

Vysoká škola: strojní a textilní

Katedra: sklářských strojů a
technologie skla

Fakulta: strojní

Školní rok: 1967/68

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro N o v á k a Pavla

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

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: Výroba barevného litého skla.

Pokyny pro vypracování:

Barevné lité sklo se hutním způsobem v průběhu svého tvarování nevyrábí. Byly již provedeny některé pokusy, ovšem s negativními výsledky.

Úkolem Vaší diplomní práce je navrhnout ideový návrh výroby barevného litého skla, upravit nebo navrhnout zařízení pro tuto výrobu. Výkresová dokumentace Vám bude upřesněna v průběhu řešení Vaší diplomní práce vedoucím Vaší diplomní práce.

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní
závěrečné zkoušky č. j. 31 727/62-III/2 ze dne
13. července 1962-Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze dne
31.8.1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

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

Rozsah grafických laboratorních prací:

Rozsah průvodní zprávy: cca 40 stran textu

Seznam odborné literatury:

Podklady pro řešení získáte na OŘ Sklo-Union a na závodě
Sklo-Union 03, Duchcov.

Vedoucí diplomní práce: Ing. Michael Slunečko - VŠST

Konsultanti: E. Daniel - ved. inž. serv. OŘ Sklo-Union Teplice

Datum zahájení diplomní práce: 15. prosince 1967

Datum odevzdání diplomní práce: 17. června 1968



Prof. Ing. Dr. F. Kotšmíd

Vedoucí katedry

Prof. Ing. C. Höschl

Děkan

v Liberci

dne

13. prosince

1967

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vysoká škola strojní a textilní, fakulta strojní

Specialisace: Konstrukce sklářských strojů.

Vedoucí diplomové práce: ing. Slunečko

Konzultant: Ved.inž.serv.E. Daniel

SKLO UNION Teplice / oborové ředitelství /

ZADÁNÍ

Název tématu: Výroba barevného litého skla.

Pokyny pro vypracování: Barevné lité sklo s hutním způsobem v průběhu svého tvarování nevyrábí. Byly již provedeny některé pokusy avšak s negativními výsledky.

Úkolem vaší diplomní práce je navrhnout ideový návrh výroby barevného litého skla, upravit, nebo navrhnout zařízení pro tuto výrobu.

Výkresové dokumentace vám bude upřesněna v průběhu řešení vaší diplomní práce vedoucím vaší diplomní práce.

Seznam použitých označení a zkratk.

Q	celkové teplo	kcal/hod.
F	plocha	m ²
α	koeficient přestupu tepla	kcal/m ² h °C
Δt	teplotní rozdíl	°C
Gr	Grashofovo číslo	
Pr	Prantlovo číslo	
β	objemová roztažnost	1/°C
g	gravitační zrychlení	m/sec ²
d	určovací rozměr	m
ν	kinematická viskozita	m ² /sec.
μ	dynamická viskozita	kgsec/m ²
γ	měrná váha	kg/m ³
ρ	hustota	kgsec ² /m ⁴
c_p	měrné teplo	kcal/kg °C
λ	tepelná vodivost	kcal/mh °C
Nu	Nusseltovo číslo	
G	váha	kg
t	teplota	°C
a	délky pouzdra	m
b	" "	m
r	poloměr	m
t	substituční proměnná	
$d_1, d_2, d_3 \dots$	průměry chladiče	m
Re	Reynoldsovo číslo	
G	množství chladicí vody	l/hod.
w	rychlost vody	m/sec.
B_2	shrnovací konstanta ve vzorci pro výpočet α	m

d_{ek}	ekvivalentní průměr	m
U	obvod	m
s	síla stěny	m
G"	váha přídavné skloviny	kg
V	objem přídavné skloviny	dm ³
d_t	průměr přídavné tyče	cm
D	průměr poháněcí kladky	cm
v	rychlost tyče	cm/min.
n	otáčky hydromotoru	1/min.
Mk	krouticí moment hydromotoru	kpm
N	výkon hydromotoru	ks
R	odpor mezi elektrodami přívěvu	Ω
ρ'	měrný odpor skloviny	Ω/cm
d'	vzdálenost mezi elektrodami	mm
r'	poloměr elektrody	mm
I	proud	A
N_{el}	výkon přívěvu	kVA
U	napětí mezi elektrodami	V
l	délka přídavné tyče	m
G_{mat}	váha matečné skloviny	kg
c_{po}	měrné teplo při 20°C	kcal/kg °C
c_{pt}	měrné teplo při teplotě t	kcal/kg °C
λ_0	tepelná vodivost při 20°C	kcal/mh °C
λ	tepelná vodivost při teplotě t	kcal/mh °C
P	síla	kp
T	třecí síla	kp
f	koefficient tření	
S	síla pružiny	kp
D	velký průměr pružiny	mm

d_d	průměr drátku	mm
τ_{dov}	dovolené smykové napětí	kp/cm ²
G	modul pružnosti ve smyku	kp/cm ²
G_b	váha barevného skla	kg
P	práce	kgm/hod.
H	výtlačná výška	m
S	povrch elektrody	cm ²

Seznam použité literatury.

- | | | |
|-----|------------------------------|---|
| /1/ | ing. Volf | : Sklářské tabulky a výpočty |
| /2/ | Mikulů S. dipl. techn. | : chlazení držáků elektrod |
| /3/ | | : Spravočník po výrobě skla. |
| /4/ | Penberty Elektromelt Company | : The Penelectro bubbling system for glass tanks. |
| /5/ | Prof. dr. ing. J. Staněk | : Zjišťování parametrů pro elektrické tavení skla. |
| /6/ | ing. O. Konečná | : Modelování vany Fct, pro vozy s elektropříhřevem. |

Ú_v_o_d.

V hutních sklářských provozech se roztavená sklovina odbírá k tvarování z velkých zásobníků - sklářských vanových pecí. Tyto velké zásoby utavené skloviny jsou z technologických důvodů velmi nutné. Způsobuje je proces tavení a homogenizace skloviny. Jejich vinou se ale výroba stává málo pružnou, což způsobuje značné ekonomické ztráty. Chceme-li totiž změnit barvu vyráběného výrobku, v našem případě litého barevného plochého skla ale i jiného výrobku, nelze to provést v krátké době a je to spojeno s takovými náklady, že měnit barvu k vůli malým zakázkám zboží by bylo neekonomické. To způsobuje jednak přímou a jednak nepřímou ztrátu zákazníka. Proto bylo snahou zkonstruovat zařízení, které by pracovalo s bílou sklovinou, a které by upravovalo její barvu těsně před tvarovacím procesem. Pak by se nemuselo čekat až se spotřebuje celá zásoba barevné skloviny ve vanové peci a doba změny barvy výrobku by se redukovala na dobu změny barvy v barvicím zařízení, která by závisela jen na jeho principu a konstrukci.

Byly již nalezeny způsoby operativní změny barev například tím, že sklovina se před tvarovacím procesem intenzivně přibarvuje kysličníky. Tento způsob měl však za následek nehomogenní intenzitu zabarvení skloviny. Existuje rovněž způsob výroby přejímaného barevného plochého skla jenže ne litého ale taženého a to způsobem Fourcaultovým. Je založen v podstatě na tom, že do cibu-
le vznikající nad tažným otvorem výtlačnice je samospá-

dem přiváděno barevné sklo, které stéká po šamotové desce a je strháváno bílým sklem, na kterém pak vytváří barevnou vrstvu. Vzniká tak vlastně barevné ploché sklo přejímané.

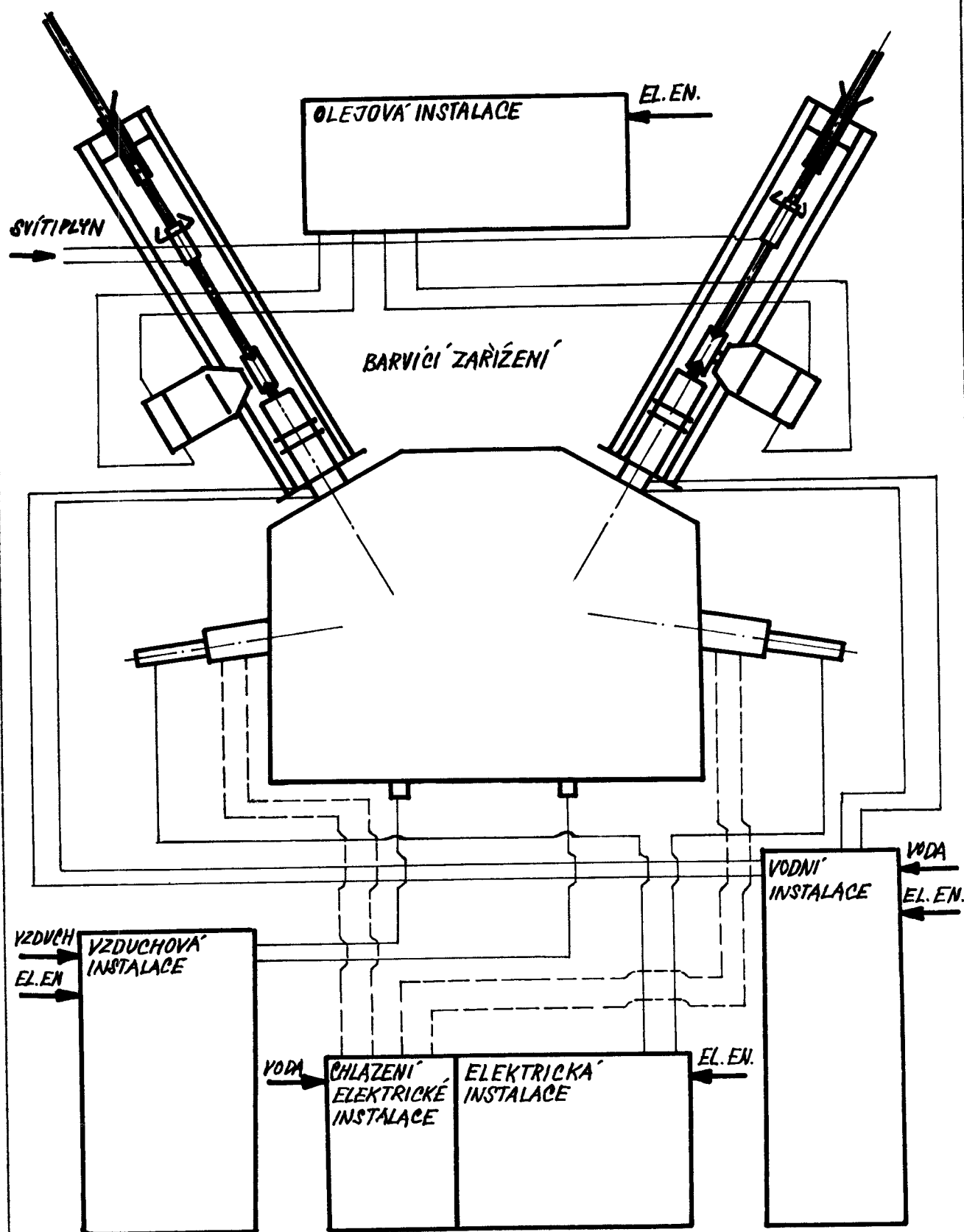
Já jsem se rozhodoval v podstatě mezi dvěma možnými způsoby výroby barevného plochého skla. První způsob by spočíval asi vtom, že nad pásem sklonoviny těsně před jejím vstupem do lících válců by byla šamotová pícka, kde by se z barevné skleněné frity pomocí hořáků utavovala barevná sklovina, která by vytékala v souvislém pásu štěrbinou ve dně pícky a kladla by se na povrch pásu bílé skloviny. Výsledkem by tedy bylo opět přejímané barevné ploché sklo.

V druhém způsobu vycházejícím ze stávajícího zařízení na elektrický příhřev skloviny, by v podstatě šlo o přidání tak zvaných pouzder přibarvovačů do pracovního prostoru vanové pece. Byla by to grafitová pouzdra zasunutá pod hladinu skloviny, chlazená vodou, jimiž by procházela skleněná intenzivně barevná tyč, která by se utavovala následkem toho, že zasunutím by bylo provedeno nad elektrodami příhřevu způsobujícími zvýšení teploty matčné skloviny. Tento příhřev nezpůsobuje jenom zvýšení teploty skloviny ale i její cirkulaci, která znamená zhomogenizování barvy v celém průřezu průtoku. Aby probarvení bylo dokonalé míchala by se sklovina probubláváním zařízením podle americké firmy Penberthy Electromelt

Company / 4301 Sixth Avenue South, Seattle 8 Washington /.

Po pečlivé úvaze jsem se rozhodl pro druhý způsob, který ačkoliv se zdá být složitějším, dává širší možnost uplatnění nejen ve výrobě plochého skla, ale i ostatních výrobků, u nichž sklovina prochází buď takovým prostorem jako je tomu u plochého litého skla a nebo feedrem. První způsob je naprotitomu omezen právě jen na výrobu plochého skla. Změna barvy výrobku by se redukovala na navaření přídavné tyče jiné barvy na tyč původní a odebrání zbytku skloviny původní barvy, což by bylo u plochého skla a při odběru 60 t/ 24 hod. otázkou deseti až patnácti minut. To by ovšem znamenalo vysokou přispůsobilost výroby požadavkům trhu a velkou výhodou proti konkurenci.

Jde hlavně o vyřešení vlastního zařízení na podávání přídavné skloviny, jeho funkce, jeho umístění a jeho tepelného výpočtu. Výchozím polotovarem pro výrobu barevného plochého skla je intenzivně barevná tyč o průměru 25 až 28 mm délky asi 1 m dodávaná závody Jablonecké bižuterie, kde se používá jako polotovar pro mačkadla. Tyč je proměnného nepravidelně kruhového průměru.

BLOKOVÉ SCHEMA CELÉHO ZAŘÍZENÍ

Některé hodnoty, které budeme potřebovat k dalšímu řešení.

Odběr: 40 až 60 t/24 hod.

Teploty:

místo 1 - 1370°C

2 - 1270°C

3 - 1250°C

válce - 1100°C

Matečná sklovina

<u>složky</u>	<u>vsázka</u>	<u>sklovina</u>
sklářský písek T 25	470 kg	441,89 kg
soda kalcinovaná	145 "	83,49 "
dolomitický písek	75 "	36,53 "
vápenec mletý	95 "	56,28 "
hydroxyd hlinitý 65,5 %	1,8	1,16 "
síran sodný kalcinovaný	6,2	4,72 "
střepy	150	149,25 "

Chemické složení matečné skloviny.

SiO_2 69,18 %

K_2O 15,78 %

CaO 10,26 %

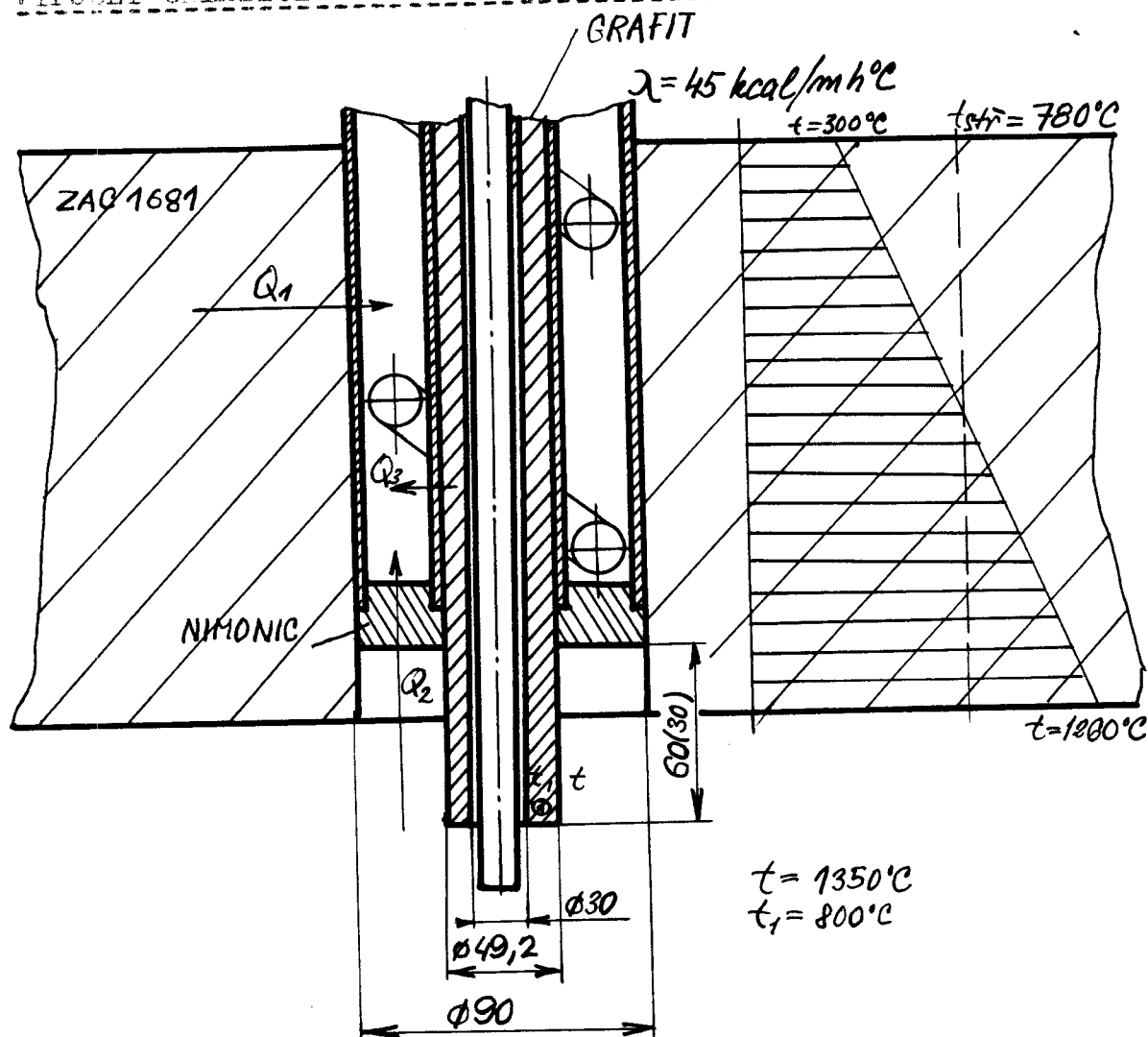
MgO 2,94 %

R_2O_3 0,88 %

Fe_2O_3 0,08 %

Pro výpočet fyzikálních vlastností matečné skloviny.

VÝPOČET CHLAZIČE GRAFITOVÉHO POUZDRA PŘIBARVOVAČE.



Teplo odvedené vodou Q bude

$$Q = Q'' + Q' + Q_5$$

Q musíme zjistit z toho, že pouzdro se musí ochladit na teplotu při níž se nebude lepit na skleněnou tyč. Do pouzdra přestupuje teplo z matečné skloviny a z tyče, mezi tyčí a pouzdrem je však značně velká vzduchová me- zera, tak že teplo přešlé vedením z tyče do pouzdra je zanedbatelně malé. Nebezpečí lepení tyče na pouzdro je hlavně na jeho konci.

Po vyčíslení výpočtu, který bude uveden dále, dostaneme vzorec pro množství tepla přešlého z 1 do 2 a to se musí rovnat teplu přešlému ze skloviny do 1 a to bude:

$$Q_5 = F \cdot \alpha \cdot \Delta t = [0,785(0,05^2 - 0,03^2) + \pi \cdot 0,05 \cdot 0,06] \cdot \alpha \cdot \Delta t =$$

$$= 0,0108 \cdot \alpha \cdot \Delta t = 0,0108 \cdot \alpha \cdot (t_s - t_1) = 0,0108 \cdot 170 \cdot 550 =$$

$$t_s = 1350^\circ\text{C} \quad = 1008 \text{ kcal/hod}$$

$$t_1 = 800^\circ\text{C}$$

Určení α

Nejprve je nutno zjistit součin Grashofova a Prantlova čísla abychom zjistili, který vzorec pro výpočet použijeme.

$$Gr = \beta \cdot \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \cdot \Delta t \quad \nu = \frac{\mu \cdot g}{\gamma} ; \rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{2300}{9,81} = 234 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^3}{\text{m}^3}$$

$$Pr = \frac{3600 \cdot c_p \cdot \mu \cdot g}{\lambda}$$

$$Gr \cdot Pr = \beta \cdot \frac{g \cdot d^3 \cdot \Delta t}{\nu^2} \cdot \frac{3600 \cdot c_p \cdot \mu \cdot g}{\lambda} = \beta \cdot \gamma^2 \cdot d^3 \cdot \Delta t \cdot c_p \cdot \frac{3600}{\lambda \cdot \mu}$$

Musíme zjistit některé fyzikální veličiny matečné skloviny potřebné pro výpočet.

Z měření profesora doktora inženýra J. Staňka na modelové vaně:

$$\text{viskozita} = 6,792 \cdot 10^2 / \text{P} / = 6,792 \frac{\text{kg} \cdot \text{sec}}{\text{m}^2}$$

$$\text{roztlačnost} = 7,25 \cdot 10^{-4} / \text{l} / \quad \text{v rozmezí } 1050 \text{ až } 1450^\circ\text{C}$$

Měrné teplo c_p

Zjistíme ze složení matečné skloviny pomocí faktorů Winkelmanových / z knihy Dr. Volfa - Sklářské tabulky a výpočty /.

Předběžný výpočet na kolik se asi ohřeje sklovina přívěvem.

Množství přídavné skloviny za hodinu je 83,1 kg/hod.

Odeěr skloviny je 60.000 kg/24 hod. to je 2.500 kg/hod. = G_{mat}

$$Q = G_p c_{p_i} (t_2 - t_1) = 83,1 \cdot 0,3 \cdot 1240^\circ = 30\,000 \text{ kcal/hod}$$

$$Q = G_{mat} \cdot c_{p_{mat}} \cdot (t_{2,mat} - t_{1,mat}) \Rightarrow 30\,000 = 2500 \cdot 0,265 \cdot \underbrace{(t_2 - 1260)}_{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{300}{6,64} = 45^\circ \text{C}$$

Čili z 1.260°C se matečná sklovina ohřeje asi na 1.305°C / ve skutečnosti, proto že se neohřívá rovnoměrně bude konečná teplota asi 1.350°C. Ohřátí v jednotlivých místech lze zjistit pouze měřením na modelové vaně což by nebylo pro tento případ ekonomické/.

Určovací teplota pro c_p bude tedy asi:

$$\frac{1350 + 800}{2} = 1075^\circ \text{C}$$

$$69,18\% \text{ SiO}_2 \dots \frac{69,18}{100} \cdot 0,1913 = 0,1322 \quad \text{Faktor}$$

$$2,94\% \text{ MgO} \dots \frac{2,94}{100} \cdot 0,2439 = 0,0716$$

$$10,26\% \text{ CaO} \dots \frac{10,26}{100} \cdot 0,1913 = 0,0196$$

$$15,78\% \text{ Na}_2\text{O} \dots \frac{15,78}{100} \cdot 0,2674 = 0,0422$$

Fe_2O_3 } MALÝ OBSAH
 P_2O_5 } AWINKELMANOV
 FAKTOR MALÝ

$$c_{p_{mat}} = 0,2656 \text{ kcal/kg}^\circ \text{C}$$

c_p PŘI TEPLOTĚ $t = 1075^\circ \text{C}$

$$c_p = c_0 (1 + 0,00078 \cdot t) = 0,2656 (1 + 0,00078 \cdot 1075) = 0,48 \text{ kcal/kg}^\circ \text{C}$$

Tepelná vodivost skla. λ

Pro tento případ stačí hodnota 0,7 kcal/mh

Se známou teploty o 100 změní se asi o 7 % čili při teplotě 1075 bude vyšší o 10,75.7 % to je o 74 % což představuje 1,22 kcal/mh

Zjištění zda máme uvažovat jako nucené nebo samovolné proudění.

Průřez prostoru kuďy sklovina protéká je:

$$F = 110 \text{ cm} \cdot 45 \text{ cm} = 4950 \text{ cm}^2, \text{ ODBĚR JE } 60 \text{ t}/24 \text{ hod}$$

$$\text{TO JE } 17\,660 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$V_{\text{čas}} = \frac{60\,000}{2,3} = 25\,500 \text{ dm}^3/24 \text{ hod}$$

Rychlost skloviny v pracovním prostoru:

$$C_{\text{skla}} = \frac{V_{\text{čas}}}{F} = \frac{17\,660}{4950} = 3,55 \text{ cm/min}$$

To je velmi malá rychlost skloviny, sklovina prakticky stojí, můžeme tedy počítat jen se samovolným prouděním.

$$\text{Gr.Pr} = 7,25 \cdot 10^{-4} (2,3 \cdot 10^3)^2 (5 \cdot 10^{-2})^3 \cdot 550. \quad \eta = 2300 \text{ kg/m}^3$$

$$\cdot 0,48 \cdot \frac{3600}{6792 \cdot 1,22} = 7,25 \cdot 4,14 \cdot 125 \cdot 264 \cdot \frac{3,6 \cdot 10^3}{228} =$$

$$= 337\,000 \cdot 0,0127 = 42800$$

$$\langle 5 \cdot 10^2 \div 2 \cdot 10^7 \rangle$$

Jedná se o intenzivní laminární a vířnatý pohyb. V této oblasti / Gr.Pr v mezích $5 \cdot 10^2$ až $2 \cdot 10^7$ / leží většina všech praktických případů a proto je rovnice pro výpočet

α nejlépe potvrzena. K této oblasti tedy přísluší rovnice pro Nu :

$$Nu = 0,54 \cdot \sqrt[4]{Gr \cdot Pr}$$

$$Nu = 0,54 \cdot \sqrt[4]{42800} = 0,54 \cdot 13 = 7,01$$

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda} \Rightarrow \alpha = Nu \cdot \frac{\lambda}{d}$$

$$\alpha = 7,01 \cdot \frac{1,22}{0,05} = 170 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

Nyní, když jsme zjistili Q - množství tepla, které za hodinu přestoupí do grafitového pouzdra za předpokladu, že toto pouzdro má teplotu 800°C / teplota, při níž se na ně nelepí tyč z přídatné skloviny /, potřebujeme získat vzorec pro Q , které se rovná teplu Q_5 a které projde od skloviny pouzdrem do místa, kde se odvádí do stěny chladiče, v závislosti na rozdílu teplot t_1 a t_4 / t_1 -teplota pouzdra u skloviny, t_4 teplota pouzdra u chladiče/.

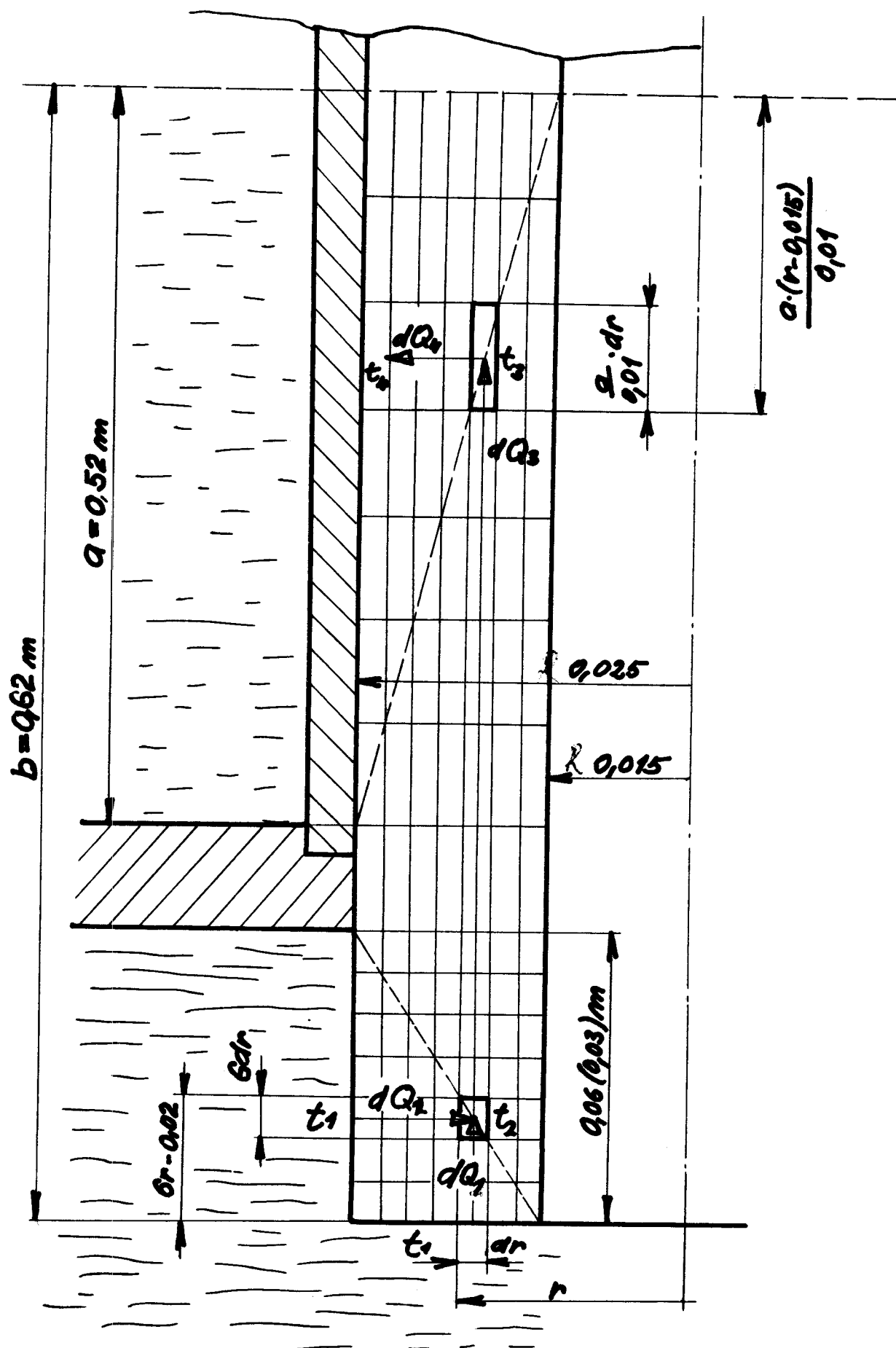
Odvození tohoto vzorce.

Konstanty a a b jsem používal proto že jsem neměl k dispozici skutečné hodnoty / ty jsem zjistil až ke konci výpočtu /.

$$dQ_1 = 2\pi r dr \cdot \frac{\lambda}{6r - 0,09} (t_1 - t_2)$$

\ SÍLA STĚNY, KTEROU TEPLLO PROSTUPUJE

$$dQ_2 = 2\pi r \cdot 6dr \cdot \frac{\lambda}{0,025 - r} (t_1 - t_2)$$



$$dQ_3 = 2\pi \cdot r \cdot dr \cdot \frac{\lambda}{b - \frac{a(r-0,015)}{0,01} - (6r-0,09)} (t_2 - t_3)$$

$$dQ_4 = 2\pi r \cdot \frac{a}{0,01} \cdot dr \cdot \frac{\lambda}{0,025 - r} (t_3 - t_4)$$

Protože u povrchu by teplo přestoupené do elementu bylo nekonečné / tloušťka stěny s je zde nulová / budeme přibližně počítat, že teplo se vede dříve naznačeným způsobem až 1 mm pod povrchem / na válcové ploše / a 6.0,016-0,09 mm pod povrchem na mezikruhové ploše.

Tím dosáhneme toho, že integrály budou konečné a nedopustíme se velké chyby.

Meze integrálu tedy musí být: pro Q_1 0,016 až 0,025
 Q_2 0,015 až 0,024
 Q_3 0,015 až 0,024
 Q_4 0,015 až 0,024

Integrace.

$$Q_1 = 2\pi \cdot \lambda \cdot (t_1 - t_2) \int_{0,016}^{0,025} \frac{r}{6r - 0,09} dr = \overbrace{\frac{2}{6} \pi \cdot \lambda \cdot (t_1 - t_2)}^K \cdot$$

$$\int_{0,016}^{0,025} \frac{r}{r - 0,015} dr \left| \begin{array}{l} \text{SUBSTITUTE:} \\ r - 0,015 = t \\ dr = dt; r = 0,015 + t \end{array} \right| =$$

$$= K \cdot \int \frac{0,015 + t}{t} dt = K \cdot \int \left(\frac{0,015}{t} + 1 \right) dt =$$

$$= [0,015 \lg t + t] \cdot K = \frac{2}{6} \cdot \pi \cdot \lambda \cdot (t_1 - t_2) \cdot [0,015 \lg(r - 0,015) +$$

$$+ r - 0,015]_{0,015}^{0,025} = \frac{2}{6} \pi \cdot \lambda \cdot (t_1 - t_2) \cdot [0,015 \cdot \lg(0,01) +$$

$$+ 0,01 - (0,015 \cdot \lg 0,001 + 0,001)] = \underline{0,00786 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot (t_1 - t_2)}$$

$$Q_2 = \overbrace{12 \pi \cdot \lambda \cdot (t_1 - t_2)}^{K_1} \cdot \int_{0,015}^{0,024} \frac{r}{0,025 - r} dr = \left. \begin{array}{l} \text{SUBSTITUTE:} \\ 0,025 - r = t \\ dr = -dt \end{array} \right\}$$

$$r = 0,025 - t \left| = K_1 \int - \frac{0,025 - t}{t} = K_1 \int \left(-\frac{0,025}{t} + 1 \right) dt =$$

$$K_1 [\lg t \cdot (-0,025) + t] = [-0,025 \cdot \lg(0,025 - r) +$$

$$+ 0,025 - r]_{0,015}^{0,024} \cdot K_1 = K_1 [0,025 \lg(0,001) + 0,001 -$$

$$- (-0,025 \lg 0,01 + 0,01)] = 0,048 \cdot 12 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot (t_1 - t_2) =$$

$$\Rightarrow Q_2 = 0,576 \cdot \lambda \cdot \pi (t_1 - t_2)$$

$$Q_4 = 2 \pi \cdot \lambda \cdot \frac{a}{0,01} \cdot 0,048 \cdot (t_3 - t_4) =$$

$$= \pi \cdot \lambda \cdot \frac{1,04}{0,01} \cdot 0,048 \cdot (t_3 - t_4) = Q_4$$

$$Q_4 = 4,99 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot (t_3 - t_4)$$

$$Q_3 = \int_{0,015}^{0,024} 2\pi r dr \cdot \frac{\lambda}{b - \frac{a \cdot (r - 0,015)}{0,01} - (6r - 0,09)} \cdot (t_2 - t_3) =$$

$$= \underbrace{2\pi \cdot \lambda \cdot (t_2 - t_3)}_{K_3} \int_{0,015}^{0,024} \frac{r \cdot dr}{0,62 - \frac{0,52(r - 0,015)}{0,01} - (6r - 0,09)} =$$

$$= K_3 \cdot \int_{0,015}^{0,024} \frac{\frac{r}{58} dr}{\frac{-58r + 1,49}{58}} = + \frac{K_3}{58} \int_{0,015}^{0,024} \frac{r}{-r + 0,0257} dr =$$

$$= \left| \begin{array}{l} \text{SUBSTITUTE:} \\ -r + 0,0257 = t \quad -t = r - 0,0257 \\ r = 0,0257 - t \quad dr = -dt \end{array} \right| =$$

$$= -\frac{K_3}{58} \int \frac{-t + 0,0257}{t} dt = -\frac{K_3}{58} [-t + 0,0257 \lg t] =$$

$$= -\frac{K_3}{58} \left[r - 0,0257 + 0,0257 \lg(-r + 0,0257) \right]_{0,015}^{0,024} =$$

$$= 2\pi \cdot \lambda \cdot (t_2 - t_3) \cdot \left(-\frac{1}{58}\right) \cdot [-0,0017 + 0,0257 \lg(0,0017) -$$

$$- \{0,0107 + 0,0257 \lg(0,0107)\}] \Rightarrow$$

$$Q_3 = 0,001324 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot (t_2 - t_3)$$

Nyní použijeme stejné metody jako při odvození celkového součinitele prostupu tepla u složené rovinné stěny.

Tepla $Q_1 + Q_2, Q_3, Q_4$ se sobě rovnají a musí se rovnat teplu Q_5 .

$$Q_1 + Q_2 = 0,00786 \pi \cdot \lambda \cdot (t_1 - t_2) + 0,576 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot (t_1 - t_2) = \\ = 0,58386 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot (t_1 - t_2)$$

$$\left. \begin{aligned} t_1 - t_2 &= \frac{Q_5}{0,58386 \cdot \pi \cdot \lambda} \\ t_2 - t_3 &= \frac{Q_5}{0,001324 \cdot \pi \cdot \lambda} \\ t_3 - t_4 &= \frac{Q_5}{4,99 \cdot \pi \cdot \lambda} \end{aligned} \right\} \Rightarrow t_1 - t_4 = \frac{Q_5}{\pi \cdot \lambda} \left(\frac{1}{0,58386} + \frac{1}{0,001324} + \frac{1}{4,99} \right) =$$

$$= \frac{Q_5}{\pi \cdot \lambda} \cdot (1,685 + 755 + 0,2) = \frac{Q_5}{\pi \cdot \lambda} \cdot 756,885 =$$

$$= \frac{Q_5}{\lambda} \cdot 244,6$$

Q_5 se musí rovnat teplu, které přejde ze skloviny do grafitu za hodinu. $Q = 641$ kcal/hod.

Nyní musíme zjistit grafitu, ze kterého je vyrobeno pouzdro. λ grafitu je 140 kcal/mh / jedná se o grafit v takové formě, v jaké je například v grafitových elektrodách.

$$t_1 - t_4 = \Delta t = \frac{244,6 \cdot 500}{140} = 1740^\circ\text{C}$$

1740°C je příliš velký teplotní rozdíl. To znamená, že musíme zvětšit teplo, které přestoupí pouzdem do vody a to provedeme zkrácením pouzdra ze strany skla.

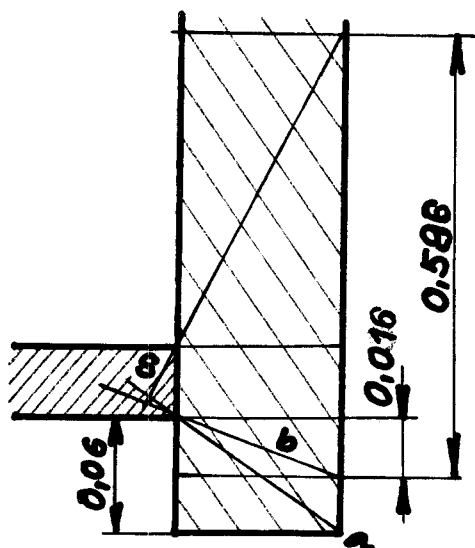
Tím se nám zmenší také Q_5 , vstupující do pouzdra ze skloviny, což bude činit hlavní podíl na zvýhodnění přestupu. Zkrátíme vyčnívající část pouzdra o 44 mm tedy vyčnívat bude $0,016\text{ m} = 16\text{ mm}$

Tedy Q_5 bude:

$$\begin{aligned} Q_5 &= F \cdot \alpha \cdot \Delta t = [0,785 \cdot (0,05^2 - 0,03^2) + \pi \cdot 0,05 \cdot 0,016] \cdot \\ &\cdot 108 \cdot 550 = (0,001357 + 0,0025) \cdot 108 \cdot 550 = \\ &= 352 \text{ kcal/hod} \end{aligned}$$

Změna jednotlivých tepel Q_1 Q_2 Q_3 bude závislá na tom, co se ve vzorci změní zkrácením pouzdra.

U Q_3 můžeme přibližně uvažovat, že čára b vede do téhož středu S jako a.



Q_1 - mění se jenom tloušťky stěny jimiž prochází v teplo do elementu, a to: zmenšují se v poměru 16/60. V tom též poměru se tedy zvětší Q_1 .

$$Q_1 = \frac{60}{16} \cdot 0,00786 \pi \cdot \lambda (t_1 - t_2) = 0,02951 \cdot \pi \cdot \lambda (t_1 - t_2)$$

Q_2 - mění se jenom plocha F a to: zmenšuje se v poměru 16/60. Tedy teplo Q_2 se zmenší v tomto poměru.

$$Q_2 = \frac{16}{60} \cdot 0,576 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot (t_1 - t_2) = 0,153 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot (t_1 - t_2)$$

Q_3 - mění se tloušťky stěny jimiž prochází teplo ze strany skloviny na stranu chladiče a to zmenšují se v poměru 58/62. Tedy teplo se v tomto poměru zvětší.

$$Q_3 = \frac{62}{58} \cdot 0,001324 \cdot (t_2 - t_3) = 0,001398 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot (t_2 - t_3)$$

Teplo Q_4 zůstává stejné.

Potom:

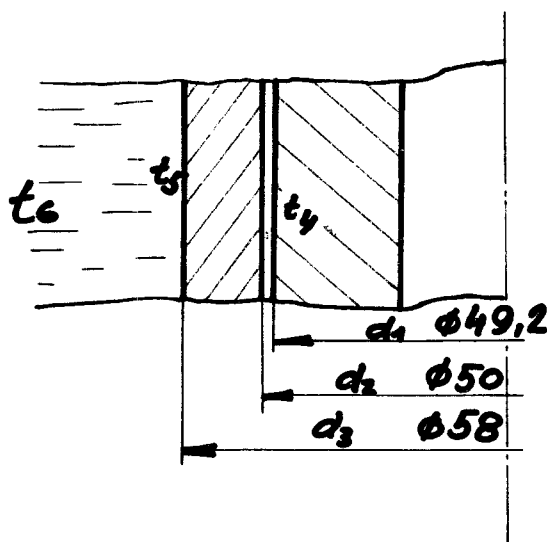
$$t_1 - t_4 = \frac{Q_5}{\pi \cdot \lambda} \cdot \left(\frac{1}{0,283} + \frac{1}{0,001398} + \frac{1}{4,99} \right) =$$

$$= \frac{Q_5}{\pi \cdot \lambda} \cdot (3,29 + 715 + 0,2) = \frac{Q_5}{\lambda} \cdot 228,0 =$$

$$= \frac{352}{140} \cdot 228 = \underline{\underline{573^\circ\text{C}}} \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_4 = 800 - 573 = \underline{\underline{227^\circ\text{C}}}$$

PRŮCHOD TEPLA VNITŘNÍ STĚNOU CHLADIČE



Pro trubku délky 1 platí:

$$Q = \frac{2\pi l \cdot (t_4 - t_5)}{\frac{1}{\lambda_1} \lg \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \lg \frac{d_3}{d_2}}$$

Celý držák je z KROMONICu $\lambda = 45 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$.

Teplo Q musí být rovno nebo větší než výše zmíněné Q_5 .

Pak z horní rovnice plyne $\Delta t \Rightarrow t_5$

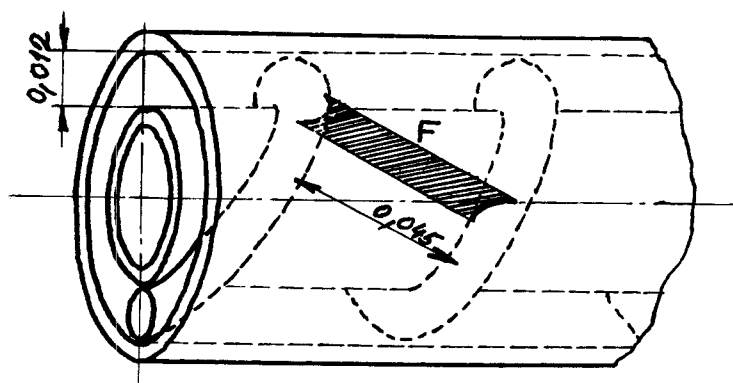
$$\frac{1}{3,27} 352 (50 \cdot \lg 1,018 + 0,0222 \cdot \lg 1,18) = \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{352}{3,27} (0,89367) = 96^\circ\text{C} \Rightarrow t_5 = 227 - 96$$

$$t_5 = 131^\circ\text{C}$$

Teplotu vstupní vody volíme 20°C a výstupní 28°C . (POUZE PŘEDBĚŽNĚ)
(PRO URČENÍ t_{str})

Nyní zvolíme množství vody a vypočteme Re a Pr . Z toho plyne rovnice pro výpočet α . Pak α opravíme na délku a tvar / prakticky obdélník / a z F zjistíme ohřátí vody. Množství vody $G = 1500 \text{ l/hod}$.



$$F = 0,045 \cdot 0,012 = 0,00054 \text{ m}^2$$

$$G' = 1500 \text{ l/hod} = 0,000415 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$w_{\text{vody}} = \frac{G'}{F} = \frac{0,000415}{0,00054} = 0,77 \text{ m/sec}$$

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{0,77 \cdot 0,012}{0,801 \cdot 10^{-6}} = 1,15 \cdot 10^4$$

$$Pr = \frac{3600 \cdot c_p \cdot \mu}{\lambda} = \frac{3600 \cdot 1 \cdot 81,3 \cdot 10^{-6}}{0,522} = 0,561$$

Určovací rozměrem pro výpočítání Reynoldsova čísla zde
BYLA mezera mezi trubkami která se rovná 12 mm.

$$\nu_{\text{vody}} = 0,801 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec.}$$

20 až 40 °C

$$\mu_{\text{vody}} = 81,3 \cdot 10^{-6} \text{ kgsec/m}^2$$

20 až 40 °C

$$\lambda = 0,532 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$$

Protože pro tuto oblast Re a Pr neexistují vztahy pro Nu
byl jsem nucen použít s přibližností vztahy pro turbu-
lentní proudění. / Re vyhovuje ale Pr je menší o 0,14 než
je dovoleno/.

$$B_2 \text{ PRO VODU} = 6,45$$

$$\rho_{\text{VODY PŘI } 30^\circ\text{C}} = 995 \text{ kg/m}^3$$

$$\alpha = B_2 \cdot \frac{(\eta \cdot W)^{0,8}}{d_{ek}} = 6,45 \cdot \frac{(995 \cdot 0,77)^{0,8}}{0,00955^{0,2}} \Rightarrow$$

$$\alpha = 3410 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

d_{ek} - ekvivalentní průměr / oprava protože průřez není
kruhový/.

$$U = \frac{\pi \cdot (d_4 + d_3)}{2} + 0,024 = 0,2 + 0,024 = 0,224 \text{ m}$$

$$d_{ek} = \frac{4F}{U} = \frac{0,00216}{0,224} = 0,00955 \text{ m}$$

Korigovat na délku nemusíme neboť poměr $\frac{l}{d}$ je větší než
50.

Teplu které přestoupí do vody z vnitřního pláště chladiče.
ROVNÁ SE TEPLU Q_5 A JE 352 kcal/hod

$$Q_5 = F \cdot \alpha \cdot \Delta t = \pi \cdot d_3 \cdot l \cdot \alpha \cdot \Delta t = 3,14 \cdot 0,52 \cdot 0,058 \cdot 3410 \cdot \Delta t$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{352}{322} = 1,1^\circ\text{C}$$

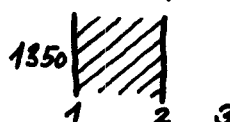
Čili stačí, aby byl mezi stěnou a vodou rozdíl teplot něco málo přes 1°C aby přestoupilo to množství tepla, které potřebuji. vzhledem k bezpečnosti / aby se pouzdro nelepilo při nepatrném zvýšení teploty / bude výhodné, jestliže rozdíl bude větší.

Teplu které přestoupí do vody čelní stěnou chladiče.

Budeme předpokládat, že mezikruží má vně stálou teplotu odpovídající teplotě skloviny.

$$\Delta t = \frac{25 + 1350}{2} = 688^\circ\text{C}$$

$$F = 0,785(0,082^2 - 0,058^2) = 0,00182 \text{ m}^2$$



$$\left. \begin{aligned} Q &= F \cdot \frac{\lambda}{s} \cdot (t_1 - t_2) \\ Q &= F \cdot \alpha \cdot (t_2 - t_3) \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

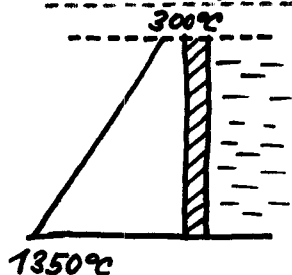
$$\Rightarrow \left. \begin{aligned} t_1 - t_2 &= \frac{Q}{F \cdot \frac{\lambda}{s}} \\ t_2 - t_3 &= \frac{Q}{F \cdot \alpha} \end{aligned} \right\} \Rightarrow t_1 - t_3 = \frac{Q}{F} \left(\frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right)$$

$$Q' = \frac{F}{\left(\frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right)} \cdot (t_1 - t_3)$$

$$Q' = 0,00182 \cdot \frac{1}{\frac{0,038}{0,45} + \frac{1}{3410}} \cdot 688 =$$

$$= 14,75 \text{ kcal/hod}$$

Teplo které přestoupí do vody z vnějšího pláště
chladiče / ze zdiva /.



$$t_{str} = 825^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = 825 - 25 = 800^{\circ}\text{C}$$

$$F = \pi \cdot 0,09 \cdot 0,52 = 0,147 \text{ m}^2$$

$$Q'' = \frac{F}{\left(\frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha}\right)} \cdot \Delta t = 0,147 \cdot \frac{1}{\left(\frac{0,004}{0,45} + \frac{1}{3410}\right)} \cdot 800 =$$

$$= 0,147 \cdot \frac{1}{0,0089 + 0,000294} \cdot 800 = \frac{0,147}{0,009194} \cdot 800 =$$

$$= 12680 \text{ kcal/hod}$$

Celkové teplo odváděné vodou.

$$Q_c = Q_5 + Q' + Q'' = 352 + 14,75 + 12680 = 13046,75$$

kcal/hod

Kontrola

o kolik toto teplo ohřeje chladicí vodu.

$$Q_c = G' \cdot c \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{Q}{G' \cdot c} = \frac{13046,75}{1500 \cdot 1} = 8,7^{\circ}\text{C} \quad t_{str\ v\ ody} = 25^{\circ}\text{C}$$

To znamená, že rozdíl mezi teplotou stěny u pouzdra a vodou je 106°C . To způsobí lepší ochlazení pouzdra.

Voda používaná ke chlazení se musí změkčovat - pro

díplomovou práci však není k dispozici tvrdost vody dostupné v místě zavádění zařízení a proto nelze zvolit a vypočítat změkčovače.

MNOŽSTVÍ A RYCHLOST PŘÍDAVNÉ SKLOVINY.

Výkon vany je 40 až 60 t/24 hod., požadovaný poměr přídavné skloviny ku matečné / zadáno /, aby bylo docíleno žádané sitosti zabarvení, je 1 kg přídavné skloviny na 30 kg bílé matečné skloviny. Budeme počítat pro maximální výkon vany tedy 60 t/24 hod. Z toho plyne, že průtokem proteče za minutu 41,6 kg matečné skloviny.

$$\frac{30 \text{ kg} \dots\dots 1 \text{ kg příd}}{41,6 \text{ kg} \dots\dots x \text{ kg}} \quad x = \frac{41,6}{30} \cdot 1 = 1,386 \text{ kg příd. skl./min}$$

2 přidavače, z toho plyne, že jedním přidavačem musí projít 0,694 kg přídavné skloviny za minutu. Z toho nám také vyplyne rychlost skleněné tyče z přídavné skloviny.

Tyč má průměr asi 3 cm.

$$\gamma_{\text{skl.}} = 2,3 \text{ kg/dm}^3$$

$$G'' = V \cdot \gamma = V = \frac{G''}{\gamma} = \frac{1386}{2 \cdot 2,3} = 0,301 \text{ dm}^3/\text{min}$$

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v \Rightarrow v = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,301}{3,14 \cdot 0,3^2} =$$

$$= 4,26 \text{ dm/min} = 42,6 \text{ cm/min}$$

Volíme průměr poháněcí kladky 80 mm.

$$v = \pi \cdot D \cdot n \Rightarrow n = \frac{v}{\pi \cdot D} = \frac{42,6}{3,14 \cdot 8} = 1,69 \text{ ot./min}$$

Doba za jakou projede tyč 1 m.

$$\left. \begin{array}{l} 42,6 \text{ cm} \dots\dots 60 \text{ sec} \\ 100 \text{ cm} \dots\dots x \text{ sec} \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{100}{42,6} \cdot 60 = 142 \text{ sec}$$

Jeden metr projede tedy tyč za 2 minuty 22 sec.

Vzdálenost mezi zaváděcí trubkou a poháněcími kladkami je přibližně 1 m. To znamená, že máme 2 min. 22 sec. na to aby se tyč svařila. Vzhledem k tomu, že tyč je z nízkotavitelné skloviny / bod tání asi 1000°C / je tato doba dostatečná.

Pohon tyče.

Jedna z kladek je nasazena přímo na hřídeli poháněcího motoru, to znamená že otáčky kladky jsou otáčkami motoru. Volíme podle nich motor JHMA 2 / vyrábí Nářadí n.p. Praha, závod Vrchlabí/. Výhodou tohoto motoru jsou jeho malé rozměry, velký výkon a možnost plynulé změny otáček ve velkém rozsahu. To nám umožní měnit sytost zabarvení změnou otáček motoru.

$$n_{\min.} = 1 \text{ ot/min.}$$

$$n_{\max.} = 1600 \text{ ot/min.}$$

$$\text{krouticí moment } M_k = 2 \text{ kpm}$$

$$N_{\max.} = 3,2 \text{ kW}$$

$$\text{provozní tlak } 40 \text{ kp/cm}^2$$

$$\text{hltnost / množství na jednu otáčku/ } 0,04 \text{ l/ot.}$$

$$Q_{\max.} = 63 \text{ l/min.}$$

$$\text{viskozita oleje } 3,5 \text{ až } 4,5^{\circ}\text{E}$$

Mý budeme potřebovat rozmezí otáček asi od 1 až 10 takže maximální výkon, který je při 1600 ot. = 3,2 kW, nevyužijeme. Nebudeme tedy potřebovat tak výkonné čerpadlo.

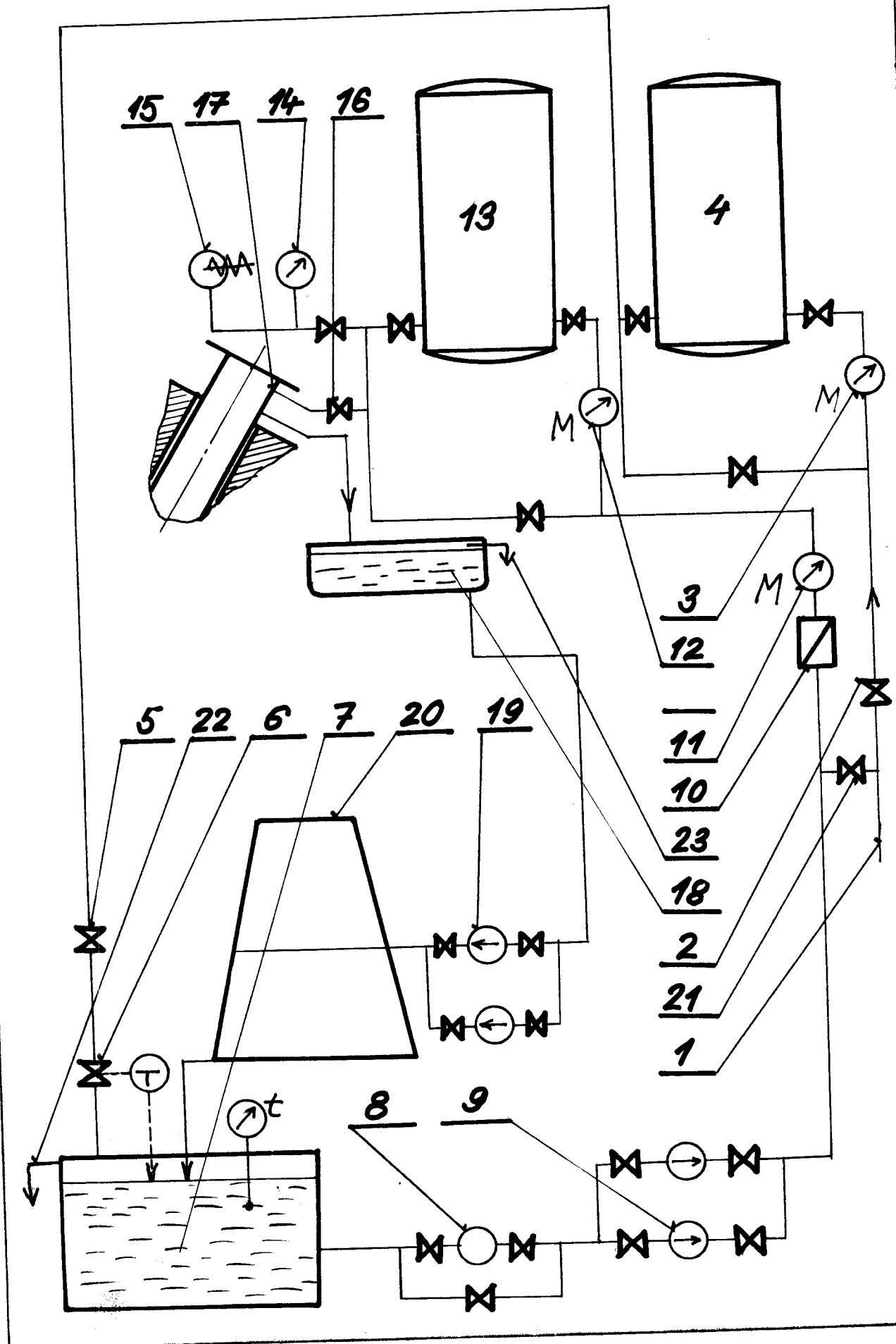
Výkon čerpadla jen pro pohon motoru by tedy byl:

$$M_k = 71\,620 \cdot \frac{N}{n} \Rightarrow N = \frac{M_k \cdot n}{71\,620} =$$
$$= \frac{200 \cdot 10}{71\,620} = 0,028 \text{ ks} \quad (\text{POUZE INFORMATIVNÍ HODNOTA})$$

Ve skutečnosti však musí být větší vzhledem ke ztrátám v potrubí a ventilech.

Ideový návrh vodní instalace./2/

- | | | | |
|----|------------------|----|--------------|
| 1 | přívod vody | 19 | čerpadlo |
| 2 | ventil | 20 | chladicí věž |
| 3 | průtokoměr | 21 | ventil |
| 4 | změkčovač | 22 | přepač |
| 5 | ventil | 23 | přepač |
| 6 | plovákový ventil | | |
| 7 | usazovací nádrž | | |
| 8 | čistič vody | | |
| 9 | čerpadlo | | |
| 10 | zpětný ventil | | |
| 11 | ukazatel toku | | |
| 12 | průtokoměr | | |
| 13 | změkčovač | | |
| 14 | manometr | | |
| 15 | tlakový spínač | | |
| 16 | ventil | | |
| 17 | podavač | | |
| 18 | sběrná nádrž | | |



Funkce vodní instalace, jejíž schema je na předchozím listě je takováto. Voda, která projde pođavači / 17 / kde vykorala funkci ochlazení grafitového pouzdra, odtéká do sběrného žlabu / 18 /, který má přepađ. Odtud je čerpána čerpadlem / 19 / do chladicí věže a ochlazená stéká do usazovací nádrže / 7 /. Odtud přes čistič / 8 / je čerpadlem / 9 / čerpána přes zpětný ventil / 10 /, ukazatel průtoku / 11 /, a ventil / 16 / do pođavačů. Tím je cyklus uzavřen. Stoupne-li tvrdost vody, nebo je-li změkčovač / 4 / mimo provoz, prochází voda před vstupem do pođavačů přes změkčovač / 13 /.

Nouzové zapojení.

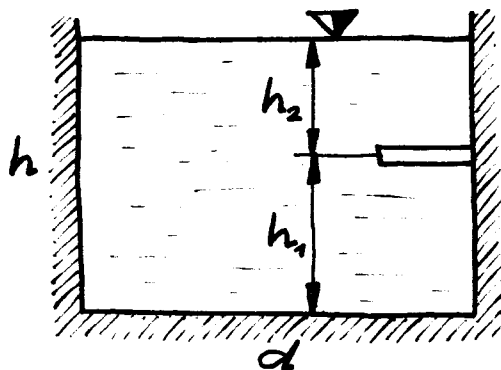
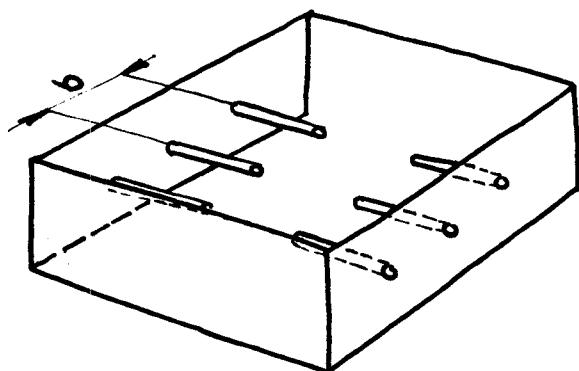
Je-li vypnut proud, pak jsou čerpadla vyřazena z provozu. V tomto případě přepojíme okruh na nouzový. Provedeme to uzavřením ventilu / 2 / a ventilu / 5 /. Potom otevřeme ventil / 21 /, kterým přivedeme z vodovodu do vnitřního okruhu običejnou rezměkčenou vodu. Proto musí jít přes zpětný ventil a průtokoměr do změkčovače / 13 /, odtud do chladíčů, do sběrného žlabu a odpadu. Tímto chladicím zařízením musí být zajištěn přítok chladicí vody k chladíčům pouzder po celou dobu životnosti vany, to je asi dva roky nepřetržitého provozu.

Chladíč je opatřen dvojitým pláštěm, mezi niž šroubovitě protéká chladicí voda. Kontrola zda voda chladíčem protéká, je umožněna tím, že odpad z obou chladíčů je sveden do jednoho místa - sběrné nádrčky / 18 / u vany, tak-

že případnou poruchu je možno vizuálně zjistit.

Změkčovače - Voda protéká úzkými trubkami chladiče nepřetržitě asi dva roky. Musíme se proto vyvarovat usazování kotelního kamene v trubkách a tím případného vyřazení chlazení. Proto je voda změkčována změkčovači. Změkčovače jsou dva, jeden ve vnějším druhý ve vnitřním chladičím okruhu. Změkčovač vnějšího okruhu / 4 / pracuje tehdy, když je okruh plněn vodou, eventuálně tehdy, je-li voda v okruhu vyměňována za novou. Změkčovač vnitřního okruhu / 13 / slouží k případnému doměkčování vody hlavně po prvním plnění, dále funguje v nouzovém případě regenerace, nebo poruchy vnějšího změkčovače, opravy chladičí věže, vypnutí proudu a tím vzniklého vyřazení čerpadel atd.

Čerpadla - jsou čtyři, jedno pracující a jedno rezervní dopravující vodu z usazovací nádrže do chladičů a jedno pracující a jedno rezervní dopravující vodu z chladičů do chladičí věže. Kdyby byla známa délka potřebného potrubí, jeho ohyby a z toho plynoucí počet tvarovek dali by se spočítat ztráty. Podle nich, potřebné výtlačné výšky a množství bychom pak mohli zvolit příslušné čerpadlo. Ve schématu se předpokládá, že bude možno postavit chladičí věže. Jestli že ne, nebude se moci pracovat s uzavřeným okruhem, ale pouze s otevřeným. Pak by ovšem schéma vypadalo jinak.

ELEKTRICKÝ PŘÍHŘEV:

Je nutno utavit navíc 41,6 kg skloviny za hodinu. Z toho nám vyplyne teplo, které je potřeba dodat:

$$Q = G'' \cdot c_{stř} (t_2 - t_1) = 41,6 \cdot 0,29 \cdot 1060^\circ\text{C} = 12600 \text{ kcal/hod}$$

$$\Rightarrow 14,6 \text{ kWh/h} = 14,6 \text{ kW}$$

$$\text{při } \cos \varphi = 0,9 \quad N' = 16,3 \text{ kVA} \doteq 17 \text{ kVA}$$

Ohříváme asi z 200°C , to je teplota, na kterou se tyč ohřeje než přijde do tavicího prostoru, na 1260°C což je teplota výsledná.

Odpor mezi elektrodami.

$$R = 0,6 \cdot \rho \left[\frac{L}{2r'} + \frac{1}{d'} \left(\lambda_0 + \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k \right) \right]$$

$\sum \lambda_k$ zjistíme v závislosti na b/d

Je tam jen jedna dvojice elektrod, budeme tedy uvažovat jako by tam ještě jedna byla, ale až v nekonečnu čili $b/d = \infty$. Z toho vyplyne z diagramu $\sum \lambda_k = 0$

L - bude-li elektroda vyčnívat do skloviny 15 cm a poloměr jejího průřezu je asi 15 mm pak $\mu = \frac{15}{15}$ a z diagramu $L = 1$

λ_0 z tabulky 173 - zjistíme ze závislosti na $h/d = 1300/1100 = 1,18$ a na $\varepsilon = \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2} = 0$. Z toho plyne $\lambda_0 = -0,5$

ρ' - specifický odpor v místě přehřevu a přibarvovačů / v závislosti na teplotě toho místa / je $\rho = 5,925 \Omega/\text{cm}$

z výzkumné zprávy Prof. dr. ing. Staňka

d' - vzdálenost mezi elektrodami v mm

r' - poloměr elektrody v mm

$$R = 0,6 \cdot 5,925 \left[\frac{1}{35} + \frac{1}{800} (-0,5 + 0) \right] =$$

$$= 3,57 [0,0286 - 0,000625] = 0,0995 \Omega$$

Z R a výkonu vypočteme proud a napětí mezi elektrodami.

účinnost elektrického přehřevu $\cos \varphi = 0,9$. /6/

$$N' = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = 17 \text{ kVA}$$

$$U = \sqrt{R \cdot N'} = \sqrt{0,0995 \cdot 17000} = 41 \text{ V}$$

$$I = \sqrt{\frac{N'}{R}} = \sqrt{\frac{17000}{0,0995}} = 416 \text{ A}$$

Povrchové zatížení elektrody proudem = $\frac{I}{S}$

$$\frac{I}{S} = \frac{416}{0,785 \cdot 3,5^2 + 3,14 \cdot 3,5 \cdot 15} = \frac{416}{174,56} = 2,37 \text{ A/cm}^2$$

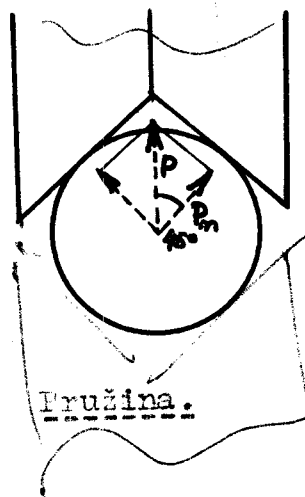
Což je hodnota poměrně nízká.

Tyto hodnoty a místo zabudování elektrod slouží

Inženýrskému servisu SKLO UNIONU k dodávce a instalaci elektrického přehřevu.

VÝPOČET PŘÍTLAČNÉ SÍLY KLADKY POHÁNĚCÍHO ZAŘÍZENÍ.

Délka přidávacích tyčí je asi 1 m. To znamená, že maximální celková délka, která bude najednou v přidávacím zařízení, bude délka od utahovaného konce až po dolní okraj nástrčné trubky + 1 m což je 3,5 m. / Délka dráhy po které můžeme tyč svařovat, je 1 m. Tuto vzdálenost projede hořák na tyči za 2 min. 22 sec. při přidávacím poměru 1 : 30 . Při změně poměru na 1 : 15 se zkrátí doba na 1 min. 11 sec. / . Obsluha musí stačit zasouvat tyče a přestavovat hořáky.



$$L = 350 \text{ cm}, d = 3 \text{ cm} \Rightarrow G = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L =$$

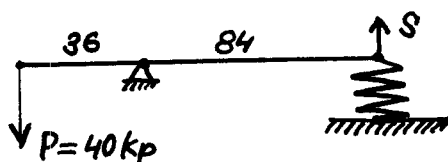
$$= 5700 \text{ g} = 5,7 \text{ kg} = T \quad \frac{T}{2} = P_m \cdot f$$

$$\frac{P_m}{P} = \sin 45^\circ \quad P_m = \frac{T}{2f}$$

$$P = \frac{2 \cdot P_m}{\sqrt{2}} \Rightarrow P = \frac{T}{f \cdot \sqrt{2}}$$

f... vzhledem
k bezpeč.
... 0,1

$$P = \frac{5,7}{0,1 \cdot 0,141421} = 40 \text{ kp}$$



$$S = P \cdot \frac{36}{82} = 40 \cdot \frac{36}{82} = 17,5 \text{ kp}$$

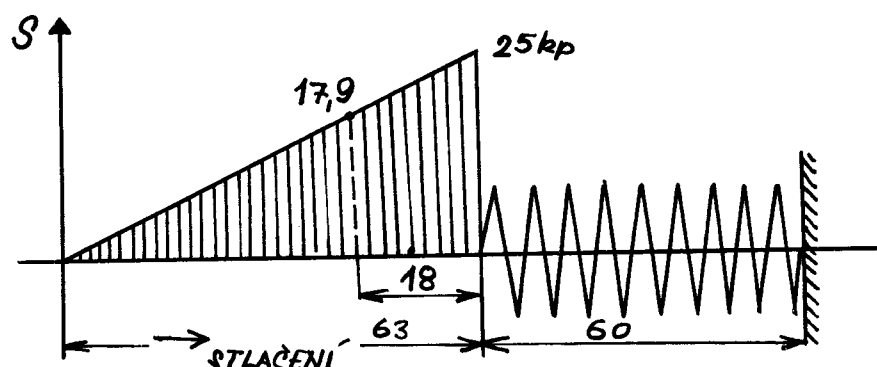
Podle tabulky str. 786 - Schmidt, Dobrovolný

pružina z materiálu o modulu pružnosti ve smyku

$G = 750000 \text{ kp/cm}^2$, dovolené zatížení v kg $S = 25,5 \text{ kp}$

$\tau_{\text{dov}} = 4000 \text{ kp/cm}^2$, stlačení jednoho závitu silou S je

3,5 mm. $D = 30 \text{ mm}$, $d_d = 3,5 \text{ mm}$ / průměr drátu



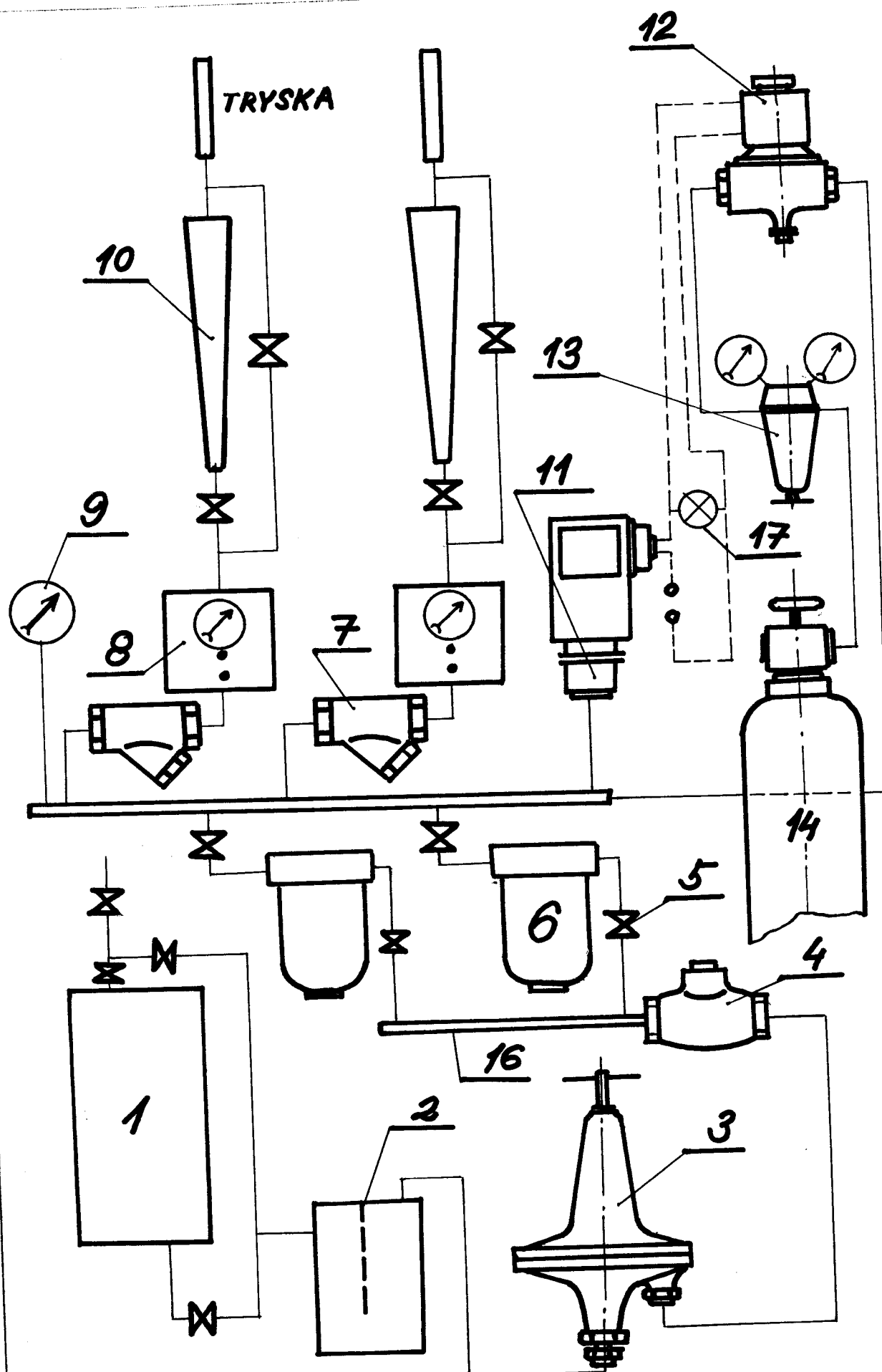
1 - stlačená délka pružiny = 60 mm

volná délka pružiny = 123 mm / 20 závitů, stlačení silou 25 kp/1 závit = 3,15 mm, z toho plyne stlačení 20 závitů = 63 mm, 60 + 63 = 123 mm/.

Zmenší-li se průměr tyče na 25 mm, způsobí to zvětšení délky pružiny asi o 18 mm, což způsobí pokles přitlačné síly na 17,9 kp. Zmenšením průměru se však zmenší také váha, následkem čehož poklesne potřebná přitlačná síla na 12 kp / pružina tedy vyhovuje /.

IDEOVÝ NÁVRH VZDUCHOVÉ INSTALACE.

- | | | | |
|----|---------------------|----|--------------------|
| 1 | filtr | 11 | manostat vlnovcový |
| 2 | odlučovač | 12 | solenoidový ventil |
| 3 | redukční ventil | 13 | redukční stanice |
| 4 | zpětný ventil | 14 | vzduchová lahev |
| 5 | nátrubkový kohout | 15 | ventil nátrubkový |
| 6 | vzduchový filtr | 16 | vyrovnávací trubka |
| 7 | ochranný filtr | 17 | kontrolní žárovka |
| 8 | ovládací panel | | |
| 9 | manometr | | |
| 10 | panelový průtokoměr | | |



Popis:

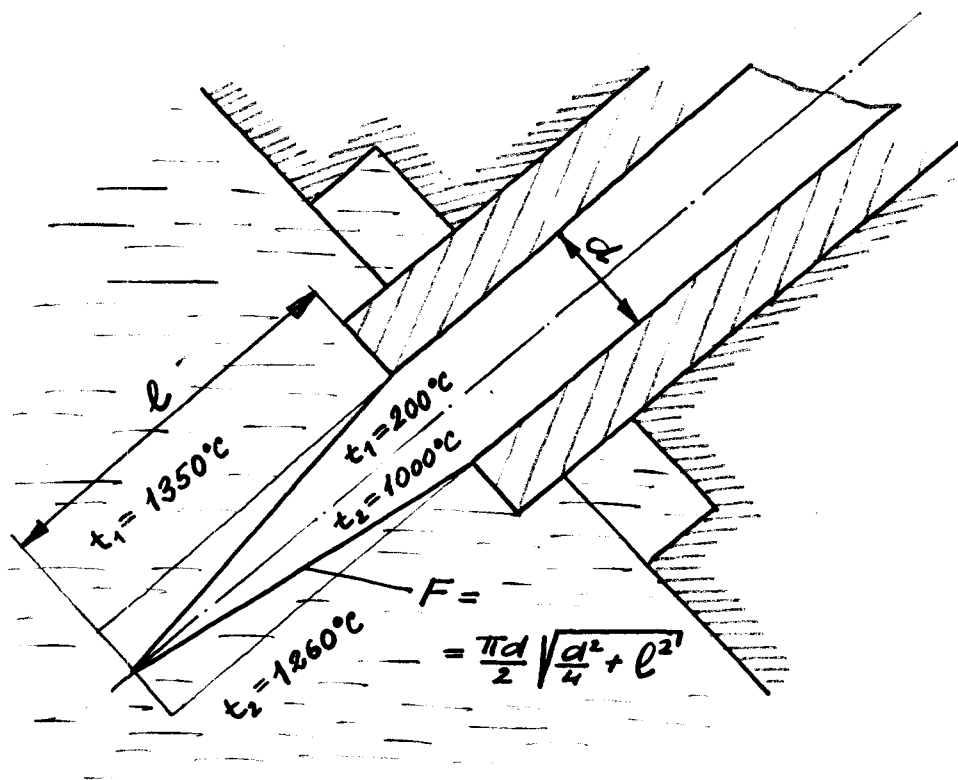
Zařízení se stává z filtru, rozvodu tlakového vzduchu se signalisací poklesu tlaku a měření množství vzduchu z vlastních trysek. Rozvod je proveden měděnými trubkami ϕ 8 x 1. Tlakový vzduch z kompresoru je veden do odlučovače vody a oleje a odtud do rozvodného panelu přes zpětný ventil a redukční stanici se vzduchovým filtrem. Rozvodný panel je vybaven ovládacími panely typu 07042, plovákovými průtokoměry typu 0731 a tlakovým elektrickým spínačem, který je propojen na signální žárovku a solenoidový ventil otevírající cestu stlačenému vzduchu z lahve. Z rozvodného panelu se přivádí tlakový vzduch seškracený na pracovní tlak k jednotlivým tryškám. Probublávací trysky / trubka s kapilárami / jsou ze speciálního materiálu DEGUSIT a jsou dováženy z NSR / má je k dispozici Inženýrský servis /.

Vlivem pohybu skloviny vyvolaného prouděním vzduchu z trysek k hladině je intenzivně napadáno dno v okolí trysek. Aby bylo zabráněno tomuto nežádoucímu účinku, musíme dno vyložit odolnějším materiálem, nejlépe litým materiálem ZAC nebo Corvisit. Dodávka vzduchu do trysek nesmí být po dobu činnosti pece přerušena neboť by to znamenalo snížení skla do kapilár, jeho ztuhnutí a vyřazení trysek z provozu. Proto součástí celého zařízení je vzduchová lahev, která je při poklesu tlaku zapínána automaticky solenoidovým ventilem, přičemž se zároveň rozsvítí sig-

nální žárovka. Před započítáním provozu je nutné přikrýt trysky krytem z dutého střepe a tím zabránit jejich znečištění. Vzduch musíme začít pouštět před započítáním měknutí střepe. Po natavení vany, když už bylo začato s odběrem skloviny, musíme jednotlivé trysky seřadit na tlak asi 0,35 atp. Přesné nastavení se pak provede ve spojení s vizuálním sledováním tvorby bublin na hladině skloviny, a to tak aby frekvence byla 10 až 30 bublin za minutu / z jedné trysky /. Při vyšší frekvenci bublin by bylo nebezpečí zanešení drobných šlír do odebírané skloviny. Tlakový údaj je jen údajem pomocným, hlavní je počet bublin za minutu. Vliv na tvorbu bublin má z fyzikálních vlastností hlavně viskozita. S rostoucí viskozitou se zmenšuje jejich počet a roste jejich velikost. Při poklesu tlaku na vstupu do redukční stanice, na příklad v případě vysazení kompresoru a propojení okruhu na nouzový, je nutno provést opětné seřízení redukční stanice tímto způsobem: Ovládací šroub redukční stanice se vyšroubuje nejprve do polohy zavřeno a pak se nastaví žádaný tlak. Nedodržení tohoto způsobu má za následek zaseknutí kuželového ventilku a tím uzavření přívodu vzduchu. Místo zabudování trysek do dna průtoku je vidět na celkové sestavě zrovna tak jako detail zabudování.

/ Bubbling system instaluje na objednávku Inženýrský servis národního podniku SKLO UNION. Stačí zadat místo zabudování a počet trysek /.

KONTROLA UTAVOVÁNÍ BAREVNÉ TYČE



Tyč se vlastně stačí utavit vždy. Bude se jen měnit délka, která bude vyčnívat z pouzdra do skloviny a která se bude utavovat. My tedy zjistíme délku vyčnívající z pouzdra při naší zadané rychlosti.

Zjištění součinitele přestupu

Nejprve zjistíme kolik je součinn Grashofova a Prantlova čísla.

$$Gr = \beta \cdot \frac{g \cdot d^3}{\nu} \cdot \Delta t \quad ; \quad Pr = \frac{3600 \cdot c_p \cdot \mu \cdot g}{\lambda}$$

Určovací teplota pro určení fyzikálních veličin.

$$\frac{1350 + 1250}{2} = 1300^\circ\text{C} \quad \frac{200 + 1000}{2} = 600^\circ\text{C}$$

$$t = \frac{1300 + 600}{2} = 950^\circ\text{C}$$

objemová roztažnost $\beta = 7,25 \cdot 10^{-4}$

viskozita $\mu = 6,742 \cdot 10^2 = 6742 \text{ kgsec/m}^2$

$\gamma = 2300 \text{ kg/m}^3$

$C_{p0} = 0,2656 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ $C_{pt} = C_{p0} (1 + 0,00078t) =$
 $= 0,2656 \cdot (1 + 0,00078 \cdot 950) = 0,462 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$

$\lambda_0 = 0,7 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ zvýšení teploty o 100°C způsobí zvýšení λ asi o 7 %. Čili v našem případě o 67,5 %.

$\lambda_t = 1,17 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$

Střední rozdíl teplot mezi sklovinou a tyčí $\Delta t = 700$

$$\begin{aligned} Gr \cdot Pr &= \beta \cdot \gamma^2 \cdot d^3 \cdot \Delta t \cdot C_p \cdot \frac{3600}{\lambda \cdot \mu} = 7,25 \cdot 10^{-4} \cdot (2,3 \cdot 10^3)^2 \cdot \\ &\cdot (3 \cdot 10^{-2})^3 \cdot 700 \cdot 0,462 \cdot \frac{3600}{1,17 \cdot 6,792} = \\ &= 11850 \end{aligned}$$

Jde opět o intenzivní laminární a vířnatý pohyb a vzorec pro Fusseltovo číslo je:

$$Nu = 0,54 \sqrt[4]{Gr \cdot Pr} \quad Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda} \Rightarrow \alpha = Nu \cdot \frac{\lambda}{d}$$

$$Nu = 0,54 \sqrt[4]{11850} = 5,7$$

$$\alpha = 5,7 \cdot \frac{1,17}{0,013} = 455 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

d = určovací rozměr bude, proto že jde o kužel o základně průměru 25 až 28 mm = 0,013 m.

Měrné teplo přídavné skloviny nelze ^{PŘESNĚ} zjistit výpočtem pomocí faktorů ať už Winkelmanových nebo Fockeho, neboť tyto autoři neudávají faktory pro barvící přísady.

Jelikož jde jen o informativní výpočet stanovíme c_p

PŘIBLIŽNĚ. c_p skel barevných bude asi 0,20 kcal/kg

To je při teplotě: $\frac{1000+200}{2} = 600^\circ\text{C}$

SLOŽENÍ PŘÍDAVNÉ SKLOVINY

	MODRÁ 3340	ZELENÁ 5325	ČERVENÁ 9319 KORAĽ	ŽLUTÁ 8311
SiO ₂	64,5 %	65,5	66,5	66,5
K ₂ O	6,2	7,9	5,9	5,9
Na ₂ O	11,7	14,7	14,3	14,3
CaO	4,15	6,7	1,6	1,6
B ₂ O ₃	6,45	—	1,3	1,3
Al ₂ O ₃	—	1,1	1,2	1,2
ZnO	—	—	7,6	7,6
MnO ₂	5,5	—	—	—
CoO	1,5	—	—	—
CuO	—	1,7	—	—
Cr ₂ O ₃	—	2,4	—	—
CdO	—	—	1,3	1,3
Se	—	—	0,3	STOPY

MĚRNÁ TEPLA

	MODRÁ FAKTOR SLOŽENÍ	ZELENÁ	ČERVENÁ	ŽLUTÁ
SiO ₂	0,123	0,124	0,125	
K ₂ O	0,011	0,014	0,010	
Na ₂ O	0,031	0,040	0,036	
CaO	0,008	0,012	0,003	
B ₂ O ₃	0,014	Al ₂ O ₃ 0,002	B ₂ O ₃ 0,003	
C _p = 0,187		C _p = 0,192	Al ₂ O ₃ 0,002	
			ZnO 0,008	
			C _p = 0,187	C _p = 0,187

VZHLÉDEM K OSTATNÍM BARVICÍM
PŘÍSAĐÁM VOLÍM C_p PRO BEZP.
C_p = 0,2 kcal/kg °C

$$C_{pt} = C_{p0} \cdot (1 + 0,00078 \cdot t) = 0,2 \cdot (1 + 0,00078 \cdot 600) = \\ = 0,27 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

Metodika výpočtu.

Máme zadánu rychlost / m/hod. nebo množství/hod. =
= 41,6 kg/hod./. Z toho vyplyne teplo, které musíme
tyči dodat za hod. aby se utavovala tak, že délka, která
vyčnívá do skloviny je stále stejná. Toto teplo se musí
odebrat sklovině matečné připadající na toto množství
skloviny přídavné. Z jejich teplot /matečná sklovina
1350 °C a 1260 °C, přídavná sklovina 200 °C a 1000 °C/ zjistí-
me střední teplotní spád: $\frac{1350+1250}{2} = 1300^\circ\text{C}$

$$\Delta t = 1300 - 600 = 700^\circ\text{C} \quad \frac{1000 + 200}{2} = 600^\circ\text{C}$$

teď:

$$Q = F \cdot \alpha \cdot \Delta t = \frac{\pi d}{2} \sqrt{\frac{d^2}{4} + l^2} \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

Q je teplo, které prostoupí povrchem F při Δt a α a
musí se rovnat teplu potřebnému k utavení 41,6 kg pří-
davné skloviny za hod..

Ve výše uvedeném vzorci pro Q tedy známe všechno kromě
l - výšky kužele a tu z něj vypočteme. Tím zjistíme jak
daleko bude při dané rychlosti vyčnívát do skloviny uta-
vovaný konec tyče. / Se zvyšující se rychlostí bude délka
růst a naopak./ $Q = G'' \cdot c_p \cdot (1000 - 200) = 41,6 \cdot 0,29 \cdot 800 =$

$$= 9550 \text{ kcal/hod}$$

$$\sqrt{\frac{d^2}{4} + l^2} = \frac{Q}{\pi \cdot \frac{d}{2} \cdot \alpha \cdot \Delta t} \Rightarrow l = \sqrt{\left(\frac{Q}{\pi \cdot \frac{d}{2} \cdot \alpha \cdot \Delta t}\right)^2 - \frac{d^2}{4}} = \\ = \sqrt{\left(\frac{9550}{3,14 \cdot 0,015 \cdot 455 \cdot 700}\right)^2 - (0,0075)^2} = 0,627 \text{ m}$$

PROUDĚNÍ VE SKLOVINĚ. /5/

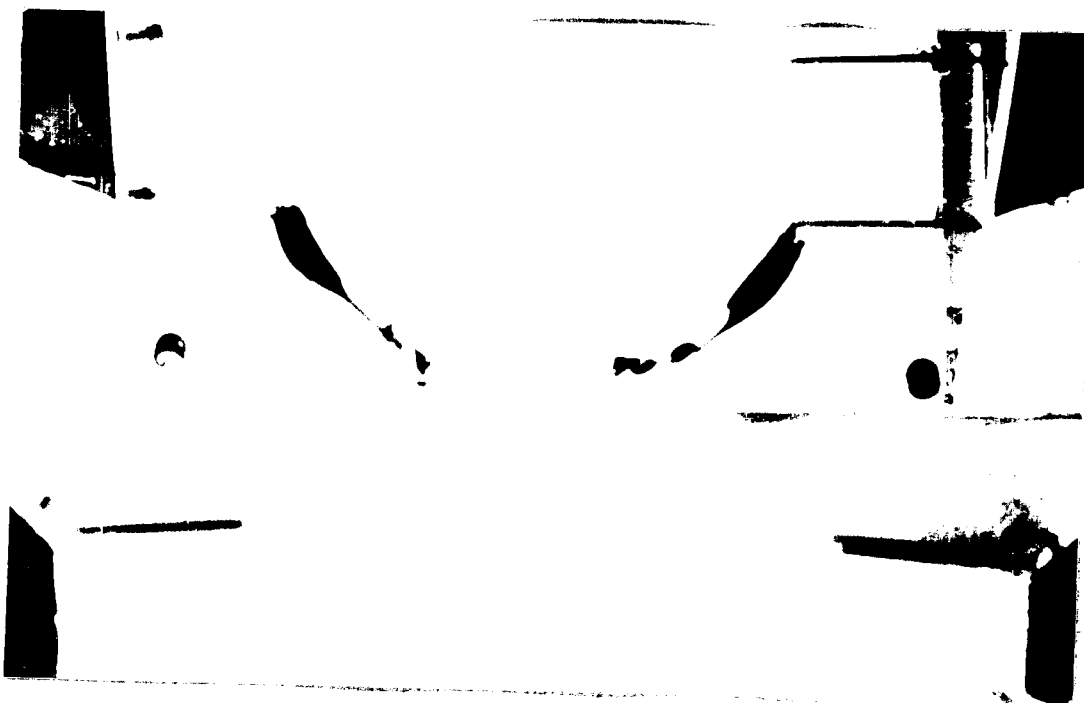
Podle zprávy „Zjišťování parametrů pro elektrické tavení skla“ od Prof.dr.ing.J.Stánka a kol.

Příčný průřez tavicím prostorem /elektrody proti sobě, sklon elektrod směrem vzhůru 5°.

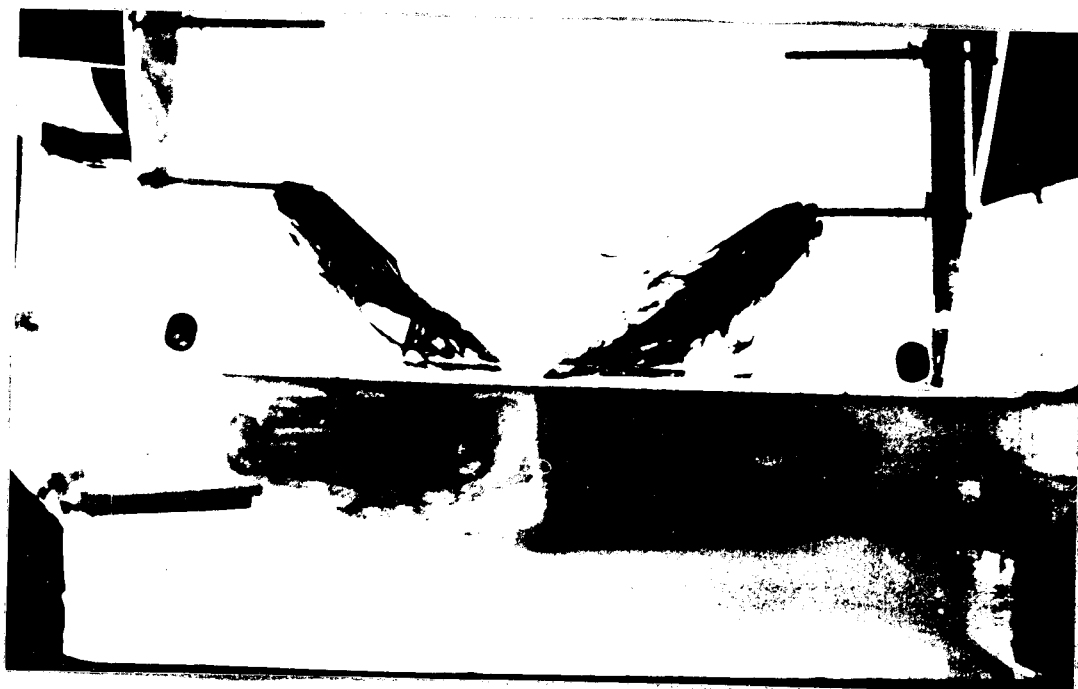


EROULNÍ VE SKLOVINĚ. /5/

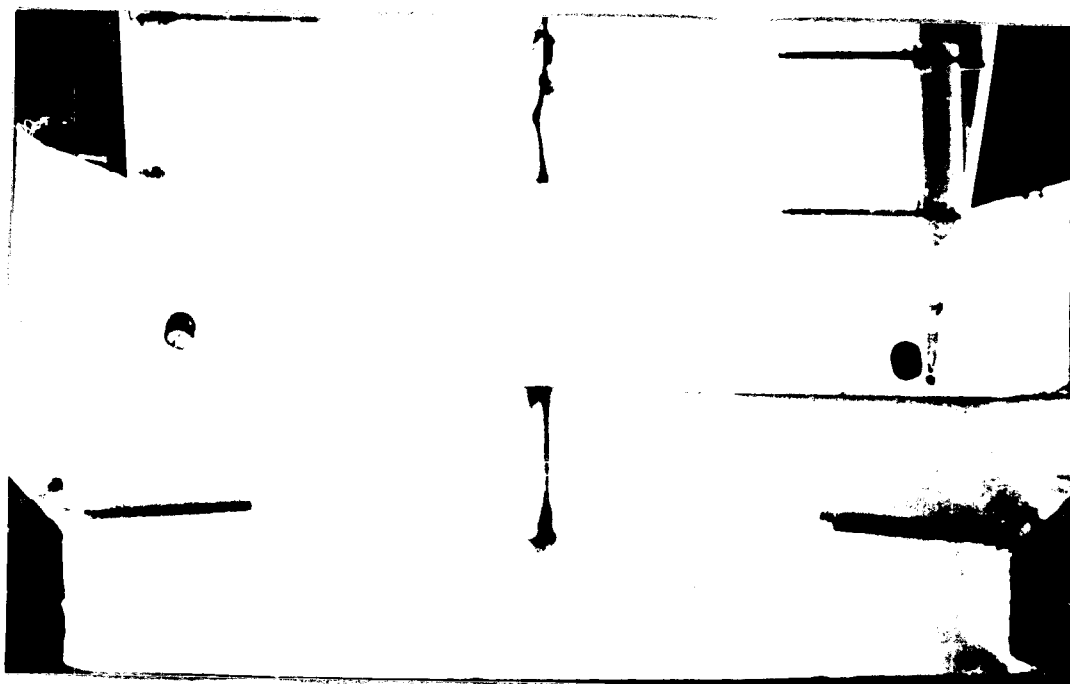
Podle zprávy „Zjišťování parametrů pro elektrické tavení skla“ od Prof.dr.ing.J.Staňka a kol.
Příčný průřez tavicím prostorem /elektrody proti sobě,
sklon elektrod směrem vzhůru 5°.



Stopa položena nad špice dvou elektrod.



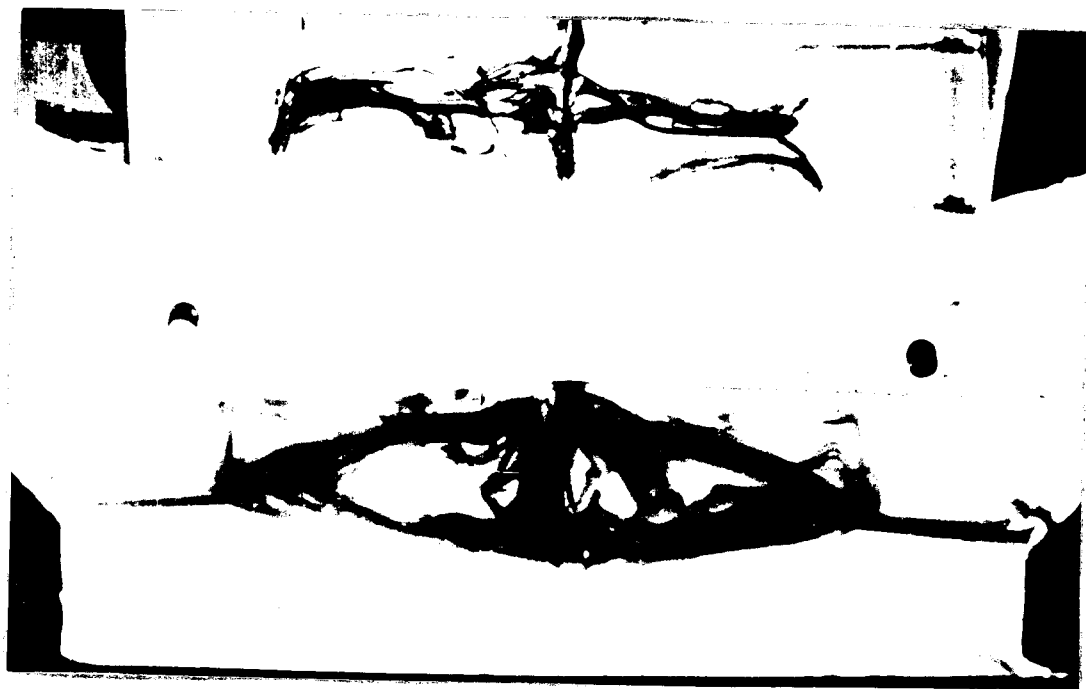
Stopa položena nad špice dvou elektrod.



Stopa položena do středu mezi první pár elektrod
/ v podélné ose modelu /.



Stopa položena do středu mezi první pár elektrod
/ v podélné ose modelu /.



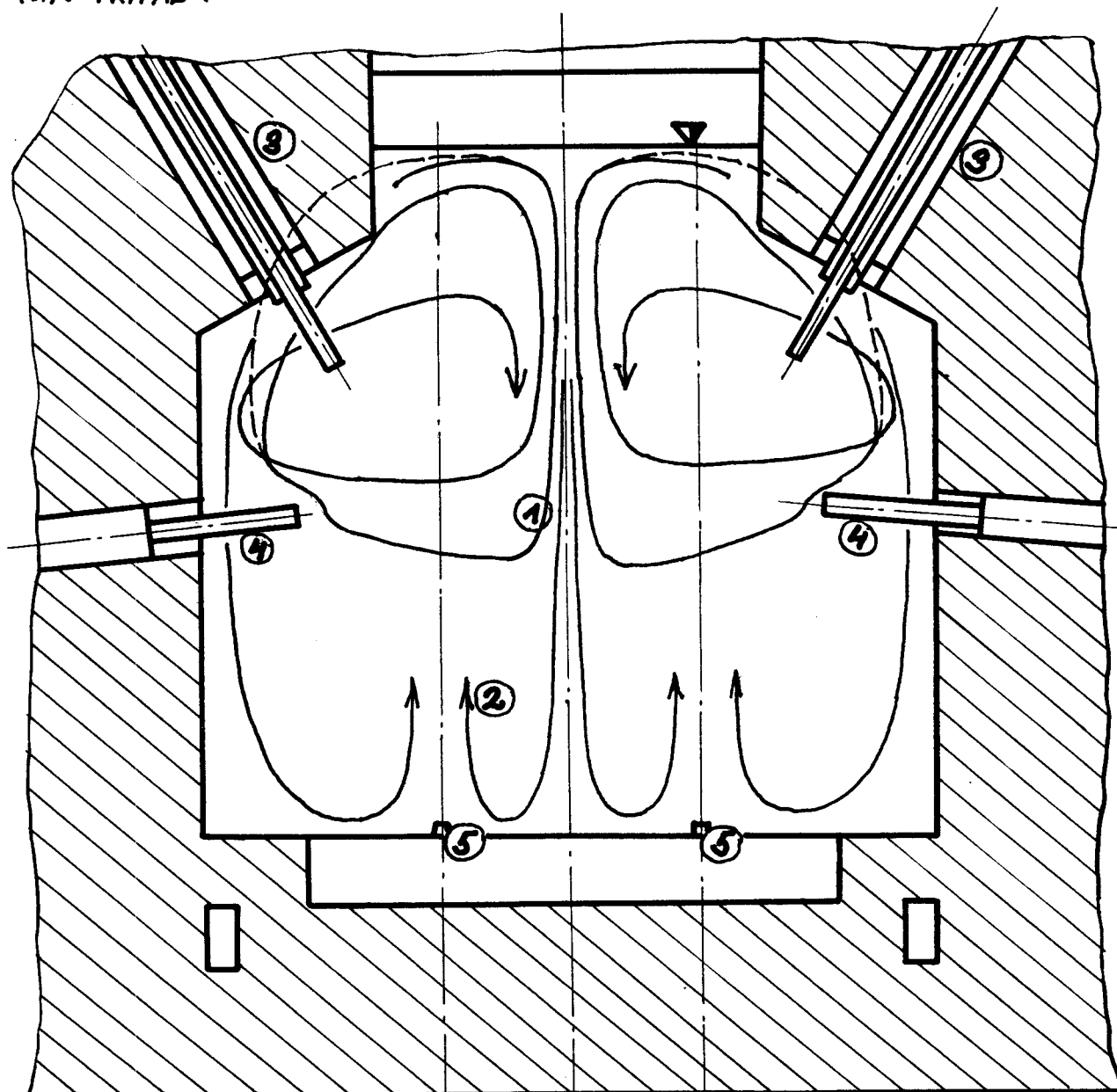
Stopa položena do středu mezi první pár elektrod / v podélné ose modelu /.

Na základě těchto fotografií získaných měření na modelové vaně vykonstruujeme proudění pro náš případ.

Umístění elektrod jsem volil tak abych dosáhl podobného primárního proudění způsobeného přehřevem. Navíc ale přistupuje proudění způsobené bubblingem a má za účel způsobit co nejintenzivnější promíchání skloviny.

Proudění způsobené probublávací tryskou /2/ způsobí u primárního proudění posunutí středu a okrajů proudění směrem dolů /vzdalování od odběru a z toho plynoucí prodloužení doby než se míchaná sklovina dostane ven z pracovního prostoru, do prostoru kde se barví pak bude přicházet sklovina, která už jednou přišla do styku s

NÁŠ PŘÍPAD :



- ① PRIMERNÍ PROUDĚNÍ
- ② SEKUNDERNÍ PROUDĚNÍ
- ③ PŘIBARVOVACĚ
- ④ ELEKTRICKÝ PŘÍHŘEV

barvící sklovinou, což zaručuje větší homogenitu barvy/.
 Ale toto proudění podpoří také promíchání obou center
 proudění způsobeného elektrickým přehřevem.

Ekonomické zhodnocení.

A/ Střední velkoobchodní cena 1 m² původního skla:

B/ Položky zvyšující cenu barevného litého skla oproti původnímu.

1/ Cena za množství barevné skloviny obsažené v 1 m² barevného litého skla.

2/ Cena za množství elektrické energie obsažené v 1 m² barevného litého skla. To znamená elektrická energie spotřebovaná přínřevem a čerpadly.

3/ Cena za vodu použitou ke chlazení a obsaženou v 1 m² barevného litého skla.

4/ Plat pracovníka obsluhujícího zařízení za dobu potřebnou k vyrobení 1 m² barevného litého skla.

5/ Cena za výrobu zařízení / kolik stojí instalace přínřevu a ostatního zařízení + ceny za součástky / připadající za 1 m² barevného litého skla předpokládáme-li životnost zařízení pět let.

Součet těchto položek s původní cenou je předpokládaná přibližná střední velkoobchodní cena nového skla. Podle průzkumu trhu je z celkového prodeje litého plochého skla 30 až 35 % požadavků na lité ploché sklo barevné.

1/ 1 m² barevného litého skla o tloušťce 4 mm bude vážit:

$$\rho = 2,3 \text{ g/cm}^3$$

$$V = 100 \cdot 100 \cdot 0,4 = 4000 \text{ cm}^3$$

$$G_B = V \cdot \rho = 4000 \cdot 2,3 = 9,2 \text{ kg} = 9200 \text{ g}$$

$$\text{Z TOHO PŘÍDAVNÉHO SKLA JE } G_A = 9,2 : 30 = 0,307 \text{ kg}$$

$$\text{CENA PŘÍDAVNÉHO SKLA JE } 6,80 + 8,40 \frac{\text{Kč}}{\text{kg}}$$

$$\text{CENA PŘÍDAVNÉHO SKLA OBSAŽENÉHO V 1m}^2 \text{ BUDE } 0,307 \cdot 8,40 = 2,58 \text{ Kč}$$

2/ Výkon, potřebný pro 1 hydromotor je 0,028 k, což můžeme proti výkonu přívěvu zanedbat. Výkon vodních čerpadel stanovíme odhadem, proto že nemáme k dispozici výtláčnou výšku a provedení potrubí. Odhadneme celkovou výšku na 30 m / podle podobného zařízení ke chlazení drážek elektrod elektrického přívěvu /. Máme dvě čerpadla, to znamená celkem 60 m.

$$3000 \text{ l/h} = 3000 \text{ kg/h}$$

$$1 \text{ kWh} = 367\,000 \text{ kgm}$$

$$\text{PRÁCE ZA HODINU: } P = H \cdot Q = 60 \cdot 3000 = \\ = 180\,000 \text{ kgm/hod} =$$

$$\approx 0,5 \text{ kWh}$$

Nyní spotřeba přívěvu je asi 35 kWh/1 h. Celkem tedy 35,5 kWh/1 h.

Při odběru 60t/24 hod., to znamená 2500 kg/hod. je tedy výroba skla o tloušťce 4 mm 27,2 m²/hod.

Čili v 1 m² skla je obsaženo 1,3 kWh. Cena 1 kWh je pro závod 0,20 Kčs. Čili za proud bude stát sklo navíc 0,26 Kčs.

4/ Předpokládaný hodinový plat pracovníka obsluhujícího zařízení je v páté třídě 6,80 Kčs. Plat za dobu, za kterou se vyrobí 1 m² barevného litého skla je 6,8 : 27,2 = 0,25 Kčs.

3/ Budeme počítat pro nejnepríznivější případ - nouzové zapojení, kdy voda je odebírána z vnějšku a necirkuluje. 3000 l/hod., množství vody v 1 m² je tedy 3000 : 27,2 = 109 l/m². Cena vody pro závod je 0,0035 Kčs/l. Čili za vodu navíc 0,38 Kčs.

5/ Cena zařízení odhadem / není k dispozici celé zařízení/

trafo	10.000 Kčs
držáky elektrod	8.000 "
2 elektrody	12.000 "
instalace včetně měřicího panelu	5.000 "
žárovzdorný materiál	12.000 "
přibarvovače	8.000 "
Bubbling	2.000 "
vodní chladičí okruh	8.000 "
montážní práce 15 % ceny	<u>10.000</u> "

celkem: 75.000 Kčs

/ Podle ved.inž.serv.E.Daniela /.

Životnost 5 let, roční odpis $75.000 : 5 = 13.000$ Kčs.

Výroba skla za rok: $7.200 \text{ hod.} \times 27,2 = 196.000 \text{ m}^2$.

$13.000 \text{ Kčs} : 196.000 = 0,0663 \text{ Kčs na } 1 \text{ m}^2$.

Celkem tedy navíc: $2,58 + 0,26 + 0,25 + 0,38 +$

$+ 0,0663 = 3,5363 \text{ Kčs}$.

SVC původního skla = *PEVNÉ ROZMĚRY* - 9,20 Kčs
VOLNÉ ROZMĚRY - 8,80 Kčs

SVC nového skla = *PEVNÉ ROZMĚRY* - 12,736 Kčs
VOLNÉ ROZMĚRY - 12,336 Kčs

Z Á V Ě R .

Chtěl bych se ještě zmínit o dalších možných způsobech výroby barevného litého skla pro eventuální následovníky. Jeden z nich byl vzpomenut v úvodu této diplomové práce a druhý vznikl v době jejího řešení. Nejdříve o tom druhém: Tento druhý způsob by byl v principu stejný jako v předešlém zpracované řešení, jen by se změnilo umístění tavícího prostoru barevné přídavné skloviny a to tak, že by bylo umístěno vedle výtoku a barevná roz-tavená sklovina by přicházela do matečné kanálem pod vý-tok, kde by do ní vnikala a případně by se promíchávala. Tento způsob by měl výhodu v přístupnosti tavícího zaří-zení a tím ve snadné manipulaci s ním.

První způsob zmíněný v úvodu by byl vlastně výrobou pře-jímaného litého plochého barevného skla. Nad pásem sklo-viny před vstupem do válců by byla umístěna malá pícka ve tvaru vodorovné šamotové trubky se štěrbinou ve dně. Barevné sklo by do ní přitékalo z tavícího prostoru umí-stěného na jednom konci trubky a vytékalo by souvislým tenkým pásem štěrbinou ve dně a kladlo by se na povrch pásu bílé skloviny na níž by přicházelo mezi válce.

Na druhém konci pícky by byl odtah spalin. Sklovina by se tavila plynovým hořákem a to buď s tyče a nebo ze skleněné frity. Množství utavené skloviny / posuv tyče nebo dávkování dávkovače/ by se řídilo automaticky sledo-váním výšky hladin skloviny v pícce, která by zároveň byla také regulačním faktorem množství vytékající sklo-

viny. / Zvyšování nebo snižování hydrostatického tlaku v prostoru štěrbin / . Změna barvy by byla ovšem poněkud složitější než u řešeného způsobu, kde se pouze nasune jiná tyč. Muselo by se zastavit tavení další skloviny a počkalo by se až předchozí vyteče. Pak by se píčka odsunula nejlépe po nějakém závěsu nebo koleji nad výtokem, přisunula by se nová a začlo by se tavit jiné barevné sklo. Případně by mohlo být už nataveno a štěrbina ve dně zakryta nějakým šamotovým uzávěrem. Asi takto by tedy mohl vypadat další způsob, který by byl jak se zdá jednodušší, ale jehož použití by bylo omezeno jen na ploché sklo.

ŽE TATO DIPLOMOVÁ PRÁCE

Chťel bych v závěru upozornit, není definitivní a kategorieckou formou řešení výroby litého barevného skla. Jde vlastně jen o jeden z možných způsobů, který vzhledem k tomu, že se pohybujeme v tak neprobádané oblasti / jedná se o operativní změnu barev / může lehko potkat v praxi neúspěch. Dalo by se tomu zabránit experimenty, jenže experimenty v této oblasti lze většinou provádět pouze v praxi, což se protahuje časově / s instalací zařízení se musí čekat až na dobu, kdy příslušná vana jde do výhasu / a prodražuje v penězích. Proto jde o návrh víceméně teoretický, prakticky neověřený a tedy jistě v mnohém směru nedokonalý. Teprve experiment provedený na základě této diplomové práce by mohl ukázat, zda toto byla správná cesta, případně naznačit směr, kterým je nutno pokračovat.

O B S A H .

Zadání	2
Seznam použitých označení a zkratk	3
Seznam použité literatury	5
Úvod	6
Blokové schéma celého zařízení	9
Výpočet chladiče grafitového pouzdra při- barvovače	11
Množství a rychlost přídavné skloviny	27
Pohon tyče	28
Ideový návrh vodní instalace	29
Elektrický příhřev	33
Výpočet přitlačné síly kladky poháněcího zařízení	35
Ideový návrh vzduchové instalace	36
Kontrola utavování barevné tyče	40
Proudění ve sklovině	43
Ekonomické zhodnocení	47
Závěr	50

Seznam příloh: Celková sestava PODÁVACÍ ZAŘÍZENÍ	DP-SS-33-68
Podsestava /podavač barevné tyče/	DP-SS-33-68/A
Detail držáku pouzdra	68/3
DETAIL ŠROUBOVÉHO POUZDRA	68/9
DETAIL PŘEVLEČNÉHO POUZDRA	68/12