

Vysoká škola: strojní a textilní

Fakulta: strojní

Katedra: obrábění a montáže

Školní rok: 1988 - 89

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro J a n s k é h o Martina

obor 23 - 07 - 8 strojírenská technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Návrh technologického pracoviště na výrobu ocelové matrice pro magnetické separátory.

Zásady pro vypracování:

1. Hospodářský význam zadání.
2. Studium dané problematiky, rešerše.
3. Návrh pracoviště ve dvou alternativách.
4. Návrh technologického postupu včetně řezných podmínek.
5. Návrh nástroje a způsobu jeho ostření.
6. Ekonomické zhodnocení a závěr.

V 258/89 S

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8
PSČ 461 17

Separace magnetick.
- namontovat
- sloužit

KOM/OM

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 50 stran textu

Seznam odborné literatury:

- Libal, V. a kol.: Organizace a řízení výroby, SNTL Praha 1983
Vigner, M. - Zelenka, A. - Král, M.: Metodika projektování výrobních procesů, SNTL Praha 1984
Stuna, M.: Technologické postupy I. díl, VŠST Liberec 1970
Přikryl, Z. - Musílková, R.: Teorie obrábění, SNTL Praha 1982
Dokumentace n.p. FEROX Děčín

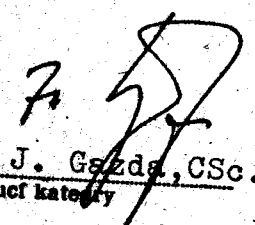
Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel B u k a ě

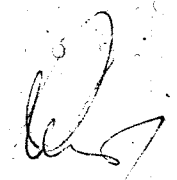
Konzultant: Ing. Vladimír Belák

Datum zadání diplomové práce: 16. 9. 1988

Termín odevzdání diplomové práce: 2. 6. 1989




Doc. Ing. J. Gzda, CSc.
Vedoucí katedry


Prof. Ing. Vl. Prášil, DrSc.
Děkan

v Liberci dne 16. 9. 1988

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

katedra obrábění a montáže

obor 23 - 07 - 08 - strojírenská technologie

Návrh technologického pracoviště na výrobu
ocelové matrice pro magnetické separátory

610

K O M - O M - [REDACTED]

Martin J a n s k ý

Vedoucí práce: Ing.Karel Bukač,
VŠST Liberec

Konzultant: Ing.Vladimír Belák,
Ferox Děčín

Rozsah práce a počet příloh:

Počet stran:	53
Počet příloh a tabulek	1
Počet obrázků	10
Počet výkresů	4
Počet modelů nebo jiných příloh	0

Datum : 2.června 1989



Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, dne : 2. června 1989

Podpis :

Marť Jansg'

Obsah

	str.
1 Úvod	7
2 Rešerše problematiky magnetické separace	9
2.1 Supravodivý magnetický separátor kaolinu	9
2.1.1 Popis a funkce separátoru	9
2.1.2 Vývoj a výroba separátoru v ČSSR	12
2.2 Současný stav v zajišťování matrice používané v kryostatu separátoru v ČSSR	12
2.3 Vlastnosti a parametry matrice používané v kryostatu separátoru	13
2.3.1 Požadavky na matrici	13
2.3.2 Volba materiálu matrice	14
2.4 Dosud známé způsoby výroby matrice v ČSSR	15
2.5 Požadavek potřebného množství matrice pro tuzemské separátory	16
3 Návrh způsobu výroby volné matrice pro magnetické separátory	17
3.1 Volba vhodného stroje	17
3.2 Volba a úprava výchozího polotovaru	20
3.3 Volba a návrh nástroje	24
3.3.1 Experimentální zkoušky pro návrh geometrie nástroje při daných řezných podmínkách.....	25
3.3.2 Návrh optimální geometrie nástroje a způsobu jeho seřízení v optickém seřizovacím přístroji	26
3.3.3 Způsob ostření nástroje a vybroušení dané geometrie	28

	str.
3.4 Úprava pracoviště a způsob odvodu matrice	31
4 Návrh technologického postupu na výrobu matrice	32
4.1 Navržený technologický postup	32
4.2 Návrh řezných podmínek	35
5 Návrh technologického pracoviště na výrobu matrice pro magnetické separátory	37
5.1 Kapacitní propočty	37
5.2 Prvotní technologické pracoviště	39
5.3 Výhledové technologické pracoviště	42
6 Zhodnocení navrženého způsobu výroby	45
6.1 Výhody navrženého způsobu výroby	45
6.2 Ekonomické zhodnocení výroby	46
7 Závěr	49

Použité veličiny a jednotky

název	značka	jednotka značky
teplota	T	K
hmotnost	$m, m_1, m_2, M, M_0, M_1, M_1'$	kg
průměr	d, d_0, D, D_0, D_1, D_2	m
objem	V	m^3
měrná hmotnost	ρ	kgm^{-3}
délka	l, l_0	m
tloušťka	h_0	m
Ludolfovo číslo	Π	-
úhel hřbetu	α	rad
úhel čela	β	rad
úhel nastavení	κ, κ'	rad
poloměr špičky nože	r_s	m
úhel sklonu ostří	λ_s	rad
úhel	$\kappa_n, \kappa_n', \delta$	rad
řezná rychlost	V_{max}, V_{min}, V_c	$m.s^{-1}$
otáčky	n	s^{-1}
podélný posuv	s	$m.ot^{-1}$
posuv na zub	s_z	$m.zub^{-1}$
přísuv	h	$m.břit^{-1}$
čas jednotkový	t_A	s
čas dávkový	t_B	s
čas strojní	t_S	s

1 Ú v o d

Určující úlohu ve společenském vývoji má výroba jako cílevědomá činnost lidí, zaměřená k vytváření užitných hodnot. Tuto úlohu má výroba i ve vztahu k rozvoji techniky, především techniky spojené s výrobními silami společnosti - výrobní techniky. V konkrétní rovině je výrobní technika reprezentována výrobními prostředky a současně i určitými metodami a postupy práce, které užívají lidé ve výrobě. Právě v současné době, kdy lidská společnost v průmyslově vyspělých státech stojí na prahu nové éry, lze pozorovat bouřlivý rozvoj především pracovních předmětů, které pak v dané míře determinují i metody a postupy práce. Soudobá vědecko-technická revoluce je zákonitý historický proces, který představuje základní přeměny vědy, techniky a materiální výroby.

Vědecko-technická revoluce se začala rozvíjet v padesátých letech našeho století. Její vnitřní podstatou je především revoluce ve vědě a jejím prostřednictvím převrat ve výrobních procesech, prostředcích a metodách práce. To bylo příčinou vzniku principiálně nových a kvalitativně dokonalejších strojů, systémů a technologií. Moderní vědecko-technická revoluce je součástí vědecko-technického rozvoje, je jeho vyšší etapou. Je to jednotný, vzájemně spojený a na sobě záviselý proces, při jehož působení je dosahován vyšší stupeň rozvoje výroby. Zvláštností moderní vědecko-technické revoluce je přeměna vědy na hybnou sílu růstu a zdokonalování materiální výroby. Tato přeměna se uskutečňuje rozvojem vědy prostřednictvím svých tvořivých funkcí, jež zajišťují výrobnímu procesu ty poznatky, které tento proces potřebuje.

Vědecko-technický rozvoj má mimořádný význam zvláště pro naši československou ekonomiku, kde jsou již extenzivní zdroje růstu výroby v podstatě vyčerpány a další hospodářský a sociální rozvoj naší společnosti je možný jen na základě intenzivního využívání poznatků soudobé vědy a techniky. Důsledné prosazování vědecko-technického rozvoje při zajišťování efektivnosti národního hospodářství a jeho dalšího ekonomického růstu zůstává pro léta 1986 - 1990 nejvýznamějším faktorem. V souladu se závěry 8. 10. a 12. zasedání ÚV KSČ je třeba zaměřit společné úsilí na tvorbu nových technických řešení a jejich účinnou realizaci, zvyšování technicko-ekonomických parametrů strojů a zařízení, snižování jejich materiálové a energetické náročnosti a na zabezpečení dodávek strojů a zařízení pro tuzemskou investiční výstavbu a vývoz.

Rozvoj techniky je provázen v posledních letech stále se zvyšujícími požadavky a nároky na výrobu ve všech odvětvích národního hospodářství. Jedním z odvětví průmyslu, které se nyní dostává do popředí naší československé ekonomiky, je chemický průmysl. Chemický průmysl, nyní nazýván jako odvětví budoucnosti, má před sebou veliké pole působnosti a široké možnosti využití. Možnosti chemie jsou však závislé na těžbě a dodávkách nerostných surovin, kterými však Československo ve větší míře neoplývá.

○ Jednou z mála surovin, které má naše hospodářství dostatek a dá se říci i nadbytek, je kaolin. Rozsáhlá ložiska kaolinu umožnily Československu zařadit se mezi nejvýznamnější producenty kaolinu a v oblasti exportu zaujímat třetí místo na světě. Proto jsou kladeny vysoké nároky zejména na kvalitu zpracovaného kaolinu. Kvalita Kaolinu je v největší míře ovlivněna jeho

separací v supravodivém magnetickém separátoru. Technologie magnetické separace byla vyvinuta v USA již v roce 1969, u nás se však první magnetické separátory začaly používat až v nedávné době. Proto je tato technologie zpracování kaolinu u nás spojena s nemalými problémy a obtížemi, které je třeba řešit.

2 Rešerše problematiky magnetické separace

2.1 Supravodivý magnetický separátor kaolinu

2.1.1 Popis a funkce separátoru

Kvalita kaolinu, který je zpracováván v magnetickém separátoru, je do značné míry ovlivněna jeho bělostí, jež závisí na množství pigmentujících příměsí. Tyto příměsi tvoří převážně sloučeniny železa a titanu, které jsou paramagnetické a vysokogradientní magnetickou separací lze jejich obsah v kaolinu výrazně snížit. Zvýšení bělosti kaolinu významně ovlivňuje i jeho cenu.

Magnetické separátory kaolinu v současné době vyráběné, jsou konstruovány jako cyklicky pracující zařízení. Kaolinové suspenze jsou přiváděny do válcového separačního prostoru, v němž je vytvářeno silné magnetické pole elektromagnetem vinutým z vodou chlazeného měděného vodiče. Separační komory o průměru 2 - 3 m jsou vyplněny feromagnetickou drátkovou maticí /dále jen matrice/, na jejímž povrchu se zachycují paramagnetické částice vydělující se z protékající suspenze. Po určité době se magnetické pole zruší, zachycené nečistoty vypláchnou vodou a proces se opakuje.

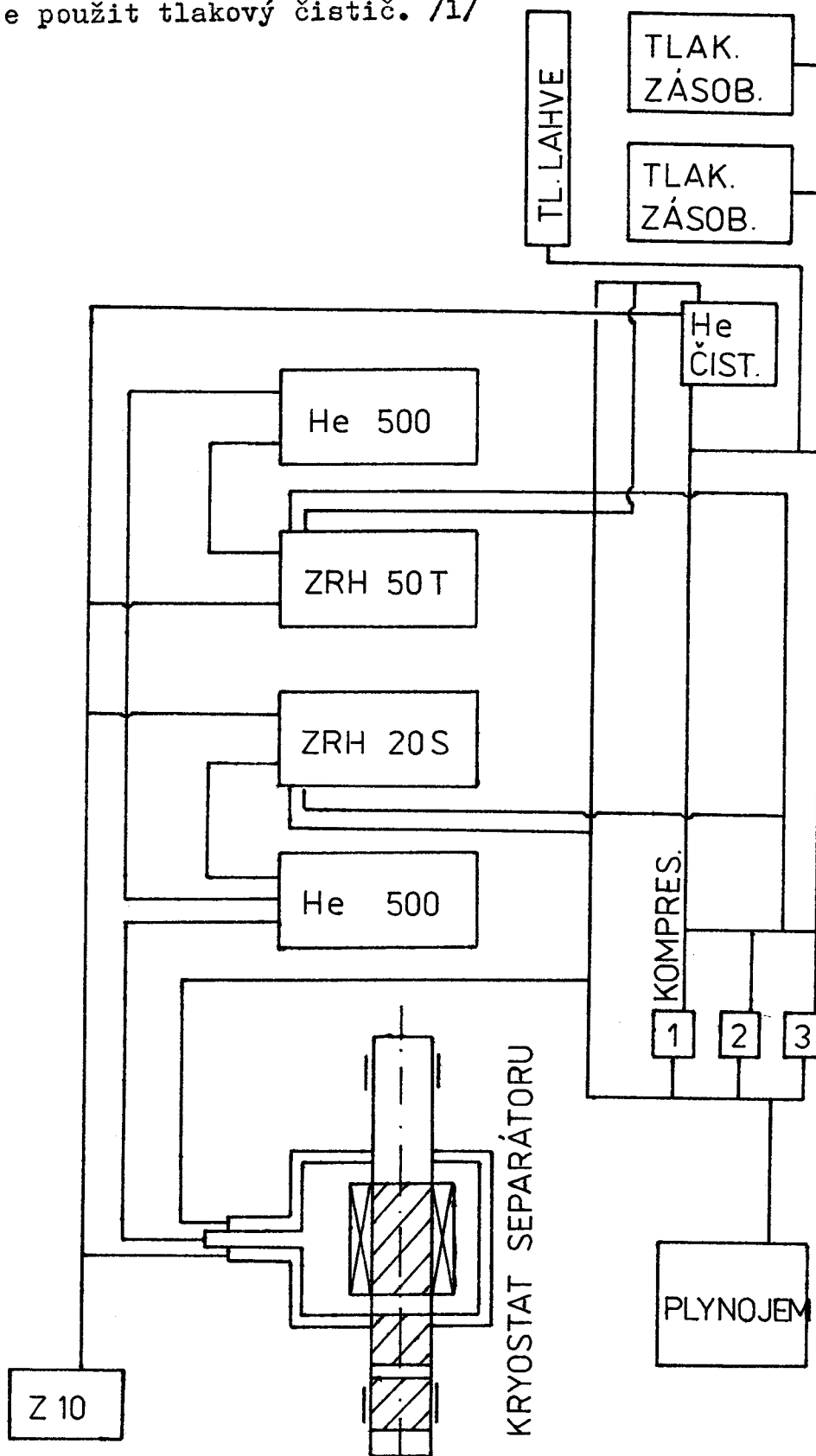
Výrazné zlepšení technických a ekonomických parametrů vysokogradientního separátoru je možno dosáhnout, použije-li se místo resistivního elektromagnetu selenoidu se supravodivým

vinutím. Takový separátor umožňuje pracovat s magnetickým polem vyšší intenzity a ve stejném separačním prostoru zpracovávat větší množství suroviny s případnou lepší kvalitou vyčištěného kaolinu. Použití supravodivého magnetu výrazně sníží hmotnost zařízení i jeho energetickou náročnost.

Protože při nabuzování a odbuzování supravodivého magnetu vznikají ztráty, které se projevují výrazným zvýšením odparu kapalného helia, byl navržen separátor nové koncepce /obr.1/. Supravodivé elektromagnetické vinutí separátoru je trvale nabuzeno a separační komora naplněná matricí se přemisťuje do stíněného prostoru, kde je regenerována vypíráním vodou, přičemž do magnetického pole cívky se přesune druhá separační komora, ve které probíhá separace. Pracovní proces je tak polokontinuální, pasivní perioda cyklu /přepírání armatur a přesouvání matrice/ tvoří pouze zlomek periody pracovní.

Supravodivý magnetický separátor představuje první průmyslovou aplikaci supravodivosti v ČSSR. Podchlazení supravodivého magnetu na pracovní teplotu $T = 4,2 \text{ K}$ a dlouhodobé udržování této teploty zajišťuje kryogenní systém. Kryogenní systém tvoří kryostat separátoru a dva zkapalňovače helia. Nádoby jsou navzájem propojeny vakuově izolovaným potrubím, jedna z nich je spojena stejným způsobem s kryostatem. Zkapalňovač helia ZRH 20 S pracuje ve spojení se dvěma pístovými bezmaznými kompresory, třetí kompresor dodává stlačené helium do zkapalňovače ZRH 50 T. Kompresory slouží i ke stlačování odpařeného helia do tlakových zásobníků. Zkapalňovač ZRH 20 S pracuje s předchlazeným kapalným dusíkem a dvěma turboexpandery. Ke skladování helia je určen nízkotlaký plynojem a dva tlakové zásobníky. K jeho čis-

tění je použit tlakový čistič. /1/



Obr.1 Supravodivý magnetický separátor

2.1.2 Vývoj a výroba separátoru v ČSSR

Na dříve popsaném principu je vyvíjen magnetický separátor v rámci státního úkolu v ČSSR. Koordinačním pracovištěm je VÚPCHT Hradec Králové a na vývoji se podílí Ferox Děčín, ETD Škoda Plzeň, VÚSE Praha, ZKZ Kaznějov a další. Zkušební zařízení, jehož montáž v současné době probíhá v ZKZ Kaznějov, zpracuje za hodinu 5 t kaolinu při průměrném příkonu 30 kw /energie pro chlazení na teplotu kapalného helia/. /2/

Nyní také probíhá konkurzní řízení mezi separačními komorami vyvíjenými ve spolupráci ZVÚ Hradec Králové - Ferox Děčín a ÚVR Mníšek pod Brdy. Separační komora vyvíjená ve spolupráci ZVÚ Hradec Králové - Ferox Děčín má náplň 200 kg kovové matrice, vnitřní průměr komory je 200 mm a vnější 500 mm. Separační komora vyvíjená v ÚVR Mníšek pod Brdy má náplň 760 kg kovové matrice, vnitřní průměr komory je 1 800 mm a vnější 2 000 mm. Tato separační komora je jednodušší konstrukce, i když nevýhodou je větší množství použité matrice. Ve srovnání - separační komora americké firmy SALA má náplň 160 kg kovové matrice, její vnitřní průměr je 1 070 mm. V přípravě je zatím čtvrtý typ separátoru VMSK v Železnorudných baních Spišská Nová Ves.

2.2 Současný stav v zajišťování matrice pro magnetické separátory v ČSSR

V Československu v této době pracují vesměs separátory od americké firmy SALA. Matrice ve formě koláčů o průměru 1 070 mm a tloušce cca 10 mm se dováží z kapitalistických států a to zejména z USA, Švédska a Rakouska v ceně 4 000 - 5 000 Kčs/kg.

Dovozová matrice v koláčích je upravena způsobem netka-

ných textilií s objemovým plněním 7 %. Zřejmě předlisovaná matrice je „prošita“ na proštupovacích strojích, které se používají při výrobě netkaných textilií např. filců. Matrice v koláčích se skládá do vlastního separátoru, což se provádí tak, že do pracovního válce separátoru se naskládají koláče na sebe /62 koláčů tloušťky 10 mm/ a pak se ještě dolisují na pracovní výšku cca 300 mm.

Podle předběžného průzkumu bude údajně v příštích letech v tuzemsku potřeba na čišťení kaolinu matrice za 1,5-2 miliony Kčs. Podle informace se obdobná matrice též používá v podniku Královopolská Moravské Budějovice jako náplň magnetických olejových odlučovačů. Matrici dováží např. i NDR, kde je jeden separátor v Kaminau u Drážďan, SSSR se separátorem v Prosjanaji u Dombasu, firmy v Hirschau a KICK ve Schneitenbachu v NSR.

Protože dovážená matrice je velice drahá a v RVHP dosud není výrobce, rozhodly se některé výzkumné ústavy, podniky a družstva vyrobit vlastní československou matrici. V roce 1985 se začaly výrobou zabývat VÚPCHT Hradec Králové, VÚSE Běchovice a ZZNP Mělník. Tyto organizace společně vyrobily první náplň magnetického separátoru - matrici československé výroby ve volném stavu za cenu cca 1 600 Kčs/kg. V současné době se výrobou zabývá JZD Končice, které by pro ZKZ Kaznějov mělo vyrobit matrici a dodat ve slisovaném stavu za cenu asi 2 000 Kčs/kg.

2.3 Vlastnosti a parametry matrice používané v kryostatu separátoru

2.3.1 Požadavky na matrici

Matrice používaná v kryostatu separátoru musí splňovat následující požadavky:

- 1/ vlna v podobě drátků o příčném rozměru $50 \div 10$ mm, délky několika cm až desítek cm,
- 2/ materiál, ze kterého budou drátky vyráběny, musí mít magnetické vlastnosti obdobné jako korozi-vzdorné oceli třídy 17,
- 3/ při slisování se třísky nesmějí ve větším měřítku lámat, aby takto vzniklé úlomky nebyly odplavovány při proplachování tlakovou vodou.

2.3.2 Volba materiálu matrice

Volba materiálu matrice musí kromě technologických aspektů respektovat základní funkční požadavky a to jsou: magnetické a korozi-vzdorné vlastnosti. Avšak ne všechny materiály vhodné z hlediska magnetických a korozi-vzdorných vlastností jsou vhodné také z hlediska vytváření a utváření třísky, stejně tak je důležité i hledisko dostupnosti a ceny materiálu.

Požadované magnetické a korozi-vzdorné vlastnosti splňují materiály třídy 17 s obsahem chromu více jak 12 %. Avšak obsah niklu, který většina těchto materiálů obsahuje, a který by byl pro vznik plynulé třísky ideální, je neslučitelný s požadovanými magnetickými vlastnostmi. /4/ S ohledem na tyto požadavky a s přihlédnutím na cenu a dostupnost, se zdá nejvýhodnější materiál 17 027.6. Je to chromová ocel, zušlechťená, s označením AK 1. Cena jednoho kilogramu o průměru 110 mm je 15,50 Kčs.

Složení a vlastnosti oceli 17 027.6 :

uhlík C	=	0,09 $\div$ 0,15 %
mangan Mn	=	max. 0,9 %
křemík Si	=	max. 0,7 %
chrom Cr	=	12 $\div$ 14 %
fosfor P	=	max. 0,04 %

síra S	=	max. 0,03 %
mez kluzu Re	=	415 MPa
mez pevnosti Rm	=	540 ÷ 740 MPa
tažnost	=	20 %
kontrakce	=	60°
tvrdost HB	=	176 ÷ 223

2.4 Dosud známé způsoby výroby matrice v ČSSR

Všechny organizace, které vyráběly nebo ještě vyrábí matrici, používaly k výrobě metody soustružené válcové plochy. Je třeba uvést, že tato metoda přináší řadu problémů už třeba i proto, že materiál vhodný z hlediska magnetických vlastností je nevhodný z hlediska vytváření a utváření třísky.

K výrobě třísky se používá rychloběžný soustruh s maximálními otáčkami $n = 2\,500$ za 1/min. Vzhledem k požadovaným malým průřezům třísky na úrovni jemného soustružení je třeba, aby soustruh byl v dobrém stavu, s klidným chodem vřetene a bez vyběhání vodících ploch. K obrábění se používají v důsledku vysoké řezné rychlosti soustružnické nože ze slinutých karbidů. Ostření těchto nožů se provádí na čele i obou hřbetech diamantovým tvarovým kotoučem. Nevýhodou tohoto způsobu výroby matrice je to, že výroba je velmi zdlouhavá, opotřebení nástroje, hlavně špičky je velké. /3/

Proto byly zkoušeny další způsoby výroby matrice. Jednou z nich je výroba vlny tažením přes průvlak. Jedná se vlastně o tažení drátu extrémně malého průměru. Tato metoda by byla velice produktivní, ale velké problémy byly při výrobě tak malých průměrů. Také životnost průvlaku byla nízká. Proto se od tohoto způsobu výroby upustilo.

Další zkoušenou metodou bylo jemné frézování frézovacími hlavy-
mi se vsazovanými noži. Dále byly zkoušeny i frézovací hlavy pro
frézování hliníku, které mají vysoce pozitivní geometrii. Materi-
ál, ze kterého byly třísky odebírány, byl ve formě pasů tloušťky
25 mm, šířky 190 mm a délky 750 mm, průměr frézovacích hlav byl
200 mm. Takto vyráběné třísky byly dlouhé pouze několik cm, byly
křehké a tudíž snadno lámavé.

Po těchto výzkumech se výroba znovu vrátila k soustružení
válcové plochy. Pro zvýšení produktivity tohoto procesu obrábění
se začalo zkoušet použití více soustružnických nožů, které se
upevnilo do speciálního držáku vedle sebe. Tím se dosáhlo ubírá-
ní postupně více třísek najednou. Docházelo však k častému na-
motávání třísky na jeden z následujících nožů a to i při použi-
tí ofukování tlakovým vzduchem. Ani použití revolverového sou-
struhu SPR 100 NC produktivitu práce výrazně nezvýšilo.

Z důvodu těchto výše uvedených problémů, organizace, které
se zabývaly výrobou matrice, pro malou rentabilnost a problémy
od této výroby vesměs ustoupily.

2.5 Požadavek potřebného množství matrice pro tuzemské separátory

V současné době v Československu pracují tři typy sepa-
rátorů pro magnetickou separaci kaolinu v českých keramických
závodech. Jedná se o separátor firmy SALA, který je nyní v pro-
vozu. Do tohoto separátoru se zatím matrice dováží z kapitali-
stických států. Ostatní dva separátory - separátor „FEROX“ a
„ŠKODA“ - jsou tuzemské výroby a jsou zatím ve zkušebním pro-
vozu. Matrice pro tyto separátory byla zatím dodaná ve volném
stavu od VÚPCHT Hradec Králové. Nyní se připravuje výroba čtvr-

tého typu separátoru VMSK bez odstředivek v Železnorudných bahnách Spišská Nová Ves. Jedná se o zakázku pěti separátorů pro Titaničité kaoliny Boříčany. Zkušební provoz má být zahájen v říjnu roku 1992, a proto do ledna roku 1991 musí být vyrobena matrice pro jejich náplň. Pro každý separátor je potřeba 620 kg matrice ve volném stavu.

Z těchto informací vyplývá požadavek potřebného množství matrice. To znamená do konce roku 1990 vyrobit 3 100 kg matrice ve volném stavu. Vycházíme-li dále z předpokladu, že matrice se musí vyměňovat každé dva roky, vychází nám, že pro náplň separátorů VMSK, „FEROX“, „ŠKODA“, popřípadě SALA, je nutné do roku 1992 vyrobit přibližně dalších 4 000 kg matrice ve volném stavu.

Jestliže shrneme tyto nároky, dospějeme k závěru, že do roku 1992 je požadavek vyrábět ročně přibližně 2 000 kg matrice. Vezmeme-li dále v úvahu to, že současný trend vyžaduje výrobu dalších separátorů, je více než pravděpodobné, že nároky na množství vyrobené matrice se v dalších letech minimálně zdvojnásobí. Přihlédneme-li i k případnému vývozu matrice do socialistických a kapitalistických států.

3 Návrh způsobu výroby volné matrice pro magnetické separátory

3.1 Volba vhodného stroje

Požadavek na použitý stroj vychází z parametrů a požadavků na matici. Musí se tedy jednat o stroj, který umožňuje velmi tuhé spojení stroj - nástroj - obrobek, dále se musí jednat o stroj umožňující opakovatelnou velmi přesnou výrobu a musí být ve velmi dobrém technickém stavu s klidným chodem vřetene. Dalším velmi důležitým požadavkem je snadný odvod třísky z pracovního prostoru stroje.



Z těchto důvodů se zdá být vhodný poloautomatický revolverový soustruh SUI 63 NC z TOSu Trenčín. Jeho cena je 716 000 Kčs

Parametry stroje :

Oběžný průměr nad ložem	630 mm
Oběžný průměr nad suportem	350 mm
Soustružená délka	1500 mm
Rozsah otáček vřetena	$14 \div 2240 \text{ min}^{-1}$
Rozsah podélných posuvů	$2 \div 3000 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$
Rozsah příčných posuvů	$1 \div 1500 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$
Podélný rychloposuv	$10000 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$
Příčný rychloposuv	$5000 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$
Výkon hlavního motoru	15 kw
Rozměry šířka x délka x výška	2630 x 4167 x 1815 mm
Hmotnost	6250 kg
Řídicí systém NS 510	

Dalším vhodným strojem je poloautomatický čelní soustruh SPL 25 NCA z TOSu Trenčín.

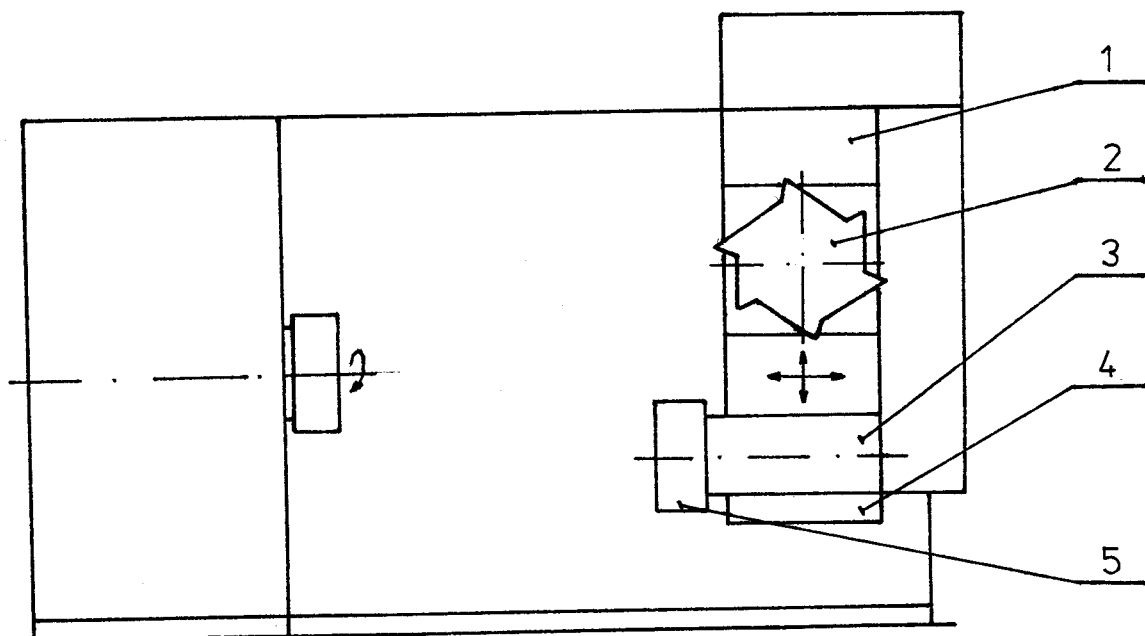
Jeho parametry :

Jmenovitý oběžný průměr	250 mm
Oběžný průměr nad podélnými saněmi	340 mm
Oběžný průměr nad příčným suportem	550 mm
Soustružená délka na povrchu	240 mm
Soustružená délka v otvoru	120 mm
Rozsah otáček vřetena	$11,2 \div 1400 \text{ min}^{-1}$
Rozsah podélných a příčných posuvů	$2 \div 999,8 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$
Rychloposuv	$5400 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$
Výkon hlavního motoru	20 kw
Rozměry šířka x délka x výška	2845 x 2160 x 1910 mm
Hmotnost 5100 kg, řídicí systém NS 421 E	

Velice vhodný je i poloautomatický revolverový soustruh
SPR 100 NCA ze ZPS Gottwaldov./obr.2/ Jeho cena je 1 400 000 Kčs.

Parametry stroje :

Rozměry šířka x délka x výška	3800 x 3400 x 2700 mm
Oběžný průměr nad podélnými saněmi	550 mm
Oběžný průměr nad příčnými saněmi	310 mm
Největší délka obrábění	260 mm
Rozsah otáček vřetena	28 ÷ 1400 min ⁻¹
Podélný pohyb suportu	800 mm
Příčný pohyb suportu	360 mm
Rozsah podélných a příčných pracovních posuvů	5 ÷ 600 mm.min ⁻¹
Výkon elektromotoru	22 kw
Řídicí systém NS 421	



Obr.2 Poloautomatický revolverový soustruh SPR 100 NC

- 1 - křížový suport , 2 - šestipolohová hvězdicová revolverová hlava
3 - příčné saně
4 - podélné saně , 5 - revolverová hlava s vodorovnou osou

Hlavními funkčními vlastnostmi těchto strojů jsou :

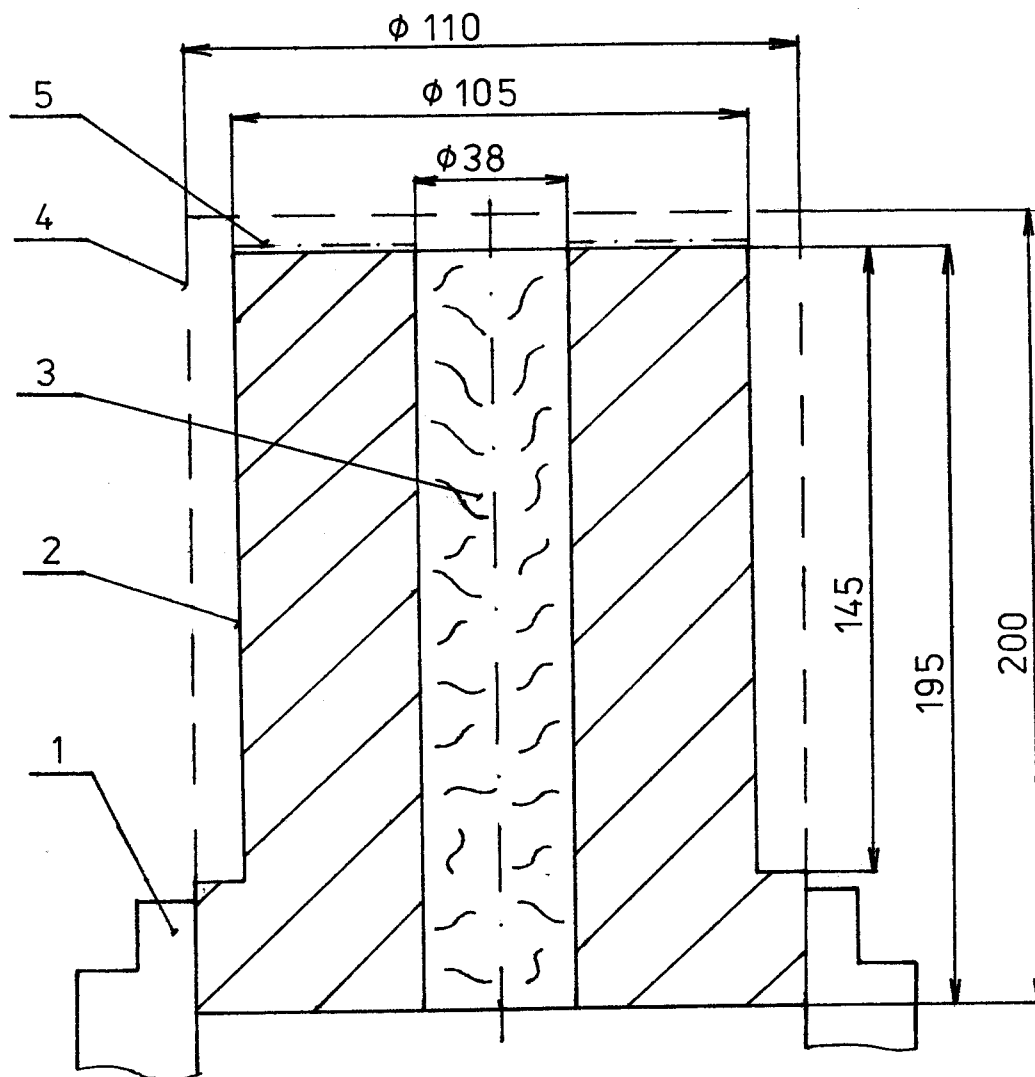
- automatický pracovní cyklus pohybu řezného nástroje,
- řídicí systém s ručním vstupem programu,
- automatické mazání kluzných ploch,
- možnost nastavení řezných nástrojů mimo stroj,
- úplné krytování stroje.

Ruční ovládání strojů je omezeno na výměnu obrobku a spuštění strojů pro další cyklus. Při použití podávacího zařízení tyčového materiálu mohou stroje pracovat plně automaticky. Nástroje jsou předseřizovány mimo stroj a upnuty v samostatných držácích. Rychlá seřiditelnost, jednoduchá obsluha a možnost více-strojové obsluhy podstatně zvyšují produktivitu práce. /5/

Mezi další soustruhy, které bychom mohli použít, patří polov-
automatické jednovřetenové soustruhy typu SPR 63 NC, SPRY 25 NC,
SRU 40 NC, SRU 63 CNC, SPS 2/25 NC, jejichž výrobcem je ZPS Gott-
waldov, SPT 16 NC, SPT 32 NC vyráběných v Kovosvitu Sezimovo Ústí
a SPU 12 NC z TOSu Trenčín. Dále univerzální hrotové soustruhy
SUI 32 CNC, SUI 50 A CNC, SUI 63 NC A, SUT 80 NC z TOSu Trenč. Vý-
roba těchto soustruhů je zatím předběžně plánována do roku 1990.
Cena se pohybuje od 1 000 000,- do 2 000 000,- Kčs.

3.2 Volba a úprava výchozího polotovaru

Výchozím polotovarem je tyč kruhová z ocele 17 027.6 o průměru 110 mm a délce 200 mm. /obr.3/. Polotovar musí být nejprve orovnán jak z čela, tak i na válcové ploše na točnou délku přibližně 145 mm. Toto orovnání je nutné provést s ohledem na axiální a radiální házivost upnutého materiálu. Do polotovaru se také musí předvrtat otvor, který má tu funkci, že materiál se odebírá z plochy tvaru mezikružší a při vlastním soustružení je



Obr.3 Výchozí polotovar

- 1 - čelisti univerzálního sklíčidla
- 2 - upravený výchozí korozivzdorný magnetický ocelový materiál
- 3 - naražený dřevěný válec v předvrtaném otvoru
- 4 - výchozí polotovar materiálu
- 5 - odebíraná plocha materiálu

průměrem otvoru dána minimální řezná rychlost $v_c \approx 80 \text{ m/min}$, odpovídající vyhovující produktivitě výroby. Do předvrtaného otvoru lze narazit dřevěný válec pro zamezení vniku třísek do předvrtaného otvoru a tím je zamezeno namotání třísek na oběžný materiál a soustružnický nůž vlivem průvanu při obrábění vysokými otáčkami. Tento dřevěný válec je osoustružen při dojetí špičky nástroje k ose a promění se prakticky ve velmi jemné piliny, které na vyrobené matrici neuplívají, nýbrž propadnou v lapači třísek na dno.

Výchozí hmotnost materiálu průměru 110 mm a délky 200 mm:

$$m = V \cdot \rho$$

$$V = \frac{\pi \cdot D_o^2}{4} \cdot l_o$$

$$m = \frac{\pi \cdot D_o^2}{4} \cdot l_o \cdot \rho$$

měrná hmotnost ocele 17 027.6 je $7,7 \text{ kg/dm}^3$

$$D_o = 110 \text{ mm} = 1,1 \text{ dm}$$

$$l_o = 200 \text{ mm} = 2,0 \text{ dm}$$

$$m = \frac{\pi \cdot 1,1^2}{4} \cdot 2 \cdot 7,7$$

$$m = 14,635 \text{ kg}$$

Hmotnost využitelného materiálu pro výrobu matrice :

$$m_1 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot l \cdot \rho$$

$$D = 105 \text{ mm}$$

$$d = 38 \text{ mm}$$

$$l = l_o - 5 - 50 = 145 \text{ mm}$$

- délka 5 mm je pro orovnnání na čele polotovaru
- délka 50 mm je délka, kterou nelze pro výrobu matrice použít s ohledem na upnutí ve sklíčidle stroje

$$m_1 = \frac{\pi \cdot (1,05^2 - 0,38^2)}{4} \cdot 1,45 \cdot 7,7$$

$$m_1 = 8,4 \text{ kg}$$

S ohledem na určité ztráty materiálu pro výrobu matrice lze bezpečně počítat, že z takto upraveného polotovaru lze vyrobit třísky pro matrici 0 $m_1 = 8 \text{ kg}$.

Potřeba objednávaného výchozího materiálu $M \text{ /kg/}$ pro požadované množství matrice je dáno :

$$M = M_0 + M_1$$

M_0 - hmotnost matrice

M_1 - hmotnost odpadu

$$M_1 = m - m_1 + m_2$$

m - hmotnost výchozího polotovaru

m_1 - hmotnost vyrobené matrice

m_2 - hmotnost materiálu daná prořezem kotoučové pily tloušťky $h_0 = 8 \text{ mm}$ při řezání materiálu z tyčí

$$M_1 = m - m_1 + \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} \cdot h_0 \cdot \rho$$

$$M_1 = 14,635 - 8 + \frac{\pi \cdot 1,1^2}{4} \cdot 0,08 \cdot 7,7$$

$$M_1 = 7,223 \text{ kg}$$

$$M_1' = 7,223 : 8 = 0,903 \text{ kg}$$

M_1' - hmotnost odpadu vztažena na 1 kg vyrobené matrice

Objednávané množství materiálu pro 1 kg matrice :

$$M \text{ / 1 kg /} = 1 + M_1'$$

$$M \text{ / 1 kg /} = 1 + 0,903$$

$$M \text{ / 1 kg /} \doteq 2 \text{ kg}$$

Obecně lze tedy objednávat dvojnásobnou hmotnost materiálu 17 027.6 výchozího průměru 110 mm, než je požadované množství vyrobených třísek na matrici pro magnetické separátory. Cena 1 kg ocele 17 027.6 je 15,50 Kčs.

3.3 Volba a návrh nástroje

Jako nástroj použijeme pravý soustružnický nůž s pájenou destičkou ze slinutého karbidu dle PN 3716 s jakostí K 10, M 10, nebo P 10.

Charakteristiky pájených destiček ze slinutého karbidu :

P 10 /dříve pod označením S 1/ - pevný v ohybu, málo houževnatý, používá se pro obrábění oceli a ocelolitiny, nedoporučuje se pro přerušovaný řez a pro hrubování, hodí se pro dokončovací operace, K 10 /H 1/ - odolný proti otěru, určen pro obrábění legovaných ocelí, málo houževnatý, náchylný k vylamování břitů, nehodí se pro obrábění nerovných a nešistých povrchů a pro přerušovaný řez, M 10 /U 1/ - univerzální druh slinutého karbidu, houževnatý, odolný proti otěru, hodí se k použití při středních řezných podmínkách obtížně obrobitelných materiálů.

Závislosti destiček ze slinutého karbidu na některých parametrech :

	tvrdost	houževnatost	řezná rychlost	posuv
P 10	↑	↓	↑	↓
M 10				
K 10				

↑ - znamená zvýšení parametru

↓ - znamená snížení parametru

Tyto soustružnické nože lze získat prostřednictvím OSANu Bratislava ze závodu Nářadí Havířov.

3.3.1 Experimentální zkoušky pro návrh geometrie nástroje při daných řezných podmínkách

Při návrhu geometrie nástroje lze vycházet ze známých li vlivů geometrie nástroje na tvar a odvod třísky :

$\alpha_0 = 6 \div 12^\circ$ - má vliv na velikost tření mezi hřbetem nástroje a řeznou plochou,

$\varphi_0 = 20 \div 40^\circ$ - má vliv na způsob tvoření třísky a na její odchod z místa řezu,

κ_r - má vliv na tvar průřezu a na řezný odpor,

κ'_r - má vliv na drsnost obrobené plochy,

r_s - má vliv na drsnost obrobené plochy,

$\lambda_s = +20 \div -40^\circ$ - má vliv na tuhost břitu. /6/

Při určení optimální geometrie nástroje je nejlepší vycházet z experimentálních zkoušek, které byly provedeny na strojní fakultě ČVUT v Praze. Zde se zkoumala geometrie nástroje pro výrobu matrice jemným podélným soustružením válcové plochy. /3/ Byla zjištěna následující optimální geometrie :

$$\kappa_r = 90^\circ$$

$$\kappa'_r = 15 \div 30^\circ$$

$$\alpha_0 = 6^\circ$$

$$\varphi_0 = 35 \div 38^\circ$$

$$r_s = 0,2 \div 0,4 \text{ m}$$

při řezné rychlosti $v_c = 250 \text{ m min}^{-1}$

Tato geometrie je použitelná i v případě soustružení čelní plochy. Bylo však nutné určit úhly břitu $\kappa_r, \kappa'_r, \varphi$. Proto byly ve s.p. Ferox Děčín provedeny experimentální zkoušky pro určení těchto úhlů.

Byla vybroušena následující geometrie :

číslo nože	počet břitů	α_n	α'_n	δ
1.	5	4°	4°	5°
2.	5	4°	4°	7°
3.	5	5°	5°	5°
4.	5	5°	5°	7°
5.	6	3°	3°	6°
6.	8	1°	1°	6°
7.	10	2°	2°	6°
8.	12	$2,5^\circ$	$2,5^\circ$	6°
9.	14	$2,5^\circ$	0°	6°

Tyto nože byly odzkoušeny a bylo zjištěno, že při použití nožů s úhly α_n, α'_n vyššími jak 3° dochází k namotávání třísek na nůž a tím se znemožnil odvod třísky. Úhly α_n, α'_n menší jak 2° způsobily zase nadměrné opotřebení nože. Proto se nejvíce osvědčily nože s úhly $\alpha_n, \alpha'_n 2,5^\circ$. Při těchto úhlech byla zjištěna vysoká kvalita třísky i dostatečná životnost nástroje. Úhel δ je nejlepší zvolit 6° , protože při úhlu $\delta = 7^\circ$ došlo u nože k dřívějšímu opotřebení a při úhlu $\delta = 5^\circ$ se objevuje při obrábění nepříjemné pískání.

3.3.2 Návrh optimální geometrie nástroje a způsobu jeho seřízení v optickém seřizovacím přístroji

Z kapitoly 3.3.1 je zřejmý způsob, kterým byla zjištěna optimální geometrie. Optimální geometrie nástroje musí být na noži vybroušena dle výkresu :

$$\alpha_n = 90^\circ$$

$$\alpha'_n = 15 \div 30^\circ$$

$$\lambda_s = 0^\circ$$

$$\alpha_o = 6^\circ$$

$$\varphi_o = 35 \div 38^\circ$$

$$r_s = 0,02 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\alpha_n = 2,5^\circ$$

$$\alpha'_n = 0^\circ$$

$$\delta = 6^\circ$$

Vybroušení této geometrie je popsáno a znázorněno v kapitole 3.3.3.

U většiny NC soustruhů lze použít pouze nože kvadrátu 25 x 25, na který lze vybrousit běžně 10 ÷ 12 břitů. Nože, kvadrátu 32 x 32, které mají větší břitové destičky, nelze použít, protože do držáku soustruhu je nelze upnout. V případě, že je nezbytné použít nože kvadrátu 32 x 32, lze tělo nože obrobit na kvadrát 25 x 25, nebo je nutné si speciálně vyrobit nožový držák.

Speciální vícebřítý nůž se předseřizuje v držáku na optickém seřizovacím přístroji SPS 200 U dodávaném ke stroji a je v držáku vychýlen a nastaven tak, aby se při jednom najetí dostaly postupně všechny břity nože do záběru. Například při deseti břitech odstupňovaných po 0,05 mm musí být nůž vychýlen tak, aby mezi prvním a desátým břitem vznikl rozdíl 0,5 mm. Na seřizovacím přístroji se lze takto v překrytém čase předseřídít několik nožů a výměna nože je potom velmi rychlá.

Jako kritérium opotřebení nože bereme rozměry vyráběných třísek a to tak, aby se pohybovaly v rozmezí 50 ÷ 100 μm . Při rozměrech třísek blízkých se hodnotě 100 μm je třeba vyměnit otupený nástroj za naostřený. Výhodou je, že nůž není v jednom záběru dlouho, takže se tolik nepřehřívá jako při soustružení

válcové plochy a před každým novým najetím se částečně ochladí i vlivem odsávacího zařízení.

Je také nutné podotknout, že je vhodné srazit první břit, aby se nedostal do záběru. Je to z toho důvodu, že nesražený první břit při najetí do záběru je extrémně namáhán a často dochází k jeho ulomení. Na tento břit také dochází k častému namotávání třísky.

3.3.3 Způsob ostření nástroje a vybroušení dané geometrie

Při ostření vycházíme ze zásad pro broušení slinutých karbidů :

- a/ slinutý karbid nesnáší prudké a nestejněměrné zahřátí, je náchylný k tvoření trhlin, proto je nutné vhodně volit brusný kotouč, obvodové rychlosti a popřípadě chlazení,
- b/ slinutý karbid se brousí proti ostří,
- c/ jakmile je brusný kotouč otupen nebo hází a je nerovný, musí se okamžitě orovnat a to kotoučem z SiC, obvodovou rychlost diamantového kotouče volíme $10 \div 12 \text{ m min}^{-1}$ a obvodovou rychlost kotouče z SiC $18 \div 30 \text{ ms}^{-1}$. Zrnitost SiC je vhodné volit o 1 $\div$ 2 stupně hrubší než je zrnitost diamantového kotouče /ta je 80/63 /. Tvrdost kotouče z SiC volíme J nebo K. /6/

Musíme také vhodně volit stroj :

- a/ Stroj i přípravky musí být dostatečně tuhé,
- b/ vřeteno stroje má být dokonale uloženo, čelní a obvodové házení brusných kotoučů nemá přesahovat 0,02 mm,
- c/ hnací motor vřetena má být reversovací, aby se kotouče otáčely v obou směrech.

Z těchto důvodů je nejlepší realizovat vybroušení břitu nože na univerzální nástrojové brusce typu BN 102, BN 102 B nebo

BN 102 C, jejichž výrobcem je TOS Hostivař, závod Středokluky. Součástí příslušenství těchto brusek je univerzální upínací přístroj, který nám dovolí natočení nože do příslušné polohy vzhledem k brousícímu kotouči, kterou si vyžaduje daná geometrie nástroje /obr.4 a 5/.

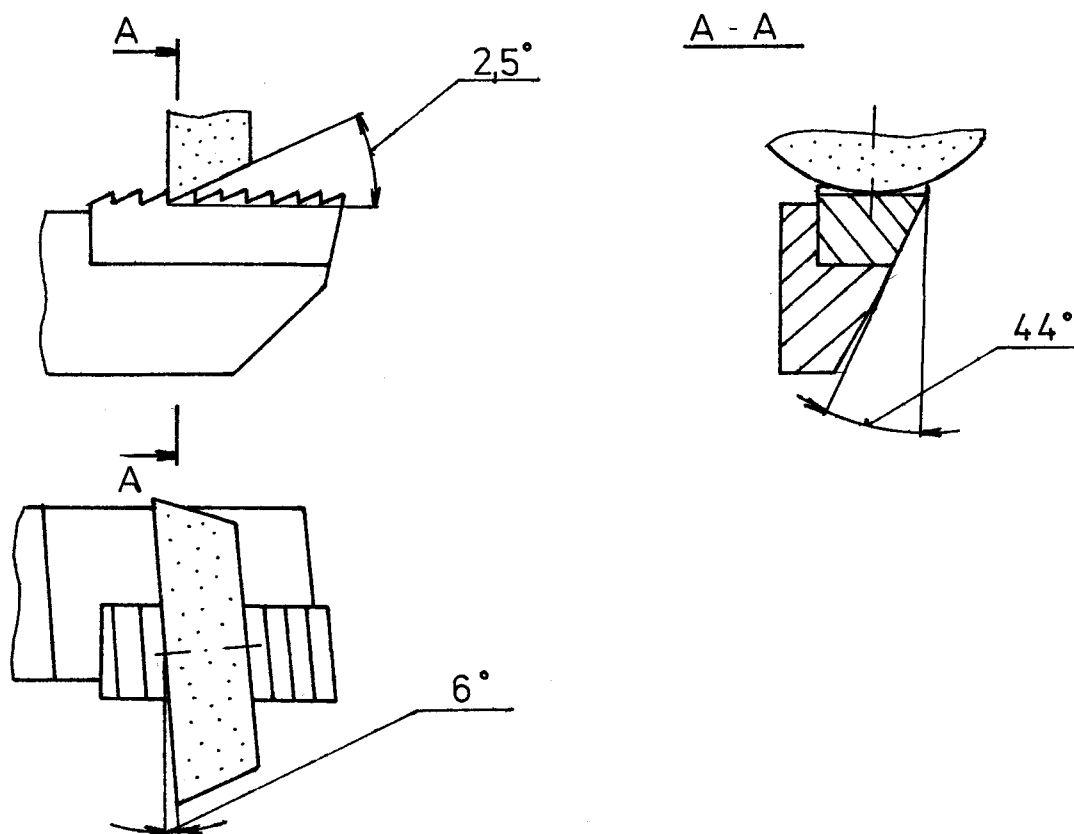
K vybroušení břitů a k ostření nože lze s výhodou použít dimantového brousícího kotouče miskového $\varnothing 125 \times 10 \times 3 \times 20$ DSP-M 100/80 /DSP-M znamená, že se jedná o diamantový syntetický pokovený prášek/ s pryskyřičným pojivem Ba 2, popřípadě Ba 3. Tento kotouč slouží k broušení nástrojů ze slinutého karbidu a to jak s chlazením, tak i bez chlazení, při různých podmínkách :

řezná rychlost	$v_c = 20 \div 25 \text{ m s}^{-1}$
podélný posuv	$s = 0,5 \text{ m.min}^{-1}$
přísuv	$h = 0,01 \div 0,02 \text{ mm}$

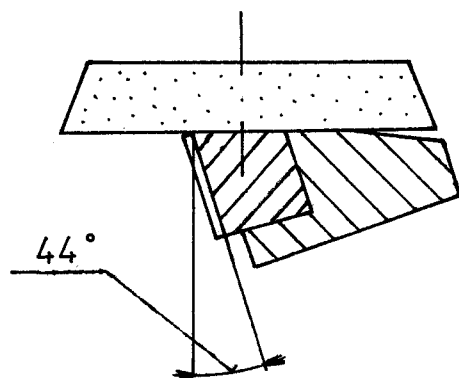
Lze však použít i brousících kotoučů podobného typu. Tyto kotouče se dají běžně získat prostřednictvím OSANu Praha.

Pro vybroušení břitů na hřbetě nástroje je však potřeba brousící kotouč orovnat pod úhlem $2,5^\circ$. K tomu lze použít brousícího kotouče typu C 49 32 K 4 V /zelený, zrnitost střední, měkký, hutný, s keramickým pojivem/ na bázi SiC na brusce typu BN 102.

Soustružnický nůž lze velmi snadno přeastřit. Přeastření se provede ostřením čela nástroje pod dříve již vybroušeným úhlem čela s použitím diamantového miskového kotouče stejného typu /obr.5/. Čelo nože se dále přelapuje a břity se obtáhnou diamantovým pilníkem.



Obr. 4. Vybroušení břitů na hřbetě soustružnického nože



Obr. 5. Ostření čela soustružnického nože

3.4 Úprava pracoviště a způsob odvodu matrice

Třísky vznikající soustružením čela materiálu je potřeba z čela odebrat a shromáždit je v místě, kde by k nim byl snadný přístup a to i v době chodu stroje. S tímto je spojená i příslušná úprava pracoviště /obr.6/.

Třísky lze odebírat různými způsoby - ručně drátěným háčkem, ofukováním tlakovým vzduchem ve směru odvodu třísek po čele nástroje nebo odsáváním. Nejlepším, nejjednodušším a nejbezpečnějším způsobem je odsávání, proto i v tomto případě ho použijeme.

K odsávání použijeme odsávací zařízení OZ 360, které se dodává pro nástrojové brusky BN 102 C z TOSu Hostivař, závod Středokluky. Výkon odsávacího zařízení je $360 \text{ m}^3/\text{hod.}$ při příkonu 0,75 kw. Toto odsávací zařízení je určeno pro odsávání brusného prachu a proto na sací pancéřovou hadici umístíme lapač třísek. Lapač třísek může mít různé podoby a rozměry. V tomto případě se jeví jako nejlepší vyrobit sud o průměru 650 mm a délce 2 000 mm s odnímatelným průhledným víkem z plexiskla. Toto víko opatříme rychlozávěrem pro rychlé odklopení víka a možnosti průběžného vyndávání nahromaděných třísek za provozu stroje. Sud ze strany pancéřové sací hadice opatříme jemným ocelovým sítem, aby se zamezilo vniku třísek do vlastního odsávacího zařízení. Z pracovního/procesu/ prostoru stroje k sudu přivedeme hladkou rouru průměru 110 mm a délky cca 1 500 mm z PVC, s kterou třísky budeme odsávat z čela nože. Na konci roury zhotovíme rozšíření ve tvaru hubice, s ohledem na snadnější navádění odsávaných třísek. Rouru vedeme do lapače ve směru osy vřetena stroje se sklonem přibližně $15 \div 30^\circ$. Celý sud umístí-

me na pojízdném podvozku, aby s ním bylo možno poodjet při najetí nože do nulového /výchozího/ bodu stroje, do kterého se supor s nožem nastaví při odpojení stroje od elektrické sítě. Sud s ohledem na manipulaci zhotovíme z hliníkové slitiny, plechu tloušťky 2 mm. Je vhodné podotknout, že je nutné odstranit od stroje transportér třísek, který by lapači třísek překážel.

4 Návrh technologického postupu na výrobu matrice

4.1 Navržený technologický postup

1. Řezání tyčoviny :

K řezání použijeme automatickou kotoučovou pilu PHA 27 s

$n = 5,5 \div 13 \text{ ot.min}^{-1}$ a $v = 14 \div 33 \text{ m.min}^{-1}$ s pilovým kotoučem ČSN 22 2442 o průměru 810 mm. Pilový kotouč je segmentový s polohrubým ozubením, má 24 segmentů /5 zubů na 1 segment/.

$$s_z = 0,01 \text{ mm.zub}^{-1}$$

$$s = s_z \cdot z = 0,01 \cdot 120 = 1,2 \text{ mm.ot}^{-1}$$

$$n = 5,5 \text{ ot.min}^{-1}$$

$$v_c = 19 \text{ mm.min}^{-1}$$

$$t_s = 16 \text{ min}$$

$$t_A / 8 \text{ kg/} = 20 \text{ min}$$

$$t_B / \text{m/} = 15 \text{ min}$$

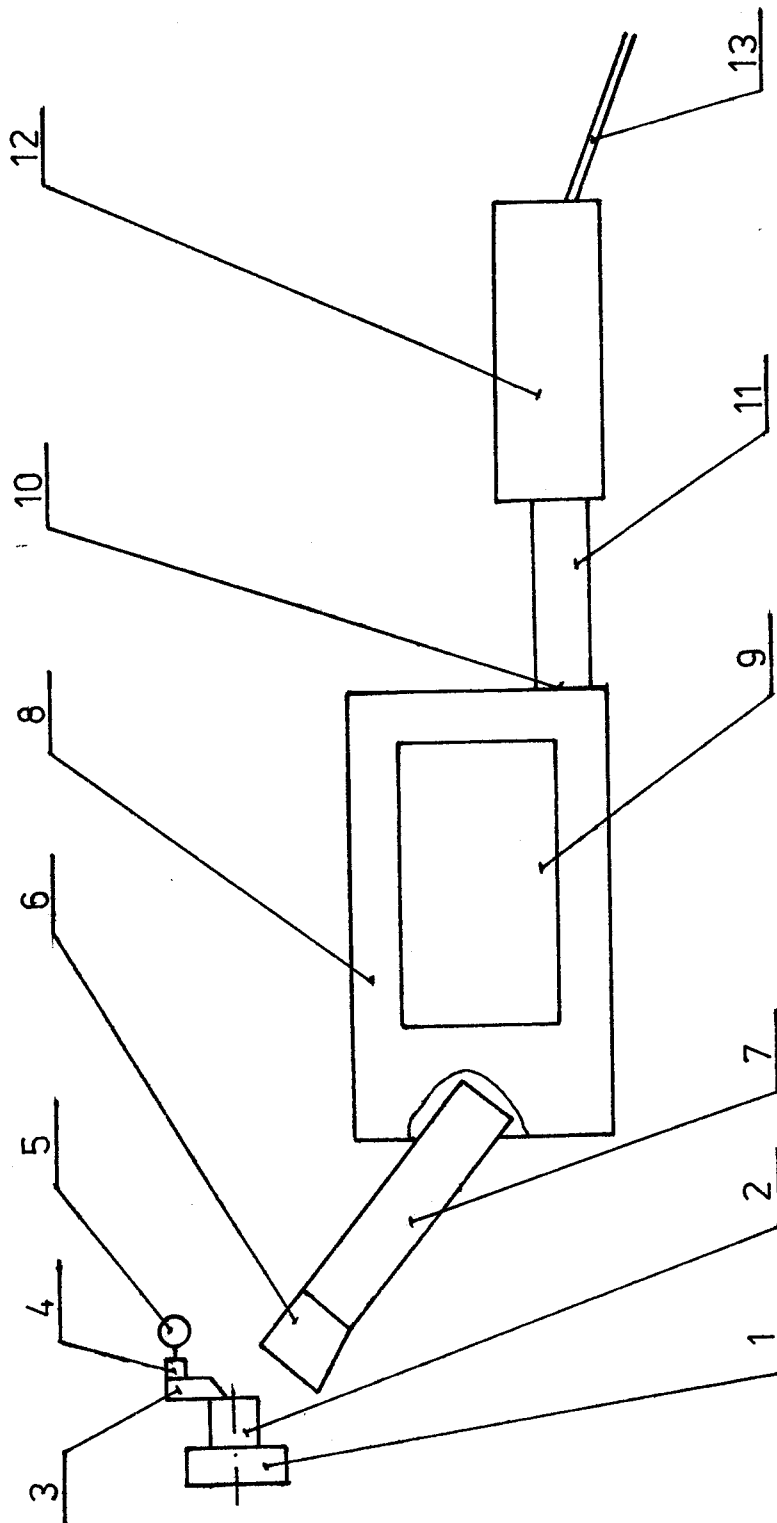
$$5 \text{ tř.} = 9,60 \text{ Kčs/h}$$

$t_A / 8 \text{ kg/}$ - čas jednotkový na nařezání polotovaru potřebného na výrobu osmi kilogramů matrice.

$t_B / \text{m/}$ - čas dávkový, potřebný na nařezání jednoho metru tyčoviny.

2. Vrtání průchozí díry :

Díru budeme vrtat na univerzálním soustruhu SU 63 vrtákem průměru 38 mm.



Obr. 6. Pracoviště na výrobu matrice

1 - sklídlo stroje, 2 - obráběný materiál, 3 - soustružnický nůž, 4 - držák, nože,
5 - revolverová hlava, 6 - naváděcí hubice odsávání, 7 - trubka pro odvod třísek,
8 - zachycovač matrice, 9 - plexisklové otevírací víko, 10 - ocelové síto pro zamezení
vniku třísek do odsávacího zařízení, 11 - pancéřová roura, 12 - odsávací zařízení OZ 360,
13 - přívod elektrické energie

$$n = 85 \text{ ot.min}^{-1}$$

$$v_c = 101,5 \text{ m.min}^{-1}$$

$$s = 0,36 \text{ mm.ot}^{-1}$$

$$t_s = 8 \text{ min}$$

$$t_A / 8 \text{ kg/} = 20 \text{ min}$$

$$t_B / \text{m/} = 15 \text{ min}$$

$$6 \text{ tř.} = 12,10 \text{ Kčs/h}$$

3. Orovnání čela a vnějšího povrchu :

Použijeme poloaautomatický soustruh SPR 100 NC /SPL 25 NC,

SUI 63 NC a p./Jako nástroje použijeme pravý ubírací soustruž-

nický nůž s vyměnitelnou břitovou destičkou PN 220522 /břitová

destička CNMM 12 jakosti S 2/.

Čelo orovnáváme na dvě třísky při :

$$n = 900 \text{ ot.min}^{-1}$$

$$v_c = 311 \text{ m.min}^{-1}$$

$$s = 0,1 \text{ mm.ot}^{-1}$$

$$\text{Hrubování čela } t_s = 0,4 \text{ min}$$

$$\text{Hlazení čela } t_s = 0,7 \text{ min}$$

Vnější povrch orovnáváme na jednu třísku :

$$n = 900 \text{ ot.min}^{-1}$$

$$v_c = 311 \text{ m.min}^{-1}$$

$$s = 0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$$

$$t_s = 1,2 \text{ min}$$

$$t_A = / 8 \text{ kg/} = 15 \text{ min}$$

$$t_B / 8 \text{ kg/} = 5 \text{ min}$$

$$7 \text{ tř.} = 13,60 \text{ Kčs/h}$$

4. Soustružení matrice :

$$n = 710 \text{ ot.min}^{-1}$$

$$V_c = 234 \text{ m.min}^{-1}$$

$$s = 0,05 \text{ mm.ot}^{-1}$$

$$h = 0,05 \text{ mm/břit}$$

$$t_s = 480 \text{ min /2 kg/}$$

$$t_A = 200 \text{ min /1 kg/}$$

$$t_B = 40 \text{ min /1 kg/}$$

$$\text{Tř. 7} = 13,60 \text{ Kčs /h}$$

Čas na přípravu pracoviště pro každou novou zakázku :

$$t_B \text{ /m/} = 480 \text{ min}$$

$$7.\text{tř.} = 13,60 \text{ Kčs/h}$$

4.2 Návrh řezných podmínek

Na návrh řezných podmínek musíme vycházet z experimentálních zkoušek pro návrh geometrie nástroje při daných řezných podmínkách /kapitola 3.3.1/. To znamená, že musíme brát ohled na danou optimální geometrii nástroje, na parametry stroje, na materiál obrobku, jeho rozměry a na materiál nástroje.

Pro polotovary výchozího rozměru průměru 105 mm a předvrtaného otvoru průměru 38 mm jsou optimální řezné podmínky následovné:

$$1. \text{ Otáčky vřetena } n = 710 \text{ ot.min}^{-1}$$

Z toho nám vyjdou řezné rychlosti následovné :

$$- \text{ maximální řezná rychlost na průměru } D_1 = 105 \text{ mm}$$

$$V_{\max} = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1\,000}$$

$$V_{\max} = 234 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

- minimální řezná rychlost na průměru $D_2 = 38 \text{ mm}$

$$V_{\min} = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n}{1\,000}$$

$$V_{\min} = 85 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

2. Maximální posuv $s = 0,05 \text{ mm/ot}$ a jeden břit

3. Maximální přísuv $h = 0,05 \text{ mm/břit}$, což pro nůž s deseti břity znamená úběr na jedno najetí nože s postupným záběrem jednotlivých břitů nože $0,5 \text{ mm}$ z točné délky materiálu.

5 Návrh technologického pracoviště na výrobu matrice pro magnetické separátory

Při zpracování realizace prostorového řešení pracoviště je nutné zvážit a dát do souladu veškeré faktory, které ovlivňují výrobu matrice /7/ :

- technologie výroby
- počet a druh základních a pomocných strojů
- počet a složení pracovních sil
- množství základního a pomocného materiálu
- odkládací plochy
- sklady
- dopravní cesty
- ekonomické aspekty
- bezpečnost práce

Tyto faktory pak musí zajistit stanovený výrobní úkol jak co do množství, tak i co do jakosti. Při sestavování projektu je také žádoucí, aby navržené pracoviště skýtalo možnost změny výrobního programu bez velkých zásahů a úprav. Tato podmínka je daná tím, že výroba magnetických separátorů je na počátku a tudíž i pracoviště na výrobu matrice je zatím ve fázi experimentu.

5.1 Kapacitní propočty

1. Počet obráběcích strojů pro prvotní technologické pracoviště

- Pos_1 :

$$Pos_1 = \frac{V_1}{F_{efs} \cdot S_{s1} \cdot P_{s1}}$$

V_1 - roční požadovaná produkce prvotního pracoviště

F_{efs} - efektivní časový fond stroje

S_s - směnnost

P_{s1} - produkce za jednu hodinu

255 pracovních dní

11 % ztrát

$S_{s1} = 2$

$P_{s1} = 0,25$ kg /hodinu

$F_{efs} = /255 - 255 \cdot 0,11/ \cdot 8 = 1816$ hod/rok

$V_1 = 1\,500$ kg/rok

$$Pos_1 = \frac{1\,500}{1\,816 \cdot 2 \cdot 0,25}$$

$$Pos_1 = 1,65$$

Z toho vyplývá potřeba dvou pracovních strojů pro prvotní technologické pracoviště.

2. Počet obráběcích strojů pro výhledové technologické pracoviště - Pos_2 :

$$Pos_2 = \frac{V_2}{F_{efs} \cdot S_{s2} \cdot P_{s2}}$$

V_2 - roční požadovaná produkce výhledového pracoviště

F_{efs} - efektivní časový fond stroje

S_{s2} - směnnost

P_{s2} - produkce za jednu hodinu

$$\begin{aligned} F_{efs} &= 1816 \text{ hod/rok} \\ S_{s2} &= 2 \\ P_{s2} &= 0,25 \text{ kg/hodinu} \\ V_2 &= 3\,500 \text{ kg/rok} \end{aligned}$$

$$Pos_2 = \frac{3\,500}{1816 \cdot 2 \cdot 0,25}$$

$$Pos_2 = 3,85$$

Z toho vyplývá potřeba čtyř pracovních strojů pro výhledové technologické pracoviště.

5.2 Technologické pracoviště prvotní

Pracoviště bude umístěno v hale lehké obrobny /viz.výkres TP2 000 303/. Poloautomatický revolverový soustruh SPR 100 NCA i.č. 1355 s příslušenstvím zůstaně na místě, soustruh SU 63 A i.č. 463 bude nahrazen poloautomatickým revolverovým soustruhem SUI 63 NC /nutno zakoupit/.

Vybavení pracoviště :

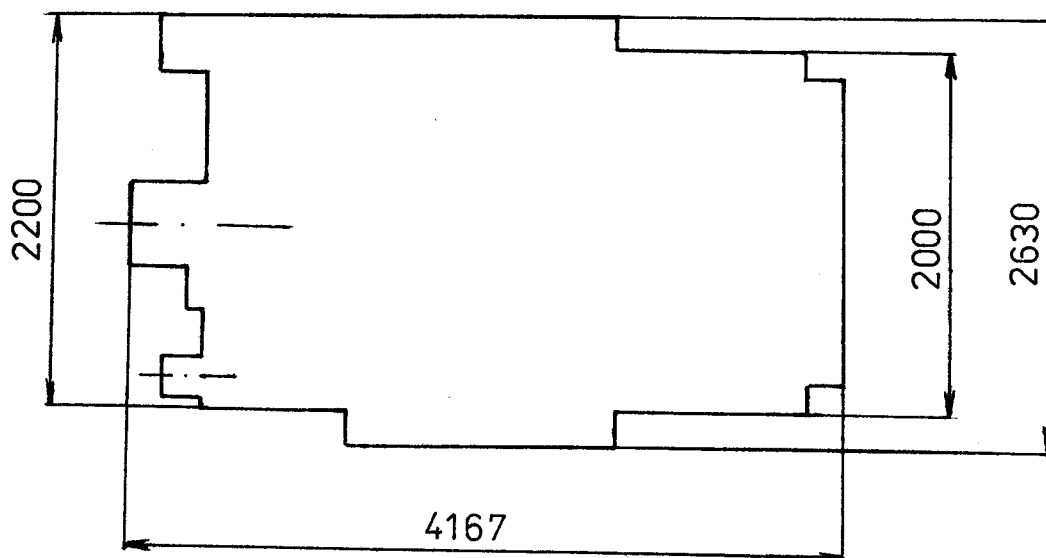
- poloautomatický revolverový soustruh SUI 63 NC s řídicím systémem NS 510 /obr.7/,
- poloautomatický revolverový soustruh SPR 100 NCA s elektrickou skříní, hydraulickým agregátorem a řídicím systémem NS 421 /obr.8/,
- dva lapače tříšek
- dvě odsávací zařízení OZ 360,
- skříň nástrojového vybavení poloautomatického revolverového

soustruhu SPR 100 NCA,

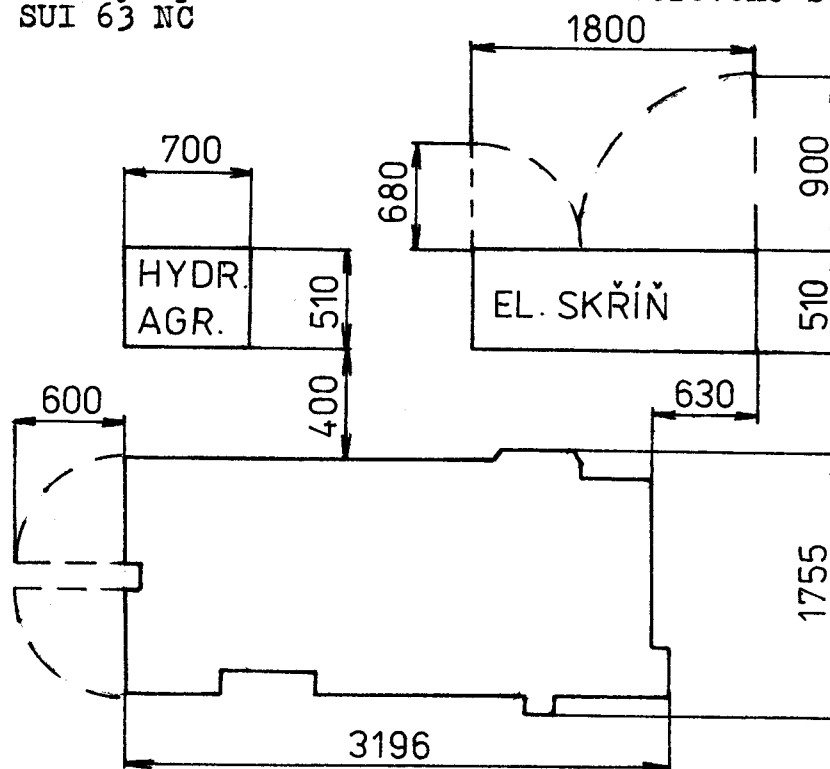
- skříň nástrojového vybavení poloautomatického revolverového soustruhu SUI 63 NC,
- optický seřizovací přístroj nástrojů SPS 500,
- skříň seřízených a nabroušených nástrojů,
- zásobník volné matrice určené k navážení do papírových pytlů,
- váha,
- skříň s prázdnými papírovými pytli,
- svačínový a studijní kout obsluhy pracoviště,
- odkládací prostor pro lapače třísek a odsávací zařízení při jiném výrobním programu,
- mezisklad vyrobené matrice navážené v papírových pytlích,
- prostor pro navezený materiál na paletách,
- prostor pro manipulaci s třískami na paletách pro jiný výrobní program.

Toto pracoviště pracuje ve dvousměnném provozu při obsluze jedním pracovníkem. Samotné soustružení matrice je poloautomatický proces. Pracovník upíná polotovary, orovnává čelo a vnější povrch a vyměňuje otupený nástroj. Při vlastním soustružení matrice pak v překrytém čase matici váží a skládá do pytlů. Dále pak seřizuje nástroje v optickém seřizovacím přístroji /viz. kap.3.3.2/. Příprava polotovaru, tj. řezání tyčoviny a vrtání průchozí díry, je prováděna mimo pracoviště. Mimo pracoviště se také provádí vybroušení dané geometrie nástroje a ostření nástroje.

V případě jiného výrobního programu /soustružení součástí hřídelového a přírubového typu/ se lapače třísek, odsávací zařízení, zásobník matrice, váha a skříň s prázdnými papírovými pytli přemístí do odkládacího prostoru a mezisklad bude sloužit



Obr. 7. Půdorys poloautomatického revolverového soustruhu
SUI 63 NC



Obr. 8 . Půdorys poloautomatického revolverového soustruhu
SPR 100 NCA

pro opracované součásti hřídelového a přírubového typu.

Doprava palet s polotovarem matrice v pytlích, popřípadě palet s třískami /při jiném výrobním programu/ je prováděna pomocí paletizačních vozíků nebo pomocí jeřábu. Materiálový tok není přesně určen, proto ani na výkrese není naznačen.

5.3 Výhledové technologické pracoviště

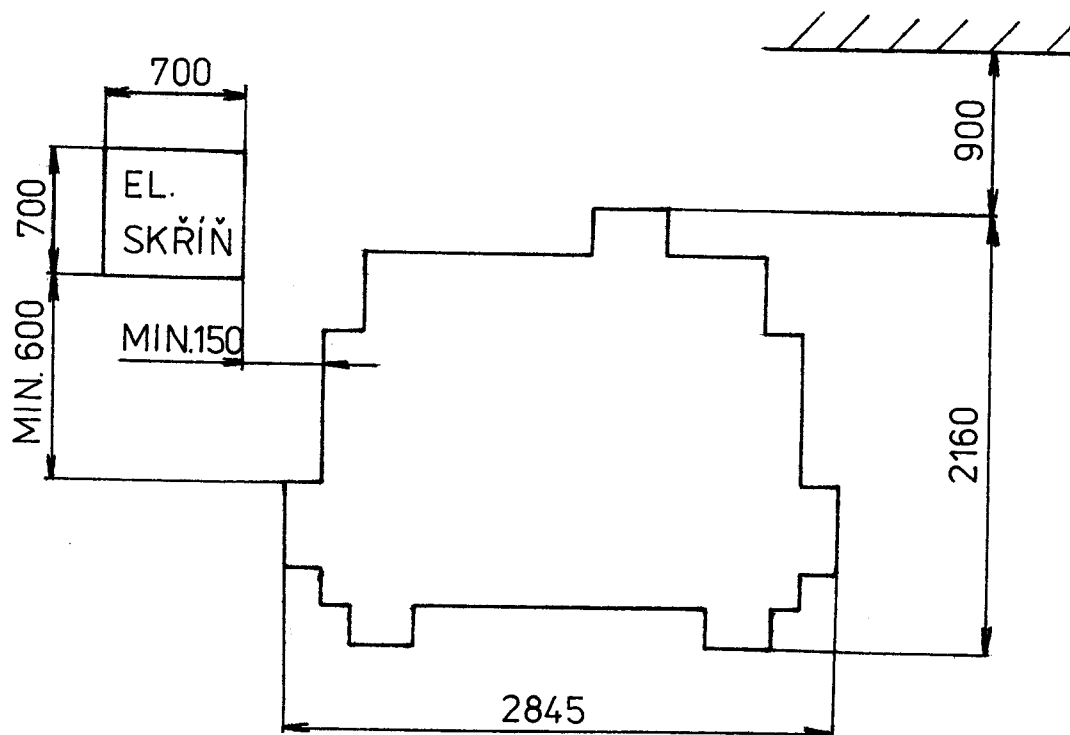
Pracoviště bude umístěno v hale lehké obrobny /viz. výkres TP2 000 303/. Poloaautomatický revolverový soustruh SPR 100 NCA i.č. 1355 se přemístí z prvotního pracoviště. Z prvotního pracoviště se také přemístí zakoupený poloaautomatický revolverový soustruh SUI 63 NC, dále se musí zakoupit další dva poloaautomatické soustruhy.

Vybavení pracoviště :

- dva poloaautomatické revolverové soustruhy SUI 63 NC s řídicím systémem NS 510,
- poloaautomatický revolverový soustruh SPR 100 NCA s elektrickou skříní, hydraulickým agregátorem a řídicím systémem NS 421,
- poloaautomatický čelní soustruh SPL 25 NCA s elektrickou skříní a řídicím systémem NS 421 E /obr.9/,
- soustruh SU 63 A,
- čtyři lapače třísek,
- čtyři odsávací zařízení OZ 360,
- skříň nástrojového vybavení poloaautomatického revolverového soustruhu SPR 100 NCA,
- skříň nástrojového vybavení poloaautomatického revolverového soustruhu SUI 63 NC,
- skříň nástrojového vybavení poloaautomatického čelního sou-

struhu SPL 25 NCA,

- optický seřizovací přístroj nástrojů SPS 500,
- skříň seřizovaných a nabroušených nástrojů,
- zásobník volné matrice určené k navážení do papírových pytlů,
- váha,
- skříň s prázdnými papírovými pytli,
- svačínový a studijní kout obsluhy pracoviště,
- odkládací prostor pro lapače třísek a odsávací zařízení při jiném výrobním programu,
- mezisklad vyrobené matrice navážené v papírových pytlích,
- prostor pro navedený materiál na paletách,
- prostor pro manipulaci s třískami na paletách pro jiný výrobní program.



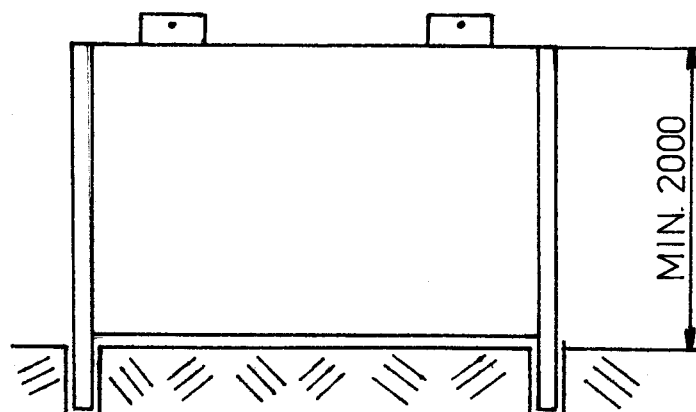
Obr. 9. Půdorys poloautomatického čelního soustruhu
SPL 25 NCA

Toto pracoviště pracuje ve dvousměnném provozu při obsluze dvěma pracovníky. Protože vlastní soustružení matrice je plně automatické, pracovníci pouze upínají polotovary, orovňávají čelo a vnější povrch a vyměňují otupený nástroj. V překrytém čase pak na soustruhu SU 63 A vrtají do nařezané tyčoviny průchozí otvor a tím připravují polotovary pro další zpracování jedním z poloautomatických soustruhů. Dále pak musí seřadit nástroje v optickém seřizovacím přístroji /viz. kap. 3.3.2/ a navázat volnou matici do papírových pytlů. Mimo pracoviště se pak provádí řezání tyčoviny, vybroušení dané geometrie nástroje a ostření nástroje.

V případě jiného výrobního programu /soustružení součástí hřídelového a přírubového typu/ se veškeré zařízení /lapače třísek a p./ překážející výrobě přemístí do odkládacího prostoru. Mezisklad bude sloužit pro opracované součásti hřídelového a přírubového typu.

Pracoviště je odděleno od ostatních pracovišť a od dopravní cesty odnímatelnými plechovými zástěnami /obr. 10/. Vrata uprostřed plechových zástěn slouží pro přísun materiálu na paletách, pro manipulaci s třískami na paletách a pro odvoz matrice mimo pracoviště.

Doprava palet s polotovarem, matrice, popřípadě palet s třískami /při jiném výrobním programu/ se provede pomocí palletizačních vozíků nebo jeřábem. Materiálový tok není přesně určen, proto ani na výkrese není naznačen.



Obr. 10. Odnímatelná plechová zástěna

6. Zhodnocení navrženého způsobu výroby matrice

6.1 Výhody navrženého způsobu výroby

1. Podstatně několikanásobné zvýšení produktivity výroby matrice pro magnetické separátory oproti jejímu dosavadnímu způsobu výroby jemným soustružením z válcové plochy.
2. V důsledku vysoké produktivity výroby relativně nízká cena vyrobené matrice a možnost výroby většího množství.
3. Vysoce produktivní výrobou matrice podle tohoto způsobu výroby lze odstranit dovoz matrice z kapitalistických států za devizové prostředky.
4. Dostupné zajištění soustružnických nožů s pájenými destičkami ze slinutých karbidů jakosti K 10, M 10 a P 10.
5. Snadné zajištění brousících diamantových kotoučů sovětské výroby z OSANu Praha.
6. Nepříliš náročné vybroušení břitů a geometrie soustružnic-



- kého nože a jeho snadné přestření.
7. Dostatečná trvanlivost nástroje.
 8. Dostupnost odsávacího zařízení OZ 360.
 9. Snadný odvod třísek matrice oproti soustružení válcové plochy.
 10. Opakovaná přesnost výroby matrice.
 11. Při použití číslicově řízených obráběcích strojů :
 - a/ možnost vícestrojové obsluhy ve vícesměnném provozu,
 - b/ rychlá výměna nástroje,
 - c/ možnost předseřízení nástrojů na optickém seřizovacím přístroji v překrytém čase,
 - d/ velmi tuhé spojení stroj - nástroj - obrobek,
 - e/ odstranění fyzicky namáhavé a monotónní práce,
 - f/ spolu se zakrytváním stroje dochází k vysokému zvýšení bezpečnosti práce při výrobě matrice.
 12. Možnost takto vyrobenou matici /volnou/ dále upravit slisováním na rohože.
 13. Tohoto způsobu výroby lze využít i při zhotovování matrice skládající se z jemných ocelových třísek či drátů, různých filtrů vzhledem k relativně nízké ceně takto vyráběné matrice.

6.2 Ekonomické zhodnocení výroby

1. Výpočet vlastních nákladů na výrobu jednoho kg volné matrice podle kalkulačního vzorce :

$$VN = PN_{mat} + PN_{mzd} + NN$$

VN - vlastní náklady

PN_{mat} - přímé materiálové náklady

PN_{mzd} - přímé mzdové náklady

NN - nepřímé náklady

1 kg tyčoviny = 15,50 Kčs

Z kapitoly 3.2 je zřejmé, že na výrobu jednoho kg volné matrice je potřeba dvou kg tyčoviny.

$$PN_{mat} = 2 \cdot 15,50 = 31 \text{ Kčs/kg}$$

Z kapitoly 4.1 vycházíme při výpočtu přímých mzdových nákladů.

$$PN_{mzd} = \frac{9,60}{24} + \frac{9,60}{160} + \frac{12,10}{24} + \frac{12,10}{160} + \frac{13,60}{32} + \frac{13,60}{96} + 0,6 \cdot \left(\frac{13,60}{0,3} + \frac{13,60}{1,5} \right) + \frac{13,60}{5}$$

$$PN_{mzd} \doteq 37 \text{ Kčs/l kg}$$

$$\% R = 1258 \%$$

$$\% R = \text{režie}$$

$$NN = \frac{PN_{mzd} \cdot \% R}{100}$$

$$NN = \frac{37 \cdot 1258}{100}$$

$$NN = 465,50 \text{ Kčs/l kg}$$

$$VN = PN_{mzd} + PN_{mat} + NN$$

$$VN = 37 + 31 + 465,50$$

$$VN = 533,50 \text{ Kčs/l kg}$$

2. Výpočet jednorázových investičních nákladů na prvotní technologické pracoviště - JIN_1 .

Pořizovací hodnoty základních prostředků :

soustruh SUI 63 NC	PH	=	716 000 Kčs
náklady na oživení		=	20 000 Kčs
náklady na vybudování základů		=	5 000 Kčs
náklady na další zařízení		=	10 000 Kčs

$$JIN_1 = 716\ 000 + 20\ 000 + 5\ 000 + 10\ 000$$

$$JIN_1 = 751\ 000\ \text{Kčs}$$

3. Výpočet jednorázových investičních nákladů na výhledové technologické pracoviště - JIN_2 .

Pořizovací hodnoty základních prostředků :

soustruh SUI 63 NC	PH	=	716 000 Kčs
soustruh SPL 25 NC	PH	=	860 000 Kčs
	PH_c	=	1 576 000 Kčs
náklady na oživení		=	80 000 Kčs
náklady na vybudování základů		=	20 000 Kčs
náklady na další zařízení a na vybudování pracoviště		=	50 000 Kčs

$$JIN_2 = 1\ 576\ 000 + 80\ 000 + 20\ 000 + 50\ 000$$

$$JIN_2 = 1\ 726\ 000\ \text{Kčs}$$

Celkové investiční náklady :

$$JIN_c = 2\ 477\ 000\ \text{Kčs}$$

4. Návrh ceny jednoho kg volné matrice.

zisková přírážka = 4,5 %

cena = VN . 1,045

cena = 557,50 Kčs

5. Produkce volné matrice ročně.

Produkce prvotního pracoviště - P_1 :

255 pracovních dní

11 % ztrát

dvousměnný provoz na dvou strojích

výkon = 2 kg/směnu

$$P_1 = / 255 - 255 \cdot 0,11 / \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2$$

$$P_1 = 1\,816 \text{ kg/rok}$$

Produkce výhledového pracoviště P_2 :

dvousměnný provoz na čtyřech strojích

$$P_2 = / 255 - 255 \cdot 0,11 / \cdot 2 \cdot 2 \cdot 4$$

$$P_2 = 3\,632 \text{ kg/rok}$$

7. Závěr

Tato diplomová práce se zabývá řešením způsobu výroby ocelové korozivzdorné matrice pro magnetické separátory ve státním podniku Ferox Děčín.

Československo až doposud muselo tuto matici dovážet za devizové prostředky z kapitalistických států od firmy SALA



/až na malé výjimky/, která je i dodavatelem supravodivých magnetických separátorů. S vývojem magnetických separátorů československé výroby, pracujících na principu zahraničních separátorů, vznikla potřeba vyvinout vlastní československou technologii na výrobu matrice jako náplně pro tyto separátory. Je zcela přirozené, že hlavním a zcela nejdůležitějším požadavkem bylo, aby matrice, vyráběná podle nové technologie plně vyhovovala požadavkům separace, při současně nižší ceně, než měla doposud dovážená matrice.

V této diplomové práci je plně popsána výroba matrice zcela novou technologií, která zaručuje vysokou kvalitu produkce, s použitím relativně nízkých nákladů s tím spojenými. Tato technologie je založena na principu soustružení čelní plochy válcového polotovaru speciálním vícebřitým soustružnickým nožem s pájenou břitovou destičkou ze slinutého karbidu. Při použití číslíkově řízených obráběcích strojů dostává tato technologie statut vysoce produktivní a spolehlivé metody, která je spojena s nepřiliš přehnanými nároky jak na materiálovou základnu, tak i na obsluhu. Velice důležitým a dnes často proklamovaným faktorem je i to, že při výrobě matrice je zajištěna vysoká bezpečnost práce se současným zkvalitněním čistoty pracovního prostředí.

Závěrem je třeba podotknout, že při zajištění výroby matrice pro tuzemský trh, vznikají možnosti vývozu matrice do socialistických a kapitalistických států atím i možnosti zisku nových devizových prostředků pro další hospodářskou činnost podniku.

Literatura

- /1/ Kryogenika '84, 7.celostátní konference o technice nízkých teplot, Bratislava 1984.
- /2/ Belák, V. : Cestovní zpráva.
Podniková zpráva Ferox Děčín 1987.
- /3/ Beneš, V. : Technologie výroby korozivzdorné ocelové vlny pro magnetické separátory. Zlepšovací návrh, Praha 1982.
- /4/ Mikovec, M. : Obrábění těžkoobrobitelných materiálů.
Praha, SNTL 1963.
- /5/ Cerha, J. - Věchet, V. : Obráběcí a montážní stroje, Skripta.
Liberec, VŠST 1981.
- /6/ Vigner, M. - Přikryl, Z. a kol. : Obrábění. Praha, SNTL 1984.
- /7/ Draský, J. : Technologické projektování výroby strojůren.
Skripta VŠST Liberec. Praha, SNTL 1963.

Poděkování.

Na závěr bych chtěl poděkovat ing.K.Bukačovi z VŠST Liberec, katedry obrábění a montáže, ing.Vl.Belákovi a M.Janskému z Feroxu Děčín za podnětné připomínky a pomoc při zpracování diplomové práce.



Prohlašuji, že jsem byl seznámen s autorskými nároky vztahujícími se na diplomovou práci.

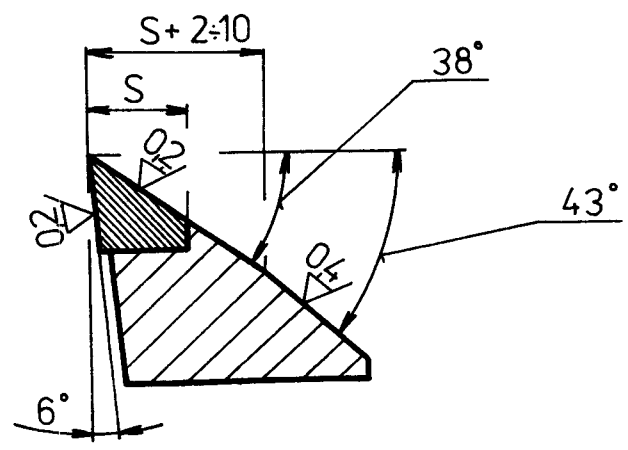
V Liberci, dne : 2. června 1989

Podpis :

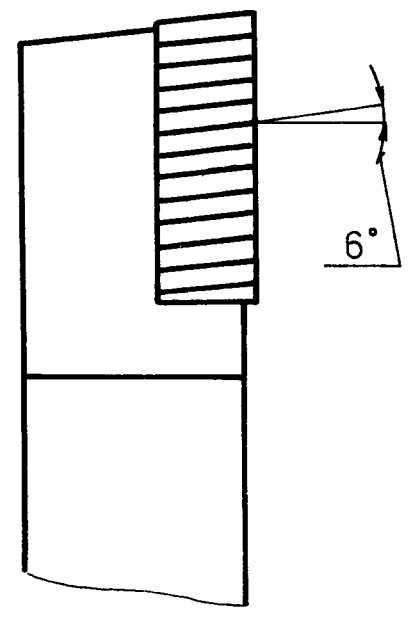
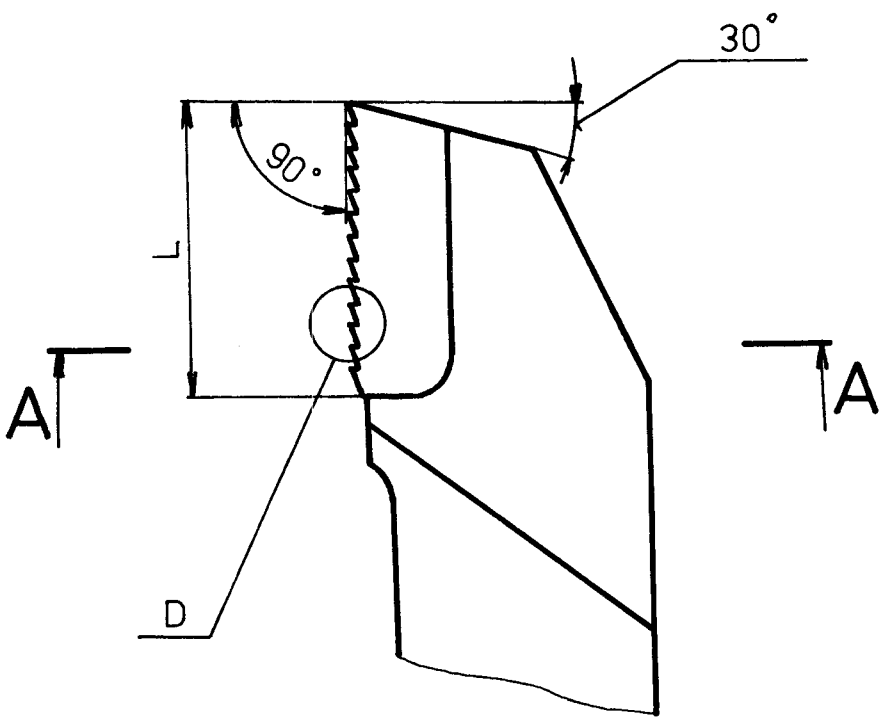
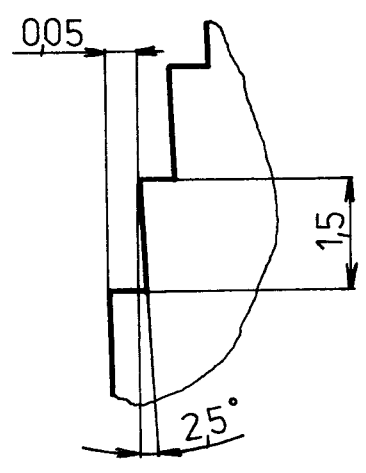
Marek Jausch

✓(✓)

A-A



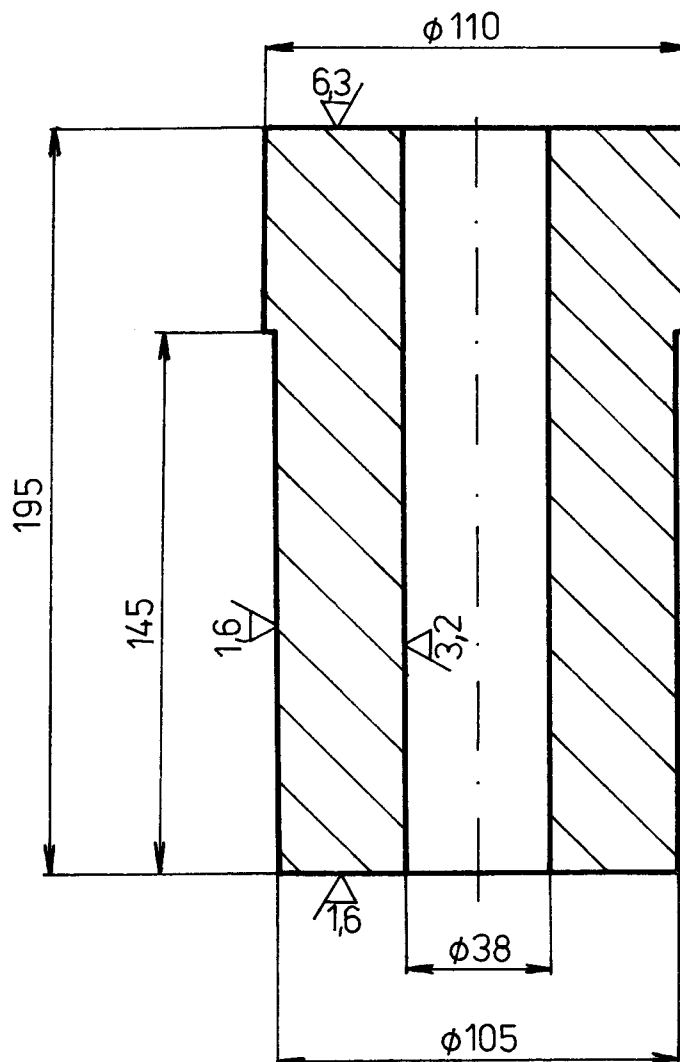
D
10:1



ČELO NOŽE JEMNĚ LAPOVAT NA $R_{\text{a}}=0,05$

INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	VŠST LIBEREC	
ZN.MAT.	T.O.		HMOTNOST kg	MĚŘITKO 1:1 (10:1)	
ROZM. POLOT.			C. SN.	TR.Č.	
POM. ZAR.			POZN.	C. KUSOVNIKU	
VYPR. M. JANSKÝ	NORM. REF.		STARY V.	C.V.	
PREZK.					
TECHNOL.	SCHVÁLIL				
NÁZEV	VÍCEBRITÝ SOUSTRUŽNICKÝ NŮŽ			LISTŮ	4-KOM-OM-191-03

✓(✓)



INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	VŠST LIBEREC	
ZN. MAT.	17 027.6	T.O. 010	HMOTNOST kg	11,62	MERITKO 1:2
ROZM. POLOT.	Ø 110 - 1000			Č. SN.	TR. Č.
POM. ZAR.				POZN.	Č. KUSOVNÍKU
VYPR.	M. JANSKÝ	NORM. REF.			
PREZK.				STARÝ V.	Č. V.
TECHNOL.	SCHVÁLIL				
NÁZEV	VÝCHOZÍ POLOTOVAR			LISTŮ 4-KOM-OM-191-04	