

Vysoká škola: strojní a textilní

Katedra: sklářství a keramiky

Fakulta: strojní

Školní rok: 1970/71

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Novotného Karla

odbor 04 - 1 - 04 Zaměření na sklářské stroje a zařízení

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

Název tématu: Rekonstrukce tažného stroje.

Pokyny pro vypracování:

Proveďte návrh rekonstrukce pišťalového stroje systému Danner s ohledem na tepelné namáhání:

Ve Vaší práci se zaměřte především:

1. na návrh uspořádání měření teplot na trubici
2. na provedení vlastního měření a vyhodnocení výsledků měření
3. na návrh nejvhodnějšího konstrukčního řešení pišťalového stroje systému Danner na základě získaných hodnot.

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní závěrečné zkoušky č. j. 31 727 62-III/2 ze dne 13. června 1968 a 24 ze dne 31.8.1968 y 17 autorského zákona č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 6

V 111/71 S

Rozsah grafických laboratorních prací:

cca 40 stran textu, doložených příslušnými výpočty a výkresovou dokumentací.

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury: Technologie skla - skriptá Prof. Kotšmída
Zahraniční odborná literatura
Výkresová dokumentace systému Danner
Výkresová dokumentace předaná Ing. Kroczákem

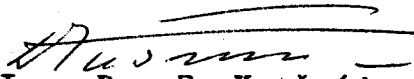
Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Dr. F. Kotšmíd

Konzultanti: Ing. Pavel Brouček, Vysoká škola strojní a textilní, Liberec

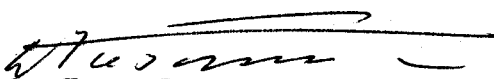
Datum zahájení diplomové práce: 19. 10. 1970

Datum odevzdání diplomové práce: 30. 6. 1971




Prof. Ing. Dr. F. Kotšmíd

vedoucí katedry


Prof. Ing. Dr. F. Kotšmíd

děkan

VŠST Liberec

Fakulta strojní

Rekonstrukce
tažného stroje

Katedra: Sklářství a keramiky

DP-SS-71-99

list 4 1

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra sklářství a keramiky

K a r e l N o v o t n ý

R E K O N S T R U K C E
T A Ž N Ě H O S T R O J E

D i p l o m o v á p r á c e
D P - S S - 7 1 - 9 9

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Dr. F. Kotšmíd

Konzultanti: Ing. Pavel Brouček, Vysoká škola strojní
a textilní, Liberec

V Liberci, dne 30. června 1971

VŠST Liberec	Rekonstrukce	Katedra: Sklářství a keramiky	
Fakulta strojní	tažného stroje	DP-SS-71-99	list č. 3

O B S A H

Titulní list	list	č.	1
Zadání diplomové práce	list	č.	2
Obsah	list	č.	3
Seznam zkratk a označení	list	č.	4
1. Úvod	list	č.	5
2. Technologie výroby	list	č.	6
3. Seznam literatury ke kap.2	list	č.	13
4. Návrh měření a vlastní měření	list	č.	14
5. Vyhodnocení měření	list	č.	17
6. Návrh rekonstrukce píšťalo- lového stroje			
6.1 Volba nového materiálu hubice	list	č.	20
6.2 Návrh rekonstrukce	list	č.	21
7. Výpočtová část			
7.1 Kontrola ložisek	list	č.	24
7.2 Tepelný výpočet	list	č.	28
7.3 Výpočet namáhání píšťaly	list	č.	31
8. Seznam literatury ke kapito- le 3,4,5,6,7 .	list	č.	38
9. Seznam výkresů	list	č.	39
10. Závěr	list	č.	40

SEZNAM ZKRATEK A OZNAČENÍ

- SMZ - Slovenské metalurgické závody
 λ - tepelná vodivost
E - modul pružnosti v tahu
G - modul pružnosti ve smyku
 μ - Poissonovo číslo $\mu = 0,3$
 α - lineární tepelná roztažnost
G - napětí
 M_o - ohybový moment
 W_o - modul průřezu

VŠET Lihovec	Rekonstrukce	Katedra: Střílní a keramiky
Fabrika strojů	tažného stroje	DP-SS-71-99 list 2. 5

1. Ú V O D

Ve sklářství zaujímá strojní výroba skleněných trubíc důležité místo. Skleněné trubice se táhnou ze skloviny UNIHOST, NEUTRÁL, SIMAX, SIAL a z olovnaté skloviny. Používá se jich nejčastěji k dalšímu zpracování. Trubic z NEUTRÁLU se užívá k výrobě ampulí, dražovek, lékovek, zkumavek a jiných obalů pro zdravotnictví; z trubíc z olovnatého skla se vyrábějí elektronky, malé žárovky a jiné výrobky pro elektrotechniku; trubice z UNIHOSTU se dále zpracovávají na zářivky a z trubíc ze SIMAXU /SIALU/ se zhotovuje potrubí pro chemický průmysl.

Tažení skleněných trubíc lze rozdělit na dva způsoby: 1/ horizontální způsob tažení

2/ vertikální způsob tažení

Do první skupiny patří systém DANNER a systém PHILIPS.

Druhou skupinu možno rozdělit podle směru tažení:

1. tažení směrem vzhůru a/ SCHULLER

b/ CORNING

c/ KOROLJOV

2. tažení směrem dolů a/ VELLO

b/ HANLEIN

Nejrozšířenějším systémem v ČSSR je systém DANNER. Byl vyvinut v roce 1912, první linka tohoto systému byla dána do pokusného provozu v roce 1917. Doposud se věnovala malá pozornost technologii této výroby.

Mým úkolem byl návrh a orientační měření teplot na hubici a píšťale píšťalového stroje systému DANNER. Účelem měření bylo získání příslušných dat pro další zlepšení technologie výroby skleněných trubíc a konstrukce píšťalového stroje.

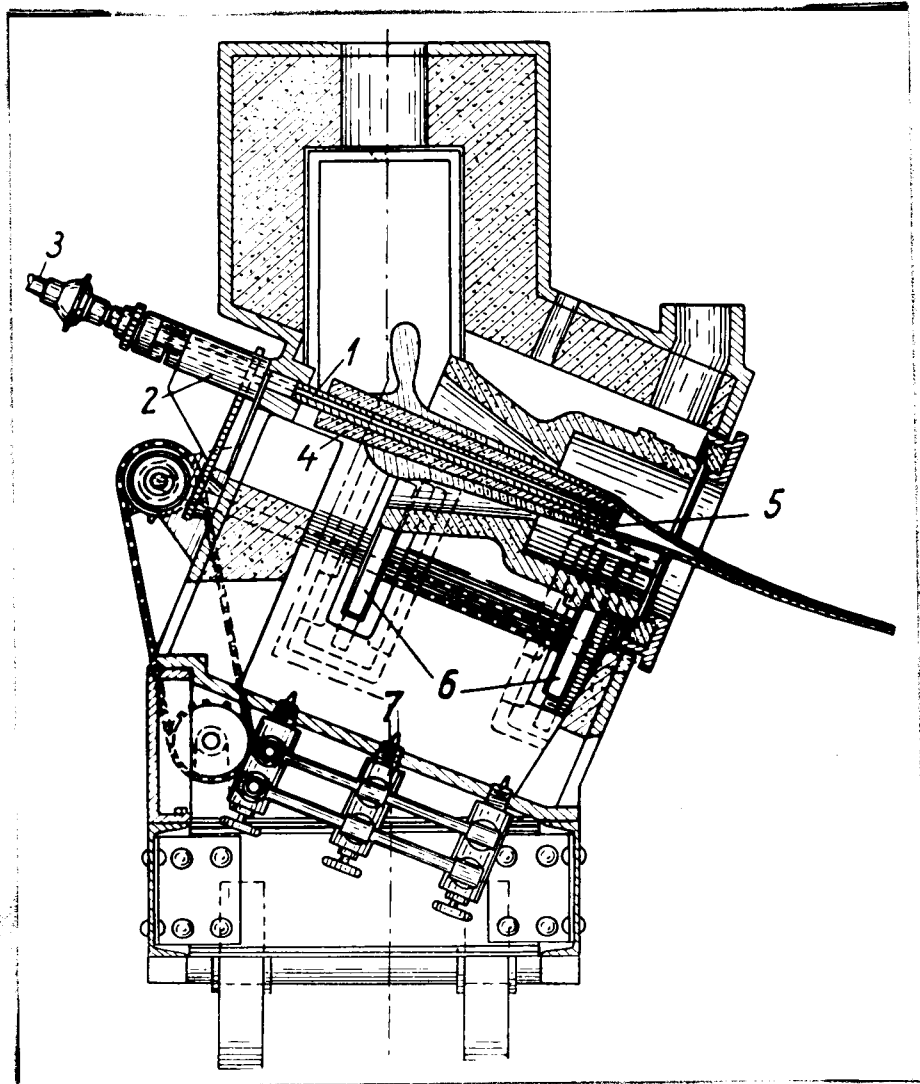
2. TECHNOLOGIE VÝROBY

Technologie výroby skleněných trubíc systémem DANNER je známa od roku 1912. Na obrázku č. 1 je původní uspořádání píšťalového stroje, kde sklovina netéká na píšťalu (1), která je uložena v ložiskách (2). Píšťala je na dolním konci vyložena šamotovým obalem (4), pevně uchyceným našroubovaným ústníkem (5). Vzduch se přivádí přívodem (3). Celá píšťala je uložena ve vyhřívané muflí (7), otočné v ložiskách (6). Tento způsob tažení skleněných trubíc je dosud v našich sklárnách používán. Prodělal od doby vzniku některé změny, které vedly ke zvýšení výroby i kvality vytažených skleněných trubíc. Výhodou systému DANNER oproti ostatním systémům je vysoký výkon. Podle IZI kolísá výkon mezi:

3 000 - 6 000 kg/24 hodin při ϕ trubice 3 - 16 mm

6 000 - 8 000 kg/24 hodin při ϕ trubice 16 - 40 mm

8 000 - 11 000 kg/24 hodin při ϕ trubice nad 40 mm



obrázek č. 1

Pro srovnání dle I3I má systém SCHULLER výkon asi 1 200 - 1 800 kg/24 hodin, systém CORNING 700 - 6 800 kg/24 hodin; podle I4I má systém VELLO výkon 40 000 kg/24 hodin / jedná se o špičkový výkon/. Tento systém vyžaduje ovšem velmi přesnou regulaci v oblasti skloviny a nákladné feedrové zařízení.

Další výhodou systému DANNER je snadná obsluha a regulace.

Nevýhodou systému je doba, kterou se musí samotná hubice temperovat. Čas nutný k temperování se pohybuje od 6 - 18 hodin podle kvality hubice.

Jednou z firem, zabývajících se vývojem a výrobou tažných linek DANNER je švédská firma JUNGERS VERKSTADS AB, Göteborg. Uspořádání její linky je na obrázku č. 2. Utavená sklovina z tavicí vany (č.poz.1) přitéká přes nátokový kanál s dávkovací hlavou (č.poz.2) na hubici pískalového stroje (č.poz.4), který je zasunut ve vytápěné mufli (č.poz.3). Sklovina stéká po hubici ve šroubovici k jejímu dolnímu konci, kde je tlakem vzduchu přiváděného vnitřkem hubice vytvářena tzv. cibule. Odtud je vznikající skleněná trubice nepřetržitě odtahována přes tažnou dráhu tažným strojem (č.poz.10). Tažná dráha se skládá z pomocné dráhy (č.poz.5), vyhřívané tažné mufle (č.poz.6), měřicího zařízení (č.poz.7) a vlastní tažné dráhy (č.poz.8). Skleněná trubice je za tažným strojem odříznuta na potřebnou délku odřezávacím strojem (č.poz.11/12/). Dále jde odříznutá skleněná trubice na automatický předtřídící a předávací stroj (č.poz.13), pokračuje přes obraceč trubice (č.poz.14) a chladicí dráhu (č.poz.15) na automatický zapalovací a opukávací stroj (č.poz.16), za kterým je umístěna měřicí stanice (č.poz.17)

VŠST Liberec

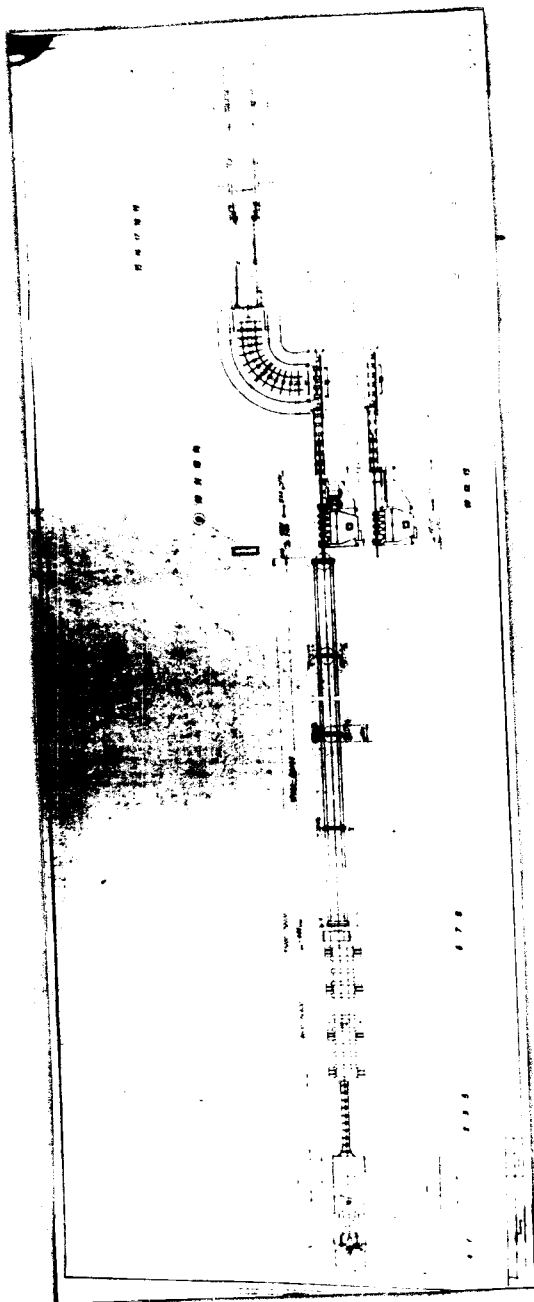
Fakulta strojní

Rekonstrukce
tažného stroje

Katedra: Strojní a keramiky

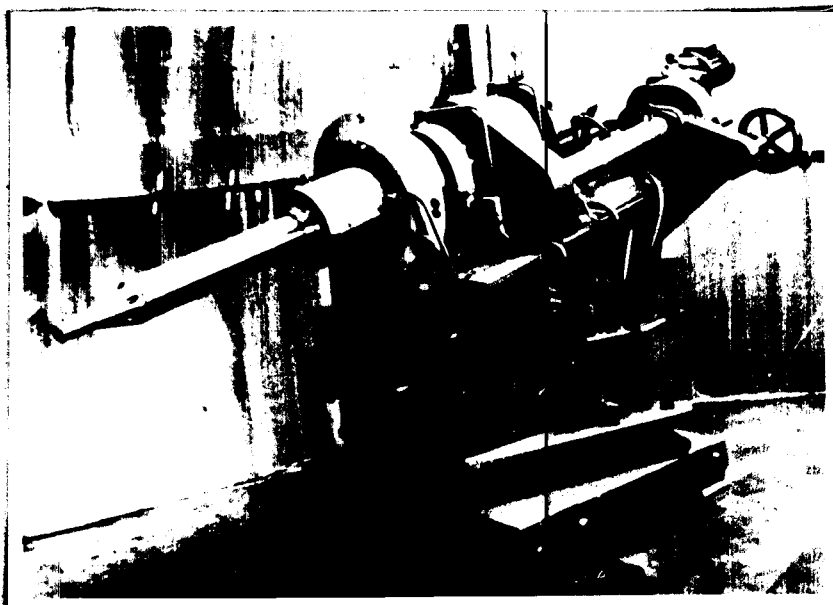
DP-SS-71-99

List č. 9



obrázek číslo 2.

automatické konečné třídící stanice (č.poz.19) automatického zapalovacího a opukávacího stroje (16). Odtud jde skleněná trubice do zásobníku (č.poz.18). Ze zásobníku je trubice odebírána třídícím automatem SA03. Pišťalový stroj této linky model 4110 je na obrázku č.3.



obrázek č.3

Z obrázku je patrné chlazení pišťaly, ložisek a krytu pružiny. Hubice tohoto stroje je silimanitová.

Nejvíce rezerv pro zvyšování rentability a kvality výroby je v části feeder-mufle-hubice (pišťalový stroj) I4I.

V konstrukci pišťalového stroje existují dvě varianty řešení:

1) pišťalový stroj klasický, tj. postavený na pod-

vozku s podélným a příčným posuvem; pišťala s možností změny sklonu, výšky, případně pootočení oproti základně. V hledání nových možností zlepšení je nutné se zaměřit především na hubici, kde je mnoho případů hledání nových materiálů, tvarů, rozměrů a tepelného ovlivnění režimu nabalování /např. válcování nábalu grafitovým válečkem I5I, vyměnitelná kovová špička za účelem tažení různých průměrů trubíc ze stejné hubice I6I, hubice pokrytá povlakem drahých kovů Pt-Rh-Au I7I, ukončení pišťaly, při němž sklovina protéká kanálky a spojuje se I8I.

2) pišťalový stroj spojený s muflí, při čemž celý tento komplex se dá naklánět /náhrada sklonu hubice/. Takové uspořádání používají v NDR na lince OLIVOTTO I4I, I9I. Dá se předpokládat značná náročnost tohoto řešení a neúněrný efekt v pohodlí obsluhy.

Výkres číslo DP-SS-71-99-200 ukazuje jedno z řešení klasického pišťalového stroje. Pišťala (č.poz.1) bývá obvykle vyrobena ze šamotu nebo silimanitu. Pouzdro pišťaly je uloženo ve valivých ložiskách. Vozík (č.poz.2) slouží k posuvu celého stroje do pracovního prostoru a zpět a také na jeho příčné nastavení. Základem vozíku je odlité těleso. Saně v horní části vozíku umožňují příčný pohyb pomocí ruční kliky (č.poz.9) a dvěma pohybovými šrouby, navzájem spojenými dvojřadým článkovaným řetězem. Celé ústrojí je zakrytováno. Osy pojezdových kol jsou uloženy v kluzných ložiskách. Pojezd je

VŠST Liberec	Rekonstrukce tažného stroje	Katedra: Sklářství a keramiky	
Fakulta strojní		DP-SS-71-99	List č.12

umožněn otáčením kliky a šnekovým převodem (č.poz.8), zajištění se provádí dotažením brzdy na obou zadních kolech. Na horní ploše saní je uložen stojan, sloužící jako vedení pro sloup (č.poz.3) a jeho výškové nastavení. Zvedání a spouštění stojanu se děje otáčecím ručního kola (č.poz.6), které přes šnekové soukolí a pastorek zabírá do hřebene sloupu. V nastavené poloze se sloup zajišťuje dotažením vratidla. Sloup slouží na uložení píšťaly, umožňuje její výškové nastavení a naklápění. Je nosnou částí pro konzolu s pohonem píšťaly. Ručním kolečkem (č.poz.7) se přes šnekové soukolí a pastorek, zabírající do ozubeného segmentu jako části píšťaly, ovládáme její naklápění ve svislé rovině. Na boku sloupu je přišroubovaná konzola, která slouží k uchycení pohonu píšťaly (č.poz.4). Pohon píšťaly je použit k přenosu rotačního pohybu od motoru přes variátor, dvouřadý článkový řetěz a tříchodý šnekový převod na píšťalu. V případě vysazení elektrické energie lze otáčet píšťalou pomocí kli-ručního pohonu (č.poz.5). Ložiska a píšťala jsou chlazeny (č.poz.10), teplotu ložisek možno sledovat na teploměrech (č.poz.11). K uvedení píšťaly do pohybu slouží spínací skříňka (č.poz.12)

Toto konstrukční uspořádání zůstává i přes různá konstrukční provedení u většiny píšťalových strojů zachováno.

VŠST Liberec	Rekonstrukce	Katedra: Sklířství a keramiky
Fakulta strojní	tažného stroje	DP -SS-71-99 List č. 13

3. SEZNAM POUŽITÉ LITERA -
TURY v kapitole 2.

- I11 DRALLE - KEPPELER: Die Glasfabrikation
2. Auflage, R. Oldenbourg, München-Berlin 1926
- I2I Technický popis tažné linky DANNER firmy
JUNGERS VERKSTADS AB, Göteborg
- I3I TRIER - GIEGERICH: Glasmachinen
Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1964
- I4I Štúdia odborovej úlohy GR-ZTS: Ťažná linka
Danner, SMZ Sklářské stroje Bratislava 1968
- I5I Patent NSR 1 198 019
- I6I Patent NSR 1 224 002
- I7I Patent GB 1 057 994
- I8I Patent USA 2 486 737
- I9I Patent NSR 1 084 445

4. NÁVRH MĚŘENÍ A VLASTNÍ MĚŘENÍ

Úkolem měření bylo jistit teplotní gradient na hubici v podélném a příčném směru. Po konzultaci s vedením skláren KAVALIER Hostomice byly navrženy jako optimum čtyři měřicí místa, tři z nich na hubici a jedno přímo na pišťale v místě největšího tepelného namáhání - pod nátokem skloviny. Nejdůležitější pro vlastní měření se ukázala otázka přenosu naměřených hodnot z otáčející se pišťaly k měřicím přístrojům. Jako nejvýhodnější se ukázal kroužkový přenos.

Navržený sběrač je na výkrese číslo DP-SS-71-99-110. Vlastní těleso sběrače (č.poz.1) je zhotoveno z duralu. Sběrací kroužky (č.poz. 2 a 3) byly vyrobeny z mosazného plechu tloušťky 6 mm. Isolaci mezi kroužky a vlastním tělesem sběrače tvořila skelná tkanina, napuštěná epoxydovou pryskyřicí Chs EPOXY 1 200 (č.poz.4). Termočlánky, uchycené ke kroužkům mosaznými šroubky (č.poz.5) a mosaznými podložkami (č.poz.6), procházely vyfrézovanou drážkou v tělese sběrače k jednotlivým kroužkům. Celý sběrač byl usazen na pišťale třemi šrouby M6.

Jako kartáček /po dvou na každý kroužek/ se použilo kontaktů z telefonního relé se stříbrnými kapkami. Po zhotovení sběrače se proměřoval odpor mezi kartáčkem a kroužkem.

Při měření jsme spojili navzájem dva kroužky mosazným drátem. Odpor byl měřen mezi odpovídajícími kartáčky. Při 32 ot./minutu jsme získali tyto hodnoty:

odpor mezi kroužky číslo: 1 a 2 - 0,108 Ohmů

2 a 3 - 0,108 Ohmů

3 a 4 - 0,111 Ohmů

4 a 5 - 0,115 Ohmů

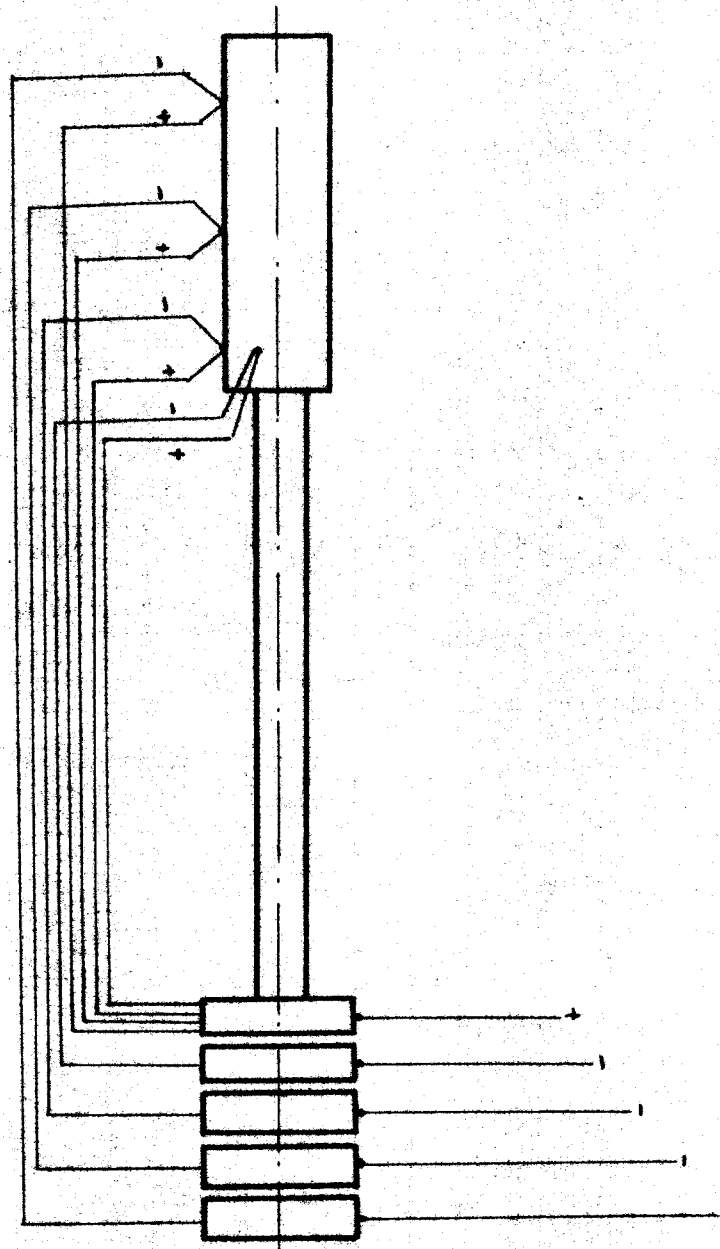
odpor vedení - $97 \cdot 10^{-3}$ Ohmů

Pro měření jsme se rozhodli použít milivoltmetr a technický kompenzátor Metra QTK .

Navržené schéma zapojení termočlánků a měřicích přístrojů je na obrázku číslo 4. Teplota srovnávacích konců se měřila dotykovým termočlánkem.

Vlastní měření se provádělo dne 28. 5. 1971 ve sklárnách KAVALIER závod Hostomice. Toto měření bylo pouze orientační.

Umístění jednotlivých termočlánků a kroužkového sběrače na pištale ukazuje výkres číslo DP-SS-71-99-100. Šemotová hubice (č.poz.1) byla provrtána na třech místech. K zatmelení termočlánků do těchto otvorů se použilo směsí francouzské sádry a vodního skla, k uchycení termočlánku na pištalu chromniklový drát. Isolace termočlánků byla provedena dvojkapilárami. K ochraně termočlánků vůči atmosféře v muflí jsme museli použít kromě dvojkapilár ochranné



obrázek číslo 4.

VŠST Liberec	Rekonstrukce	Katedra: Stříelní a keramiky	
Fakulta strojní	tažného stroje	DP-SS-71-99	List č.17

keramické trubky (č.poz.2). Odtud vedly termočlánky ke kroužkovému sběrači č.poz.13). Bržák kartáčků jsme uchytili pod svorník víka ložisek na konzolu (č.poz.12), kde byl také připevněn dotykový termočlánek, přitlačovaný ke kroužku číslo 5 pružinou /pro dosažení konstantního tlaku/.

5. V Y H O D N O C E N Í M Ě Ř E N Í

počet otáček pístalového stroje - $n = 8,5$ ot./min.

teplota v muflí /ve výši nátoku/ - $t_1 = 1\ 100$ °C

teplota skloviny v nátoku - $t_2 = 1\ 050$ °C

/ měřeno optickým pyrometrem/

teplota v muflí /u horního konce hubice'

- $t_3 = 1\ 010$ °C

teplota srovnávacích konců - $t_4 = 60$ °C

teplota měřicích přístrojů - $t_5 = 37$ °C

Naměřené hodnoty udává tabulka číslo 1.

měřicí místo	1	2	3	4
napětí /mV/		6,8		7

tabulka č.1

Naměřené hodnoty byly opraveny na teplotu srovnávacích konců a přepočteny na teploty. Výsledné teploty v jednotlivých měřicích místech udává tabulka číslo 2.

Měřicí místo	1	2	3	4
Teplota /°C/	690	780	920	800

tabulka č.2

Rozložení teplot na hubici a v muflí ukazuje schema číslo 1.

VŠST Liberec

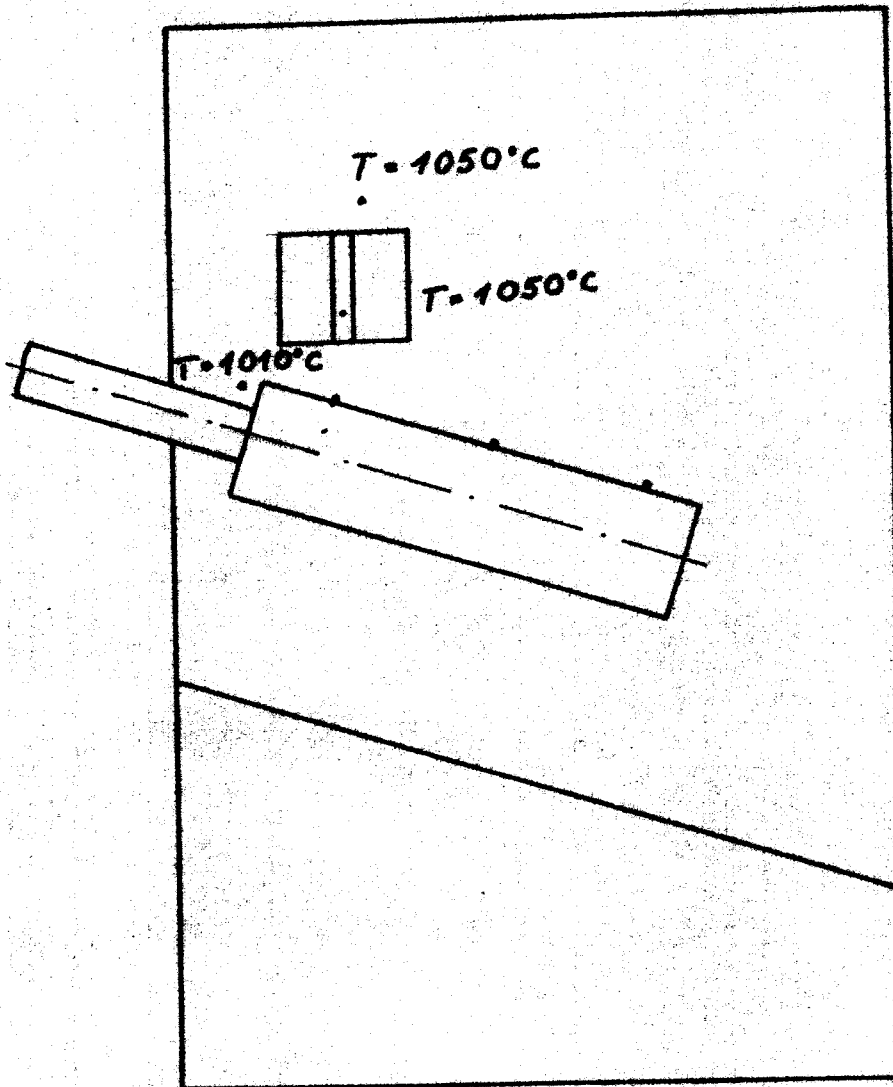
Fakulta strojní

Rekonstrukce
tažného stroje

Katedra: Strojní a obrábění

SP-SS-71-99

list č. 19



schema číslo 1.

6. N Á V R H R E K O N S T R U K C E P Í Š Ť A - L O V Ě H O S T R O J E

6.1 VOLBA NOVÉHO MATERIÁLU HUBICE

Dosud se v našich sklárnách používá šamotu jako klasického materiálu k výrobě hubic. Šamotové hubice mají několik nevýhod. Především je to dlouhá doba po kterou se musí temperovat. Dále je to nutnost časté výměny hubice za cenu zastavení procesu tažení trubíc na několik hodin/často na 48 - 56 hodin /, obtížná mechanizace výroby hubic a vysoká zmetkovitost během jejich výroby. Výhodou šamotové hubice je její láce.

Z nových materiálů prokázal dobré vlastnosti silimanit, proto jej mnoho výrobců skleněných trubíc užívá ke zhotovení hubice/ Japonsko, PLR, MLR /. Doba potřebná k temperování je u silimanitové hubice poněkud zkrácena, přesto je však výroba při výměně hubice zastavena příliš dlouho a vznikají tím velké ztráty pro výrobce.

Se zřetelem na tyto nedostatky se vycházelo při návrhu dalšího vhodného materiálu pro hubici.

V současné době se jeví nejvhodnějším materiálem zirkonsilikát. V národním podniku AQUACENTRUM, kde se zabývají vývojem a využitím zirkonsilikátu v průmyslu /především sklářském /, jsou schopni zhotovit hubici ze zirkonsilikátu během tří týdnů. k

K výrobě slouží čistý australský zirkonsilikát, granulace 50 .

Dle ústní informace s. ing. Wolrába z n.p. AQUA-CENTRUM by zirkonsilikátová hubice přinesla tyto výhody:

- a) zirkonsilikát snese tepelný šok, tím je možno dobu nutnou k temperování zkrátit na minimum
- b) životnost hubice z tohoto materiálu by se oproti šamotové /životnost 5-8 týdnů/ několikanásobně prodloužila /až 5 měsíců i více/. S tímto by ovšem souviselo nahrazení materiálu nátokového žlabu /eventuelně rekonstrukce celého nátoku/ kvalitnějším /Corhart/.

Nevýhodou takového řešení je poněkud vyšší cena hubice, která se však na druhé straně vyváží prodloužením intervalu výměny hubice.

Ozkoušení nového materiálu v praxi je záležitost dlouhodobá a leží mimo časový rámeček této diplomové práce.

6.2 NÁVRH REKONSTRUKCE

a) Rekonstrukce píšťaly

Na nynějším píšťalovém stroji DANNER je píšťala vyrobena z jednoho kusu /materiál 17 255/. Toto konstrukční řešení je nevýhodné, protože v případě výměny či demontáže je manipulace s těžkou píšťala-

VŠST Liberec	Rekonstrukce tažného stroje	Katedra: Sklářství a keramiky	
Fakulta strojní		DP-SS-71-99	list č. 22

lou v omezeném prostoru píšťalového stroje velice obtížná. Výkres číslo DP-SS-71-99-210 ukazuje navrženou rekonstrukci. K odstranění zmíněných nedostatků byla zvolena píšťala, skládající se ze dvou částí. Přední část píšťaly (č.poz.15), zhotovené z materiálu 17 255, je uložena v držáku píšťaly (č.poz.7) Tato část píšťaly je chlazená. Vlastní píšťala (č.poz.16), vyrobená také z materiálu 17 255, nese vlastní hubici (č.poz.6). Není chlazená.

Zároveň s rekonstrukcí píšťaly byla provedena rekonstrukce uchycení nové píšťaly ze zirkonsilikátu. Hubice je pevně usazena na dolním konci prostřednictvím vložky (č.poz.20), matice (č.poz.22) a podložky (č.poz.21), vyrobených z materiálu 17 255. Horní konec hubice je upevněn tak, aby hubice měla možnost dilatovat. Je přidržován přitlačnou podložkou (č.poz.19), distanční trubkou (č.poz.18) silou, vyvozenou pružinou (č.poz.47). Předpětí pružiny /tím i přitlačná síla na podložku/ je nastavitelné přestavením matice (č.poz.23) a opěrné podložky (č.poz.24).

b) Rekonstrukce chlazení

Na stávajícím píšťalovém stroji systému DANNER se zpočátku píšťala chladila celá vodou. Po špatných zkušenostech s chlazením celé píšťaly bylo od toho upuštěno pro časté praskání hubice.

VŠET Liberec	Rekonstrukce tažného stroje	Katedra: Strojní a keramky	
Fakulta strojní		DP-SS-71-99	list č. 23

Po rekonstrukce píšťaly bylo rekonstruováno chlazení. Chladí se pouze přední část píšťaly, vlastní píšťala je nechlazená. Chlazení bylo řešeno s ohledem na snadnou výměnu elementů v případě zanešení chladicích otvorů. Voda přitéká objímkou (č.poz.45) a protéká dále mezikružím až do přední části píšťaly. Zde se obrátí a protéká zpět, odebírajíc teplo stěnám píšťaly. Zároveň je ochlazována přitékající vodou. Ohřátá voda volně vytéká do odpadu (č.poz.4). Teplota odcházející vody je měřena teploměrem, jehož čidlo (č.poz.42) je umístěno v odpadu.

Také chlazení ložisek doznalo změny. Je chlazeno pouze přední ložisko. I zde bylo použito výměnné chladicí vložky (č.poz.5). Voda je přiváděna od objímky přívodu (č.poz.36) potrubím (č.poz.39) do chladicí vložky. Odtud vytéká potrubím (č.poz.40) k objímce odpadu (č.poz.35), odkud je hadicí odváděna. V chladicí vložce je umístěno čidlo teploměru (č.poz.41), takže lze teplotu ložiska sledovat na teploměru.

7. V Ý P O Č T O V Á Č Á S T

7.1 KONTROLA LOŽISEK

Během měření v Hostonicích byla odhadnuta maximální váha nábalu skloviny, která činí 200 kg. Proto se přistoupilo ke kontrole ložisek.

V průběhu výrobního procesu působí na píšťalu tyto síly :

vlastní váha píšťaly	20 kg
váha uložení píšťaly	130 kg
váha hubice	50 kg
nábal skloviny	200 kg
náklon píšťaly	20 °

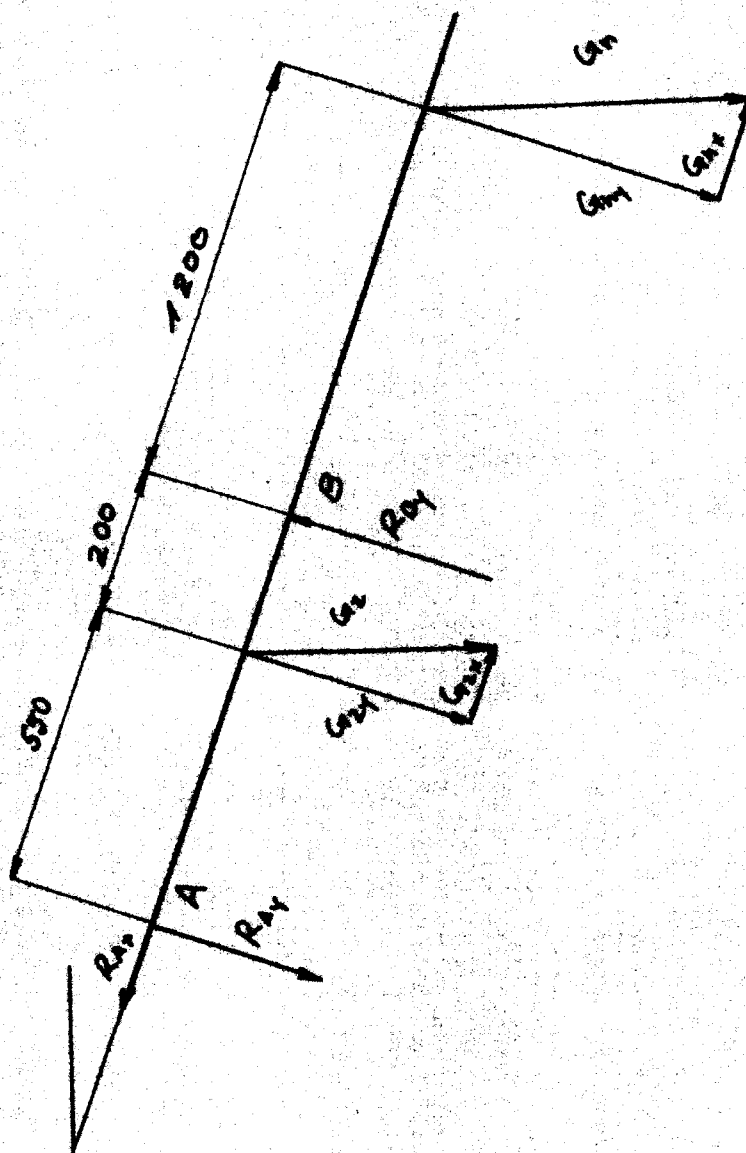
Schéma zatížení píšťaly je znázorněno na obrázku č.5.

Po rozložení těchto sil do os x a y byly získány složky :

$$\begin{aligned}
 G_{1x} &= 6,84 \text{ kg} \\
 G_{2x} &= 37,7 \text{ kg} \\
 G_{hx} &= 86,0 \text{ kg} \text{ /váha hubice a nábalu/} \\
 \\
 G_{1y} &= 18,8 \text{ kg} \\
 G_{2y} &= 118,0 \text{ kg} \\
 G_{hy} &= 234,0 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Poněvadž rozložení skloviny na hubici lze jen těžko přesně postihnout, byl tento případ poněkud zjednodušen a síla tíže skloviny byla umístěna do těžiště hubice, kde se sečetla s její silou tíže.

VŠET Ižerex	Rekonstrukce tažného stroje	Katedra: Strojní a keramický	
Fabrika strojů		DP -SS-71-99	list 2/25



obrázek číslo 5.

VŠET LIBEREC	Rekonstrukce tažného stroje	Katedra: Strojní a kovárny	
Fakulta strojní		DA-SS-71-99	list 2.26

Reakce v ložiskách A a B byly počítány pomocí momentových výminek k těmto bodům.

a) výpočet reakce R_{Ay}

tuto reakci spočteme z momentů sil a reakcí k bodu B

$$- R_{Ay} \cdot 7,5 - G_{2y} \cdot 2 + G_{1y} \cdot 10 + G_{hy} \cdot 12 = 0$$

$$- R_{Ay} = \frac{2G_{2y} - 10G_{1y} - G_{hy} \cdot 12}{7,5} =$$

$$= \frac{2 \cdot -118 + 10 \cdot 18,8 + 12 \cdot 234}{7,5}$$

$$R_{Ay} = 368 \text{ kg}$$

b) výpočet reakce R_{By}

tuto reakci spočteme z momentů sil a reakcí k bodu A

$$- R_{By} \cdot 7,5 + G_{2y} \cdot 5,5 + G_{1y} \cdot 17,5 + G_{hy} \cdot 19,5 = 0$$

$$R_{By} = \frac{649 + 329 + 4 \cdot 560}{7,5}$$

$$R_{By} = 742 \text{ kg}$$

Předpokládáme, že osovou sílu zachytí kuličkové ložisko.

$$R_{Ax} = G_{1x} + G_{2x} + G_{hx} = 130,54 \text{ kg}$$

Pro výpočet ložisek vezmeme životnost tři roky, t.j. přibližně 27 000 hodin.

VŠTV Úberoc	Rekonstrukce tažného stroje	Katedra: Strojní a lisovací	
Fakulta strojní		DB-SS-71-99	list č. 27

1. Přední ložisko 23 024 / B /

Pro navrženou životnost 27 000 hodin byl z tabulek

zjištěn poměr $\frac{C}{P} = 3,62$ /při 30 ot. za minutu/,

z katalogu ložisek ZKL hodnota $V = 1,2$. Dynamic-

ká únosnost ložiska 23 024 je 25 000 kg. Při tep-

lotě ložiska 125 °C je skutečná únosnost nižší o

5%. Skutečná únosnost ložiska 23 024 činí 23 750 kg.

$$P = V : F_r = 1,2 \cdot 742 = 890 \text{ kg}$$

$$\frac{C}{P} = 3,62 \dots\dots C = 890 \cdot 3,62 = 3\,220 \text{ kg}$$

Z výpočtu zatížení ložiska je zřejmé, že ložisko je předimenzováno.

2. Zadní ložisko 1218 / A /

Dynamická únosnost tohoto ložiska je 4 500 kg.

$$P = XVF_r + YF_a$$

$$\frac{F_a}{VF_r} = \frac{131}{368} = 0,356 ; \quad e = 0,17$$

$$\text{z tabulky} - X = 0,65 \quad Y = 5,7$$

$$P = 0,65 \cdot 368 + 5,7 \cdot 131 = 988 \text{ kg}$$

$$C = 3,62 \cdot 988 = 3\,560 \text{ kg}$$

Toto ložisko vyhovuje.

VŠST Liberec	Rekonstrukce tažného stroje	Katedra: Strojní a keramky	
Fakulta strojní		DP - SS - 71 - 99	list č. 28

7.2 TEPELNÝ VÝPOČET

Měřením bylo zjištěno rozložení teplot v podélném a příčném směru na hubici. Naměřené teploty ukazuje obrázek číslo 6.

Protože šlo o orientační měření, je také výpočet pouze orientační. Vzhledem k tomu byl celý případ zjednodušen. Uspořádání šamotová hubice - vzduchová mezera - pišťala /17 255/ bylo považováno za třívrstvou trubku. Vycházejí ze vzorců pro prostup tepla trubkou byla počítána teplota na vnitřní straně pišťaly. Během měření nebyl pišťalou foukán vzduch, proto nebylo vzato v úvahu ochlazení pišťaly vlivem vzduchu proudícího vnitřkem pišťaly.

Vlastní výpočet :

tepelná vodivost šamotu / λ_1 /

$$\lambda_1 = 0,6 + 55 \cdot 10^{-5} \cdot t = 0,6 + 55 \cdot 10^{-5} \cdot 920 = 1,105 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot \text{deg}$$

z tabulek:

$$\lambda_{\text{ker}} = 0,0607 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot \text{deg}$$

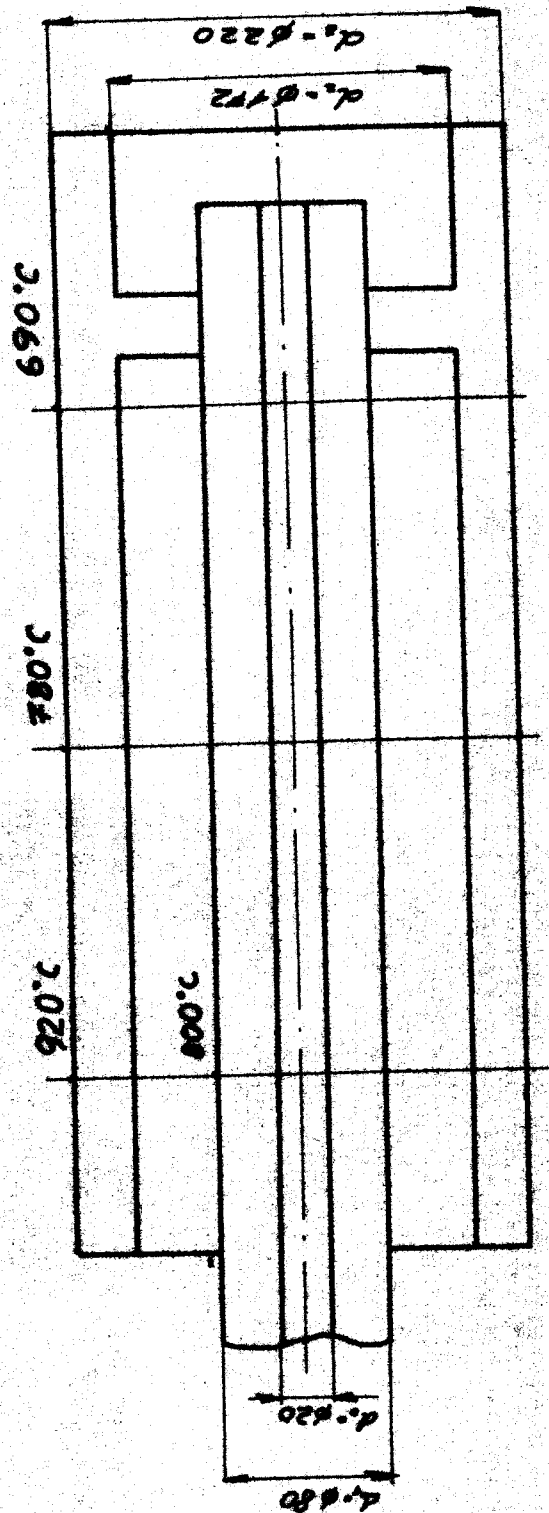
$$\lambda_{\text{vzduch}} = 9 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot \text{deg}$$

$$\ln \frac{220}{172} = 0,084$$

$$\ln \frac{172}{80} = 0,753$$

$$\ln \frac{80}{20} = 1,386$$

VŠST Liberec	Rekonstrukce tažného stroje	Katedra: Strojní a těsnění	
Fakulta strojní		Sp-SS-71-99	List č. 29



obrázek číslo 6.

Množství tepla, které projde hubicí a vzduchovou mezerou na vnější povrch píšťaly, udává tento vzorec :

$$q = \frac{2\pi \cdot (t_1 - t_3)}{\frac{1}{\lambda_r} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_s} \cdot \ln \frac{d_3}{d_2}}$$

Stejné množství tepla musí projít píšťalou.

$$q = \frac{2\pi \cdot (t_3 - t_4)}{\frac{1}{\lambda_{st}} \cdot \ln \frac{d_1}{d_0}}$$

Po porovnání těchto vzorců obdržíme výsledný vzorec pro výpočet teploty na vnitřní stěně píšťaly. Po úpravě dostaneme konečný vzorec ve tvaru :

$$t_4 = t_3 - (t_1 - t_3) \cdot \frac{\frac{1}{\lambda_{st}} \cdot \ln \frac{d_1}{d_0}}{\frac{1}{\lambda_r} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_s} \cdot \ln \frac{d_3}{d_2}}$$

Po dosazení

$$t_4 = 800 - 120 \cdot \frac{0,111 \cdot 1,386}{0,905 \cdot 0,084 + 1,52 \cdot 0,753}$$

dostaneme výslednou teplotu $t_4 = 649 \text{ } ^\circ\text{C}$.

VŠST Liberec	Rekonstrukce tažného stroje	Katedra: Sklářství a keramiky	
Fakulta strojní		DP -SS-71-99	List č.31

7.3 VÝPOČET NAMÁHÁNÍ PÍŠTALY

Při výpočtu namáhání píšťaly byla tato považována za vetknutý nosník, zatížený:

- vlastní vahou
- váhou hubice a nábalu skloviny
- teplotním polem

Nejvyšší namáhání teplotním polem je v místě maximální teploty - pod nátokem skloviny.

Největší namáhání píšťaly od vlastní váhy a váhy hubice a nábalu skloviny je v místě vetknutí.

A/ Namáhání píšťaly pod nátokem nátokem skloviny

Místa maximálního namáhání a působící síly jsou znázorněny na obrázku číslo 7.

$$\text{Modul průřezu } W_0 = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{d} =$$

$$= 0,0985 \cdot \frac{4 \ 096 - 16}{2} = 200 \text{ cm}^3$$

Namáhání od vlastní váhy

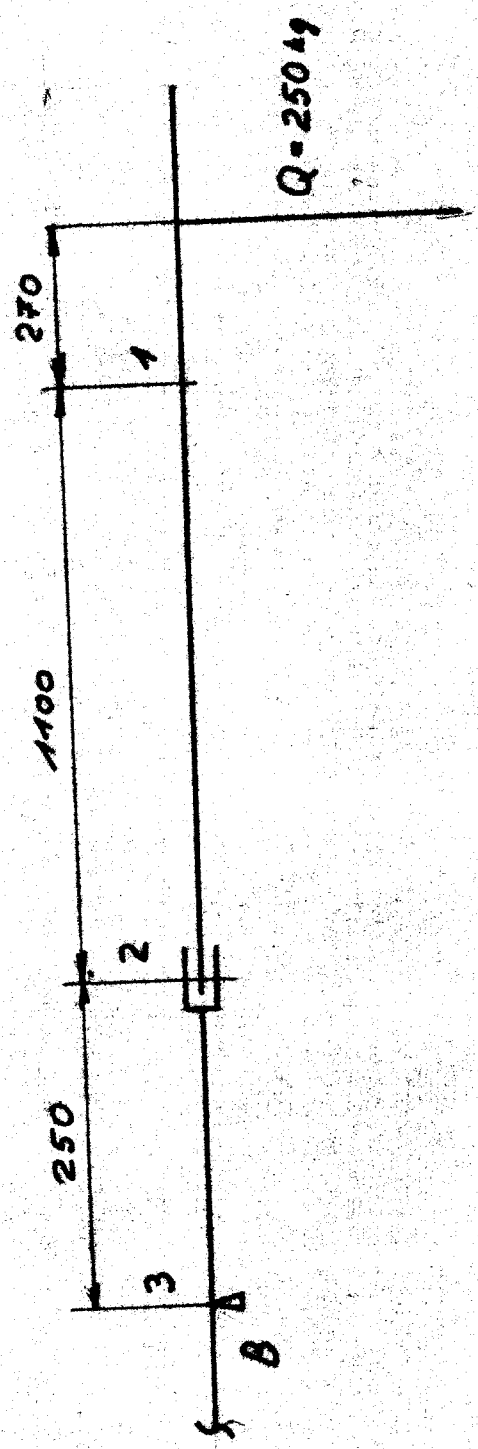
$$Q = V \cdot \rho = \pi \cdot l \cdot (R^2 - r^2) \cdot \rho =$$

$$= 6,28 \cdot (0,04^2 - 0,01^2) \cdot 7 \ 950 = 75 \text{ kg}$$

Pro $x = 87 \text{ cm}$ má ohybový moment velikost

$$M_0 = \frac{q \cdot x^2}{2} = \frac{0,372}{2} \cdot 87^2 = 1400 \text{ kpcm}$$

VŠBT Liberec	Rekonstrukce tažného stroje	Kolekce: Strojní a kování	
Fakulta strojní		DP-SS-71-99	list č. 32



obrázek číslo 7.

VŠST Liberec	Rekonstrukce	Katedra: Střížek a kovanky
Fakulta strojní	tažného stroje	DP-SS-71-99 list 233

$$G_r = \frac{M_o}{W_o} = \frac{1\ 400}{200} = 7 \text{ kp/cm}^2$$

Namáhání od váhy hubice a nábalu skloviny

$$Q = 250 \text{ kg}$$

Pro $x = 27 \text{ cm}$ má ohybový moment velikost

$$M_o = 250 \cdot 27 = 6\ 750 \text{ kpcm}$$

$$G_r = \frac{M_o}{W_o} = \frac{6\ 750}{200} = 33,5 \text{ kp/cm}^2$$

Namáhání teplotním polem

Dle II4I platí pro silnostěnnou trubku/vnitřní poloměr a , vnější poloměr b / vztah pro napětí na povrchu

$$G_t = \frac{2 \cdot G \cdot K}{\log \frac{b}{a}}, \text{ kde veličina } K \text{ má velikost}$$

$$K = \frac{1 + \mu}{4(1 + \mu)} \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Z II5I byla odečtena hodnota E pro 800°C .

$$E_{800^\circ} = 1,55 \cdot 10^4 \text{ kp/mm}^2$$

Ze vzorce závislosti modulu pružnosti ve smyku na modulu pružnosti E byla spočtena hodnota modulu pružnosti ve smyku pro 800°C .

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \mu)} = 0,385 \cdot E = 5,96 \cdot 10^3 \text{ kp/mm}^2$$

Po dosazení obdržíme hodnotu K /pro $\Delta T = 151 \text{ }^\circ\text{C}/$.

$$K = \frac{1}{4} \cdot \frac{1 + 0,3}{1 - 0,3} \cdot 18,8 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 \cdot 10^2 =$$

$$= 1,32 \cdot 10^{-3}$$

Dosazením do vzorce pro G_s dostaneme hodnotu napětí, způsobeného teplotním polem.

$$G_s = \frac{2 \cdot G \cdot K}{\log \frac{80}{20}} = \frac{2 \cdot 5,69 \cdot 10^3 \cdot 1,32 \cdot 10^{-3}}{0,602} =$$

$$= 25 \text{ kp/mm}^2$$

Výsledné napětí, působící v tomto místě, je rovno součtu těchto napětí.

$$G_c = G_r + G_s + G_b = 25 + 0,33 + 0,07 = 25,40 \text{ kp/mm}^2$$

Z tabulky odečtená pevnost v tahu pro $700 \text{ }^\circ\text{C}$ -

$$G_n = 38 \text{ kp/mm}^2$$

lze vypočítat ze vztahu

$$G_c = 0,285 \cdot (G_n + G_c) = 0,285 \cdot 60 =$$

$$= 17,2 \text{ kp/mm}^2$$

Z poměru G_c/G_n je vidět, že bezpečnost je menší než 1.

Přístala tedy nevyhovuje. Proto docházelo často k ohnu-

tí píšťaly.

K odstranění tohoto nedostatku vedou tyto cesty:

1. použití nového materiálu píšťaly
2. nové dimenzování píšťaly
3. snížení pracovní teploty píšťaly

/chlazení píšťaly /

ad 1.

V poslední době bylo vyvinuto několik nových žárovevných a žárovzdorných materiálů. Jejich použití a odskoušení je ovšem dlouhodobá a nákladná záležitost.

ad 2.

Zvětšením dimenzí píšťaly se dosáhne jistého zlepšení, není ovšem tak markantní.

ad 3.

Markantního zlepšení by se dalo dosáhnout snížením pracovní teploty /lepší chlazení/. Tím by také stoupla dovolené namáhání a tím i bezpečnost.

Proto u nového píšťalového stroje je již použito chlazené píšťaly. Tímto se dá bezpečnost zvýšit až na hodnotu 1,5 - 2.

Pro přesnější výpočet jak tepelný tak namáhání píšťaly je nutné provést přesnější a dlouhodobější měření.

VŠST Liberec	Pekonstrukce tažného stroje	Katedra: Sklášiví a keramiky	
Fakulta strojní		DP-SS-71-99	list 36

B/ Namáhání píšťaly v místě vetknutí

V tomto místě je píšťala namáhána pouze od váhy hubice, nabalené skloviny a vlastní váhy.

Namáhání od vlastní váhy

Ohybový moment /x = 200 cm/ činí:

$$M_o = \frac{q \cdot l^2}{2} = \frac{0,375 \cdot 200^2}{2} = 7\,500 \text{ kpcm}$$

$$\sigma_r = \frac{M_o}{W_o} = \frac{7\,500}{200} = 37,5 \text{ kp/cm}^2$$

Namáhání od váhy hubice a nábalu skloviny

Ohybový moment /x = 140 cm/ činí:

$$M_o = Q \cdot x = 250 \cdot 140 = 35\,000 \text{ kpcm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_o}{W_o} = \frac{35\,000}{200} = 175 \text{ kp/cm}^2$$

Celkové napětí je rovno součtu těchto napětí.

$$\sigma_c = \sigma_r + \sigma_s = 212,5 \text{ kp/cm}^2$$

$$\text{bezpečnost } s = \frac{\sigma_{c_0}}{\sigma_c} = \frac{1\,720}{212,5} = 8,6$$

C/ Namáhání píšťaly v místě uložení /přední ložisko/.

V místě uložení je píšťala namáhána vlastní vahou, vahou hubice a nábalu sklovin.

Namáhání od vlastní váhy

Ohybový moment /x = 225 cm/ je:

$$M_o = \frac{q \cdot x^2}{2} = \frac{0,375 \cdot 225^2}{2} = 9\,450 \text{ kpcm}$$

$$\sigma_r = \frac{M_o}{W_o} = \frac{9\,450}{200} = 47,25 \text{ kp/cm}^2$$

Namáhání od váhy hubice a nábalu sklovin

$$M_o = Q \cdot x = 250 \cdot 165 = 41\,300 \text{ kpcm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_o}{W_o} = \frac{41\,300}{200} = 206,5 \text{ kp/cm}^2$$

Celkové napětí je rovno součtu těchto napětí.

$$\sigma_c = \sigma_r + \sigma_s = 256,7 \text{ kp/cm}^2$$

$$\text{bezpečnost } s = \frac{1\,720}{256,7} = 6,7$$

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY
V KAPITOLE 3,4,5,6,7.

- I10I Metody izmereni ja te mperatury, 2. část,
Izdatelstvo inostrannoj literatury,
Moskva 1954
- I11I Katalog valivých ložisek ZKL,
SNTL, Praha 1969
- I12I Přednášky Teorie a stavba sklářských strojů
1971, /s. prof. Staněk/, část 2
- I13I DUEBEL: Inženýrská příručka pro stavbu strojů,
díl 1., SNTL, Praha 1961
- I14I PARKUS: Wärmespannungen infolge stationäres
temperaturfelder, Springer Verlag,
Wien 1953
- I15I DOLEJŠÍ: Elektrické odporové pece a sušárny,
SNTL, Praha 1967

VŠST Liberec	Rekonstrukce	Katedra: Sklářství a keramiky	
Fakulta strojní	tažného stroje	DP-SS-71-99	List č. 39

9. S E Z N A M V Ý K R E S U

Součástí této diplomové práce DP - SS - 71 - 99

jsou výkresy číslo:

DP - SS - 71 - 99 - 100 /2 listy/

DP - SS - 71 - 99 - 110 /1 list/

DP - SS - 71 - 99 - 200 /2 listy/

DP - SS - 71 - 99 - 220 /4 listy/

10. Z Á V Ě R

Jak již bylo řečeno se provádělo pouze orientační měření. Podrobnější měření by si vyžádalo podstatně delší dobu a přípravu, což vedení závodu v současné době nemohlo zajistit z důvodu toho, že na těchto strojích je plánována výroba a závod je v současné době v rekonstrukci.

Byl vyzkoušen systém měření a přenosu naměřených hodnot z rotující píšťaly. Tento systém se plně osvědčil a může se použít k dalšímu podrobnému měření, které by mělo velký význam nejen pro technologii výroby skleněných trubic, ale i pro konstrukci píšťalového stroje. Vycházející z výsledků měření byl navržen nový materiál hubice /zirkonsilikát/, změněno chlazení a uspořádání píšťaly. Podrobnější měření by jistě přispělo k dalším zlepšením na píšťalovém stroji, například vyřešení snadnější výměny hubice. Tím by se jistě přispělo k většímu využití příslušného agregátu.

Věřím, že mi bude umožněno pokračovat v tomto na závadě.

Závěrem bych chtěl poděkovat:
vedoucímu diplomové práce s. prof. ing. F. Kotšmídovi
za cenné rady
vedení závodu Skláren KAVALIER Hostomice za pomoc
při měření

VŠST Liberec	Rekonstrukce tažného stroje	Katedra: Stříšství a keramiky	
Fakulta strojní		DA. 55-71-90	List č. 41

s. R. Niesigovi za pomoc při návrhu a vlastním měře-
ní

s. ing. L. Krocakovi za poskytnuté rady a dokumenta-
ci .

V Liberci dne 30.6.1971

K. Novolný

1	RÁM	ODLITEK	4224 15						
1	VÍKO	ODLITEK	4224 15						2
1	SEGMENT	ODLITEK	4224 15						3
1	ODPAD VODY	ODLITEK	4224 15						4
1	CHLAD. VLOŽKA	ODLITEK	4224 15						5
1	HUBICE								6
1	ULOŽ. PÍŠŤALY Ø150x100C	ČSN 4255 10	11 500						7
1	VLOŽKA Ø180x20	ČSN 4255 10	11 500						8
1	VÍČKO Ø180x20	ČSN 4255 10	11 500						9
1	VÍČKO Ø180x30	ČSN 4255 10	11 500						10
1	DIST. VLOŽKA Ø120x30	ČSN 4255 10	11 500						11
1	DIST. VLOŽKA Ø150x160	ČSN 4255 10	11 500						12
1	DIST. VLOŽKA Ø160x70	ČSN 4255 10	11 500						13
1	VÍČKO Ø210x20	ČSN 4255 10	11 500						14
1	DRŽAK PÍŠŤALY Ø100x124	ČSN 4255 10	17 255						15
1	PÍŠŤALA Ø80x1430	ČSN 4255 10	17 255						16
1	STINĚNÍ PLECH 5	ČSN 4253 15	17 255						17
1	DIST. TRUBKA TRUBKA 100x250	ČSN 4267 10	17 255						18
1	VLOŽKA Ø220x50	ČSN 4255 10	17 255						19
1	MATICE M80 Ø130x160	ČSN 4255 10	17 255						20
1	PODLOŽKA Ø130x5	ČSN 4255 10	17 255						21
1	MATICE M98 Ø130x8	ČSN 4255 10	17 255						22
1	MATICE M82 Ø130x30	ČSN 4255 10	11 500						23
1	PODLOŽKA Ø130x10	ČSN 4255 10	11 500						24
1	ŠNEK Ø45x500	ČSN 4255 10	12 020.7						25
1	ŠNEK. KOLO Ø250x40	ČSN	4230 16						26
1	MATICE M62 Ø130x70	ČSN 4255 10	11 500						27
1	PRÍVOD VZDUCHU TRUBKA Ø50x1800	ČSN 4267 10	17 255						28
1	CHLAD. PÍŠŤALY TRUBKA Ø60x1400	ČSN 4267 10	17 255						29

Horsting