

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI
nositelka Řádu práce

FAKULTA STROJNÍ

Obor 23-21-8

Výrobní stroje a zařízení

zaměření

Sklářské a keramické stroje

~~Katedra sklářských a keramických strojů~~

Zařízení na broušení okrajů předlisovaného polotovaru

Petr K O L L Á R

DP 077/85

Vedoucí práce: ing. Vladimír K l e b s a CSc.

Konzultant: R. K o l o u c h Sklářny Bohemia

Rozsah práce a příloh:

Počet stran.....	54
Počet tabulek.....	1
Počet obrázků.....	15
Počet výkresů.....	1
Počet modelů nebo jiných příloh.....	0

DT

24.5.1985

Vysoká škola: strojní a textilní Fakulta: strojní
Katedra: Sklářských a keramických strojů Školní rok: 1984/1985

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Petra K o l l á r a
obor 23-21-8 Stroje a zařízení pro chemický, potravinářský
a spotřební průmysl

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: Zařízení na broušení okrajů předliscovaného polotovaru

Zásady pro vypracování:

Broušení okrajů silnostěnných skleněných polotovarů je ve většině případů prováděno ručně. Na základě podrobného seznámení se současnou technologií navrhnete jednoúčelové zařízení na broušení vnějšího a vnitřního okraje předliscovaného polotovaru.

Práce bude obsahovat:

1. Rozbor současného stavu broušení okrajů silnostěnných skleněných polotovarů (technologie, požadavky na nástroj, sortiment výrobků, podklady pro ekonomické hodnocení).
2. Návrh možných variant řešení, jejich zhodnocení a výběr vhodné varianty. Výchozí podmínky pro řešení: předpoklad upnutí polotovaru a jeho rotace
3. Rozpracování zvolené varianty formou sestaveného výkresu. V podsestavě zpracujte uložení a ovládání nástroje
4. Ekonomické hodnocení navrženého řešení

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

V 63 / 855

Rozsah grafických prací: cca 40 stran textu doložených příslušnými výpočty
a výkresovou dokumentací

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

Hlaváček J.: Sklářské stroje, SNTL, Praha 1982

Firemní literatura

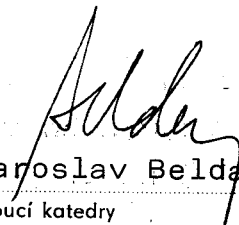
Konsultace ve výrobním závodě

Vedoucí diplomové práce: Ing. Vladimír Klebsa, CSc.

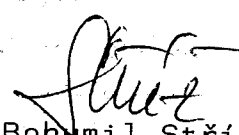
Datum zadání diplomové práce: 1.10.1984

Termín odevzdání diplomové práce: 24.5.1985




Doc. Ing. Jaroslav Belda, CSc.

Vedoucí katedry


Doc. RNDr. Bohumil Stráž, CSc.

Děkan

v Liberci dne 1.10. 1984

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

Petr Kollár

V Liberci 24.5.1985

Petr K o l l á r

O b s a h	Strana
1. Obsah	1
2. Úvod	3
3. Rozbor procesu broušení	5
3.1. Broušení skla	5
3.2. Brusivo	6
3.3. Mechanické opracování skla diamantem	7
3.3.1. Nástroj	8
3.3.2. Pojivo	9
3.3.3. Obrobek	10
3.3.4. Okolní prostředí	10
3.3.5. Strojní zařízení	11
3.4. Vlastnosti diamantových brusů	12
4. Rozbor současného stavu broušení okrajů předlisovaných polotovarů	13
4.1. Současný stav ve sklárnách Bohemia Poděbrady	13
4.2. Příklady řešení problematiky v zahraničí	17
4.2.1. Firma Biebuyck	17
4.2.2. Firma F.G.Bode end Co.GmbH Hamburg	20
5. Možné varianty řešení	22
5.1. Varianta 1A	24
5.2. Varianta 1B	26
5.3. Varianta 1C	28
5.4. Varianta 1D	31

5.5. Varianta 2A	33
5.6. Varianta 2B	35
5.7. Varianta 2C	37
6. Vlastní řešení	40
6.1. Technický popis strojního zařízení	44
6.2. Popis funkce strojního zařízení	47
6.3. Výpočty konstrukce	48
7. Technicko-ekonomické zhodnocení	51
8. Závěr	53
9. Seznam použité literatury	54

Seznam použitých značek

otáčky	$n /s^{-1}/$
obvodová rychlost	$v /m s^{-1}/$
průměr	$d /mm/$
síla	$F /N/$
třecí síla	$T /N/$
tlak	$p /MPa/$
koefficient tření	$f /1/$
plocha	$S /mm^2/$
výkon	$P /W/$
úhlová rychlost	$\omega /s^{-1}/$
krouticí moment	$M_k /N mm/$
vzdálenost	$a, b /mm/$
střední průměr válcové pružiny	$D_s /mm/$
mez pevnosti v tahu	$R_m /MPa/$
napětí	$\tau /MPa/$
index pružiny	$i /1/$
Wahlův korekční součinitel	$w_\tau /1/$
modul průřezu v krutu	$W_k /mm^3/$
modul pružnosti ve smyku	$G /MPa/$
bezpečnost	$k /1/$
tuhost pružiny	$c /N mm^{-1}/$
počet závitů	$z /1/$
mikrotvrдость	$M /N mm^{-2}/$
zrnitost	$z_c / m/$
koncentrace	$c /\%/$
úhel	$\varphi, \alpha /^\circ/$

2. Ú v o d

Československý sklářský průmysl se řadí k nejvýznačnějším odvětvím našeho národního hospodářství a svou produkcí uspokojuje nejen potřeby našeho pracujícího lidu, ale je i velmi významným vývozním artiklem. Perspektiva a pevné postavení sklářského průmyslu v našem národním hospodářství vyplývá z využívání tuzemské surovinové základny a dávné tradice českých sklářů. Tradice, jakost, náročné požadavky na vysokou estetickou a technickou úroveň při stále zvyšujícím se objemu výroby kladou stále větší nároky jak na technologii výroby, strojní zařízení a kapacitu závodů, tak i na odborné vzdělání všech pracovníků v tomto odvětví. Jednou z cest dosažení vysoké efektivnosti výroby je zavádění automatizačních prvků na strojní zařízení, což vede nejen k odstranění stereotypní manuální práce, zvýšení produktivity, ale též přispěje k vytvoření výrobních zařízení světové úrovně a kvality.

Obor výroby užitého skla zaujímá významné místo a přibližně osmdesát procent veškeré jeho produkce se vyváží. Přestože výroba užitého skla je založena na ruční uměleckořemeslné výrobě, je třeba značnou pozornost věnovat rozvoji nové technologie a techniky.

Úkolem mé diplomové práce je navrhnout konstrukci jednoúčelového zařízení na broušení okrajů předlisovaného silnostěnného polotovaru diamantovými nástroji. Toto zařízení má nahradit jednotvárnou, nepřesnou, méně produktivní, dosti

namáhavou manuální práci na kuličských strojích a současně vyhovovat náročným podmínkám broušení diamantovými nástroji. V době vědeckotechnické revoluce nachází nástroje osazené diamantovými zrny stále větší uplatnění ve sklářském průmyslu. Otázce jejich používání již byla věnována značná pozornost. V současné době reaguje na stále zvyšující se spotřebu diamantových nástrojů i tuzemská výroba. Broušení diamantovými nástroji přináší zvýšení řezné rychlosti, jakosti broušení a hlavně zvýšení výkonnosti a produktivity. Navrhované strojní zařízení využívá progresivní pneumatické prvky, výkonné diamantové sintrované nástroje zrnitosti 50/40 mikrometrů pracující při obvodové rychlosti kolem $25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Zařízení je použitelné pro velmi široký sortiment polotovarů.

Mechanické opracování skla je tedy oblast, kde bychom měli hledat možnosti úspor výrobních nákladů a zejména živé práce. Řada výsledků z minulých let svědčí o tom, že tyto cesty k zefektivnění výroby jsou reálné.

3. Rozbor procesu broušení

3.1. Broušení skla

Na rozdíl od většiny kovů není sklo svými technologickými vlastnostmi příliš vhodný materiál pro mechanické opracování. Proto provádíme mechanické opracování pouze tam, kde je to nezbytné, a často jen jako doplňující operaci na tvarovaném výrobku. Kromě speciálních způsobů mechanického opracování jako je řezání, sekání, omílání, opukávání apod. používáme hlavně mechanického broušení, jehož cílem je buď dosažení přesného tvaru, popřípadě opticky činných ploch na technickém či užitkovém výrobku.

Broušení skla je v podstatě mechanický proces, který narušuje soudržnost skla na povrchu a těsně pod povrchem a to buď volným či vázaným brusivem. Při broušení skla je narušován nejen povrch skla, ale vytváří se i podpovrchová vrstva záprasků a trhlin, tj. narušená vrstva.

Broušení skla se obvykle rozděluje do dvou operací:

- hrubé broušení (hrubování). - zde je rozhodujícím kritériem rychlost snímání skla bez ohledu na hrubost vytvářeného povrchu.

- jemné broušení (jemnění). - zde je snaha vytvořit povrch s minimální drsností, který je možno leštit.

Pro užitkový výrobek postačí menší přesnost tvaru i menší dokonalost opticky činných ploch, jejichž účel je především dekorační. Přesto zůstává stupeň geometrické přesnosti a dokonalosti povrchu hlavním kritériem kvality

obroušených a leštěných užitkových předmětů.

Proces broušení můžeme hodnotit dvěmi základními kritérii, a to rychlostí broušení a drsností povrchu. Rychlost broušení je dána množstvím obroušeného skla za určitých podmínek. Drsnost povrchu lze zjistit některou z profilometrických metod.

Technologická problematika mechanického opracování skla je značně široká. Samotné broušení skla zahrnuje řadu jednotlivých problémů, a to:

- vlastnosti skla, hlavně jeho obrušnost
- vlastnosti brousících prostředků a nástrojů
- technické parametry broušení, zejména rychlost, tlaky, geometrie relativního pohybu mezi nástrojem a opracovávaným polotovarem
- geometrická přesnost opracovávaného polotovaru
- přesnost systému brousícího zařízení - nástroj - obrobek a jeho chování při působení dynamických sil
- přesnost a tuhost uchycení opracovávaného polotovaru
- obnovování tvaru a povrchu brousícího nástroje

3.2. Brusivo

Jednotlivé druhy brusiv se od sebe liší svými vlastnostmi, mezi nimiž zaujímá hlavní místo především tvrdost, křehkost, tlaková pevnost, velikost a tvar jednotlivých zrn. Dle způsobu použití dělíme brusiva na vázaná (brusné nástroje) a volná (brusné prášky). Z vázaných brusiv jsou to

kotouče z přírodního pískovce a syntetické kotouče elektrokorundové, silicium - karbidové a diamantové. Dále se používá též brusných plátén a papírů. Z volných brusiv jsou to brusiva přírodní (křemenný písek, korund, granát, diamant) a syntetická (karbid křemíku, elektrokorund, nitrid boru, diamant).

Brusné prášky je třeba dokonale vytřídit, jinak se na broušeném povrchu objeví stopy větších zrn.

3.3. Mechanické opracování skla diamantem

V současné době je z technologického hlediska nejefektivnějším způsobem studeného opracování skla využití diamantu ve formě vázaného brusiva. Diamant je jedna z krystalických modifikací čistého uhlíku a krystalizuje v krychlové soustavě. Krystaly diamantu, ať už přírodního či syntetického mají velmi pevnou vazbu mezi atomy. Tato vazba určuje velmi vysokou tvrdost diamantu. Diamant má i velkou chemickou odolnost, na vzduchu však podléhá při teplotách 700-1000°C oxidaci.

Broušení skla diamantovými nástroji má své specifické zvláštnosti, a to:

- brusná zrna mají nepravidelný tvar
- brusná zrna jsou v aktivní části nástroje rozložena nerovnoměrně
- nástroj pracuje při vysokých řezných rychlostech (obvodová rychlost kolem $25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)
- nástroj nemá na povrchové přímce souvislý břit
- mezi tloušťkou a šířkou vrstvy odebírané brusným zrnem

není konstantní závislost

Na brusný proces má vliv zejména nástroj, obrobek, okolní prostředí a strojní zařízení.

3.3.1. Nástroj

Při mechanickém broušení zaujímá nejdůležitější místo nástroj, který je charakterizován svým tělem, geometrií aktivní části, velikostí diamantového zrna a pojivem,

Tělo nástroje je charakterizováno materiálem použitým na jeho výrobu a tvarem nástroje. Nástroj musí též vyhovovat určitým požadavkům, jako je zachování rozměrové stálosti, odolnost proti deformaci vlivem teploty a tlaku, odolnost proti korozivním účinkům prostředí.

Geometrie pracovní části musí odpovídat druhu operace. Diamantové zrno je hlavním činitelem při opracování skla. Pevnější zrna mají lepší pracovní schopnost a používají se proto pro hrubší opracování, Diamanty s menší pevností mají vysokou samoostřicí schopnost, ale vykazují menší životnost. Počet zrn v aktivní části nástroje se vyjadřuje relativním množstvím - koncentrací. Za stoprocentní koncentraci se považuje 0,88gramů diamantových zrn na 1 cm³ aktivní části nástroje. Nejčastěji používané koncentrace se pohybují v oblasti 25-150 procent. Při konstrukci diamantových nástrojů obecně platí, že nástroje s vysokou koncentrací mají vyšší odolnost proti opotřebení a používají se pro vysoké řezné tlaky. Mezi další důležité veličiny, jimiž diamantová zrna ovlivňují vlastnosti nástroje je jejich zrnitost.

Zrnitostí označujeme průměrnou velikost zrn v aktivní části nástroje. S rostoucí velikostí zrna se zvětšuje drsnost povrchu a stoupá brusný výkon. Diamantová zrna jsou uchycena ve vhodném pojivu.

3.3.2. Pojivo

Pojivo má funkci spojení jednotlivých zrn aktivní části nástroje. Dalším úkolem pojiva je opotřebovaná zrna uvolnit a obnažit další, práce schopná zrna. Tato schopnost je charakterizována několika vlastnostmi, zejména pevností pojiva, což je odpor, který klade pojivo proti vylomení opotřebovaných zrn. Proces obnažování nových zrn nazýváme samoostření. Tento jev však nastává pouze ojediněle, proto je nutné v určitých časových intervalech otupený nástroj oživit, což se obvykle provádí použitím karborundového brusného nástroje.

Z hlediska materiálu rozlišujeme tři základní druhy pojiv: organická, keramická, metalická. Pro broušení skla nejčastěji používáme metalická pojiva na bázi mědi, železa, niklu, chromu a popřípadě jejich slitin. Dle operace, pro niž má být nástroj užít volíme tvrdost pojiva. Tvrdých pojiv se zpravidla užívá tam, kde důležitou roli hraje zachování tvaru nástroje. Používá se jich pro nástroje velkých zrnitostí a vyšších koncentrací. Naproti tomu měkkých pojiv se používá při malých zrnitostech a koncentracích. Pojivo vždy musí vykazovat schopnost úbytku, který nastává při vlastním brousícím procesu, a to samoostřením nebo při

oživování aktivní části nástroje.

3.3.3. Obrobek

Obrobek ovlivňuje brusný proces hlavně svými fyzikálními vlastnostmi, které jsou funkcí jeho chemického složení, z něhož vyplývají prakticky všechny další vlastnosti skla. Je třeba uvažovat zejména mechanické vlastnosti, a to tvrdost skla a jeho ohrusnost. S rostoucí tvrdostí skla dochází k většímu opotřebení nástroje a též se zvětšuje síla působící při broušení. Tyto vlastnosti vyvolávají určité požadavky na upnutí polotovaru při broušení. Špatně upnutý obrobek vyvolávající zvětšené namáhání nástroje a přídatné chvění má za následek snížení životnosti nástroje.

3.3.4. Okolní prostředí

Do tohoto problému patří teplota okolního prostředí a vedlejší kmity, ale největší význam má chladící prostředí. Vyplývá to z nutnosti diamantový nástroj při broušení chladit, neboť při zvýšených teplotách (nad 700°C) dochází k oxidaci. Diamant se spaluje. Při broušení se užívá více druhů rezných kapalin, na které jsou kromě chladícího účinku kladeny i jiné požadavky. Především musí vést dobře teplo, mít dobrou smáčivost, dobrý mazací účinek, nehořlavost, minimální korozivní účinky na nástroj a strojní zařízení a odstraňovat obroušený materiál z místa řezu. S ohledem na hygienu pracovního prostředí nesmí mít nepříznivé fyziologické účinky-musí být zdravotně nezávadné a nesmí nepříznivě

působit na lidskou pokožku. Důležitá je též otázka přivádění řezné kapaliny do místa řezu a volba dostatečného množství této kapaliny.

3.3.5. Strojní zařízení

Strojní zařízení na broušení skla charakterizujeme regulovatelnými a neregulovatelnými veličinami. Mezi regulovatelné veličiny patří řezná rychlost. Nízké řezné rychlosti používáme tam, kde je brusné zrno v nepřetržitém kontaktu se sklem (tj. vrtání). Snižování doby kontaktu vede ke zvýšení řezné rychlosti (řezání, broušení). Velikost řezné rychlosti je možno nastavovat změnou počtu otáček, a to buď plynule variátorem nebo skokově víceštapovými převody. Mezi další regulovatelné veličiny patří rychlost posuvu nástroje do řezu, která je úměrná produktivitě operace. Rychlost posuvu nástroje do řezu značně kolísá dle charakteru prováděné operace. Dalším parametrem ovlivňujícím broušení skla je též způsob a množství přiváděné řezné kapaliny.

Mezi neregulovatelné veličiny patří parametry, které jsou dány konstrukcí stroje a nelze je měnit v průběhu obrábění. Při konstrukci stroje je třeba dbát na vysokou tuhost celého strojního zařízení, která zabrání nežádoucím vibracím. Vlastní kmity mohou být příčinou porušení obrobku a snížení životnosti nástroje.

3.4. Vlastnosti diamantových brusů

tabulka č.1

	VLASTNOST	DIAMANTOVÝ BRUS
ÚBĚRUSCHOPNOST ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	závislost na brusné rychlosti v	v širokém rozmezí lineární $U \sim v$
	optimální rychlost v_m $v_m = 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	nezávislá na typu skla, slabě a nepřímo závislá na brusném tlaku $v_m = 20 - 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
	závislost na brusném tlaku p	nelineární, progresivní $U \sim p^{3/2}$
	závislost na zrnitosti a koncentraci brusiva v nástroji	výrazná závislost $U \sim z_s \cdot c^{-1/3}$
	závislost na tvrdosti vazby	s rostoucí tvrdostí mírně klesá
	závislost na vlastnostech skla	nepřímo úměrná mikrotvrdosti skla $U \sim M^{-3/2}$
	pokles s dobou práce nástroje	výrazný, nutno oživovat nástroj $U \sim f(t)$
	hmotová účinnost nástroje (typické hodnoty)	až 20 kg skla / 1 ct diamantu, event. 160 kg / 1 cm^3 brusné vrstvy (při $c=50$)
	závislost na brusné rychlosti v	až do hodnot $v \rightarrow v_m$ nevýznamná, pro $v > v_m$ se drsnost zvyšuje

KVALITA POVRCHU SKLA R_a (μm)	závislost na brusném tlaku p	nevýznamná závislost
	závislost na zrnitosti a koncentraci brusiva v nástroji	výrazná závislost $U \sim z^{3/2} \cdot c^{-1/2}$
	závislost na tvrdosti vazby	nevýrazná závislost
	vliv doby práce nástroje	mírný pokles drsnosti s dobou práce nástroje, avšak podstatně pomalejší než odpovídající úběruschopnost nástroje

tab. 1

4. Rozbor současného stavu broušení okrajů předlisova- ných polotovarů

4.1. Současný stav ve sklárnách Bohemia Poděbrady

Sámování silnostěnných polotovarů z užitkového skla se provádí ve sklárnách Bohemia Poděbrady výhradně ručně v jedné operaci brusnými Si-C kotouči stejné zrnitosti na jednoduchých brousících strojích typů KN-K, BS-4 a BS-5 tuzemské výroby uspořádaných v dílenském principu činnosti

v brusírně s mezioperační manipulací a dopravou mezi jednotlivými pracovišti.

Technologický postup prvotní rafinace při ručním způsobu výroby zahrnuje 3 základní operace: opukávání, hladinářské broušení a sámování. Po operaci sámování následuje chemické leštění, vyžadující kvalitní povrch opracovaného polotovaru.

Pracovník uchopí zpravidla z dopravního pásu nebo přepravní palety polotovar tak, aby mohl provést vlastní broušení sámý přidržením okraje polotovaru pod úhlem osy cca 45° k brusnému kotouči s protáčením polotovaru o celý obvod. U větších polotovarů se protočení provádí 2 - 4 krát. Tento pracovní úkon je podmíněn brusnou schopností kotouče.

Brusné Si-C kotouče se v průběhu brusného procesu postupně deformují a opotřebovávají - ztrácí brusnou schopnost. Z tohoto důvodu je nutno v pravidelných intervalech provést úpravu brusných kotoučů tzv. orovnáváním. Orovnávací intervaly brusných kotoučů jsou ovlivňovány kvalitou kotoučů, tvarem a velikostí polotovarů a výkonem pracovníka. V porovnání s diamantovými brusnými nástroji se u Si-C kotoučů orovnávací intervaly značně zkracují.

V technologii ručního sámování se nepoužívá měřidel. Veškerá činnost, jak u přípravy nástrojů (volba velikosti a rádiusu brusného kotouče), tak při volbě rozměru a úhlu sámý se provádí vizuálně dle tvaru a velikosti opracovávaného polotovaru.

V rámci bezpečnosti práce je dovolena obvodová rychlost brusných Si-C kotoučů $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \pm 10\%$.

Při procesu broušení vzniká odpad ve formě kalu obsahující odbroušené olovnaté sklo a opotřebovaná zrna brusných Si-C kotoučů. Kal se v průběhu broušení splachuje do hlavních sběrných jímek, odkud se ručně vybírá.

Typy brousících sámovacích strojů ve sklárnách Bohemia

Poděbrady:

Typ: KN-K

Pohon-třírychlostní elektromotor, čtyřstupňová řemennice

Skříň-odlitek

Uložení vřetena-kluzná ložiska

Rozsah otáček-230-3 500 $\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$

Vanová část-samostatná

Tento stroj se již nevyrábí.

Typ: BS-4

Pohon-elektromotor s řemenovým variátorem

Skříň-svarek

Uložení vřetena-kluzná ložiska

Rozsah otáček-250-2 800 $\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$

Vanová část-součást svarku skříně

Tento stroj se již nevyrábí

Typ: BS-5

Pohon-elektromotor s řemenovým variátorem

Skříň-svarek

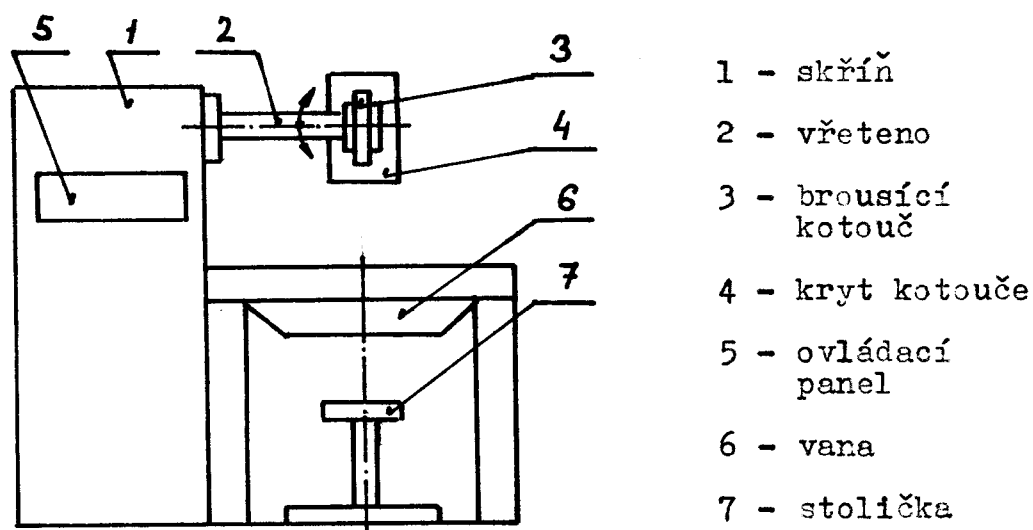
Uložení vřetena-valivá ložiska

Rozsah otáček-250-2 800 ot·min⁻¹

Vanová část-součást svarku skříně

Tento stroj se dosud vyrábí

Schéma kuličského stroje je na obr.1



obr. 1 Schéma kuličského stroje

Tyto stroje pracují v součinnosti s prvotně rafinační linkou (v sestavě linky hladinářských a kuličských strojů). V současné době se již některé vybrané stroje používají k broušení diamantovými kotouči.

V rozboru jsou uvedeny hlavní údaje brousících strojů

průmyslově vyráběných v ČSSR pro broušení Si-C a korundovými kotouči, které jsou v současné době ve sklářských provozech zastoupeny největším počtem kusů.

Rozbor byl proveden ve spolupráci se sklárnou Bohemia Poděbrady.

Snaha o automatizaci procesu prvotní rafinace ukazuje nutnost komplexního přístupu jak z hlediska technologického postupu (sled operací, aplikace diamantových nástrojů), tak z hlediska výběru resp. konstrukce příslušných strojních zařízení.

4.2. Příklady řešení problematiky v zahraničí.

Snaha o nové přístupy k řešení sledované problematiky je zřejmá i z odborné literatury, kde je možno v poslední době nalézt řadu příkladů, které navrhnou strojní zařízení v souvislosti s aplikací diamantových nástrojů a mechanizací či automatizací některých operací.

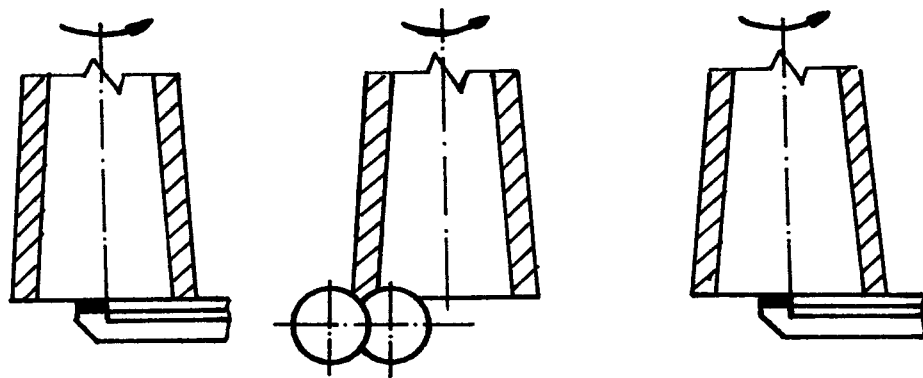
Pro lepší orientaci jsou zde uvedena některá z těchto řešení.

4.2.1. Firma Biebuyck

Novou koncepcí, která vychází ze změny technologie přináší belgická firma Biebuyck, která řeší problém prvotní rafinace zavedením brousícího stroje MF (broušení ústního okraje, vnější a vnitřní sámování).

Brousící stroj MF (Maxi Flette) je proveden v blokovém uspořádání, které umožňuje mechanické nebo vakuové upnutí

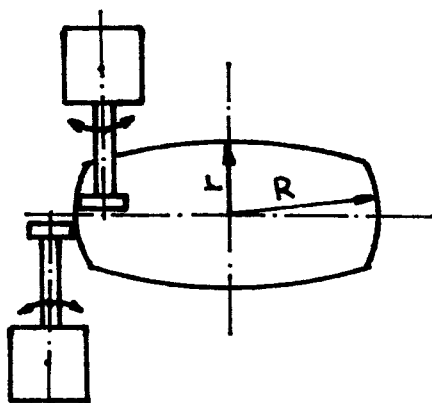
polotovaru. Další funkce jsou mechanizovány tak, že v průběhu jednoho pracovního cyklu je provedeno postupně broušení hrubé, vnitřní a vnější sámování a jemné broušení (viz.obr.2).



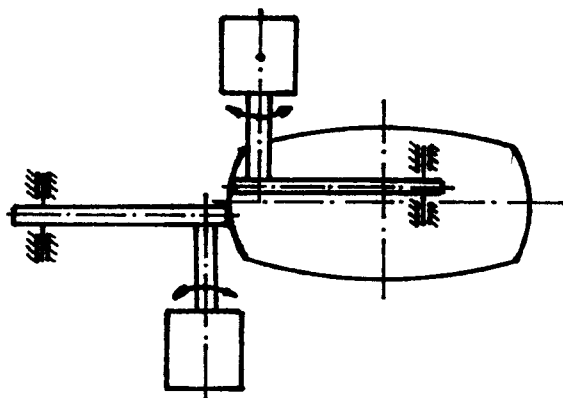
obr.2 Brousící funkce stroje MF

Funkce obsluhy spočívá pouze ve vkládání a vyjímání polotovarů, přičemž jeden pracovník může obsluhovat současně i tři zařízení. Popsané strojní zařízení je variabilní a umožňuje změny pracovních cyklů dle potřeby.

Vlastní proces sámování silnostěnného polotovaru je schématicky naznačen na obr. 3 a 4.



obr.3 Sámování brusným diamantovým kotoučem



obr.4 Sámování brusným pásem

Zařízení je vhodné pro opracování prakticky všech druhů polotovarů z dutého užitkového skla i pro aplikaci všech druhů brusných prostředků.

4.2.2. Firma F.G.Bode and Co. GmbH Hamburg

Další možný způsob mechanického opracování skla je uveden v popisu zařízení této firmy. Jedná se o univerzální brousící stroj BW 28.

Tento stroj je určen pro automatické broušení skla diamantovými nástroji, který může být vybaven zařízením pro vnitřní nebo vnější sámování.

Stroj má kruhový stůl s pěti brousícími polohami. Jednotlivé polohy mají vakuové připojení, aby obráběný polotovar mohl být upevněn buď mechanicky nebo pomocí vakua a jsou vybaveny pohonem, který je plynule regulovatelný.

Kruhový stůl má hydraulický pohon a pracuje v taktech. Časové intervaly taktů jsou rovněž plynule regulovatelné potenciometrem. Vřetena jsou uložena tak, aby nedocházelo k vibracím a jsou plynule regulovatelná. Nastavení jejich rychlostí lze digitálně odečítat. Maximální počet otáček je $6\,500\text{ min}^{-1}$. Chladicí voda je přiváděna do řezu zvenčí seřizovatelnými tryskami.

Zavěšení brusných vřeten umožňuje horizontální, vertikální a otočné nastavení osy vřeten, aby se dosáhlo optimálního nastavení vřetena k opracovávanému skleněnému polotovaru. Celý nosič vřetena je seřiditelný i na výšku.

Stroj je regulován elektronicky a všechny ovládací prvky jsou umístěny ve spínací skříni na stroji. Ve spodní spínací skříni jsou umístěny všechny elektrické přípoje včetně hlavního přípoje se spínačem.

Pracovní postup jednotlivých poloh:

- 1 - předbroušení
- 2 - jemné broušení
- 3 a 4 - vnitřní a vnější sámování
- 5 - vkládání a odebírání polotovarů

Výkon se pohybuje od 160 do 240 ks za hodinu a je závislý na velikosti broušeného výrobku. K jeho obsluze je zapotřebí jedné zaškolené síly.

Technické údaje:

Napětí - 220/380 V

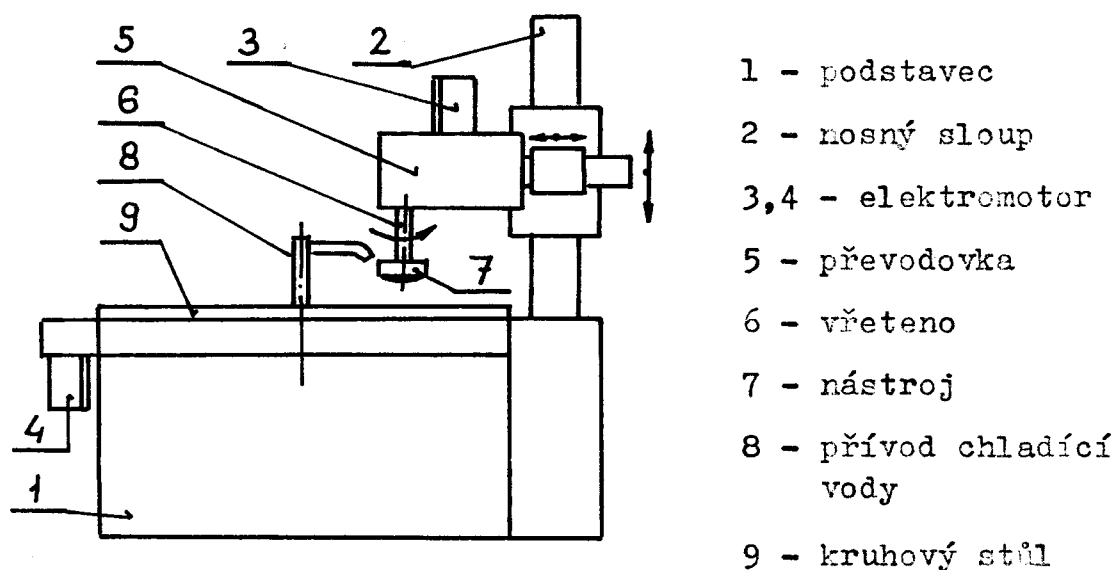
Vakuum - 60 - 80 %

Základní prostor - 4m²

Výška - 1,8m

Hmotnost - 800 kg

Princip strojního zařízení je schématicky znázorněno na obr.5.



obr.5 Schema strojního zařízení BW 28

Z výše uvedených příkladů je zřejmé, že snaha o modernizaci procesu prvotní rafinace silnostěnných polotovarů ukazuje nutnost komplexního přístupu jak z hlediska technologického postupu (sled operací, aplikace diamantových nástrojů), tak i z hlediska konstrukce příslušných strojních zařízení.

5. M o ž n é v a r i a n t y ř e š e n í

Broušení okrajů silnostěnných polotovarů je ve většině případů prováděno ručně. Nutnost vyjádřit nějakým způsobem rychlost opracování skleněných polotovarů s požadavkem nahradit současný způsob ručního broušení vede ke konstrukci takových strojních zařízení, které by pracovaly s minimálně takovou produktivitou, jakou vykazuje současný způsob ručního zpracování.

Na základě podrobného seznámení se současnou technologií broušení je v této kapitole navrženo několik možných variant jednoúčelového zařízení na broušení vnitřního a vnějšího okraje předlisovaného polotovaru. Vychází se z předpokladu upnutí polotovaru a jeho rotace.

V návaznosti na specificky konstruované jednoúčelové zařízení s realizací vždy jedné operace je možnost nasazení robota. Robot by zde plnil především funkci mezioperační manipulace. Nepříznivé faktory je však třeba vidět v nutnosti několikerého upínání polotovaru v průběhu pracovního cyklu a v poměrně náročném seřizování jednotli-

vých strojních zařízení.

Navržené varianty řešení je možno rozdělit do dvou skupin. Do první skupiny patří broušení jedním druhem diamantového nástroje a do druhé broušení skládající se z hrubování a jemnění. V obou případech je nutno dosáhnout broušením chemicky leštitelný povrch.

5.1. Varianta 1A (obr.6):

Jedná se o 3 - pozicové karuselové brousící zařízení pro broušení vnitřní a vnější sámy silnostěnných polotovarů.

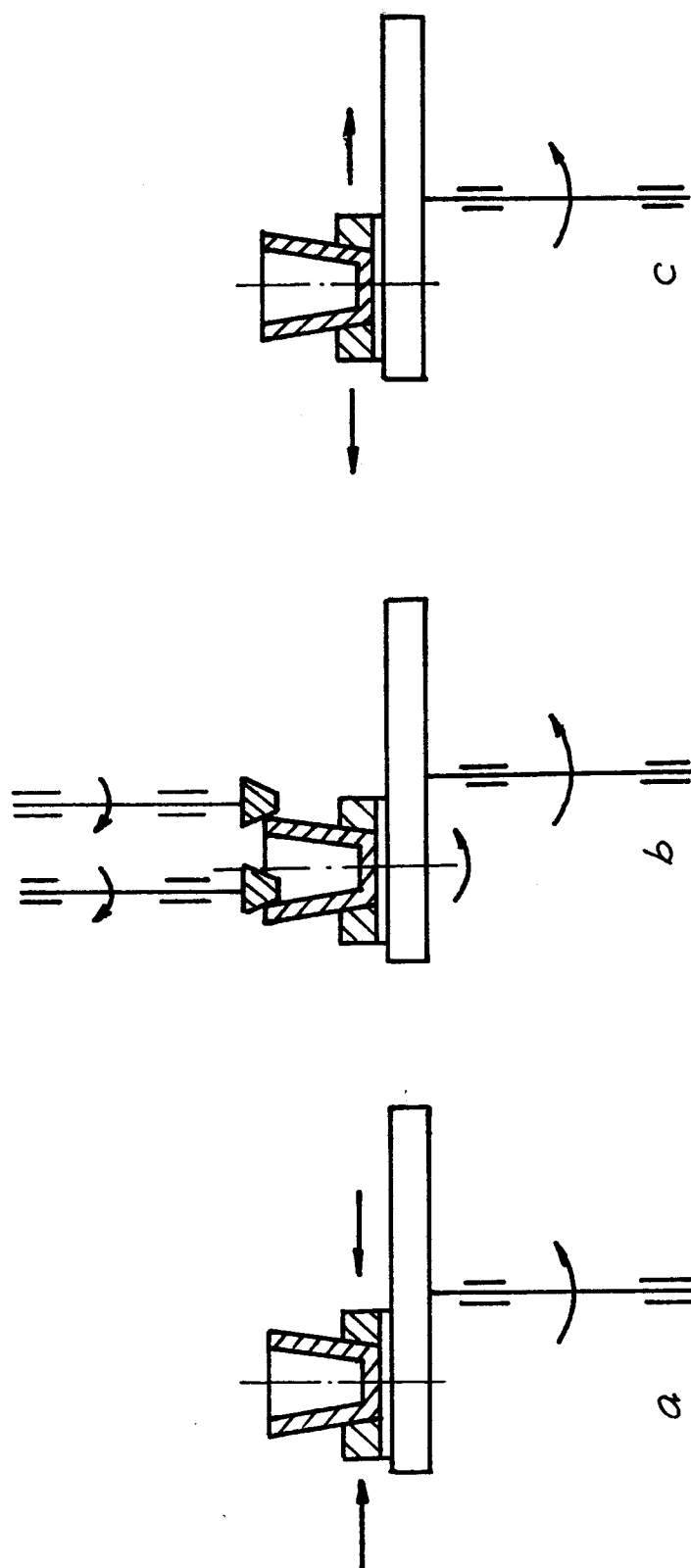
Pozice 1 - Výrobek se upne a konná rotační pohyb

Pozice 2 - Brousí se současně vnitřní a vnější sáma. Provádí se obvodem nástroje kuželového tvaru, jehož osa je rovnoběžná s osou polotovaru. Jde o čárový styk.

Pozice 3 - Dochází k vyjímání polotovaru

Výhoda - Konstrukce strojního zařízení je vcelku jednoduchá. Při vlastním broušení je možno použít kotouče s větší zrnitostí, poněvadž nedochází k drobnému odštipování materiálu polotovaru.

Nevýhoda - Dochází k opotřebení nástroje po jeho obvodu pouze v jednom místě, což vede k určitým tvarovým nepřesnostem při vytváření sámy. To způsobuje zvýšení nároků na orovnávání nástroje a tím dochází k nerentabilnímu opotřebení diamantového nástroje. Tato nevýhoda by se částečně dala odstranit častou změnou broušeného sortimentu polotovarů či šikmým posuvem nástroje tak, aby docházelo k rovnoměrnému obvodovému opotřebení nástroje, což by vedlo ke zkomplikování strojního zařízení.



obr. 6 Varianta 1A

- a - upínání polotovaru
- b - broušení vnitřní a vnější sámy
- c - vyjímání polotovaru

5.2. Varianta 1B (obr. 7):

Jedná se o 3 - pozicové karuselové zařízení pro broušení vnitřní a vnější sámy silnostěnných polotovarů diamantovými nástroji.

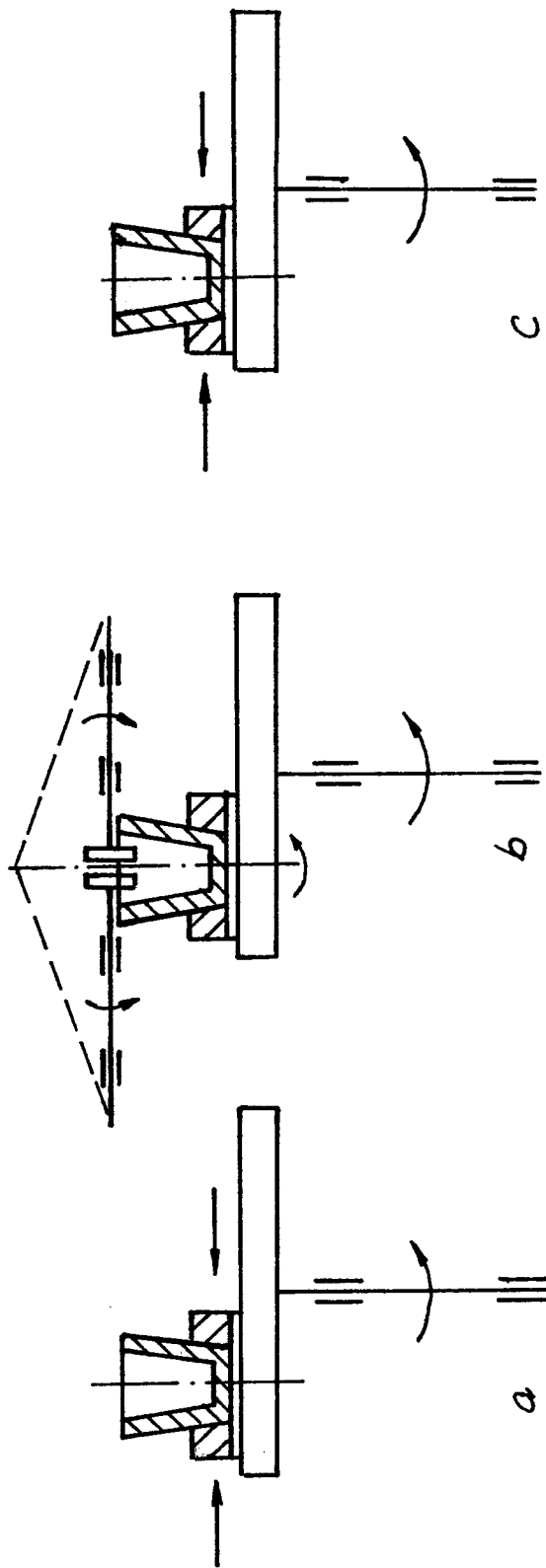
Pozice 1 - Polotovar se upne a konná rotační pohyb

Pozice 2 - Brousí se současně vnitřní a vnější sáma. Jde o obvodové broušení s plošným stykem diamantovými nástroji, jejichž osa je kolmá k ose polotovaru

Pozice 3 - Zde dochází k vyjímání polotovaru

Výhoda - Dochází k poměrně rovnoměrnému opotřebení brousícího nástroje v důsledku plošného styku, což vede k menším požadavkům na o rovňávání nástroje. Použité brousící nástroje mají klasický, běžně vyráběný kotoučový tvar.

Nevýhoda - Náročnější požadavky na vřeteno - nesmí docházet k vibracím. Brousící kotouč musí být jemnější zrnitosti, aby nedocházelo k drobnému odštipování materiálu polotovaru při broušení. Dle opracovávaného průměru polotovaru vzniká na brousícím nástroji rádius, což vede ke tvarovým nepřesnostem sámy a klade určité nároky na o rovňávání nástroje. To negativně působí na životnost diamantového nástroje.



obr. 7 Varianta 1B

a - upínání polotovaru

b - broušení vnitřní a vnější sámy

c - vyjímání polotovaru

5.3. Varianta 1C (obr.8):

Jedná se o 4 - pozicové karuselové zařízení pro broušení vnitřní a vnější sámy silnostěnných polotovarů diamantovými nástroji.

Pozice 1 - Polotovar se upne a konná rotační pohyb

Pozice 2 - Brousí se vnitřní sáma diamantovým nástrojem ve tvaru vrchlíku, přičemž osa nástroje je rovnoběžná s osou polotovaru

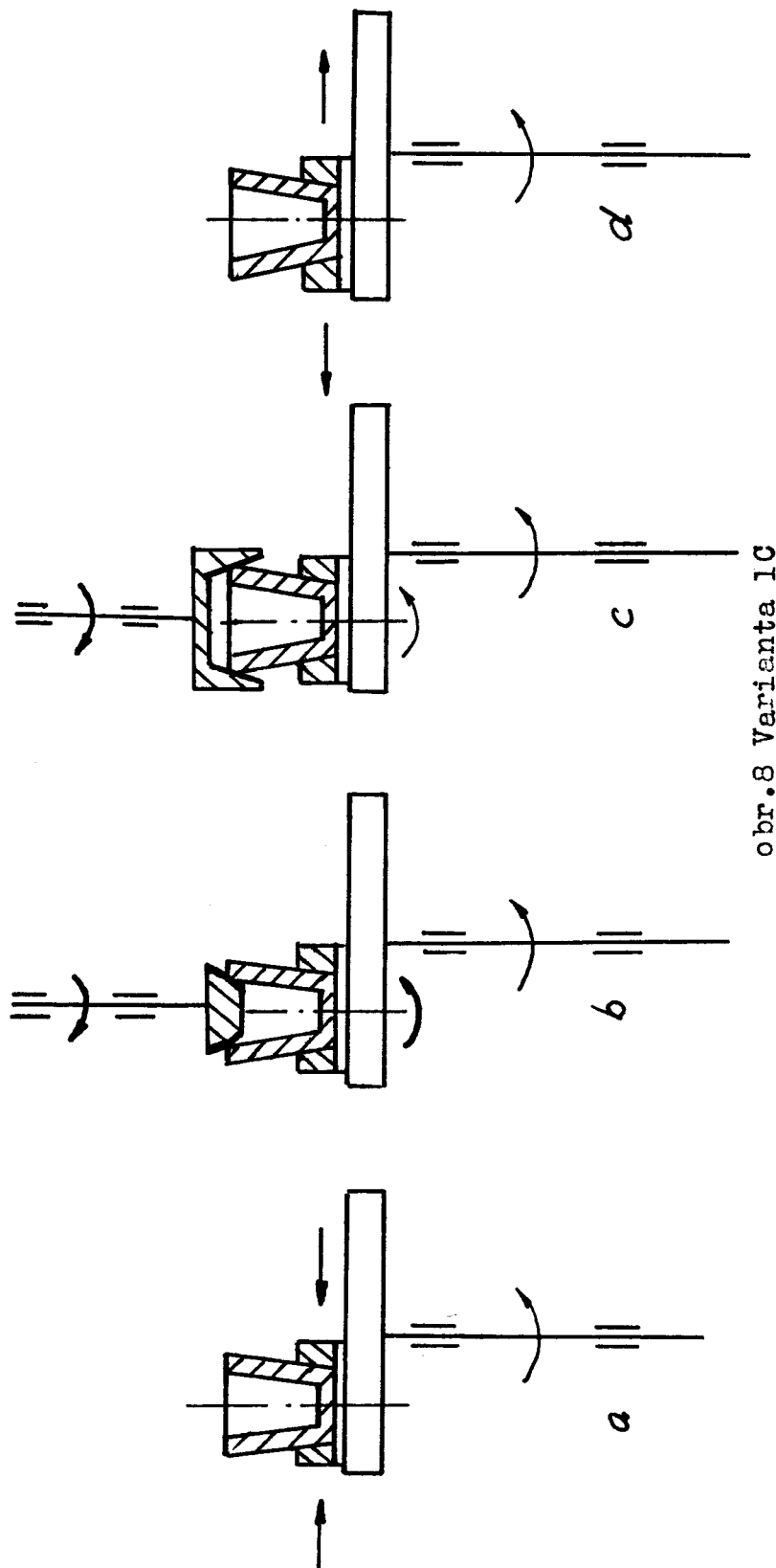
Pozice 3 - Dochází k broušení vnější sámy vnitřní stěnou nástroje miskového tvaru. Osa nástroje je rovnoběžná s osou polotovaru

Pozice 4 - Zde se polotovar vyjímá

Výhoda - Tyto nástroje jsou univerzální pro větší rozsah průměrů polotovarů. Při častější změně průměrů polotovarů dochází k rovnoměrnějšímu opotřebení nástroje. Rovnoměrnějšího opotřebení nástroje je též možno dosáhnout nastavením určitého úhlu mezi osou polotovaru a nástroje. Při tomto způsobu sámování je dosahováno kvalitní sámy - nedochází k odštipování okrajů polotovarů při zvětšení zrnitosti nástroje.

Nevýhoda - Jsou kladeny vysoké nároky na vystředění polotovaru a nástroje. Polotovar nesmí mít úchytky kruhovitosti. Jedná se o netypické tvary broušících nástrojů, které se dosud sériově nevyrábějí.

bí. Dochází k nerovnoměrnému opotřebení nástroje, což má za následek tvarové nepřesnosti sám. To také vyžaduje zvýšené nároky na orovnávání nástroje, což nejen zkracuje životnost nástroje, ale vzhledem ke tvaru nástroje se tato operace stává náročnou. Nerovnoměrné opotřebení nástroje by bylo možno odstranit změnou úhlu mezi osou nástroje a polotovaru. Strojní zařízení by však bylo složité. K chlazení nástroje při broušení vnější samy by bylo třeba použít dutého hřídele.



obr.8 Varianta 1C

- a - upínání polotovaru
- b - broušení vnitřní sámy
- c - broušení vnější sámy
- d - vyjímání polotovaru

5.4. Varianta 1D (obr.9):

4 - pozicové karuselové brousící zařízení pro broušení vnitřní a vnější sámy silnostěnných polotovarů diamantovými nástroji.

Pozice 1 - Polotovar se upne a konná rotační pohyb

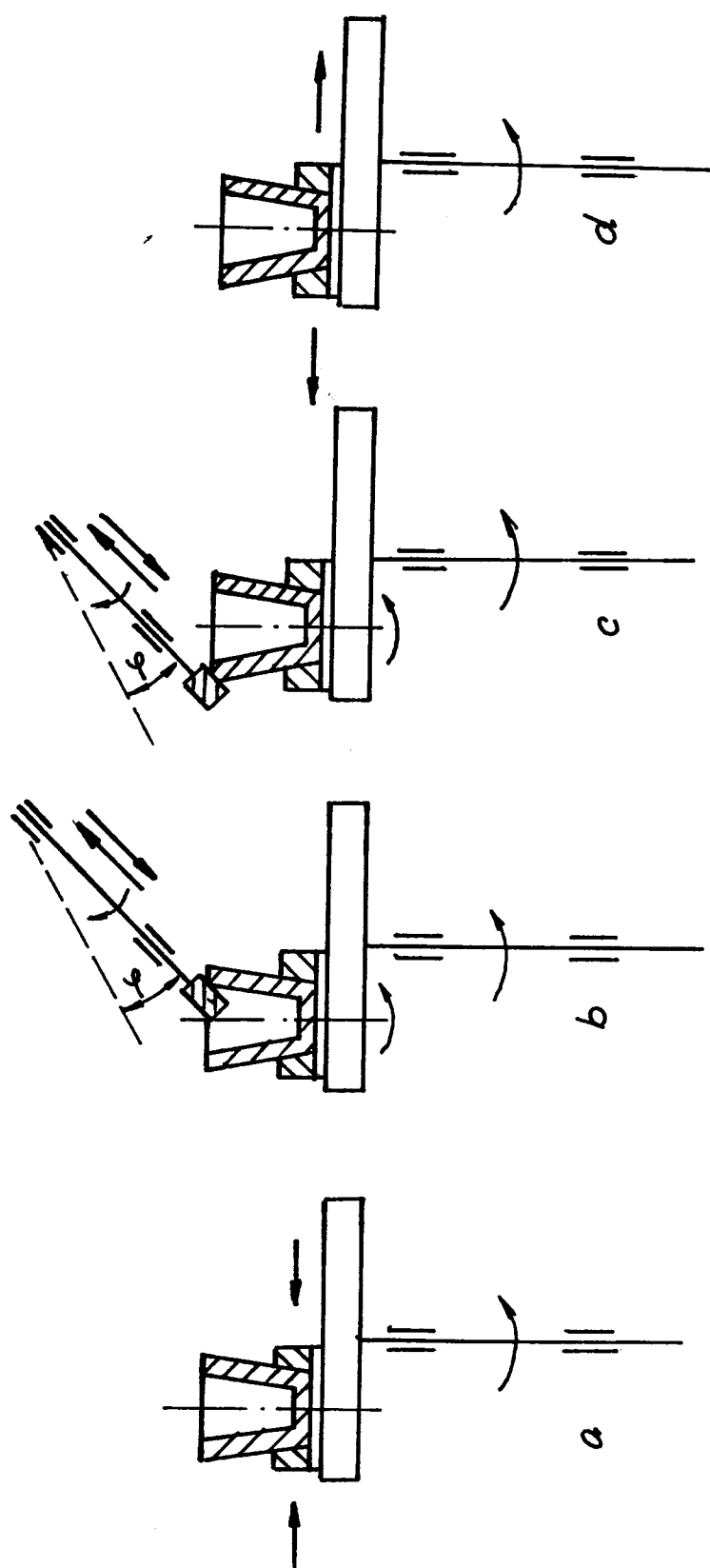
Pozice 2 - Dochází k broušení vnitřní sámy diamantovým kotoučem o šířce cca 30mm. Osa kotouče je vůči ose polotovaru nastavena pod úhlem 45° . Kotouč konná rotační pohyb a současně přímočarý vratný pohyb ve směru osy nástroje. Jde o čárový styk.

Pozice 3 - Broušení vnější sámy stejným způsobem

Pozice 4 - Vyjímání polotovaru

Výhoda - Jedná se o kotouče klasických, běžně vyráběných tvarů pro obvodové broušení. Jde sice o čárový styk mezi polotovarem a nástrojem, avšak pohyby nástroje umožňují poměrně rovnoměrné opotřebení kotouče v podstatě až do odstranění aktivní brusné vrstvy diamantového kotouče.

Nevýhoda - Zajištění přímočarého zpětného pohybu ve směru osy nástroje vede k poměrnému zkomplikování zařízení.



obr.9 Varianta 1D

- a - upínání polotovaru
- b - broušení vnitřní sámy
- c - broušení vnější sámy
- d - vyjímání polotovaru

5.5. Varianta 2A (obr.10):

Jedná se o 4 - pozicové karuselové brousící zařízení pro hrubé a jemné broušení vnitřní a vnější sámy silnostěnných polotovarů diamantovými nástroji.

Pozice 1 - Polotovar se upne a konná rotační pohyb

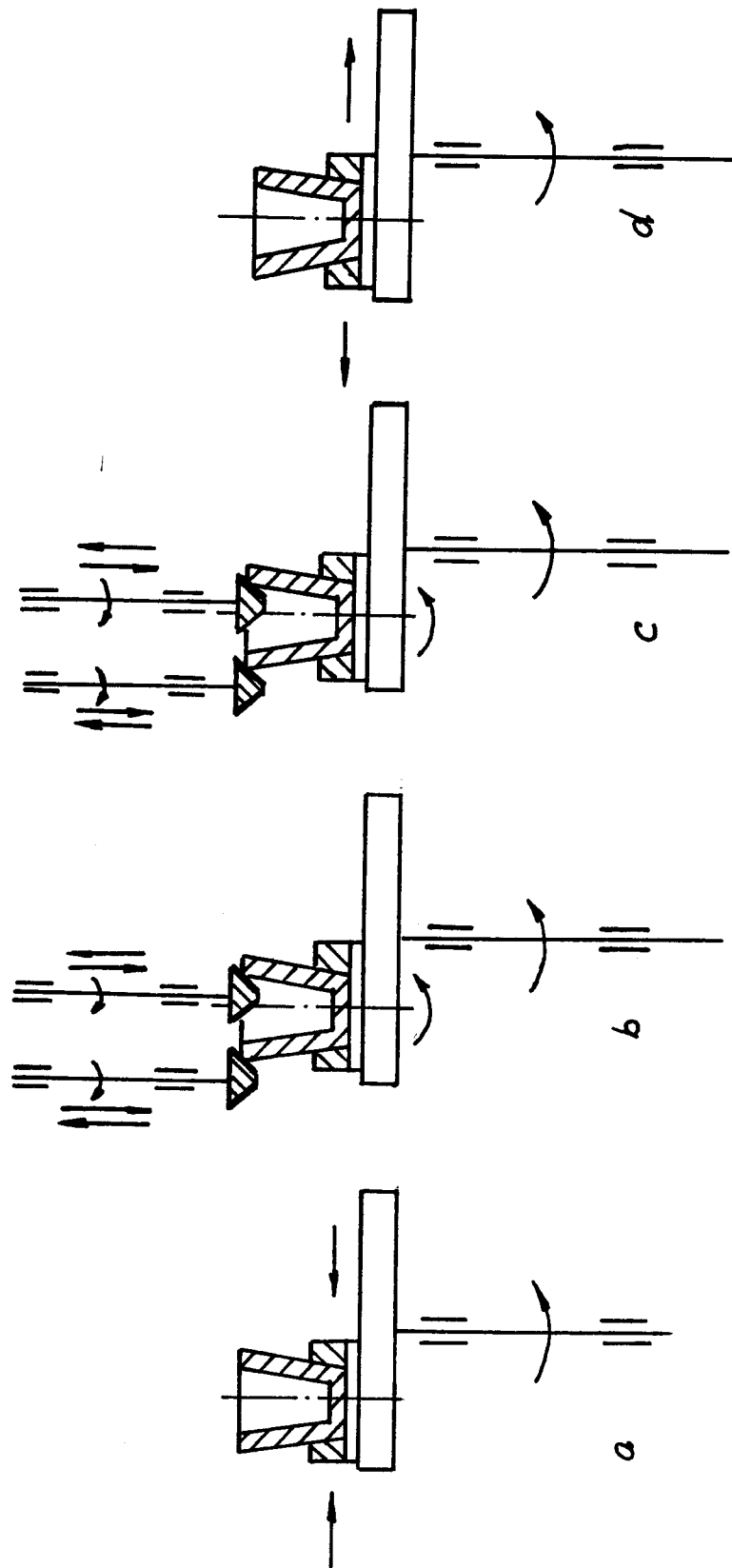
Pozice 2 - Dochází současně k hrubému broušení vnitřní a vnější sámy obvodem diamantového nástroje větší zrnitosti miskového či kuželového tvaru, jeho osa je rovnoběžná s osou polotovaru

Pozice 3 - Současné jemné broušení vnitřní a vnější sámy diamantovým nástrojem jemné zrnitosti stejným způsobem

Pozice 4 - Vyjímání polotovaru

Výhoda - Vzniká kvalitní sáma, protože při tomto způsobu broušení nedochází k drobnému odštipování materiálu polotovaru. Jemnění zaručí dobrou chemickou leštitelnost. Při použití hrubých nástrojů vzniká velký úběr materiálu, což vede ke zkrácení pracovního času. Tento způsob je vhodný pro polotovary větších rozměrů.

Nevýhoda - Vlivem většího počtu brousících nástrojů a tím i zvýšení počtu pracovních míst dochází k poměrnému zkomplikování strojního zařízení. Čárový styk nástroje a polotovaru vede k místnímu opotřebení nástroje, což klade zvýšené nároky na orovnávání a tím vzniká nerentabilní opotřebení diamantového nástroje.



obr.10 Varianta 2A

- a - upínání polotovaru
- b - hrubé broušení vnitřní a vnější sámy
- c - jemné broušení vnitřní a vnější sámy
- d - vyjímání polotovaru

5.6. Varianta 2B (obr.11):

Jedná se o 4 - pozicové karuselové brousící zařízení pro hrubé a jemné broušení vnitřní a vnější sámy silnostěnných polotovarů diamantovými nástroji.

Pozice 1 - Polotovar se upne a konná rotační pohyb

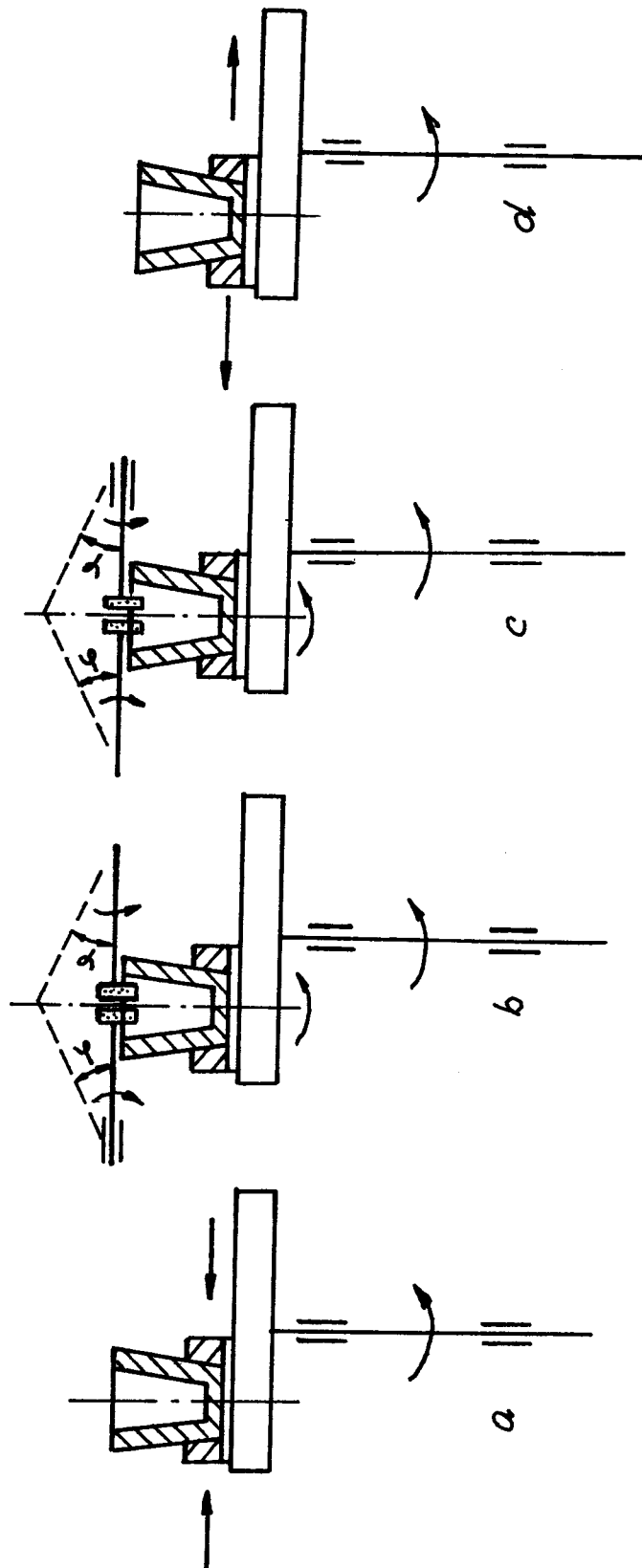
Pozice 2 - Hrubé broušení vnitřní a vnější sámy diamantovými kotouči klasických tvarů větší zrnitosti, jejichž osy jsou kolmé k ose polotovaru. Jde o plošný styk

Pozice 3 - Dochází k jemnému broušení vnitřní a vnější sámy jemnými diamantovými kotouči stejným způsobem

Pozice 4 - Vyjmutí polotovaru

Výhoda - Brusné nástroje jsou klasického kotoučového tvaru a vlivem plošného styku se vcelku rovnoměrně opotřebovávají. Hrubé kotouče dovolují velký úběr materiálu polotovaru, čímž se ušetří pracovní čas a současně jemnění zajistí dobrou chemickou leštitelnost. Vhodné pro broušení polotovarů větších rozměrů.

Nevýhoda - Při větších úběrech materiálu polotovaru kotoučem větší zrnitosti dochází k drobnému odštipování okrajů polotovaru. Dle opracovávaného průměru polotovaru vzniká na nástroji radius, což klade zvýšené nároky na orovnávaní a tím i životnost diamantového nástroje. Varianta vede ke zkomplikování strojního zařízení.



obr. 11 Varianta 2B.

a - upínání polotovaru

b - hrubé broušení vnitřní a vnější sámy

c - jemné broušení vnitřní a vnější sámy

d - vyjímání polotovaru

5.7. Varianta 2C (obr.12):

Jedná se o 6 - pozicové karuselové brousicí zařízení pro hrubé a jemné broušení vnitřní a vnější sámy silnostěnných polotovarů diamantovými nástroji.

Pozice 1 - Polotovar se upne a konná rotační pohyb

Pozice 2 - Hrubé broušení vnitřní sámy diamantovým nástrojem větší zrnitosti ve tvaru vřchlíku, který má osu rovnoběžnou s osou polotovaru

Pozice 3 - Hrubé broušení vnější sámy diamantovým nástrojem větší zrnitosti miskového tvaru, jehož osa je rovnoběžná s osou polotovaru

Pozice 4 a 5 - Jemné broušení vnitřní a vnější sámy diamantovými nástroji s jemným zrnem stejným způsobem

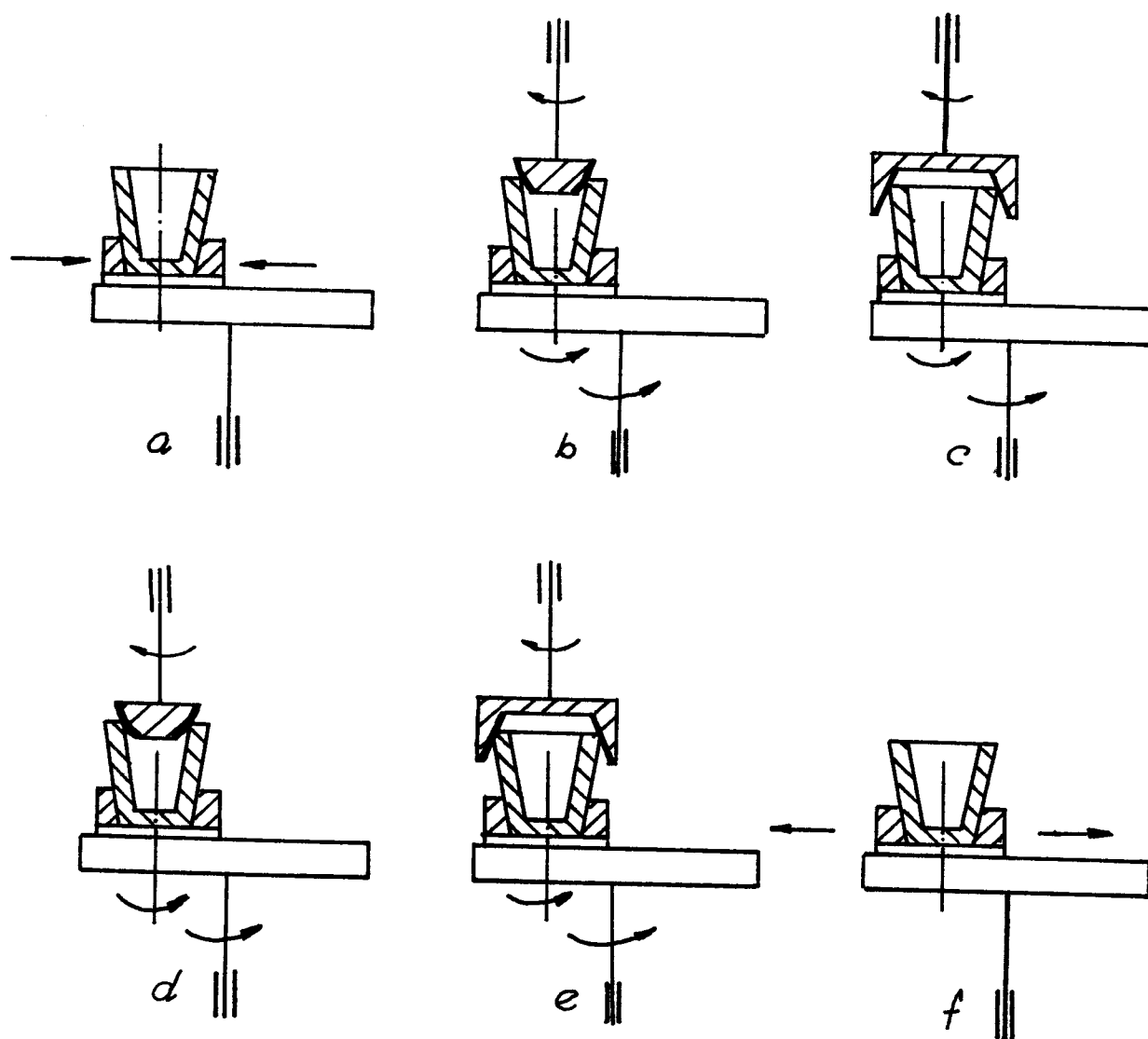
Pozice 6 - Zde dochází k vyjímání polotovaru

Výhoda - Nástroje jsou univerzální pro různé průměry polotovarů. Nástroje hrubé zrnitosti umožňují zkrácení pracovního času velkým uběrem materiálu polotovaru a jemněním se dosahuje kvalitního povrchu pro chemické leštění. Při tomto způsobu opracování nedochází k jemnému odštipování okrajů polotovarů. Způsob je vhodný pro polotovary větších rozměrů.

Nevýhoda - Polotovary a vřetena musí být dobře vystředěna.

U polotovarů se předpokládá nepřítomnost

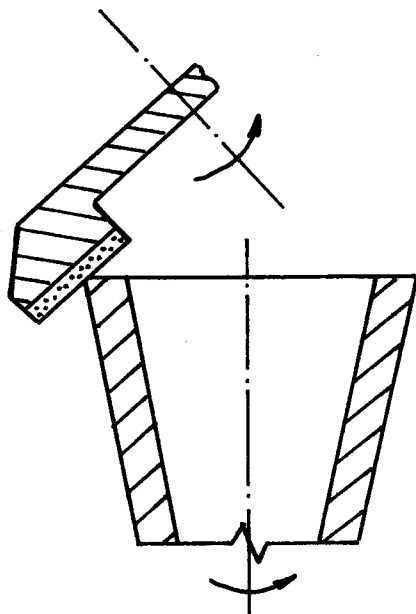
úchylek kruhovitosti. Vlivem čárového styku mezi nástrojem a polotovarem dochází k místnímu opotřebení nástroje, což by se částečně dalo odstranit častou změnou sortimentu polotovarů či změnou nastavení úhlu mezi osou nástroje a polotovaru. Došlo by ke zkomplikování celého zařízení stejně jako při větším počtu nástrojů a stanic. Tvary nástrojů jsou netypické - to vyvolává náročné orovnávání.



obr.12 Varianta 2C

- a - upínání polotovaru
- b - hrubé broušení vnitřní sámy
- c - hrubé broušení vnější sámy
- d - jemné broušení vnitřní sámy
- e - jemné broušení vnější sámy
- f - vyjímání polotovaru

Na obr. 13 je zobrazeno principiální schéma broušení vnějšího okraje silnostěnného polotovaru systémem "ASPA". Jedná se o čelní brošení diamantovým kotoučem, jehož osa svírá s osou nástroje úhel cca 45° . Obvodová rychlost diamantového kotouče při broušení je funkcí vzdálenosti místa styku nástroje a polotovaru od středu nástroje.



obr.13 Broušení systémem "ASPA"

6. V l a s t n í ř e š e n í

Na základě kapitoly č.5 byla jako optimální zvolena varianta 1D.

Pro sámování silnostěnných polotovarů běžného sortimentu vyhovuje použití jednoho druhu diamantového nástroje zrnitosti $50/40 \mu m$, který zaručuje jak dostatečně velký úběr materiálu polotovaru, tak i kvalitní

povrch pro následující chemické leštění polotovarů. Sámování hrubováním a jemněním by připadalo v úvahu u polotovarů velkých rozměrů.

Dalším faktorem volby této varianty je vcelku rovnoměrné obvodové opotřebení brusného kotouče až do odstranění aktivní brusné vrstvy diamantového nástroje způsobené vratným přímočarým pohybem ve směru osy nástroje, který zaručí využití celé šířky kotouče. Nároky na orovňávání kotouče jsou velmi malé.

Jedná se o několikastanicevý brousicí stroj pro broušení vnitřního a vnějšího okraje silnostěnných předliso-
vaných polotovarů.

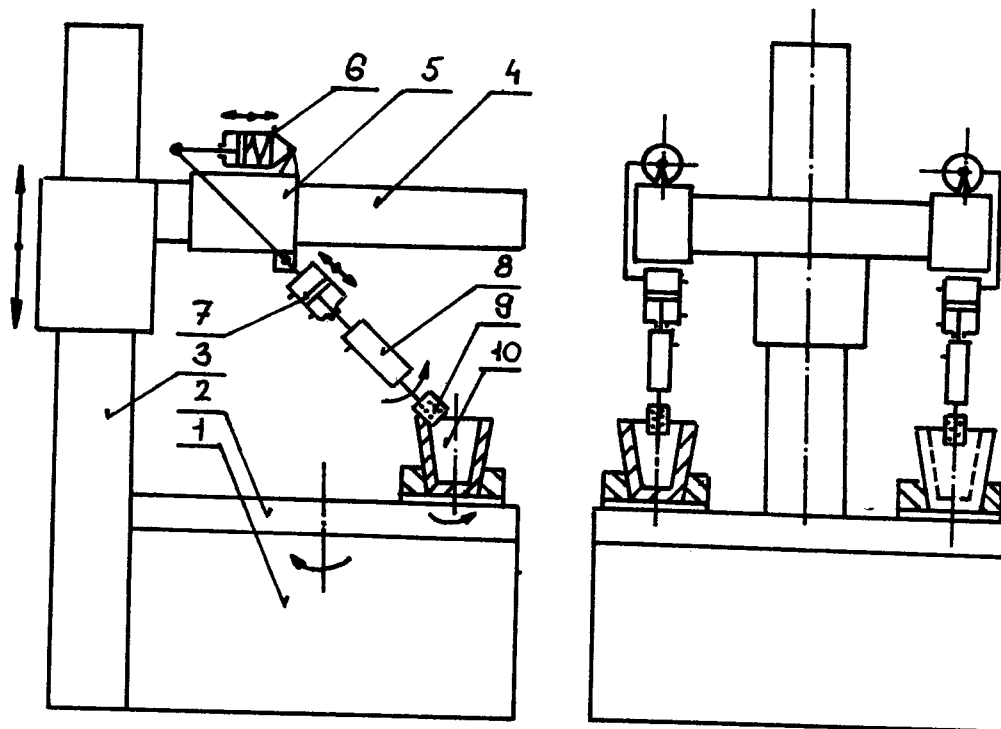
Zařízení uvažuje s kruhovým, 4 - stanicevým stolem pracujícím v časově nastavitelných taktech. V jednotlivých polohách jsou polotovary upnuty a konají rotační pohyb kolem své osy.

V jednotlivých stanicích se provádí:

- upínání polotovaru
- broušení vnitřní sámy
- broušení vnější sámy
- vyjímání polotovaru

Ve stanici, kde se provádí broušení vnější sámy je možno uvažovat i s prováděním oplachu polotovarů.

Schema strojního zařízení je na obr.14

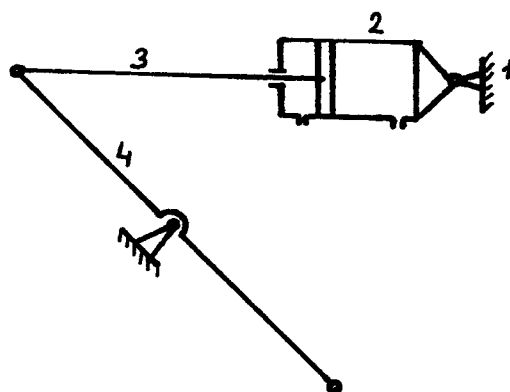


obr.14 Schema strojního zařízení

- 1 - Podstavec
- 2 - Otočný kruhový stůl
- 3 - Centrální nosný sloup
- 4 - Kluzné vedení
- 5 - Suport
- 6 a 7 - Pneumatický válec
- 8 - Pneumatická bruska
- 9 - Brusný nástroj
- 10 - Rotující polotovar

Hlavní ovládací prvky nástroje tvoří dva pneumatické válce s přímočarým pohybem a pneumatická bruska s rotačním pohybem, uspořádané pomocí pákového převodu.

Kinematické schéma ovládání nástroje je na obr. 15.



obr.15 Kinematické schéma ovládání nástroje

Použitím přesných pneumatických válců se nahradí složité mechanické zařízení, na které má produkt broušení velmi nepříznivé vlivy. Plynulé a pomalé přestavování pístů pneumatických válců je zajištěno regulovatelnými škrtícími ventily a tlačnou pružinou. Přesný přísuvný tlak do řezu je zajištěn redukčním ventilem.

Za předpokladu úchytky kruhovitosti je zajištěna rovnoměrnost sámý konstantní přitlačnou silou.

Vzhledem k vysoké obvodové rychlosti (kolem $25\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), potřebné při broušení diamantovými nástroji je v konstrukci

zařízení použita bruska, dosahující kolem 14 000 ot . min⁻¹.

Strojní zařízení má zajištěn posuv ve vertikálním i horizontálním směru, což umožňuje opracovávat polotovary průměrů 60 - 260 mm, což zahrnuje běžně vyráběný sortiment výrobků ve sklárnách Bohemia Poděbrady.

6.1. Technický popis strojního zařízení

Vlastní brousící zařízení (viz. sestavný výkres) je umístěno na centrálním sloupu 44 s ozubeným hřebenem 4, po kterém se pomocí pastorku 3 poháněného ručním kolem 10 děje vertikální posuv vlastního brousícího zařízení. Nastavitelná výška brousícího zařízení umožňuje opracovat polotovary širokého sortimentu. Fixace vertikální polohy zařízení je zajištěna šroubem 61 a pákou 7.

Na obou koncích příčné travery 71, připevněné na nosném tělese 8 šrouby 74 je přišroubováno kluzné vedení z tyčí 16 profilu L, po kterém se pomocí pohybového šroubu 11 uloženého v radiálních kuličkových ložiskách 99 opatřených prachovým těsněním 90 ovládaného ručním kolem

pohybuje suport 73. Horizontální poloha suportu je fixována ručním kolečkem 15. Na suportu je umístěn pneumatický válec 48 FESTO typ DGS - 25 - 40 o průměru 25mm a zdvihu 40mm s vloženou tlačnou pružinou 33. Tento pneumatický válec zajišťuje přes páku 70 konstantní přitlačnou sílu nástroje 102 do řezu.

V trubce 27 je pevně uložen pneumatický válec 49

FESTO typ DGS - 25 - 25 o průměru 25mm a zdvihu 25mm, zajišťující přímočarý vratný pohyb nástroje ve směru jeho osy. Na výstupní táhlo pneumatického válce 49 je našroubováno pouzdro 57, kluzně uloženo v trubce 27, v němž je upevněna vzduchová bruska 50 typu BV 35 FR, zajišťující rotační pohyb nástroje.

Kluzné vedení je mazáno pomocí maznice 85. Proti nepříznivému působení produktu broušení je trubka 27 opatřena prachovým těsněním a ostříkovacím kroužkem 30.

Chladicí kapalina je přiváděna do brousícího prostoru regulovatelnými tryskami.

Vzduchová bruska BV 35 FR, výrobce: n.p. NAREX Lázně Bělohrad:

Bruska je určena pro obvodové broušení různých strojních součástí. Upínání brusných těles se provádí kleštinou a převlečnou maticí. Konstrukce brusky dovoluje její použití při tlaku vzduchu 0,4 - 0,6 MPa.

Bruska má tvar válce. Zadní část brusky tvoří ovládání (spouštění a regulace). Na tlakovzdušné potrubí je bruska připojena pomocí hadicové přípojky.

Technické údaje:

Počet otáček naprázdno	min ⁻¹	1 400 ± 15%
Spotřeba vzduchu při max. výkonu	m ³ · min ⁻¹	0,5
Průměrný pracovní přetlak	MPa	0,5
Maximální výkon motoru	kW	0,4
Vnitřní světlost připojovací hadice	mm	8
Průměr stopek nástrojů	mm	6
Hmotnost brusky	kg	1,08

Tato bruska se vyrábí dle výkresové dokumentace, která zaručuje vyměnitelnost součástí.

Pneumatický válec FESTO typ DGS - 25 - 40:

Technické údaje:

Max. řídicí tlak vzduchu	MPa	0,6
Max. vyvozená síla	N	200
Průměr pístu	mm	25
Max. zdvih válce	mm	40
Pracovní teplota	°C	-20 - +80

Pneumatický válec FESTO typ DGS - 25 - 25:

Technické údaje:

Max. řídicí tlak vzduchu	MPa	0,6
Max. vyvozená síla	N	200
Průměr pístu	mm	25

Max. zdvih válce	mm	25
Pracovní teplota	°C	-20 - +80

6.2. Popis funkce strojního zařízení

Obsluha se řídí dle výšky a průměru obráběného polotovaru brousící zařízení v horizontální a vertikální rovině a zajišťuje přesnou polohu jistícími prvky. Dále se řídí potřebné ovládací tlaky pneumatických prvků.

Po zpuštění brousícího zařízení obsluha vloží polotovar do upínacího zařízení ve stanici 1 otočného kruhového stolu. Polotovar koná rotační pohyb kolem vlastní osy. Kruhový stůl, pracující v časově nastavitelných takttech přesune polotovar do stanice 2, kde probíhá broušení vnitřní sámy. Nástroj koná rotační a současně vratný přímočarý pohyb v rozsahu 25 mm ve směru osy nástroje. Nástroj je pomocí pneumatického válce, působícího přes pákový mechanismus přiváděn konstantní silou do místa řezu. Vlastní brousící proces probíhá za intenzivního chlazení chladicí kapalinou, přiváděnou do místa řezu. Po požadovaném obroušení vnitřního okraje polotovaru dojde za pomoci impulsu koncového spínače a ovládacího pneumatického válce k odsunutí brousícího nástroje do mezipracovní polohy. Poté se polotovar přesune do stanice 3, kde probíhá proces broušení vnějšího okraje silnostěnného polotovaru stejným způsobem.

Po obroušení vnější sámy a odsunutí nástroje do mezipracovní polohy se polotovar přesune do stanice 4, kde se polotovary vyjímají.

6.3. Výpočet konstrukce

Výpočet průměru d brusného kotouče:

otáčky pneumatické brusky $n = 14\,000\text{ s}^{-1}$

požadovaná obvodová rychlost kotouče $v = 25\text{ m s}^{-1}$

$$d = \frac{v \cdot 60}{n} = \frac{25 \cdot 60}{14\,000} = 0,0341\text{ /m/} = 34,1\text{ /mm/}$$

volím průměr kotouče $d = 35\text{ mm}$

regulace otáček $/8\,000 \div 14\,000\text{ s}^{-1}/$ pneumatické brusky

umožňuje použití kotoučů různých průměrů v rozsahu

cca $35 \div 60\text{ mm}$.

Výkon při broušení a přitlačná síle na nástroj:

síla vyvozená pneumatickým válcem $F_1 = 200\text{ N}$

optimální tlak při strojním broušení Pb křišťálu $p = 4\text{ MPa}$

koeficient tření mezi Pb křišťálem a diamantovým nástrojem

$f \approx 0,3$

přibližná ploche broušené plošky /při styku s nástrojem/

$S \approx 3\text{ mm}^2$

výkon pneumatické brusky $P_{\max} = 0,4\text{ kW}$

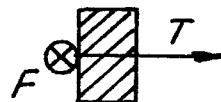
$n_1 = 14\,000\text{ s}^{-1}$

$n_2 = 8\,000\text{ s}^{-1}$

$d_1 = 35\text{ mm}$

$d_2 = 60\text{ mm}$

broušená ploška:



$$F = p \cdot S = 4 \cdot 3 = 12 \text{ /N/}$$

$$T = F \cdot f = 12 \cdot 0,3 = 4 \text{ /N/}$$

$$\omega_1 = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 14\,000}{60} = 1\,466 \text{ /s}^{-1} \text{ /}$$

$$\omega_2 = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 8\,000}{60} = 837,75 \text{ /s}^{-1} \text{ /}$$

$$M_{k1} = T \cdot r_1 = 4 \cdot 0,0175 = 0,07 \text{ /Nm/}$$

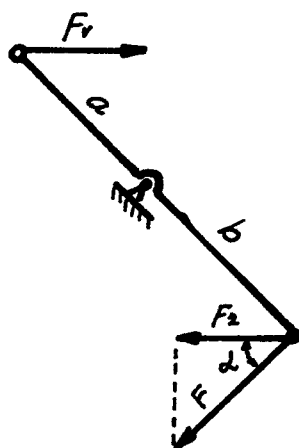
$$M_{k2} = T \cdot r_2 = 4 \cdot 0,03 = 0,12 \text{ /Nm/}$$

$$P_1 = M_{k1} \omega_1 = 0,07 \cdot 1\,466 = 102,6 \text{ /W/}$$

$$P_2 = M_{k2} \omega_2 = 0,12 \cdot 837,75 = 101 \text{ /W/}$$

$$P_1, P_2 < P_{\max}$$

Výkon pneumatické brusky postačuje broušení zvoleným sortimentem nástrojů.



$$a = 180 \text{ mm}$$

$$b = 240 \text{ mm}$$

$$F = 12 \text{ N}$$

$$F_1 = 200 \text{ N}$$

$$F_2 = F \cos 45^\circ = 12 \cos 45^\circ = 8,5 \text{ /N/}$$

Z pákového převodu:

$$\frac{F_2}{b} = \frac{F_1}{a} \Rightarrow F_v = a \cdot \frac{F_2}{b} = 180 \cdot \frac{8,5}{240} = 6,4 \text{ /N/}$$

do pneumatického válce vložíme tlačnou pružinu
návrh tlačné pružiny:

max. střední průměr válcové pružiny $D_s = 20 \text{ mm}$

materiál: ČSN 13 251

$$R_m = 1\,500 \text{ MPa}$$

$$\tau_{dov} = 0,7 R_m / \text{tabulková hodnota/}$$

$$\tau_s = 0,45 R_m / \text{tabulková hodnota/}$$

$$\tau_{dov} = 950 \text{ MPa}$$

$$\tau_s = 675 \text{ MPa}$$

$$d_z = \frac{16 F_{\max} D_s}{2\pi \tau_{dov}} = \frac{16 \cdot 200 \cdot 20}{\pi \cdot 950 \cdot 2} \doteq 2,23 \text{ /mm/}$$

volím dle tabulek $d_z = 2,5 \text{ mm}$

$$i = \frac{D_s}{d_z} = \frac{20}{2,5} = 8$$

$$w_T = \frac{i + 0,2}{i - 1} = 1,17$$

$$F_r \doteq 100 \text{ N}$$

$$\tau_v = \frac{M_k}{W_k} + \frac{F}{S} = \left(\frac{8 \cdot F_r \cdot D_s}{d^3} + \frac{F_r}{S} \right) \cdot w_T =$$

$$= \left(\frac{8 \cdot 100 \cdot 20}{2,5^3} + \frac{100}{4,9} \right) \cdot 1,17 = 404,2 \text{ /MPa/}$$

$$\text{bezpečnost } k = \frac{\tau_s}{\tau_v} = \frac{675}{404,2} \doteq 1,7$$

$$c = \frac{F}{y} = \frac{100}{20} = 5 \text{ /N mm}^{-1} \text{ /}$$

$$z = \frac{G d^4}{8 D_s c} = \frac{8 \cdot 10^4 \cdot 2,5^4}{8 \cdot 20^3 \cdot 5} = 9,76$$

volím $z = 10$

7. T e c h n i c k o - e k o n o m i c k é z h o d n o - c e n í

Opracování skla diamantovými nástroji u nás nemá dlouhého trvání. Začalo se prosazovat velkými výkony broušení a dlouhou životností nástrojů. Hromadnému zavedení diamantových nástrojů bránila ta skutečnost, že se diamantové nástroje musely vesměs dovážet z nesocialistických zemí. Zavedením tuzemské výroby diamantových kotoučů se však situace značně zlepšuje.

V technicko-ekonomickém zhodnocení jsou použity hodnoty charakterizující stávající způsob ručního sámování předlisovaných silnostěnných polotovarů ve sklárnách Bohemia Poděbrady. Navrhované jednoúčelové zařízení je zhodnoceno obecně, poněvadž se tato diplomová práce zabývá pouze částí celku brousícího zařízení, které je součástí prvotně rafinační linky.

Technicko-ekonomický rozbor stávajícího způsobu ručního sámování okrajů polotovarů je proveden na polotovaru o průměru 170mm, představující přibližný střed vyráběného sortimentu.

Základní mzdová sazba pracovníka (4 tř., II.kvalif.stupnice)	7Kčs/hod.
Pohyblivá složka mzdy	cca 42%
Skutečně vyplácená mzda	10Kčs/hod.
Průměrný počet odpracovaných hodin za rok	2 160 hod.

Čas potřebný na osámování 1 polotovaru
včetně manipulace

40s

Průměrná roční mzda pracovníka

21 600 Kčs

Zavedením strojních zařízení na broušení okrajů silnostěnných polotovarů, využívajících především diamantové nástroje tuzemské výroby docílíme:

- zvýšení produktivity práce
- zvýšení objemu výroby užitkového skla
- úspory pracovních sil
- náhrady jednotvárné fyzické práce
- přesné opracování okrajů polotovarů
- zvýšení bezpečnosti a hygieny práce

8. Z á v ě r

V diplomové práci bylo dle zadání úkolu navrženo brousící zařízení na broušení okrajů silnostěnných předliso-
vaných polotovarů.

Brousící zařízení pracuje v součinnosti s prvotně rafi-
nační linkou, která zahrnuje základní operace opukávání,
hladinářské broušení a sámování.

Funkce obsluhy brousícího zařízení spočívá v seřizová-
ní dle druhu opracovávaných polotovarů a ve vkládání a
vyjímání polotovarů, přičemž jeden pracovník může součas-
ně obsluhovat i více zařízení. Navržené zařízení je varia-
bilní a umožňuje změny pracovních cyklů dle potřeby.

Horizontální a vertikální nastavení strojního zařízení
umožňuje opracování běžně vyráběného sortimentu výrobků ve
sklárnách Bohemia Poděbrady.

Pro plnění funkce mezioperační manipulace je možnost na-
sazení robota.

Brousící zařízení přinese spolu s nahrazením namáhavé
fyzické práce a úspory pracovních sil i zvýšení produkti-
vity práce a objemu výroby užitečného skla.

Na závěr bych chtěl poděkovat vedoucímu práce
ing. V. Klebsovi CSc a konzultantu R. Kolouchovi za příklad-
nou pomoc při vypracování diplomové práce.

9. S e z n a m p o u ě i t é l i t e r a t u r y

J. Hlaváček: Sklářské stroje
SNTL Praha 1980

S. Černoch a kol.: Strojně technická příručka
SNTL Praha 1977

J. Bartoš a kol.: Strojnické tabulky
SNTL Praha 1970

R. Kříž a kol.: Stavba a provoz strojů I.
SNTL Praha 1977

M. Volf: Hutní sklářská příručka
SNTL Praha 1967

ČÚV silikát. spol. ČSVTS: Mechanické opracování skla
1981

V. Klebsa: Technologie skla a keramiky I.
VŠST Liberec 1981

Firemní literatura F.G.Bode end Co. GmbH Hamburg
Sprechsaal 116, (1983), č. 9. str. 789 - 790

Firemní literatura Biebuyck Belgie

Firemní literatura FESTO (Katalog)

Počet kusů	Název - rozměr	Polotovár	Mat. kondičný	Mat. výchozí	Vřída odp.	Č. hmotnost	Hr. hmotnost	Číslo výkresu	Pos.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	HŘÍDEL Ø26-280	ČSN425510	H600.1		0,01				1
1	TR Ø32x5-70	ČSN428710	42 4250		812				2
1	PASTOREK	ČSN 425510	H 600		0,01				3
1	OZ. HŘEBEN	ČSN425520	H 600		0,01				4
1	TR Ø32x5-70	ČSN428710	42 4250		812				5
1	TYČ Ø50-40	ČSN425510							6
1	4HR 30-200	ČSN425520	H 343		0,07				7
1	NOSNÉ TĚLESO	ODLITEK	422435		211				8
3	TR Ø194x16	ČSN425715	H 343		0,07				9
3	TYČ Ø20-20	ČSN425510	H 343		0,07				10
2	TYČ Ø22-900	ČSN425510	H 500		0,01				11
2	TYČ Ø18-15	ČSN425510	10370		0,01				12
2	PRYŽ. TĚSNĚNÍ	ČSN622216.07							13
2	≠ 16x5	ČSN425522	10370		0,01				14
2	MATICE M10	ČSN02146.20							15
8	≠ 40x8-800	ČSN425522	H 343		0,07				16
8	≠ 30x8-750	ČSN425522	H 343		0,07				17
2	VÍČKO Ø200	ČSN425510	H 343		0,07				18
8	TYČ Ø20-60	ČSN425510	H 343		0,07				19
8	≠ 30x8-30	ČSN425510	H 343		0,07				20

Měřilko	Kreslí PETR KOLLAR	<i>Petr Kollar</i>	Č. sním.						x
Přezkoušel									x
Norm. ref.									x
Výr. projednal	Schválil		Č. kresby						x
	Dne 24.6.1985								x

VŠST LIBEREC	Fyp	Skupina	Starý výkres	Nový výkres
	Název	BROUSÍCI ZAŘÍZENÍ	0-DP-077/85-0000	
			Číslo kresby	2

Počet kusů	Název - rozměr	Podletovar	Mat. konečný	Mat. výchozí	Prům. odp.	Č. hmotnost	Hr. hmotnost	Číslo výkresu	Pos.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	≠ 120x50-50	ČSN 425522	H 343		0,07				21
2	≠ 40x8-40	ČSN 425522	H 343		0,07				22
2	TYČ Ø110-10	ČSN 425510	H 343		0,07				23
2	TYČ Ø110-30	ČSN 425510	H 343		0,07				24
2	TYČ Ø58-40	ČSN 425510	H 343		0,07				25
2	KROUŽEK 8x24	ČSN 622015.03							26
2	TR Ø70x8-400	ČSN 425215	14 200		0,21				27
6	≠ 12x8-10	ČSN 425522	10 370		0,01				28
2	VÍČKO Ø70	ČSN 425510	H 343		0,07				29
2	KROUŽEK Ø70	ČSN 425510	H 343		0,07				30
2	P4x20x150	ČSN 425310	H 343		0,07				31
2	TYČ Ø16-60	ČSN 425510	H 343		0,07				32
2	PRUŽINA Ø2,5-500	ČSN 426403	13 251.7	13 251.1	0,01				33
2	4HR 40-140	ČSN 425520	10 370		0,01				34
4	P8x140x230	ČSN 425310	H 343		0,07				35
4	P8x160x230	ČSN 425310	H 343		0,07				36
2	≠ 30x6-80	ČSN 425522	H 343		0,07				37
3	TYČ Ø12-60	ČSN 425510	H 343		0,07				38
2	ČEP Ø32-160	ČSN 425510	H 600		0,01				39
12	TYČ Ø8-50	ČSN 425510	H 343		0,07				40

Měřičko	Kontrola PETR KOLLÁR	<i>Petr Kollár</i>	C. sml.
Průzkoušel			
Norm. ref.			
Výr. projednal			
		24.5.1985	Č. listu

Změna	Datum	Podpis	Index změny	x
				x
				x
				x
				x

**VŠST
LIBEREC**

Typ
Název
**BROUSÍCI
ZAŘÍZENÍ**

Číslo výkresu
0-DP-077/85-0000

Počet kusů	Název - rozměr	Polotovár	Mat. značka	Mat. výchozí	řada odp.	C. hmotnost	Hr. hmotnost	Číslo výkresu	Pos.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	TYČ Ø 12-120	ČSN 425510	H 343		007				41
2	TYČ Ø 8-30	ČSN 425510	H 343		007				42
2	TYČ Ø 16-170	ČSN 425510	H 343		007				43
1	TR Ø 194 x 20	ČSN 425715	H 650		001				44
3	PERO 4x4x20	ČSN 022562							45
1	PERO 8x7x60	ČSN 022562							46
3	MATICE KM 2	ČSN 023630							47
2	VÁLEC FESTO	typ DGS-25-40							48
2	VÁLEC FESTO	typ DGS-25-25							49
2	PNEUBRUSKA	typ BV 35 FR							50
3	ŠROUB M12x20	ČSN 021143.52							51
3	ŠROUB M6x40	ČSN 021101.10							52
4	ŠROUB M6x12	ČSN 021131.20							53
4	ŠROUB M8x25	ČSN 021151.15							54
8	ŠROUB M8x70	ČSN 021101.10							55
8	ŠROUB M6x30	ČSN 021101.10							56
2	POUZDRO 58-230	ČSN 425510	H 800		001				57
2	ŠROUB M10x45	ČSN 021101.10							58
4	ŠROUB M10x16	ČSN 021151.15							59
16	ŠROUB M8x20	ČSN 021151.15							60

Měřitko	Kreslil PETR KOLÁŘ	<i>Petr Kolář</i>	Č. sním.		Zašlana	Datum	Podpis	Index změny	x
	Přezkoušel								x
	Norm. ref.								x
	Výr. projektant	SCHMIDT	Č. transp.						x
		Dne 24.5.1985							x

**VŠST
LIBEREC**

Typ
Název

**BROUSÍČÍ
ZAŘÍZENÍ**

Skupina

0-DP-077/85-0000

Počet kusů	Název - rozměr	Polotovar	Mat. konečný	Mat. výchozí	řada odp.	Č. hmotnost	Hr. hmotnost	Číslo výkresu	Pos.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	ŠROUB M36x200	ČSN021401.10							61
8	MATICE M 10	ČSN021401.40							62
2	MATICE KMO	ČSN023630							63
1	MATICE M 24	ČSN021401.40							64
1	MATICE M 24	ČSN021403.40							65
1	KROUŽEK 20	ČSN022930							66
2	KROUŽEK 10	ČSN022930							67
1	KROUŽEK 18	ČSN022930							68
1	KROUŽEK 18	ČSN022930							69
2	KROUŽEK 16	ČSN022930							70
2	U140/B - 250	ČSN425570	H 343		0,07				71
8	MATICE M8	ČSN021401.40							72
4	P8x140x230	ČSN425310	H 343		0,07				73
4	ŠROUB M20x120	ČSN021101.10							74
4	KROUŽEK 10	ČSN022930							75
3	PODLOŽKA 6	ČSN021702.10							76
4	PODLOŽKA 6	ČSN021702.10							77
16	PODLOŽKA 8	ČSN021702.10							78
1	PODLOŽKA 36	ČSN021720.10							79
2	PODLOŽKA 10	ČSN021720.10							80

Měřítka	Kreslil PETR KOLLAR	<i>Petr Kollar</i>	Č. sním.							x
	Řezkoušel									x
	Norm. ref.									x
	Výt. projednal	Schválil	Č. transp.							x
	Dne									x

VŠST LIBEREC	Typ	Skupina	Starý výkres	Nový výkres
	Název			
	BROUSÍCI ZAŘÍZENÍ		0-DP-077/85-0000	
			7	5

Měřítka	Kreslí <i>PETR KOLÁŘ</i>	<i>Petr Kolář</i>	Č. sním.		Změna	Datum	Podpis	Index změny	x
	Přezkoušel			x					
	Norm. ref.			x					
	Výt. projednal	SCHUBERT	Č. transp.	x					
		Dne <i>24.5.1985</i>							x

VŠST
LIBEREC

Typ _____ Skupina _____
 Název **BROUSÍCI
 ZAŘÍZENÍ**

0-DP-077/85-0000

7

List 6

[illegible]