

Vysoká škola: strojní a textilní

Katedra: sklářských strojů a technol. skla

Fakulta: strojní

Školní rok: 1966/67

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro Zdenka Waldmana

odbor 042 - 15 zaměření sklářské stroje

Protože jste splnil požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomní úkol:

Název tématu: Brousící stroj pro úpravu hran zrcadlového skla

Pokyny pro vypracování:

Ve světové architektuře stále stoupá zájem o sklo. Navrhují se celoskleněné stěny velkých rozměrů. Pro tyto účely je nutno vyrobit velké tabule skla ze speciálního zrcadlového skla, které musí mít upraveny stěny tak, aby se tabule mohly k sobě přiřazovat "na sráz". U nás zatím neexistuje žádný brousící stroj, který by mohl upravovat hrany velkých rozměrů.

Na základě technologických zkoušek na stávajících zařízeních (Hranovací stroj Chudeřice, suportový brousící stroj - Hranice) stanovte nejvýhodnější parametry broušení a na základě těchto parametrů proveďte konstrukční návrh brousícího stroje na velké formáty. Maximální rozměry tabulí 5500 x 3500 mm o tloušťce 8 - 16 mm.

V práci rovněž uveďte rozbor současného stavu světové techniky v tomto oboru dle dostupných pramenů a konstrukční návrh porovnejte v ekonomickém zhodnocení se stávajícími zařízeními.

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní závěrečné zkoušky č. j. 31 727/52-III/2 ze dne 13. července 1962. Věstník MŠK XIII, sešit 24 ze dne 31. 8. 1962 § 19 autorského zákona č. 115/59 Sb.

WYSOKA SZKOLA STROJNIA I TEXTYLI
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ

V 21 / 67 S

Rozsah grafických laboratorních prací:

Rozsah průvodní zprávy: cca 40 stran textu doložených příslušnými výpočty a výkresovou dokumentací

Seznam odborné literatury:

Vedoucí diplomní práce: Ing. Michael Slunečko

Konsultanti: Ing. Roleneč, Sklo-Union Chudeřice

Datum zahájení diplomní práce: 2. října 1967

Datum odevzdání diplomní práce: 30. října 1967



Prof. Ing. Dr. F. Kotšmíd

Vedoucí katedry

Prof. Ing. C. Höschl

Děkan

v Liberci dne 10. července

1967

VŠST LIBEREC
FAKULTA STROJNÍ

Stroj na broušení hran

str.1

30. října 1967

Waldmann Zdeněk

D I P L O M O V Á P R Á C E

O b s a h:

	str.
Úvod	3
Použití výrobků	5
Broušení a brusné nástroje . . .	6
Optimální řezné podmínky	14
Současný stav užívané techniky .	16
Zhodnocení uvedených konstrukcí	20
Popis konstrukce stroje	22
Popis hydraulického obvodu . . .	26
Popis ovládacího obvodu stroje .	30
Výpočtová část	33
Ekonomické zhodnocení	49
Závěr	50
Seznam použité literatury . . .	51

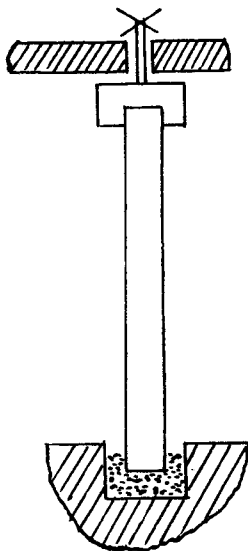
Ú v o d.

Ve světové architektuře je stále používanějším a vyhledávanějším stavebním materiálem sklo. Skleněné tabule používané jako obklady budov, výplň obvodových panelů nebo vytvářející celoskleněné stěny si vydobily přední pozici díky své účelnosti, vlastnostem a velmi dobrému estetickému působení na okolí. Naše stavebnictví se snaží přiblížit úroveň naší architektury světovému průměru a v současné době doznává sklo, jako stavební materiál, velkého rozmachu i v naší republice. Na rozdíl od tradičních fasádových materiálů nepotřebuje žádnou údržbu při stále dobrém vzhledu, čímž odpadájí pro hospodářství neúnosně vysoké náklady na opravy budov. Jeho používání jako stavebního materiálu by mělo zvláště velký význam v průmyslových oblastech naší republiky, kde vzhled budov i životnost fasád trpí průmyslovými exhalacemi. Celoskleněných stěn lze s výhodou použít jako stavebního materiálu při výstavbě nové distribuční sítě,

která má nahradit dnešní již nevyhovující, a svými vlastnostmi a vzhledem výrazně ovlivnit kulturu prodeje. Ovšem pro široké používání skla jako stavebního materiálu je nutné vytvořit dostatečnou materiální základnu, což závisí na technické vybavenosti našich skláren. Mezi stroje nutné k výrobě stavebního skla patří i stroj na broušení hran tabulí velkých formátů, jehož konstrukční návrh je předmětem této diplomové práce.

Použití výrobku.

Konstruovaný stroj má sloužit k výrobě tabulí o formátu 3 400 x 4 000mm se dvěma obroušenými protilehlými hranami. Opracovávanou plochou je kratší hrana tabule. Tabulí se bude používat pro stavební účely podle západoněmeckého systému "Kamm" k vytváření celoskleněných stěn. Schematické uspořádání tohoto systému je znázorněno na obr. 1.



obr.1

Tabule skla je upnuta v závěsném zařízení a spolu s ní volně zavěšena. Závěsné zařízení dovolu-
je ustavení tabule ve svislém směru. Spodní hrana tabule je vedena v betonové drážce, která je vy-

plněna trvale plastickým tmelem. Takto zavěšené tabule budou uspořádány vedle nebo kolmo k sobě t.zv. "na sráz", což znamená ustavení s minimální vůlí a svislé hrany těchto tabulí budou stmelely speciálním syntetickým průhledným tmelem. Tím vzniká dojem souvislé celoskleněné stěny velkých rozměrů.

Na tabule, používané k tomuto účelu, jsou kladeny tyto požadavky:

- a/ je nutno dodržet kolmost hrany vůči ploše tabule
- b/ je nutno dodržet rovnoběžnost obroušených hran
- c/ vybroušená hrana nesmí být matná.

Broušení a brusné nástroje.

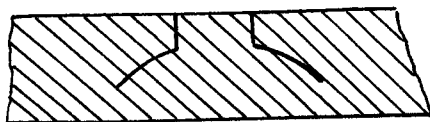
Pro vlastní konstrukci stroje je nutné seznámit se s mechanismem děje broušení a používanými brusnými nástroji, neboť jen na základě rozboru těchto znalostí lze dospět ke zjištění závislosti, které podstatně ovlivňují řezné podmínky při broušení a tím i konstrukční řešení problémů.

Fyzikální podstatou broušení skla je tření ostrých hran brusných zrn po skle. Ovšem způsob

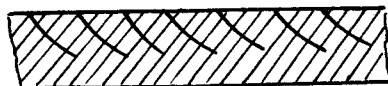
vytváření třísky i vlastní mechanismus pochodu je zde jiný, než při obrábění houževnatých materiálů. Průběh broušení lze v podstatě rozložit na tři elementární mechanické děje, jejichž účinek na broušené sklo je různý. Prvním dějem je vznik měsíčkovité trhliny, která směřuje do hloubky skla a kuželovitě se rozšiřuje /obr.2/. Vzniká při statickém zatížení povrchu skla. Dojde-li ke smýkání zatěžujícího elementu vznikají řetězové trhlinky, které jsou po obvodě provázeny t.zv. kaskádovými trhlínkami. Řetězové trhlinky jsou obráceny konkávní stranou ke směru smýkání /obr.3/. Při odvalování zatěžovacího elementu probíhá pochod obdobný předchozímu s tím rozdílem, že konkávní strana řetězových trhlínek je obrácena opačnou stranou. Další elementární jev vzniká při řezu diamantovým hrotem. Od řezné dráhy elementárního hrotu se šíří dvě podpovrchové trhlínky a jedna středová /obr.4/, které zmenšují pevnost skla a umožňují zlom tabule. Všechny tyto popsané děje probíhají při broušení volným brusivem. Částice brusiva vytvářejí na povrchu soustavu povrchových a podpovrchových poškození, která porušují soudržnost skla. Další brousící zrna snímají

z narušeného povrchu úlomky a odštěpky skla. Brusivo tedy působí dvěma způsoby: jednak mechanicky porušuje soudržnost skla, jednak ubírá kousky skla z povrchu a tím jeho povrch zdrsňuje. Je zřejmé, že vlivem popsaných pochodů se působení brusiva neomezuje pouze na povrch, ale zasahuje též do hloubky skla. Nevzniká tedy pouze reliefní vrstva, kterou lze viditelně sledovat, ale též podpovrchová vrstva záprasková, jež pozorovatelná není /obr.5/. Soudržnost skla je narušena v obou těchto vrstvách.

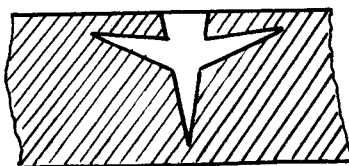
Trochu jiné jsou poměry při broušení vázaným brusivem, neboť zde povrch nástroje reprezentuje seskupení orientovaných ostrých zrn, jejichž řezné hrany se dostávají do styku se sklem. Tvar zrn ovlivňuje drsnost nástroje a tím tedy i účinnost broušení. U těchto nástrojů se v převážné míře uplatňuje řezný účinek zrn, působí tedy jako ostrý diamantový hrot. Dojde-li k otupení hran řezného zrna přechází řezný účinek ve smýkání, čímž se účinnost broušení rapidně zhorší. K odvalování zrn zde dochází pouze při vylomení brusného materiálu z pojiva, toto působení je celkem zanedbatelné. Rozdílné poměry se projevují ve struktuře broušeného povrchu - povrch opracováváný volným



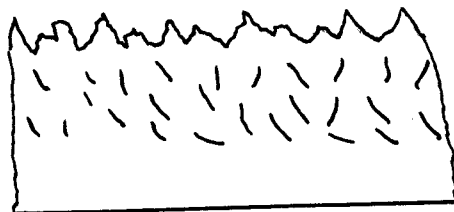
obr.2



obr.3



obr.4



obr.5

brusivem je rovnoměrně zdrsňen, povrch opracovávaný vázaným brusivem nese zřetelně stopy opracování v jednom směru.

Velmi důležitou funkci při těchto mechanických pochodech nese brousící kapalina. Její funkce je jednak mechanická, odplavuje zplodiny broušení a odvádí teplovzniklé tření, jednak fyzikálně chemická, která spočívá ve vnikání kapaliny do mikroskopických trhlin a záprasků a způsobuje hydrolytické botnění, které napomáhá snažšímu vylamování zrn skloviny. Mimo to se vytváří v defektních místech kapalinový film, t.zv. solvátová vrstva, která svými vlastnostmi je blízká pevné látce a způsobuje svojí pružností rozevírání mikroskopických trhlin. Proměřením těchto dějů bylo zjištěno, že největší solvátovou vrstvu tvoří voda, čímž je odůvodněno její použití jako brousící kapaliny.

Z technologických parametrů nejvíce ovlivňují obrus skla a jakost povrchu tlak a rychlost broušení. Při broušení vázaným brusivem je obrus přímo úměrný velikosti tlaku, závislost na rychlosti však lineární není. Existuje určitá optimální rychlost broušení, při níž je obrus maximální. Tento jev

lze vysvětlit tepelnými ději při broušení. Při dosažení určité rychlosti je vývin tepla třením tak značný, že dochází k měknutí a natavování povrchové vrstvičky skla, t.zv. Beilbyho vrstva, tedy křehkost skla se snižuje a tímse snižuje i obrus. Tato optimální rychlost je závislá na tepelném režimu prostředí /teplota chladicí kapaliny/ a na složení skla /ovlivňuje viskozitu/, ale též na tlaku /vývin tepla/ a vlastnostech kotouče, zejména na jeho pórovitosti /odvod tepla/.

Brusné nástroje.

Vzhledem k tomu, že k řešení daného úkolu lze použít pouze vázaného brusiva, zmíním se pouze o užívaných brusivech tohoto typu. Z přírodních brusiv se při broušení uplatňují pouze kotouče z pískovce, jejichž jakost je velmi ovlivněna nalezištěm. Nevýhodou jejich je nestejněměrná tvrdost a zrnitost, kladem jejich láce a jemnost výbrusu. Jejich negativní vlastnosti je však zatlačují a do popředí se dostávají syntetické korundové kotouče. Jejich sortiment je velmi široký, ve sklářství je nejpoužívanější kotouč s keramickou vazbou. Pojivo je směsí živce, jílu, kaolinu a boraxu, na jejichž poměrném zastoupení jsou velmi závislé vlastnosti

kotouče. Tyto kotouče lze vyrábět ve všech zrnitostech, stupních tvrdosti a číslech slohu. Keramická vazba splňuje nejlépe požadavek dokonalého uložení brusného zrna, je však poměrně křehká, což vede k omezení pružnosti a pevnosti a tím k omezení dovolených obvodových rychlostí.

V současné době se začíná hojněji používat nového brusného nástroje - brusných pásů. Výhodou těchto nástrojů je nanášení brusného materiálu elektrostaticky, čímž se docílí dokonalé orientace zrn v tom smyslu, že ostré hrany brusných zrn vyčnívají z pásu a tvoří jeho aktivní povrch. Ve srovnání s brusnými kotouči jsou daleko efektivnějším nástrojem, neboť dovolují daleko ekonomičtěji využívat brusných zrn.

Dalším druhem vázaného brusiva je diamantový bort, který je vázán kovovou vazbou a tato vrstva je nalisována na nosný podklad. Tloušťka vrstvy se pohybuje kolem 3 mm. Tyto nástroje jsou nejúčinnějším druhem vázaného brusiva s velmi dobrou životností. Ovšem i u těchto nástrojů dochází k otupování, přesto že diamant má poměrně ideální vlastnosti z hlediska opotřebení. Má velmi vysokou tvrdost /nejvyšší ze známých materiálů/, jež není

skoro závislá na teplotě, velmi vysoký bod tavení /3 700°C/, malý koeficient tření a malou adhesi k jiným materiálům. K otupování diamantu při broušení skla nedochází brusným otěrem /velký rozdíl tvrdosti/, ani otěrem adhesním nebo difusním.

I když dojde k adhesi mezi diamantem a obráběným materiálem je pravděpodobnost odtržení částic diamantu s ohledem na jeho tvrdost velmi malá. Příčinu otupování lze při vysokých řezných rychlostech vysvětlit křehkým a plastickým rozrušováním mikroskopických povrchových vrstev diamantu na jeho stykových plochách s opracovávaným materiálem. K tomuto ději dochází v důsledku zahřívání tenkých povrchových vrstev stykových míst, což vzhledem k malé tepelné vodivosti diamantu vede k vytváření vysokých napětí v této vrstvě. Relativně malý otěr diamantu a malý koeficient tření umožňují dosáhnout obrobení plochy s velmi malou drsností.

Na základě uvedeného rozboru jsem se rozhodl užít jako řezného nástroje kotouče s diamantovou aktivní vrstvou, neboť jeho výborné řezné schopnosti plně kompenzují jeho vysokou pořizovací cenu. Počítám s použitím kotoučů s kovovou vazbou o zrnitosti 300 μ .

Optimální řezné podmínky.

Z rozboru uvedeného v předešlé stati vyplývá, že určit optimální řezné podmínky teoreticky je téměř neuskutečnitelné, neboť proces broušení skla je závislý na řadě vlivů. Pokusím se některé analyzovat. Uvedu nejprve závislosti ovlivňující drsnost broušeného povrchu. Je zřejmé, že velký vliv na drsnost získaného povrchu má zrnitost brusného kotouče. Experimentálně bylo zjištěno, že závislost jakosti povrchu na zrnitosti kotouče je lineární a lze ji popsat rovnicí $h = k \times D$, kde h je drsnost povrchu, k - konstanta závislá na druhu brusiva a D - průměr největších zrn základní frakce. Rovněž závislost obrusu skla na tlaku je lineární pro konstantní rychlost broušení. Závislost obrusu na rychlosti broušení, jak již bylo dříve popsáno, lineární není. Zdůvodnění existence optimální rychlosti broušení bylo již podáno. Rovněž závislost obrusu na zrnitosti lze považovat v jistém přiblížení za lineární. Dále bych se chtěl zmínit o existenci závislosti drsnosti povrchu na rychlosti broušení, na rychlosti posuvu, na velikosti tlaku. Rovněž lze uvést závislost optimální řezné rychlosti na složení skla, a na teplotě chladicí vody. Všechny tyto

závislosti kromě uvedených vyjímek mají obecný průběh a lze je určit pouze experimentálně. Určení těchto závislostí, mnohdy protichůdných, a vyhodnocení optimálních řezných podmínek z jejich průběhu se svým rozsahem a časovou náročností zcela vymyká rámci této práce. Z těchto důvodů se mohu omezit pouze na některé údaje uváděné v literatuře. Uvádím hodnoty udávané pro diamantové kotouče, neboť pro jeho použití jsem se při konstrukci stroje rozhodl. Doporučená obvodová rychlost pro broušení skla udávaná belgickou firmou Diamant Boart je 20 - 30m/sec. Tlak udávaný tímtož výrobcem se pohybuje v rozmezí 1 - 1,5 kp/cm². Velikost pracovního posuvu je velmi závislá na konstrukci stroje a udávané hodnoty se pohybují v rozmezí 20 - 300 cm/min, se zřejmou závislostí na počtu brusných jednotek a síle broušené tabule. Těmto podmínkám jsem se tedy snažil přizpůsobit konstrukci stroje, u něhož jedinou neproměnnou veličinou jsou otáčky motorů brusných jednotek, velikost tlaku lze regulovat velikostí úběru /přímá závislost/ a rychlost posuvu je provedena jako plynule měnitelná v rozmezí 20 - 80 cm/min pro uvažované seřízení stroje.

Současný stav užívané techniky.

Současná výroba skla s opracovanými hranami se provádí převážně ručně na brusných válcích nebo bruskách s profilovanými kotouči. V provozu je též několik poloautomatů zahraniční konstrukce, ovšem všechna tato zařízení zpracovávají pouze malé formáty tabulí. V naší republice neexistuje v současné době zařízení, které by realizovalo sledovanou výrobu. Techniku opracování hran velkých tabulí je možno sledovat pouze v zahraniční firemní literatuře. Stroje zde uváděné je možno rozdělit dle několika kritérií, z nichž jsem zvolil polohu tabule při opracování. Za použití tohoto kritéria lze stroje rozdělit do dvou skupin:

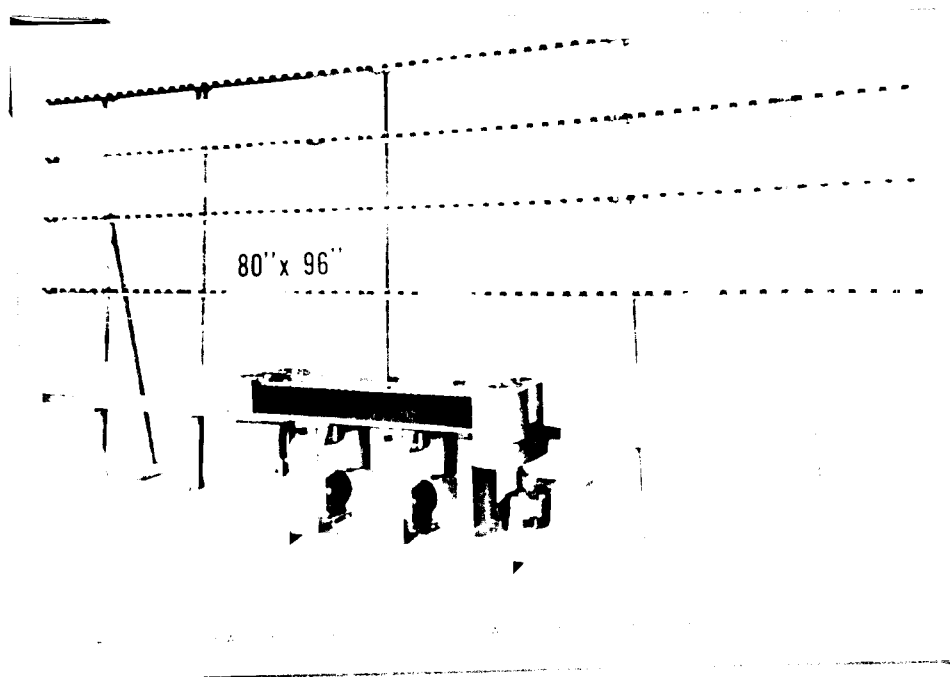
a/ s vertikálním umístěním tabule

b/ s horizontálním umístěním tabule

Popíši nyní jednotlivé konstrukční typy podrobněji.

ad a/ principiální uspořádání stroje je na obr.6.

Stroje jsou konstruovány jako vícevřetenové, počet brusných jednotek se pohybuje od 2 - 12. Tabule jsou umístěny ve vertikální poloze na konveyeru, jejich posuv je realizován jednak pohybem nosné části, jednak příchytkami vedenými na opěrném rámu tabule a taženými řetězem.



obr.6

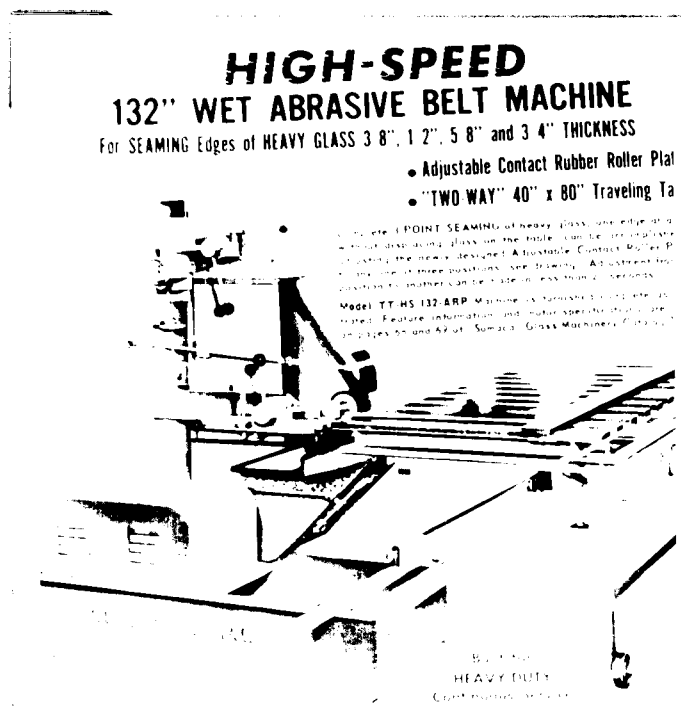
Příchytky jsou konstruovány tak, že je umožněno jejich nasazení na řetěz v kterémkoliv místě, čímž je zajištěna univerzálnost stroje pro broušení různých formátů tabulí. Konstrukce novější nepoužívá posuv příchýtkami, ale v pracovní části jsou umístěny článkovité gumové pásy, které svým pohybem při přilnutí k tabuli realizují pracovní posuv. /obr.6/. Potřebný přítlak tabule k brusnému nástroji je její vlastní vahou. Do jednoho strojního zařízení bývá instalovány zároveň lešticí jednotky, takže odpadá již další technologická operace. Rychlost posuvu a tím vlastně produkce stroje je závislá na počtu

brusných jednotek a síle broušeného skla. Stroje v tomto konstrukčním provedení jsou v zahraničí používány do rozměru tabulí 3 000 x 3 000mm.

a) b/ konstrukce těchto strojů je založena na několika principech. Liší se jednak používaným brusným nástrojem, jednak způsobem pracovního posuvu. V podstatě je lze rozdělit na stroje používající brusné kotouče a stroje používající nekonečné pásy.

Stroje s brusnými pásy.

Principiální uspořádání stroje je na obr.7



obr.7

Stroje používající tohoto nástroje jsou v zahraničí instalovány pro broušení okrajů skleniček, lahví, tabulí a různých užitkových předmětů, u nichž je potřeba docílit kolmé nebo zaoblené hrany. Broušení je možno provádět dvojím způsobem:

1/ broušení v nepodpírané části pásu

2/ broušení s kontaktním podkladovým blokem.

Způsobem uvedeným pod bodem 1/ není třeba se hlouběji zabývat, neboť je vhodný pouze pro broušení libovolně zaoblených hran. Způsob uvedený pod bodem 2/ lze s výhodou použít pro broušení hran rovinných i různě zakřivených. Brusná jednotka je stacionární a pracovní postup je realizován pohybem manipulačního stolu s upnutou tabulí.

Stroje s brusnými kotouči.

Principiální schema stroje je shodné s navrhovaným konstrukčním řešením problému a bude uvedeno později. Stroje jsou konstruovány s pevným manipulačním stolem, na němž je zároveň instalováno upínací zařízení, založené na principu přisátí tabule. Brusné nástroje jsou uloženy na suportu, který se pohybuje ve vedení na pevném loži podél opracovávané hrany. Vhodným umístěním kotoučů lze provádět jak broušení kolmé hrany tak i broušení hran zkosených.

Zhodnocení uvedených konstrukcí.

U strojů používajících vertikálního umístění tabule lze jako jejich výhodu uvést malou zastavěnou plochu, značnou produkci při užití vícevřetenových strojů a možnost zvětšování brusných délek bez velkých nákladů prodloužením nosné a opěrné konstrukce stroje. Jako záporné vlastnosti lze uvést pohyb velké hmoty tabule, velké měrné tlaky působící na posuvový mechanismus, obtížnou manipulaci s tabulí ve svislém směru a možnost brousit pouze jeden tvar hrany pro užití osazení nástroji.

Stroje používající brusných pásů lze hodnotit takto: jako výhodná se jeví schopnost stroje, pohybem přestavením kontaktního bloku ve vertikálním směru možnost brousit hrany různě zkosené. Jako zápory lze uvést pohyb velké hmoty manipulačního stolu s upnutou tabulí a velkou zástavnou plochu vzhledem k posuvu celého stolu. Pro tyto nevýhodné vlastnosti je stroj vhodný pouze pro broušení tabulí menších formátů.

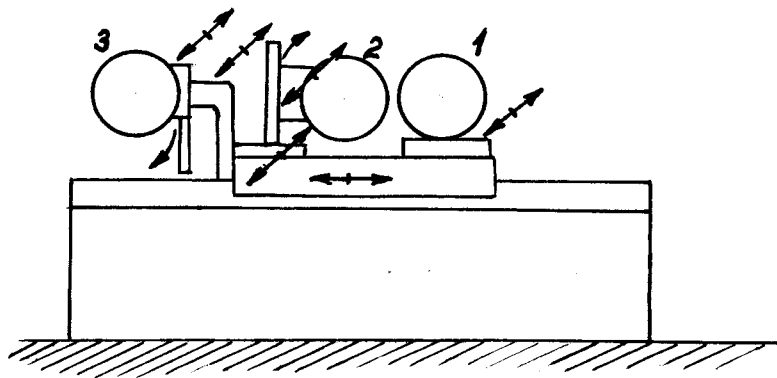
Stroje používající brusných kotoučů s horizontální polohou tabule se mi jeví jako nejvýhodnější konstrukční řešení vzhledem k těmto vlastnostem: vhodným konstrukčním uspořádáním brusných jednotek

lze dosáhnout univerzálnosti stroje v tom smyslu, že je možno brousit hrany kolmé i různě zkosené, pohybuje se zde oproti dříve uvedeným alternativám poměrně malá hmota suportu, brusná délka je závislá pouze na délce vedení suportu a vhodnou konstrukcí manipulačního stolu je možnost jeho zařazení do dopravní linky.

Na základě provedeného hodnocení jsem se rozhodl konstrukčně řešit alternativu stroje s brusnými kotouči a horizontálním umístěním tabule.

Popis konstrukce stroje.

Principiální schema:



obr.8

Celkové uspořádání stroje je na výkrese DP-SS-22-67-1. Hlavními konstrukčními celky navrženého stroje jsou: podstavec, vedení suportu, suport a posuvové zařízení. Při konstrukčním řešení stroje je předpokládána existence manipulačního stolu s upínacím zařízením a to buď vakuovým nebo mechanickým. Mezi jeho konstrukcí a navrhovaný stroj je počítáno s umístěním sběrné vany pro odtékající chladicí kapalinu.

Popis hlavních konstrukčních celků.

Při konstrukci podstavce je nutno u strojů tohoto charakteru přihlížet ke statické a dynamické

tuhosti. Statická tuhost je závislá na velikosti momentu setrvačnosti konstrukce, dynamická tuhost potom na velikosti její vlastní frekvence. Dynamická tuhost roste se zvyšováním vlastní frekvence, čehož lze dosáhnout zmenšováním hmoty konstrukce. Je tedy vhodné užít konstrukce komůrkového typu, která je výhodná pro svoji vysokou dynamickou i statickou tuhost a velkou úsporu váhy konstrukce. Navržená konstrukce je svařena z komůrek o velikosti 670 x 650 x 500, vytvořených svařením plechu o tloušťce 5 mm. Na tuto konstrukci je připevněno vedení. Je vyrobeno z klasického materiálu pro stavbu obráběcích strojů, šedé litiny. Je tvořeno dvěma bočnicemi s opracovanými vodicími plochami, z nichž jedna je plochá a druhá prizmatická. Tuhost vedení zvyšují šikmá žebra mezi bočnicemi. Připevnění k podstavci je provedeno závrtnými šrouby a pro vymezení polohy při montáži je použito kolíků. Konstrukční výška tohoto vedení je nutná s ohledem na sklápění jedné brusné jednotky mezi vodicí plochu. Po tomto vedení se pohybuje suport, jež je vlastním pracovním zařízením. Jeho konstrukční uspořádání je na výkrese DP-SS-22-67-2. Na základové desce suportu jsou pohyblivě uloženy tři brusné jednotky, které

jsou tvořeny třemi elektromotory, na jejichž hřídelích jsou na přírubě upevněny brusné kotouče. Navrženého upevnění bylo užito se zřetelem na snadnou montáž a demontáž kotouče. Motory jsou upevněny každý zvlášť na podkladové desce, která je vedena v rybinovém vedení. Při návrhu všech těchto vedení bylo přihlédnuto k doporučené hodnotě délky k šířce $l/b = 1,3$, při níž již nedochází k přičení vedení. Jednotka 1 /dle označení na schématu/ je posuvně vedena pouze na základové desce suportu ve směru přísvuvu. Konstruktivní uspořádání jednotek 2 a 3 je odlišné. Tyto jednotky jsou podkladovou deskou motoru uloženy ve vedení otoče upevněné na čepu, kterou je možno naklápět v rozmezí $0 - 50^\circ$ u jednotky 2 vzhůru, u jednotky 3 dolů po vertikálním kruhovém vedení. Zmíněné kruhové vedení je ještě vedeno ve směru přísvuvu u jednotky 2 na základové desce suportu, u jednotky 3 na upevňovací desce. K tomuto konstrukčnímu uspořádání mě vedla snaha po universálnosti stroje, neboť tímto řešením lze kromě klínových hran brousit též hrany zkosené až do úhlu 40° vůči ploše tabule. Vedení celé otočné jednotky po základové desce suportu umožňuje ustavit při broušení zkosené

hrany stykové místo brusného kotouče s broušenou tabulí co nejbližše jeho středu. Posuv brusných jednotek ve všech vedeních je proveden ruční kličkou upevněnou na letmo uloženém pohybovém šroubu. Letmého uložení bylo použito z důvodu snadné montáže. Délka posuvu ve všech vedeních je vymezena pojistnými kroužky na pohybovém šroubu, aby se zabránilo havarijní situaci. Zafixování polohy otoče u sklopné jednotky ve zvolené natočené poloze je zajištěno upínacím šroubem. Pro přívod chladicí kapaliny do místa řezu je suport vybaven přípojku s rozváděcími hadicemi do tří trysek, které dodávají chladicí kapalinu na exponovanou plochu. Trysky jsou umístěny tak, aby dodávaly chladicí kapalinu na kotouč a stykové místo s tabulí ze spodu. Tímto uspořádáním lze zabránit přílišnému rozlévání chladicí kapaliny po ploše tabule. Ovšem je nutno, aby tomuto uspořádání byl také upraven směr otáčení brusných kotoučů. Toto umístění zajišťuje chlazení v místě řezného styku plochy kotouče, která přichází první do řezu. Druhá plocha, která přichází do styku s tabulí vlivem pružnosti kotouče a tudíž nenesou hlavní řezné namáhání, je chlazená pouze ostřikem. Přívod chladicí kapaliny

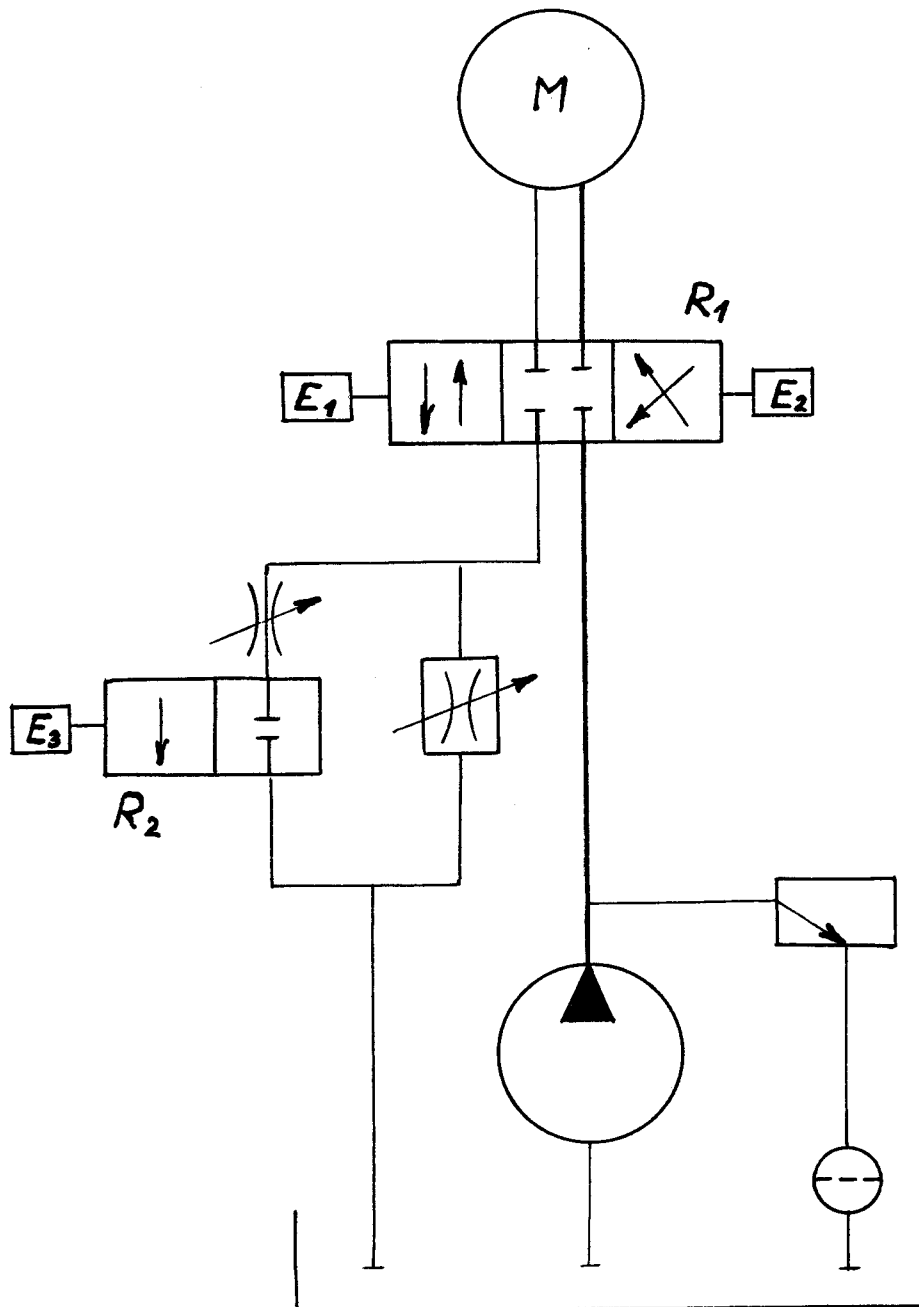
lze řešit dle podmínek buď přímým napojením přípojky hadicí na rozvod užitkové vody, nebo instalací malého čerpadla přímo na suportu a nasáváním vody ze sběrné vany.

Pohyb suportu je odvozen od vodícího šroubu pomocí pohybové matice pevně spojené se suportem. Vodící šroub je uložen ve dvou radiálních ložiscích na vnější straně vedení a jeho pohon je proveden hydromotorem JHMA-1-4 přes dilatační spojku. Pohon hydromotoru je zajištěn přes ovládací prvky z hydraulického agregátu IHA-2, který je umístěn mimo konstrukci stroje a nebudí tedy v konstrukci žádné kmity. Stroj je vybaven kromě pracovního posuvu, který je plynule regulovatelný též rychloposuvem a to v obou směrech pohybu. Rovněž jeho rychlost je regulovatelná do maximální hodnoty 240 cm/min. Ovládání stroje je elektrické pomocí tlačítek. Koncové spínače stavitelné v T drážce na vedení suportu dovolují libovolně vymezovat délku posuvu, čehož lze použít při broušení různých formátů tabulí.

Popis hydraulického obvodu.

Schema hydraulického obvodu je na obr.9. Obvod se skládá ze zdroje tlakové kapaliny, jímž je samostatný hydraulický agregát IHA-2, třípolohového

Hydraulické schema:



obr.9

rozvaděče RSPe-43, dvoupolohového rozvaděče RSPe-22, hydromotoru JHMA-1-4, regulačního ventilu se stabilizací JHRMs-10 a regulačního ventilu JHRM-10. Ovládací prvky obvodu jsou zařazeny v odpadní větvi, čímž odpadá použití pojišťovacího ventilu, neboť jeho funkci přejímá přepouštěcí ventil zabudovaný na IHA-2. Oba použité rozvaděče jsou ovládány elektricky. Třípolohový rozvaděč slouží ke změně směru otáčení motoru a tím i ke změně směru posuvu suportu, pomocí dvoupolohového rozvaděče se zapojuje okruh rychloposuvu. Oba regulační ventily slouží k plynulé regulaci rychlosti jak pracovního posuvu tak rychloposuvu. Regulace posuvu při pracovním pohybu je prováděna ventilem JHRMs-10, jehož použitím se dosáhne konstantní rychlosti pohybu nezávisle na zatížení hydromotoru.

Pracovní proces.

Po stisknutí ovládacího tlačítka pracovního posuvu je rozvaděč R_1 přestaven do polohy I a nastává pracovní pohyb. Rozvaděč R_2 je v uzavřené poloze. Po dojetí suportu do vzdálenosti určené polohou koncového spínače K_1 je přerušen elektrický obvod a rozvaděč R_1 se vrátí do střední polohy. Tím se posuv suportu zastaví. Při opětovném stisknutí tla-

čítka se R_1 přestaví do polohy II a nastává pohyb zpět, který je ukončen koncovým spínačem K_2 . Tlačítka rychloposuvu jsou současně přestaveny R_1 /poloha dle zvoleného tlačítka/ a R_2 . Přestavení R_1 a R_2 zpět do výchozí polohy nastane po odlehčení tlačítka rychloposuvu.

Technické parametry užitých prvků.

IHA-2

$$Q = 8 \text{ l/min}$$

$$p_{\max} = 30 \text{ kp/cm}^2$$

$$\text{výkon elektromotoru: } 0,75 \text{ kW}$$

JHMA-1-4

$$n_{\min} = 6 \text{ ot/min}$$

$$n_{\max} = 2200 \text{ ot/min}$$

$$M_k = 1 \text{ kpm /při } 40 \text{ atp/}$$

$$N = 2 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{teor}} = 17,75 \text{ cm}^3/\text{ot}$$

RSPE-22

$$\text{jmen. průtok: } 10 \text{ l/min}$$

RSPE-43

$$p_{\max} = 63 \text{ kp/cm}^2$$

$$\text{provoz. napětí: } 220 \text{ V/50 Hz}$$

JHRMs-10

$$Q_{\max} = 10 \text{ l/min}$$

$$Q_{\min} = 0,07 \text{ l/min}$$

$$p_{\max} = 63 \text{ kp/cm}^2$$

JHRM-10

$$Q_{\max} = 8 \text{ l/min /pro } p = 2 \text{ kp/cm}^2/$$

$$p_{\max} = 100 \text{ kp/cm}^2$$

Popis ovládacího obvodu stroje.

Schema ovládacího obvodu stroje je na obr.10. Ovládací obvod je sestaven ze tří tlačítek TS, čtyř koncových spinačů KSS, a dvou pomocných relé RP-60.

Pracovní proces.

Vycházíme z polohy, kdy K_2 je stlačen. Stisknutím tlačítka Tl_1 se uzavírá proudový okruh přes K_1 , cívka $Re-1$ je pod proudem a přitáhne kotvu, která sepne kontakty $Re-1-1$ /mají pouze přídržnou funkci/ a $Re-1-2$, čímž se uzavřel obvod přes $Re-1$, $Re-1-1$, K_1 , $Re-2-2$, $Re-1-2$ a E_1 . Elektromagnet E_1 přestaví rozvaděč do polohy I a dochází k pohybu suportu. V poloze určené K_1 se suport zastaví, neboť stlačním K_1 se přeruší obvod, $Re-1-1$ rozepne a ke zpětnému pohybu je nutno opět stlačit Tl_1 . Po jeho stlačení se obvod uzavírá přes $Re-1$, $Re-2$, K_1-2 , K_2 , $Re-2-3$, a E_2 . Elektromagnet E_2 přestaví rozvaděč do polohy II. Obvod $Re-1$, $Re-1-1$, $Re-2$, $Re-2-1$, K_2 , $Re-2-2$, $Re-1-2$, E_1 je rozepnut, neboť přitážením kotvy $Re-2$ se rozpojí kontakty $Re-2-2$. Suport se pohybuje zpět až do stisknutí K_2 , jehož stlačněním se rozpojí obvod a suport se zastaví. Po stisknutí

Tl₁ se celý cyklus opakuje. Tlačítka Tl₂ a Tl₃ ovládají rychloposuv, každé v jednom směru. Obvod rychloposuvu je nezávislý na poloze suportu a je pod proudem pouze po dobu stisknutí tlačítka. Koncové polohy pohybu jsou zajištěny pevně zabudovanými K₃ a K₄ na koncích vedení suportu.

Technické parametry užitých prvků.

Tlačítka TS různé kombinace

výrobce CHirana Chotutice

Pomocná relé RP-60

provozní napětí 220 V/50 Hz

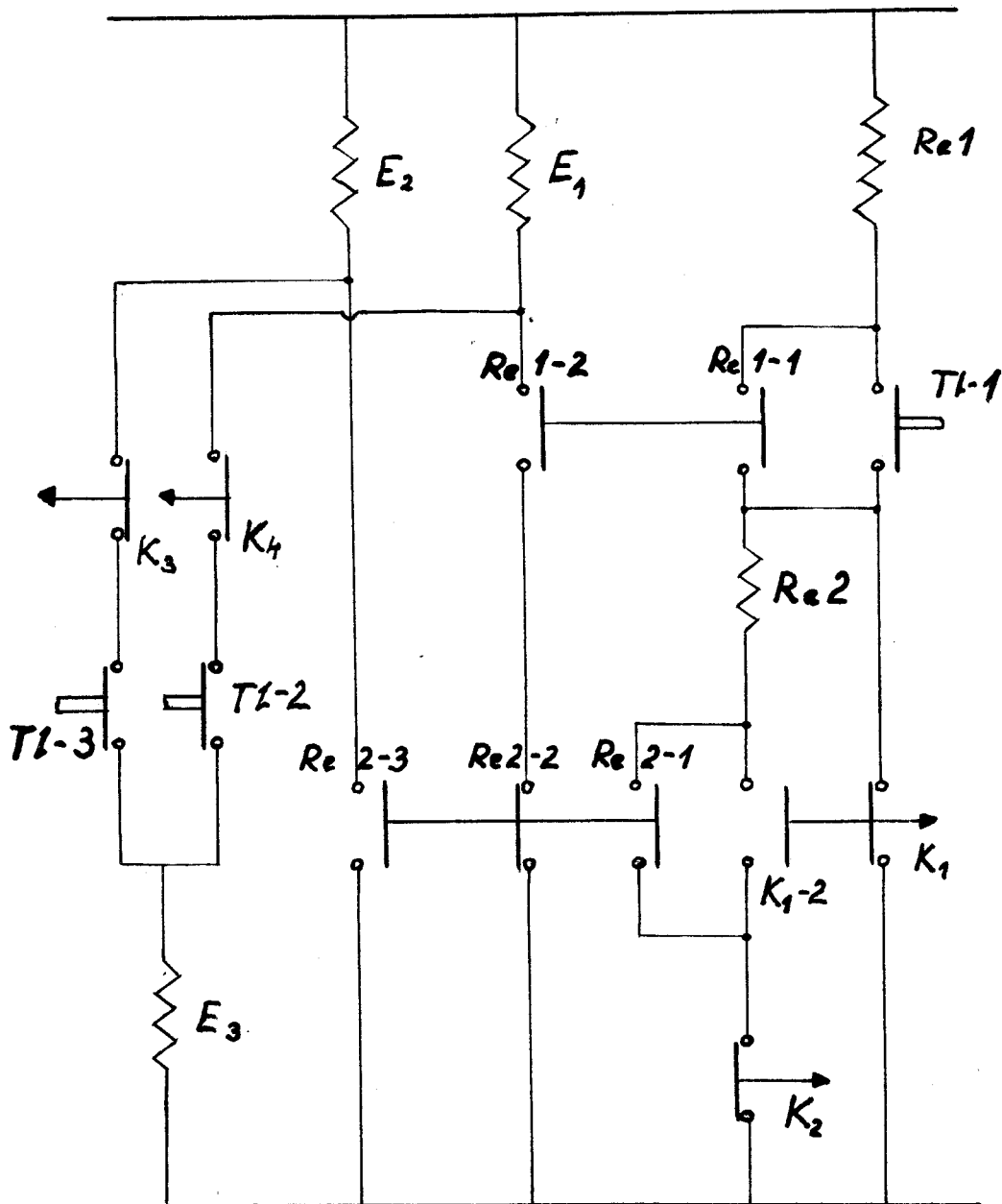
trvalý proud 6 A

výrobce ZPA Trutnov

Koncové spínače KSS

různé kombinace

výrobce CHirana Chotutice



obr.10

Výpočtová část.

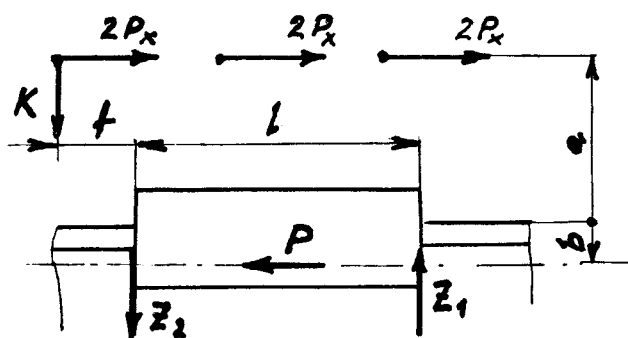
Síly působící na suport.

K určení silových poměrů na suportu, které je potřeba znát provýpočet výkonu posuvového zařízení, je nutno uvažovat složky řezného odporu. Velikost těchto složek je volena dle orientačního měření provedeného laboratoří KOO a to takto:

$p = 1,5 \text{ kp/cm}^2$. . . styková plocha kotouče $F = s \cdot t$,
kde s je tloušťka tabule,
a t šířka aktivní plochy kotouče
 $F = 1,2 \cdot 1 = 1,2 \text{ cm}^2$

$$P_y = F \cdot p = 1,2 \cdot 1,5 = 1,8 \text{ kp}$$

$$P_x = 10 \text{ kp} \text{ . . . dle výsledku měření}$$



$$a = 170$$

$$b = 35$$

$$f = 10$$

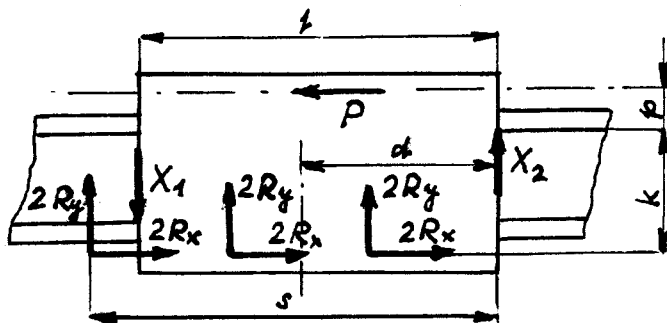
$$l = 585$$

$$6 \cdot P_x - P = 0$$

$$Z_1 - Z_2 - K = 0$$

$$Z_1 \cdot l = 6 \cdot P_x \cdot a + P \cdot b - K \cdot f$$

$$Z_1 = \frac{6 \cdot 10 \cdot 170 + 60 \cdot 35 - 30 \cdot 10}{585} = 14,35 \text{ kp}$$



$$d = 220$$

$$p = 100$$

$$k = 310$$

$$l = 585$$

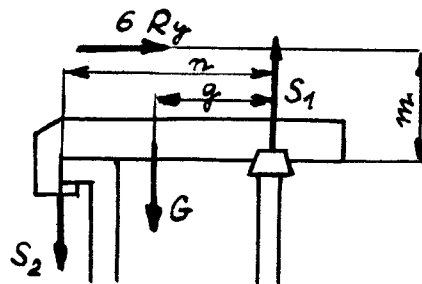
$$s = 820$$

$$6 \cdot P_x - P = 0$$

$$6 \cdot P_y - X_1 + X_2 = 0$$

$$6 \cdot R_x \cdot k + P \cdot p = X_1 \cdot l - 2 \cdot R_y \cdot s - 4 \cdot R_y \cdot d = 0$$

$$X_1 = \frac{6 \cdot 10 \cdot 310 + 6 \cdot 10 \cdot 100 - 2 \cdot 1,8 \cdot 820 - 4 \cdot 1,8 \cdot 220}{585} = 34,4 \text{ kp}$$



$$g = 260$$

$$m = 150$$

$$n = 390$$

$$G + S_1 - S_2 = 0$$

$$G \cdot g + S_1 \cdot n - R_y \cdot m = 0$$

$$S_1 = \frac{6 \cdot 1,8 \cdot 150 - 150 \cdot 260}{390} = 96 \text{ kp}$$

$$S_2 = 150 - 96 = 54 \text{ kp}$$

Síly působící kolmo k ose prizmatického vedení lze zanedbat, neboť neovlivní výslednou pohybovou sílu.

Síla nutná k překonání třecích a pracovních odporů.

$$Q = Z_1 + Z_2 + X_1 + S_1 + \frac{S_2}{\sin \alpha} \cdot f + P$$

$$Q = 28,7 + 34,3 + 96 + 2,54 / 0,1 + 60 = 88 \text{ kp}$$

Tuto sílu je nutno vyvodit pohybovým šroubem pro pohon suportu.

Volím šroub Tr 40.7

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t}{\pi \cdot D} = \frac{7}{3,14 \cdot 36,5} = 0,0614 \quad \alpha = 3^{\circ} 30'$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,15 \quad \varphi = 8^{\circ} 45'$$

Síla na šroubu.

$$P = Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) = 88 \cdot \operatorname{tg}(3^{\circ} 30' + 8^{\circ} 45') = 19,1 \text{ kp}$$

Krouticí moment na šroubu.

$$M_k = P \cdot \frac{D}{2} = 19,1 \cdot 18,25 = 35 \text{ kpcm}$$

Vzhledem k velké délce pohybového šroubu je nutno provést jeho kontrolu na vzpěr.

$$P_{\text{krit}} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot J}{l^2} = \frac{2 \cdot 3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 8,74}{570^2} = 12,5 \cdot 10^2 \text{ kp}$$

$$J = \frac{\pi \cdot D^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 3,65^4}{64} = 8,74 \text{ cm}^4$$

Volím bezpečnost $s=5$

$$P_{\text{dov}} = \frac{P_{\text{krit}}}{s} = \frac{12,5 \cdot 10^2}{5} = 250 \text{ kp}$$

$$s' = \frac{P_{\text{dov}}}{Q} = \frac{250}{88} = 2,8$$

Zvolený šroub namáhání vyhovuje.

Délka pohybové matice.

Pohybovou matici je nutno volit tak, aby hodnota tlaku v závitech dosahovala maximálně $p=1,5 \text{ kp/mm}^2$.

$$Q=p \cdot v_n \cdot z$$

$$z = \frac{Q}{v_n \cdot p} = \frac{88}{3 \cdot 1,5} = 19,7 \text{ závitu}$$

$$l = z \cdot t = 19,7 \cdot 7 = 13,8 \text{ cm}$$

Jelikož jsem zvolil délku matice $l=220 \text{ mm}$ budou tlakové podmínky výhodnější než kritická hodnota.

Výpočet hydraulického obvodu.

Jelikož nelze zvolit přesně pracovní posuv volím jej v rozmezí $s_p=20-80 \text{ cm/min}$. Pro univerzálnější použití vybavuji stroj ještě rychloposuvem o rychlosti $s_r=240 \text{ cm/min}$.

Množství dodávané kapaliny při s_p .

$$n_{\max} = \frac{s_{p \max}}{t} = \frac{80}{0,7} = 114,5 \text{ ot/min}$$

$$Q_p = Q_{\text{teor}} \cdot n_{p \max} = 17,75 \cdot 114,5 = 2020 \text{ cm}^3/\text{min} = 2,02 \text{ l/min}$$

Množství dodávané kapaliny při s_r .

$$n_r = \frac{s_r}{t} = \frac{240}{0,7} = 330 \text{ ot/min}$$

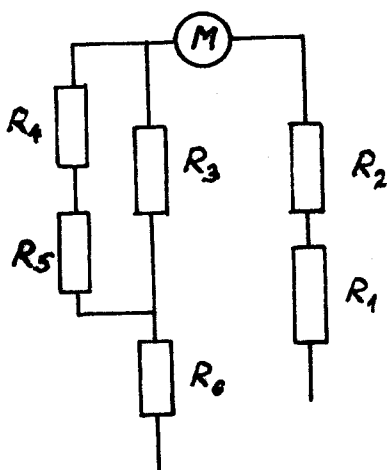
$$Q_r = Q_{\text{teor}} \cdot n_r = 17,75 \cdot 330 = 5850 \text{ cm}^3/\text{min} = 5,85 \text{ l/min}$$

Přepočet pracovního tlaku.

$$p = \frac{M_k}{M_k \cdot 40} \cdot p_{40} = \frac{0,35}{1} \cdot 40 = 16 \text{ atp}$$

Na základě tohoto výpočtu byl určen k pohonu stroje hydraulický agregát IHA-2.

Kontrolní výpočet hydraulického obvodu.



- R_1 .. odpor v přívodu
- R_2 .. odpor rozvaděče
- R_3 .. odpor JHRMs-10
- R_4 .. odpor JHRM -10
- R_5 .. odpor rozvaděče
- R_6 .. odpory v odpadu

Jako tlakovou kapalinu volím olej T3 dle ČSN 656620 o viskozitě $3,5-4^{\circ}E$ při $50^{\circ}C$

$$v = 0,0731^{\circ}E - \frac{0,0631}{^{\circ}E} = 0,0721 \cdot 4 - \frac{0,0631}{4} = 0,274 \text{ cm}^2/\text{sec}$$

Rychlost kapaliny.

$$w = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{6000 \cdot 4}{\pi \cdot 1^2} = 7650 \text{ cm/min} = 12,7 \text{ m/sec}$$

$$Re = \frac{w \cdot d}{v} = \frac{1270 \cdot 1}{0,274} = 4650 > 2300$$

Jedná se tedy o proudění turbulentní, při čemž

pro hydraulický odpor potrubí platí vztah:

$$R = 3,92 \cdot 10^{-6} \cdot \nu^{0,25} \cdot l \cdot \frac{1}{Q^{0,25} \cdot d^{4,75}}, \text{ kde } l \text{ značí}$$

délku potrubí, Q průtočné množství v cm^3/sec
a d průměr potrubí.

Výpočet hydraulických odporů.

Pro výpočet odporu potrubí uvažuji délku přívodu
i odpadu stejnou a to 1 m.

$$R_1 = R_5 = 3,92 \cdot 10^{-6} \cdot 0,274^{0,25} \cdot 100 \cdot \frac{1}{100^{0,25} \cdot 1^{4,75}} =$$
$$= 9 \cdot 10^{-6} \text{ kp} \cdot \text{sec}^2 \cdot \text{cm}^{-8}$$

$$R_2 = R_5 = 2,152 \cdot 10^{-6} \text{ kp} \cdot \text{sec}^2 \cdot \text{cm}^{-8}$$

$$R_3 = R_4 = \frac{\Delta p}{Q^2} = \frac{2}{100^2} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ kp} \cdot \text{sec}^2 \cdot \text{cm}^{-8}$$

Tlakové ztráty.

$$p_{z1} = Q^2 \cdot \sum_{i=1}^2 p_i = 100^2 \cdot (9 \cdot 10^{-5} + 2,152 \cdot 10^{-6}) = 0,921 \text{ kp/cm}^2$$

Jelikož zapojení odporů R_3 , R_4 , R_5 je paralelní
je nutno jejich výsledný odpor určit z převrácených
hodnot.

$$\frac{1}{R_c} = \frac{1}{R_4 + R_5} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-4} + 2,152 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{2 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= 0,995 \cdot 10^4$$

$$R_c = \frac{1}{0,995} \cdot 10^{-4} = 1,05 \cdot 10^{-4} \text{ kp} \cdot \text{sec}^2 \cdot \text{cm}^{-8}$$

Celkový odpor v odpadní větvi je potom

$$R_0 = R_c + R_g = 1,05 \cdot 10^{-4} + 9 \cdot 10^{-5} = 1,95 \cdot 10^{-4} \text{ kp} \cdot \text{sec}^2 \cdot \text{cm}^{-8}$$

$$p_{z2} = Q^2 \cdot R_0 = 100^2 \cdot 1,95 \cdot 10^{-4} = 1,95 \text{ kp/cm}^2$$

Celková tlaková ztráta.

$$p_{zc} = 1,95 + 0,921 = 2,871 \text{ kp/cm}^2$$

Celková účinnost obvodu.

Celkovou účinnost lze vyjádřit vztahem:

$$\eta_c = \eta_m \cdot \eta_r \cdot \eta_\xi \cdot \eta_h, \text{ kde účinnost motoru } \eta_m = 0,96$$

účinnost rozvaděče $\eta_r = 0,995$

účinnost čerpadla $\eta_\xi = 0,7$

pro η_h platí vztah

$$\eta_h = 1 - \frac{p_{zc}}{p_\xi} = 1 - \frac{2,871}{16} = 0,82$$

$$\eta_c = 0,96 \cdot 0,995 \cdot 0,7 \cdot 0,82 = 0,58$$

Množství tepla vznikající v obvodu.

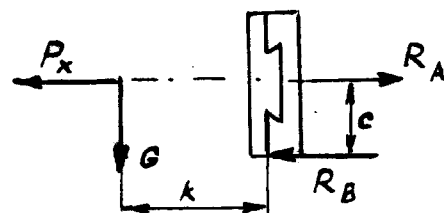
$Q = N_p \cdot (1 - \eta_c) / 0,860$, kde N_p značí příkon obvodu v kW

$$Q = 0,75 \cdot (1 - 0,58) / 0,860 = 0,27 \text{ kcal/hod.}$$

Silové poměry v posuvných vedeních brusných jednotek.

Pro zjednodušení výpočtu je nutno uvažovat pouze bodový styk ve vedení. Vzhledem k tomu, že způsob výpočtu ve všech pěti vedeních brusných jednotek je téměř shodný zaměříme se na silové poměry pouze ve dvou nejexponovanějších případech. Vliv sil kolmých k ose vedení je zanedbán, neboť neovlivní velikost potřebné síly k realizaci posuvu.

Vedení jednotky 3 na upevňovací desce.



$$G = 25 \text{ kp}$$

$$P_x = 20 \text{ kp}$$

$$c = 50$$

$$k = 120$$

$$\beta = 30^\circ$$

$$P_x + R_a + R_b = 0$$

$$P_x \cdot c + G \cdot k - R_a \cdot c = 0$$

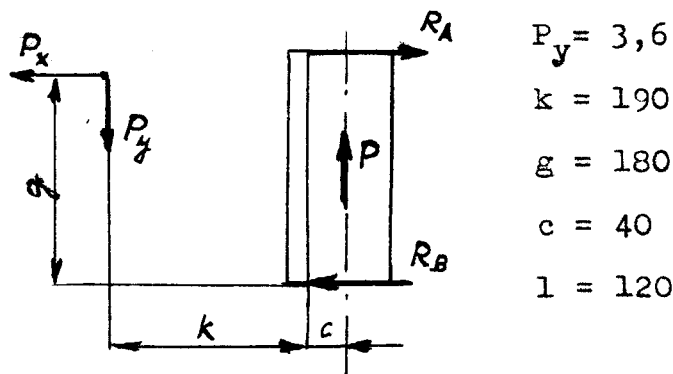
$$R_a = G \cdot \frac{k}{c} + P_x = 25 \cdot \frac{120}{50} + 20 = 80 \text{ kp}$$

$$R_b = R_a - P_x = 60 \text{ kp}$$

Třecí síly.

$$T_1 = R_a \cdot \frac{f}{\sin \beta} = 80 \cdot \frac{0,15}{0,5} = 24 \text{ kp}$$

$$T_2 = R_b \cdot f = 60 \cdot 0,15 = 9 \text{ kp}$$



$$P_y = 3,6$$

$$k = 190$$

$$g = 180$$

$$c = 40$$

$$l = 120$$

$$P_y - P = 0$$

$$P_x - R_a + R_b = 0$$

$$P_y \cdot k + P \cdot c + P_x \cdot g - R_a \cdot l = 0$$

$$R_a = \frac{3,6 \cdot 190 + 3,6 \cdot 40 + 20 \cdot 180}{120} = 83,3 \text{ kp}$$

$$R_b = R_a - R_x = 83,3 - 20 = 63,3 \text{ kp}$$

Třecí síly.

$$T_3 = R_a \cdot \frac{f}{\sin \alpha} = 83,3 \cdot \frac{0,15}{0,5} = 25 \text{ kp}$$

$$T_4 = R_b \cdot f = 63,3 \cdot 0,15 = 9,5 \text{ kp}$$

Síla nutná k překonání třecích odporů.

$$Q = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + P = 24 + 9 + 25 + 9,5 + 3,6 = 70,1 \text{ kp}$$

Síla na šroubu.

$$P = Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$$

Volím šroub se závitem Tr 16x4

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t}{\pi \cdot d} = \frac{4}{3,14 \cdot 14} = 0,091$$

$$\alpha = 5^\circ 13'$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,15$$

$$\varphi = 8^\circ 45'$$

$$P = Q \cdot \operatorname{tg} / 5^{\circ} 13' + 8^{\circ} 45' = 70,1 \cdot 0,23 = 16,15 \text{ kp}$$

Krouticí moment na šroubu.

$$M_k = P \cdot \frac{d}{2} = 16,15 \cdot \frac{14}{2} = 11,4 \text{ kpcm}$$

Síla na kličce.

$$P_k = \frac{M_k}{r} = \frac{11,4}{3,5} = 3,24 \text{ kp}$$

Vzhledem k tomu, že délka šroubu přesahuje hodnotu $12 \cdot d$ je nutno provést kontrolu na vzpěr. Pro tento případ uložení šroubu platí vztah:

$$P_{\text{krit}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{4 \cdot l^2}$$

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 1,4^4}{64} = 0,195 \text{ cm}^4$$

$$P_{\text{krit}} = \frac{3,14^2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 10^6 \cdot 0,195}{4 \cdot 21^2} = 2280 \text{ kp}$$

Volím doporučenou bezpečnost $s=5$

$$P_{\text{dov}} = \frac{P_{\text{krit}}}{s} = \frac{2280}{5} = 456 \text{ kp}$$

$$s' = \frac{P_{\text{dov}}}{Q} = \frac{456}{70,1} = 5,7$$

Počet závitů pohybové matice.

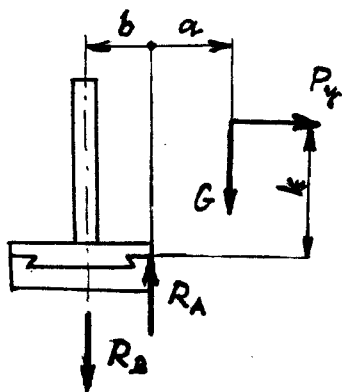
$$z = \frac{Q}{p \cdot v_n} = \frac{70,1}{3 \cdot 2} = 11,7 \text{ závitů}$$

$$l = t \cdot z = 4 \cdot 11,7 = 46,6 \text{ mm}$$

Volím délku matice 50 mm. Zvýšenou hodnotu měrného tlaku v závitech lze připustit vzhledem k tomu, že šroub

se nebude pohybovat obvykle při plném zatížení.

Vedení jednotky 2 na základové desce suportu.



$$G = 20 \text{ kp}$$

$$P_x = 20 \text{ kp}$$

$$a = 20$$

$$b = 65$$

$$k = 100$$

$$G + R_b - R_a = 0$$

$$P_x \cdot k + G \cdot a - R_b \cdot b = 0$$

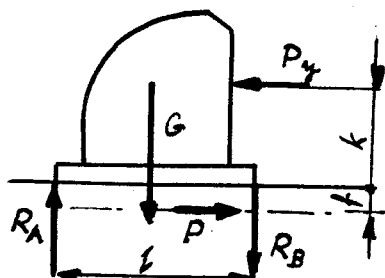
$$R_b = \frac{20 \cdot 100 + 20 \cdot 20}{65} = 37 \text{ kp}$$

$$R_a = G + R_b = 37 + 20 = 57 \text{ kp}$$

Třecí síly.

$$T_1 = R_b \cdot \frac{f}{\sin \alpha} = 37 \cdot \frac{0,15}{0,5} = 11,1 \text{ kp}$$

$$T_2 = R_a \cdot f = 57 \cdot 0,15 = 8,55 \text{ kp}$$



$$P_y = 3,6 \text{ kp}$$

$$f = 20$$

$$d = 140$$

$$k = 100$$

$$P_y - P = 0$$

$$R_a - G - R_b = 0$$

$$R_b \cdot l + G \cdot \frac{d}{2} - P_y \cdot k - P \cdot f = 0$$

$$R_b = \frac{3,6 \cdot 100 + 3,6 \cdot 20 - 20 \cdot 70}{140} = -6,95 \text{ kp}$$

$$R_a = G + R_b = 20 - 6,95 = 13,05 \text{ kp}$$

Třecí síly.

$$T_3 = (R_b + R_a) \cdot f = 20 \cdot 0,15 = 2,1 \text{ kp}$$

Síla nutná k překonání třecích odporů.

$$Q = T_1 + T_2 + T_3 + P = 11,1 + 8,55 + 2,1 + 3,6 = 25,35 \text{ kp}$$

Síla působící na šroubu.

Volím šroub se závitem Tr 16x4, hodnota $\text{tg } \alpha + \varphi = 0,23$

$$P = Q \cdot \text{tg } \alpha + \varphi = 25,35 \cdot 0,23 = 5,9 \text{ kp}$$

Krouticí moment na šroubu.

$$M_k = P \cdot \frac{d}{2} = 5,9 \cdot \frac{14}{2} = 4,15 \text{ kpcm}$$

Síla na klíče.

$$P_k = \frac{M_k}{r} = \frac{4,15}{4,5} = 0,93 \text{ kp}$$

Kontrola šroubu na vzpěr.

$$P_{\text{krit}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{4 \cdot l^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 0,195}{4 \cdot 35^2} = 824 \text{ kp}$$

Volím doporučenou bezpečnost $s=5$

$$P_{\text{dov}} = \frac{P_{\text{krit}}}{s} = \frac{824}{5} = 164,8 \text{ kp}$$

$$s' = \frac{P_{\text{dov}}}{Q} = \frac{164,8}{25,35} = 6,5$$

Délka pohybové matice.

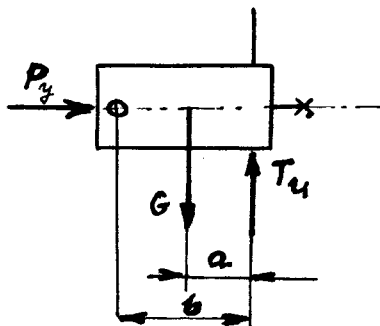
$$z = \frac{Q}{p \cdot v_n} = \frac{25,35}{2 \cdot 2} = 6,1 \text{ závitu}$$

$$l = t \cdot z = 4 \cdot 6,1 = 24,4$$

Volím délku matice $l=30$, čímž se hodnota měrného tlaku ještě sníží.

Výpočet upínací síly.

Při výpočtu upínací síly otočné jednotky působené upínacím šroubem je zanedbán vliv tření vznikajícího na bočních plochách vedení otoče, kterými se hodnota této síly snižuje.



$$P_y = 3,6 \text{ kp}$$

$$G = 12 \text{ kp}$$

$$a = 100$$

$$b = 200$$

$$G \cdot a - T_u \cdot b = 0$$

$$T_u = G \cdot \frac{a}{b} = \frac{12 \cdot 100}{200} = 6 \text{ kp}$$

Volím hodnotu bezpečnosti $s=2$

$$Q = s \cdot \frac{T_u}{f} + P_y = 2 \cdot \frac{6}{0,1} + 3,6 = 127 \text{ kp}$$

Síla na šroubu.

$$P \cdot \operatorname{tg} \alpha + \varphi = 127 \cdot 0,23 = 49 \text{ kp}$$

Krouticí moment na šroubu.

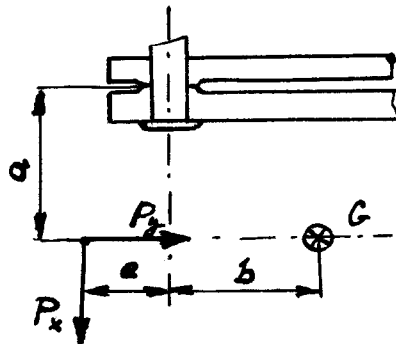
$$M_k = P \cdot \frac{d}{2} = 49 \cdot \frac{14}{2} = 20,5 \text{ kpcm}$$

Kontrola závitu na otlačení.

$$p = \frac{Q}{v_n \cdot z} = \frac{127}{2 \cdot 16} = 4 \text{ kp/mm}^2$$

Zvolený šroub vyhovuje, neboť jej lze považovat za spojovací, u kterých je dovolen měrný tlak v závitech $p=5 - 6 \text{ kp/mm}^2$.

Kontrola čepu otoče.



$$P_y = 3,6 \text{ kp}$$

$$P_x = 20 \text{ kp}$$

$$G = 12 \text{ kp}$$

$$a = 135$$

$$b = 100$$

$$e = 35$$

$$\phi \text{ čepu} = 16$$

$$M_{o1} = P_y \cdot a + P_x \cdot e = 3,6 \cdot 135 + 20 \cdot 35 = 55,6 \text{ kpcm}$$

$$M_{o2} = G \cdot a = 12 \cdot 135 = 162 \text{ kpcm}$$

$$M_o = \sqrt{M_{o1}^2 + M_{o2}^2} = \sqrt{55,6^2 + 162^2} = 172 \text{ kpcm}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{32 \cdot 172}{3,14 \cdot 1,63} = 42,5 \text{ kp/cm}^3$$

$$M_k = G \cdot b = 12 \cdot 100 = 120 \text{ kpcm}$$

$$\tau = \frac{M_k}{W_k} = \frac{16 \cdot 120}{3,14 \cdot 1,63} = 149 \text{ kp/cm}^2$$

Při použití hypotezy HMM platí pro σ_{red} vztah

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{42,5^2 + 3 \cdot 149^2} = 262 \text{ kp/cm}^2$$

Bezpečnost k mezi pevnosti.

$$s = \frac{\sigma_{Pt}}{\sigma_{red}} = \frac{500}{262} = 1,9$$

Výpočty dalších konstrukčních celků neuvádím, neboť jejich namáhání je malé a jejich uvedení by činilo zprávu zbytečně rozvleklou. Rovněž neuvádím výpočet ložisek pohybového šroubu, neboť jejich velikost je volena pouze dle konstrukčního uspořádání. Jejich životnost odpovídající danému zatížení se pohybuje v okolí 80 000 provozních hodin. Výkon elektromotorů brusných jednotek byl zvolen po experimentálním měření, které udávalo hodnoty v rozmezí 0,3 - 0,6 kW. Použité elektromotory jsou o výkonu 0,75 kW.

Ekonomické zhodnocení.

Vzhledem k tomu, že se jedná o zařízení, k němuž neexistuje žádné jiné srovnatelné, se podmínky pro provedení ekonomického zhodnocení komplikují. Lze sice v jistém přiblížení určit pořizovací hodnotu stroje a popřípadě i provozní náklady na základě spotřebované elektrické energie chladičů vody a mzdy obsluhy, ale vypočtená hodnota pozbývá významu, neboť není k ničemu přirovnatelná. Rovněž je těžké určovat návratnost investic vložených do nového zařízení, jelikož se jedná o výrobu zcela nového produktu a nelze tedy vyčíslit zproduktivnění výroby vzhledem k předchozímu procesu. S ohledem na obecnou neurčitelnost řezných podmínek není možno ani přesně určit produkci stroje, která je závislá na rychlosti posuvu, popřípadě na počtu potřebných přebroušení hrany tabule k dosažení požadované jakosti. Snažit se provést ekonomické zhodnocení za těchto podmínek by bylo dle mého názoru pouhým vymyšlením a odhadováním veličin na základě různých, více či méně směrodatných předpokladů, čehož se chci vyvarovat a proto od jeho provedení upouštím.

Z á v ě r .

Při řešení zadaného úkolu jsem se snažil provést návrh sledovaného zařízení při zachování všech technologických požadavků jednoduchý. Při konstrukčním řešení jsem se neomezil na požadovanou jednoúčelovost /výbrus pouze kolmé hrany/, ale navrhuji stroj univerzálnější, což je podle mého názoru pro danou situaci výhodnější. Je možné, že při použití stroje se projeví drobné nedostatky, které však zatím není možno předvídat, neboť se stroji realizujícími podobné technologické operace na skle jsou zatím malé zkušenosti. Věřím, že navržený stroj se v praxi osvědčí a přispěje svým podílem ke zvýšenému použití skla v naší architektuře.

Waldmann Zdeněk

Seznam použité literatury:

Knihy

- 1/ Götz J.: Broušení a leštění skla
- 2/ Dubell : Inženýrská příručka pro stavbu strojů
- 3/ Přikryl Z.: Teorie obrábění
- 4/ Prokeš J. : Hydraulické mechanismy
- 5/ Dobrovolný J.: Příručka brusiče
- 6/ Černoch : Strojnická příručka
- 7/ Šrejtr : Statika

Firemní literatura

- 8/ Katalog Diamant Boart
- 9/ Katalog Sommer a Maca
- 10/ Katalog Autoflow
- 11/ Prospekty firem Mafaver, Union, Flexton

Časopisy

- 12/ Glass Digest č.5, roč. 1963
- 13/ National Glass Budget č. 9, roč.1965
- 14/ Glasswelt č.2, roč.1966