsou u většiny střížných nástrojů na čele rovné a k samotnému stříhu dochází po celé délce střížného obvodu najednou. V případě kdy potřebujeme snížit střížnou sílu (jde-li o to, narovnat při stříhu v nástroji tenký polotovár) používáme šikmé střížníky. Šikmé střížníky vyrovnávají tečnou složkou střížné síly při stříhu polotovaru.

Vliv na tvářitelnost plechu, na kvalitu střížné plochy a objem deformovaného materiálu má velikost střížné vůle.

Pro případ přesného stříhání se používá činných částí, které v oblasti stříhu dodatečně vyvolávají plastické deformace ve stříhaném obvodu a to zaoblením nebo zkosením střížníku (pro vnější rozměr), nebo střížnice (pro vnitřní rozměr). Tato úprava se provádí i při přesném stříhání s nátlacnou hranou, kde se nástroj opatřuje rovněž sražením střížné hrany, pro zvýšení kvality střížné plochy. Pro dosažení dobrého povrchu, se v některých případech stříhání vnějšího obvodu používá stříhání se zápornou vůlí, kde se zvětšuje průměr střížníku proti střížnici o střížnou vůli. Pro zápornou vůli platí, že se stoupajícími mechanickými vlastnostmi polotovaru je záporná vůle menší a pohybuje se v rozmezí 2 až 5% tloušťky stříhaného polotovaru.

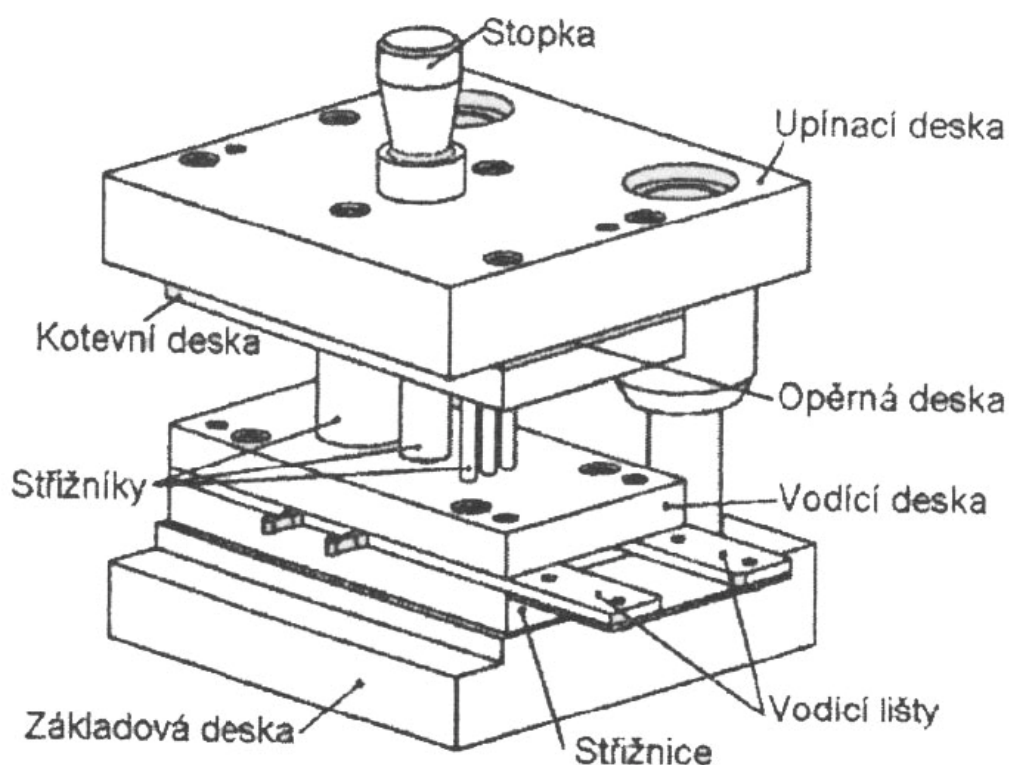
Geometrie střížnic pro přistřihování, tvoří samostatnou skupinu. Jsou zde zcela odlišné napěťové poměry proti stříhání, které jsou totožné s poměry při obrábění. Přídavek na přistřižení, který je odebírán v jedné či více operacích je odstraňován ve formě třísek. Střížník nebo střížnice má geometrii protahovacího trnu, který má úhel čela od 10 do 16° podle přistřihovaného polotovaru materiálu. Úhel musí být tím menší, čím vyšší jsou mechanické vlastnosti stříhaného materiálu. (4)

1.1.1 Koncept střížného nástroje

Střížné nástroje se liší konstrukcí, kterou je nástroj zkonstruován. V dnešní době se mnoho firem, v různých oblastech strojírenského průmyslu zabývá výrobou různých součástí, které je výhodné vyrábět pomocí střížného procesu. Tyto součásti se vyrábí právě střížnými nástroji. Každá firma se snaží, aby tento nástroj splňoval všechny požadavky kladené na výrobu daného výstřížku a zároveň byl co nejuniverzálnější (z hlediska složitosti konstrukce a výroby) a samozřejmě z ekonomického hlediska co nejlevnější.

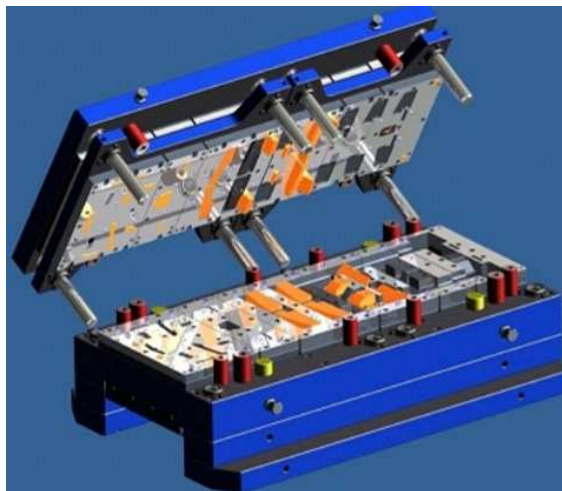
Koncept střížného nástroje je do jisté míry složitá záležitost, kterou se snaží v konstrukčních kancelářích neustále zdokonalovat a za jejíž dokonalostí stojí nejenom výsledná cena daného produktu (výstřížku), ale i čas ve kterém je firma schopna výsledný produkt dodat. Proto se klade důraz na co nejuniverzálnější skladbu celého nástroje, na jednoduchou výměnu jednotlivých střížníků, střížnic a namáhaných částí a samozřejmě na co nejsnazší údržbu. Proto se střížné nástroje většinou skládají z jednotlivých modulů, které se dají upravovat a vyměňovat podle daného stříhu.

Na obrázku 1.1 je zobrazen model střížného nástroje s popisem jednotlivých částí. (2)



Obr. 1.1 Střížný nástroj v univerzálním stojánu s vodící deskou (2)

Složitost střížného nástroje, je dána složitostí výsledného produktu a konstrukčním řešením celého nástroje.



Obr. 1.2 Postupový střížný nástroj (19)

1.1.2 Střížnice (4)

Střížnice je činnou částí střížného nástroje, která je upevněna přímo nebo nepřímo na základové desce. Podle tvaru, velikosti a technologie výroby je buď z jednoho kusu (kalená nebo nekalená), nebo skládaná v případě stříhání složitějších výlisků a pro tváření ve více operacích.

Střížná hrana střížnice může být na:

- kuželové ploše
- kuželové s válcovou plochou
- válcové ploše

Jejich tvary a použití jsou uvedeny v tabulce 1.1

Tab.1.1 Střížné hrany střížnice (4)

Tvar střížné hrany	Použití
Kónický	Pro stříhání malých součástí střední přesnosti se úhel zvyšuje od 10' (pro tl. 0,1 mm) do 1° (pro tl. 6 mm)
Kónický s fazetkou	Pro přesné tvarově složité součásti. Šířka fazetky je od 3 mm (pro tl. < 0,5 mm) do 15 mm (pro tl. = 10 mm) Úhel kónusu 3 až 5 °
Válcový	Pro střížnice při použití vyhazovače a pro přesné stříhání s nátlakovou Hranou

Celistvá střížnice obsahuje mimo střížné otvory také otvory pro dorazy, boční odstříhovače a připevňovací a středící elementy. Celistvé střížnice musí být konstruovány tak, aby můstek, který vzniká mezi jednotlivými střížnými obvody byl úměrný střížným odporům a odolný vůči praskání při tepelném zpracování. Jako dělené se konstruují střížnice složitějších tvarů a střížnice větší jak 200 mm. Obvod střížnice se rozdělí na několik segmentů, které se buď připevní na základovou desku šrouby a zajistí kolíky, nebo se zalisují do měkké nekalené střížnice.

Činné délky vložek by z důvodu komplikací (deformace) při tepelném zpracování neměly přesahovat délku 250 až 300 mm.

Kromě kalených střížnic se používá i měkkých střížnic, které jsou opatřeny na střížné ploše návary ze samokalitelných slitin. Tyto navařené střížné hrany se používají pro velkorysné střížné nástroje a jsou specifické svou snadnou opravitelností. Proto jsou vhodné tam, kde bude nutné opravovat střížný obvod a u stříhání poměrně tenkých plechů.

Vložkování měkkých střížnic vložkami ze slinutých karbidů, nebo kalenými vložkami je velmi časté, hlavně u menších nástrojů. Střížná deska je nejčastěji vyrobena z oceli 11 500 dle ČSN a jednotlivé vložky se zasazují do vyvrtaných otvorů. Vložky jsou pak zajištěny proti vypadnutí buď zalisováním s uložením H7/n6, nebo osazením na vnějším průměru, popřípadě se zakrývají lištou (pokud jsou blízko vodící lišty). Pokud střížný otvor není rotační, musí se vložky zajistit proti pootočení. Zajištění se provádí pomocí osového kolíku, nebo kalenou příložkou. Místo kalených vložek můžeme používat pro velké série, nebo pro tvrdé materiály vložek ze slinutých karbidů, u nástrojů pro stříhání rotorových a statorových plechů. U přesného stříhání ve dvou operacích (přistříhování) používáme střížnice kuželově broušené na čelní ploše. Velikost úhlu čela se pohybuje mezi 10 až 16° podle mechanických vlastností přistříhovaného materiálu. (4)

1.1.3 Střížníky (4)

Střížníky představují protikus střížnice. Podle technologického použití je můžeme rozdělit na střížníky:

- odstříhovací a přestříhovací
- vystříhovací a prostříhovací
- odstříhovače

Střížníky odstříhovací se používají pro odstříhování odpadu na obvodu rozměrných výtažků. Jsou používány buď celé z nástrojové oceli, nebo vložkované. Odstříhovací střížníky se také používají v případě příčného dělení pásu, nebo svitku při stříhání výstřížků do tzv. řetízků. Používají se nejčastěji v poslední operaci při oddělování výstřížků z pásu nebo při stříhání odpadu.

Střížníky vystříhovací a zastříhovací se používají při vystříhování obrysů do děrovaného polotovaru. Jejich děrovací poměr s/d se mění v širokých mezích a proto se používá celá řada jejich provedení. Volba provedení daného střížníku je dána tzv. štíhlostním poměrem střížníků. Pro střížníky štíhlé se provádí kontrola na vzpěr.

V případě použití střížníku bez vedení se střížná síla kontroluje podle vztahu (4):

$$F = \pi \cdot d \cdot t \cdot k_s = \frac{0,05 \cdot \pi \cdot E \cdot d^4}{l^2} \quad [N] \quad (1.1)$$

Pro případ s vedením (4):

$$F = \frac{0,1 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot d^4}{l^2} \quad [N] \quad (1.2)$$

Střížníky se z hlediska vedení dělí na:

- nevedené
- vedené
- zesílené

Střížníky nevedené se používají od děrovacího průměru $s/d > 0.7$ a pro délky střížníku $l/d < 4$. Konstruuují se zpravidla jako válcové, tvarově neosazené, nebo jako osazené v činné části střížníku. Pro průměry od 3 do 10 mm, se osazení provádí v délce $l_0 = (1,5 \text{ až } 2,0)$ s s přechodovým poloměrem $r = (2,0 \text{ až } 5,0)$ s a průměrem zesílené části střížníku $D_{\text{omax}} = (4,0 \text{ až } 5,0)$ s. U tlustých plechů, kde $s = 2,5$ mm se ke snížení stahovací síly polotovaru provádí v osazené části kónické střížníky.(4)

1.1.4 Rozdělení střížných nástrojů (4)

Střížné nástroje obecně dělíme na:

- Střížné nástroje bez vedení

Tyto nástroje se používají např. pro děrování, ostříhování součástí pro malé série a pro stříhání silnějších pásů plechů.

- Střížné nástroje s vedením

Používají se spíše pro tváření složitějších výlisků a to děrovaných nebo stříhaných po obvodu v postupových nástrojích a v postupových sdružených nástrojích atd.

Střížné nástroje s vedením se dále dělí na:

- Nástroje postupové
- Nástroje postupové sdružené
- Nástroje ostříhovací (4)

- Univerzální střížné nástroje

Univerzální střížné nástroje se používají u skupinových technologií. V těchto nástrojích jsou vyměnitelné funkční části nebo jsou nástroje přestavitelné pomocí dorazů.

- Nástroje pro malé série

Nástroje pro malé série se uplatňují spíše pro méně složité a středně velké součásti.

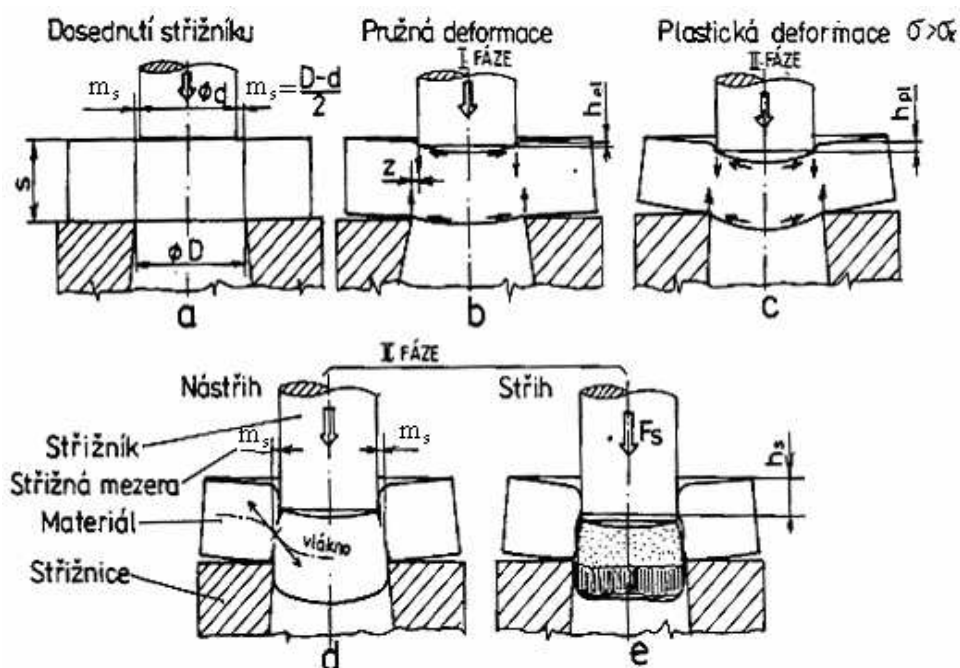
Tyto nástroje se dále dělí na:

- Pinzetové nástroje
- Klasické nástroje
- Lištové nástroje
- Nástroje s litou střížnicí a upínací deskou

- Nástroje pro přesné stříhání a přistřihování (4)

1.2 Popis střížného procesu (4)

Střížný proces probíhá v plastické oblasti, která je definovaná střížnou vůlí mezi střížníkem a střížnicí. Materiál určený ke stříhání je oddělován působením střížné síly. Tato střížná síla má vzrůstající tendenci s dosažením maxima v okamžiku, kdy se začíná stříhaný materiál oddělovat. Poté střížná síla klesá poměrně rychle až k nule, rychlost tohoto poklesu je závislá na stříhaném materiálu, konstrukci střížných hran a odporech, které působí proti zasunutí výstřížku do střížnice. (4)



Obr. 1.3 Průběh stříhání s normální střížnou vůlí (3)

1.2.1 Určení střížné síly (2)

Pro překonání soudržnosti materiálu musí dosáhnout přetvárný odpor ve střížné ploše meze pevnosti v tahu, $\sigma_p = R_m$.

Střížné napětí (2):

$$\tau_s = \sigma_1 = 0,77 \cdot R_m \quad [MPa] \quad (1.3)$$

Napětí ve stříhu τ_s je zároveň deformačním odporem ve stříhu, který se nazývá také střížný odpor. Střížný odpor zahrnuje vliv mechanických vlastností stříhaného materiálu a tvaru střížné plochy.

Pro střížnou sílu při děrování a vystřihování můžeme na základě vztahu (1.3) a geometrických podmínek stříhu napsat vztah:

Střížná síla (2):

$$F_{stř} = n \cdot L \cdot (s_0 - h_s) \cdot \tau_s = (1,0 \text{ až } 1,3) (s_0 - h_s) \cdot L \cdot 0,77 \cdot R_m \quad [N] \quad (1.4)$$

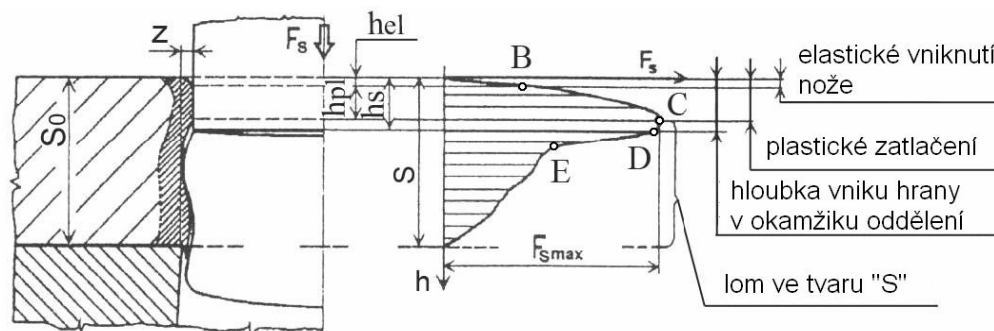
$n = 1,0$ až $1,3$ je zvyšující koeficient zahrnující vliv vnějších podmínek při stříhání (nerovnoměrnost napjatosti, nerovnoměrnost tloušťky plechu a především zhoršení kvality střížných hran)

L = délka křivky stříhu (obvod střížníku) [mm]

h_s = hloubka vniknutí střížné hrany [mm]

Na obr. 1.4 je zobrazen charakteristický průběh střížné síly v závislosti na hloubce vniknutí střížníku. K plastické deformaci-přetvoření, dochází po krátké dráze elastického vniknutí břitu-napěchování kovu pod břitem. Přestože se střížná plocha zmenšuje, dochází k plynulému nárůstu síly vlivem lokálního zpevnění. Mírný a plynulý pokles síly až po hloubku vniknutí h_s nastává po vzniku nástřihu (první porušení trhlinami). Následně dojde k úplnému porušení lomem ve tvaru "S" křivky a s výrazným poklesem síly k následnému oddělování výstřížku. Vzájemným otěrem vytvořené "S" plochy je způsobeno lokální snížení výrazného gradientu poklesu střížné síly. Zpevněná oblast pak dosahuje do 20 až 30% tloušťky plechu.

Střížná práce při stříhu rovnoběžnými střížnými hranami je dána pod křivkou střížné síly viz obr. 1.4 (2)



Obr. 1.4 Charakteristický průběh střížného procesu a střížné síly (2)

Střížná síla, která je zvětšená o protlačovací a stírací sílu je celková střížná síla.

Určení celkové střížné síly při přesném vystřihování (1):

$$F_c = F_s + F_{st} + F_{pr} \quad [N] \quad (1.5)$$

F_s = střížná síla [N]

F_{st} = stírací síla [N]

F_{pr} = protlačovací síla [N]

Obecný vztah pro určení střížné síly při stříhání paralelními noži (1):

$$F_s = c_3 \cdot S \cdot \tau_s \quad [N] \quad (1.6)$$

$c_3 = (1,1 - 1,3)$, součinitel otupení břitu [-]

S = plocha stříhu [mm²]

τ_s = mez pevnosti ve stříhu, (80 – 85 % R_m) [MPa]

Vztah pro stírací sílu (1):

$$F_{st} = c_1 \cdot F_s \quad [N] \quad (1.7)$$

c_1 = součinitel stírání [-]

Vztah pro protlačovací (1):

$$F_{pr} = c_2 \cdot F_s \quad [N] \quad (1.8)$$

c_2 = součinitel protlačování [-]

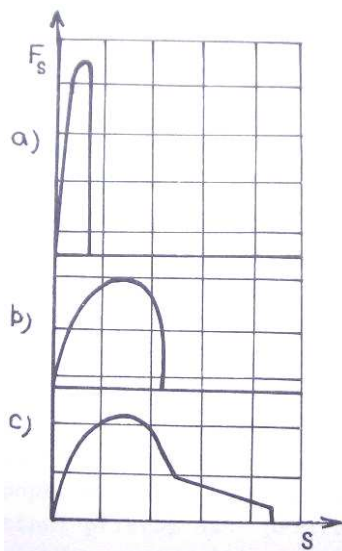
V tabulce 1.2 jsou uvedeny hodnoty součinitelů stírání a protlačování pro některé materiály:

Tab.1.2 Hodnoty součinitelů c_1 a c_2 (1):

Materiál	Tloušťka materiálu	c_1	c_2
Ocel	do 1 mm	0,02 - 0,12	0,005 - 0,08
	1 - 5 mm	0,06 - 0,16	
	nad 5 mm	0,08 - 0,20	
Mosaz		0,06 - 0,07	0,04
Slitiny Al		0,09	0,02 - 0,04

1.2.2 Určení střížné práce (2)(4)

Střížná práce, která je potřebná při stříhu rovnoběžnými střížnými hranami je dána jako plocha pod křivkou střížné síly. Na obrázku 1.5 je zobrazen průběh střížné síly v závislosti na tažnosti materiálu.

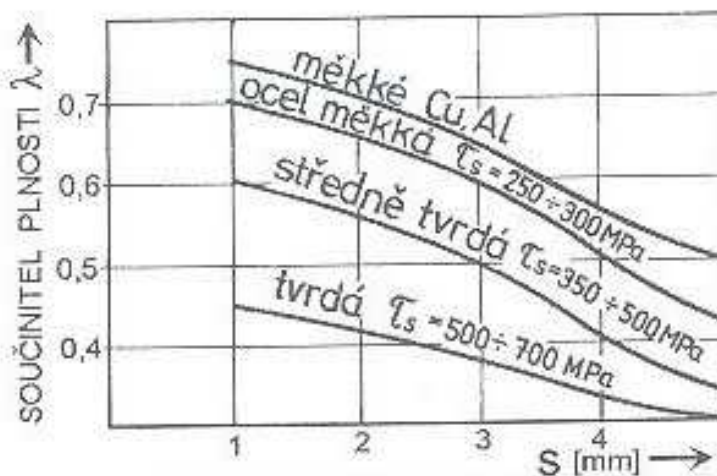


Obr. 1.5 Závislost střížné síly na tažnosti materiálu (4)

Vztah pro určení střížné práce při stříhu rovnoběžnými střížnými hranami (2):

$$A = \lambda \cdot F_{\text{stř max}} \cdot s \quad (1.9)$$

Pro některé materiály je pro porovnání určen součinitel plnosti λ diagramu F-s na obr. 1.6



Obr. 1.6 Graf ke stanovení součinitele plnosti (2)

1.2.3 Určení střížné vůle (1)(8)

Velikost střížné síly, jakost střížné plochy a opotřebení nástroje patří mezi hlavní hlediska mající vliv na volbu střížné vůle. Pro určení velikosti střížné vůle se přihlíží k tloušťce stříhaného materiálu a k pevnosti ve stříhu.(8)

Výpočtem můžeme stanovit velikost střížné vůle ze vztahu podle Oehlera (1):

- plech do tloušťky 3 mm (1):

$$v = 2 \cdot z = 2 \cdot 0,32 \cdot c \cdot s \cdot \sqrt{\tau_s} \quad [mm] \quad (1.10)$$

- plech nad 3 mm tloušťky (1):

$$v = 2 \cdot z = 2 \cdot 0,32 \cdot (1,5 \cdot c \cdot s - 0,15) \cdot \sqrt{\tau_s} \quad [mm] \quad (1.11)$$

v = střížná vůle [mm]

c = součinitel závislý na stupni stříhu [-]

τ_s = mez pevnosti ve stříhu [MPa]

Koeficient c se volí v rozsahu (0,005 – 0,025). pokud je požadován kvalitnější povrch volí se nižší, pokud je požadována minimální střížná síla volí se vyšší.

1.3 Materiály používané v konstrukci střížných nástrojů

Ekonomická otázka výhodnosti přesného vystřihování a hospodárnost, jsou závislé na materiálu funkčních částí nástroje a na postupu tepelného zpracování. Proto byla v minulosti při inovaci nástrojovým materiálům věnována zvýšená pozornost. Nástrojové oceli pro výrobu střížných nástrojů, vyžadují maximální odolnost vůči opotřebení. Vhodná volba materiálu pro funkční části nástrojů pro přesné vystřihování, je závislá na řadě činitelů. Nejdůležitější jsou typ nástroje, způsob namáhání, zpracovávaný materiál a počet kusů. (8)

1.3.1 Nástrojové oceli (1)

Jedná se o slitiny železa, karbidu železa a dalších prvků ovlivňujících strukturní a mechanické vlastnosti výsledné slitiny. V případě že je daná ocel správně tepelně zpracována zvyšuje vyšší podíl slitinových prvků životnost a vlastnosti oceli. V případě že tepelné zpracování neproběhne regulérně, podle požadovaných podmínek, dochází bez ohledu na množství legujících prvků ke zhoršení vlastnosti dané slitiny.

Nástrojové oceli používané pro výrobu střížných nástrojů:

- nelegované uhlíkové
- středně legované
- vysoce legované
- oceli k cementování

Tab.1.3 Nástrojové oceli používané pro výrobu nástrojů (1)

Skupina	Typ oceli	Značení oceli dle ČSN	Vhodnost použití
A	ledeburitické a subledeburitické	19 436, 19 437, 19 438, 19 572, 19 571, 19 581	Na stříhadla s malým nárokem na houževnatost a dobrými střížnými podmínkami.
B	nízkolegované	19 312, 19 713, 19 422	Vyznačují se velkou rozměrovou stálostí, vhodné pro střížníky.
C	pro velké tlaky	19 655, 19 614, 19 662	Stříhadla vystavená velkým střížným silám a vylamování břitů
D	odolné proti rázu	19 356, 19 421	Oceli odolné proti velkým rázům.
E	uhlíkové oceli	19 221, 19 191, 19 222, 19 192, 19 152, 19 132	Pro málo namáhaná stříhadla.
F	odolné proti rázu	19 733, 19 732, 19 740, 19 452	Stříhadla vystavená velkým rázům, namáhání v ohybu a tlaku.

1.3.2 Konstrukční oceli (1)

Použití konstrukčních ocelí při konstrukci střížného nástroje je spíše u nefunkčních dílů. Rozhodujícím faktorem jsou jejich mechanické vlastnosti. Neušlechtilé konstrukční oceli (především oceli třídy 11) se obrábí v přírodním stavu a používají se pro málo namáhané součásti. Ušlechtilé konstrukční oceli třídy 12, 13, 14, a 15 se obrábí již po tepelném zpracování.

Tab.1.4 Konstrukční oceli používané pro výrobu nástrojů (1)

Ocel dle ČSN	Typ	Tvrdost [HRC]	Vhodnost použití
11 107, 11 110	Neušlechtilé		Drobné součásti nástrojů.
11 340, 11 370			Méně namáhané součásti, opěrné desky.
11 373, 11 375, 11 353, 11 423, 11 523			Svařování konstrukčních dílů nástrojů.
11 500, 11 600			Kliky, pera, upínací, kotevní desky.
12 060, 12 061	Zušlechťovatelné	50 až 58	Stírače, upínací hlavice, stopky, opěrné vložky.
12 040, 12 090, 13 180, 14 180		43 až 48	Šroubové, talířové, listové pružiny.
14 260, 15 260		45 až 46	Nejnamáhanější pružinové součásti.
12 010, 12 020	Cementační	60 až 62	Součásti vodícího mechanismu, sloupky, pouzdra.
14 120, 14 220		61 až 63	Součásti s velmi tvrdou cementační vrstvou.

1.3.3 Litiny (1)

Použití litin při konstrukci střížného nástroje je pro málo namáhané součásti u velkých střížných nástrojů. Hlavním kritériem pro jejich uplatnění je způsob namáhání. Ze šedé litiny se především vyrábí díly, které jsou namáhány malým tahovým nebo ohybovým napětím. Díky grafitu ve struktuře, který způsobuje, že litina je samomazná je šedá litina vhodná pro vodící elementy střížných nástrojů. Dalším typem litiny používané v konstrukci střížného nástroje je očkovaná litina, která obsahuje ve své struktuře jemný lamelární grafit. Ten dodává litině dobré mechanické vlastnosti jako je pevnost a houževnatost. Po zakalení získává očkovaná litina dobrou odolnost proti opotřebení. Tvárná litina, kterou se nahrazují např. ocelové odlitky má oproti nim lepší tažnost a zároveň stejnou pevnost.

Tab.1.5 Litiny používané pro výrobu nástrojů (1)

Litina		Pevnost v tahu [MPa]	Tažnost [%]	Vhodnost použití
Typ	Označení dle ČSN			
Šedá (lupínková)	422 430	300	-	Značně namáhané součásti tlustších stěn.
	422 425	250	-	Značně namáhané součásti, stojánky.
Očkovaná	422 456	-	-	Pro součásti, kde jsou vyžadovány dobré kluzné vlastnosti, ložiska.
Tvárná	422 304	400	12	Pro vyšší tlaky a namáhání.
	422 305	500	7	
	422 303	370	17	Pro dynamicky namáhané desky, vyšší tlaky.

1.3.4 Slinuté karbidy (1)

Používají se hlavně pro funkční části nástrojů pro sériovou a hromadnou výrobu výstřižků z materiálů, které způsobují vysoké opotřebení střížných hran, např. nerezové oceli. Nástroje z těchto materiálů mají i přes vyšší pořizovací náklady, díky vyšší trvanlivosti, kvalitě výlisků a menším nákladům na údržbu, nižší celkové náklady na výrobu jednoho výstřižku ve srovnání s nástroji ocelovými. Mají až dvakrát vyšší pevnost v tlaku než kalená nástrojová ocel, jejich pevnost v ohybu je však asi o třetinu až polovinu nižší. Používají se převážně slinuté karbidy skupiny K. Jedná se o směsi na bázi karbidu wolframu (WC) a kobaltu (Co). Množství kobaltu ovlivňuje houževnatost. Ta je tím vyšší čím vyšší je obsah kobaltu. Karbid wolframu ovlivňuje tvrdost a odolnost vůči opotřebení, ty jsou tím vyšší, čím vyšší je množství karbidu wolframu. Použitím slinutých karbidů musíme zajistit pouze tlakové namáhání nástroje a nevystavovat jej namáhání tahovému nebo ohybovému, což klade vyšší nároky na pevnost a tuhost nástroje.

1.4 Obrobitelnost materiálu (2)

Při volbě vhodného materiálu potřebného pro jednotlivé díly v konstrukci střížného nástroje, je nutné definovat pojem obrobitelnost materiálu. Ta je úzce svázána s volbou vhodné technologie obrábění a použití vhodného nástroje pro obrábění.

Obrobitelnost materiálu, můžeme popsat jako souhrnný vliv fyzikálních vlastností a chemického složení materiálů na průběh a na ekonomické, popř. i kvalitní výsledky procesu řezání. Můžeme ji obecně posuzovat z hlediska energetické bilance procesu řezání, z hlediska vlivu materiálů obrobku na intenzitu otěru, z hlediska jejich vlivu na proces tvoření třísky a z hlediska vytváření nového povrchu na obrobku.

Obrobitelnost závisí na různých faktorech, z nichž nejdůležitější jsou:

- mikrostruktura obráběného materiálu
- způsob výroby a tepelné zpracování obráběného materiálu
- fyzikální a mechanické vlastnosti obráběného materiálu
- chemické složení obráběného materiálu
- metoda obrábění
- řezné podmínky
- řezné prostředí
- geometrie nástroje
- druh a vlastnosti nástrojového materiálu

Obrobitelnost je z hlediska technologie obrábění, jednou z nejdůležitějších vlastností materiálu, kterou můžeme obecně definovat jako míru schopnosti daného konkrétního materiálu být zpracován některou metodou obrábění. Je hlavním činitelem ovlivňujícím volbu řezných podmínek pro funkci nástroje při všech metodách obrábění. Charakterizovat obrobitelnost daného materiálu určitou absolutní hodnotou nějaké veličiny je velmi obtížné.

Za jinak konstantních a pokud možno stejných podmínek obrábění, při porovnání například jen různé tvrdosti stejného druhu oceli, by asi nejvhodnějšími absolutními veličinami mohli být považovány:

- objem obráběného materiálu V [cm³]
- velikost obrobené plochy A určité kvality [cm²]
- řezná dráha nebo například hloubka vrtaného otvoru L [m]

Tyto předpokládají srovnání výsledků při dosažení různé trvanlivosti nástrojů. Obvykle jsou citlivé hlavně na velikost řezné rychlosti a dalších podmínek obrábění. V praxi se proto používají tzv. komparační, relativní testy, s využitím materiálu etalonového.

Konstrukční technické materiály jsou pro potřeby vyhodnocování obrobitelnosti rozděleny podle ČSN (Celostátní normy a normativy) do devíti základních skupin, které jsou označovány malými písmeny:

- a- litiny
- b- oceli
- c- těžké neželezné kovy, slitiny mědi a měď

- d- lehké neželezné kovy, slitiny hliníku a hliník
- e- plastické hmoty
- f- přírodní nerostné hmoty
- g- vrstvené hmoty
- h- pryže
- v- tvrzené litiny pro výrobu válců

V těchto jednotlivých skupinách je vždy vybrán jeden konkrétní materiál sloužící jako etalon obrobitelnosti. Relativní obrobitelnost všech ostatních materiálů je pak srovnávána ve vztahu k tomuto etalonovému materiálu.

Na základě indexu kinetické obrobitelnosti jsou materiály každé skupiny děleny do tříd obrobitelnosti.

Vztah pro určení indexu kinetické obrobitelnosti (2):

$$i_0 = \frac{v_{c15}}{v_{c15et}} \quad [-] \quad (1.12)$$

v_{c15} = řezná rychlost při trvanlivosti $T = 15$ minut pro sledovaný materiál

v_{c15et} = řezná rychlost při trvanlivosti $T = 15$ minut pro etalonový materiál

Jednotlivé třídy jsou označovány číslem, které je umístěno před písmeno a určuje danou skupinu materiálu např. 7 b, 11c atd. Materiály, které jsou ve třídách s nižším číslem, než je třída etalonového materiálu pak mají horší obrobitelnost než samotný etalonový materiál. Materiály, které jsou ve třídách s vyšším číslem, pak mají obrobitelnost lepší. Materiál, který je zařazen do třídy s nejnižším číslem má relativně nejhorší obrobitelnost a naopak materiál který je zařazen do třídy s nejvyšším číslem má nejlepší obrobitelnost.

Přehled skupin materiálů, příslušné třídy obrobitelnosti a etalony pro obrábění jsou uvedeny v tab. 1.6.

Tab.1.6 Přehled skupin materiálů, tříd obrobitelnosti a etalonů pro obrábění ($i_0=1$) (2):

třída obrobitelnosti	Skupina materiálů	Etalon	Zařazení v třídě
1a - 14a	litiny a temperované litiny	šedá litina nelegovaná, ČSN42 2420, tvrdost 190 HB	10a
1b - 20b	oceli a oceli na odlitky	ušlechtilá uhlíková ocel ČSN41 2050.1, tvrdost 180 - 200 HB	14b
(2c - 15c)	těžké neželezné kovy	automatová mosaz tvářená za tepla, ČSN 42 3213.21, tvrdost 90 HB	11c
(4d - 16d)	lehké neželezné kovy	tvářená slitina hliníku, vytvrzená, ČSN 42 4380.11, tvrdost 100 HB	10d

1.5 Technologie výroby střížných nástrojů

Výroba nástrojů pro přesné stříhání je na rozdíl od výroby běžných střížných nástrojů velmi pracná a nákladná. Jejich konstrukce klade vysoké požadavky na strojní vybavení nářaďovny a na kvalifikaci nástrojařů. Z důvodu malé střížné vůle musí být funkční části velmi přesně vzájemně slícovány.

Technologie výroby střížných nástrojů můžeme obecně rozdělit na:

- konvenční metody obrábění
- nekonvenční metody obrábění.

Při výrobě nástrojů konvenčními metodami obrábění je zvláště komplikovaná výroba střížnice. Ta je buď dělená, tzn. složená z více částí, nebo nedělená. Způsob výroby dělených střížnic vyžaduje poměrně složité ukotvení jednotlivých částí střížnice. U všech částí musí být uplatňováno velmi přesné tvarové broušení. Střížnice nedělené vyrobené za měkka běžnými způsoby mechanického obrábění většinou nevyhovují podmínkám sériové výroby. Následné deformace po tepelném zpracování (kalení) většinou způsobí, nepřesnost výrobku.

Při výrobě nástrojů nekonvenčními metodami obrábění, jsou funkční díly vyráběny elektrojiskrovou erozí (elektroerozivní obrábění) po tepelném zpracování. Problémy se změnou tvaru obráběných funkčních dílů, které jsou běžné u ostatních metod obrábění, se při elektroerozivním obrábění nevyskytují. (1) (4)

1.5.1 Konvenční technologie obrábění (3)

Obráběcí proces je uskutečňován pomocí různých metod obrábění. Mezi základní konvenční metody obrábění patří soustružení, frézování, vyhrubování, vrtání, vyvrtávání, vystružování a zahlubování, hoblování a obrážení, protahování a protlačování. Tyto metody jsou charakterizovány použitím nástrojů, které mají definovanou geometrii břitu a představují v dnešní době nejvíce využívané aplikace při obrábění různých strojírenských součástí.

Při výrobě střížných nástrojů se nejvíce uplatňují tyto konvenční metody obrábění:

- Frézování
- Rovinné broušení
- tvarové broušení
- obrážení

1.5.1.1 Frézování (3)

Frézování je metoda obrábění, při které se materiál obrobku odebírá břity otáčejícího se nástroje. Posuv koná nejčastěji součást, převážně v kolmém směru k ose nástroje. Moderní frézovací stroje mají plynule měnitelné posuvové pohyby, které se mohou realizovat všemi směry (víceosé CNC frézky a obráběcí centra). Řezný proces je přerušovaný. Každým zubem frézky se odřezávají krátké třísky proměnné tloušťky. (3)

V závislosti na aplikovaném nástroji se z technologického hlediska rozlišuje frézování válcové (frézování obvodem) a frézování čelní (frézování čelem). Z těchto základních způsobů se odvozují i další způsoby, jako je frézování planetové a okružní. Frézování válcové se převážně uplatňuje při obrábění s válcovými a tvarovými frézami. Zuby frézy jsou vytvořeny po obvodu nástroje. Hloubka odebíraného materiálu se nastavuje kolmo na osu nástroje a na směr posuvu. Obrobená plocha je pak rovnoběžná s osou frézy. Frézování čelní se uplatňuje při obrábění s čelními frézami. Břity jsou vytvořeny na čele i obvodu nástroje.

Dle kinematiky obráběcího procesu rozlišujeme frézování sousledné (sousměrné) a nesousledné (protisměrné)

Frézovací stroje se zpravidla člení do čtyř základních skupin na konzolové, stolové, rovinné a speciální. Dle řízení pracovního cyklu se frézky rozdělují na ovládané ručně a řízené programově (tvrdá a pružná automatizace).

K základním řezným podmínkám pro obrábění materiál a frézovací nástroj patří řezná rychlost v_c [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$] a posuv na zub f_z [mm]. V technologické praxi se předepisuje také posuvová rychlost v_f [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]. Řezné podmínky se volí podle druhu práce, druhu použitého nástroje a jakosti obrobených ploch. (3)



Obr. 1.10 Obr. 1.5 CNC frézka MCV 750 (22)

1.5.1.2 Broušení (3)

Broušení patří mezi abrazivní metody obrábění. Používá se hlavně pro obrábění součástí u kterých klademe vyšší požadavky na přesnost rozměrů, tvarů a jakost povrchu. Broušení se dále uplatňuje při obrábění materiálu, které není možné obrobit jinými obráběcími metodami, nebo je metoda broušení hospodárnější. Význam broušení se s rozvojem výkonných brousících strojů a nástrojů rozšiřuje z původní oblasti dokončovacích operací také na produkční obrábění.

Brousící proces má podobné základní charakteristiky jako jiné obráběcí procesy. Zvláště blízký je frézování, dochází u něho však ke kvantitativním i kvalitativním odlišnostem, které se odvíjí zejména od vlastností brusného

kotouče a řezných podmínek. Od frézování se broušení odlišuje zejména různorodostí geometrického tvaru brousicích zrn, která jsou nepravidelně rozmístěna po ploše brousicího nástroje. Úhel čela zrn bývá vesměs záporný a mění se. Brousicí proces je uskutečňován při vysokých řezných rychlostech ($30 \text{ až } 100 \text{ m.s}^{-1}$) a malých průřezech třísky (10^{-3} až 10^{-5} mm^2). (3)

1.5.1.3 Obrážení (3)

Technologie obrážení se při výrobě střížných nástrojů uplatňuje spíše v menší míře. V praktické části však budeme obrábět pomocí této technologie a proto si v této podkapitole definujeme krátký teoretický základ této metody obrábění.

Obrážení se používá při obrábění plochých povrchů za použití jedno břitového nástroje. Při obrážení je hlavní pohyb přímočarý vratný a vykonává jej nástroj. Posuvný pohyb je přerušovaný, kolmý na směr hlavního pohybu a probíhá vždy na konci pracovního dvojzdvihu. Při vstupu nástroje do obráběného materiálu dochází k nárazům. Jeden zdvih nástroje probíhá vždy na prázdno. Při zpětném zdvihu nástroje se vždy provede oddálení nástroje od obrobené plochy. Rychlost pohybu při zpětném zdvihu je vyšší než při pracovním zdvihu.

Geometrie břitu obrážecích nožů je podobná jako u soustružnických nožů. Nůž s prohnutým držákem zabraňuje při najetí na tvrdé místo zaseknutí břitu do obrobené plochy.

Strojem pro obrážení je obrážačka. Z konstrukčně technologického hlediska rozlišujeme obrážačky na vodorovné a svislé.

Vodorovné obrážačky jsou charakteristické vodorovným pohybem smykadla s nástrojem. Pohon smykadla je hydraulický nebo mechanický.

Svislé obrážačky jsou charakteristické svislým pohybem smykadla s nástrojem. Používají se hlavně pro obrábění vnějších, vnitřních tvarových ploch a svislých rovin. (3)

1.5.2 Nekonvenční technologie obrábění (7)

V některých případech, např. z hlediska kvality obrábění, tvarové složitosti, obrobitelnosti materiálu, nebo z hlediska produktivity práce, nejsou klasické způsoby třískovým obráběním příliš vhodné, nebo se nedají vůbec použít. V takovýchto případech nastupují tzv. nekonvenční metody obrábění, do nichž zahrnujeme takové způsoby obrábění, které na rozdíl od třískového způsobu obrábění v převážné míře nepoužívají mechanickou práci pro úběr materiálu. K úběru materiálu používají elektrických, tepelných, ultrazvukových, chemických a abrazivních jevů, nebo jejich vzájemnou kombinaci a to převážně při bez silovém působení na obráběný materiál. Při tomto způsobu obrábění nedochází ke tvorbě třísky.

U nekonvenčních metod obrábění není ve většině případů obrobitelnost materiálu limitována jejich mechanickými vlastnostmi jako je např. tvrdost a pevnost. Jsou vázány především jejich fyzikálními vlastnostmi jako je např. tepelná vodivost, teplota tavení, elektrická vodivost, chemické složení atd.

Mezi nekonvenční metody obrábění používaných při obrábění některých dílů střížného nástroje, patří hlavně Elektroerozivní drátové řezání. (7)

1.5.2.1 Elektroerozivní obrábění (7)

Elektroerozivní obrábění využívá elektro-tepelných principů úběru materiálu a je nejrozšířenější nekonvenční metodou obrábění.



Obr. 1.11 Hloubička Penta CNC (24)

U elektrické eroze dochází k úběru materiálu elektrickým výbojem. Jedná se o velmi složitý fyzikální jev. Elektrická eroze probíhá mezi dvěma elektrodami, které jsou ponořeny do kapalného media. Toto medium je kapalina, která má vysoký elektrický odpor a působí jako dielektrikum. Elektrody jsou nástroj a obrobek. Elektrický výboj mezi elektrodami je podmíněn napětím. Výše napětí závisí na:

- vzdálenosti mezi elektrodami
- vodivosti dielektrické kapaliny
- znečištění dielektrika

Mezi elektrodami se vlivem působení elektrického napětíového pole uvádějí do pohybu volné kladné a záporné ionty. Ty se postupně zrychlují až nabývají vysoké rychlosti. Tímto se vytvoří vodivý ionizovaný kanál a mezi elektrodami začíná protékat elektrický proud. Vzniká výboj, který vyvolává srážky částic. Vytváří se plasmové pásmo, které dosahuje teploty 3000-12000°C. Toto plasmové pásmo způsobuje tavení a odpařování materiálu na elektrodách.

Podmínkou úspěšnosti, která je rozhodující pro elektroerozivní obrábění, je dosažení maximálního úbytku materiálu obrobku a zároveň minimálního úbytku nástrojové elektrody. Úbytek nástrojové elektrody můžeme ovlivnit volbou podmínek obrábění mezi které patří konstrukce generátoru, volba materiálu nástroje v závislosti na materiálu obrobku a pracovním prostředím – dielektrikem. (7)

Zdroje elektrické energie pro elektroerozivní obrábění jsou Generátory. Generátory dělíme na:

- Závislé RC a RLC generátory
- Nezávislé pulzní generátory

Závislé RC a RLC generátory patří k nejstarším zdrojům výbojů, jsou to tzv. elektrojiskrové (relaxační) generátory. Funkce generátoru spočívá v opakovaném nabíjení kondenzátoru, který se nabíjí přes odpor ze zdroje stejnosměrného proudu a jeho následné vybíjení v tzv. pracovní mezeře v okamžiku kdy velikost napětí dosáhne průrazné hodnoty.

Tyto generátory nazýváme závislé, protože frekvence a energie jednotlivých výbojů je závislá na změně poměru v jiskřišti. Závislé generátory dodávají velmi krátké výboje, u kterých převládá elektronová vodivost. Z tohoto důvodu je vhodné zapojovat obrobek jako anodu a nástroj jako katodu, což zajistí menší úbytek.

Nezávislé pulzní generátory umožňují pracovní podmínky eroze nastavovat bez ohledu na poměry v pracovní mezeře. Nezávislé typy generátorů se dělí na rotační a polovodičové.

U rotačních generátorů vznikají impulsy roztáčením dynama asynchronním motorem.

Polovodičové nezávislé generátory umožňují široké nastavení elektrických parametrů. Při výbojích nevzniká záporná půlvlna. Mají malý relativní objemový úbytek nástroje. Charakteristické je pro ně delší trvání impulsů kde převládá iontová vodivost. Obrobek se zapojuje většinou jako katoda.

K výrobě elektrod se jako materiál používá elektrolitická měď, wolframová měď (slitina 50-80% Cu), grafit, mosaz, slitiny Al, wolfram a ocel. V poslední době se také rozšířilo používání elektrod z grafitu. (7)

Kovové nástrojové elektrody se vyrábí:

- Třískovým obráběním
- zápusťkovým kováním, nebo lisováním
- Litím
- Práškovou metalurgií
- Galvanoplastikou
- Stříkáním kovů

Kapalně pracovní prostředí se nazývá dielektrikum. Dielektrikum plní mnoho funkcí, které jsou nutné pro stabilní průběh elektroerozivního procesu. Působí jako izolátor mezi elektrodami, ohraničuje výbojový kanál, odvádí teplo z pracovní mezery, zabraňuje vzniku zkratů. (7)

Vlastnosti dielektrika:

- Dielektrické vlastnosti umožňující vznik výboje průrazem dielektrika
- Bod vzplanutí dielektrika musí být vyšší než 60°C
- Hygienická a ekologická nezávadnost
- Nízká pořizovací cena

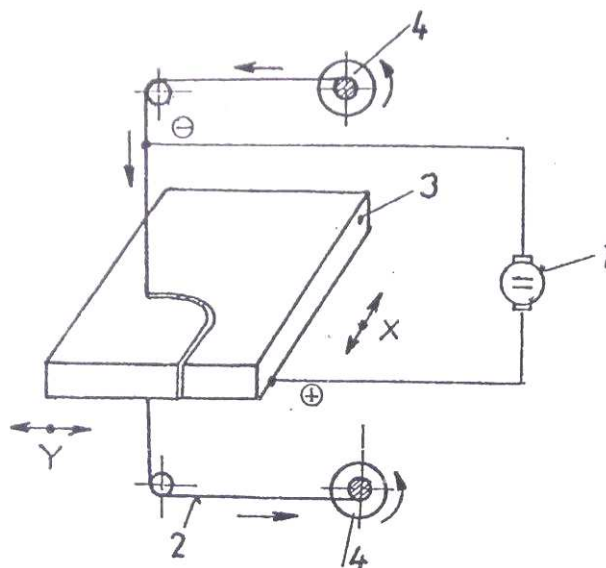
Jako dielektrikum se používají kapaliny na bázi petroleje, voda, petrolej a pro drátové řezání deionizovaná voda.

K nejpoužívanějším způsobům elektroeroze patří:

- Hloubení dutin a vyjiskřování ulomených nástrojů
- Elektroerozivní drátové řezání
- Mikroděrování
- Elektrokontaktní obrábění
- Anodomechanické řezání
- Nanášení povlaků (7)

1.5.2.2 Elektroerozivní drátové řezání (7)

Elektroerozivní drátové řezání patří mezi nejrozšířenější nekonvenční metody obrábění, které se používá hlavně pro výrobu střížných a lisovacích nástrojů. Princip této metody je naznačen na obrázku 1.12



Obr. 1.12 Princip drátového řezání (7)

1- generátor impulsů, 2- drátová elektroda, 3- obráběný materiál, 4- cívky pro převíjení drátu

Nástrojovou elektrodou je tenký drát převíjený pomocí speciálního zařízení. K elektroerozi dochází mezi touto elektrodou a obráběnou součástí, která je připojena ke generátoru jako elektroda opačné polarity než je nástroj. Při elektrických výbojích mezi drátovou elektrodou a obrobkem a posuvu obrobku v osách X-Y, se vytváří pracovní mezera a řez požadovaného tvaru.

Mezi technické požadavky, které jsou kladeny na drátovou elektrodu patří vysoká elektrická vodivost (malým průřezem drátu se přivádí do pracovní mezery elektrická energie). Dále úzké tolerance průměru a kruhovitosti, od kterých se odvíjí přesnost řezání, velká mechanická pevnost a odolnost vůči přetržení. (7)

Přesnost řezání a kvalita řezu je také závislá na řádně napnutém řezacím drátu. Dráty se kalibrují průvlastky z polykrystalického diamantu, žíhají a pokovují. Jako materiál se používá měď, pro větší průřezy pak mosaz a pro jemné řezy molybden (průměr drátu 0,03-0,07mm). (7)



Obr. 1.13 Drátová řezačka FANUC a-1iC (25)

1.5.3 Tepelné a chemicko tepelné zpracování (6)

Při výrobě jednotlivých dílů střížného nástroje požadujeme, aby byla součást na povrchu velmi tvrdá, odolná vůči opotřebení a zároveň uvnitř velmi houževnatá. Tohoto docílíme povrchovým kalením.

Velice dobrých vlastností výrobků, můžeme také dosáhnout tzv. chemicko-tepelným zpracováním. Použitím oceli s vysokou houževnatostí, která má poměrně nízký obsah uhlíku a vhodnou úpravou chemického složení povrchové vrstvy získáme výborné vlastnosti dané součástí. Při této úpravě obohatíme povrchovou vrstvu některým prvkem, který nám zvýší požadované vlastnosti. Při úpravě chemicko-tepelným zpracováním v materiálu nenastávají pouze strukturní změny, ale i chemické změny v povrchových vrstvách. Získáme tak i přes často velmi členitou tvarovou složitost vyráběné součásti povrchovou vrstvu, která má stejné vlastnosti a stejnou tloušťku povrchové vrstvy. Kromě těchto vlastností získáme chemicko-tepelným zpracováním i zvýšenou odolnost vůči korozi, zvýšenou žáruvzdornost, odolnost proti únavě, zlepšení kluzných vlastností a odolnost proti působení kyselin atd.

Tepelné zpracování dělíme obecně na kalení a popuštění. Základní druhy chemicko-tepelného zpracování dělíme na cementování a nitridování (6)

1.5.3.1 Kalení (6)

Tímto druhem tepelného zpracování získáme vyšší tvrdost vyráběné součásti. Proces kalení se skládá z ohřevu na tzv. kritickou teplotu (teplota přeměny určitých strukturálních složek), která je závislá na procentuálním obsahu uhlíku v oceli, krátkém setrvání na této teplotě a prudkém ochlazení. Prudké ochlazení zabrání zpětné přeměně vytvořené složky na rovnovážný stav. Čím rychlejší je proces chlazení, tím větší tvrdosti můžeme dosáhnout.

Zvyšuje se tím však vnitřní pnutí materiálu a křehkost. Chladícím médiem může být olej, voda, nebo vzduch.

Obecně můžeme rozdělit způsoby kalení na:

- izotermické; ohřev, výdrž, ochlazení v solné lázni při 500°C, výdrž na této teplotě a dochlazení na teplotu ovzduší
- termální; ohřev, výdrž, ochlazení v oleji, dochlazení vzduchem
- lomené; ohřev, výdrž, ochlazení ve vodě, dochlazení v oleji
- nepřetržité; ohřev, výdrž, ochlazení
- kalení se zmrazováním; ohřev, výdrž, podchlazení pod 0°C (6)

1.5.3.2 Žihání (6)

Tento způsob tepelného zpracování je založený na pomalém a rovnoměrném ohřevu materiálu. Po tomto ohřevu následuje výdrž na dané teplotě a pomalé ochlazení v peci. Získáme tím rovnovážný stav ve struktuře materiálu.

Účelem žihání je snížení tvrdosti, vytvoření struktury, která je vhodná pro obrábění, nebo tváření za studena a snížení vnitřního pnutí.

Žihání dělíme podle teploty ohřevu na:

- žihání s překrystalizací; nejčastěji se používá normalizační žihání, pro odstranění nestejněměrné struktury vzniklé při předchozím zpracování
- žihání bez překrystalizace; nedochází při něm k fázovým přeměnám jednotlivých struktur (6)

1.5.3.3 Cementování (6)

Jedná se o povrchové syčení oceli v tuhém stavu uhlíkem. Cementováním získáme vysokou povrchovou tvrdost, při poměrně vysoké houževnatosti jádra. Tato úprava je vhodná pro dynamicky namáhané součásti. Dodatečným kalením se zlepší odolnost proti opotřebení a zvýší mez únavy. Pro cementování jsou vhodné ušlechtilé konstrukční oceli, které mají střední obsah uhlíku 0,1 až 0,18%. (6)

1.5.3.4 Nitridování (6)

Při nitridování sytíme povrchovou vrstvu materiálu dusíkem. Nitridováním dosahujeme různých požadovaných vlastností materiálu.

Dle účelu můžeme nitridování rozdělit na:

- nitridování za účelem zvýšení tvrdosti a odolnosti povrchu proti opotřebení
- nitridování za účelem zvýšení meze únavy
- nitridování za účelem zvýšení odolnosti proti korozi (6)

2 NÁVRH VARIANTNÍCH TECHNOLOGIÍ VÝROBY STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ

V této kapitole se zaměříme na konkrétní střížný nástroj, technologii výroby jednotlivých střížníků a na návrh dvou variantních technologií výroby dané střížnice. Jedná se o postupový střížný nástroj, který vystřihuje ozubec (ozubené kolo), které slouží jako převod rotačního pohybu na pohyb posuvný. Tento ozubec je součástí sestavy zámku pro okna.

Nástroj byl vyroben ve firmě nástrojárna ASN HAKR Brno s.r.o., se sídlem Štefánikova 413 Újezd u Brna. Tato praktická část diplomové práce je zpracována na základě odborných konzultací se zaměstnanci této nástrojárny a zvláště pak s vedoucím výroby panem Radimem Popelákem. (32)



Obr. 2.1 Výstřížek (ozubec) (32)



Obr. 2.2 Okenní zámek (32)

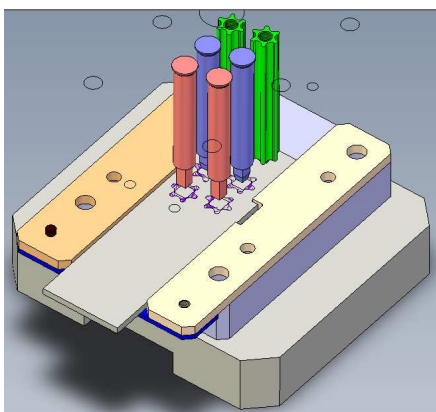
• Polotovar výstřížku

Polotovar je zadán, jedná se o konstrukční ocel dle ČSN 11 600. Tloušťka pásu plechu, který je podáván do nástroje je 4 mm. Šířka pásu je vzhledem ke stříhání dvou výstřížků najednou (vedle sebe) 50 mm. (32)

2.1 Návrh funkčních částí střížného nástroje (32)

Konstrukce střížného nástroje vychází ze střížného plánu, vzhledem k poměrně malému výstřížku, který se bude vystřihovat a z ekonomických důvodů budeme stříhat dva výstřížky najednou.

Na obrázku 2.3 je zobrazené umístění střížníků v nástroji a pás plechu (polotovar):



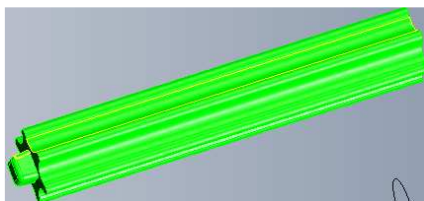
Obr. 2.3 Umístění střížníků v nástroji (32)

2.1.1 Návrh Střížníků(32) (5)

- Střížník pro vystřížení vnějšího tvaru

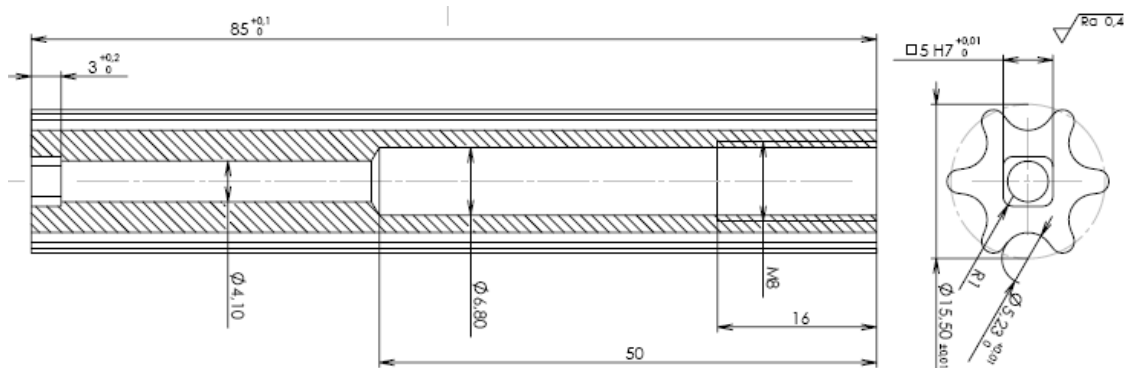
Materiál střížníku je definován konstruktérem. Střížník bude vyroben z materiálu ČSN 19 436 (X210Cr12). Jedná se o vysokolegovanou chromovou ocel, která je vhodná ke kalení v oleji a na vzduchu. Vyznačuje se schopností velké prokalitelnosti a odolnosti proti opotřebení. Má nižší houževnatost, je dobře tvárná za tepla a dobře obrobitelná. Třída odpadu 010. Vhodnost použití je právě pro střížné nástroje na stříhání za studena.

Střížník bude mít tvar dle obrázku 2.4:



Obr. 2.4 Střížník pro vystřížení vnějšího tvaru (32)

Orientační rozměry střížníku jsou na obrázku 2.5:

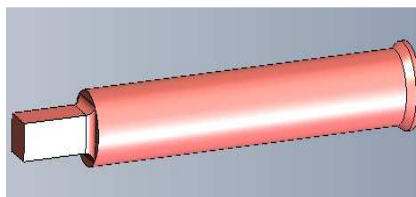


Obr. 2.5 Rozměry střížníku (32)

- Střížník pro vystřížení vnitřního tvaru

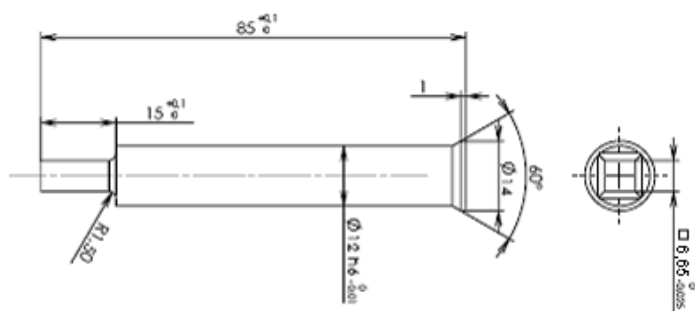
Materiál střížníku, který je definován konstruktérem je dle ČSN 19 800. Vzhledem k funkci daného střížníku však volíme materiál ČSN 19 436, vlastnosti materiálu jsou popsány u střížníku pro vystřížení vnějšího tvaru viz. výše.

Střížník bude mít tvar dle obrázku 2.6:



Obr. 2.6 Střížník pro vystřížení vnitřního tvaru (32)

Orientační rozměry střížníku jsou na obrázku 2.7:

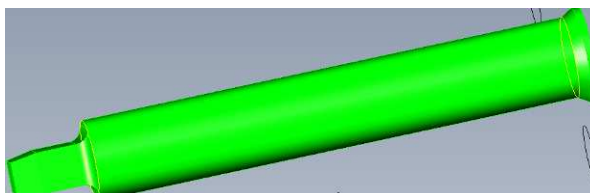


Obr. 2.7 Rozměry střížníku (32)

- Střížník pro kalibrování

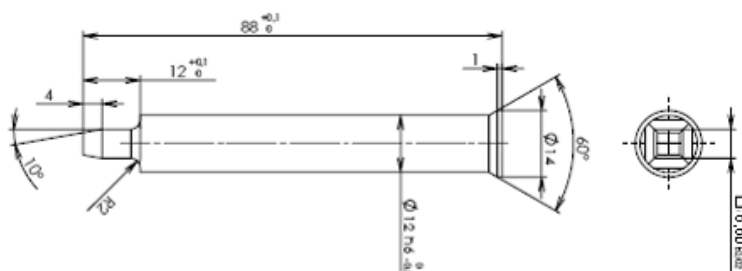
Materiál střížníku, který je definován konstruktérem je dle ČSN 19 800. Vzhledem k funkci daného střížníku však volíme stejně jako v předchozím případě materiál ČSN 19 436, vlastnosti materiálu jsou popsány u střížníku pro vystřížení vnějšího tvaru viz. výše.

Střížník bude mít tvar dle obrázku 2.8:



Obr. 2.8 Střížník pro kalibraci (32)

Orientační rozměry střížníku jsou na obrázku 2.9:

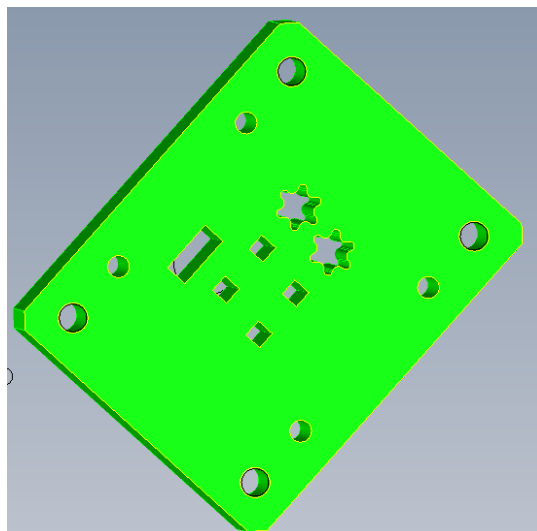


Obr. 2.9 Rozměry střížníku (32)

2.1.2 Návrh Střížnice(32) (5)

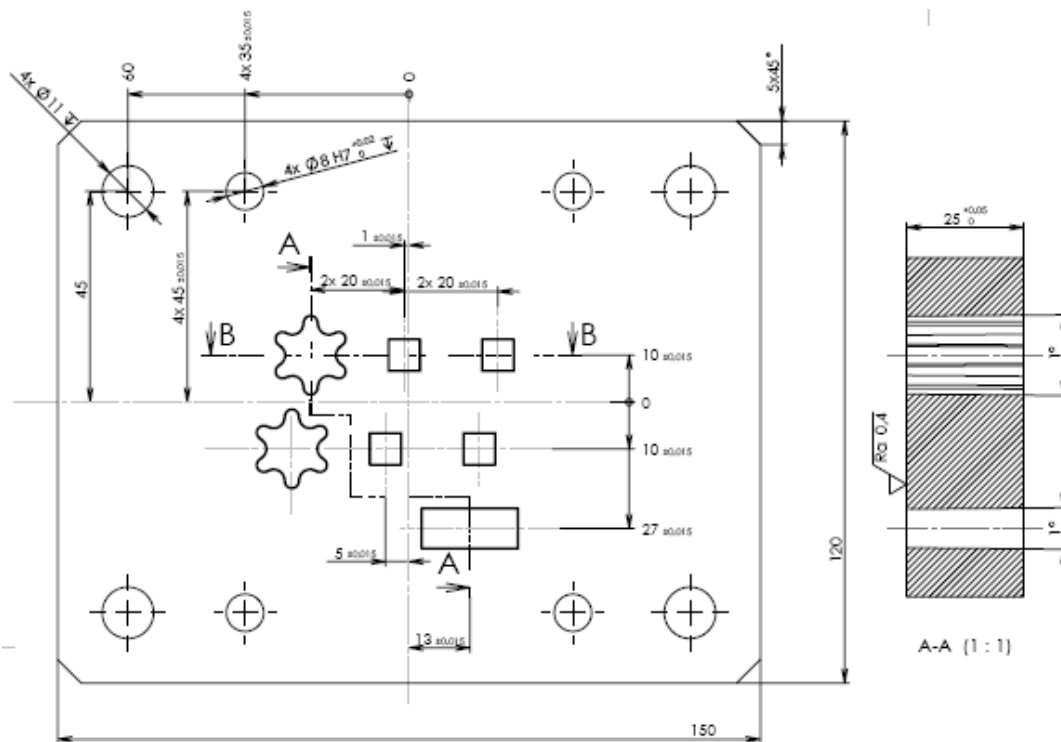
Materiál střížnice je definován konstruktérem. Vlastnosti materiálu jsou popsány u střížníku pro vystřížení vnějšího tvaru v kapitole 2.1.1.

Střížnice bude mít tvar dle obrázku 2.10:



Obr. 2.10 Střížnice (32)

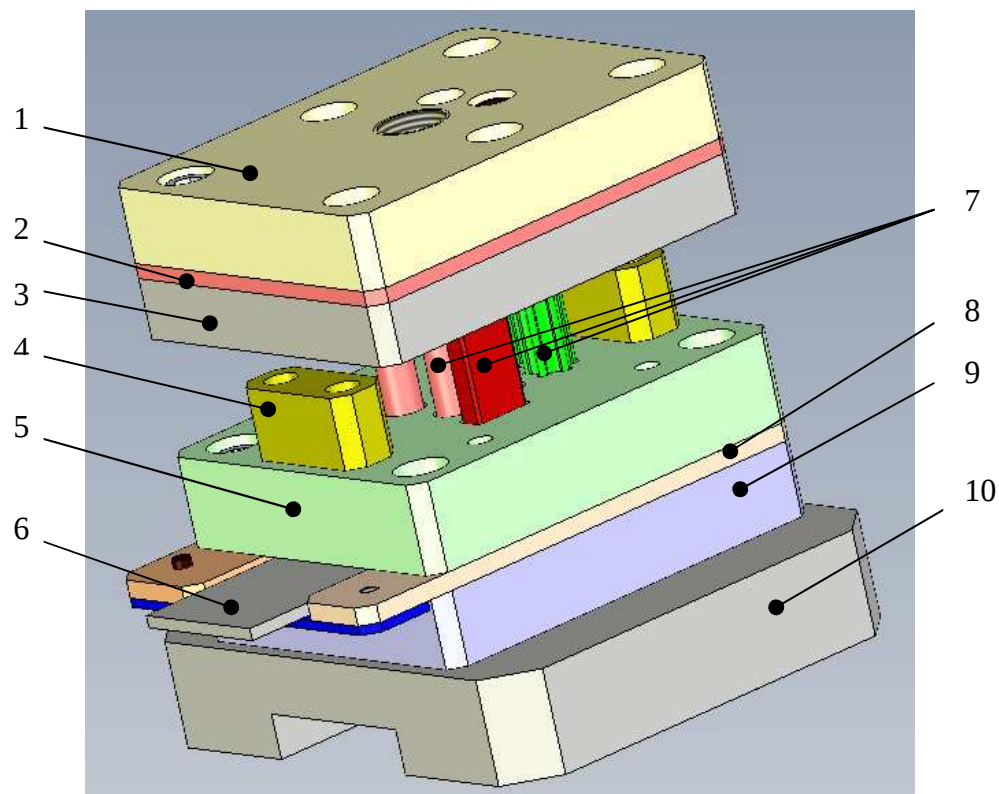
Orientační rozměry střížnice jsou na obrázku 2.11:



Obr. 2.11 Rozměry střížnice (32)

2.1.3 Návrh koncepce střížného nástroje (32) (5)

Na obrázku 2.12 je zobrazen celkový pohled na střížný nástroj pro stříhání daného výstřižku včetně popisu jednotlivých částí:



Obr. 2.12 Střížný nástroj (32)

1-Základová deska horní, 2- opěrná deska, 3- kotevní deska, 4- doraz, 5- stírací deska, 6- pás plechu (polotovár), 7- střížníky, 8- vodící lišta (pravá), 9- střížnice, 10- základová deska spodní.

V kotevní desce jsou ukotveny jednotlivé střížníky, otvory pro střížníky jsou vyráběny s nejmenší vřlí. Opěrná deska je zhotovena z materiálu ČSN 19 312. Jedná se o nízkolegovanou Mn-V ocel ke kalení v oleji, se střední prokalitelností. Vyznačuje se velmi dobrou stálostí rozměrů při tepelném zpracování. Má dobrou houževnatost a odolnost proti opotřebení, je tvárná za tepla a dobře obrobitelná. Opěrná deska musí být silná zhruba 3 – 4 mm, slouží jako opěra pro střížníky. Ty se vlivem velkých rázů mají tendenci vyrážet do desky základové. Díky opěrné desce prodloužíme životnost nástroje. Stírací deska, kterou někdy označujeme jako vodící, slouží pro přesné vedení střížníků. Vodící lišty slouží k vedení pásu. Dorazy zabraňují vniknutí většího průměru střížníku do střížnice, čímž zabraňují kolizi. Základová deska spodní, někdy ji označujeme také propadová, musí být dostatečně silná, protože střížnice dostává velké rázy a hrozí prasknutí.(32)

2.2 Technologie výroby zadaných střížníků

Jak již je uvedeno v kapitole 1.6 můžeme obecně rozdělit technologie obrábění jednotlivých dílů střížného nástroje na konvenční a nekonvenční technologie obrábění.

Pro výrobu zadaných střížníků, použijeme nekonvenční metodu obrábění:

- Elektroerozivní drátové řezání

• Volba stroje

Pro obrábění vnějšího tvaru střížníku je zvolena drátová řezačka AGIE agiecut classic. Základní údaje: sprcha, koaxiální výplach. Rozjezdy os X/Y/Z=500x350x256 mm. Maximální rozměry obrobku X/Y/Z=1050x650x250 mm. Váha obrobku do 800 kg. Maximální úhel náklonu 30°/100 mm. Průměr drátu 0.2-0.33 mm. Maximální dosažitelná drsnost Ra 0.45 μm . Tvarová tolerance $\pm 6 \mu\text{m}$. Výkon ($\varnothing 0.33/\text{ocel } 50\text{mm}$) – 300 m^2/min CNC řízení AGIE VISION. Generátor AGIE HSS. Integrovaný agregát dielektrika. Externí chlazení.(14)



Obr. 2.13 Drátová řezačka AGIE agiecut classic. (14)

• Volba nástroje (27)

Při volbě drátu patří mezi hlavní rozhodující hlediska výběru průměr drátu, cena drátu, pevnost v tahu drátu atd. Dráty se běžně používají v průměrech 0,10 – 0,30 mm a jsou dodávány v cívkách, které splňují požadavky DIN.(27)

Tab. 2.1 Norma DIN pro dráty dodávané v cívkách (27):

Norma DIN	K100	K125	K160	K200	K250
[Kg]	3	4	8	16	25

Dle zkušeností volíme povlakovaný rychlořezný drát Topas Plus o průměru 0,25 mm a dle DIN K160, s pevností v tahu 500Nmm^2 . Jedná se o vysoce výkonný drát pro univerzální použití a vysokou efektivitou. Je vhodný pro všechny aplikace při zachování dobrých řezacích vlastností a s ohledem na konečnou cenu. (27)



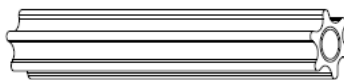
Obr. 2.14 Drát topas plus o průměru 0,25 mm (27)

- **Dielektrikum (26)**

Jako dielektrickou kapalinu volíme dielektrikum BP – Mobil Vacmul EDM. Jedná se o univerzální dielektrickou kapalinu, která je určena pro všechny druhy elektroerosivních strojů. Splňuje veškeré ekologické i hygienické požadavky.

2.2.1 Střížník pro vystřížení vnějšího tvaru (32)

Tento střížník má název podle výkresu Kr-3 (ozubec) viz příloha 1.



Obr. 2.15 Střížník Kr-3 (32)

- **Volba polotovaru**

Materiál polotovaru - nástrojová ocel dle ČSN 19 436 je předem definován konstruktérem. Vlastnosti této oceli jsou popsány v kapitole 2.1.1. Materiál bude dělen na rámové pile Bomar Ergonomic 320.250. DGS. Z jednoho kusu polotovaru se budou obrábět dva střížníky najednou. Polotovar bude čtvercového profilu o rozměrech 40x40 mm a délce 86 mm.



Obr. 2.16 Rámová pila Bomar Ergonomic 320.250 DGS (13)

2.2.2 Střížník pro vystřížení vnitřního tvaru (32)

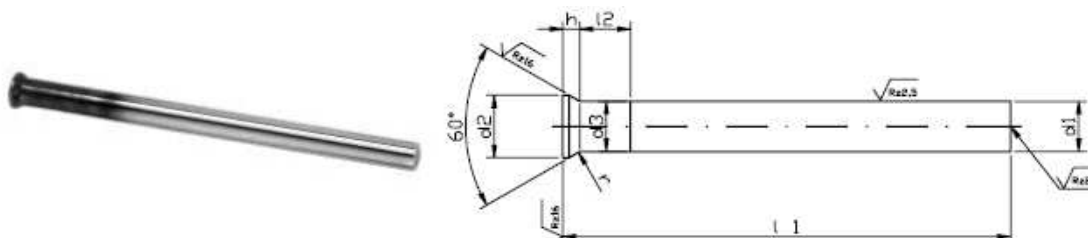
Tento střížník má název podle výkresu Kr-1 (ozubec) viz příloha 2.



Obr. 2.17 Střížník Kr-1 (32)

• Volba polotovaru

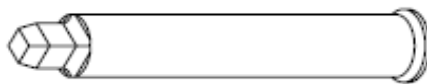
Materiál polotovaru - nástrojová ocel dle ČSN 19 436 je předem definován konstruktérem. Vlastnosti této oceli jsou popsány v kapitole 2.1.1. Polotovar střížníku je zakoupen od firmy Blohm normteile. Tento polotovar má tvar viz. Obr. 2.18. Na střížníku se bude obrábět pouze střížná část – hranol.



Obr. 2.18 Polotovar střížníku od firmy Blohm normteile (12)

2.2.3 Střížník pro kalibrování (32)

Tento střížník má název podle výkresu Kr-2 (ozubec) viz příloha 3.



Obr. 2.19 Střížník Kr-2 (32)

Volba polotovaru je stejná jako v případě střížníku pro vystřížení vnitřního tvaru Kr-1 v kapitole 2.2.2 obr. 2.18.

2.3 Variantní technologie výroby střížnice

Danou střížnici budeme obrábět dvěma různými metodami:

- Elektroerozivní drátové řezání – varianta 1
- Frézování + obrázení – varianta 2

Výkres střížnice viz. příloha 4.

2.3.1 Střížnice varianta 1

V případě obrábění střížnice elektroerozivním drátovým řezáním, bude volba stroje, nástroje a dielektrika stejná jako v předchozí kapitole 2.2 při obrábění střížníků.

- Upnutí obrobku (30)

Obrobek bude upnut do upínacího systému Erowa, jedná se o prizma pro kruhové nebo pravoúhlé obrobky. Rozsah upnutí od 10 do 175 mm, 175x175, maximální zatížení 15 kg.



Obr. 2.20 Upínací systém Erowa WNP175 (30)

- Výpočet strojního času (empiricky)

Pro výpočet strojního času, je potřebné znát obvod řezu obráběných tvarů a rychlost řezání. Obrábění bude probíhat ve dvou řezech, hrubování a dokončovací řez. Výsledný strojní čas řezání pak bude dán součtem jednotlivých strojních časů pro hrubování a dokončování. Obvod řezání je dle programu SURFCAM $O = 322,5$ mm.

Vztah má tvar (32):

$$t_{AS} = \frac{O}{v} \quad [\text{min}] \quad (2.1)$$

- Výpočet strojního času pro první řez (hrubování)

rychlost řezání při hrubování $V_1 = 1$ mm/min.

$$t_{AS1} = \frac{O}{v_1} \quad [\text{min}]$$

$$t_{AS1} = \frac{322,5}{1} = 322,5 \text{ min}$$

- Výpočet strojního času pro druhý řez (dokončování)

rychlost řezání při dokončování $V_2 = 3$ mm/min.

$$t_{AS2} = \frac{O}{v_2}$$

$$t_{AS2} = \frac{322,5}{3} = 107,5 \text{ min}$$

- Výpočet celkového strojního času řezání (32)

$$t_{AScelk1} = t_{AS1} + t_{AS2} \quad [\text{min}] \quad (2.2)$$

$$t_{AScelk1} = 322,5 + 107,5 = 430 \text{ min}$$

2.3.2 Střížnice varianta 2

Jako variantu 2 budeme střížnici obrábět frézováním a obrážením. Vzhledem k tomu, že střížnice je kompaktní nikoliv dělená, vzniknou nám po frézování rádiusy rovnající se poloměru frézy i tam, kde chceme mít ostré hrany. Z tohoto důvodu budeme u vybraných tvarů obrábět pomocí obrázení.

➤ Frézování

- Volba stroje – Frézka Hermle C30 CNC (29)

Základní údaje: posuvy v ose X = 650 mm, Y = 600 mm, Z = 500 mm, vřetena až 18000/min, výkon motoru vřetene 15 kW, řídicí systém Heidenhain iTNC530, zásobník na 32 nástrojů.



Obr. 2.21 Frézka Hermle C30 CNC (29)

- Volba nástroje

Při volbě frézy, musíme vycházet z několika důležitých údajů, které jsou závislé na obráběném dílu. Musíme uvažovat tloušťku (hloubku) profilu který budeme obrábět, nejmenší radiusy které se vyskytují v daných tvarech a také vlastnosti materiálu polotovaru který budeme obrábět. Dále musíme brát v potaz stroj na kterém se bude obrábět a systém upínání frézy (upínací trn), tyto aspekty však záleží na vybavenosti jednotlivých nástrojáren. (9)

V našem případě jsme zvolili univerzální kulovou frézu EPDB, pro hrubování i dokončování od firmy Hitachi katalogové číslo EP358, která plně vyhovuje našim požadavkům. (15)



Obr. 2.22 Fréza Hitachi EPDB (15)

- Upnutí obrobku

Obrobek bude upnut do strojního svěráku VJ-400 od firmy Alfatech stolany s.r.o.



Obr. 2.23 Strojní svěrák VJ-400 (11)

- Řezné podmínky

Řezné podmínky volíme podle katalogových hodnot pro frézu Hitachi EPDB.

- Šířka záběru ostří $a_p = 0,048 \text{ mm}$
- Otáčky frézy $n = 10080 \text{ min}^{-1}$
- Posuv na zub frézy $f_z = 0,053 \text{ mm}$
- Řezná rychlost $v_f = 1058 \text{ mm.min}^{-1}$

- Strojní čas

Dle programu SURFCAM jsou hodnoty strojního času:

- Při hrubování $t_{ASh} = 537 \text{ min}$
- Při dokončování $t_{ASd} = 432 \text{ min}$

Celkový strojní čas při frézování tedy bude $t_{AScelk2} = 969 \text{ minut}$.

➤ Obrázení

- Volba stroje – Taurus DA 200

Základní údaje: frézovací délka 200 mm, hloubka 30 mm, posuv v ose y = 260 mm, posuv v ose x = 300 mm, vzdálenost vřetene od stolu 280 mm, počet úderů 23/42/66/87, celkový příkon 0,75 kW. (20)



Obr. 2.24 Obrážecí stroj Taurus DA 200 (20)

- Volba nástroje

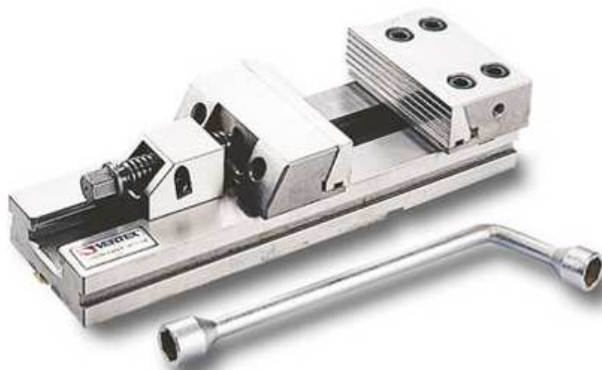
Volíme obrážecí nůž od firmy Stimer Ltd. S rozměry $b = 2 \text{ mm}$, $h = 4 \text{ mm}$



Obr. 2.25 Obrážecí nůž (28)

- Upnutí obrobku

Obrobek bude upnut do strojního modulárního svěráku VMP-4 od firmy Alfatech stolany s.r.o. (10)



Obr. 2.26 Strojní modulární svěrák VMP-4 (10)

- Řezné podmínky (28) (32)

- Šířka záběru ostří $a_p = 2 \text{ mm}$
- Posuv na dvojzdvih $f_{dz} = 0,125 \text{ mm}$
- Počet dvojzdvihů $n_d = 40$
- Čas dvojzdvihu $t_d = 0,0115 \text{ min}$
- Počet záběrů třísek $i = 32$

- Výpočet strojního času (9) (32)

$$t_{AS} = t_d \cdot n_d \cdot i \quad [\text{min}] \quad (2.3)$$

$$t_{AS} = 0,0115 \cdot 40 \cdot 32 = 14,7 \text{ min}$$

Celkový strojní čas pro obrobení všech potřebných tvarů:

$$t_{AScelk3} = t_{AS} \cdot 20 \quad [\text{min}] \quad (2.4)$$

$$t_{AScelk3} = 14,7 \cdot 20 = 294 \text{ min}$$

3 VYPRACOVÁNÍ VÝROBNÍCH POSTUPŮ

Technologické výrobní postupy pro jednotlivé střížníky a střížnice jsou uvedeny v přílohách 5-8. Díly, které se budou tepelně zpracovávat jsou popsány v kapitole 3.1.

3.1 Tepelné zpracování daných součástí (18)(17)

- Střížník Kr-3

Střížník bude tepelně zpracován a to kalením a popouštěním na 58 + 2HRC. Kalení bude za teploty 930 – 960°C, následuje ochlazení v oleji o teplotě asi 80°C. Popouštění bude za teploty 200°C s následným ochlazováním na vzduchu.

- Střížnice

Střížnice bude tepelně zpracována a to kalením a popouštěním na 60 + 2HRC. Kalení bude za teploty 930 – 960°C, následuje ochlazení v oleji o teplotě asi 80°C. Popouštění bude za teploty 200°C s následným ochlazováním na vzduchu.

4 NÁVRH A ZPRACOVÁNÍ PROGRAMŮ NA VYBRANÉ NC STROJE

Obráběcí stroje, které jsou číslicově řízené představují v dnešní době nosný prvek pružné automatizace obráběcích procesů a to v oblasti středně sériové, malosériové a v řadě případů i kusové výroby. Řídící program, který byl již dříve zpracován, je při opakované výrobě snadno aplikovatelný. Číslicové řízení překračuje dalece funkce jednoho stroje, umožňuje však návaznost na ostatní prvky celých obráběcích systémů. Využívá s velkou výhodou všech možností a předností výpočetní techniky a zasahuje velkou měrou do struktury a organizace výroby.

Řezný proces probíhá analogicky stejně jako při práci na standardním obráběcím stroji, technologické postupy při aplikaci číslicově řízených obráběcích strojů však vykazují řadu specifických složek. (3)

4.1 Základní pojmy(3)

- CAD (Computer – aided design)

Jedná se o programy a pracovní stanice, které se používají při navrhování nástrojových, architektonických, ale i vědeckých modelů a to od jednoduchých nástrojů až po složité celky jako jsou např. letadla. Tyto aplikace CAD vytváří dvou, nebo třírozměrné objekty. Výsledkem těchto objektů mohou být “kostry” složené z čar, náročnější modely se stínovanými částmi, nebo skutečné zobrazení objektů. Některé z těchto programů umožňují rotaci jednotlivých objektů, nebo změnu jejich velikosti, pohledy zevnitř objektů a vytvářejí seznamy jednotlivých materiálů, které jsou potřebné pro konstrukci.

- CAM (Computer – aided manufacturing)

Jedná se o aplikaci počítačů v technologické přípravě výroby, v automatizaci výroby a kontrole výrobků. Uplatňuje se nejen při kusové výrobě, ale i hromadné výrobě, za použití automatických linek a robotů.

- CAD/CAM (projektování pomocí počítače/výroba pomocí počítače)

Použití počítačů při výrobě produktů a projektování. Tato metoda spočívá v tom, že výrobek, např. část stroje se navrhne v programu CAD a konečný tvar se přeloží do soustavy instrukcí, které lze přenést jako vzor do číslicově řízených obráběcích strojů, které pak podle ní vyrobí příslušný výrobek.

- CNC (Computer Numerical Control)

Systém, jehož zvlášť k tomu určený počítač s programem, který je uložený v paměti je používán k provádění některých nebo všech základních funkcí číslicového řízení. (3)

- NC (Numerical Control)

Jedná se o číslicově řízený obráběcí stroj, u něhož je řízen průběh pracovního procesu číslicově vyjádřenými informacemi o dráze, směru a smyslu pohybu pracovních elementů, pomocných funkcí a řezných podmínkách. Tyto jsou postupně předávány stroji nositelem informací.

- Procesor

Počítačový program provádějící výpočty podle programu obrobku. Připravuje souřadnice nástroje konkrétního obrobku bez ohledu na stroj, na kterém by mohl být obroben.

- Postprocesor

Počítačový program upravující výstup procesoru na program strojní pro zhotovení obrobku na konkrétní kombinaci řídicího systému a obráběcího stroje. (3)

4.2 Programování obráběcích strojů NC (3)

Programování NC obráběcích strojů je vysoce kvalifikovaná a náročná činnost zařazována do technické přípravy výroby. Stupněm znalostí programátora, který programuje funkce NC strojů a jejich řídicí systémy, je ovlivňována kvalita řídicích programů. Nároky na kvalifikaci a úroveň znalostí programátora se adekvátně zvyšují se zvyšující se technickou úrovní a složitostí techniky.

Složitost a vysoká náročnost řídicích programů pro souvislé řídicí systémy, kde je nutné u NC strojů předpokládat i více současně řízených souřadných os, vyžaduje stále více soustředěnost programátora a tím i možnost rizika výskytu chyb. Z tohoto důvodu je zaměřována pozornost na možnost tvorby a generování řídicích programů právě pomocí počítačové podpory. (3)

4.2.1 Struktura NC programu (3)

Soubor vyčerpávajících, číselně vyjádřených informací o činnosti NC stroje, které jsou uloženy na nositeli informací, z něhož jsou tyto informace postupně předávány stroji v průběhu operace je řídicí program NC.

K programovému zápisu se volí znaky, které jsou srozumitelné člověku a řadí se do jednotlivých slov.

Informační slova jsou uváděny zpravidla v této posloupnosti:

- Přípravná funkce
- Rozměrová funkce
- Posuvová funkce
- Funkce ovládající rychlost otáčení vřetena
- Funkce nástroje
- Pomocné funkce (3)

4.3 Programování obráběcích strojů CNC (3)

Uživatel má při programování CNC k dispozici CNC editor, který je vybavený syntaktickou kontrolou správnosti CNC programu. Vytvořený program je pak možné průběžně ověřovat grafickou simulací. S výhodou lze i používat možnost zobrazení třírozměrného modelu součástí. Programy mohou být přenášeny do řídicích systémů CNC obráběcího stroje pomocí sériové linky RS 232, nebo např. pomocí diskety.

Tvorba programů zpravidla probíhá v prostředí CAD/CAM vyznačujícím se plnou možností návaznosti tvorby CNC programu za zadaného výkresu součástí.

Tvorba programu zpravidla obsahuje dva kroky:

- Část CAD, zde je definována uzavřená kontura obráběného dílce, která je převzata na základě informací z výkresu vytvořeného v CAD systému.
- Část CAM, zde je vytvářen zpravidla dialogovým způsobem vlastní CNC program s možností jeho upravení nebo doplnění.

Tímto způsobem získáváme řešení ve formě počítačového přístupu pro modelování složitých tvarů a poté generování řídicích programů pro daný obráběcí stroj. (3)

4.3.1 Informační slova CNC programu (3)

Informační slova jsou uváděna zpravidla v této posloupnosti:

- Číslo bloku A, z důvodu možnosti v případě nutnosti vpisovat dodatečné bloky se doporučuje číslovat bloky nejméně v násobku dvou.
- Přípravné G, nebo pomocné M funkce
- Rozměrové funkce, rozměry udávající hodnotu přemístění v jednotlivých osách
- Technologické funkce:
 - Posuvová funkce F
 - Funkce ovládající rychlost otáčení vřetena S
 - Funkce nástroje T

Před zpracováním vlastního programu musíme definovat tyto údaje:

- Způsob programování
 - absolutní, průměrové
 - přírůstkové
 - poloměrové
- Nastavení hodnot souřadnic
- Volba nástroje a jeho korekci
- Definování směru a velikosti otáček

- Definování posuvu za minutu nebo otáčku
- Definování velikosti rychlosti posuvu
- Definování konstantní řezné rychlosti
- Ukončení programu

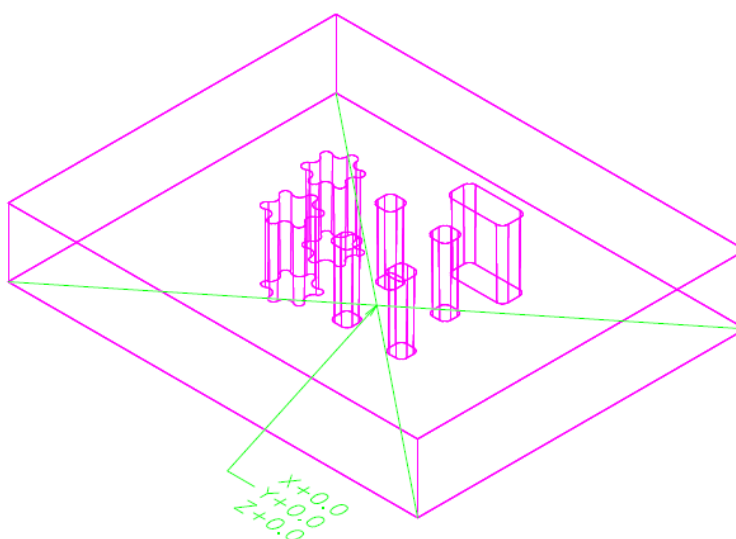
Dalším krokem je zpracování postupového listu. Ten slouží jako podklad pro seřízení stroje a zpracování programu při opakované výrobě. Postupový list by měl obsahovat náčrtek součásti se zakótovanými souřadnicemi, způsob upnutí, rozdělení celkového přídávku na opracování na jednotlivé třísky, zápis nástrojů které jsou v programu použity a popis jejich činnosti. (3)

4.4 Vypracování programů pro obrábění (32)(31)

Jednotlivé programy pro zadanou součást obráběnou pomocí elektroerozivního drátového řezání a frézování jsou vypracovány v CAM programech SURFCAM pro frézování a Kovoprogram pro elektroerozivní drátové řezání. Jejich zdrojové NC kódy jsou uvedeny v příloze 9. Náhled na výchozí pozici nástroje při obrábění frézováním je na obr. 4.1.

SURFCAM je systém s technologickým zaměřením CAM. Zajišťuje obrábění modelu od hrubovacích operací, dokončovacích operací až po zbytkové obrábění a konečné ověření dráhy nástroje. Základní jednoduchý popis prostředí SURFAMu a jeho funkcí je popsán v kapitole 4.4.1. (31)

Program Kovoprogram je jediným systémem na trhu, který má českého výrobce. Jeho vývojem a distribucí se zabývá firma Peška & Brtna Computer Service s.r.o. se sídlem v Táboře. Tento program slouží k přípravě programů pro obrábění na elektroerozivních vyřezávacích strojích. Pracuje v prostředích Windows Vista, Windows XP a Windows 2000. Základní jednoduchý popis prostředí Kovoprogramu a jeho funkcí je popsán v kapitole 4.4.2. (21)



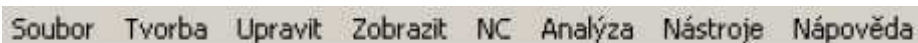
Obr. 4.1 Startovací pozice nástroje (31)

4.4.1 CAM program SURFCAM (31)

SURFCAM je CAD i CAM program. Pro zhotovení, načtení a úpravu modelu se používá CADovská část programu. K vytvoření dráhy nástroje a CNC potřebného pro obrobení vymodelovaného dílu, se používá CAMovská část. K obrobení dílu použije stroj CNC kód. Tento proces je pak definován jako NC projekt.

- Pracovní prostředí SURFCAMu

Na Liště hlavního roletového menu jsou zobrazeny jednotlivé funkce pro ovládání SURFCAMu.



Obr. 4.2 Lišta hlavního roletového menu (31)

Záložka NC nabízí následující možnosti:

- NC:
 - 2 Axis – frézování
 - 3 Axis – frézování
 - 4 Axis – frézování
 - 5 Axis – frézování
 - SRM – postupné odstranění materiálu více nástroji
 - Soustružení (Lathe)
 - Drátořezy (Wire EDM)
 - Elektroeroze (Mill/Turn) (31)

Nástrojová lišta obsahuje klasické ikony Windows – Nový, Otevřít, Uložit a Tisk.



Obr. 4.3 Nástrojová lišta –Windows ikony(31)

Další ikony slouží pro zobrazení – Vystředit, Rotace, Zvětšit, Zmenšit, Posunout, Předchozí, Další a Překreslit.



Obr. 4.4 Nástrojová lišta –ikony pro zobrazení(31)

Poslední ikony v nástrojové liště představují funkce – Odstranit, Transformovat, Manažer operací a Verifikace.



Obr. 4.5 Nástrojová lišta –ikony pro funkce(31)

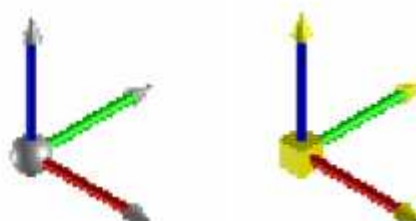
Součástí jakéhokoliv modelu je osm standardních pohledů a konstrukčních rovin. Jedná se o pohled shora ve směru osy Z, pohled ze předu ve směru osy Y, pohled ze zadu ve směru osy Y, pohled ze spodu ve směru osy Z, pohled zprava ve směru osy -X, pohled zleva ve směru osy +X, pohled izometrický z kvadrantu +X, -Y, +Z a pohled axonometrický z kvadrantu -X, -Y, -Z.

- Indikátor pohledu

Indikátor pohledu zobrazuje zvolený pohled na model. Je umístěn v levé spodní části pracovního okna. Červená šipka označuje osu X, zelená osu Y a modrá osu Z.

- Indikátor konstrukční roviny

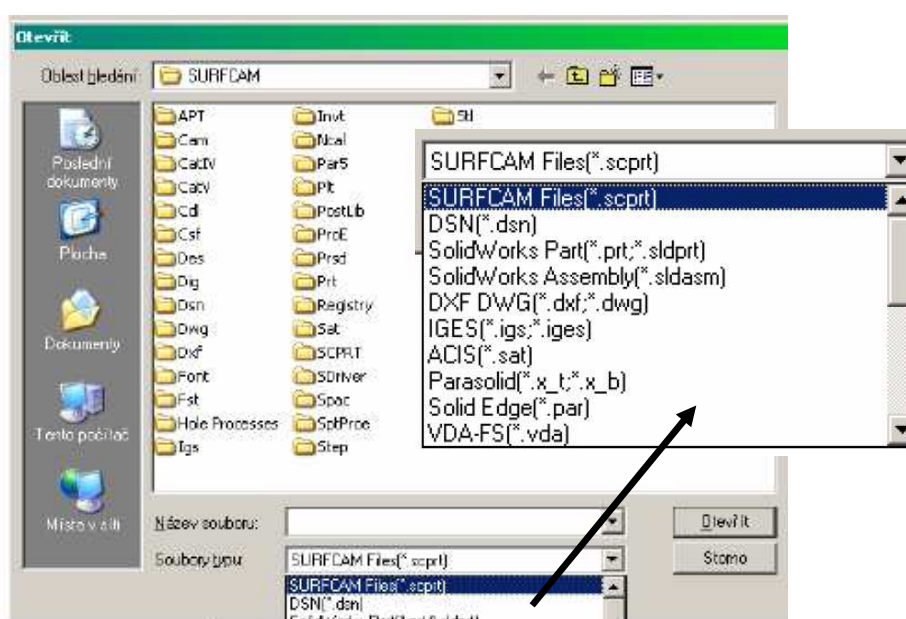
Indikátor konstrukční roviny zobrazuje zvolenou konstrukční rovinu bez ohledu na to, jaký je zrovna zvolen pohled. Osa Z je vždy kolmá na základnu X-Y, ve které je prováděna konstrukce. (31)



Obr. 4.6 Vlevo indikátor pohledu, vpravo indikátor konstrukční roviny (31)

- Transformace modelu

Model je základní částí celého NC projektu. Model požadovaného obrobku lze do SURFCAMu transformovat z jiných CADovských systémů a to pomocí překladače. V dialogovém okně Otevřít je seznam všech nainstalovaných překladačů formátů.

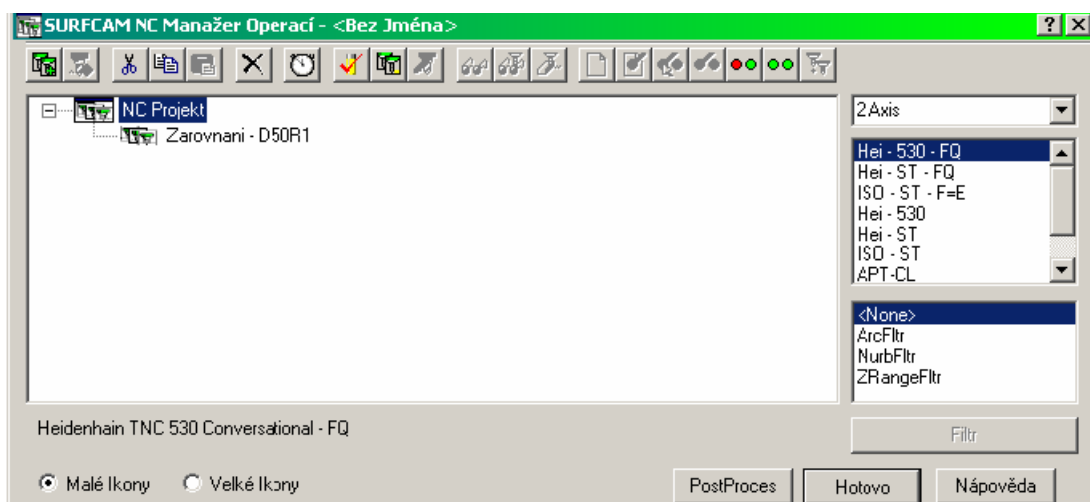


Obr. 4.7 Seznam překladačů formátů (31)

Soubor modelu otevřený v jiném formátu, se musí nejdříve uložit ve formátu SURFCAMu (.SCPRT)

- Generování dráhy nástroje

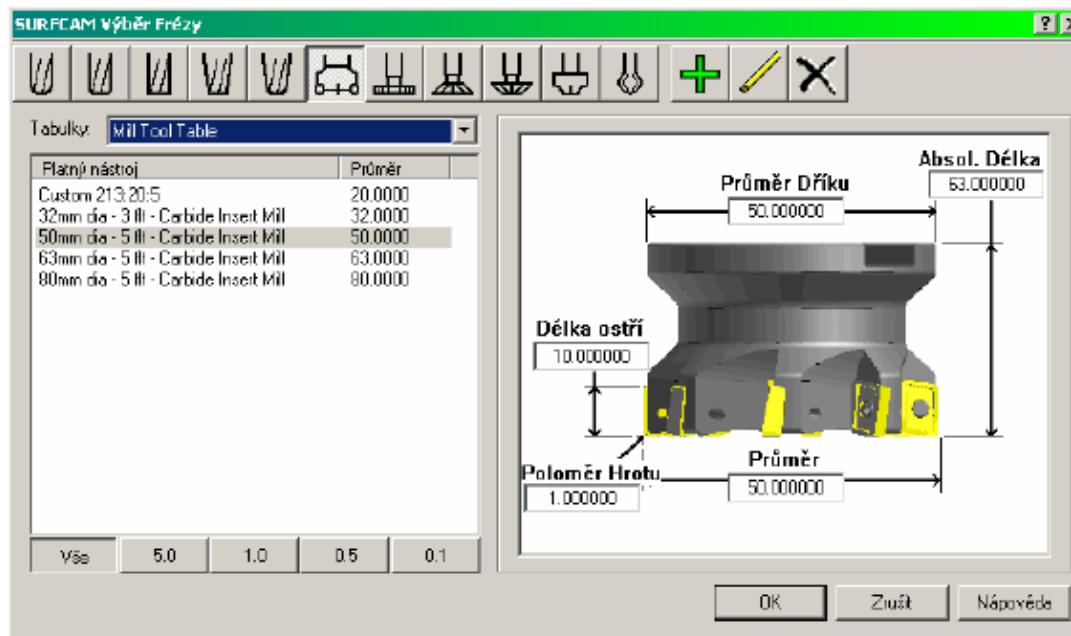
Po načtení modelu začíná CAMovská část. Musíme se rozhodnout o druhu obrábění a potřebných drahách nástrojů pro daný model. Druh obrábění je závislý na druhu stroje. Potřebné dráhy nástroje vytvoříme použitím funkcí v menu NC. Tyto dráhy je potřeba dát do správného pořadí, poté provést potřebné změny a zkontrolovat vhodnost způsobu obrábění. Tyto úkony se provádí v operačním manažeru. (31)



Obr. 4.8 Manažer operací (31)

- Výběr nástroje

Pro volbu nástroje slouží tlačítko vybrat nástroj, poté si v dialogovém okně můžeme zvolit požadovaný typ nástroje a následně ho editovat podle potřeby.



Obr. 4.9 Dialogové okno pro volbu nástroje (31)

- Hrubování

Pro hrubování je nutné zvolit funkci NC, poté 2Osé nebo 3Osé – Z- Hrub. Následně je zapotřebí zvolit nástroj a v záložce Kontrola obrábění zadat potřebné parametry. (31)

Obr. 4.10 Dialogové okno pro hrubování (31)

- Dokončování

V případě dokončování je postup obdobný jako při hrubování. Zvolí se funkce NC – 3Osé nebo 2Osé, Z finiš. Následně se zvolí nástroj a v záložce kontrola obrábění zadat potřebné parametry.

Obr. 4.11 Dialogové okno pro dokončování (31)

Jako poslední proceduru je nutné provést podle řídicího systému Postprocessing vygenerované dráhy, čímž se vytvoří řídicí NC kód pro obráběcí stroj. (31)

- Operační seřizovací list

Operační list je určen pro obsluhu obráběcího stroje. Vytvoříme ho stiskem ikony Vytvořit operační list, v liště nástrojů dialogového okna Manažer operací. Dále je možné provést jeho případnou úpravu např. pomocí programu MS Word nebo MS Excel. (31)

4.4.2 CAM program KOVOPROG (21)

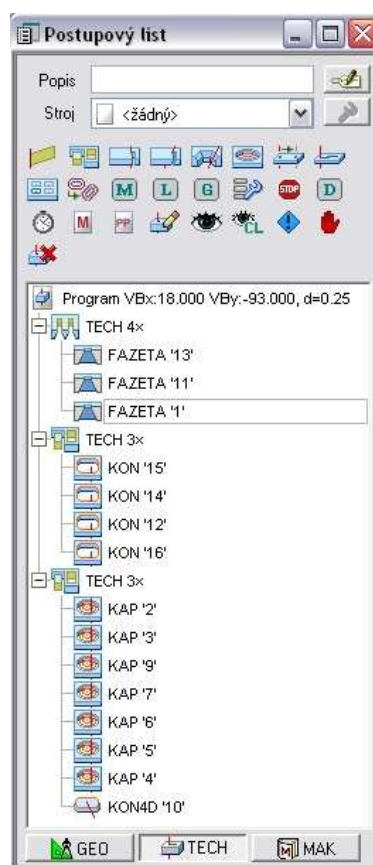
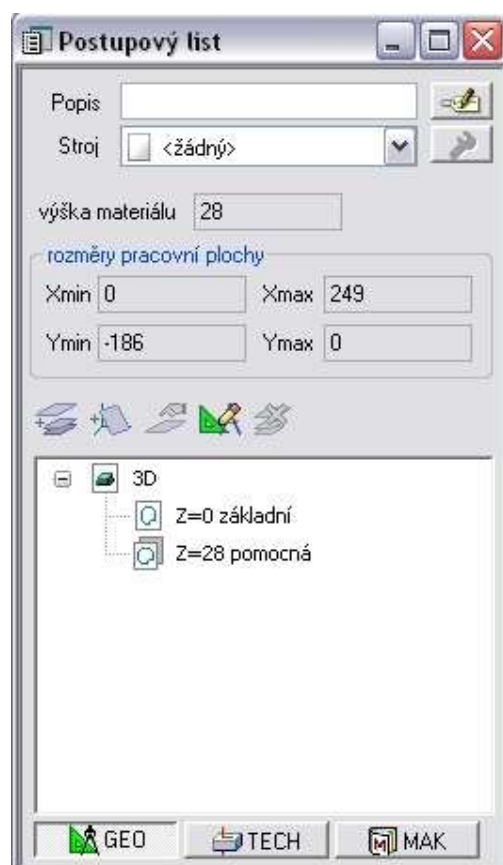
K nejdůležitějším vlastnostem programu Kovoprog patří:

- přehledná a jednoduchá obsluha
- grafický editor pro konstrukci tvaru součásti pro dvouosé i čtyřosé řezání
- import grafických dat ve formátech DXF a IGES
- export ve formátu DXF, KPG (formát Kovoprogu)
- přehledný grafický manažer pro vytváření a editaci postupu obrábění
- grafický návrh jednotlivých technologických operací včetně okamžité simulace výsledných drah nástroje
- jednoduchá definice vícenásobných řezů v uživatelském menu
- vlastní programovací jazyk, který lze použít pro tvorbu uživatelských maker
- řada hotových maker, například pro technické křivky a ozubená kola
- přehledný grafický manažer pro správu knihoven maker
- generátor postprocesorů (21)

- Postupový list (21)

Ústředním ovládacím prvkem programu je samostatný panel, který je možno různými způsoby umístit na vhodném místě pracovní plochy. V tomto panelu jsou formou záložek uspořádány všechny prostředky potřebné k vytvoření popisu obrábění:

- manažer geometrických rovin
- manažer technologických operací
- manažer maker (21)



Obr. 4.12 Manažer geometrických rovin (21) Obr. 4.13 Manažer technologických operací (21)

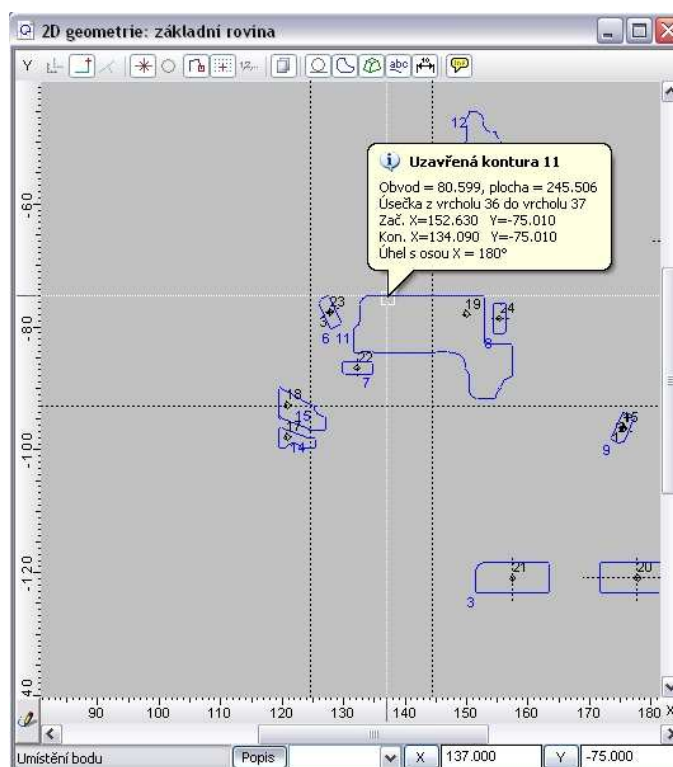
- Definice tvaru obrobku (21)

Základ pro definování řezu jsou rovinné křivky. Program umožňuje přejímat data ze systémů CAD ve formátech IGES a DXF. Tvar obrobku je také možno konstruovat ve vlastním grafickém editoru. Filosofie grafického editoru je založena na využití podkladové konstrukční geometrie. Z této geometrie vytvoříme obrysový tvar jako souvislé křivky, které jsou složeny z úseček, oblouků a Bezierových křivek. Na spodní a horní ploše obráběného materiálu nabízí program dvě roviny. V případě potřeby lze nadefinovat k těmto rovinám rovnoběžné referenční roviny s libovolnou souřadnicí Z. Rovinné křivky můžeme použít buď pro dvouosé řezání nebo pro čtyřosé řezání s konstantním úkosem. Prostorové tvary pro čtyřosé řezání se pak vytvářejí ve speciálním 3D editoru. V tomto 3D editoru se zkonstruuje z rovinných křivek prostorové těleso se stěnami tvořenými přímkovými plochami. Takto vytvořené geometrické elementy si zachovávají své geometrické vlastnosti a můžeme je snadným způsobem editovat.

Výsledný tvar pak můžeme opatřit kótami, které jsou asociativní (při změně geometrických elementů kóta zobrazuje aktuální rozměr okótované veličiny). Všechny změny geometrických dat se okamžitě promítnou do celého postupového listu a to včetně přepočítaných drah nástroje, případně i výsledného NC programu. (21)

- Definice tvaru obrobku (21)

Posloupností technologických operací je definován postup obrábění. Pomocí manažeru technologických operací obr. 4.2 můžeme snadno vytvářet a upravovat postup obrábění. Pomocí speciálního grafického editoru se navrhuje jednotlivé technologické operace. Programátor pak pracuje se schematickým zobrazením operace a editor si může kdykoliv přepnout do simulačního režimu, kde se zobrazí dvourozměrná simulace pohybu drátku při řezu. Z manažeru operací si programátor může zobrazit i 3D simulaci pohybu drátku pro jednotlivé operace, nebo celý postup obrábění. (21)



Obr. 4.14 Grafický editor (21)

- Řezání fazetek (21)

Pro řezání fazetek je v programu Kovoprog k dispozici specializovaná operace, která umožňuje poměrně jednoduchým způsobem definovat tvar fazetky a to bez nutnosti vytváření dalších referenčních rovin. Výsledkem je pak kompletní obrobení fazetky. (21)

- Tvorba maker (21)

Program Kovoprog je vybaven vlastním programovacím jazykem, který umožňuje rozšiřovat možnosti systému. Programátor tak může vytvářet určité podprogramy zvané makra. Tyto makra pak mají několik způsobů využití. (21)

- Geometrická makra, poskytující možnost konstrukce dvourozměrné křivky a její následné vložení do grafického editoru. Například křivky definované dle matematického vztahu (elipsa, parabola)
- Technologická makra, umožňující nadefinovat speciální postup obrábění a to včetně vygenerované dráhy. Tato makra mohou obsahovat i pomocnou konstrukci obráběného tvaru. Technologická makra se vkládají do postupového listu. (21)

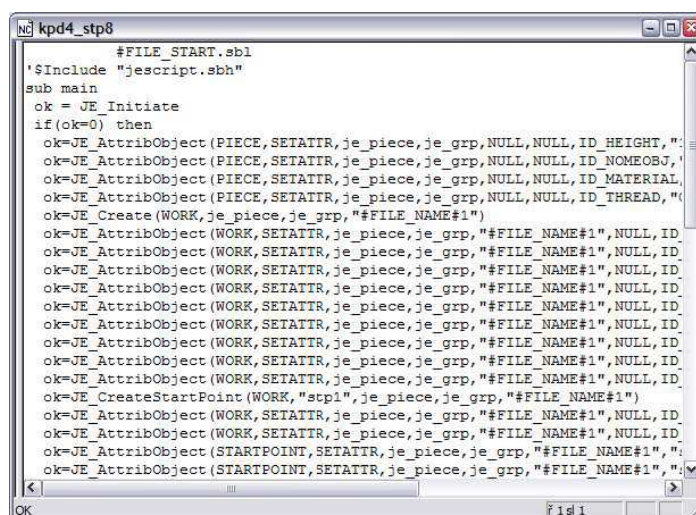
Mezi další využití maker patří například možnost naprogramování speciálních postupů pro najetí drátku do řezu nebo pro jeho vyjetí.

- Generování NC kódu (21)

Pro převedení technologických a geometrických dat do formátu NC programu pro jednotlivé stroje a řídicí systémy slouží postprocesory. Jsou vytvářeny podobným způsobem jako makra ve vlastním vnitřním programovacím jazyce systému. Jedná se o tzv. GEN soubory. Programátor tak může kdykoliv rozšiřovat konfiguraci svého programu.

Postprocesory se dají buď zakoupit nebo je k dispozici také generátor postprocesorů, ve kterém je možné již zakoupené postprocesory upravovat, nebo vytvářet nové.

V interním editoru NC programu je automaticky zobrazen programem vytvořený NC kód. V tomto editoru můžeme prohlížet a editovat výsledný NC kód. Zobrazení pomocných informací umožňuje pro snadnější orientaci zobrazit například aktuální hodnoty souřadnic pro každou řádku NC programu a podobně. Pomocí tohoto editoru se realizuje přenos NC kódu v požadovaném formátu do NC stroje, na speciální periferní zařízení, nebo do souboru. (21)



```

NC kpd4_stp8
#FILE_START.sbl
'$Include "jescript.sbh"
sub main
ok = JE_Initiate
if(ok=0) then
ok=JE_AttribObject(PIECE,SETATTR,je_piece,je_grp,NULL,NULL,ID_HEIGHT,"
ok=JE_AttribObject(PIECE,SETATTR,je_piece,je_grp,NULL,NULL,ID_NOMEOBJ,
ok=JE_AttribObject(PIECE,SETATTR,je_piece,je_grp,NULL,NULL,ID_MATERIAL,
ok=JE_AttribObject(PIECE,SETATTR,je_piece,je_grp,NULL,NULL,ID_THREAD,"
ok=JE_Create(WORK,je_piece,je_grp,"#FILE_NAME#1")
ok=JE_AttribObject(WORK,SETATTR,je_piece,je_grp,"#FILE_NAME#1",NULL,ID
ok=JE_AttribObject(WORK,SETATTR,je_piece,je_grp,"#FILE_NAME#1",NULL,ID
ok=JE_AttribObject(WORK,SETATTR,je_piece,je_grp,"#FILE_NAME#1",NULL,ID
ok=JE_AttribObject(WORK,SETATTR,je_piece,je_grp,"#FILE_NAME#1",NULL,ID
ok=JE_AttribObject(WORK,SETATTR,je_piece,je_grp,"#FILE_NAME#1",NULL,ID
ok=JE_AttribObject(WORK,SETATTR,je_piece,je_grp,"#FILE_NAME#1",NULL,ID
ok=JE_AttribObject(WORK,SETATTR,je_piece,je_grp,"#FILE_NAME#1",NULL,ID
ok=JE_AttribObject(WORK,SETATTR,je_piece,je_grp,"#FILE_NAME#1",NULL,ID
ok=JE_AttribObject(WORK,SETATTR,je_piece,je_grp,"#FILE_NAME#1",NULL,ID
ok=JE_CreateStartPoint(WORK,"stp1",je_piece,je_grp,"#FILE_NAME#1")
ok=JE_AttribObject(WORK,SETATTR,je_piece,je_grp,"#FILE_NAME#1",NULL,ID
ok=JE_AttribObject(WORK,SETATTR,je_piece,je_grp,"#FILE_NAME#1",NULL,ID
ok=JE_AttribObject(STARTPOINT,SETATTR,je_piece,je_grp,"#FILE_NAME#1",
ok=JE_AttribObject(STARTPOINT,SETATTR,je_piece,je_grp,"#FILE_NAME#1",

```

Obr. 4.15 Interní editor NC programu (21)

5 TECHNICKO EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

V této kapitole si porovnáme a vyhodnotíme variantní technologie výroby dané střížnice na základě strojních časů a hodinových sazeb strojů pro navržené metody obrábění.

5.1 Technické vyhodnocení

- Konvenční Technologie

Z technického hlediska je metoda výroby střížnice pomocí technologie frézování poměrně neobvyklá. Důvodem volby této technologie je výroba dané střížnice konvenčním způsobem obrábění a porovnání s běžným (nekonvenčním) způsobem obrábění střížných nástrojů. Běžný způsob obrábění střížných nástrojů je v dnešní době hlavně elektroerozivní drátové řezání a hloubení.

Modernizace v oblasti nástrojů pro obrábění, nám však umožňuje obrábět pomocí frézování i tak specifickou součást, jako je střížnice střížného nástroje. Po obrobení daných tvarů nám však zůstanou na střížnici rádiusy rovnající se poloměru frézy i tam, kde potřebujeme ostré hrany. Z tohoto důvodu vyplývá nevýhoda oproti elektroerozivnímu drátovému řezání, v potřebě zajistit jednotlivé tvary střížnice tak, jak si vyžaduje výkresová dokumentace, což jsme v našem případě zajistili metodou obrážení.

Faktem však je, že v případě potřeby výroby takového střížnice nám vystačí fréza a obrážečka. V případě že nástrojárna není vybavena elektroerozivní drátovou řezačkou (což je poměrně nákladný stroj) můžeme na základě návrhu variantní technologie výroby střížnice říci, že danou součást můžeme za určitých podmínek vyrobít pomocí konvenční technologie obrábění.

- Nekonvenční technologie

Metoda výroby střížnice pomocí elektroerozivního drátového řezání, je obvyklá metoda obrábění používaná v nástrojárnách zabývající se výrobou střížných nástrojů, tvrdých tvarových součástí, forem atd. V našem případě jsme danou střížnici obráběli pomocí běžně dostupného drátku o průměru 0,25 mm a poměrně běžným strojem pro elektroerozivní drátové řezání od firmy AGIE. Při obrábění touto metodou jsme nenarazili na žádnou komplikaci a výsledný strojní čas, kterého jsme dosáhli byl očekáván. Ve srovnání s metodou obrábění pomocí frézování a obrážení je strojní čas při drátovém řezání výrazně nižší. Další výhodou je, že nemusíme obrábět dvěma různými metodami a vystačíme si s jedním upnutím obrobku.

Z technologického hlediska nám vychází nekonvenční metoda obrábění jako výhodnější a produktivnější oproti konvenční metodě obrábění.

5.2 Ekonomické vyhodnocení

V případě ekonomického vyhodnocení variantní výroby dané střížnice budeme vycházet ze strojního času při obrábění jednotlivých metod a hodinové sazby jednotlivých strojů ve které jsou započítány náklady na nástroje, obsluhy stroje, a další spojené náklady s obráběním.

Hodinové sazby byly dány odborným odhadem obdobných výrob.

V tabulce 5.1 jsou uvedeny hodinové sazby strojů pro jednotlivé metody obrábění:

Tab. 5.1 Hodinové sazby pro jednotlivé stroje:

Technologie obrábění	Hodinová sazba stroje N_{hs} [Kč]
Frézka	900
Obrážka	850
Drátová řezačka	700

5.2.1 Ekonomické vyhodnocení Varianta 1

- Celková cena obráběcího procesu pro drátové řezání

V případě obrábění pomocí elektroerozivního drátového řezání nám vyšel celkový strojní čas $t_{AScelk1} = 430$ minut. Hodinová sazba stroje pro drátové řezání $N_{hs} = 700$ Kč/hod.

Celková cena obráběcího procesu Varianty 1 pro elektroerozivní drátové řezání dané střížnice je tedy 5017 Kč.

5.2.2 Ekonomické vyhodnocení Varianta 2

- Celková cena obráběcího procesu pro frézování

V případě obrábění pomocí frézování nám celkový strojní čas vyšel $t_{AScelk2} = 969$ min. Hodinová sazba stroje pro frézování $N_{hs} = 900$ Kč.

Celková cena obráběcího procesu pro frézování dané střížnice bude 14 535 Kč.

- Cena obráběcího procesu pro obrážení

V případě obrábění pomocí obrážení nám strojní čas vyšel $t_{AScelk3} = 294$ min. Hodinová sazba stroje pro obrážení $N_{hs} = 850$ Kč.

Cena obráběcího procesu pro obrážení bude 4 165 Kč.

Celková cena obráběcího procesu Varianty 2 pro frézování a obrážení dané střížnice je dána součtem celkových cen pro jednotlivé metody a bude tedy $t_{AScelk4} = 18\,700$ Kč.

- Celkový strojní čas pro variantu 2

Celkový strojní čas pro variantu 2 je dán součtem celkového strojního času pro frézování a strojního času pro obrážení a je tedy 1263 minut.

5.3 Porovnání navržených variant obrábění

- Z hlediska strojního času

Z hlediska strojního času, který nám pro variantu 1 – elektroerozivní drátové řezání vyšel $t_{AScelk1} = 430$ minut a pro variantu 2 – frézování a obrážení vyšel $t_{AScelk4} = 1263$ minut můžeme říci, že Varianta 1 je 2,94 krát produktivnější než varianta 2.

- Z hlediska ceny obrábění

Z hlediska ceny obrábění, která nám pro variantu 1 vyšla 5 017 Kč a pro variantu 2 18 700 Kč můžeme říci, že varianta 1 je 3,7 krát levnější než varianta 2.

Na základě technicko ekonomické vyhodnocení obou variant můžeme říci, že varianta 1 je 2,94 krát produktivnější (celkový čas je o 833 minut kratší) než varianta 2 a cena obráběné střížnice je 3,7 krát levnější (celková cena je o 13 683 Kč levnější) než varianta 2.

ZÁVĚR

V této práci je vypracován návrh progresivní metody výroby střížného nástroje. Jsou zde navrženy dvě varianty technologie výroby dané střížnice pro konkrétní střížný nástroj. První varianta je metoda nekonvenční a druhá varianta je metoda konvenční. Na základě těchto dvou navržených variant je proveden experimentální způsob výroby, jehož cílem je porovnání konvenční a nekonvenční technologie výroby dané střížnice. Tyto dvě varianty jsou technickoekonomicky vyhodnoceny z hlediska produktivity a ceny obrábění.

Práce se dělí na teoretickou a praktickou část. V úvodní teoretické části je nejdříve položen teoretický základ pro střížné nástroje a způsoby obrábění při jejich výrobě. V praktické části je pak navržen způsob obrábění střížníků a variantní návrh výroby střížnice včetně vypracování výrobních postupů. Pro obě varianty výroby střížnice jsou vypracovány programy na obrábění.

Nekonvenční metoda je zpracována v systému CAD/CAM pro elektroerozivní drátové řezání KOVOPROG a konvenční metoda je vypracována pro frézování v softwaru SURFCAM. Obecný popis těchto CAD/CAM systému je uveden v kapitole 4.

Pro obě varianty obrábění jsou navrženy potřebné podmínky obráběcího procesu včetně stroje a nástroje s vyhovujícími parametry.

Varianta 1 je obrábění potřebných tvarů střížnice pomocí elektroerozivního drátového řezání, jedná se tedy o nekonvenční metodu výroby. Tvary střížnice byly obráběny ve dvou řezech. První hrubovací, s rychlostí řezu 1 mm/min a druhý dokončovací, s rychlostí řezu 3 mm/min. Průměr řezacího drátu byl 0,25 mm. Za těchto podmínek nám vyšel celkový strojní čas obrábění $t_{AScelk1} = 430$ minut. Z technického hlediska můžeme říci, že výhoda první varianty obrábění je v tom, že potřebné tvary střížnice můžeme obrobit na jedno upnutí, jedním nástrojem a na jednom stroji.

Z ekonomického hlediska, při daných sazbách obrábění vyšla celková cena výroby pro první variantu 5017 Kč.

Varianta 2 je obrábění jednotlivých tvarů střížnice konvenčním způsobem a sice frézováním a obrážením. Frézování probíhalo ve dvou operacích - hrubování a dokončování. Celkový čas při frézování nám v tomto případě vyšel $t_{AScelk2} = 969$ minut. Nevýhodou však je, že při frézování jednotlivých tvarů nám zůstanou rádiusy rovnající se poloměru frézy i tam kde podle výkresové dokumentace potřebujeme ostré hrany. Z tohoto důvodu bylo použito pro obrábění zbylých rádiusů metody obrážení. Pro tuto metodu nám strojní čas vyšel $t_{AScelk3} = 294$ minut. Celkový strojní čas při konvenční variantě obrábění nám tedy vyšel $t_{AScelk4} = 1263$ minut. Z technického hlediska můžeme na základě porovnání těchto dvou variant výroby říci, že varianta 1 je 2,94 krát produktivnější než varianta 2. Varianta 2 má navíc nevýhodu v potřebě dvou obráběcích strojů a tudíž i dvojího upínání.

Z ekonomického hlediska při daných sazbách pro konvenční způsob obrábění nám celková cena výroby daných tvarů střížnice vyšla 18 700 Kč, což je 3,7 krát dražší než v případě varianty 1.

Na základě těchto poznatků můžeme jednoznačně říci, že Varianta 1 je pro obrábění potřebných tvarů dané střížnice výhodnější jak z hlediska produktivity, tak i z hlediska celkové ceny výroby a proto pro výrobu dané střížnice jednoznačně doporučujeme nekonvenční způsob obrábění.

Důležité je však podotknout, že daná střížnice se dá vyrobit i konvenčním způsobem výroby a v případě že by nástrojárna nebyla vybavena elektroerozivní drátovou řezačkou (což je poměrně nákladný stroj), může tento způsob výroby aplikovat i za těchto podmínek.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. BOBČÍK, Ladislav. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1983. 213 s. Redakce báňské a strojírenské literatury. (04-229-83)
2. FOREJT, M. a PÍŠKA, M. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. 2006. 226 s. ISBN 80-214-2374-9.
3. KOČMAN, K. a PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
4. KOTOUČ, Jiří, et al. *Tvářecí nástroje*. 1. vyd. Praha : ČVUT Praha, 1993. 349 s. Skriptum. ISBN 80-01-01003-1.
5. LEINVEBER, J. a ŘASA, J. a VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 3. vyd. Praha: Scientela, spol. s.r.o., pedagogické nakladatelství, 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6
6. LIŠKA, J. a ŠANTORA, J. a VOTRUBA, J. *Tepelné zpracování*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964. 248 s. D-15 40334.
7. MORÁVEK, Rudolf. *Nekonvenční metody obrábění*. 2. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 1999. 102 s. ISBN 80-7082-518-9.
8. NOVOTNÝ, J. a LANGER, Z. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. Praha: SNTL Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s. L 13–B3-IV- 41/22674.
9. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
10. Alfatech Stolany s.r.o. *Modulární svěráky*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.naradi-alfatech.cz/vmp-4/detail-109-83.html>>.
11. Alfatech Stolany s.r.o. *Strojní svěráky*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.naradi-alfatech.cz/vj-400/detail-54-24.html>>.
12. Blohm Normteile. *Normalien fuer den Schnitt – und Stanzenbau nach DIN und ISO*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <http://www.blohm.cz/download/Schnitt-_Stanzenbau.pdf>.

13. Bomar. *Ergonomic 320.25 DGS popis*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.bomar.cz/start.asp?nArticleID=1441&nDepartmentID=2013&nLanguageID=1>>.
14. EDMEX s.r.o. *Agie Agie cut drátové řezačky technické údaje*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.agiecharmilles.cz/images/productdata/agie/acclassic23.png>>.
15. HITACHI Tool Engineering Europe GmbH. *Katalog fréz*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.high-speed-cutting.com/en/hd-coating.php>>.
16. HRUBÝ, J. *Technologie stříhání*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <http://www.fs.vsb.cz/fakulta/kat/345/jirihruby/KTN/06_Lisovani.pdf>.
17. JKZ Bučovice a.s. *Nástrojová ocel*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.jkz.cz/ocel.php?ocel=19802&lang=cz>>.
18. JKZ Bučovice a.s. *Nástrojová ocel*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.jkz.cz/ocel.php?ocel=12080&lang=cz>>.
19. Klein & Blažek spol s.r.o. *Postupové nástroje*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <http://www.kleibl.cz/index.php?p=pos_nas&site=default>.
20. Machine Stock.com. *Maschinen*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.machinestock.com/site/showpictures.php?bildname=1032-02064-15042008164137828.jpg>>.
21. Kovoprog. *Manuals*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <http://support.kovoprog.cz/download/manuals/MainBook_kpd_cz_open.pdf>.
22. Lis-Liberec. *CNC stroje*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.lis-liberec.cz/vybaveni.html>>.
23. MM Spektrum. *Automatizované konstruování postupových střížných nástrojů*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/automatizovane-konstruovani-postupovych-striznych-nastroju>>.

24. MM Spektrum. *CNC elektroerozivní hloubička tuzemské provenience*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/cnc-elektroerozivni-hloubicka-tuzemske-provenience>>.
25. Moltec. *Strojní vybavení*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.moltec.cz/fotky/obr13-v.jpg>>.
26. Pfingstner. *Dielektrikum*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.pfingstner.cz/index.php/dielektrikum>>.
27. Pfingstner. *Řezací dráty*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.pfingstner.cz/index.php/rezaci-draty>>.
28. Stimer LTD. *Obrážecí nože*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.stimer.cz/index.php-categoryid=9.htm>>.
29. Swiss Instruments Limited. *Hermle C30*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <http://www.swissinstruments.com/prod_machines_c30.html>.
30. W-Technology. *Upínací nářadí WEDM*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <http://www.w-technology.cz/PDF/wedm_cz.pdf>.
31. 3E Praha Engineering, a.s. *Stručný úvodní manuál pro SURFCAM*. [online]. 2010, [cit. 2010-05-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.smocek.orlice.cz/Surfcam%20Velocity%203/5-Manualy/Manuals/SURFCAM%20prirucka.pdf>>.
32. Exkurze, konzultace. [2010-05-06]. Nástrojárna ASN HAKR Brno s.r.o.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

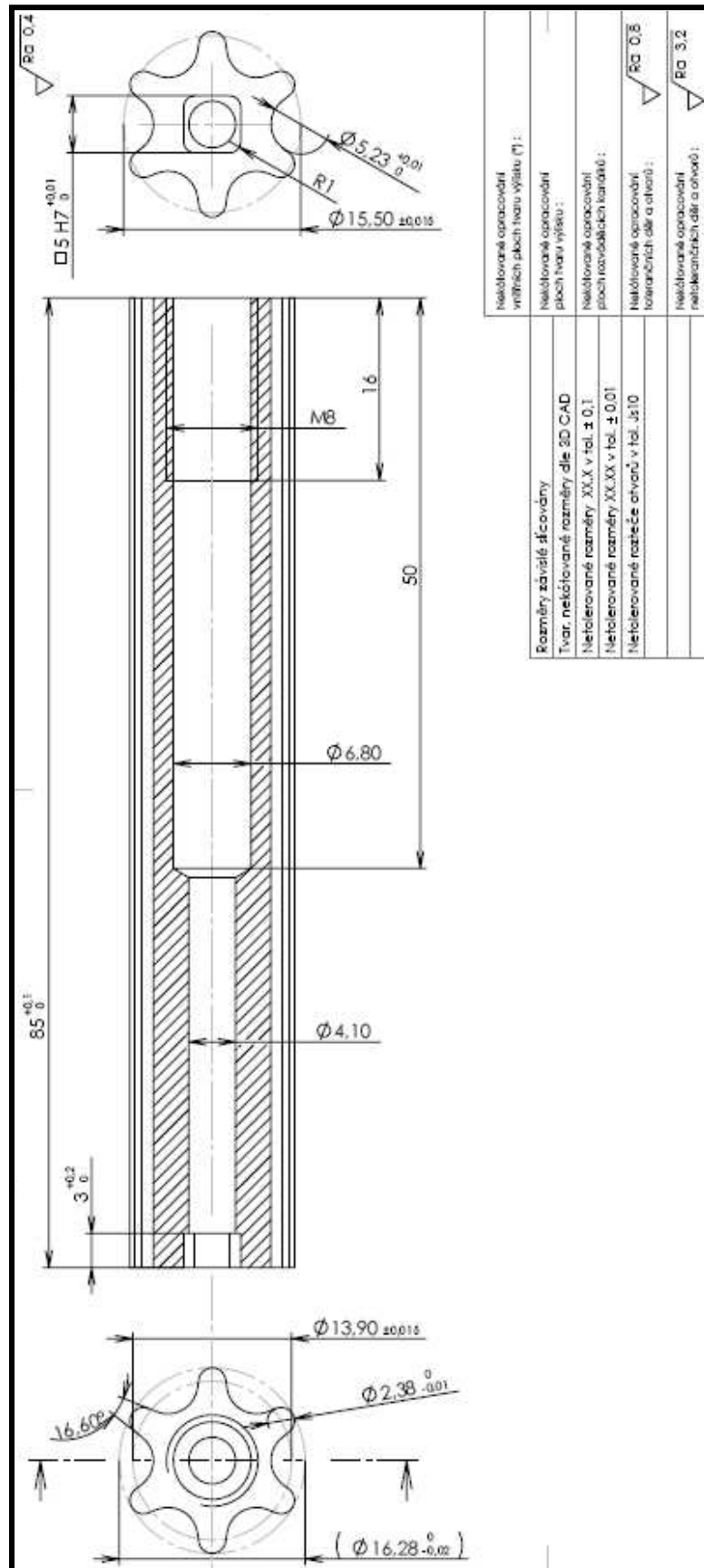
Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
CAD	-	konstruování pomoci počítače
CAM	-	počítačem podporovaná výroba
CNC	-	řízení obráběcího stroje počítačem
ČSN	-	česká státní norma
DIN	-	německá státní norma
DXF	-	formát datového souboru
EDM	-	elektroerozivní obrábění
G	-	přídavné funkce
HB	-	tvrdost podle Brinella
HRC	-	tvrdost podle Rockwella
IGES	-	formát datového souboru
KPG	-	formát datového souboru
M	-	pomocné funkce
NC	-	číslicové řízení
RC	-	typ generátoru
RLC	-	typ generátoru
WC	-	karbid wolframu
3D	-	3 rozměrný prostor
A	[N]	střížná práce
Al	-	hliník
B	[mm]	šířka obráběcího nože
Co	-	kobalt
Cu	-	měď
D_{0max}	[mm]	průměr zesílené části střížníku
E	[MPa]	modul pružnosti v tahu
F	[N]	střížná síla
F_c	[N]	celková střížná síla
F_{pr}	[N]	protlačovací síla
F_{st}	[N]	stírací síla
$F_{stř}$	[N]	střížná síla
L	[mm]	délka křivky stříhu
Mn	-	mangan
N_{hs}	[Kč]	hodinová sazba stroje
O	[mm]	obvod řezaného tvaru
Ra	[μ m]	jakost povrchu
Rm	[MPa]	mez pevnosti v tahu
S	[mm ²]	plocha stříhu
a_p	[mm]	šířka záběru ostří
b	[mm]	šířka obráběcího nože
c	[-]	součinitel závislý na stupni stříhu
c1	[-]	součinitel stírání
c2	[-]	součinitel protlačení
c3	[-]	součinitel otupení břitů
d	[mm]	průměr střížníku
fdz	[mm]	posuv na dvojzdvih

fz	[mm]	posuv na zub
h	[mm]	výška obrážecího nože
hs	[mm]	hloubka vniknutí střižné hrany
i0	-	index kinetické obrobiteľnosti
kc	[MPa]	měrná řezná síla
ks	[MPa]	pevnost ve smyku
l	[mm]	délka střižníku
l0	[mm]	délka osazení
n	[min-1]	otáčky za minutu
s	[mm ²]	velikost obrobené plochy
t	[mm]	vůle mezi výstřižkem a střižnicí
tAS	[min]	strojní čas
tASd	[min]	strojní čas při dokončování
tASh	[min]	strojní čas při hrubování
t _d	[min]	čas dvojzdvihu
v	[mm]	střižná vůle
vc	[m. min-1]	řezná rychlost
vc15	[m. min-1]	řezná rychlost při trvanlivosti 15 min sledovaného materiálu
vc15et	[m. min-1]	řezná rychlost při trvanlivosti 15 min etalonového materiálu
vf	[m. min-1]	posuvová rychlost
vz	[m. min-1]	rychlost zpětného pohybu stolu
λ	[-]	součinitel plnosti diagramu
π	[-]	ludolfovo číslo π = 3,14159
σ _p	[MPa]	přetvárný odpor
σ _p	[MPa]	přetvárný odpor
τ _s	[MPa]	mez pevnosti ve stříhu
ø	[mm]	průměr

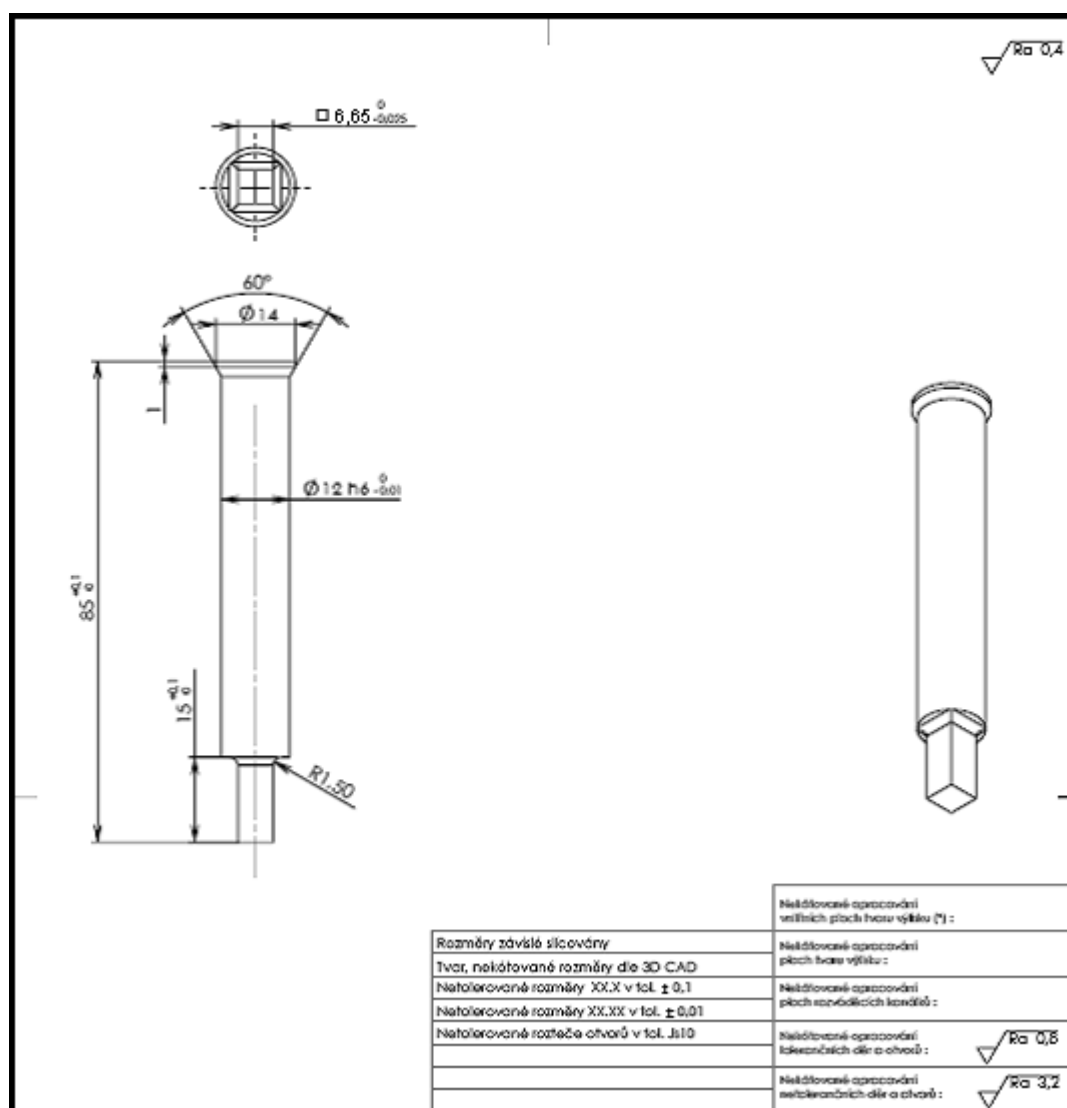
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres střížníku Kr-3
Příloha 2	Výkres střížníku Kr-1
Příloha 3	Výkres střížníku Kr-2
Příloha 4	Výkres střížnice
Příloha 5	Technologický postup pro střížník Kr3
Příloha 6	Technologický postup pro střížník Kr1+2
Příloha 7	Technologický postup pro střížnici Varianta 1
Příloha 8	Technologický postup pro střížnici Varianta 2
Příloha 9	CD-ROM , Navržené programy v CAD/CAM

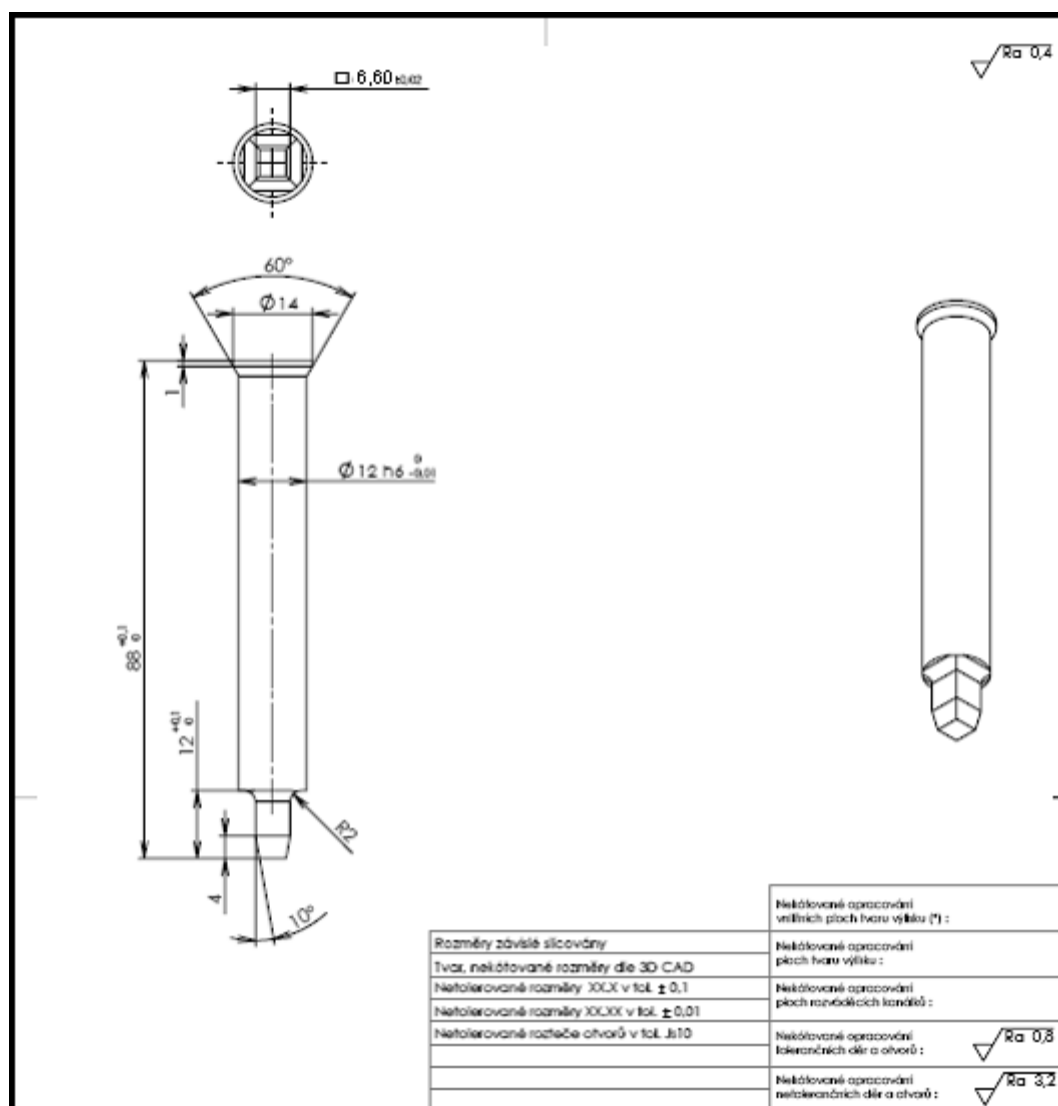
Příloha 1



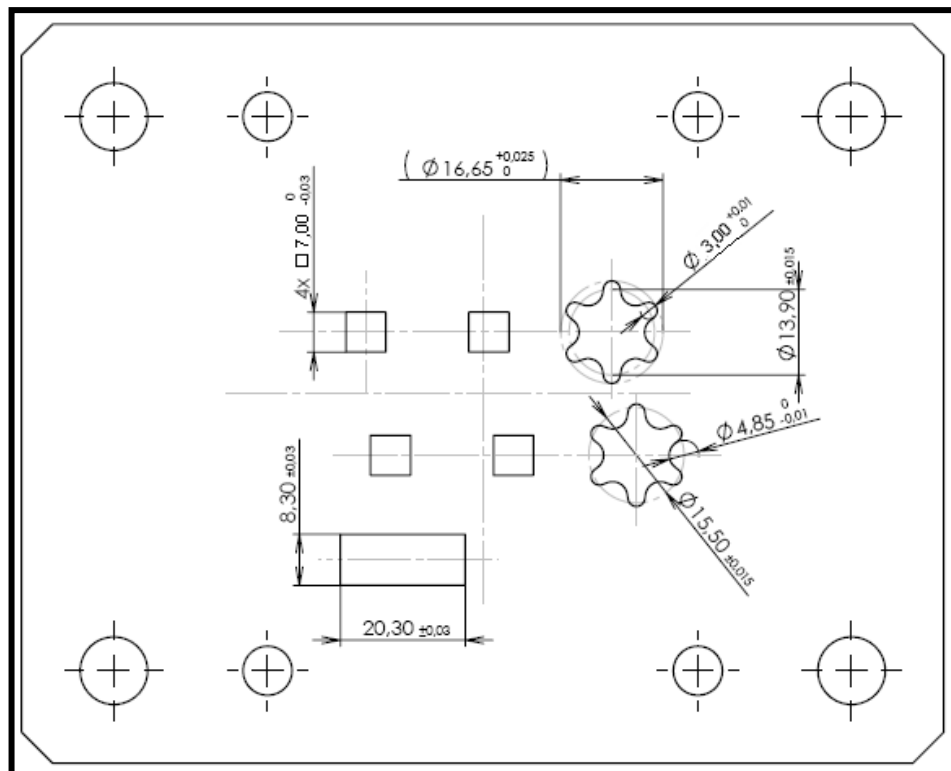
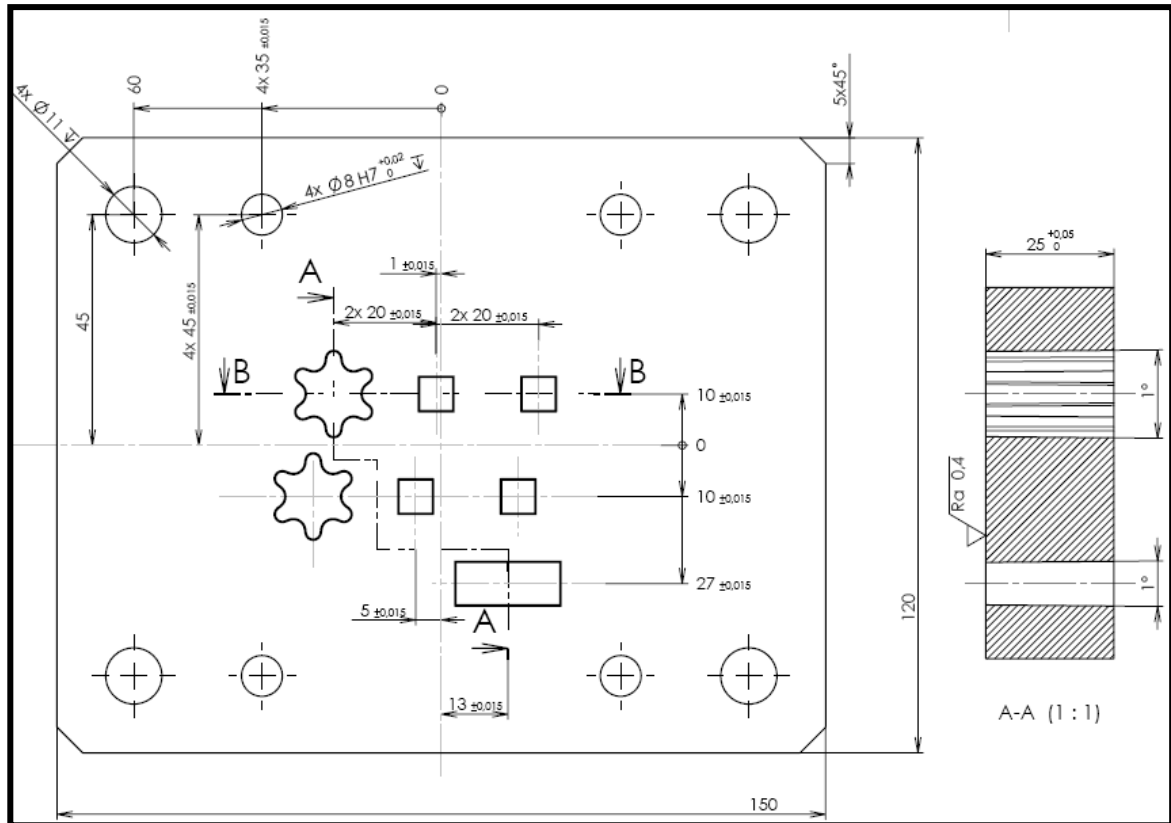
Příloha 2



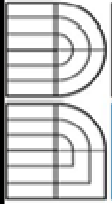
Příloha 3



Příloha 4



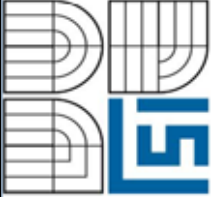
Příloha 5

 Vysoké učení technické v Brně Fakulta strojního inženýrství Ústav strojírenské technologie Odbor technologie obrábění		TECHNOLOGICKÝ POSTUP	Vypracoval: Bc. Tomáš Vejrek Počet kusů: 2 Datum: 3.5.2010	
Číslo operace	PRACOVISTĚ	STROJ	POPS	
01/01	Dělna materiálu	Rámová pila Bomar 320.250 DGS	Dělit materiál pro řezání na ED AGIE agiecut classic, pro oba střížníky najednou, materiál dle ČSN 19436, polotovar 40x40 mm, délka 86 mm	
02/02	Nástrojárna prac. Frez.	Frézka CNC HERMLE C30	Zúhlovat rozměr 85 mm + přidavek na brus po kalení 0,1 mm	
03/03	Nástrojárna prac. Brus.	Bruska na plocho BPH 20	Zúhlovat	
04/04	Nástrojárna prac. Frez.	Frézka CNC HERMLE C30	Otvory D 4,1mm a D 6,8 mm na hotovo kapsu hl. 3 mm neprovádět	
05/05	Pracoviště nástrojaře	(Závitník pro M8)	Řezat závit, upravit	
06/06	Kalíma	Kalicí pec	Kalit na 58 + 2 HRC	
07/07	Nástrojárna prac. Brus.	Bruska na plocho BPH 20	Zúhlovat rozměr 85 mm na hotovo	
08/08	Nástrojárna prac. EDM	Drátová řezačka AGIE agiecut classic	Řezat tvar, při najždění vycházet od otvorů D 4,1 mm	
09/09	Pracoviště nástrojaře		Začistit můstek	

Příloha 6

 Vysoké učení technické v Brně Fakulta strojního inženýrství Ústav strojírenské technologie Odbor technologie obrábění		TECHNOLOGICKÝ POSTUP Název: STŘIŽNÍK Kr1+Kr2	Vypracoval: Bc. Tomáš Vejrek Počet kusů: 2+2 Datum: 3.5.2010
Číslo operace	PRACOVISTĚ	STROJ	POPIS
0/0	OTK, zásobování	(posuvné měřítko)	Kontrolovat materiál - polotovar Blohm normteile D=12 mm, l = 88 mm
01/01	Nástrojárna prac. EDM	Drátová řezačka AGIE agiecut classic	Řezat tvar, čtyřhran hotově (Kr-1)
02/02	Nástrojárna prac. EDM	Drátová řezačka AGIE agiecut classic	Řezat tvar, čtyřhran i s úkosem hotově (Kr 2)

Příloha 7

 Vysoké učení technické v Brně Fakulta strojního inženýrství Ústav strojírenské technologie Odbor technologie obrábění		TECHNOLOGICKÝ POSTUP Název: STŘIŽNICE	Vypracoval: Bc. Tomáš Vejrek Počet kusů: 1 Datum: 3.5.2010
Číslo operace	PRACOVÍŠTĚ		
01/01	Dělna materiálu	STROJ	Dělit materiál dle ČSN 19436, polotovar 152x122x27 mm
02/02	Nástrojárna prac. Frez.	Frézka CNC HERMLE C30	Zúhlovat obvod na hotovo + přidavek na brus po kalení 0,1 mm
03/03	Nástrojárna prac. Brus.	Bruska na plocho BPH 20	Začistit plochy + přidavek na brus po kalení
04/04	Nástrojárna prac. Frez.	Frézka CNC HERMLE C30	Otvory 4xD 11mm na hotovo, pro přesné otvory a tvary start pro EDM AGIE
05/05	Kalírna	Kalicí pec	Kalit na 60 + 2 HRC
06/06	Nástrojárna prac. Brus.	Bruska na plocho BPH 20	Brus plochy na hotovo dle výkresu
08/08	Nástrojárna prac. EDM	Drátová řezačka AGIE aquicut classic	Rezat tvary a přesné otvory

Příloha 8

 Vysoké učení technické v Brně Fakulta strojního inženýrství Ústav strojírenské technologie Odbor technologie obrábění		TECHNOLOGICKÝ POSTUP	Vypracoval: Bc. Tomáš Vejrek Počet kusů: 1 Datum: 3.5.2010
Číslo operace	PRACOVÍŠTĚ	STROJ	
01/01	Dělna materiálu	Rámová pila Bomar 320.250 DGS	Dělit materiál dle ČSN 19436, polotovar 152x122x27 mm
02/02	Nástrojárna prac. Frez.	Frézka CNC HERMLE C30	Zúhlovat obvod na hotovo + přidavek na brus po kalení 0,1 mm
03/03	Nástrojárna prac. Brus.	Bruska na plocho BPH 20	Začistit plochy + přidavek na brus po kalení
04/04	Nástrojárna prac. Frez.	Frézka CNC HERMLE C30	Otvory 4xD 11mm na hotovo
05/05	Kalírna	Kalicí pec	Kalit na 60 + 2 HRC
06/06	Nástrojárna prac. Brus.	Bruska na plocho BPH 20	Brus plochy na hotovo dle výkresu
07/07	Nástrojárna prac. Frez.	Frézka CNC HERMLE C30	Frézovat přesné tvary, hrubování, přidavek na dokončování 0,2 mm
08/08	Nástrojárna prac. Frez.	Frézka CNC HERMLE C30	Frézovat přesné tvary, dokončování, na hotovo
09/09	Nástrojárna prac. Obráž.		Obrobit radiusy po frézování u rozměrů 4 x 7 mm a 8,3 x 20,3 na hotovo dle výkresu
10/10	Nástrojárna prac. Nástrojař	Obrážka Taurus DA 200	Začistit přechody po obrázení