

Ministerstvo školství ČR

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Ing. Michael M e i x n e r , roz. Slunečko

ZAŘÍZENÍ A TECHNOLOGIE VÝROBY JEMNÝCH A VELMI
JEMNÝCH SKLENĚNÝCH VLÁKEN

Číslo a název vědního oboru :

23-03-9 Stavba výrobních strojů a zařízení -
s k l á ř s k é s t r o j e

Soubor prací

k získání vědecké hodnosti kandidáta technických věd

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146088254

Liberec 1964/1969

Bergisch Gladbach, únor 1990

Soubor prací byl sestaven za účelem vedení obhajoby kandidátské disertační práce na Vysoké škole strojní a textilní v Liberci.

Uchazeč: Ing. Michael Meixner, roz. Slunečko
nyní samostatný technický poradce pro podnikání
Mutzer Str. 2, D-5060 Berg. Gladbach 2
v době vědecké přípravy odborný asistent na
katedře sklářství a keramiky, strojní fakulta
Vysoká škola strojní a textilní v Liberci

Odborné vedení uchazeče:

v letech 1964 - 1969
Prof. Ing. Dr. Karel Sýkora
katedra termomechaniky a technického měření
Vysoká škola strojní a textilní v Liberci

Seznam prací disertanta :

1. Patentová listina 118029, přihlášeno 1964, uděleno 1966,
4 st
2. Analyse der Zerfaserung von Glasmonofilien durch
Gebläsegasbrenner (Analyza zvláknování skleněných
monofilů prostřednictvím vzduchového plynového
hořáku), přednáška na konferenci "Sklářská tech-
nika, květen 1969, Hannover 4 st
3. Injektorové tryskové hořáky pro výrobu jemných
skleněných vláken, Sklář a keramik, ročník 1965 3 st
4. Některé technologické vlivy na tvarování skle-
něných vláken staplového typu, Sklář a keramik
1967 3 st
5. Provoz a provozní charakteristika tryskového ho-
řáku pro výrobu velmi jemných skleněných vláken,
Sklář a keramik 1967 3 st
6. Teoretický rozbor spalovacího hořáku pro výrobu
velmi jemných skleněných vláken, Sklář a kera-
mik 1968 3 st
7. Koncept patentní přihlášky (německy) Zařízení
k čištění odpadní šachty - bez data 3 st
8. Koncept patentní přihlášky (německy) Čištění
odpadních plynů sklářské tavicí vany 3 st
9. Chladnička pro automobily (německy), Karavan
camping journal 1 st
10. Teoretický obsah vody odváděného plynu
z odpadní šachty (německy), připravená publi-
kace 1974 6 str
11. Přihláška vynálezu Zařízení k čištění odpadní
šachty (německy) 1976 1 str
12. Přihláška vynálezu Čištění odpadních plynů pro
tavicí sklářskou vanu (německy) 1976 1 str
13. Srovnávací difuzor (německy) 1976 2 str

- | | |
|--|--------|
| 14. Separát - Business new (angl.) 1986 | 1 str |
| 15. Separát - noviny - Köln (německy) 1988 | 1 str |
| 16. Zpráva o vynálezu (německy) bez data | 2 str |
| 17. Aspirantské minimum 1967 | 89 str |



ČESKOSLOVENSKÁ SOCIALISTICKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRO PATENTY A VYNÁLEZY V PRAZE

PATENTOVÁ LISTINA

ČÍSLO 118029

ÚŘAD PRO PATENTY A VYNÁLEZY V PRAZE UDĚLIL PODLE § 19 ZÁKONA Č. 34/1957 Sb. PATENT NA VYNÁLEZ
S NÁZVEM:

Zařízení k tažení nekonečných skleněných vláken

V ROZSAHU PŘIPOJENÉHO PATENTOVÉHO SPISU

PŮVODCE VYNÁLEZU: Inž. Michal Slunéčko, Praha
Josef Mohelnický, Praha

PATENT BYL ZAPSÁN DO PATENTOVÉHO REJSTŘÍKU POD SHORA UVEDENÝM ČÍSLEM

VYNÁLEZ BYL UČINĚN ZA OKOLNOSTÍ, UVEDENÝCH V § 2, ODST. 3 ZÁK.

K VYUŽITÍ VYNÁLEZU PRISLUŠÍ STATU.

V PRAZE DNE 15. dubna 1966

PŘEDSEDA

PRIHLÁŠ.

ČÍSLO

FV 1104-64

Právo k využití vynálezu přísluší státu
podle § 3 odst. 6 zák. č. 34/1957 Sb.



ÚŘAD PRO PATENTY
A VYNÁLEZY

Přihlášeno 27. II. 1964 [PV 1104-64]

Vyloženo 15. IX. 1985

Vydáno 15. IV. 1966

PT 32 a, 37/02

MPT C 03 b

DT 666.1.038.5
666.1.037.1

Inž. MICHAL SLUNÉČKO
a JOSEF MOHELNICKÝ,
oba PRAHA

Zařízení k tažení nekonečných skleněných vláken

1

Vynález se týká zařízení k tažení nekonečných skleněných vláken, která se pod tavicí píčkou spojují ve svazek za současného nanášení lubrikače neb vody na lubrikační patiči a jsou vedeny na plášť tažného kotouče, z něhož jsou snímány dříve, než vytvoří jeden ovin.

Navádění svazku vláken na plášť kotouče se provádí doposud ručně, což je velmi obtížné, protože minimální obvodová rychlost kotouče je značně vyšší než rychlost ručně přiváděných vláken. Tento velký rozdíl rychlostí způsobuje na kotouči prudké zeslabení vláken, které má za následek časté přerhy části nebo celého svazku vláken.

U zařízení podle vynálezu je umožněno mechanické navádění svazku vláken na plášť tažného kotouče bez nebezpečí přetrhů tím, že u pláště kotouče je upraven naváděcí váleček, které ve své výchozí poloze je pod lubrikační patiči a je nesen výkyvným ramenem uloženým v ose tažného kotouče. Naváděcím válečkem, na nějž se svazek vláken podává ručně, je umožněno postupným zvyšováním otáček ve výchozí poloze válečku plynulé zvyšování rychlosti svazku vláken z rychlosti vytékání skloviny na rychlost přibližně shodnou s obvodovou rychlostí tažného kotouče. Tím, že váleček je upraven výkyvně kolem spodní poloviny

2

pláště kotouče, je umožněno pohybem válečku z výchozí polohy přivést svazek, jehož obvodová rychlost je již přibližně shodná s obvodovou rychlostí kotouče, do styku s kotoučem, čímž je provedeno zavedení vláken na plášť kotouče.

Předmět vynálezu je patrný z popisu a schematického výkresu, na němž je znázorněn příklad provedení zařízení podle vynálezu, přičemž na obr. 1 je naváděcí váleček ve výchozí poloze, na obr. 2 v konečné poloze, obr. 3 znázorňuje oddělení svazku vláken od válečku a na obr. 4 je svazek tažen kotoučem a váleček je mimo činnost.

Zařízení podle vyobrazení sestává z tažného kotouče 1 upraveného pod tavicí píčkou 2, z níž se táhnou vlákna 3 spojovaná ve svazek 4 za současného nanášení lubrikače nebo vody na lubrikační patiči 5. U pláště tažného kotouče 1 je upraven naváděcí váleček 6, který je nesen ramenem 7 uloženým v ose kotouče 1. Výchozí poloha válečku 6 je pod lubrikační patiči 5. Na druhé straně kotouče 1 je tryska 8 pro strhávání vláken tlakovým vzduchem z pláště kotouče 1.

Navádění svazku vláken na plášť otáčejícího se kotouče 1 se provádí takto: Jakmile se svazek vláken ručně přivede na

povrch válečku 6 (obr. 1), otáčky válečku 6 se zvýší tak, že počáteční obvodová rychlost, shodná s rychlostí vytékání skloviny z píčky 2, stoupne na rychlost přibližně shodnou s obvodovou rychlostí kotouče 1. V následujícím okamžiku se uvede do pohybu rameno 7, které přemístí váleček 6 do konečné polohy (obr. 2). Svazek vláken se tímto přivede do styku s tažným kotoučem 1, který jej unáší dále.

Tlakový vzduch z trysky 8 strhává svazek vláken z pláště kotouče 1 (obr. 3) a sčasně odděluje svazek od námotků vláken na naváděcím válečku 6.

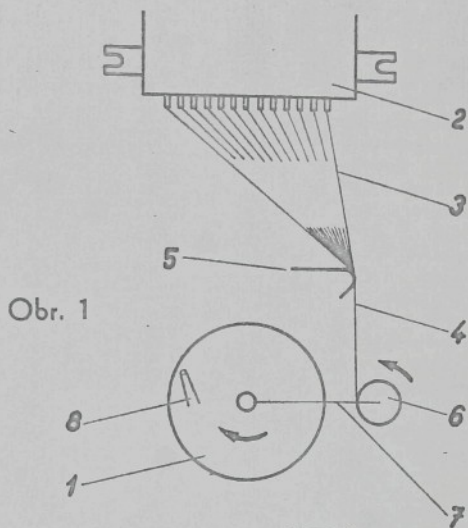
Na obr. 4 je již váleček 6 mimo činnost své výchozí polohy. Svazek vláken je tažen kotoučem 1 a je snímán proudem vzduchu ve tvaru rozvlákněného pramene 9 k dalšímu zpracování.

PREDMĚT PATENTU

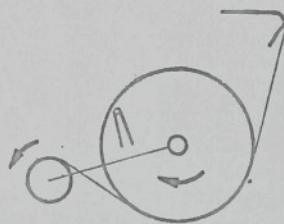
Zařízení k tažení nekonečných skleněných vláken, opatřené pod tavicí píčkou lubrikační paticí a tažným kotoučem, z něhož je svazek vláken snímán dříve, než vytvoří jeden ovin, vyznačené tím, že u pláště

tažného kotouče (1) je upraven naváděcí váleček (6), který ve své výchozí poloze pod lubrikační paticí (5) a je nesen výkonným ramenem (7), uloženým v ose tažného kotouče (1).

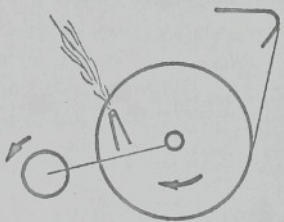
1 list výkresů



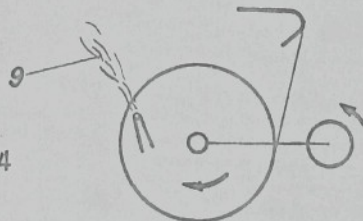
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Die Zerstäuberdüsen (2) weisen einen Austrittsdurchmesser von 22 mm auf und liefern in Übereinstimmung mit früheren Berechnungen eine Flamme von 4 m Länge. Die Gasaustrittsgeschwindigkeit der Zerstäuber beträgt 73 m/s, dadurch erhält die Flamme die benötigte hohe kinetische Energie.

Die keramischen Brennerköpfe bleiben unverändert, so daß auch ohne Eigenkarburierung gearbeitet werden kann. In die Zerstäuber (3) wurden Preßluftdüsen angebracht, die das Ausbrennen der Zersetzungskammern gewährleisten, falls Kohlenstoffteilchen abgelagert werden, oder wenn dem zersetzten Gas Luft zugesetzt werden soll.

Die Zersetzungskammern werden am Abzug durch Verbrennungsgase und am Eintritt durch die aus den Regeneratoren ausströmende Luft beheizt. Es sind eine Einrichtung zur quantitativen Messung des Zersetzungsgases und des nicht zersetzten Gases, der Luft, eine Meßeinrichtung für die Temperatur der Glashmelze in der Arbeitswanne und der Temperatur in den Regeneratoren vorgesehen. Die Qualität der Schmelze wurde auf Grund der Schaumbildung und nach der Qualität der erzeugten Produkte beurteilt.

3.2. Ergebnisse der Industrieversuche

Zuerst wurde der Ofen mit Brennern beheizt, die nicht für die Eigenkarburierung eingestellt waren. Im Mittel wurde 210 Nm³/h Gas verbraucht. Für die Schmelzwanne wurde eine Temperatur von 1400 bis 1420 °C und in der Arbeitswanne eine Temperatur von 1280 bis 1300 °C eingehalten.

Dann wurde die Anlage zur Gaszersetzung in Betrieb genommen. Etwa 30% des Erdgases wurde zur Zersetzungskammer geleitet. Bei unveränderter Temperatur in der Schmelzwanne wurde ein Temperatur-

anstieg in der Arbeitswanne auf 1350 °C registriert, d. h. die Menge des zugeführten Gases konnte verringert werden, um die geforderte Temperatur von 1280 bis 1300 °C einzuhalten. Bei einer Temperatur von 1350 bis 1360 °C in der Schmelzwanne wurde in der Arbeitswanne die geforderte Temperatur erzielt, bei einem Gasverbrauch von 165 Nm³/h.

Es ist bemerkenswert, daß sich auch die Qualität der Schmelze durch Zuführung des karburierten Gases verbesserte. Der Gasverbrauch konnte durch Eigenkarburierung um 26% verringert werden. Auch erniedrigten sich die Temperaturen der Verbrennungsgase in den Regeneratorkammern um 80 bis 90 grd, was auf eine bessere Wärmeübertragung der Flamme auf die Glashmelze schließen läßt. Da keine objektiven Methoden zur Messung des Leuchtkoeffizienten der Flamme verfügbar waren, wurden keine Messungen durchgeführt. Aber auf Grund visueller Beobachtungen konnte man schon eine Vergrößerung der Leuchtkraft feststellen.

Weitere Versuche betrafen die Steigerung der Schmelzleistung, dazu wurde bei konstantem Gasverbrauch mit einer Temperatur von 1280 bis 1300 °C in der Arbeitswanne eine Verbrennung ohne und mit Eigenkarburierung durchgeführt. Die Schmelzleistung konnte durch Eigenkarburierung des Erdgases um etwa 25% gesteigert werden.

Weiter wurden Versuche an einer Querflammenwanne mit drei Brennern durchgeführt, die auch zum Erschmelzen von Natron-Kalk-Glas verwendet wird und eine Kapazität von 100 t aufweist. Auch hier konnte der Brennstoffverbrauch durch Eigenkarburierung um 22% gesenkt werden.

Es ist vorgesehen, Versuche durchzuführen, um die Wirkung der Eigenkarburierung von Erdgas auch bei anderen Öfen festzustellen. (50248)

DK 666.189.211:666.1.037.1:666.1.037.825:66.069.88

Analyse der Zerfasierung von Glasmonofilen durch Gebläsegasbrenner

Von MIGUEL SLUNEČKO, Bergisch Gladbach

(Vortrag auf der 43. Glastechnischen Tagung am 28. Mai 1969 in Hannover)

(Eingegangen am 28. Oktober 1969)

Es werden die Ergebnisse theoretischer und experimenteller Untersuchungen über die Zerfasierung von Glasmonofilen durch ausströmende Abgase von Gebläsegasbrennern mitgeteilt. Es bestand die Aufgabe, technologische Einflüsse auf die Ausbeute und Qualität der sehr feinen Fasern zu klären. Einleitend wird eine Analyse der Grundtechnologien für die Herstellung sehr feiner Fasern gegeben. Weiter werden die Wirkungsweise der einzelnen Einrichtungen der Anlage — Schmelzwanne, Ziehvorrichtung, Gebläsegasbrenner und Absaugekammern — und der Mechanismus der Zerfasierung der Glasmonofile beschrieben.

1. Herstellungsverfahren

Glasfasern (Stapel- und Rayonfasern) finden auf vielen Gebieten immer mehr Verwendung, insbesondere als Wärme- oder Schallschallisolierung. Ihre Anwendung stellt besondere Anforderungen an die Eigenschaften der Fasern, zu deren Verbesserung immer neue Herstellungsverfahren und Vorrichtungen entwickelt werden müssen.

Mit den klassischen Methoden zur Herstellung von Glasfasern — mechanisches und pneumatisches Ziehen — können Fasern bis zu einem Durchmesser von minimal 6 µm erzeugt werden; Fasern mit einem geringeren Durchmesser mit den genannten Verfahren herzustellen, ist unwirtschaftlich. In den Bildern 1 a bis c sind die beim Düsenziehverfahren wirksamen Parameter in Abhängigkeit vom Durchmesser der hergestellten Fasern einge-

tragen. Bild 1 a zeigt die Abhängigkeit der Faserausbeute mit einer 28-Düsen-Platinwanne, Bild 1 b die Abhängigkeit des Heißdampfverbrauchs ($t = 300\text{ °C}$, $p_p = 7\text{ kpcm}^{-2}$) bei konstanter Ausbeute und Bild 1 c die Beziehung zwischen der Düsenzahl und dem Faserdurchmesser bei der konstanten Schmelzleistung von 3 kg/h.

Für die Herstellung von Glasfasern mit Durchmessern von 1 bis 4 µm mußten neue wirtschaftliche Verfahren entwickelt werden. Dazu bot sich eine Kombination von mechanischem Ziehen und pneumatischem Zerfasern an. Zuerst werden die Glasfasern mit Ziehzyllindern mechanisch zu Primärmonofilen und dann pneumatisch durch Einwirkung eines Gasgebläses zu Sekundärfasern zerfasert. Als Gas wird das Abgas eines Gebläsegasbrenners mit hoher Temperatur verwendet.

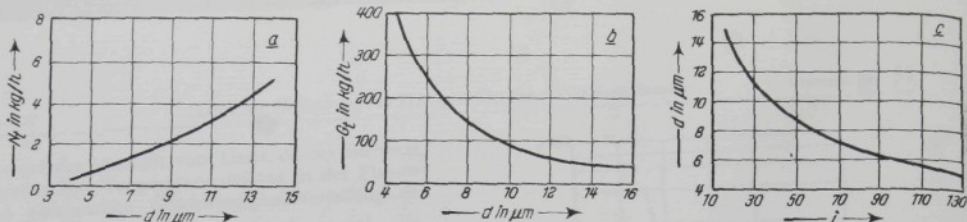


Bild 1. Beim Düsenziehverfahren wirksame Parameter,

- a) Abhängigkeit der Ausbeute N_t von dem Faserdurchmesser,
 b) Abhängigkeit des Heißdampfverbrauchs vom Faserdurchmesser bei einer Leistung von $N_t = 1$ kg/h,
 c) Abhängigkeit des Faserdurchmessers von der Düsenanzahl i bei einer Leistung von $N_t = 3$ kg/h.

Das Prinzip des kombinierten Verfahrens ist in Bild 2 schematisch dargestellt. Das Glas wird in Form von Kugeln oder Scherben mit einer automatisch arbeitenden Dosiervorrichtung in eine elektrisch beheizte Platinwanne eingelegt und geschmolzen. Die Temperatur wird selbsttätig durch Impedanzänderungen der Wanne und der Glasschmelze geregelt. Die Glasschmelze fließt durch die am Boden angebrachten Düsen und bildet dort Tropfen, die nach dem Abtropfen Zwiebeln hinterlassen, aus denen das Primärmonofil abgezogen und zwischen die Ziehzyylinder geführt wird; von diesen werden Monofile bis zu einem bestimmten minimalen Durchmesser abgezogen. Die Monofile werden dann mit Hilfe eines Gebläsegasbrenners angeschmolzen, durch die Verbrennungsgase zu Sekundärfäden mit dem gewünschten Durchmesser zerfasert und einer Absaugkammer zugeführt, wo sie aufgefangen werden.

2. Theoretische Grundlagen

Der Herstellungsprozeß ist dann als ideal anzusehen, wenn bei den Sekundärfasern keine Streuung im Durchmesser auftritt und die Länge und Orientierung der Fasern den Anforderungen genügen. Einen solchen Ablauf kann man theoretisch in fünf Phasen unterteilen (Bild 3):

- I. mechanisches Abziehen von Primärmonofilen mit konstantem Durchmesser,
- II. Erwärmen der Primärmonofile auf eine Temperatur, die notwendig ist, um die Monofile parallel zur Abgasrichtung umzulenken,
- III. weiteres Erwärmen auf eine Temperatur, die zur Zwiebelbildung ausreicht,

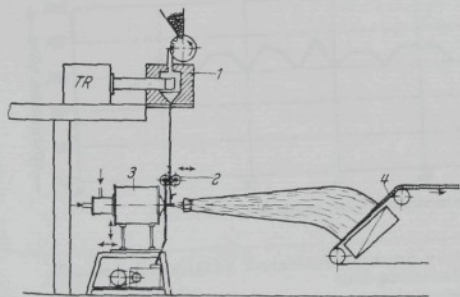


Bild 2. Schematische Darstellung des Herstellungsverfahrens mit der kombinierten Methode.

- 1 = Schmelzwanne, 2 = Ziehvorrichtung,
 3 = Gebläsegasbrenner, 4 = Absaugvorrichtung.

- IV. Abziehen des Sekundärfadens mit dem gewünschten Durchmesser und Abkühlung auf eine Temperatur, bei der keine plastische Verformung mehr möglich ist,
- V. Zerfaserung der unendlichen Sekundärfasern durch turbulente Abgasströmung und Ansaugen von Luft.

Mit einigen vereinfachenden Voraussetzungen lassen sich die Vorgänge von vier der fünf Phasen mathematisch formulieren.

Die in der 5. Phase ablaufenden Vorgänge mathematisch darzustellen, bereitet besondere Schwierigkeiten, da nicht alle Einflußgrößen eindeutig fixiert werden können.

3. Einflußfaktoren bei der Faserherstellung

Folgende Faktoren haben auf die Qualität der Fasern und den Zerfaserungsprozeß bestimmenden Einfluß:

1. mechanische Eigenschaften der Glasschmelze,
2. Durchmessertoleranz der Primärmonofile und Durchmesser bei Eintritt in den Zerfaserungsbereich,
3. Vorschubgeschwindigkeit des Monofil in den Gasstrahl und Einhalten des optimalen Abstandes zwischen den einzelnen Monofil sowohl auf der Berührungsfläche der Ziehzyylinder als auch im Zerfaserungsbereich,

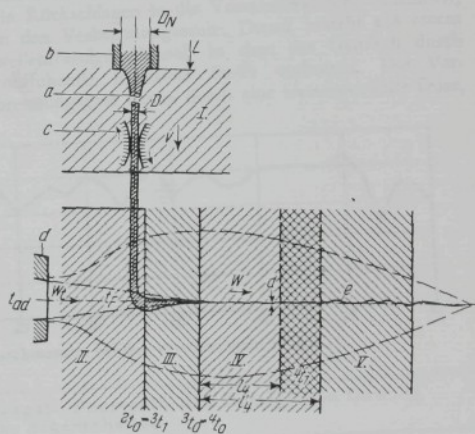


Bild 3. Schematische Darstellung der einzelnen Phasen des Herstellungsverfahrens.

- a = Primärmonofil, d = Gebläsegasbrenner,
 b = Düse, e = Sekundärmonofil,
 c = Ziehzyylinder,

4. Abstand des Monofil vom Gasstrahl des Brenners,
5. Gleichmäßige Temperaturverteilung in der Flamme und gleichmäßige Geschwindigkeitsverteilung der Gasstrahlen,
6. Beschaffenheit der Flamme,
7. Abstand Absaugkammer-Brennerrückwand und Konstruktion der Absaugkammer,
8. Konstruktion und Vorschubgeschwindigkeit des Förderbandes, Nebenwirkung der Ansaugluft bei der Vliesbildung, Art der Abnahme des Vlieses vom Förderband u. a.

4. Wirkungsweise der Zieh- und Zerkaserungsvorrichtung

Um den Einfluß der obengenannten Faktoren bestimmen zu können, erwies es sich als geeignet, für die weiteren Untersuchungen die gesamte Vorrichtung in vier Hauptabschnitte zu unterteilen:

1. Platinwanne und -ofen, einschließlich Heiz- und Regeleinrichtung sowie Dosiervorrichtung,
2. Zieh- und Vorschubeinrichtung,
3. Gebläsegasbrenner und
4. Absaugkammer.

Die Beschaffenheit und Zusammensetzung der Glasschmelze — insbesondere das Viskositäts-Temperaturverhalten — beeinflussen den Faserziehprozeß wesentlich. In Bild 4 ist die Temperaturabhängigkeit der Viskosität für drei Glasschmelzen aufgetragen, die für das beschriebene Verfahren geeignet sind. In Tabelle 1 ist die Zusammensetzung der Gläser angegeben. Bild 4 ist zu entnehmen, daß für dieses Verfahren Mangel- und Fourcaultglas am besten geeignet sind.

Für Versuche zur Erprobung des Verfahrens wurde ein kleiner Schmelzofen mit 50 Düsen aus einer 95 Pt/5 Rh-Legierung verwendet. In Bild 5 sind die Durchmesser-schwankungen der einzelnen Primärmonofile dargestellt, aus denen auf eine Temperaturinhomogenität der Glasschmelze vor den Düsen geschlossen werden kann. Bild 6 zeigt die Abhängigkeit der Ziehgeschwindigkeit

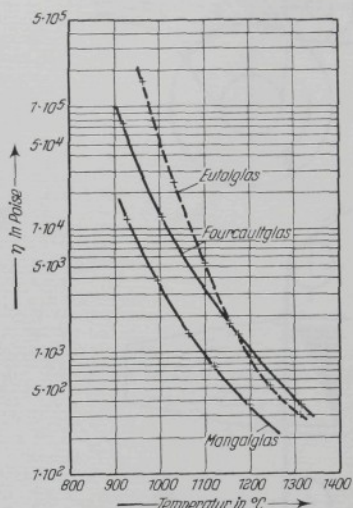


Bild 4. Viskosität von Mangel-, Fourcault- und Eutalglas in Abhängigkeit von der Temperatur.

von den Stufen des Regelgetriebes. Es können Ziehgeschwindigkeiten von 0,18 bis 1,0 ms⁻¹ eingestellt werden, so daß man sich den optimalen Bedingungen anpassen kann. In Bild 7 ist die Abhängigkeit der Ziehgeschwindigkeit vom Durchmesser des Primärmonofil bei verschiedenen Schmelztemperaturen eingetragen.

Den Aufbau des Gebläsegasbrenners zeigt Bild 8. Das in der Vormischkammer hergestellte Gas-Luft-Gemisch tritt durch eine keramische Platte mit Perforierung, die ein Rückschlagen in die Vormischkammer verhindert, in den Verbrennungsraum. Dieser besteht aus einem wellenförmigen Kanal, in dem das Gemisch durch rotglühende feuerfeste Stoffe verbrennt. Die Verbrennungsgase treten durch eine wassergekühlte Düse,

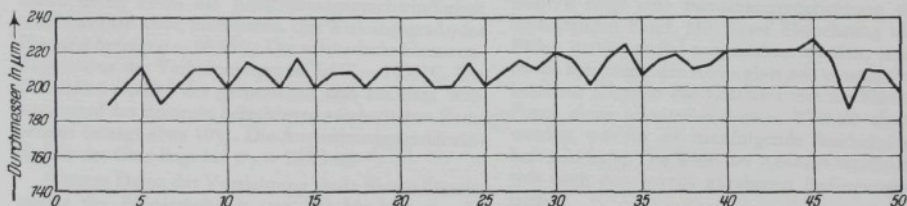


Bild 5. Schwankungen des Primärmonofildurchmessers bei den verschiedenen Düsen.

Tabelle 1. Chemische Zusammensetzung von Mangel-, Fourcault- und Eutalglas in Gew.-% und physikalische Eigenschaften

Glasart	Zusammensetzung in Gew.-%												Dichte in g cm ⁻³	Oberflächen-spannung in dyn cm ⁻¹	Fließpunkt in °C (log η = 4,95)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	Mn ₂ O ₃	F	B ₂ O ₃	R ₂ O ₃	BaO	K ₂ O	Na ₂ O			
Mangel	60,0	7,0	6,5	3,5	19,0	3,0	—	—	—	—	—	—	2,58	310	854
Fourcault	71,86	0,91	7,36	3,95	15,32	—	—	—	—	—	—	—	2,50	302	—
Eutal	52,93	—	17,23	4,31	—	—	9,37	13,91	1,50	0,43	0,26	0,26	2,587	298	1016

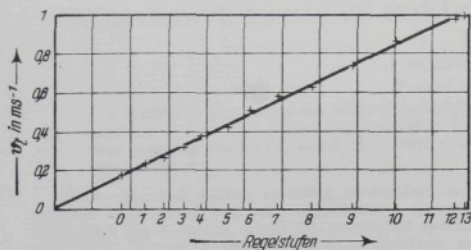


Bild 6. Geschwindigkeitscharakteristik der Ziehvorrichtung.

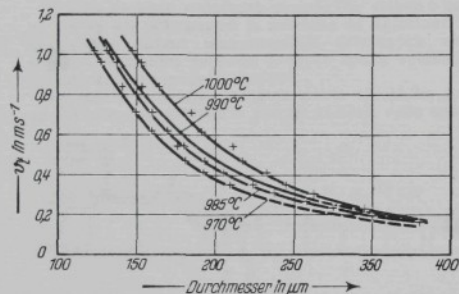


Bild 7. Änderung des Primärmonofildurchmessers in Abhängigkeit von der Ziehgeschwindigkeit.

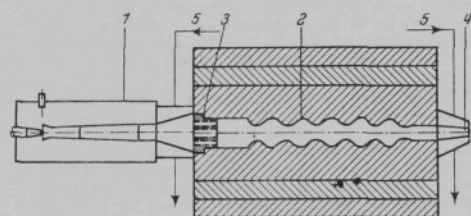


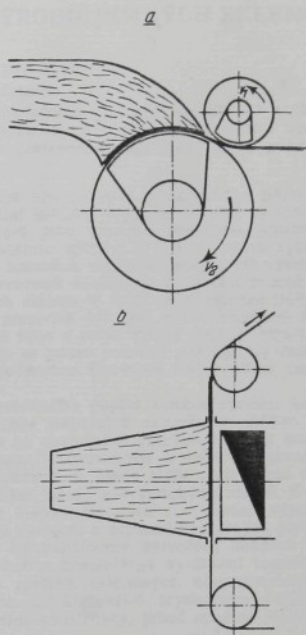
Bild 8. Gebläsegasbrenner.

- 1 = Vormischkammer, 4 = Düse,
2 = wellenförmiger Verbrennungskanal, 5 = Wasserkühlung.
3 = perforierte Platte,

durch deren Form die Ausströmungsgeschwindigkeit erhöht werden kann, nach außen. Der Wirkungsgrad η des Brenners beträgt $\eta = 88,55\%$. Die adiabatische Flammtemperatur der Verbrennungsgase ist $T = 1650^\circ\text{C}$. Die Differenz zwischen der gemessenen und aus dem Wirkungsgrad des Brenners berechneten adiabatischen Temperatur beträgt etwa 10% . Die Ausströmungsgeschwindigkeit der Gase liegt bei $w_T = 187,5 \text{ ms}^{-1}$.

Weitere Daten der Vorrichtung sind: Einem Durchmesser des Primärmonofils von 100 bis $120 \mu\text{m}$ entsprechen Sekundärfasern mit $0,5$ bis $1,0 \mu\text{m}$ Durchmesser, dem Durchmesser des Primärmonofils von 160 bis $180 \mu\text{m}$ entsprechen Sekundärfasern mit $1,5$ bis $2,5 \mu\text{m}$ Durchmesser und Durchmessern von Primärmonofilen von 200 bis $250 \mu\text{m}$ entsprechen Sekundärfasern mit $3,0$ bis $4,5 \mu\text{m}$ Durchmesser, bei einer richtig eingestellten Ziehgeschwindigkeit.

Da die Form der Absaugkammer die Produktion der Fasern beeinflusst, soll noch kurz auf gebräuchliche Ab-



Bilder 9a und b. Verschiedene Absaugkammern,
a) Trommelabsaugkammer,
b) Bandabsaugkammer.

saugvorrichtungen eingegangen werden. Für dieses Herstellungsverfahren eignen sich die in den Bildern 9a und b schematisch dargestellten Arten. Bild 9a zeigt eine Trommelabsaugkammer, bei der die kleinere Trommel eine größere Umfangsgeschwindigkeit aufweisen kann als die größere Trommel. Der Saugeffekt der sich innerhalb jeder Trommel befindenden Absaugvorrichtung und eine richtig gewählte Kombination von wechselnden Umfangsgeschwindigkeiten der Trommeln können das Parallelausrichten der Sekundärfasern günstig beeinflussen, so daß unter bestimmten Bedingungen ein verspinnbares Vlies gewonnen werden kann. Bild 9b zeigt eine Bandabsaugvorrichtung mit einem umlaufenden Band. Mit dieser Einrichtung können die Fäden nicht parallel ausgerichtet werden, jedoch kann durch Steuerung der Absaugluft mit entsprechend angebrachten Klappen das Glasfaservlies als Fläche oder in Form eines ununterbrochenen Wickels abgenommen werden, was für die nachfolgende Bearbeitung vorteilhaft sein kann. Die Wahl der Absaugvorrichtung richtet sich nach den jeweils gegebenen Bedingungen im Betrieb.

5. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde gezeigt, daß bei dem beschriebenen Herstellungsverfahren für Glasfasern besondere Punkte beachtet werden müssen: 1. Homogenität der Glasschmelze, 2. optimale Einstellung des Gebläsegasbrenners, wobei eine hohe Temperatur der Verbrennungsgase und eine große Ausströmungsgeschwindigkeit erzielt werden sollten, und 3. geeignete Wahl der Absaugvorrichtung. (50921)

INJEKTOROVÉ TRYSKOVÉ HOŘÁKY PRO VÝROBU JEMNÝCH SKLENĚNÝCH VLÁKEN

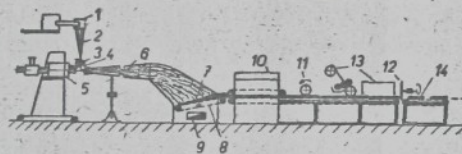
Inž. M. KYNCL, inž. M. SLUNEČKO,
Vysoká škola strojní, Liberec

V článku je poukázáno na některé podmínky pro úspěšnou výrobu jemných skleněných vláken. Jde zejména o správnou funkci injektorového tryskového hořáku využívaného bezplamenné spalování. Jsou popsány okolnosti, které podmiňují dobrý průběh bezplamenného spalování a je popsán jeho mechanismus.

Jemná skleněná vlákna vyráběná moderními technologiemi se používají buď jako volná vlákna, eventuálně propojená pryskyřicemi, které jim propůjčují specifické vlastnosti. Rozsah použití těchto sklovlnitých materiálů je značně rozmanitý, počínaje jejich použitím pro filtrační účely při výrobě léčiv a konče použitím pro tepelné a zvukové izolace.

Výroba jemných izolčních skleněných vláken o tloušťce 2,5 až 4,5 mikrometrů je založena na kombinaci mechanického tažení elementárních skleněných vláken s jejich rozlehem proudem horkých spalin vytékajících ze speciálního plynového hořáku.

Na obr. 1 je uvedeno schéma tohoto výrobního způsobu. Sklovina se zakládá v podobě kuliček, nebo speciál-



Obr. 1 — Schéma zařízení pro výrobu velmi jemných skleněných vláken. 1 — platinová plicka, 2 — elementární vlákna, 3 — tažné válce, 4 — usměrňovací zařízení, 5 — tryskový hořák, 6 — usměrňovací a ukládací komora, 7 — volná vlákna, 8 — ukládací pás, 9 — ventilátor, 10 — sušárna, 11 — podélný ořez, 12 — příčný ořez, 13 — sušicí zařízení včetně sušení lepidla, 14 — finální výrobek — desky.

ních a zvláště k tomuto účelu upravených pásků skla o chemickém složení, které zajišťuje požadované vlastnosti jemných skleněných vláken, do platinové plicky. Platinová plicka je opatřena několika řadami výtokových trysek. Tavení základního skla se děje elektrickým proudem. Pro regulaci teploty platinové plicky a tavení skloviny je využito zvláštní automatické regulace založené na principu změny impedance daného tavicího zařízení.

Elementární vlákna, která vytékají z trysek platinové plicky, jsou ručně navedena do páru tažených válců, opatřených zvláštním povlakem zabraňujícím drncení těchto vláken. Tažné válce vhodně zajišťují rovnoměrné vytahování vláken z vlastních trysek. Z tažených válců přicházejí jednotlivá elementární vlákna tloušťky kolem 300 mikrometrů do usměrňovacího zařízení, které má za úkol rozdělit je pokud možno tak, aby byla zachována jejich minimální vzájemně přípustná vzdálenost mezi sebou. Používá se buď „hřebene“, nebo řady trubiček, kterými procházejí jednotlivá vlákna před ústí hořáku. Tak je zabráněno stavování elementárních vláken před rozlehem proudem spalin, což by v opačném případě mělo za následek tvoření granulí.

Konce vláken jsou roztavovány vysokou teplotou spalin a rozleňovány kinetickou energií plynného média vystupujícího z ústí tryskového hořáku na krátká sekundární vlákna požadované tloušťky. Takto vzniklá vlákna jsou unášena proudem spalin do usměrňovací komory, ve které dochází ke ztrátě kinetické energie pracovního média-spalin, od něhož jsou na výstupu z ukládací komory skleněná vlákna oddělena pohybující se pletivovým pásem. Spaliny jsou odsáty ventilátorem z prostoru pletivového pásu, který dopravuje průběžně vlákna k dalšímu zpracování.

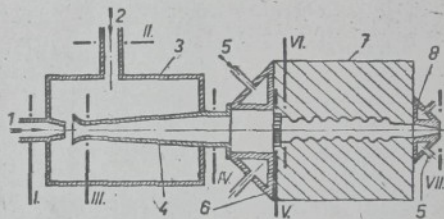
Změnou rychlosti pletivového pásu je možno měnit tloušťku vznikajícího souvislého pásu skleněné vaty, složeného z volných vláken.

V případě dalších požadavků na vlastnosti finálního výrobku je možno příp. tato vlákna postřikovat v usměrňovací komoře pojivem, např. pryskyřicemi. Takto po-

stříkaná vlákna jsou transportním pásem unášena do speciální sušárny, která je zároveň vytvrdzovací komorou, ve které jsou mírným přitlakem pomocného horního pásu vlákna stlačena a v tomto stavu vysušena, přičemž dojde hlavně k vytvrzení pojiva. Při výstupu ze sušárny a vytvrdzovací komory je získávána pojevná rohož ze skleněných vláken. V další části výrobní linky jsou instalována pomocná zařízení, která umožňují nalepování hliníkové fólie z jedné strany rohože. Přímým a podélným ořezem se potom souvislý pás dělí na desky, jejichž rozměr je možno libovolně měnit podle požadavku odběratele.

Z uvedeného popisu funkce výrobní linky je zřejmé, že výroba izolčních skleněných vláken je závislá zejména na dostatečně velkých zdrojích energie elektřiny a plynu. V souvislosti s velkým rozvojem národního hospodářství se klade stále větší důraz na ekonomické využívání těchto energetických zdrojů. Z tohoto důvodu autoři článku sledovali i v rozvoji výroby skleněných vláken moderní a úsporné konstrukce plynových hořáků, které by zajišťovaly vytvoření dobrých podmínek pro bezpečné a hospodárné využívání topného plynu.

Pro rozleš skleněných elementárních vláken bylo použito injektorového tryskového oscilačního hořáku speciální konstrukce, jehož schéma je na obr. 2.



Obr. 2 — Injektorový tryskový oscilační hořák typu SVOMASK. 1 — vstup vzduchu, 2 — vstup plynu, 3 — těleso injektoru, 4 — difúzor, 5 — vstup chladicí vody, 6 — keramická destička, 7 — těleso hořáku, 8 — těleso trysky.

Při použití tohoto typu tryskového hořáku dochází teoreticky k bezplamennému spalování, které umožňuje zvýšit plošné a kubické zatížení hořáku, čímž se dosahuje vyšší účinnosti.

Princip bezplamenného spalování spočívá v tom, že plyn dobře smíšený se vzduchem se spaluje na povrchu rozzhavených žárovzdorných látek. Rychlost spalování je vysoká, hoření je stabilní a v důsledku malého přebytku vzduchu dává vysokou teplotu. Předností tohoto tryskového hořáku využívajícího bezplamenného spalování plynu jsou:

1. Vysoké plošné a kubické zatížení hořáku (10–40) . 10^6 kcal/m² . h, podle Murzakova [1]; $15 \cdot 10^6$ kcal/m² . h, podle Arsejeva [2]; (250–700) . 10^6 kcal/m³ . h, podle Raviče, Rolinka aj. [3; 4; 6].
2. Veliká rychlost spalování. Proti běžnému spalování probíhá zde podle Raviče až stokrát rychleji [3].
3. Veliká teplota zplodin hoření [4].
4. Možnost regulace výkonu hořáku ve velkém rozsahu.
5. Velká stabilita hoření.
6. Nižší spotřeba paliva.
7. Čisté zplodiny hoření při optimálním přebytku vzduchu
 $\lambda = 1,05 - 1,15$ [2; 6]
 $\lambda = 1,05 - 1,1$ [4]
8. Možnost regulace atmosféry ve spalovací prostorou na oxydační a redukční [6].

I když byla vyslovena o mechanismu bezplamenného spalování řada hypotéz a teorií, zůstává způsob dosud neobjasněn. Průběh spalování plynů je ovlivněn řadou okolností. Zárovň vzdušné materiály, které obsahují některé kyslíčnické kovy, např. niklu nebo železa s promotory na jejich povrchu zvyšují značné katalytickou aktivitu hořáku. Čistota plynu přímo omezuje možnost použití určitých typů hořáků pro bezplamenné spalování. Nedostatečné čištění plynu zhoršuje spalovací proces, protože spalovací prostor je zaneřáděn usazeninami. Nízká výhřevnost plynu pod 1500 kcal/m³ způsobuje odtržení plamene od stěn. To vyžaduje provedení zvláštních úprav, které mají za úkol udržet ohniska zážehu, jako je např. zúžení a rozšíření kanálu. Tak vznikají potřebné víry, napomáhají zážehům prostřednictvím mísení rozžhavených produktů hoření s proudem plynovzdušné směsi.

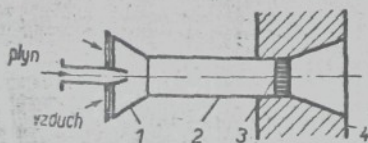
Spalování znečištěného plynu o nízké výhřevnosti vyžaduje konstrukci takového hořáku, u něhož je možné snadné odstraňování usazenin.

Pro vysokovýhřevné plyny (kolem 3600 kcal/m³) vzniká požadavek na zajištění dostatečného množství vzduchu nutného pro spalování. Toto množství je až desetinásobné k množství plynu. Tato skutečnost ovlivňuje vlastní konstrukci směšovače, aby dokázal tuto směs zajistit. Vzhledem k vysokým spalovacími teplotám, které při spalování vznikají, je nutno použít pro konstrukci hořáku kvalitních materiálů, které by těmto teplotám dostatečně odolávaly.

Nemalou úlohu při dokonalém spalování v tryskovém hořáku má vlastní předmísení plynu se vzduchem; je zvláště důležité pro bezplamenné spalování. Účinnost hořáku se podstatně snižuje nedokonalým spalováním.

Některé autoři doporučují předehřát směs, což má podstatně zvýšit účinnost celého spalovacího zařízení. Provedenou řadou zkoušek nebyly zjištěny podstatné rozdíly. Byla jen potvrzena skutečnost, že zvýšenou rychlostí spalování vzniká nebezpečí zpětného sňhnutí plamene. Injektorové hořáky, mezi něž patří hořák patří, nevykazují podstatné zvýšení účinnosti spalování, je-li směs předehřívána.

Je všeobecně známo, že při bezplamenném spalování plynu dochází u injektorového hořáku ke zpětnému sňhnutí plamene, zvláště tehdy, je-li narušen vlastní proces spalování. Toto sňhnutí má za následek, že hoření se přeneslo do směšovače. Tím vzniká nebezpečí, že v důsledku zvýšeného oteplení stěn hořáku může dojít k jejich deformaci a u velkých hořáků vzniká nebezpečí exploze. Tato skutečnost je největším nedostatkem bezplamenného spalování. Při konstrukci hořáku je nutno tuto slabou stránku uvedeného principu spalování mít na zřeteli a zabránit tak vzniku zpětného sňhnutí plamene. Zpětné sňhnutí plamene může v hořáku nastat, převyšuje-li rychlost spalování směsi rychlost proudění směsi. K podobné situaci může dojít, je-li směs vystavena náhlé změně směru proudění před vstupem do kanálu, přičemž poklesne rychlost proudění směsi na vnitřním poloměru kanálu. Znečištění směšovacího potrubí může rovněž přivodit zpětné sňhnutí plamene, právě tak jako změna tlaku topného plynu. Vzhledem k této skute-



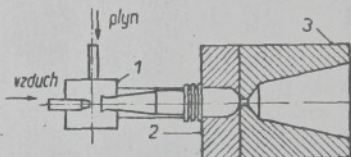
Obr. 3 — Hořák typu plyn přísává vzduch. 1 — injektor, 2 — směšovací trubice, 3 — stabilizátor, 4 — vyzdívková.

osti byla věnována zvláštní pozornost volbě a konstrukci keramické destičky, jejíž úlohou je tomuto zabránit. Z těchto důvodů je nutné provést početní kontrolu rychlosti proudění směsi keramickou destičkou a kontrolu vyzdívkových průřezů I—VII funkčních částí hořáku, které pro tento výpočet jsou uvažovány.

Zde je možno vlastní hořáky pro bezplamenné spalování plynu rozdělit do dvou kategorií. V první plyn

přísává vzduch (obr. 3). Tyto hořáky se vyznačují určitou konstrukční jednoduchostí, která vyplývá z vlastního principu. U této kategorie odpadá vzduchové potrubí a ventilátor. Nevýhodou těchto hořáků je požadavek na dostatečnou dodávku plynu o poměrně vysokém tlaku, což však na druhé straně je vyváženo samoregulačností, která je v provozu zvlášť vítána. Samoregulačností je schopnost hořáku udržet optimální poměr mezi množstvím plynu a vzduchu. Dojde-li k poklesu tlaku plynu, nasává se vzduch méně a naopak.

Do druhé kategorie patří hořáky, kde vzduch přísává plyn. Tyto hořáky mají především tu výhodu, že pracují i při nízkém tlaku plynu. Jejich zavedení do provozu do jisté míry brání požadavek kladený na vlastní princip nasávání, který závisí na dvojitém potrubí, a to vzduchovém a plynovém se samostatnou regulací každé větve zvlášť (obr. 4).



Obr. 4 — Hořák typu vzduch přísává plyn. 1 — směšovač, 2 — hořáková tryska, 3 — zárovňovací kanál.

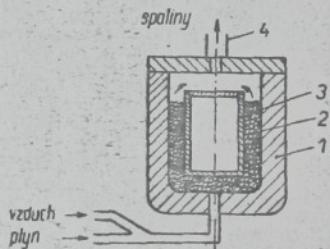
Speciální hořák používaný k rozžehu skleněných vláken patří do druhé kategorie hořáků. Kromě tohoto hořáku lze uvést ještě několik hlavních typů patřících do této kategorie:

1. hořák se spalováním v drcené vrstvě,
2. hořák kanálový (tryskový oscilační hořák typu SVUMASK),
3. hořák nárazový,
4. hořák se spalováním na umělé zvětšeném kontaktním povrchu.

Toto jsou hořáky s analýmí radiačním účinkem. Mezi hořáky s velkým radiačním účinkem patří:

1. hořák miskový,
2. diafragmový,
3. „Selas“,
4. terčovský aj.

Na obr. 5 je schematicky zobrazen hořák se spalováním v drcené vrstvě. Tento hořák byl zvolen úmyslně,



Obr. 5 — Hořák se spalováním v drcené vrstvě. 1 — vyzdívková pece, 2 — drcená vrstva, 3 — komora hořáku, 4 — odtah spalin.

protože na něm je dobře patrný princip spalování. Směs plynu se vzduchem prochází vrstvou drcené šamotu, který je uložen mezi vyzdívkou. Ke spalování dochází na povrchu zrn drcené vrstvy. Takto vzniklý velký aktivní povrch zrn umožňuje dokonalé spálení směsi vzduchu a plynu.

Použití výše uvedených typů hořáků se řídí jejich vlastnostmi. Vzhledem k tomu, že jde o další jejich využití v nejrůznějších odvětvích průmyslu, není o nich v tomto článku další zmínky.

Výroba jomových skleněných vláken je podmíněna především správnou funkcí tryskového hořáku. Jelikož se při provozu hořáku mění s časem složení plynu a řada jiných

REMESLO TVOŘIVÝCH RUKOU S TISÍCILETOU TRADICÍ

Naše země jsou bohaté na nalezitost keramických surovin. Proto také československý kaolin byl stanoven jako světový standard. V blízkosti keramických lokalit vznikaly hrnčířské a dzbánkařské výroby a již v 18. století zhotovovali užité nádoby vysoké úrovně. Touto malovýrobou užité keramiky se obvykle zabývala celá rodina a zkušenosti se předávaly z otce na syna. Až později docházelo k rozšíření výroby a přesné specializace: habání—dzbánkaři, kamnáři, rendlíkáři, hrnčíři apod. V 19. století byly zakládány keramické provozy kolem Plzně, Teplic, Karlových Varů a tak byla postupně vytlačována malovýroba hrnčířů, kteří nemodernizovali své dílny, technologické postupy a nepřizpůsobovali se nové době.



Při tvoření keramických družstev dostávaly tyto organizace do vinku převážně zastaralé nevyhovující prostory, často bez jakéhokoli sociálního zařízení, se starými a typickým strojním zařízením a někdy i nevhodným sortimentem.

Také družstvo Keramo Praha prošlo všemi potížemi, nedostatky a technologickými zvraty. Družstvo představuje téměř třetinu celkové družstevní produkce a je dnes nejsilnějším, výlučně keramickým družstvem u nás. Rozličný sortiment je soustředěn do osmi závodů, kde družstvo zhotovuje jak zahradní a stavební keramiku, upomínkové předměty, tak užité keramiky, figurální a ozdobnou keramiku, která zvláště dosáhla vysoké úrovně respektující materiál a účelnost. Podnikoví výtvarníci L. Šilar a V. Košnar dokázali za poměrně krátkou dobu naplnit výrobní program družstva novými moderními modely vysoké užitečnosti a účelnosti. Hlavně provoz v Brunsově a vývojové pracoviště družstva připravilo nové tvarové pohledy a použitím hmot na oblast 1250 °C a technologie solených kabinek vznikly další výtvarné možnosti při zachování materiálového svěráku.

Družstvo má velký počet kvalifikovaných zaměstnanců (12 % odborně vzdělaných kádrů z keramické školy v Bechyni a Karlových Varů), převážně začleněných v pracovním procesu přímo na dílnách. I zde se odrazil nepříznivý vývoj českého hrnčířství a proto v nejbližších letech bude nezbytné nutně provést úpravy hlavně organizačního charakteru, aby se tak dostaly hrnčířské provozy z nekeramických družstev pod odborné vedení v čistě keramických celcích. Keramika je příliš specifický obor, než aby mohl být úspěšně řízen nekeramickým vedením.

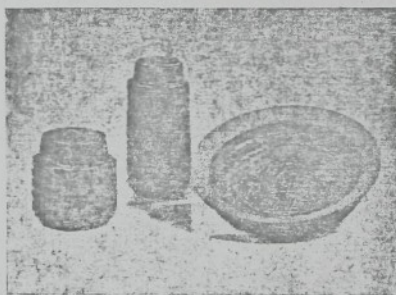
Posláním keramických družstev v budoucnosti musí být orientováno jako doplněk produkce národních podniků, které při pokračující mechanizaci a automatizaci se ne-

budou moci zabývat malými sériemi a doplňkovou výrobou. V tom bude hlavní náplň družstev. Vyrovnání ekonomika hrnčířské produkce bude i nadále v poměrně velkém sortimentu s tvarovým předstihem stále nových modelů a tak zajištěním plné výtěžnosti pecního prostoru. Zřízením ústředního tvarového vývoje, při družstvu Keramo Praha by byla zajištěna vyšší úroveň výrobní provozoven, které nemají a nemohou si dovolit z hlediska



díla nákladů vlastní střediska. Bude však záležet na pracovnících v provozech, jak rychle budou nové modely a nové série realizovat a zavádět do výroby. S tím nutně musí dojít ke změnám cenové tvorby, která se mnohdy podílela na zpoždění zavádění výrobků na spotřebitelský trh.

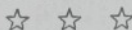
Jako nezbytné pro zachování hrnčířského řemesla a jeho další existenci je výchova dorostu. Dnešní praxe



výuky učňů v národních podnicích neodpovídá náplni a podmínkám v družstevních provozovnách a proto se uvažuje o zřízení učňovského střediska v družstevních závodech při podniku Keramo Praha.

Současný směr vývoje výrobního družstevnictví směřuje ke koncentraci keramické produkce oborově řízené jak z hlediska technologického, tak hospodářského a odbytového. Od nové soustavy řízení si slibujeme, že zastaví úpadek hrnčířského řemesla a lidové keramiky, a že zrestaurová řemeslo „tvořivých rukou s tisíciletou tradicí“.

Josef Štěpánek, Praha



(Dokončení ze str. 43)

veličtin, které souvisejí se správným hořením, vystupuje do popředí nutnost kontroly funkce hořáku měřením a

LITERATURA

1. Murzakov: Teoretické základy hospodářného spalování plynu.
2. Arsejev: Slagantje gazov.
3. Ravič: Povrchové bezplamenné spalování.

vypočtem. Účelem tohoto výpočtu je sledovat bezplamenné spalování a zajistit tak bezpečnost provozu celého zařízení a optimální účinnost celého výrobního procesu.

4. Rolinek: Injektorové hořáky a povrchové spalování.
5. Becher: Der Gasbrenner.
6. Technické zprávy 1958/XII, Kovotechna Praha, n. p. Kvan.

NĚKTERÉ TECHNOLOGICKÉ VLIVY NA TVAROVÁNÍ SKLENĚNÝCH VLÁKEN STAPLOVÉHO TYPU

Ing. Michael SLUNEČKO,
Vysoká škola strojní a textilní, Liberec

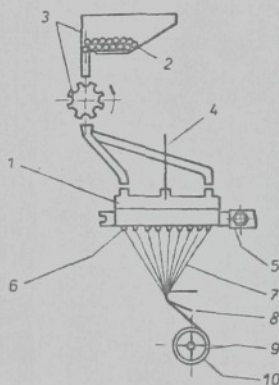
677.521
698.169.21

V článku autor uvádí některé výsledky výzkumu výroby skleněných vláken staplového typu, určených pro textilní zpracování, vyznačující se zvláště vlivem jejich významu pro rozvoj nové výrobní technologie používané pro výrobu skleněného vlákna Nerofil v období let 1960 až 1965.

Vzrůstající spotřeba výrobků ze skleněných vláken schopných textilního zpracování si vynucuje neustálé hledání nových výrobních způsobů a zdokonalování dosavadních výrobních zařízení. Tato snaha je ztížena hlavně tím, že na výrobu textilně zpracovatelných skleněných vláken jsou kladeny nepřiměřeně vyšší požadavky na vlastní kvalitu monofilu než u ostatních skleněných vláken používaných k jiným účelům.

Monofil skleněného vlákna se musí vyznačovat určitým průměrem, tzv. mikronáží, která nemá přestoupit přípustnou hranici textilního zpracování 11 až 12 μm . Avšak již v okolí této meze dochází k obtížnému zpracování skleněných vláken, která jsou prakticky nad tuto hranici textilně nezpracovatelná. V přímé souvislosti s mikronáží skleněných vláken je rozptýlen mikronáze svazku vláken, který je závislý na výrobním způsobu. Výrobní způsob ovlivňuje rovněž další požadavek kladený na tato vlákna. Je to určitá podélná vzájemná orientace jednotlivých monofilů. Neméně důležitá je rovněž délka monofilů u vláken staplového typu. Samozřejmě, že není možno zapomínat na další vlastnosti skleněných vláken, jejichž nositelem může být např. vhodná volba chemického složení skloviny, druh lubrikace, způsob vedení vláken při jejich výrobě aj.

V šedesátých letech se maximální měrou podílel v ČSSR v bohatém sortimentu na produkci textilně zpracovatelných skleněných vláken výrobní způsob založený na mechanickém tažení skleněného vlákna typu rayon, jehož schéma je uvedeno na obr. 1.



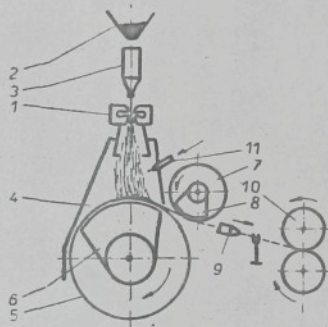
Obr. 1 — Princip výroby rayonového vlákna: 1 — plat. plicka, 2 — skl. kuličky, 3 — dávkovácí zařízení, 4 — hladinoměr, 5 — chladicí kapsa a přívod, 6 — trysky, 7 — vlákno, 8 — lubrikační patka, 9 — navíjecí zařízení, 10 — kokon.

Rayonová vlákna se vyznačují poměrně nízkou mikronáží monofilů okolo 6 až 7 μm s malým rozptylem mikronáže, ideální podélnou orientací monofilů a jejich prakticky nekonečnou délkou. Jednou z nevýhod tohoto výrobního zařízení byla v této době jeho omezená produktivita, která spočívala v přerušovaném výrobním cyklu závislém na tvorbě kokonu.

Tyto skutečnosti byly mimo jiné důvodem, že bylo přistoupeno k řešení výzkumného úkolu, jehož cílem bylo ověřit možnost aplikace výroby staplových vláken používaných k izolačním účelům, jejíž princip je založen na využívání tažného účinku přehřáté páry vystupující

z dvojice parních dyšen, na výrobu skleněných vláken staplového typu, která by byla schopna textilního zpracování a nahradila by tak v určitém rozsahu vlákna rayonová, jakož i tzv. angoru.

Na obr. 2 je uvedeno schéma prototypu výrobního



Obr. 2 — Princip výroby staplového vlákna: 1 — parní dyšny, 2 — dávkovácí zařízení, 3 — platinová plicka, 4 — ukládací komora, 5 — ukládací buben, 6 — odsávací, 7 — snímací buben, 8 — odsávací, 9 — vzduchová hubice, 10 — navíjecí zařízení, 11 — lubrikátor.

zařízení, které svou konstrukcí a uspořádáním mělo zajistit požadované parametry.

Zařízení bylo sledováno v provozu během asi 700 hodin. Byly testovány hlavní parametry jako spotřeba energií, docílené mikronáže monofilů, výtěžnost platinových plicek různých typů, uspořádání monofilů v pásu apod. Tyto základní hodnoty byly uvedeny do souvislosti se závěry zkoušek textilního zpracování přádeláckého i tkalcovského charakteru.

Z těchto výsledků bylo patrné, že kvalita i výtěžnost skleněných vláken staplového typu je ovlivňována velkým počtem činitelů mezi něž hlavně patřil typ platinové plicky, počet tažných trysek, složení skloviny, způsob zakládání kuliček, provozní tlak a teplota přehřáté páry, tavící teplota skloviny, výška plicky od tažných trysek, nastavení štěrbiny dyšen, šířka sesazení dyšen aj.

Proto byly zvoleny hlavní ukazatele, které svými výsledky měly podat ekonomický přehled provozu zařízení. Byla sledována spotřeba páry v závislosti na docílené mikronáží monofilů a výtěžnosti zařízení.

Byly získány výsledky, které i s odstupem několika let jsou zajímavé tím, že byly podkladem pro vývoj nového typu skleněných vláken rayonového typu, vláken Nerofil.

TABULKA I

p (kp/cm^2)	Nastavení štěrbiny (mm)			
	0,2	0,3	0,4	0,5
1	31,1	46,6	63,2	77,8
2	82,1	93,3	124,5	155,6
3	93,4	140,0	187,2	233,5
4	124,8	187,0	250,0	312,0
5	156,5	234,0	314,0	390,0
6	188,0	282,0	377,0	471,0
7	231,0	330,0	438,0	539,0
8	263,0	378,0	500,0	632,0
9	288,0	432,0	575,0	703,0
10	317,0	475,0	636,0	794,0

V článku Inž. Laciny [1] jsou teoreticky zpracovány poměry provozu parní trysky. Tato teoretická studie byla použita jako základ pro výpočet hlavních charakteristik dat zařízení pro různé parametry jeho provozu. V tabulce I. jsou uvedeny na podkladě zmíněné práce a [2] vypočtené hodnoty spotřeby páry pro provozní teplotu 300 °C a uvažovaný tlak páry v rozmezí od 1 do 10 kp/cm², pro dvojitou dyšnu o délce 170 mm s možností přestavení šterbiny trysek od 0,2 do 0,5 mm. Rovněž byl proveden výpočet teoretické výtokové rychlosti páry pro různé parametry provozu. Pro srovnání vzrůstu spotřeby páry G_t [kg/hod] v souvislosti se vzrůstem výtokové rychlosti w_t [m/s] byly sestaveny vypočtené hodnoty do tabulky II. a to s ohledem na nejběžnější nastavení šterbiny dyšny na šířku 0,3 mm, a 0,4 mm pro používané provozní tlaky páry 3, 5, 7 kp/cm².

Z tabulky II. je patrna příslušná změna rychlosti a

TABULKA II

Provozní tlak P (kp/cm ²)	Šířka šterbiny dyšny (mm)	Spotřeba páry G_t (kg/h)
3	0,3	134,0
5	0,3	170,0
7	0,3	206,0
3	0,4	170,0
5	0,4	224,0
7	0,4	278,0

ruční šterbiny dyšny. Aby bylo možno nastavení šterbiny dyšny na průměrnou mikronáž v mikrometrech při různých provozních tlacích páry, byly provedeny zkoušky tažení skleněných vláken na jednom typu platinové pece při nastavení šterbiny dyšny na šířku 0,3 a 0,4 mm. Výsledky provedených zkoušek za optimálních podmínek provozu jsou uvedeny v tab. III. a IV.

TABULKA III

Provozní tlak P (kp/cm ²)	Šířka vláka (μm)	Spotřeba páry G_t (kg/h)
7	13,4	330,0
8	12,9	378,0
10	11,9	475,0

TABULKA IV

Provozní tlak P (kp/cm ²)	Šířka vláka (μm)	Spotřeba páry G_t (kg/h)
2	13,9	124,5
3	11,4	137,2
4	10,3	250,0

Z tabulek II–IV je patrna, že při nastavení šterbiny 0,3 mm při provozním tlaku 7 kp/cm² bylo získáno vlákno o průměrné mikronáži 13,4 μm, čemuž odpovídala spotřeba páry 124 kg/h. Podobná mikronáž 13,9 μm, která byla docílena při nastavení šterbiny dyšny na šířku 0,4 mm při provozním tlaku páry 2 kp/cm², čemuž podle tab. I odpovídá spotřeba páry 124 kg/hod.

Z uvedených srovnání bylo patrna, že k získání vláken o nižší mikronáži bylo výhodnější pracovat s dyšnou, která má nastavení dyšny na větší šíři (v daném případě na 0,4 mm).

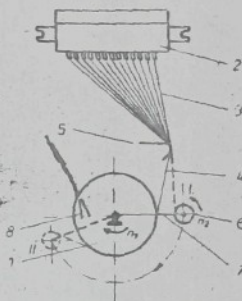
Toto nastavení dyšny umožňovalo pracovat s parou v oblastech s nižšími provozními tlaky a tomu odpovídající menší spotřebou páry. Tento závěr byl potvrzen celou řadou dalších podobných zkoušek. Mikronáž, která je uvedena ve srovnání, byla však naprosto nevyhovu-

TABULKA V

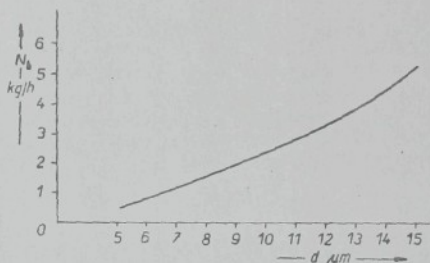
Typ Pt pisky	Výtěžnost N (kg/h)	Šířka vláka (μm)	Šířka taž. trysky (mm)
TT 5,4	3,2	11,4	1,75
VS-2	2,12	11,4	1,4
TT 5,4a	1,8	10,3	1,4
TT 5,9	1,5	8,5	1,4
TR 183,2	1,5	8,5	1,4

jící z hlediska textilního zpracování. Proto byly provedeny zkoušky různých typů platinových pecí, u kterých byla prováděna sledování docílených výtěžností a mikronáží skleněných vláken v souvislosti se spotřebou páry.

V tabulce V. je uveden podle [3] přehled některých platinových pecí s příslušnými údaji. Jak je z této tabulky patrna, s poklesem mikronáže skleněných vláken klesá i hodinový výkon platinové pece. Proto byla provedena teoretická studie určení poklesu výtěžnosti platinové pisky v závislosti na snížení průměrné mikronáže skleněných vláken a na spotřebě páry v kg/hod na 1 kg vláken. Vypočtené teoretické závislosti jsou graficky znázorněny na obr. 4 a 5.



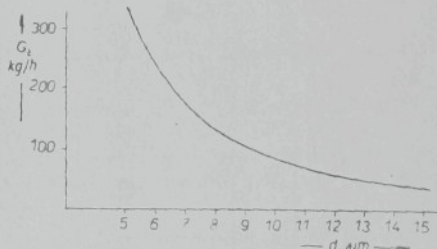
Obr. 3 — 1 — tažný kotouč, 2 — platnová plicka, 3 — skl. vlákna, monofil, 4 — svazek vláken, 5 — lubr. kační patice, 6 — naváděcí váleček, 7 — výkyvné rameno, 8 — vzduchová tryska.



Obr. 4 — Výtěžnost N_t platnové pisky v kg/h v závislosti na průměru monofilu d v μm.

Jak je z obou grafů patrna, požadované snížení mikronáže nutně pro staplová vlákna určená pro textilní zpracování, mělo za následek snížení výtěžnosti platinové pisky a neúměrné zvýšení spotřeby páry, což se nepříznivě odrazilo v ekonomickém vyhodnocení dosažených výsledků.

V závěrečných obdobích tohoto úkolu byl proto vyzkoušen model nového zařízení, jehož zdokonalený princip je uveden na obr. 3. Toto zařízení mělo vyrábět



Obr. 5 — Spotřeba páry G_t v kg/h na 1 kg skleněných vláken v závislosti na jejich průměru d v μm.

skleněná vlákna staplového typu z kontinuálně taženého vlákna.

Svazek vláken, jako při výrobě vláken rayonových, je na lubrikační patici lubrikován a přiveden na obvod rychle se otáčejícího kotoče. Přilnavost vláken na obvod kotoče je způsobena kapalinovým filmem lubrikače. Po asi 180° opásání kotoče je snímání vlákna provedeno proudem tlakového vzduchu, přičemž původní svazek vláken se nárazem na okolní atmosféru rozvlákne na jednotlivé monofily, takže výsledné vlákno má charakter vlákna staplového.

Krátkodobě orientační zkoušky potvrdily možnost jeho zavedení do průmyslového využití s podmínkou odstranění některých závad. Největší obtíž souvisela s ručním naváděním svazku vláken z platinové pisky přes lubrikační patici na obvod rychle se otáčejícího kotoče, jehož minimální obvodová rychlost byla značně vyšší než rychlost ručně naváděných vláken. Tento velký rozdíl rychlostí způsoboval prudké zeslabení vláken tvořících se z cibulky na tažných tryskách platinové pisky, které mělo za následek časté přetrhy části, nebo celého svazku vláken.

Proto byla provedena úprava zkušebního zařízení, jež cílem bylo odstranění ručního navádění svazku vláken. Navržený mechanismus, který je patrný z obrázku, umožnil mechanické navádění vláken na plášť tažného

kotoče bez vzniku přetrhů tím, že v plášť kotoče je upraven naváděcí váleček, který ve své výchozí poloze je pod lubrikační paticí a je nesen výkyvným ramenem uloženým v ose tažného kotoče. Na naváděcí váleček je svazek vláken ve výchozí poloze naveden ručně. Při postupném zvýšení otáček válečku dochází k plynulému zvyšování rychlosti tažení svazku vláken z trysky platinové pisky na optimální rychlost tažení, při níž je možno provést navedení svazku vláken na plášť tažného kotoče tak, že naváděcí váleček, který je výkyvně uložen kolem spodní poloviny pláště kotoče je přemístěn z výchozí polohy do polohy naváděcí. Provedená úprava zařízení skutečně požadavek na odstranění ručního navádění svazku vláken na tažný kotoč splnila a na zařízení byl v roce 1966 udělen čs. patent.

V současné době je zařízení využíváno na několika výrobních jednotkách pro výrobu skleněných vláken Nerofil. Do dnešní doby se však nepodařilo tato vlákna připravit pro progresivní způsob textilního zpracování, pro něž byla tato vlákna původně určena, protože se nepodařilo zvládnout problémy s vysokými rychlostmi tažení monofilů z vláken.

LITERATURA

- [1] Lacina: Sklář a keramik, čís. 9—10, roč. VI.
[2] Kalčík: Technická termodynamika, STN Praha, 1963

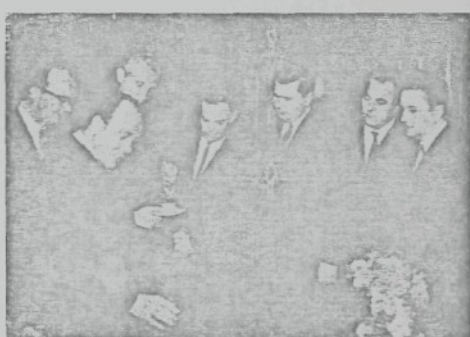
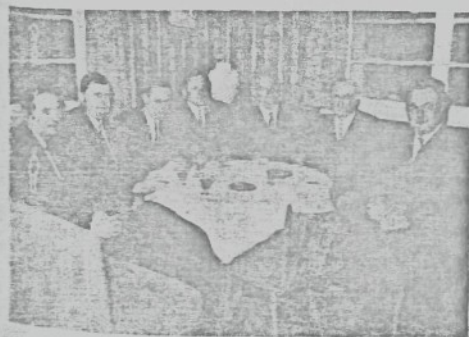
- [3] Závěrečná zpráva ústavu, Praha, 1961
[4] Slunečko, Moheňnický, 1962/1966

NAVŠTĚVA KARLOVARSKÝCH KERAMIKŮ V SELBU (NSR)

V dubnu t. r. se uskutečnila návštěva profesorů a žáků Střední průmyslové školy keramické z Karlových Varů na základě pozvání ředitele Rudolfa Lungharda ze Státní vyšší odborné školy pro porcelán v Selbu (NSR). Šlo vlastně o oplátku návštěvy západoněmeckých hostitelů, kteří se podívali do Karlových Varů již před dvěma lety.

keramiky. Byla to např. firma Gebr. Netzsch (stavba strojů), firma Zeidler (výroba strojů) a závody na výrobu porcelánu firmy Rosenthal a Lorenz Hutschenreuther.

Kromě toho se ještě uskutečnilo přijetí účastníků zájezdu vrchním starostou města Selbu Christianem Höferem.



kontakty, které existují již po více let přinejmenší už v rámci účastníků. Byly projednány nejen odborné záležitosti týkající se jemné keramiky, ale uskutečnila se i diskuse o pedagogické práci, vyuce žáků a jejich zapojení v praxi atd.

Zaproslovenští hosté měli možnost prohlédnout si porcelánové výrobky Státní vyšší odborné školy v Selbu, dále navštívili různé výrobní závody pro průmysl jemné

Program zahrnoval ještě krátkou prohlídku Norimberku, kde naši pracovníci navštívili různé kulturně historické památky (např. výstavu porcelánu atd.). Kromě toho ještě navštívili firmu Riedhammer (stavba pecí a tepelných zařízení).

I když šlo o poměrně krátkou návštěvu, přinesla mnoho zajímavých poznatků a zkušeností.

PROVOZ A PROVOZNÍ CHARAKTERISTIKA TRYSKOVÉHO HOŘÁKU PRO VÝROBU VELMI JEMNÝCH SKLENĚNÝCH VLÁKEN

Ing. Michael SLUNEČKO a Ing. Milan KYNCL, CSc.,
Vysoká škola strojní a textilní, Liberec

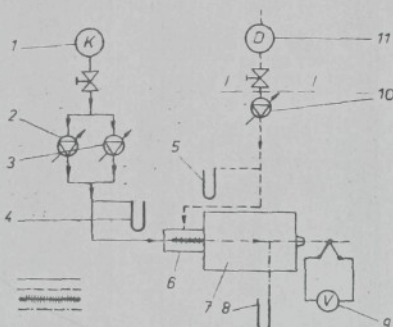
866.189.21
877.521

Uvedený příspěvek je studiem provozu tryskového hořáku při různých tlacích plynu a sleduje zejména podmínky, při kterých hořák dosahuje nejvyšší účinnosti. Na základě provedených měření byly stanoveny hodnoty potřebné pro návrh výtokového otvoru spalín.

U hořáků, které mají být provozovány při bezplatném spalování, činí jisté obtíže jejich uvedení do chodu. Ekonomie provozu hořáku závisí mimo jiné i na tom, zda kolísá tlak plynu, či nikoliv. Je-li žádána i velká rychlost vytékajících plynů, pak je nutné věnovat pozornost i tvaru výtokového otvoru. Tato problematika byla sledována na konkrétním případě u tryskového laboratorního hořáku, který je hlavní součástí zařízení pro výrobu velmi jemných skleněných vláken. Úkolem experimentálních prací bylo:

- Zjistit, jak pracuje směšovač při různých tlacích plynu a jeho optimální rozměry.
- Změřit hodnoty potřebné pro návrh tvaru výtokového otvoru spalín, tj. teplotu a přetlak spalín před výtokovým otvorem a průtokové množství plynů.

Schéma pokusného zařízení je uvedeno na obr. 1. Pohled na pokusné zařízení je na obr. 2.



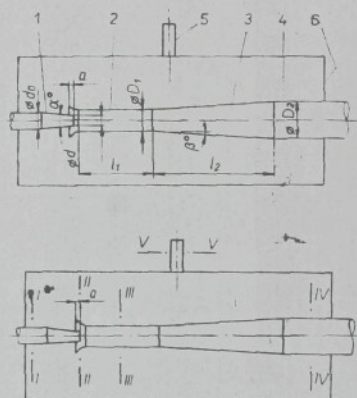
Obr. 1 — Schéma pokusného zařízení: 1 - kompresor, 2, 3 - plovákový průtokoměr, 4 - tlakový U-manometr, 5 - vodní U-manometr, 6 - směšovač typu „vzduch přísává plyn“, 7 - sledovaný hořák, 8 - tlakový U-manometr, 9 - termoelektroda Pt-PtRh s milivoltmetrem, 10 - plovákový průtokoměr, 11 - dmychadlo na plyn



Obr. 2 — Celkový pohled na pokusné zařízení

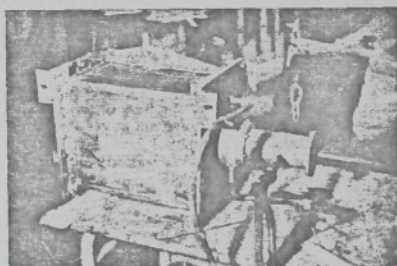
Práce směšovače při různých tlacích plynu

Budeme-li nejprve sledovat správnou funkci směšovače, pak vyjdeme z jeho geometrických tvarů podle obr. 3a. Na obr. 3b jsou znázorněny funkční průřezy hořáku. Na obr. 3 je pohled na směšovač a hořák.



Obr. 3a — Geometrické tvary směšovače: 1 - vzduchová tryska, 2 - směšovač kanál, 3 - difuzor, 4 - dopravní potrubí, 5 - přívod plynu, 6 - těleso směšovače

Obr. 3b — Funkční průřezy směšovače



Obr. 4 — Pohled na směšovač a hořák

Pro správnou funkci směšovače je kromě známé geometrie difusoru velice důležitá vzdálenost „a“, jak je patrné na obr. 3a. Tato hodnota byla měněna vkládáním podložek mezi vzduchovou trysku a trubku, do které je tryska našroubována. Protože bylo nutné demontovat směšovač, bylo provedeno vždy měření v celém rozsahu tlaků plynu při stejné vzdálenosti „a“.

Účelem měření bylo zjistit funkční závislost

$$V_{pm} = f(V_{v2}; a; P_{pm}) \quad (1)$$

Jestliže by platilo pro všechny proměnné hodnoty tlaku plynu, že přebytek vzduchu $\lambda = \text{konst.}$, pak by směšovač při různých tlacích plynu splňoval podmínku automatické regulace, takže by bylo možné napast

$$\frac{V_{v2}}{V_{pm}} = \text{Ovz min. lopt}$$

kde V_{v2} = objem vzduchu (m^3/h); V_{pm} = objem plynu při daném tlaku přepočtený na normální podmínky (m^3/h); Ovz min. = minimální množství vzduchu potřebné ke spalení

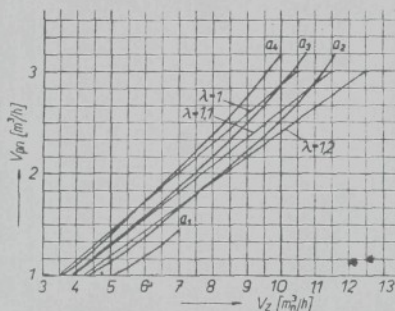
1 m^3 plynu (m^3/m^3); lopt = optimální přebytek vzduchu zajišťující co nejdokonalejší průběh spalovacího procesu.

Měřením bylo zjištěno, že tento vztah neplatí pro žádnou dvojici hodnot P_{pm} , a.

Toto měření ukázalo, že směšovač nemůže automaticky udržovat správnou hodnotu poměru množství vzduchu a plynu, jestliže je plyn dodáván do směšovače pod přetlakem. Změnu výkonu hořáku je nutné provádět současně s vzduchovým a plynovým ventilem.

Práce směšovače při $P_{pm} = 1 \text{ ata}$

Účelem dalších měření bylo zjistit, jak pracuje směšovač, jestliže tlak nasávaného média je roven tlaku atmosférickému, tj. přetlak nasávaného média je nulový. Byl rovněž sledován vliv vzdálenosti „a“ na činnost směšovače za těchto podmínek. Výsledek měření je uveden na obr. 5. Na tomto obraze je patrná závislost



Obr. 5 — Závislost $V_{pm} = (V_{v2}, a)$

$V_{pm} = f(V_{v2}, a)$ a je zřejmé, že požadavek automatické regulace konstantní hodnoty poměru průtočných objemů hnořícího a přisávaného média je splněn s jistou přijatelnou odchylkou. Znárodnost závislosti se blíží přímé úměrnosti. Z diagramu je mimo jiné patrné, že v nejširším rozsahu vyhovuje vzdálenost $a_2 = 0,9 \text{ mm}$ podmínkám dokonalého spalování při $\lambda = 1,1$. Větší vzdálenost a_3 vyhovuje jen pro menší výkony hořáku a hodnota $a_4 = 3,9 \text{ mm}$ je již příliš velká a při větších výkonech hořáku se dostáváme dokonce do oblasti pod hodnotu přebytku vzduchu $\lambda = 1$. Podmínky pro $a_1 = 0,7 \text{ mm}$ byly zkoumány jen v malém rozsahu.

Uvádění hořáku do provozu

Při zapalování je přívod tlakového vzduchu uzavřen a plyn je nutno přivádět do směšovače pod menším přetlakem. Po zapálení hořáku se velmi zvolna otevírá přívod vzduchu, který si sám přisává plyn. Přetlak plynu je od tohoto okamžiku udržován regulátorem na nule.

Závěr k první části experimentálních prací

Hodnotíme-li výsledek měření, pak se ukazuje, že směšovač může automaticky udržovat přibližně správnou

hodnotu poměru množství vzduchu a plynu, jestliže přetlak plynu je udržován pro tento typ hořáku na nulové hodnotě. Změnu výkonu hořáku je možné provádět pouze na straně vzduchu v dostatečně velkém rozmezí, jak je na obr. 5 ukázáno.

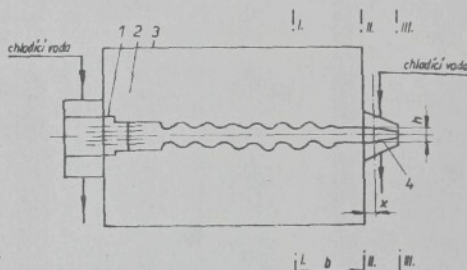
Hodnoty potřebné pro návrh tvaru výtoku otvoru

K těmto hodnotám je možno počítat:

1. Teplotu spalin před výtakovým otvorem.
2. Přetlak spalin před výtakovým otvorem.
3. Množství spalin.

Pozornost bylo nutné zaměřit především na plný výkon hořáku, protože hořák jen při plném výkonu splňuje požadavky na něho kladené při výrobě velmi jemných skleněných vláken.

K bodu 1. Teplota spalin byla změřena termočlánkem Pt-PtRh a činila při maximálním výkonu hořáku $t_g = 1600^\circ\text{C}$ za výtakovým otvorem. Změna teploty spalin průtokem výtakovým otvorem byla zanedbána.



Obr. 6 — Keramický vlnovec a výtakový otvor: 1 - keramická destička oddávající prostor směšovače od spalovacího prostoru. V této destičce jsou vyvrtány malé otvory, ve kterých dojde ke zrychlení proudu směsi, čímž se zabrání proleknutí plamene do směšovače. 2 - blok z dusného korundu, 3 - plechový plášť hořáku, 4 - výtakový otvor pro spaliny, X - souřadnice průřezu, h - výška obdélníkového průřezu, jehož šířka je konstantní $h = 120 \text{ mm}$

K bodu 2. Přetlak spalin před výtakovým otvorem byl měřen U-manometrem a činil při plném výkonu hořáku $\Delta P_{pm} = 24 \text{ Torr}$.

K bodu 3. Množství spalin bylo určeno výpočtem ze základních spalovacích rovnic na základě znalosti složení plynu podle L (1).

Při návrhu výtakového otvoru vycházíme ze stavu před výtakovým otvorem ještě v keramickém vlnovci v průřezu I—I podle obr. 6. Měrná váha v průřezu I—I pro naměřené hodnoty činí: $\gamma_{sI} = 0,223 \text{ kg/m}^3$; množství spalin $G_s = 6,36 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$; velikost průřezu $20 \times 40 \text{ mm}$, tj. $8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$; rychlost spalin v tomto průřezu $w_I = 35,7 \text{ m/s}$. Statický tlak v místě II se vypočte z podmínky:

$$\frac{P_{sI}}{\gamma_I} + \frac{w_I^2}{2g} = \frac{P_{sII}}{\gamma_{II}} + \frac{w_{II}^2}{2g} \quad (3)$$

Odtud po dosazení $P_{sII} = 10343,5 \text{ mm v. s.}$ Délka výtakového otvoru je $l = 50 \text{ mm}$. Tlak v průřezu III, $P_{sIII} = B = 740 \text{ Torr}$, a měrná váha v místě III: $\gamma_{sIII} = 0,216 \text{ kg/m}^3$.

Střední měrná váha spalin mezi místy II a III: $\gamma_{sIII} = 0,219 \text{ kg/m}^3$. Pro výpočet tvaru otvoru je zvolena lineární expanze spalin.

Tvar otvoru (tedy výpočet h pro zvolené x) vyplývá z následujícího: Pro ΔP_s odečtené z grafu na obr. 7. pro zvolené x je rychlost

$$w = \varphi \sqrt{\frac{2g \Delta P_s}{\gamma_{sIII}} + w_{II}^2} \quad (4)$$

přičemž $\Delta P_s = P_{sII} - P_s$; odečteno z obr. 7., kde P_s = tlak v průřezu o souřadnici x; w = rychlost v průřezu o souřadnici x; $\varphi = 0,83$ = rychlostní součinitel. Odtud velikost průřezu o souřadnici x

$$f = \frac{G_s}{\gamma_{st.}} = h \cdot b. \quad (5)$$

přičemž $b = \text{konst.} = 40 \text{ mm}$, takže hledaná hodnota

$$h = \frac{G_s}{b \cdot \gamma_{st.} \cdot w} = \frac{6,36 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-2} \cdot 0,212 \cdot w} = 7,25 \cdot 10^{-2} \cdot w^{-1} \text{ (mm)}$$

a po úpravě

$$w = 59,2 + 7,86 \cdot \Delta P_s^{0,5} \quad (6)$$

Odtud vychází hledaný tvar výtokového otvoru pro spaliny v měřítku, jak je uvedeno na obr. 8.

Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tab. I.

TABULKA I

x (mm)	P_s (mm v.s.)	w (m/s)	h (mm)
0	0	71,4	10
5	28	72,4	10
10	56	83,5	8,69
15	84	93	7,8
20	114	103	7,04
25	142	111	6,53
30	170	118	6,14
35	198	125	5,8
40	226	132	5,49
45	254	139	5,21
50	282,5	144	5,03

Závěr ke druhé části experimentálních prací

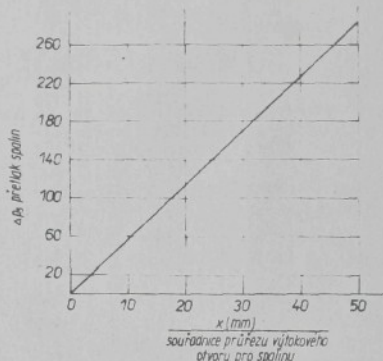
Uvedený výpočet v části „b“ je pouze aplikací již známých poznatků uvedených v odborné literatuře pojednávající o proudových přístrojích.

Z uvedeného vyplývá, že zkoumaný hořák vyhovuje požadavkům na něj kladeným. Výtoková rychlost spalin 144 m/s je dostatečná právě tak jako jejich teplota asi 1600 °C.

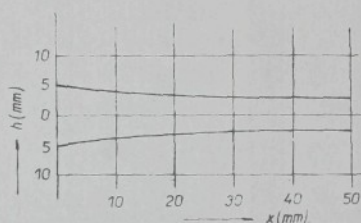
LITERATURA

1. Čermák Josef: Spalovací zařízení a kotle, výpočtová část. Učební texty vysokých škol, SNTL Praha 1957.

2. Híbl Miroslav a kolektiv: Tabulky pro konstruktéry, SNTL, SVTL Praha 1960



Obr. 7 — Volba expanze spalin



Obr. 8 — Tvar výtokového otvoru spalin

VÝVOJ JAPONSKÉHO PRŮMYSLU ŽÁROVZDORNÝCH HMOT

Vzhledem k technologii a výrobním způsobům je japonský žárovzdorný průmysl nejpoprokovějším odvětvím průmyslu hrubé keramiky. Kvalita zboží je dobrá a poptávka stále vzrůstá. Za nejmodernější závod na výrobu žárovzdorného zboží v Japonsku se označuje továrna Ogakie společnosti Toshiba Refractorles Co., která má tři další závody v okrese Nagoja. Firma byla založena v roce 1918. Výrobní kapacita všech závodů Toshiba činí měsíčně 10 tisíc tun. Z toho připadá na závod Ogakie 2 500 tun. Závod zaměstnává 400 osob, které pracují na dvě směny. Kromě šamotových kamenů vyrábí firma zásadité žárovzdorné kameny a výrobky ze zirkonu a z karbidu křemíku. Zásadité kameny se vypalují v peci dlouhé 28 m a otopné těžkým olejem při 1 700 °C v třídním cyklu. Druhá pec na vysokou teplotu (1 750 °C) dlouhá 20 m, rovněž s třídním vypalovacím cyklem, je vytápěna butanem nebo propanem. Závod má nejmoderněji vybavenou zkušební laboratoř, která zkouší také modely různých typů pecí a pecních zařízení pro různé výrobky žárovzdorného průmyslu.

K závodu je přidružena druhá továrna označená jako Toshiba II, která vyrábí měsíčně 110 tun speciálních žárovzdorných výrobků v hodnotě asi 100 tisíc dolarů. Z toho je 60 procent výrobků z kyslíčnicku hlinitého, 20 procent z karbidu křemíku a zbývajících 20 procent tvoří zirkonitické, mullitové a jiné speciální výrobky. Závod zaměstnává 185 dělníků, z toho 30 procent žen. Velká část surovin se dováží ze zahraničí.

Dalším závodem na výrobu žárovzdorného zboží je továrna v Morijamě, okr. Nagoja, společnost Shingawa Firebrick Co. Hlavním odběratelem výrobků této firmy

je japonský ocelářský průmysl. Prvotřídní výrobky této firmy mají obsah železa nižší než 1 procento.

L-O-F NEPOTÁVÍ TŘETÍ PLÁNOVANOU SKLÁRNŮ NA VÝROBU PAVENÉHO SKLA?

Společnost Libbey-Owens Ford v Toledu odložila výstavbu plánovaného závodu na výrobu paveného skla. Jako důvod uvádí obavy, že výroba paveného skla stejných kvalit, jaké dosud firma vyráběla, nebude rentabilnější.

SKLO SE ZLEPŠENOU PEVNOSTÍ V LOMU

Pro různé použití, např. pro rychlé odstředivky, je třeba hmot, které by odolaly zrychlovacím silám, vyskytující se v takových odstředivkách. Přes své dobré vlastnosti, jako je chemická odolnost, průhlednost, vhodný povrch atd., by se normální sklo pro tento účel nehodilo.

Mohučská firma Schott vyvinula sklo, které má podstatně zlepšenou pevnost v lomu, a které odolá i takovému namáhání. Zlepšení pevnosti v lomu se dosahuje indukovaním pnutí v povrchu skla a v jeho blízkosti. Tak vznikají tři pásma pnutí; dvě pásma tlakového pnutí poblíže povrchu a jedno pásmo tahového pnutí mezi. Pásma tlakového pnutí sahají nejčastěji tak hluboko do skla jako zářezy, které zasahují v každém skle s povrchu do vnitřku skla. Způsobují malou pevnost v lomu normálního skla a jejich nepříznivý vliv se indukovanými pásmy pnutí podstatně snižuje nebo úplně odstraní. Takto se může pevnost v lomu ve skle podstatně zvýšit proti neopracovanému sklu. Vlastnosti skla se vznikem pásem pnutí nemění, anebo jen velmi málo. V žádném případě však nedochází ke škodlivým vlivům.

TEORETICKÝ ROZBOR SPALOVACÍHO HOŘÁKU PRO VÝROBU VELMI JEMNÝCH SKLENĚNÝCH VLÁKEN

Ing. Michal SLUNEČKO, Ing. Milan KYNCL, CSc.,
Vysoká škola strojní a textilní, Liberec

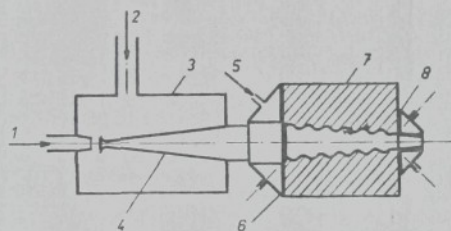
000.189.21

V článku jsou teoreticky hodnoceny specifické zvláštnosti hlavní součásti výrobního zařízení pro výrobu velmi jemných skleněných vláken, a to tryskového hořáku typu „vzduch přísává plyn“. Tento rozbor je zaměřen zejména na spalovací proces a bezplamenné spalování.

Při výrobě velmi jemných skleněných vláken má důležitou roli správná funkce tryskového hořáku. Výroba těchto vláken je založena na kombinaci mechanického tažení skleněných vláken s jejich rozštělením proudem horkých spalin vytékajících z hořáku. V tomto případě hořák je pouze generátorem spalin, které mají mít co nejvyšší teplotu a největší výtokovou rychlost.

Technologie výroby skleněných vláken vyžaduje bezplamenné spalování. O bezplamenném spalování lze nalézt bližší údaje v literatuře [1]; [2]; [3]. Ze všech údajů v literatuře vyplývá, že bezplamenné spalování umožňuje zvýšit plošné a kubické zatížení hořáku, čímž se dosahuje vyšší účinnosti. Princip bezplamenného spalování spočívá v tom, že plyn dobře smíšený se vzduchem se spaluje na povrchu rozžhavených žárovzdorných látek.

Z celé řady možných konstrukcí byla vybrána koncepce: dřevaný blok a keramická část hořáku, která byla vyrobena z dusaného korundu. Rychlost spalování je u této konstrukce vysoká, hoření je stabilní a v důsledku malého přebytku vzduchu dává vysokou teplotu, která je velmi blízká adiabatické teplotě. Nízký tlak plynu, který byl k dispozici, vedl ke konstrukci směšovače typu „vzduch přísává plyn“. Podle způsobu míšení plynu se vzduchem patří tento typ hořáku mezi injektorové hořáky. Schematický řez hořákem je uveden na (obr. 1).



Obr. 1 — Injektorový hořák typ: vzduch přísává plyn
1 - vstup vzduchu, 2 - vstup plynu, 3 - těleso injektoru, 4 - difuzor, 5 - vstup chladičí vody, 6 - keramická destička, 7 - těleso hořáku, 8 - těleso trysky.

Minimální objem spalovacího kyslíku potřebného ke spálení 1 m³ plynu.

Při rozboru spalovacího procesu tohoto hořáku je nutné vyjít ze složení plynu, který je k dispozici. Složení plynu spolu ještě s některými dalšími údaji je uvedeno v tabulce I.

TABULKA I
Složení plynu

Plyn	Chem. značka	Objemový podíl ω_1	Měrná hmotnost ρ_1 [kg/m ³]	Spec. teplo cp [Kcal/kg·°C]	Spec. teplo cp [Kcal/m ³ ·°C]	$\omega_1 \cdot cp$
vodík	H ₂	0,606	0,08987	3,403	0,273	0,165
kyslík	O ₂	0,024	1,9768	0,1937	0,39	0,00936
kyslík	CO	0,004	1,42895	0,2184	0,312	0,001247
kyslík uhelnatý	CO	0,189	1,25	0,2486	0,311	0,0588
dusík	N ₂	0,016	1,2505	0,2482	0,31	0,00496
metan	CH ₄	0,153	0,7168	0,514	0,368	0,0563
acetylen	C ₂ H ₂	0,003	1,1709	0,3753	0,641	0,00192
argon	Ar		1,783	0,125	0,2233	
		$\Sigma \omega_1 = 100 = 99,5$			$\Sigma \omega_1 \rho_1 = 0,2915 = cp_{pg}$	

Základní výpočtovou hodnotou je minimální objem spalovacího kyslíku potřebného ke spálení 1 m³ plynu. Tuto vypočteme z rovnice (1).

$$O_{02 \text{ min}} = 0,5 \cdot \omega \text{ CO} + 0,5 \cdot \omega \text{ H}_2 + \left(x + \frac{y}{4}\right) \cdot \omega \text{ C}_x\text{H}_y - \omega \text{ O}_2 \quad [\text{m}^3/\text{m}^3] \quad (1)$$

Z tohoto vyplývá minimální objem suchého spalovacího vzduchu potřebného ke spálení 1 m³ plynu podle (2)

$$Ov_{\text{min}} = \frac{O_{02 \text{ min}}}{0,21} \quad [\text{m}^3/\text{m}^3] \quad (2)$$

takže objem vlhkého spalovacího vzduchu

$$Ov_{\text{min}}^v = v \cdot Ov_{\text{min}} \quad [\text{m}^3/\text{m}^3] \quad (3)$$

kde koeficient v podle (4)

$$v = 1 + \frac{B - \varphi \cdot P_p''}{\varphi \cdot P_p''} \quad (4)$$

kde P_p'' = absolutní tlak vodní páry na mezi sytosti při dané teplotě vlhkého vzduchu udaný buď v [kp/cm²] nebo v [at];

B = celkový absolutní tlak směsi vzduchu a vodní páry [torr] [kp/cm²], tedy barometrický tlak;

φ — relativní vlhkost vzduchu (%)

Objem a složení plyných spalin vzniklých spálením 1 m³ plynu

Byl proveden výpočet pro doporučený součinitel přebytku vzduchu podle L (1); L (4); L (5). Podle rovnice (5) píšeme

$$Opn = Opn_{\text{min}} + v(\lambda - 1) Ov_{\text{min}} \quad [\text{m}^3/\text{m}^3] \quad (5)$$

kde Opn = objem plyných spalin při daném λ ;

Opn_{min} = minimální objem spalin při $\lambda = 1,0$.

V rovnici (5) je nutné spočítat nejprve podle (6) minimální objem spalin vzniklých spálením 1 m³ plyného paliva.

$$Opn_{\text{min}} = O\text{CO}_2 + O\text{H}_2\text{O} + O\text{N}_2 = O\text{A} \quad [\text{m}^3/\text{m}^3] \quad (6)$$

Pro tento vztah postupně vypočteme:

$$O\text{CO}_2 = \omega \text{ CO} + \omega \text{ CO}_2 + \Sigma x \cdot \omega \text{ C}_x\text{H}_y + 0,0003 \cdot Ov_{\text{min}} \quad (7)$$

$$O N_2 = \omega N_2 + 0,7805 \cdot O_{vz} \text{ min} \quad (8)$$

$$O H_2O = \omega H_2 + \sum \frac{v}{2} \cdot \omega CxHy + (v - 1) O_{vz} \text{ min} \quad (9)$$

$$O A = 0,0082 \cdot O_{vz} \text{ min} \quad (10)$$

Výpočet poměrných objemů jednotlivých složek ve spalínách se zjistí podle (11)

$$\omega_i = \frac{O_i}{O_{pn}} \quad (11)$$

kde ω_i , O_i — poměrný objem a objem složky ve spale-
ném plynu při daném přebytku vzduchu.

Výpočet měrné váhy plynu provedeme podle (12)

$$\gamma_{pn} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot \omega_i \quad (12)$$

Stejným způsobem zjistíme i specifické teplo dálkového
plynu při stálém tlaku podle (13).

$$c_p^p = \sum c_{pi} \cdot \omega_i \quad [\text{Kcal/m}^3 \text{ deg}] \quad (13)$$

Adiabatická teplota spalování

Tato výpočtová hodnota se dá zjistit z podmínky,
že výhřevné teplo plynu je spotřebováno na ohřátí
vzniklého objemu spalín při určitém přebytku vzduchu.
Podle vztahu (14)

$$t_{ad} = \frac{\sum Q_i - \sum \zeta_i}{\sum c_{pi} \cdot O_i} \quad [^\circ\text{C}] \quad (14)$$

kde $\sum Q_i$ = množství přivedených tepel;
 $\sum \zeta_i$ = ztráty nedopalem;
 $\sum c_{pi} \cdot O_i$ = součet násobků objemů jednotlivých slož-
ček a jejich specifických tepel. Pro uva-
žovaný případ $\sum \zeta_i = 0$. Rovnice (14) po
rozeptání zní

$$t_{ad} = \frac{k_a + t_a \cdot c_{p2} + t_1 \cdot c_{p1} \cdot O_{vz} \text{ min} \cdot \lambda}{O CO_2 \cdot c_{pCO_2} + O N_2 \cdot c_{pN_2} + O H_2O \cdot c_{pH_2O} + O Ar \cdot c_{pAr} + c_{pvz} \cdot O_{vz} \text{ min} (\lambda - 1)} \quad [^\circ\text{C}] \quad (15)$$

Pro vyčíslení této rovnice je nutné především určit
spodní výhřevnost plynu, není-li již určena výrobcem
plynu. Tuto výhřevnost určíme z horní výhřevnosti
a odečtením množství tepla potřebného k odpaření
vlhkosti obsažené ve spalínách, přičemž horní výhřev-
nost podle (16)

$$k_a = 30,2 \cdot CO + 30,5 \cdot H_2 + 95,2 \cdot CH_4 + 168,2 \cdot C_2H_6 + \\ + 112 \cdot C_2H_2 \quad (\text{kcal/m}^3) \quad (16)$$

Pro výpočet výhřevnosti 1 molu nějakého uhlovodíku
 $CxHy$ platí (17)

$$k_h CxHy = x \cdot 97000 + \frac{y}{2} \cdot 57600 \quad [\text{kcal/mol}] \quad (17)$$

takže pro 1 kg uhlovodíku

$$k_h^{1 \text{ kg}} = \frac{k_h CxHy}{m CxHy} \quad (\text{kcal/kg}) \quad (18)$$

a pro 1 m³

$$k_h^{m^3} = k_h^{1 \text{ kg}} CxHy \cdot \gamma CxHy \quad (\text{kcal/m}^3) \quad (19)$$

Mez zápalnosti a rychlost hoření

Jednou z nejdůležitějších hodnot, kterou je nutné
určit, aby byl získán podklad pro správný provoz ho-
řáku, je mez zápalnosti a rychlost hoření.

Mez zápalnosti určuje hraniční podmínky, při kte-
rých dochází ke vznícení směsi. Tato se spočítá podle
Chatelierova vzorce:

$$L = \frac{100}{\frac{a}{A} + \frac{b}{B} + \frac{c}{C} + \dots + \frac{n}{100}} \quad (20)$$

kde L = mez zápalnosti (%);
 n = objem veškerých inertních složek; při-
čemž $n = n_i$ (%);
 a, b, c = procentuální objem hořlavých složek
v plynu (%);
 A, B, C = příslušné meze zápalnosti (%).

Horní mez je vyjádřena indexem „H“ a dolní mez in-
dexem „D“. Příslušné výpočtové hodnoty jsou uvedeny
v tabulce vypočtených hodnot (tab. II). Jak je v L (1)
uvedeno, je hlavním kritériem pro posouzení bezpeč-
nosti provozu hořáku jeho bezpečnost při provozu. Tato
je závislá na možnosti vzniku zpětného vlehnutí pla-
mene. Z tohoto důvodu je nutno kontrolovat kromě rych-
losti proudění též maximální rychlost hoření podle vzta-
hu (21)

$$U_{max} = \frac{\frac{a}{a'} u_a + \frac{b}{b'} u_b + \frac{c}{c'} u_c + \dots + \frac{n}{100}}{\frac{a}{a'} + \frac{b}{b'} + \frac{c}{c'}} \cdot 100 \quad (\text{m/s}) \quad (21)$$

kde U_{max} = maximální rychlost hoření (m/s);
 n = objemová procenta všech nehořla-
vých složek v plynu;
 $u_a, u_b, \dots$ = příslušné maximální rychlosti hoře-
ní hořlavých složek (m/s);
 $a, b, c, \dots$ = objemová % hořlavých složek v ply-
nu;
 $a', b', c', \dots$ = příslušná objemová % hořlavých
složek ve směsi se vzduchem, hořící
maximální rychlostí.

Příslušné vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tab. III.

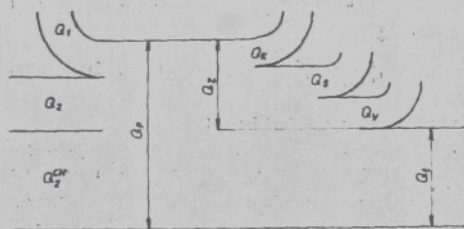
TABULKA II
Horní a dolní mez zápalnosti

Hořlavá složka	$a = H_2$	$b = CO$	$c = CH_4$	$d = C_2H_2$	Hořl. složek	Nehořl. složek
obsah %	58	16,6	16	0,8	91,4	8,6
horní mez %	$A_H = 74,2$	$B_H = 74,2$	$C_H = 15$	$D_H = 80$	—	—
dolní mez %	$A_D = 4,0$	$B_D = 12,5$	$C_D = 5,0$	$D_D = 2,5$	—	—

TABULKA III
Výpočtové hodnoty pro určení maximální rychlosti hoření

Složka plynu	H_2	C_2H_2	CH_4	CO	n	Poznámka
a — objemu v plynu	$a = 58$	$b = 0,8$	$c = 16$	$d = 16,6$	8,6	
a' — objemu ve směsi	$a' = 42$	$b' = 9,5$	$c' = 9,8$	$d' = 45$	—	
maximální rychlost hoření	225	145	37	43	—	platí pro spalování se vzduchem
	890	1350	330	110	—	platí pro spalování s O_2

Po provedení těchto numerických výpočtů lze pokračovat ve výpočtu rychlosti proudění v průřezech VI a VII. Tyto jsou rovněž uvedeny v tabulce vypočtených hodnot, které vyhovují podmínkám kladeným pro oblast stabilního hoření pro svítivý plyn.



Obr. 2 — Energetická bilance hořáku

Q_1 - fyzické množství přivedeného tepla vzduchem, Q_2 - fyzické množství přivedeného tepla plynem, Q_3^{CH} - chemické teplo přivedené plynem, Q_4 - množství tepla sdílené hořákem do okolí konvekcí, Q_5 - množství tepla sdílené hořákem do okolí konvekcí, Q_6 - množství tepla odvedené chladicí vodou, Q_7 - množství tepla vtažené na ústí hořáku, Q_8 - množství tepla přivedeného, ztraceného.

Energetická bilance

Energetickou bilanci lze znázornit ve tvaru Sankeyova diagramu podle (obr. 2), který znázorňuje tok jednotlivých tepel. Při tom platí (22) a (23).

$$Q_p = Q_1 + Q_2^{CH} + Q_2 \quad (22)$$

$$Q_z = Q_k + Q_s + Q_v \quad (23)$$

Rovnice (22) a (23) jsou základními rovnicemi tepelné bilance. Rovnice (22) říká, že celkové množství přivedeného tepla se rovná součtu fyzického množství tepla přivedeného vzduchem a plynem a množství chemického tepla přivedeného plynem. I když je skutečností, že $(Q_1 + Q_2) \ll Q_2^{CH}$, přesto je výpočet dále prováděn s veličinami Q_1 a Q_2 . Rovnice (23) říká, že ztráty jsou dány množství sdíleného tepla hořákem do okolí konvekcí a sáláním a množství tepla odvedeného chladicí vodou.

Tepelná účinnost hořáku

Podle (obr. 2) můžeme vyjádřit tepelnou účinnost hořáku podle rovnice (24)

$$\eta_t = \frac{Q_p}{Q_1} \cdot 100 \quad (\%) \quad (24)$$

Jinak je možné též napsat

$$\eta_t = 1 - \Sigma \xi_i = \frac{Q_p - (Q_k + Q_s + Q_v)}{Q_p} \cdot 100 \quad (\%) \quad (25)$$

kde $\Sigma \xi_i$ je součet jednotlivých ztrát.

Tavíací účinnost hořáku

Je dána poměrem tepla potřebného na natavení skloviny (označeno Q_s) na příslušnou teplotu vztaženou na ústí hořáku

$$\eta_{ta} = \frac{Q_s}{Q_t} \cdot 100 = \frac{c_s \cdot G_s (t_{ta} - t_0)}{Q_t} \cdot 100 \quad (\%) \quad (26)$$

Výpočet jednotlivých tepel lze provádět podle podkladů (6), (7), (8) aj.

Výměnu tepla hořáku s okolím lze rovněž spočítat podle známých vztahů ze sdílení tepla. Známé-li velikost výměnného tepla hořáku s okolím a adiabatickou teplotu, stačí to k určení teploty na špičce hořáku. Rovněž tato důležitá provozní hodnota je uvedena v tabulce vypočtených hodnot.

Závěr

Uvedený výpočet je schematickým návodem pro hodnocení provozních parametrů zařízení pracujících na principu bezplamenného spalování plynů. Aby bylo lépe patrné schéma výpočtu, je proveden obecně. Aby konstruktéři měli k dispozici údaje pro srovnání a orientaci, jsou výpočtové hodnoty uvedeny v tabulce vypočtených hodnot IV. Z této tabulky vyplývá, že hořák, jehož výpočet byl zde uveden, pracuje hospodárně s optimálním přebytkem vzduchu, plně vyhovuje podmínkám, které jsou kladené na jeho bezpečný provoz. Hořák se tak svou konstrukcí řadí mezi nejmodernější zařízení svého druhu (tab. IV).

TABULKA IV

Přehled daných a vypočtených hodnot

Dané hodnoty	
Plochy průřezů (m^2)	
$F_1 = 0,00138$	
$F_2 = 0,000346$	
$F_3 = 0,00071$	
Množství kg/s	
$Q_1 = 0,0437$	
$Q_2 = 0,00466$	
$G_2 = 0,052$	
Hodnoty spalovacího procesu	
Minimální množství kyslíku potřebné ke spalování $1 m^3$ plynu	
$O_{2min} = 0,7113 m^3/m^3$	
Minimální množství vzduchu potřebné ke spalování $1 m^3$ plynu	
$O_{2min} = 3,39 m^3/m^3$	
Přebytek vzduchu $\lambda = 1,25$	
Minimální množství plynných spalin vzniklé spalováním $1 m^3$ plynu	
$O_{2min} = 4,047 m^3/m^3$	
Skutečné množství plynných spalin $o_{pn} = 4,893 m^3/m^3$	
horní výhřevnost $3880,5 kcal/m^3$	
dolní výhřevnost 3451	
měrná váha spalin $\gamma_{sm} = 1 - 1,2353 kg/m^3$	
$\gamma_{sm} = 1,25 = 1,23 kg/m^3$	
teplota adiabatická $t_{ad} = 2290 ^\circ C$	
Mez zápalnosti horní $47,1 \%$	
dolní $4,11 \%$	
Maximální rychlost hoření $U_{max} = 112,5 cm/s$	
Energetická bilance	
Množství přivedeného tepla	
Entalpie přiváděného vzduchu $i_1 = 4,7 kcal/kg \left(1 + \frac{x}{100}\right)$ fyzické	
množství tepla přivedené vzduchem $Q_1 = 805 kcal/h$ entalpie přiváděného plynu $i_2 = 15,35 kcal/kg$	
fyzické množství tepla přivedené plynem $Q_2^{CH} = 268 kcal/h$	
chemické množství tepla přivedené plynem $Q_2 = 112 500 kcal/h$	
celkové množství přivedeného tepla $Q_p = 113 573 kcal/h$	
Množství odvedeného tepla	
Plocha sálajícího povrchu hořáku $F_p = 0,847 m^2$	
povrchová teplota hoř. ku $t_p = 320 ^\circ C$	
poměrná pohltivost sálajícího tělesa $\epsilon_s = 0,79$	
množství tepla sáláním hořáku do okolí $Q_k = 4000 kcal/h$	
součinitel přestupu tepla $\alpha = 6,79 kcal/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$	
množství tepla předané konvekcí $Q_s = 15 780 kcal/h$	
množství tepla odvedené chladicí vodou $Q_v = 14 000 kcal/h$	
Celkové množství odvedeného tepla $Q_z = 33 780 kcal/h$	
Celková tepelná účinnost hořáku $\eta_z = 70,2 \%$	
tavíací účinnost $\eta_{ta} = 1,75 \%$	
teplota na špičce hořáku $t_{oh} = 1600 ^\circ C$	

Literatura

- M. B. Ravič: Povrchové bezplamenné hoření. Průmyslové vydavatelství Praha 1951.
- Prof. Ing. Miloslav Gottwald CSc. a kolektiv: Paliva a hutnické pece — Díl II. učební text VŠ báňské v Ostravě, Ediční středisko Vysoké školy báňské v Ostravě 1963.
- Tepelné výpočty kotlů — díl I, II a III. Čestav pro vývoj a unifikaci parních kotlů. Závody Vité něho unora. Hradec Králové 1963.
- Prof. Ing. Dr. Josef Čermák: Spalovací zařízení a kotel. Výpočty, Učební texty ČVUT Praha SNTL Praha 1957.
- Dr. Ing. Richard Doležal: Výstavba ohniště — SNTL Praha 1956.
- Prof. Ing. Dr. Karel Škora: Základy sdílení tepla. Učební texty VEST Liberec, SNTL Praha 1962.
- S. S. Kutateladze — V. M. Borčanskij: Pítrná sdílení tepla. SNTL Praha 1962.

Michael Slunecko

507 Bergisch Gladbach
Schulstr. 43 a

G + H und Glasfaser AG
Werk Bergisch Gladbach

Konzept der Patentanmeldung

Anlage zur Reinigung der Fallschachtabgase

Ist - Zustand:

Das technologische Herstellungsverfahren der Glasfasermaterialien bedingt die Ansaugung einer großen Luftmenge durch die Fall-schächte.

Diese Luft ist durch verschiedene Teilchen stark verschmutzt. Die Verschmutzungen bestehen hauptsächlich aus phenolformaldehyd-haltigen Bakelitresten, Glasfaserflocken, Staub, Öelemulsion und Feuchtigkeit.

Eine Abgabe dieser verschmutzten Luft in die freie Atmosphäre ohne vorherige Reinigung ist unzulässig.

Zu diesem Zweck sind E-Filter Einheiten in dem technologischen Verfahren eingebaut worden. Wie die aus der Praxis gewonnenen Ergebnisse zeigten, wichen die erzielten Werte von den gewünschten Erwartungen ab.

Diese "Reinluft" enthält unbestimmte und verschiedene Mengen von

- 1) Wasserdampf
- 2) Kondenswasser, das als Fahne am Kaminausgang sichtbar ist, und
- 3) flüchtigen chemischen Bestandteilen, die im Wasser löslich sind.

Nach deren Ausströmung in die Atmosphäre kondensiert der Wasser-

dampf am Kaminaustritt und fällt in die Abhängigkeit von der Windrichtung als gelber Regen in die Umgebung der Werksgebiete.

Die bisherigen verwendeten Methoden den "Regen" zu beseitigen, sind erfolglos geblieben.

Gegenstand des Patentes:

Die Fallschachtabgase nach der Reinigung in dem E-Filter sind einem mehr oder minimal 2-stufigem Wärmeaustauscher, der speziell für diesen Zweck konstruiert wird, zuzuführen.

In der I. Stufe des Wärmeaustauschers wird die Abgastemperatur mit Hilfe der Außenlufttemperatur abgekühlt. Die Abkühlung soll bis an einer der Außenluft naheliegenden Temperatur erfolgen, wobei die Außenluft und die Abgase nicht miteinander vermischt werden.

In der II. Stufe des Wärmeaustauschers wird die Fallschachtluft nach dem Absorptions-Kälteprinzip weiter abgekühlt. Die Abkühlung wird nach einem wirtschaftlich festgelegten und gesteuerten Weg ablaufen, so daß eine physikalisch definierte Fallschachtlufttemperatur erreicht wird, die von dem Druck der Feuchtigkeit und der Temperatur der Außenluft abhängig ist. Bei diesem Abkühlungsprozess wird die Sättigungskurve unterschritten, so daß es zu einer bestimmten Kondensation des Wasserdampfes kommt. Der dabei entstehende Wassernebel bindet teilweise die sich im Abgas befindlichen chemischen Stoffe, wodurch ein Luftwasch-, bzw. Selbstreinigungseffekt entsteht. Durch die richtig gewählte Strömungsgeschwindigkeit der Fallschachtluft werden die runterfallenden Wassertropfen immer mehr Wasser und Feuchtigkeit aufnehmen. Eine Unterstützung der Bildung weiterer Kondensationskernen wird erreicht.

Ein speziell für diesen Zweck entwickelter Wasserabscheider, der vor dieser Anlage hinter dem E-Filter platziert wird, scheidet das Wasser ab.

Das gewonnene Wasser wird eventuell dem Herstellungsverfahren zurückgeführt.

Die auf diese Art gereinigte Fallschachtluft weist nach Austritt in die Atmosphäre keinen "gelben Regeneffekt" und keine Abgasfahne mehr auf.

5.12.75 *P. Lammert*

Ø H. Skripalle

Michael Slunecko

507 Bergisch Gladbach
Schulstr. 43 a

G + H und Glasfaser AG
Werk Bergisch Gladbach

Konzept der Patentanmeldung

Abgasreinigung für die Schmelzglaswanne

IST - Zustand:

Die durch das Schmelzen der Glasmenge ausgenutzten Abgase verlassen bei einer Temperatur von ca. 1200°C den Ofenraum und strömen durch einen Wärmeaustauscher des Rekuperator- oder Regenerator-Typs in die Atmosphäre.

Die Temperatur der Abgase sinkt dabei auf $800 - 900^{\circ}\text{C}$. Diese Abgase beinhalten noch einen hohen Enthalpiewert, der wegen der Verschmutzung der Abgase durch die flüchtigen und mitgerissenen Komponenten des Gemenges mit vorhandenen Mitteln nicht mehr nutzbar ist und dadurch verloren geht.

Gegenstand des Patent:

Das bisherige Wärmeaustauschersystem ist zu ergänzen oder durch einen neu zu konzipierenden Wärmeaustauscher zu ersetzen. Die bisherige Energieausnutzung bei der Abgasabkühlung von ca. 1200°C auf die Temperatur von $800 - 900^{\circ}\text{C}$ bleibt erhalten.

Eine weitere darüber hinaus, nach wirtschaftlichen Aspekten gesteuerte Abgasabkühlung, wird kontrollierbare Temperaturgradienten mit folgendem Ziel auslösen:

1. Diese Temperaturgradienten werden die sublimationskritische Phase der einzelnen chemischen Komponenten der Schmelze einleiten, so daß diese in verdampftem und flüchtigem Zustand aus dem Schmelzprozess ausgetragenen Stoffe wieder als staubförmige Stoffe sublimieren, die dann durch Sedimentation oder Zykloneffekt von den Abgasen getrennt werden. Hiermit wird ein Selbstreinigungseffekt der Abgase erreicht.
2. Die durch die gesteuerte Abkühlung der Abgase gewonnene Energie ist über ein Vermittlungs-Medium dem Herstellungsverfahren zur Verfügung zu stellen.
3. Die so reduzierte Temperatur der Abgase hat eine betriebliche Volumenverkleinerung der Abgase zur Folge, die weitere wirtschaftliche Vorteile für die Abgasbehandlung und deren Ausnutzung bedeuten.

Beschreibung der Konstruktionsanforderungen:

Eine kontinuierliche oder diskontinuierliche, als Wärmeaustauscher arbeitende Anlage, deren Konstruktion einen oder mehrere Sublimationseffekte auslöst, und die durch das Schmelzverfahren flüchtigen und verdampften chemischen Stoffe in die feste Form

umwandelt und von dem Abgasstrom entfernt.

Nach einem mechanischen, manuellen oder kombinierten Prinzip wird dieses Abfallprodukt aus der Anlage ausgetragen.

Die so gereinigten Abgase sind dem technologischen Verfahren zuzuführen oder wie bisher in die Atmosphäre freizugeben.

L. L. L.

nen. Bei angehängtem Caravan kann man durch die Heckscheibe sowieso nichts sehen, man kann also bei Anhängerbetrieb den zur Verfügung stehenden Strom für die Heckscheibe für den Kühlschrank zweckentfremden.

Das benötigte Material ist das gleiche wie bei 1.), jedoch entfällt das Relais, dafür braucht man einen handelsüblichen Kippumschalter für mindestens 10 A Dauerbelastung. (Bosch-Werkstatt)

Die Schaltung geht aus Bild 2 hervor.

Wir machen uns den Umstand zunutze, daß die heizbare Heckscheibe wegen ihres hohen Strombedarfes über ein Relais geschaltet ist und eine genügend kräftige Zuleitung besitzt. Außerdem wird die heizbare Heckscheibe immer über die Zündung geschaltet und entspricht damit der eingangs erwähnten Forderung 2.

Im Wagenheck wird an passender Stelle der Umschalter eingebaut und die Zuleitung für die Heckscheibe an geeigneter Stelle angezapft und statt wie vorher auf dem direkten Weg jetzt über den Umschalter zur Heckscheibe geführt. Der zweite Anschluß des Umschalters führt dann zur Steckdose. Fertig ist die ganze Schaltung! Die sonstige Installation bezüglich Steckdose und Anhänger erfolgt wie unter 1.) beschrieben.

Bei dieser Schaltung bleibt einem das mühsame Verlegen der Leitung von der Batterie durch den ganzen Wagen bis zur Steckdose erspart.

Ein weiterer Vorteil ist folgender: Bei manchen Wagen (z. B. Opel Rekord) ist das Heizeiselenrelais so geschaltet, daß die Heckscheibe nicht schon beim Einschalten der Zündung, sondern erst bei laufendem Motor Strom erhält. Der Steuerstrom kommt hier vom Regler statt vom Zündschalter. Der Vorteil ist, daß

im Anlassen nicht schon Stromverzehrende Verbraucher eingeschaltet sind und die volle Batteriekapazität zur Verfügung steht.

Mit diesem Nachteil der sofortigen Stromentnahme schon beim Einschalten der Zündung ist natürlich auch unsere Schaltung nach Bild 1 behaftet.

Das wirkt sich aber nur im Extremfall (große Kälte) nachteilig aus und man kann sich hier helfen, indem man vor dem Anlassen einfach den Stecker herauszieht.

Jedenfalls, egal ob man sich für die erste oder zweite Lösung entscheidet, der ordnungsgemäße Betrieb des Kühlschranks während der Fahrt ist gewährleistet und man braucht nach einer langen, anstrengenden Fernfahrt am Abend nicht auf das wohlverdiente kühle Bier zu verzichten.

Text u. Foto: Gerd Bender

Abb. I

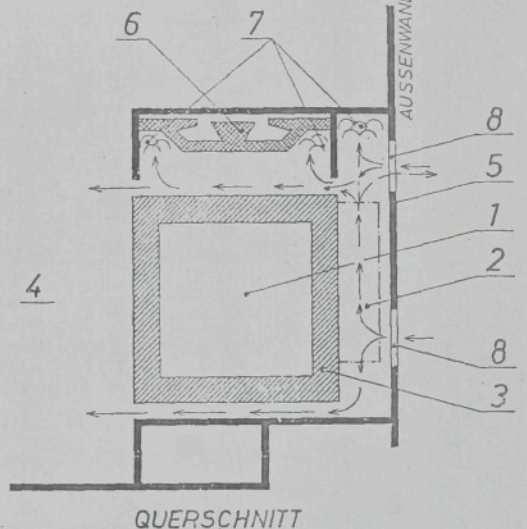
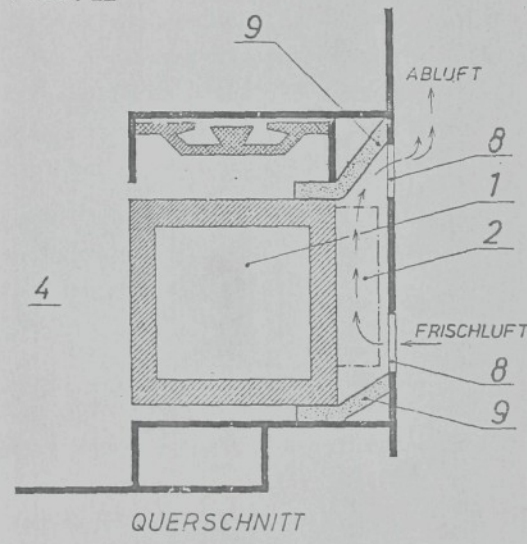


Abb. II



Tip 2:

Der Autor analysiert die Ursachen der unbefriedigenden Situation nach der Installation eines Kühlschranks im Caravan und beschreibt erforderliche Maßnahmen,

deren Ausführung zur Verbesserung der Kühlschrankfunktion im Sommer sowie zur Beseitigung des Luftdurchzuges im Winter führt.

Die Abb. I stellt einen Kühlschrank dar, der aus zwei Teilen

(1 – der eigentliche S aus hochwertigen „Wär isolierenden Wänden stellt. 2 – das „Kühl gat“ wandelt die H [Gas, Strom] auf den im Schrank um) besteh Die ideale Platzierung schrankes im Raum (4) ravans würde erreicht, isolierte Außenwand (5) ravans beide Teile 1 u 2 einander thermisch würde. Diese Idealöls die Praxis nur scheit brauchbar. Das Möb (6) des Caravans, wie Kästchen, Spüle, Gas umhüllen – je nach vanherstellerart – d schrank und bilden 2 Luftsäcke (7). Dies bed beide Funktionssystem in einem engen Raum integriert werden und gen sind, sich gegene beeinflussen. Daß das aggregat 2 unter b Umständen sich stärk die Wärmeerstellung gewünschten Kühleffek auswirken wird, ist allg kannt und im Sommer achten. Diese Tatsache führte stellung der Lüftungs (8) in der Außenwand Öffnungen (8) haben teilweise den Kühleffekt ser, da die verschiede säcke durch die Wirku ten Luftwinkel ohne be Einfluß geblieben sin ist nun die „Wärme-K lierende Außenwand v ans unterbrochen wo direkte Verbindung d luft von Außen mit dem raum (4) ist geschafft w Eine unkontrollierbare regulierbare Luftström mindert die Winterta des Caravans und veru facto alle Klagen auf im Winter.

Die Abb. II stellt die ei tige theoretische – in d auch ausprobierte und Lösung – dar. Das Heizkühlaggregat 2 dem Raum (4) des Caravans „Wärme-Kälte“ iso Elementen (9) hermetis trennt und auf die Luft (8) des Caravans anges Damit wird die Winte keit des Caravans grun hergestellt. Alle Luftsä den beseitigt. Die ideal ist, auf die Praxis appli den. Für die Herstellung des tes (9) ist die mit der kaschierte Glasfaserpl Firma Grünzweig + u und Glasfaser AG e verwendet worden, die e stimmte Biegsamkeit u zität die Maßunterersch einzelnen Bauelemente mäßig ausgleicht.

Text: Dipl.-Ing. Michael Grafik: H. Hein

Grünzweig + Härtmann und Glasfaser AG

Werk Bergisch Gladbach

Datum: 27. November 1974

für BG
Herrn Skripalle

nachrichtlich an:

von BG -- Slu/do

Betreff:

Theoretischer Wassergehalt der Abgase von den Fallschächten

Auf Ihren Wunsch habe ich die Bildung der Abgasfahnen an den Schornsteinen der Fallschächte physikalisch analysiert und in den beigefügten zwei Abbildungen einige Möglichkeiten, diese Abgasfahnen zu beseitigen, zu Ihrer Beurteilung dargestellt.

Eine technische Lösung der angegebenen Möglichkeiten beinhaltet diese Notiz nicht.

Die Ausarbeitung der graphischen Darstellung ist nur unter der Bedingung möglich gewesen, daß die physikalischen und chemischen Eigenschaften der tatsächlichen Abgase als gleichwertige der Luft angesehen werden können. Diese Eigenschaften bei dem Druck 745 Torr gestellt worden sind. Dadurch können tatsächliche Ergebniswerte um 2 bis 5 % von den theoretischen Werten abweichen.

Die Temperatur der Abgase liegt im Winter bei 40 bis 50 °C, und im Sommer zwischen 50 und 60 °C. Auf der Abbildung I werden die Abgase so definiert:

$$A_w = 45^{\circ}\text{C}$$

$$A_s = 55^{\circ}\text{C}$$

Die relative Feuchtigkeit 90 % ist für beide Temperaturen gewählt worden. Als Außentemperatur der Luft ist 15 bzw. 0 °C bei der relativen Feuchtigkeit 60 % gewählt worden.

Aus der Abbildung I kann man folgende Werte ablesen:

Für A_w Wasserinhalt ca. 58 g / Kg Luft

Entalpie ca. 47 kcal/kg Luft

Für A_s Wasserinhalt ca. 104 g/Kg Luft

Entalpie ca. 78 kcal/kg Luft.

Dieser Wasserinhalt bildet nach der Mischung mit der Luft sichtbare Nebel, sogenannte Abgasfahnen, an den Schornsteinen. Diese

Nebelbildung wird durch staubige Abgase unterstützt und mit großer Wahrscheinlichkeit werden auch phenolformaldehytische Elemente in diesem Nebel beinhalten. Um diesen Nebel zu beseitigen, bieten sich physikalisch 2 Möglichkeiten zur Verwendung an.

- a) Abkühlung der Abgase auf eine Temperatur, die nahe der Lufttemperatur ist, vor der Mischung mit der Umgebungsluft,
- b) Erwärmung der Abgase vor der Mischung mit der Umgebungsluft.

Beschreibung des physikalischen Ablaufes zu a):

Eine Abkühlung des Gases, das mit den Parametern für Punkt A_w definiert ist, wird nach der Linie vom Punkt A_w zum Punkt O° ablaufen. Diese Linie wird im Punkt I_w und II_w die Sättigungskurve durchschneiden. Die rot dargestellte Kurve zeigt den tatsächlichen Kühlablauf der Abgase, der bei 42°C anfängt und bei 3°C endet. Bei dieser Kühlung werden 48 g Wasser aus ein Kilogramm Abgase freigegeben. Danach wird diese Abgase von 3 auf 0°C weiter abgekühlt und die Feuchtigkeit wird auf 60 % auch ausgeglichen.

Ähnlicher Ablauf gilt nach der blauen Kurve für Punkt A_s . Anfang der Kondensation ist im Punkt I_s bei der Temperatur 53°C , Ende der Kondensation im Punkt II_s bei der Temperatur ca. 18°C . Bei dieser Abkühlung wird 79 Wasser auf ein Kilogramm Abgase freigegeben. Danach wird diese Abgase von 18 auf 15° (Umgebungstemperatur) abgekühlt und die Feuchtigkeit wird auch auf die 60 % Feuchtigkeit der Luft ausgeglichen.

Bei der gesamten installierten Ventilatorleistung von $375\,000\text{ m}^3/\text{h}$ und einer spezifischen Dichte der Abgase $S = 1,1\text{ kg/m}^3$ werden für Punkt A_w ca. 1.980 Kilo pro Stunde und für Punkt A_s 3.300 kg/h Wasser abgeführt, wobei die Möglichkeit entsteht, daß die Phenolformaldehyt - Elemente durch dieses Wasser in einer unbekannten Höhe aus den Abgasen ausgeschieden werden.

Freie Enthalpie bewegt sich für Punkt A_s um 67 kcal/kg Abgase und für A_w bei 35 kcal/kg Abgase.

zu b)

Wie bei der Abkühlung der Abgase zu sehen ist, fängt schon bei der Temperatur von 42°C (3° weniger als Abgastemperatur ist) die Kondensation des Wasserdampfes an. Um diese Kondensation zu verhindern, ist es theoretisch

Seite 3 zu m Schreiben

vom 27. 11. 1974

- und zwar solche Temperatur zu erhöhen - daß spätere Wiederabkühlung diese Abgase bei dieser erhöhten Temperatur wieder auf die Umgebungstemperatur der Luft tangential zu der Sättigungskurve ablaufen wird.

Der Ablauf dieser Erwärmung von A_w auf B ist auf der Abbildung II dargestellt worden.

Durch diese Erwärmung, der z.B. 13,3 kcal/kg zuzuführen sind, wird eine Temperatur von 95°C und dementsprechende relative Feuchtigkeit von 10 % erreicht. Ablauf der Abkühlung der Abgase nach der Mischung mit Umgebungsluft auf die gewählte Temperatur 0°C und 60 % relative Feuchtigkeit wird von B zu 0°C geschehen. Im Bereich 5 bis 15°C bei Abkühlung entsteht immer eine bestimmte Kondensationsgefahr.

Ähnliche Entwicklung ist für andere Temperaturbereiche und Feuchtigkeiten zu erwarten. Bei einer installierten Leistung der Absaugventilatoren von 375 000 m³/h wird der Bedarf der Wärme so dargestellt:

$$I = 1,1 \times 13,3 \times 375\,000 = 5.500.000 \text{ kcal/h.}$$

Wird man einen Wirkungsgrad von = 75 % bei einer Verbrennung von Erdgas mit ca. 8 500 kcal/m³ betrachten, wird sich folgendes Bild für theoretischen Gasverbrauch M_g ergeben:

$$M_g = \frac{5\,500\,000}{8\,500 \cdot 0,75} = 865 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Diese theoretische Gasmenge benötigt man, um unsere Abgase zu erwärmen und Abgasfahnen aus einem sichtbaren in einen unsichtbaren Bereich zu verschieben.

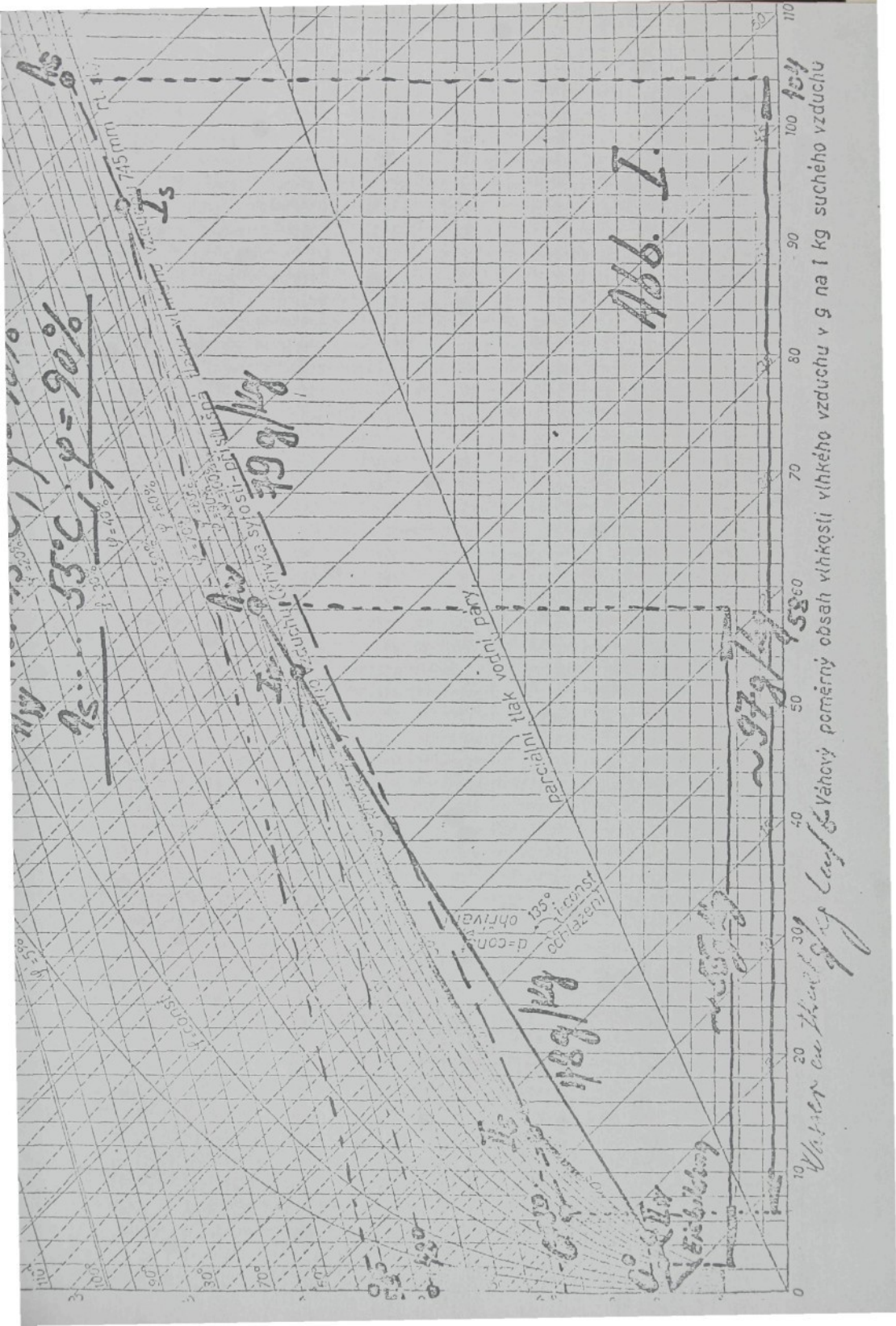
Präzise Berechnungsunterlagen sind aus dieser Literatur zu entnehmen:

Lufttechnische Berechnungen im Mollier i - x Diagramm
von W. HAUSSLER einschliesslich Diagrammappe.

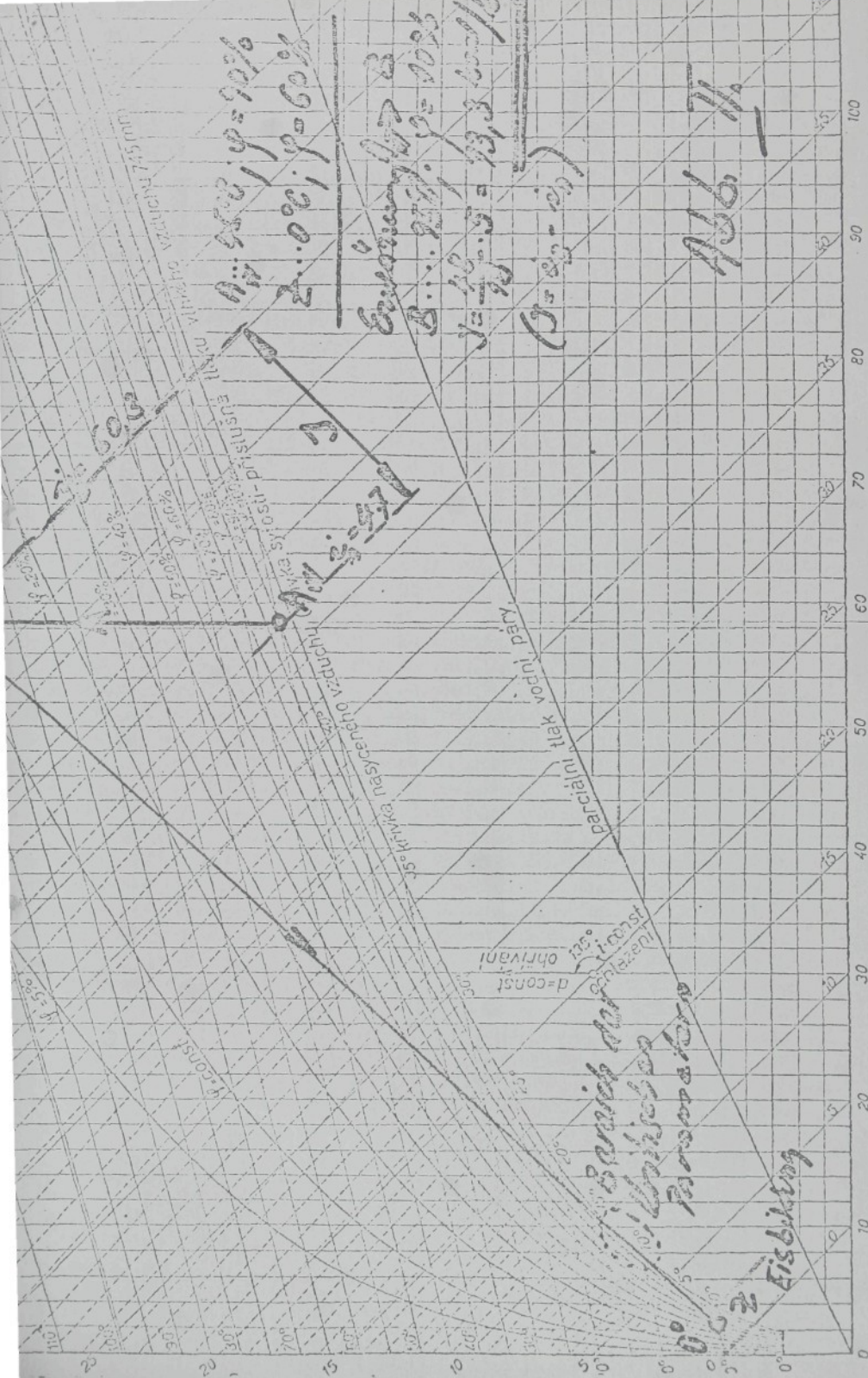
Anlage

2 Abbildungen

1 Kreditantrag



Wärter an Hand der Luft & Wärmey pomerny obsah vlhkosti vlhkého vzduchu v g na 1 kg suchého vzduchu



$t_{db} = 25.0^\circ\text{C}; \varphi = 90\%$
 $t_{db} = 10.0^\circ\text{C}; \varphi = 60\%$

Evaporator $t_{db} = 10.0^\circ\text{C}$
 B... $t_{db} = 20.0^\circ\text{C}; \varphi = 100\%$
 $t_{db} = 20.0^\circ\text{C}; \varphi = 100\%$
 (B... - 20)

Abb. 11

Vážený poměrný obsah vlhkosti vlhkého vzduchu v g na 1 kg suchého vzduchu

Grünzweig + Hartmann und Glasfaser AG

Wärmeschutz Kälteschutz
Schallschutz Brandschutz

Grünzweig + Hartmann und Glasfaser AG, 6700 Ludwigshafen, Postfach

Einschreiben

Herrn

Michael Slunecko

Schulstr. 43a

D-5070 Bergisch Gladbach

6700 Ludwigshafen am Rhein
Bürgermeister-Grünzweig-Straße 1-47
Postfach 210565
Telefon 06 21 / 50 11 (Zentrale)
Fernschreiber 04-64 851 und 04-64 852BLZ 545 10067 Postscheck 72-672 Ludwigshafen
BLZ 545 000 00 Landeszentralbank 545 073 22 Ludwigshafen
BLZ 545 201 94 Bayerische Vereinsbank 1171 Ludwigshafen
BLZ 500 202 00 BHF-Bank 7997 Frankfurt
BLZ 545 700 94 Deutsche Bank 01/250 62 Ludwigshafen

Ihre Zeichen

Ihre Nachricht

Unsere Zeichen

Durchwahl

Datum

5.12.75

TE-ND2
f-ho

501 555

26.1.1976

Ihre Erfindungsmeldungen:

1. "Anlage zur Reinigung der Fallschachtabgase" vom 5.12.75
2. "Abgasreinigung für die Schmelzglaswanne"

Sehr geehrter Herr Slunecko,

wir danken Ihnen für die Zusendung der oa. beiden
Erfindungsmeldungen und für die damit bewiesene Mitarbeit.

Nach eingehender Prüfung mussten wir feststellen:

- Zu 1. dass die Anlage zur Reinigung der Fallschachtabgabe keine Aussicht auf Erfolg, das gewünschte gewerbliche Schutzrecht zu erlangen, hat, da bereit durch ein bekanntgewordenes Verfahren zur Kondensation eines Sublimates aus einem heißen Trägergas und Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens der Firma CIBA Aktiengesellschaft, Basel, wesentliche Teile der "Erfindung" vorweggenommen sind.

Diese Erfahrung mussten wir bereits mit unserer Anmeldung Dos. 2631 machen, die ein "Verfahren zur Wiedergewinnung von Bindemittelbestandteilen aus der Abluft, die während der Herstellung von

Schreiben an Herrn Michael Slunecko, Bergisch Gladbach

gebundenen Erzeugnissen aus mineralischen Fasern, insbesondere Glasfasern, und wässrigen Bindemitteln anfällt" betrifft. Dieses Schutzrecht wurde uns selbst nach bestandenem Prüfungsverfahren im Einspruchsverfahren versagt.

Zu 2. Wir sehen in Ihrem Entwurf keinen Lösungsvorschlag, sondern nur eine Aufgabenstellung. Auch hier können wir aus unseren Erfahrungen ableiten, dass eine Anmeldung nicht zu einer Patenterteilung führen wird.

Aus den oben angeführten Gründen geben wir Ihnen, im Einklang mit den gesetzlichen Bestimmungen, beide Erfindungen frei.

Mit freundlichen Grüßen
GRÜNZWEIG + HARTMANN UND GLASFASER AG

ppa.

i.V.



für H. Dir. Skripalle

nachrichtlich an:

von

H. Möchel

BG - P - Slu/fl.

Betreff:

Vergleich Diffusor (mit und ohne) und "Hütchen"

Am Mittwoch den 25.8.76 hat H. Möchel mir den Wunsch von Herrn Klingholz an BG übertragen, rechnerisch einen Vergleich zwischen Diffusor (mit und ohne) und "Hütchen" zu ermitteln.

Die Aufgabenstellung und technische Ausgangsparameter sind den beigelegten Unterlagen zu entnehmen.

Mit Hilfe der mir zur Verfügung stehenden Literatur:

1. Dubbel 1956 tschechische Übersetzung 1961
2. Lufttechnische Berechnungen - Dresden 1973

sind unter vereinfachten Bedingungen folgende Werte berechnet worden

Durch einen Kamin von 1m Durchmesser ohne Diffusor werden 40.000 m³ Abgase bei dem Ausströmen in die Atmosphäre folgende theoretische Parameter erreicht werden:

Ausblasgeschwindigkeit $w = 14,1 \text{ m/s}$
dynam. Druck $q = 13,2 \text{ mm WS}$

Durch Einsatz eines Hutes (Wirksame Fläche ist Funktion des Kamindurchmessers am Austritt $\cos 60^\circ$) wird ein zusätzlicher Druckwiderstand $P_v = 17,1 \text{ mm WS}$ zu überwinden sein.

Diese Abgaseströmung wird nur kleinere Tröpfchen als $\phi 3,95 \text{ mm}$ durch den Kamin in die Atmosphäre austragen.

Durch die Verwendung eines Diffusors sind folgende Werte zu erreichen

Ausblasgeschwindigkeit $w = 3,54 \text{ m/s}$
dynam. Druck $q = 0,785 \text{ mm WS}$

Durch Einsatz eines Hutes (Wirksame Fläche ist Funktion des Kamindurchmessers am Austritt; $\cos 60^\circ$) wird es erforderlich einen zusätzlichen Druckwiderstand von $P_v = 1,03 \text{ mm WS}$ zu überwinden sein.

Diese Abgaseströmung kann unter dem Einfluß der Diffusorwirkung eine maximale Wassertröpfchengröße von $\varnothing 0,506$ mm in die Atmosphäre austragen.

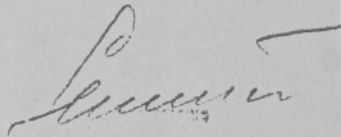
Aus der Zeichnung Nr. 17 233, G + H, Lu vom 17.6.69 ist zu ersehen, daß die geometrische Formbildung des Diffusors den theoretischen Empfehlungen nicht entspricht, so daß theoretisch berechnete Umwandlung der kinetischen Energie der Abgaseströmung nicht voll eintreten wird. (Die wirksame sichere Länge des Diffusors ist entsprechend des ca. 8 fachen Durchmesser der größeren Öffnung zu dimensionieren)

Die in dieser Mitteilung angegebenen Werte sind nicht als absolute, sondern als relative Werte zu betrachten, da keine tatsächlichen prozeßtechnologischen Meßergebnisse, die für diese spezielle Berechnung erforderlich sind, vorliegen.

Resumé:

Ein Kamin, der mit einem, den theoretischen Anforderungen entsprechenden geformten Diffusor ausgerüstet wird, benötigt kleinere Transportdrucke als ein Kamin ohne Diffusor. Ein Kamin mit dem Diffusor wird kleinere Tröpfchen vom Wasser in die Atmosphäre austragen als ein Kamin ohne Diffusor.

Ein zusätzlich installierter Hut am Kamin ohne Diffusor verursacht einen größeren Druckwiderstand, gegenüber einem Kamin mit dem Diffusor, der durch die Erhöhung des Transportdruckes gedeckt sein muß.



News from abroad

Names in the news

Michael Cable appointed to a professorship

Michael Cable, Reader in the Department of Ceramics, Glasses and Polymers, University of Sheffield (England), has been appointed to a personal chair. After completing undergraduate and doctoral studies in the then Department of Glass Technology, he spent two years as a Research Associate in Ceramics at Massachusetts Institute of Technology. He returned to Sheffield as Lecturer in 1961, becoming Senior Lecturer (1968) and Reader (1981), also being awarded a D. Sc. Tech. in 1976. He has been active in a number of professional organizations, including the Society of Glass Technology, and is a member of the Council of the British Glass Industry Association. His research interests include the small-scale production of very high quality glasses, novel glass and glass-ceramic compositions and the history of glass making. He is chairman of the South Yorkshire Group of the National Association for Colitis and Crohn's Disease.

The Deutsche Glastechnische Gesellschaft congratulates Professor Dr. Cable on the new appointment.

Business news

FAMA's way to the world market

The Mexican firm FAMA (Fabricación de Maquinas) SA, Monterrey, was established in 1943 to supply the needs of Vitro Group's glass plants. The Vitro Group Organisation with 28 000 employees shows its activities in the production of containers, flat glasses, tableware and fibre glasses. Today it represents approximately 75 % of the glassmaking capacity within Mexico. 3/4 of these products are exported to the USA. Finally, the Vitro Group represents about 0.5 % of the country's gross national product and 0.2 % of the total Mexican economy.

In addition to domestic activities FAMA SA is currently making a considerable expansion on the international market, offering a much wider range of products and services including IS machines, presses, moulds for the production of containers and tableware, annealing and decorating lehrs, decorating machines, feeders, foreheards and all important spare parts, as well as engineering services and software for CAD/CAM, lately.

Today the FAMA SA company organisation is split into three separate divisions: machinery, moulds and metallurgy with a total workforce of about 2000 people.

The IS-machines, whose basic type was manufactured under license of Owens-Illinois, represent the well-known products of this company. The company is capable of manufacturing 4 1/2 in, 6 in, and 6 1/2 in centre distance machines, in 6, 8 and 10 section configurations. These machines can be supplied together with gob distributors, constant cushion mechanism and either electronic or mechanical control. FAMA supplies double gob machines, and single, triple and quadruple gob units are also offered. In addition, machine conversions either to triple or quadruple gob operation are available. Two electronic timing systems are offered. In addition to the Owens-Illinois systems, FAMA has tried and tested its own proprietary design and a second generation of this system has been developed.

The cooperation with the Belgian company Cobelcomex influences FAMA's products noted for original solutions with inventional character, such as a torsion bar arrangement for feeders.

15 years ago, the experiences in glass forming were taken over to form plastics. Especially the requirements for high quality of surfaces of moulds could be met.

FAMA has invested in new spark erosion equipment and is also developing new materials specifically for this kind of mould manufactured from stainless steel and special nodular cast iron. The basic material options available include: alloyed cast iron (a molybdenum-titanium mixture); a "less alloyed" cast iron for bottom plates etc.; nodular iron for press moulds, rings etc., "Minox" bronze alloy for neck rings; Dameron high nickel alloy and "Compactgraphite", an in-house developed alloy, intended for long-run moulds. Moulds for tableware industry represent a further 25 % of the division's business, with the remainder being sold to the plastics industry for the manufacture of plastics closures, blown plastics ware etc. Approximately 60 % of the moulds manufactured by this division are sold to the glass container industry. Currently, exports principally to the USA but also to Cuba and South America, account for 15 % of that figure.

FAMA has invested heavily over the past few years, not only in new buildings and greater automation with respect to numerical-controlled lathes and numerical-controlled machining centres, but also in computer-aided design. The experience of 45 many years with CAD/CAM systems made FAMA internationally more competitive and enables the company to offer a flexible mould design service to customers. It is understood that some customers have set up direct links with FAMA's computers to speed up communication and delivery times, etc. For example, the plant has an installed capacity of 900 cavities and 400 neck rings per week for the glass container industry, in addition to its tableware mould capacity.

A facility has been established at FAMA's office at San Antonio, TX, by which US customers can liaise via computer link-up. The export sales are undertaken per satellite directly from Monterrey and also from an office in Manila. The FAMA's office at Frankville (USA) promotes the sale of FAMA machinery to the international glass and plastics industry.

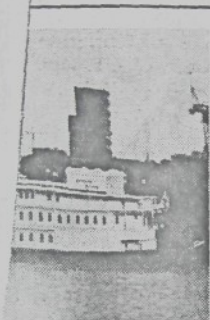
FAMA SA shows a systematical concept in building an international marketing network, which realizes enterprise relation not only on the American continent but also in Europe, in Egypt et al. The company is an important holder of know-how for glassmaking equipment, product developing and technology research and engineering services.

For further information please contact: Mr. Dipl.-Ing. Michael Meixner, VDI Industry Consult Engineering, Mutzter Str. 2, D-5060 Bergisch Gladbach 2.

Monsanto to expand Saflex production capacity

Monsanto Europe S.A., Brussels (Belgium), has announced plans to expand by 50 % its capacity in Europe to produce Saflex plastic interlayer used in laminated safety windcreens and architectural glazing. This expansion will be achieved through the addition of a second production line to the Saflex facility at Ghent (Belgium) and should be completed by late 1988 or early 1989. The planned expansion will employ advanced sheet forming technology, including the company's NCP gradient process (NCP = New Colour Process). This new technology is particularly suited for small but growing markets. Further capacity additions are planned in developing markets as local demand evolves.

In addition to its Saflex expansion plans in Europe Monsanto's Board of Directors approved a major modernization of the company's Trenton, MI (USA) facility which manufactures polyvinyl butyral resin (PVB), the key raw material for Saflex. This modernization plan comes after the recent startup of a new PVB resin facility at the company's Indian Orchard, MA (USA). This successful startup provides Monsanto not only with a significant increase in raw material supply for Saflex, but also the capability to produce Saflex with a greater range of performance attributes. With an additional capacity of more than 9000 t, the new facility at Indian Orchard augments the PVB resin capacity already in place there as well as at Trenton (USA) and Antwerp (Belgium). These



Rhein.

...e oder Chinatown am
Markt?

Bernd G. Schmitz
Leverkusen 1

Das Projekt Showboat mag
erlich eine interessante
für Köln sein, die andere
inseits würde sich schon
gen der neuen Verkehrspro-
me aber besser eignen. Es
t aber auch die Glaubwür-
keit der Stadt Köln auf dem
Spiel, wenn sie einerseits ein
eines, unscheinbares Alt-
ttheater mit viel „Tamtam“
einige Meter stützen will,
er die geplante Mississipi-
fährlichkeit vor diesem his-
torischen Panorama geneh-
t.

Wolfgang Finke
Köln 60

antwortlichen eventuelle
Verkehrsstauungen, sollte die
Haltestelle Eifelwall ver-
wendet werden. „Erträglich“ dage-
gen, bei Wind und
Regen, Tag und Nacht mit Ge-
und Regenschirm den wei-
ten Weg vom Bundesbahnhof
zu den nächsten KVB-Haltestel-
len zu gehen?

Die kleinen Beispiele zei-
gen, daß die Interessen der
Fahrgäste schwerer wiegen als
die der umweltfreundlichen
Benutzer.

Peter Koschina
Köln 91

Tempo 30

Ein Unglück für alle Beteiligten

Tempo 30 ist mit Fahrzeugen
(mit Ausnahme von Traktoren)
nur im zweiten Gang erreichbar.
Die Abgasmenge des Motors ist
von der Drehzahl und der Dauer
der Laufzeit des Fahrzeugs ab-
hängig. Als Beispiel für Umwelt-
belastung die Situation des Gas-
tes in einem Straßencafé mit
zehn Meter Straßenfront sitzt.
Passiert ein Fahrzeug mit Tempo
50 diese Front, so dauert dies
0,72 Sekunden. Bei Herabset-
zung auf Tempo 30 verlängert
sich die Dauer der Schadstoff-
Belastung auf 1,2 Sekunden.

Dies bedeutet eine Steigerung
um 67 Prozent. Unter der gün-
stigsten Annahme, daß ein
Sprit-Spar-Fahrer mit der ge-
ringsten möglichen Drehzahl das
Fahrzeug im zweiten Gang fährt,
benötigt er an dieser Strecke
mehr Treibstoff, als er im vierten
Gang ebenfalls mit Minimal-
Drehzahl benötigen würde.

Mit einer anderen Auswir-
kung ist nach der Einführung
von Tempo 30 bei den Fußgän-
gern und Kindern zu rechnen.
Bei diesen Verkehrsteilnehmern
wird ein trügerisches Sicher-
heitsgefühl erweckt; da keiner
die Einhaltung von Tempo 30 sy-
stematisch kontrollieren kann,
werden zumindest solche Fahr-
er, die heute Tempo 50 noch
überschreiten, Tempo 30 erst
recht nicht einhalten. Die Zahl
der Unfälle mit nicht Blech-um-
hüllten Straßenbenutzern dürfte
sich drastisch erhöhen. Der
Durchsatz an Fahrzeugen pro
Straße wird reduziert; Fahr-
zeuge mit qualmenden und
überhitzten Motoren werden die
Straßen verstopfen.

Tempo 30 wäre ein politisches
Unglück für alle Beteiligten.

Dipl.-Ing. Michael Meixner
Bergisch Gladbach 2

Die Sache mit den 30 Kilome-
tern in der Stunde im Stadtge-
biet finde ich bestens! Endlich
kann nun die „Diktatur des
Zweiradproletariats“ wieder auf
der Fahrbahn stattfinden. Die
Fußgänger werden es danken.

Till Fingerhuth
Niederzissen

Verkabelung

In Düren nicht anders als in Köln

In dem Artikel „Post Düren
verkabelt schneller als Köln“
wird der Eindruck erweckt, als
ob die Ver-...

Roma-Lager

Untergang der deutschen Kultur

Was da in Niehl für die Roma
geplant wird, ist keine Diskrimi-
nierung mehr, das ist der Wie-
dereinstieg in die Verfolgung
ethnischer Minderheiten.

Es gibt auch „deutsche“
Wohnblocks, in denen Klein-

Sprachrohr der Bürger

Kriminalität besonders stark be-
heimatet ist. Aber wer kann sich
vorstellen, daß diese Gebiete la-
germäßig eingezäunt und be-
wacht werden?

Roma-Lager – der Untergang
einer Kultur. Aber nicht der Un-
tergang der Kultur der Sinti und
Roma, sondern der deutschen.

Oder erleben wir gerade die
Weichenstellung für die unge-
wollte Wiedergeburt einer Kul-
tur, die wir seit Jahrzehnten ver-
zweifelt vergessen wollen?

Norbert und
Elisabeth Haarmann
Pulheim 3

Volkshochschul-Kurse

Immer dieselben Teilnehmer?

Seit mehreren Semestern
versuche ich nun schon,
einen Gymnastikkurs bei der
Volkshochschule Köln zu be-
legen, vergeblich. Die von
mir gewünschten Kurse und
Ersatzveranstaltungen sind
immer bereits ausgebucht.
Und das, obwohl ich mich
rechtzeitig um die Kurse be-
mühte. Ich vermute, daß die
selben Teilnehmer immer
wieder diese Kurse belegen.
Daß ich kein Einzelfall bin,
ist sicher. Wäre es nicht an-
gebracht, bei der Fülle dieser
Nachfrage weitere Gymna-
stikkurse einzurichten, so
daß auch andere die Chance
zur Kursteilnahme erhalten?

Margit Löhr
Köln 41

Verkehrsberuhigung

Retter verlieren

DR. MED. HENNING DIENER
FACHARZT FÜR
LUNGEN- UND BRONCHIALHEILKUNDE
SPRECHSTUNDEN: MO.-FR. 9-12 UHR
MO.-DI. 15-17 UHR
DO. 16-18 UHR

507 BERGISCH GLADBACH,
AM MOHLENBERG 2-14
TELEFON (02101) 31878

den 20. 01

B E F U N D B E R I C H T

Zur Vorlage bei der Behörde

BETRIFFT: S l u n e c k o , Michael geboren am 16. 05. 34,
wohnhaft in 507 Bergisch Gladbach, Schulstraße 43 a.

Bei o. g. Pat. wurde erstmals im April 1974 eine beidseitige Lungentbc festgestellt. Der Pat. befand sich dann vom 2. 5. 74 bis 8. 8. 74 in der Lungenklinik Köln-Merheim. Laut Entlassungsbericht fand sich folgender Befund:

"Röntgenologisch fanden sich in beiden Spitzenoberfeldern sowie in beiden Unterlappenspitzen neben fleckig-streifigen Veränderungen mehrere relativ unscharf begrenzte Rundherde Sputum und Kultur 3x negativ"

Nach der stat. Entlassung wurde der Pat. von Herrn Prof. Jentgen und von mir weiterhin betreut. Ab 1. 10. 74 wurde der Pat. von mir als arbeitsfähig unter Chemotherapie befunden.

Seitdem ist es zu einer Stabilisierung der Lungentbc gekommen, Anhalt für Reaktivierung war in der gesamten Zeit unter körperlicher Belastung und bei Erhaltung der Arbeitsfähigkeit nicht gegeben.

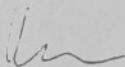
b l l l e w e n d e n

Auch die ständig durchgeführten Sputumkulturen und Tierversuch
fielen stets negativ aus.

Einschränkungen der Lungenfunktion finden sich nicht. Die körp-
liche Belastbarkeit des Pat. ist gut. Eine Minderung der Erwer-
fähigkeit liegt nicht vor.

Die Prognose ist gut, die Gefahr einer Reaktivierung ist uner-
heblich.

Aus diesem Grunde würde ich vom gesundheitlichen Standpunkt aus
die Einbürgerung befürworten.



VŠST Liberec
K S K

Písenná práce k aspirantskému minimu

HLAVNÍ VLIVY PŮSOBÍCÍ NA VZNIK A VLASTNOSTI
JEMNÉHO A VELMI JEMNÉHO SKLENĚNÉHO VLÁKNA

Aspirant : Ing. Micheel S l u n e č k o
Školitel : Prof. Ing. Dr. Karel S ý k o r a
Pracoviště : Vysoká škola strojní a textilní
v Liberci, katedra sklářských strojů
a technologie skla.

L i b e r e c 1967

O b s a h .

str.

1.	Úvod	3
2.	Skleněná vlákna - všeobecný přehled	6
2.1.	Skleněná vlákna rayonového typu	8
1.	Mechanický způsob tažení	8
2.	Mechanicko-pneumatický způsob tažení	11
2.2.	Skleněná vlákna staplového typu	13
1.	Tažení pomocí parních šterbinových dyšen	13
2.	Kombinovaný způsob mechanického tažení a rozšleh spalínami	15
3.	Odstředivý způsob výroby skleněných vláken	17
3.	Hlavní technologické vlivy působící na vznik a pevnost monofilu	20
3.1.	Vlivy technologických parametrů na proces tažení skleněného vlákna	20
3.2.	Vliv ochlazování skleněného monofilu na jeho pevnost	35
4.	Fyzikálně-mechanické vlastnosti	54
4.1.	Mikrostruktura	54
4.2.	Pevnost	56
4.3.	Porovitost	60
4.4.	Tepelné izolační vlastnosti	60
4.5.	Akustické vlastnosti	62
4.6.	Chemická stálost	64
5.	Metodika vyhodnocování sklovláknitých materiálů	64
5.1.	Průměr (tloušťka) monofilu	65
5.2.	Pevnost	67
5.3.	Stárnutí vlákna	69
5.4.	Stálost	69
5.5.	Pružnost	70
5.6.	Ohebnost monofilu	70
5.7.	Odpor v krutu	74
5.8.	Odpor vlákna k mnohonásobnému ohybu a vzdornost k oděru	76

5.9.	Součinitel tepelné vodivosti	76
5.10.	Součinitel zvukové pohltivosti	77
6.	Závěr	79
7.	Použitá označení	83
8.	Použitá literatura	86
9.	Příloha	88.

1. Ú v o d

Před 20-30 lety vznikl mladý obor ve světovém sklářství, obor skleněných vláken. Výroba skleněných vláken ovlivnila zvláště v posledních letech strukturu sklářského průmyslu.

Skleněná vlákna jsou nositelem nových, dosud nepoznaných vlastností skla, které tak značně rozšiřují význam i rozsah jeho použití v mnoha oborech lidské činnosti jako je například elektrotechnika, stavebnictví, doprava, raketová technika, farmacie, lékařství a podobně.

Skleněná vlákna se vyznačují vysokou mechanickou pevností ve srovnání s masivním sklem, chemickou odolností, dobrými zvukoisolačními a teploisolačními vlastnostmi, hygienickou nezávadností, antikorozivností, odolností proti tlení, vibracím a podobně.

Důležitý význam národohospodářský mají skleněná vlákna také v tom smyslu, že jejich výroba v ČSSR je založena převážně na využívání domácích surovinových zdrojů. V této souvislosti lze konstatovat, že oblast chemického složení sklovin pro některé druhy skleněných vláken hlavně rayonového typu je celkově již dobře probádána. Rovněž tak jsou v podstatě známy i vlivy jednotlivých složek surovin působících na vlastnosti a jakost vláken, zvláště vláken určených pro textilní zpracování. Citelný je však nedostatek souhrnných vědomostí o tom, jak lze výše uvedené spec. vlastnosti skleněných vláken ovlivňovat vhodnou volbou technologického postupu a konstrukčního provedení výrobního zařízení.

Tento stav se zvláště výrazně projevuje při výrobě velmi jemných skleněných vláken, jejichž výroba je založena převážně na podkladě empirických vztahů a závislostí dosud blíže neobjasněných.

V písemné práci k odborné zkoušce z aspirantského minima jsem provedl vymezení sledované oblasti skleněných vláken rayonového a staplového typu s uvedením příslušných výrobních technologií a teoretický rozbor technologických a provozních parametrů ovlivňujících tvorbu skleněných vláken. Rovněž jsem v této práci považoval za důležité uvést rozbor fyzikálně mechanických vlastností skleněných vláken v souvislosti s metodikou jejich vyhodnocování se zřetelem na vymezenou oblast skleněných vláken.

Ve vlastní kandidátské práci se hodlám zabývat užší problematikou vzniku skleněných vláken staplového typu vyráběných komb. metodou dvojího tažení. Těžištěm práce bude stanovení optimální rychlosti mechanického tažení průměrného monofilu vlákna s ohledem na minimální dosažitelnou mikronáž sekundárních vláken, při zachování optimálních kvalitativních ukazatelů pro daný typ skloviny a konstatní parametry provozu oscilačního hořáku.

Experimentální práce budou prováděny na zkušebním zařízení vlastní konstrukce a dle možností ve spolupráci se Státním výzkumným ústavem sklářským v Hradci Králové, na zkušebním zařízení typu Peysches, jehož úpravu jsem provedl v roce 1965 a ve spolupráci se Státním výzkumným ústavem

sklářské techniky v Praze, z jehož výzkumné problematiky bylo vybráno téma aspirantské práce.

2. Skleněná vlákna - všeobecný přehled

Skleněná vlákna jsou vlákna umělá, vyráběná rozličnými způsoby z roztaveného skla. Malý průměr vlákna jim uděluje vlastnosti pro^{ně} specifické, jako je na příklad vysoká poměrná pevnost a ohebnost, máme-li na zřeteli, že se jedná o materiál ze skla.

Rozlišují se dva typy skleněných vláken : nekonečné vlákno - rayon, dosahující délky až 20 km a t.zv. staplové vlákno - v délkách od několika mm do 50 až 300 cm.

Názvy rayon, staple, byly převzaty z terminologie používané v klasické textilní výrobě, protože svým vnějším vzhledem skleněná vlákna rayonová připomínají přírodní nebo umělé hedvábí a skleněná staplová vlákna připomínají vlnu nebo len.

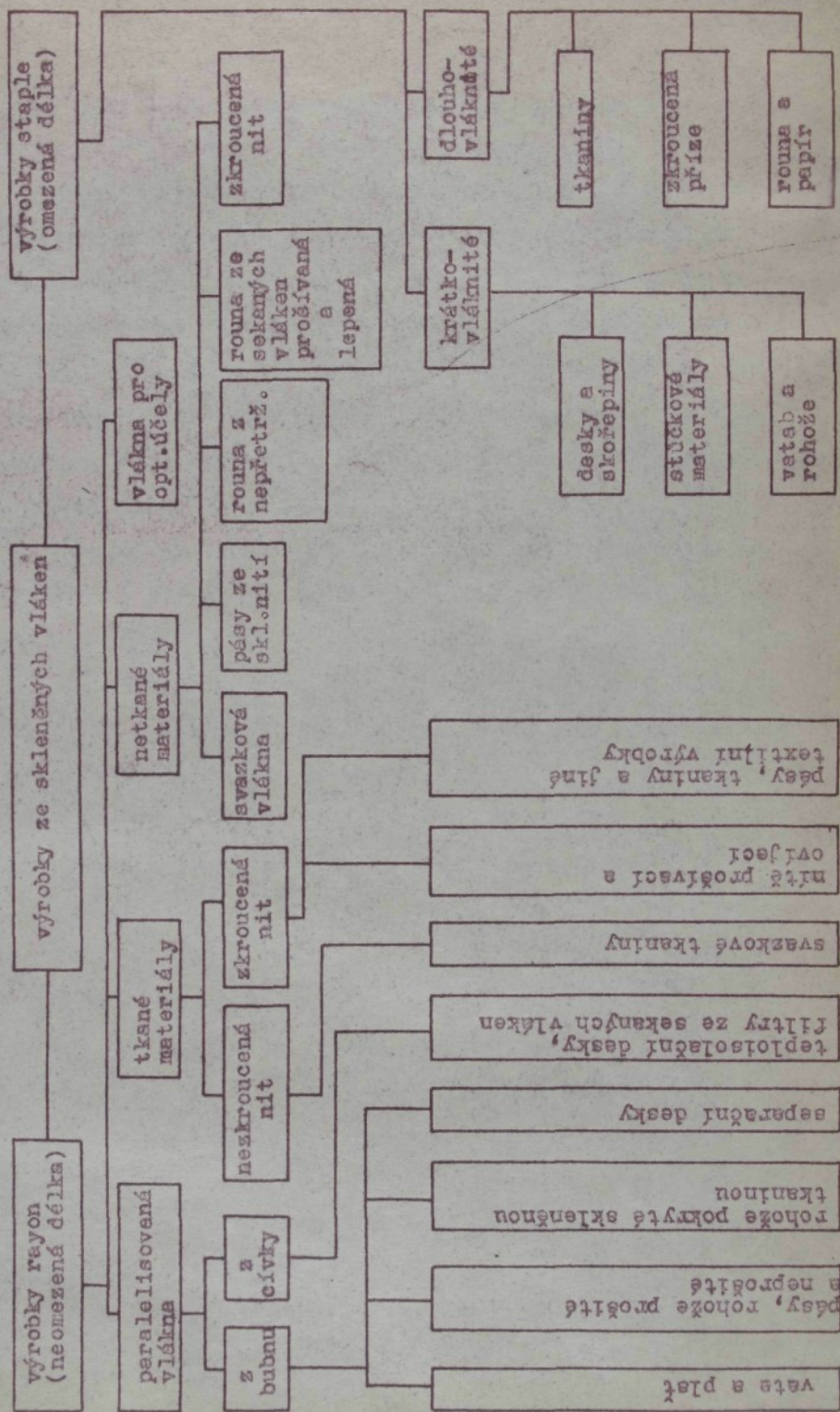
Výrobky ze skleněných vláken se rovněž rozdělují na výrobky ze staplového nebo rayonového vlákna a jejich bližší specifikace je uvedena v tabulce č. 1.

Podle způsobu výroby skleněných vláken rozlišujeme tři základní metody tvorby vláken :

- 1/ Tažení vlákna typu rayon z roztavené skloviny mechanickým způsobem.
- 2/ Zvláknění proudu vytékající roztavené skloviny na vlákna typu staple plyným médiem nebo odstředivou silou a pod.
- 3/ Kombinovaný způsob mechanické nebo odstředivé tažení skloviny na vlákna primární a jejich rozšleh na vlákna sekundární typu staple.

ROZDĚLENÍ VÝROBKŮ ZE SKLENĚNÝCH VLÁKEN.

Tab. 1.



Každý z uvedených způsobů může být jednoduchý nebo dvoustupňový. Dvoustupňovým způsobem rozumíme výrobu skleněného vlákna prostřednictvím tavící pícky, do které je sklo zakládáno v podobě tyčí, nebo kuliček o předepsaném rozměru s dovolenou tolerancí pomocí automatického zakladače. Při jednoduchém způsobu výroby je vlákno vyráběno prostřednictvím tažných pecí, do kterých přitéká sklovina z tavícího agregátu, do nějž se zakládá sklářský kmen.

Průměry skleněných vláken získané uvedenými výrobními metodami se však mohou pohybovat v širokém rozsahu od 0,1 do 100 μm . Průměr vláken je tedy, mimo jiné parametry, hlavním kritériem pro jejich použití. Na tabulce č. 2 je uvedeno v hlavních rysech rozdělení skleněných vláken podle použití v závislosti na jejich průměru.

Tabulka č. 2 :

Použití skleněných vláken	$\emptyset$ vláken / μm /
I. textilní	3 - 11
II. isolační	
a/ velejemná	do 1
b/ velmi jemná	1 - 3
c/ jemná	3 - 11
d/ zesílená	11 - 20
e/ hrubá	nad 20
III. vyztužení umělých hmot	5 - 20
IV. speciální určení	9 - 100

Dovoluji si upozornit na skutečnost, že vlákna určená pro textilní zpracování se kromě požadované mikronáže /3/ musejí vyznačovat určitou vzájemnou podélnou orientací viz /27/ t.zv. paraklisací, která toto zpracování umožňuje, čímž se zásadně liší od vláken isolačních.

Jak je z uvedeného patrné předmětem mé aspirantské práce je studium hlavních vlivů působících na vznik velmi jemných a jemných skleněných vláken, která patří do oblasti průměrné tloušťky vlákna od 1 do 11 μm . Z tohoto důvodu uvádím principy výrobních technologií, která tato vlákna produkují a jejichž vzorky jsou přiloženy v příloze.

2.1. Skleněná vlákna rayonového typu

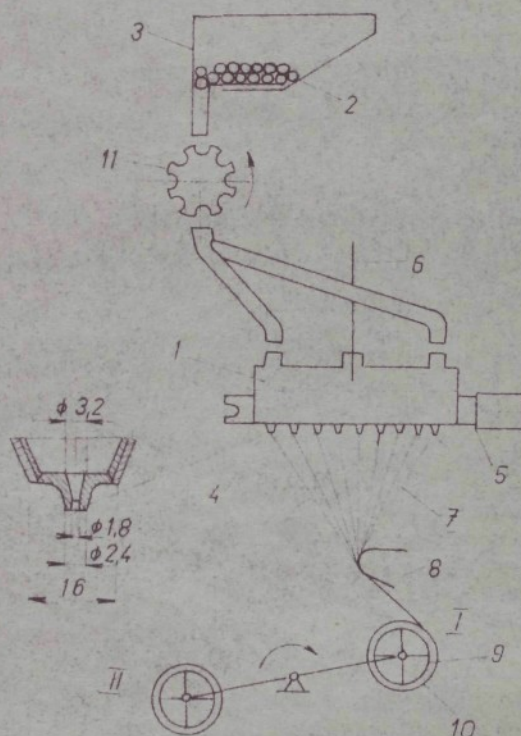
2.1.1. Mechanický způsob tažení /Vertex Litomyšl/

Mechanický způsob tažení skleněných vláken patří mezi nejstarší a nejrozšířenější způsoby výroby. Zvláště pak je v současné době v ČSSR na této výrobě odvislý široký sortiment výrobků ze skleněných vláken.

Princip této výroby je schematicky uveden na obr. 1.

Vlákno 7 je taženo z platinové pícky 1, která je odporově žhavana elektrickým proudem. Do pícky se sklovina zakládá v podobě kuliček 2 dávkovacím zařízením 3, 11. Plné automatizované dávkování zajišťuje konstantní výšku hladiny v píce pomocí hladinoměru 6. Elektrická pícka má platinové přívody, na které jsou připevněny chladicí kapey 5, na něž jsou napo-

jeny masivní měděné elektrické vodiče od regulačního transformátoru, který je vybaven automatickou regulací v závislosti na změně odporu platiny s teplotou skloviny v píce.



Obr.1 Mechanický způsob tažení : 1-platin.píčka; 2-skl.kuličky; 3-zásobník; 4-trysky; 5-chladicí kapsy; 6-hladinoměr; 7-skleněné vlákno; 8-lubrikační patice; 9-bubínek; 10-cívka; I,II-výměna poloh; 11-dávkoваč

K tavení se používá střídavý proud o velikosti 2 až 4kA a napětí 2 až 5V. Ve dně platinové pícky je zabudováno několik řad platinových trysek 4 po 102 tryskách v jedné řadě. Jejich vnitřní průměr se pohybuje od 1,4 do 1,8 mm. Konstrukce a stanovení rozměrů pícky je dosud prováděna většinou empiricky.

Pícka je uložena v keramické vyzdívce, která má za úkol svojí vysokou isolační schopností zajistit pravidelné rozložení teplot po celém povrchu pícky.

Roztavená sklovina protéká tryskami, vytvoří cibulky, které jsou protaženy ve vlákna, která jsou navedena přes lubrikační patici 8 na tažné zařízení.

Lubrikační zařízení zajišťuje v dostatečné míře vytvoření ochranného povlaku na vláknech, čímž jsou tato chráněna před mechanickým poškozením v procesu dalšího zpracování.

Mechanické poškození by mělo za následek prudký pokles pevnosti vlákna, eventuelně jeho přetržení. (Ochranou skleněných vláken se zabývá již delší dobu řada odborníků, avšak tento problém není dostatečně vyřešen.) Nejvhodnějším ochranným prostředkem se v současné době jeví t. zv. lubrikace (syntetické pryskyřice, různé vosky, pravé pryskyřice, šelaky, oleje a jiné).

Tažení vlákna z platinové pícky je vyvoláno tažným bubínkem 9, na který je nasazena papírová cívka 10, na kterou jsou vlákna navíjena buď paralelně, nebo křížově.

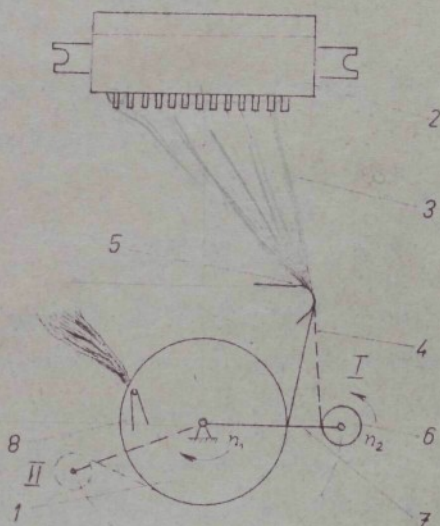
Po navinutí určité délky, nebo po přetržení tažného

procesu se tažný proces zastaví, cívka se sejme z bubnu a nahradí prázdnou. Tažný proces může být obnoven. V poslední době jsou s úspěchem zavedeny poloaautomatické navíječky, umožňující tažení se samočinnou výměnou cívek z polohy II. do I. bez přerušování tažení. Skleněná vlákna jsou zvětší částí určená pro textilní zpracování. Průměrná tloušťka monofilu je 4 - 8 μm s malým rozptylem mikronáže.

2.1.2. Mechanicko-pneumatický způsob tažení./Vertex,Litomyšl/

Princip výroby je uveden na obr. 2, a je předmětem čsl. patentu /16,18/. Tato nejmodernější výrobní metoda je v současné době ve stadiu ukončení zkoušek první etapy výzkumu. Dosavadní výsledky zkoušek naznačují, že jde o výrobní progresivní metodu, dosud však hlouběji nepropracovanou. Zařízení sestává jako v předešlém případě z platinové pícky 2 vytápěné elektrickým proudem, do níž jsou automaticky dávkovány kuličky dávkovačem v závislosti na výši hladiny skloviny v pícce. Před tažné zařízení je vložena lubrikační patice 5. Tažným zařízením je zde rotující kotouč 1 o průměru 200 až 300 mm o šířce cca 30 mm. Vlákno 3 je svedeno do svazku 4 na lubrikační patici, opatřeno lubrikačním roztokem nebo čistou vodou a navedeno na povrch rychle se otáčejícího kotouče prostřednictvím naváděcího válečku 6 se samostatným pohonem, který je výkyvně pomocí ramene 7 uložen v ose tažného kotouče. Přilnutí svazku

vláken na povrch kotouče, je způsobeno kapalinovým filmem lubrikačního roztoku na vláknech.



Obr. 2 Mechanicko-pneumatický způsob tažení :
1-kotouč; 2-platin. píčka; 3-vlákna;
4-svazek vláken; 5-lubrikační patice;
6-naváděcí váleček; 7-rameno; 8-vzdu-
chová tryska; I-výchozí poloha navádě-
cího válečku; II-poloha navedení svaz-
ku vláken na kotouč

Po cca 180° opásání kotouče je sejmutí vláken s jeho povrchu provedeno proudem tlakového vzduchu vystupujícího ze vzduchové trysky 8, přičemž svazek vláken je proudem vzduchu stržen s obvodu kotouče a nárazem na okolní atmosféru je rozvlákněn na jednotlivé monofily. Vlákna jsou

nesena proudem tlakového vzduchu do zařízení, které umožňuje jeho další zpracování.

Průměrná tloušťka monofilů se pohybuje od 4 do 8 μm podle rychlosti tažení, která může podle druhu skloviny být až 100m/s.

V současné době je zařízení využíváno pro výrobu filtračních vláken Nerofil.

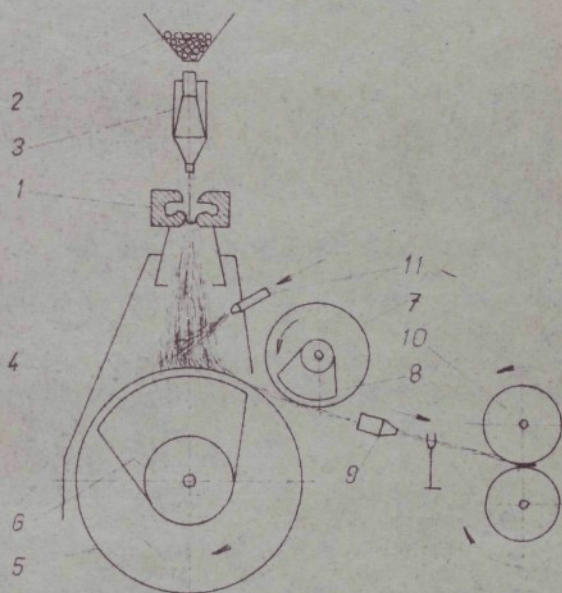
2.2. Skleněná vlákna staplového typu

2.2.1. Tažení pomocí parních šterbinových dyšen.

Princip tohoto výrobního zařízení je uveden na obrázku 3. Tavení skla je obdobné jako u předchozích způsobů tažení. Vytvořené cibulky skloviny na konci tažných trysek pícky vytahují pramének skloviny, který se formuje ve vlákno, které přichází do roviny souměrnosti parních dyšen.

Šterbinovým otvorem parních dyšen vytéká nadzvukovou rychlostí expandující pára, která monofily skleněných vláken protahuje ve vlákna požadované tloušťky od 6 do 11 μm . Pulsací tažného media jsou jednotlivá vlákna trhána v prostoru vlastní dyšny, což umožňuje nepřetržité tažení vlákna z trysek. Takto vzniklá vlákna jsou unášena do ukládací komory 4, kde jsou eventuelně lubrikována lubrikátorem 11. Ve spodní části ukládací komory je umístěn perforovaný ukládací buben 5, který je poháněn přes převodovku. Uvnitř bubnu je uložena odsávací

hubice 6, která z ukládacího prostoru odsává vyexpandovanou páru. Vlákna zůstanou ležet na povrchu válce v neorientovaném uspořádání.



Obr. 3 Tažení přehřátou parou :
1-parní dyšny ; 2-dávkoř; 3-platinová
překa; 4-ukládací komora; 5-buben;
6,8-odsávací hubice; 7-buben; 9-vzducho-
vá tryska; 10-navijecí zařízení;
11-lubrikátor

Takto vzniklé rouno je přeneseno na malý buben, rovněž perforovaný. V místě převzetí rouna je zavedena malá odsávací hubice 8, na vnitřní straně prostoru malého bubnu 7.

Tím je rouno na malém bubnu zachyceno. Malý buben oproti ukládacímu má větší obvodovou rychlost asi o 5%. To má za následek, že rouno je mezi odsávacími místy obou bubnů protahováno a vlákna získávají podélnou paralelisaci.

Tento princip je patentován čsl. patentem /12/.

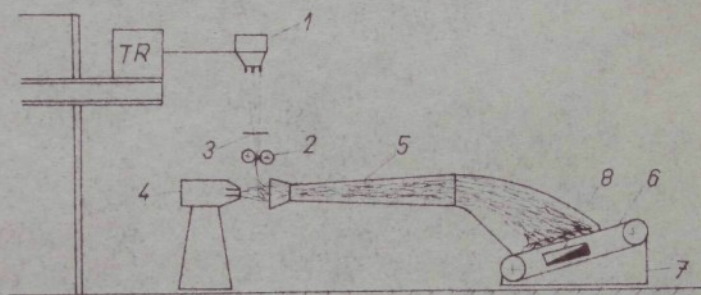
Rouno po opuštění malého bubnu je navedeno do vzduchové trysky 9, které mu uděluje nepravý zákrut. Takto upravené rouno získává charakter přástu, je navedeno na cívku, nasazenou na navíjecí zařízení 10. Změnou počtu otáček ukládacího bubnu, lze pak měnit metrické číslo přástu.

Výkon zařízení je značně odvislý na požadované mikronáži vláken, vyznačující se velkým rozptylem. Příkon zařízení je cca 15 kW při spotřebě páry 75-100 kg/h na kg vláken.

Výzkumné práce na tomto zařízení byly v ČSSR ukončeny v roce 1961 s ekonomicky negativním výsledkem /18/, aniž by byly hlouběji v celém rozsahu vědecky objasněny příčiny dosažených výsledků.

2.2. Kombinovaný způsob mechanického tažení a rozěleh spalínami

Tento způsob výroby je používán pro výrobu isolačních skleněných vláken o malé mikronáži. Princip tohoto zařízení je uveden na obr. 4.



Obr. 4 Kombinovaný způsob mechanického tažení a rozšleh spalínami :

TR-transformátor; 1-platinová píčka ;
2-tažné válce; 3-hřebínek; 4-trysk.hořák;
5-kanál; 6-pás; 7-ukládací komora ;
8-ventilátor

Kvalitní sklovina je zakládána v podobě kuliček do tavící platinové píčky 1, která má 2 až 5 řad tažných trysek v počtu 102 trysek v jedné řadě. Sklovina je tavena elektrickým proudem, jako u předchozích zařízení.

Praménky skloviny vytékající z jednotlivých trysek po ochlazení jsou zavedeny do páru tažných válců 2. Ke stejnoměrnému rozložení vláken, t.zv. primérních, jejichž tloušťka se pohybuje v oblasti 300 μm , je používán usměrňovací hřebínek 3, který je umístěn v bezprostřední blízkosti před tažnými válci.

Z páru tažných válců jsou vlákna navedena před ústí tryskového oscilačního hořáku 4. Z ústí hořáku vytékají

vysokou rychlostí spaliny o vysoké teplotě, což má za následek, že konce primérních skleněných vláken jsou neustále natavovány, a proudem spalin rozšlehávány. Jedná se tedy o kombinovaný způsob mechanického tažení s rozšlehem.

Takto vzniklá skleněná vlákna sekundární jsou nesena plynným médiem rozšiřujícím se kanálem 5 na ukládací pás 6, který je umístěn v ukládací komoře 7, v níž je podtlak vyvolaný odsávacím ventilátorem 8, který odsává spaliny a odděluje je tak od vláken, která jsou zachycována na ukládacím páse.

Pletivový pás je již nevýhodný pro výrobu skleněných vláken o tloušťce kolem 3 μm . Je proto pro tyto mikronáže nahrazen perforovaným bubnem, jako u předchozího zařízení, avšak jeho použití pro výrobu vláken o tloušťkách kolem 1 μm naráží opět na obtíže. Způsob ukládání vláken byl proto v současné době předmětem úkolu řešeného na KSK VŠST /19/.

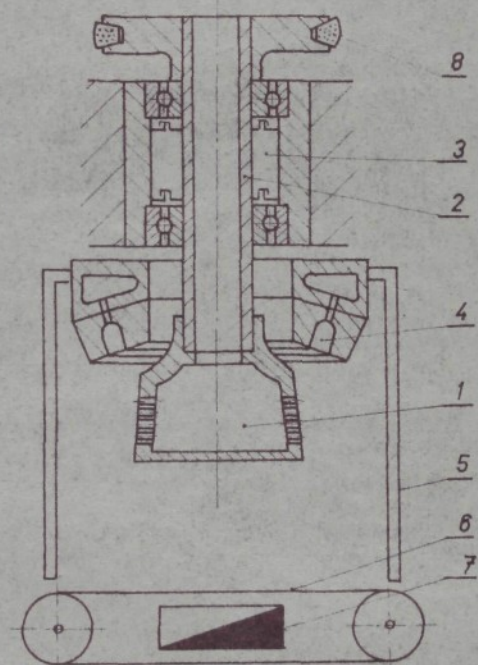
Změnou rychlostí posuvu ukládacího pásu, lze libovolně měnit tloušťku vrstvy vláken, která vytváří volnou vatu.

2.2.3. Odstředivý způsob výroby skleněných vláken

/ Zkušební zařízení SVOST, Praha /

Tato výrobní metoda patří mezi nejmodernější způsoby výroby staplových skleněných vláken, jejichž rozsah použití je však omezený. Dosahuje se vysoké produktivity, až

100 kg/hod při mikronáži 4 μm a spec. objemu 10-15 kg/m³. Tato výrobní metoda je v současné době v nejpokročilejším stadiu ve Francii a USA. V ČSSR byly v nedávné době získány úspěšné výsledky na zkušebním zařízení čsl. konstrukce. Princip tohoto zařízení je uveden na obr. 5.



Obr. 5 Odstředivý způsob výroby skleněných vláken :
1-rozvláknovací hlava; 2-dutý hřídel; 3-chlazení; 4-kruhový hořák; 5-ukládací komora;
6-pletivový pás; 7-ventilátor; 8-pohon

Proud skloviny vytéká z fídru tavící pece do rozvláknovací hlavy 1, která je pevně uložena na dutém hřídeli 2, v jeho spodní části. Hřídel včetně jeho uložení je na vnější straně v prostoru 3, chlazen vodou. Proud skloviny po projití dutým hřídelem po dopadu na dno hlavy je stržen odstředivou silou na plášť hlavy, ve kterém je vyvrtán maximální počet otvorů, jejichž množství je matematicky stanoveno z pevnostních podmínek pro vysoké tepelné a odstředivé zatížení rozvláknovací hlavy, kterému je vystavena za provozu.

1/100-1000

Počet otáček hlavy je 3 až 4000 1/min. Sklovina je odstředivou silou protlačena jednotlivými otvory pláště hlavy.

Vnější stěna rozvláknovací hlavy je ofukována proudem horkých spalin vytékajících vysokou rychlostí z kruhového hořáku 4. Z otvorů rozvláknovací hlavy vytékající pramenky skloviny jsou proudem spalin rozšlehávány a odstředivou silou protahovány v jemná vlákna krátkých délek. Toto plynné medium strhuje skleněná vlákna do ukládací komory 5, odkud vlákno odchází k dalšímu zpracování 6,7.

Pohon rozvláknovací hlavy je v současné době proveden klínovými řemeny 9 od elektromotoru, avšak vznikají určité obtíže, jejichž odstranění se sleduje novým uložením hřídele na vzduchovém polštáři /17/.

3. Hlavní technologické vlivy působící na vznik a pevnost skleněného monofilu

3.1. Vlivy technologických parametrů na proces tažení skleněného vlákna

Při výrobě ráyonových i staplových vláken, s výjimkou vláken vyráběných odstředivou metodou přichází sklovina, která má potřebnou pracovní viskozitu, do pracovní zony t.zv. zony tvarovací, která je všeobecně vytvořena systémem platinových trysek. Cylinrický tvar platinové trysky umožňuje jejich optimální rozložení ve dně pícky. Vhodné uspořádání a konstrukce trysek má dále vliv na zatékání skloviny mezi trysky.

Pro stanovení závislostí výtěžností / vydatností / skloviny vytékající z trysek při rozličných technologiích dle kapitoly 2 je nutné provést rozbor technologických a provozních parametrů procesu tvarování skleněných vláken, z nichž nejdůležitější jsou : viskozita skloviny / funkcí teploty a chem. složení /, povrchové napětí, výška hladiny skloviny, průměr a délka trysek Pt pícky, rychlost tváření vlákna a j.

Objasnění těchto vztahů má zásadní význam pro konstrukci výrobních zařízení a stanovení nejracionálnějších technologických režimů procesu výroby skleněných vláken.

O výtěžností skloviny z Pt pecí pro vlákna staplového

typu je pojednáno v /18, 27 /.

Na základě rozboru produkce zkušebního zařízení popsaného v kapitole 2.2, na němž byly provedeny dlouhodobé zkoušky po dobu cca 700 hodin, lze stanovit teoretickou výtěžnost skloviny staplové platinové pece v závislosti na požadované mikronáži. Pro tuto teoretickou úvahu byly zvoleny za základ průměrné naměřené hodnoty získané při provozu Pt pícky konstrukce s počtem 28 tažných trysek v jedné řadě, a vnitřním průměrem trysky 1,4 mm. Naměřená průměrná hodinová výtěžnost této pícky byla $\dot{M} = 1,8 \text{ kg/h}$ o průměrné mikronáži monofilu $d=10,3 \mu\text{m}$, při čemž byly dodržovány optimální technologické parametry zajišťující 85 až 90 % aktivitu všech 28 tažných trysek.

Pak tažná rychlost teoretická v monofilu přepočtená na 100% výtěžnost Pt pícky může být vyjádřena vztahem (1)

$$v_t = \frac{4k \cdot \dot{M} \cdot 10^{12}}{i \cdot \pi d^2 \cdot \rho \cdot 3600} \quad [\text{m/s}] \quad (1)$$

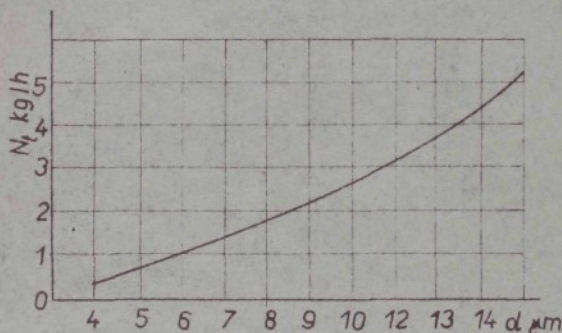
kde $k = 1,12 \dots$ koef. kapkování, / určeno exper./
 $\dot{M} = 1,8 \text{ kg/h} \dots$ naměřená výtěžnost, $i=28 \dots$ počet tažných trysek pícky, $d=10,3 \mu\text{m} \dots$ průměr monofilu, $\rho = 2400 \text{ kp/m}^3 \dots$ měrná tíha skloviny.

Potom lze teoretickou výtěžnost skloviny M_t z platinové pece vyjádřit v závislosti na konstantní teoretické rychlosti v_t pro uvažované průměry d_t skleněných vláken ve sledovaném rozsahu ze vztahu (2)

$$M_t = \frac{3600 \cdot 10^{-12}}{4} \cdot \pi \cdot v_t \cdot i \cdot \gamma \cdot d_t^2 \cdot k = 2,21 \cdot 10^2 \cdot d^2 \text{ [kg/h]} \quad (2)$$

kde $v_t = 100 \text{ m/s}$... teoret. tažná rychlost ,
 $d_t = 5\text{--}15 \text{ }\mu\text{m}$... teoret. průměr monofilu.

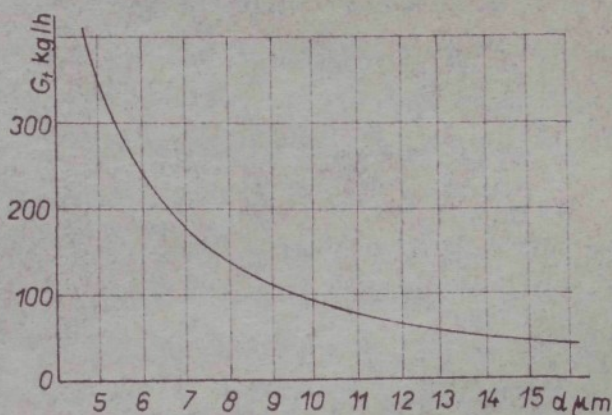
Vyčíslením tohoto vztahu byla získána grafická závislost výtěžnost skloviny M_t na průměru monofilu d_t v rozmezí $5\text{--}15 \text{ }\mu\text{m}$, zobrazená na obr. 6.



Obr. 6 $M_t = \varphi(d)$

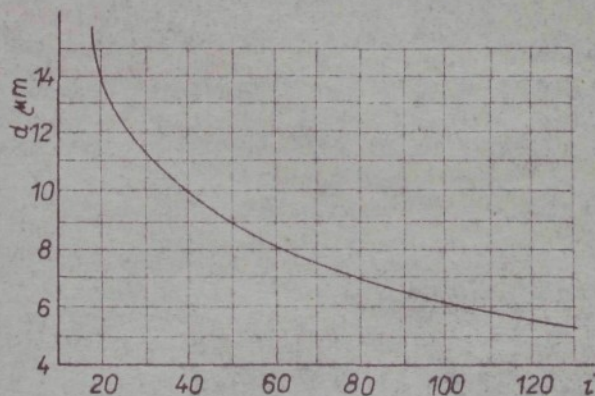
Teoret. výtěžnost skloviny
v závislosti na teoret. průměru vlákna.

S uvedenou teoretickou úvahou souvisela současně teoretická spotřeba páry G_t v kg/h vypočtená dle /6;22/ v závislosti na změně mikronáže pro konstantní výtěžnost skloviny na 1 kg/h . Tato je zobrazena v graf. zobrazení na obr. 7.

Obr. 7 $G_t = \gamma(d)$

Teoret. spotřeba páry v závislosti na teoret. průměru vlákna.

Jak dalece by požadovaná tloušťka vláken d_t ovlivnila konstrukci platinové pícky s ohledem na počet tažných trysek i pro konstantní výtěžnost je na obr. 8.

Obr. 8
 $d_t = \xi(i)$

Teor. průměr vláken v závislosti na počtu tažných trysek pro konstantní výtěžnost.

Uvedené úvahy podložené matematickým vyčíslením ovlivnily v letech 1960 výzkumné práce v oboru staplových vláken v ČSSR, protože tak byly poprvé u nás objasněny na základě dlouhodobých zkoušek a měření ekonomické možnosti vývoje této technologie viz /27/.

Teprve v roce 1964 uvedl Školnikov v /25/ podrobnou studii o výtěžnosti skloviny platinových pecí v závislosti na hydrostatickém tlaku skloviny, vnitřním průměru trysky, kinematické viskozitě skloviny a délce trysky.

Výchozím podkladem jeho práce jsou práce Poiseuilla, Bernoulliho, Napiera, Stokesa a hlavně Hagena, který teoreticky určil hodnotu konstantního koeficientu K Poiseuillovy rovnice (14), která určuje množství viskozni tekutiny v cm^3/s protékající trubkou o menším světelném průměru. Poiseuillovu rovnici lze odvodit takto :

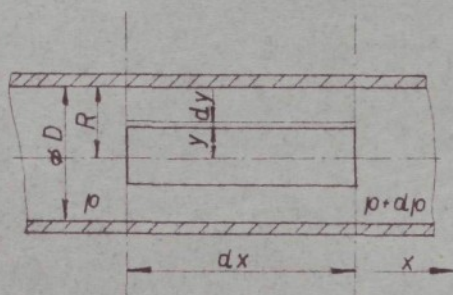
Sledujme dle obr. 9 ve dvou průřezech trubky I a II vzdálených od sebe o dx váleček o poloměru y , na jehož čelo působí rozdíl měrných tlaků dp , který u stacionárního průtoku, kde není zrychlujících sil, musí být v rovnováze s tečným napětím na plášti válečku.

Musí tedy platit :

$$\pi y^2 dp + 2\pi y \cdot C \cdot dx = 0 \quad (3)$$

takže

$$C = -\frac{1}{2} \frac{dp}{dx} \frac{\pi y^2}{y \cdot \pi} = -\frac{1}{2} \frac{dp}{dx} y \quad (4)$$



Obr. 9

Jestliže $\frac{dp}{dx} = i$, pak lze (4) napsat ve tvaru

$$\tau = -\frac{1}{2} i y \quad (5)$$

kde i značí relativní tlakový spád.

Jelikož sklovinu považujeme za Newtonovskou kapalinu v oblasti teplot /23/, při kterých uvažujeme výtok skloviny, t.j. při teplotách cca 1200° C (dle chem. složení skloviny), použijeme Newtonův vztah pro laminární proudění, že

$$\tau = \eta \frac{dw}{dy} \quad (6)$$

kde τ ... smyk, napětí, η ... dyn.vázkost,

$\frac{dw}{dy}$...gradient rychlosti v závislosti na odlehlosti.

Pak můžeme psát po dosazení (6) do (5), že

$$\eta \frac{dw}{dy} = -\frac{1}{2} i y$$

a po úpravě obdržíme pro přírůstek rychlosti s odlehlostí y od osy rovnici (7)

$$dw = -\frac{1}{2} \frac{iy}{r} dy \quad (7)$$

a po integraci vztah (8)

$$w = -\frac{i}{4\eta} y^2 + k \quad (8)$$

Integrační konstantu k určíme z podmínky, že na stěně, pro niž platí, že $y=R$ je rychlost proudění $w=0$, takže

$$0 = -\frac{i}{4\eta} R^2 + k \quad \Rightarrow \quad k = \frac{iR^2}{4\eta}$$

Rychlost w na libovolném poloměru y bude tedy při tomto uvažovaném laminárním proudění kruhovou trubicou

$$w = \frac{i}{4\eta} (R^2 - y^2) \quad (9)$$

Množství kapaliny M , která proteče celým průřezem trubky, určíme pomocí vztahu (9) sečtením průtoků v elementárních mezikružích, takže

$$\begin{aligned} M &= \int_F w dF = 2\pi \int_0^R \frac{i}{4\eta} (R^2 - y^2) y dy \\ &= 2\pi \left(\frac{i}{4\eta} \cdot \frac{R^4}{2} - \frac{iR^4}{4\eta \cdot 4} \right) = \frac{\pi i R^4}{8\eta} = \frac{\pi i}{128\eta} D^4 \end{aligned} \quad (10)$$

Vztah (10) je vyjádřením t. zv. zákona čtvrté mocniny, nebo-li zákona Hagen Poiseuilleho viz /10/.

Předpokládejme, že tlakový spád i je roven poměru hydrostatického tlaku p vyvolaného sloupcem kapaliny H o měrné tíži μ ku délce trysky L . Tudiž platí (11)

$$i = \frac{pH}{L} = \frac{H\mu}{L} \quad (11)$$

Jelikož dále platí, že

$$\gamma = \frac{\tau}{\rho} = \frac{\tau \cdot g}{\gamma} \Rightarrow \gamma = \frac{\tau \cdot g}{\nu} \quad (12)$$

pak dosazením (12) do (11) obdržíme

$$i = \frac{4 \cdot \tau \cdot g}{\nu \cdot L} \quad (13)$$

Dosazením (13) do (10) obdržíme Poiseuillovu rovnici

$$M = \frac{\pi \cdot H \cdot \tau \cdot g \cdot D^4}{128 \cdot \nu \cdot L} = \frac{\pi \cdot g}{128} \cdot \frac{H D^4}{\nu L} = K \cdot \frac{H D^4}{\nu L} \quad (14)$$

kde $K = \frac{\pi \cdot g}{128} = 24,08 \text{ cm/sek}^2$, $H \dots$ výška sloupce kapaliny v cm, $\nu \dots$ kinematická viskozita v cm^2/sek ,

$D \dots$ vnitřní průměr trysky v cm, $L \dots$ délka trysky v cm.

Rovnice (14) byla nejprve použita jako jednoznačná pro určení výtoku kapalin o rozličných viskozitách v trubkách různých průměrů při charakteru laminárního proudění.

Dále provedené výpočty Re čísla potvrdily, že pohyb skloviny probíhá při vesměs malých hodnotách Reynoldsova čísla. Reynoldsovo číslo je definováno vztahem (15)

$$Re = \frac{w \cdot D}{\nu} = \frac{w \cdot D \cdot g}{\tau \cdot g} = \frac{w \cdot D \cdot g}{\tau} \quad (15)$$

Dle [25] stanovil Reynolds přesné vymezení platnosti uvedeného vztahu (15) tak, že platí pro ustálené laminární proudění viskozní kapaliny, která je charakterisována parabolickým rozložením rychlostí v příčném řezu proudu a může být použit nejen pro výpočet kapilár, ale též trubek o libovolném průměru.

Vypočtené hodnoty Re čísla pro technologické parametry tažení dle /25/ :

a/ staplové vlákno :

$$w = 0,04 \text{ m/s}; D = 0,003 \text{ m}; \eta = 0,509 \frac{\text{kp.s}}{\text{m}^2} = 50 \text{ P}$$

$$\rho = 2,81 \text{ m/s}^2; \gamma = 2400 \text{ kp/m}^3$$

$$Re = \frac{0,04 \cdot 0,003 \cdot 2400}{0,509 \cdot 2,81} = 0,057$$

b/ rayonové vlákno :

$$w = 0,004 \text{ m/s}; D = 0,002 \text{ m}; \eta = 30,6 \frac{\text{kp.s}}{\text{m}^2} = 3000 \text{ P}$$

$$\rho = 2,81 \text{ m/s}^2; \gamma = 2400 \text{ kp/m}^3$$

$$Re = \frac{0,004 \cdot 0,002 \cdot 2400}{30,6 \cdot 2,81} = 0,0000641$$

Tyto malé hodnoty Re čísla charakterisují skutečně laminární výtok skloviny z trysek, což jest rovněž potvrzeno v /21/. Jelikož však při experimentálním ověření vypočtených hodnot dle vztahu Poiseuill-Hagena byly shledány značné rozdíly výsledků, naměřená výtěžnost byla větší než vypočtená, byla vzniklým nesrovnalostem a platností vztahu (14) věnována pozornost a teorie byla dále rozpracována.

Považují za správné se v této práci zmínit o způsobu provedené korekce vztahu (14), kterou provedl Školnikov /25/, který předpokládal :

a/ Vztah (14) neplatí, protože délka trysky $L=0,5\text{cm}$ je příliš malá a proto nedostatečná pro zajištění laminárního ustáleného proudění.

b/ Výtěžnost skloviny vzrůstá s rostoucím napětím, které

vzniká při tažení skleněného vlákna a které urychluje výtok skloviny tryskou.

V souhlase s teorií Bussinesqua, která byla potvrzena zkouškami Nikuradseho a Fogelpola, byla stanovena délka stabilisujících částí trysky vztahem (16) viz /10/.

$$L_{st} = 0,065 \cdot D \cdot Re_D \quad (16)$$

Předpoklad a/ byl však vyvrácen výsledky studia výroby rayonového skleněného vlákna. Za předpokladu nejméně příznivého případu výtoku skloviny z trysek, který by odpovídal největší hodnotě Reynoldsova čísla, byla by potřebná délka stabilisující částí trysky

$$L_{st} = 0,065 \cdot 0,3 \cdot 5,7 \cdot 10^{-2} = 0,0011 \text{ cm}$$

Je nejvýš pravděpodobné, že tato délka stabilisující částí nemůže být příčinou velkého rozdílu mezi vypočtenou a experimentálně stanovenou výtěžností, což bylo ověřeno Školníkovem, dle kterého může délka trysky několikanásobně převýšit průměr trysky, aniž by ovlivnila charakter laminárního proudění a tudíž platnost vztahů (14).

Předpoklad b/ byl rovněž vyvrácen. Bylo zjištěno, že uvažované napětí vyvolané mechanickým tažením vláken z trysek se pohybuje v rozmezí 0,3 - 0,6 p. Toto napětí je téměř rovnocenné hydrostatickému tlaku skloviny. Zvýšení výtěžnosti skloviny by mohlo ovlivnit v tom případě, že by všechny síly napětí působily současně ve směru hydrostatického tlaku.

Avšak je známo, že napětí vláken vzniká jako výsledek odporu viskozní skloviny deformací v zoně tvarování vlákna v t. zv. cibuli, ale též následkem překonávání povrchových sil a urychlením částic skloviny v cibuli.

c/ V cibuli lze tedy předpokládat, že pouze nějaká nepatrná část napětí může ovlivňovat zvýšení výtěžnosti skloviny při tažení skleněných vláken, která nemusí prakticky vzrůstat při zvyšování rychlosti tažení.

Tento předpoklad byl studován Čerňjakem, Bovkuněnkem, Pjatkinem, Ikutaro-Savanem a Marao-Miněm.

Provedené propočty výtěžnosti M_t podle příslušných měření řady zkoušek dle vztahu (17)

$$M_t = \frac{3600 \pi}{4 \cdot 10^{12}} d^2 v \rightarrow M_t = 2,82 \cdot 10^{-9} d^2 v \text{ [kg/h]} \quad (17)$$

kde

d ... Ø monofilu mm

v ... tažná rychlost v m/sec.

však prokázaly, že zvýšené rychlosti tažení až na 100 násobek má nepatrný vliv /3,8 % / na výtěžnost.

d/ Proto byl sledován další možný parametr přicházející v úvahu, který by ovlivňoval výtěžnost, vliv povrchového napětí .



Obr. 10 Vznik cibulky:
 f_r - hydrostatický tlak;
 f_n - povrchové napětí.

Na obr. 10 uvedená síla f_r působící dolů je vyvolána hydrostatickým tlakem a síla f_n ve směru nahoru, která je vyvolána povrchovým napětím. Potom síla f_r způsobující t. zv. volný / neb kapkový / výtok skloviny z trysky je dána vztahem (18)

$$f_r = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H \cdot \rho}{4} \quad (18)$$

a síla f_n je dle Laplace (19)

$$f_n = \pi \cdot D' \cdot \sigma \quad (19)$$

kde

D ... vnitřní průměr trysky

D' ... průměr křivky povrchu skloviny měnící se při tvoření kapky od nekonečna do vlastní minimální hodnoty rovné průměru trysky

σ ... povrchové napětí skloviny

γ ... měrná tíha

Aby byl zajištěn výtok skloviny z trysek musí platit,
že

$$f_r > f_h \quad (20)$$

$$\frac{\pi \cdot D^2 \cdot H \cdot \gamma}{4} > \pi \cdot D' \cdot \sigma \quad (21)$$

Z rovnice (21) lze stanovit minimální výšku hladiny H skloviny zajišťující její volný výtok. Výška H je vyjádřena rovnicí (22) za předpokladu, že $D'_{min} = 0$

$$H_{min} > \frac{4\sigma}{D\gamma} \quad (22)$$

Experimentálně bylo zjištěno, že výtěžnost skloviny při kapkovitém výtoku je několikrát nižší, než při tažení vlákna. To vysvětluje Školnikov tím, že v prvním případě výtoku skloviny působí povrchové síly naopak, které jak bylo prokázáno výpočtem, mohou vyvolat protitlak, který je ekvivalentní hydrostatickému tlaku rovnému H_{min} .

Výtok skloviny je brzděn rovněž prostředím, do kterého sklovina vytéká a která má podstatně nižší teplotu než sklovina, protože povrchová vrstva tvořící se kapky vytváří více vazkou stopku.

Závěr, který vyplývá ze studia vlivu povrchových napětí na výtěžnost skloviny je tudíž tento :

- 1/ povrchové síly mohou pouze zmenšit výtěžnost skloviny
- 2/ při tažení vlákna se povrchové síly vyrovnávají s na-

pětím vlákna a nemohou mít podstatný vliv na výtěžnost skloviny.

Z tohoto důvodu byl sledován další možný vliv působící na výtěžnost skloviny a to její viskozitu v tryskách, která je závislá na teplotě trysek.

Z tohoto důvodu bylo nutno spolehlivě a přesně proměřit teploty jednotlivých míst trysek a vlastní Pt pícky. Pro zjištěné teploty byly stanoveny hodnoty dynamické a kinematische viskozity intervalu pracovních teplot při tažení skleněných vláken, které jsou uvedeny v tabulce II pro hlinitoborosilikátové složení skloviny.

Tabulka II.

Dynamická a kinematická viskozita hlinitoborosilikátové skloviny

$t^{\circ}\text{C}$	$\lg \eta$	η	ν
1200	3,4	2950	1230
1220	3,34	2190	900
1240	3,22	1660	683
1260	3,11	1290	531
1280	3,01	1027	423
1300	2,92	832	342
1310	2,875	750	309
1320	2,83	676	278
1330	2,78	607	250
1340	2,74	550	226
1350	2,70	503	207
1360	2,66	457	188

Použitím Školnikovem upravené formulace Poisson-Hagenbacha(23)

$$M_t = \frac{\pi \cdot g \cdot H \cdot D^4 \cdot \gamma \cdot 3600 \cdot i}{128 \cdot \nu \cdot L \cdot 1000} = \frac{86,65 H D^4 \cdot \gamma_{1200} \cdot i}{\nu \cdot L} \quad [\text{kg/h}] \quad (23)$$

je možno teoreticky s dostatečnou přesností stanovit výtěžnost platinové pícky pro různé způsoby výroby skleněných vláken při rozličných viskozitách skloviny a průměrech trysek. Srovnáním vztahů (17-23) obdržíme vztah (24) a (24a).

$$d^2 \cdot \nu = \frac{30,7 \cdot H \cdot D^4}{\nu \cdot L} \quad (24)$$

$$\frac{H \cdot D^4}{\nu \cdot L \cdot d^2 \cdot \nu} = 0,0326 \quad (24a)$$

Z rovnice (24) lze vypočítat libovolnou hledanou veličinu, čím má být umožněno stanovit technologické optimální režimy výroby skleněných vláken a projektantům a konstruktérům konstrukční zásady pro konstrukci platinové pícky, která podstatně ovlivňuje produkci zařízení. Vlastnost uvedených závěrů bude ověřena při experimentálních pracích řešení aspirantského úkolu, pro stanovení optimálního průměru průměrného monofilu.

3.2. Vliv ochlazování skleněného monofilu na jeho pevnost

Tvarování skloviny ve vlákna, jak je patrné z předcházejících kapitol, představuje samo o sobě velmi složitý proces. Přesné a jednoznačné teoretické řešení úlohy podmínek tepelného tvarování skleněných vláken naráží na řadu obtíží. Pouze použitím některých zjednodušujících předpokladů lze stanovit přibližné výpočty tepelného režimu tvarování monofilů a stanovit některé závislosti, které objasňují tento složitý proces.

Z dostupné literatury jsou nejzajímavější práce Ejgen-sona /4/, který se však zabývá všeobecnou problematikou tepelných procesů tvarování skla a práce Epelbauma, který se zabývá v /5/ rozбором podmínek ochlazování výtoku skloviny v procesu tvorby vláken.

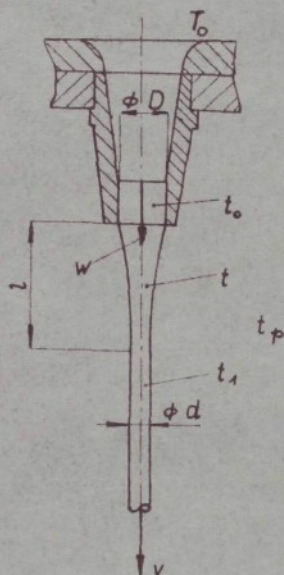
Uvažujme tepelnou změnu části monofilu dle obr. 11.

Změna tepelného obsahu ΔQ_0 části vlákna je vyjádřena rovnicí (25)

$$\Delta Q_0 = -\pi r^2 l \rho c \Delta t \quad (25)$$

Množství tepla, které projde povrchem uvažované části vlákna je ΔQ_p dána vztahem (26)

$$\Delta Q_p = 2\pi r l \alpha (t - t_p) \Delta t \quad (26)$$



Obr. 11
Výtok skloviny
z trysky.

kde v rovnici (25) a (26) značí :

r ... poloměr monofilu ; l ... délka sledované části ;
 ρ ... hustota ; c ... měrné teplo ; Δt ... snížení
 teploty skloviny za dobu τ ; α ... střed.souč. pře-
 stupu tepla ; t ... teplota uvažované části ; t_0 ...
 ..teplota skloviny v tažné trysce ; t_1 ... teplota
 monofilu, při níž neprobíhají již strukturální změny
 skloviny ; τ ... doba ochlazování z teploty t_0 na t_1 ;
 t_p ... teplota vnějšího prostředí.

Předpokládáme, že $\Delta Q_0 = \Delta Q_p$, pak platí, že

$$- \pi r^2 \ell \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = 2 \pi r \ell \cdot \alpha (t - t_p) \Delta \ell \quad (27)$$

Úpravou obdržíme vztah (28)

$$-\frac{\Delta t}{\Delta \ell} = \frac{2\alpha(t-t_p)}{\rho \cdot c \cdot r} \quad (28)$$

Zavedením limity a integrací obdržíme vztah (29) a (29a)

$$\int_{t_0}^{t_1} \frac{dt}{t-t_p} = \frac{2\alpha}{\rho \cdot c \cdot r} \int_0^{\ell} d\ell \quad (29)$$

$$\ln \frac{t_0 - t_p}{t_1 - t_p} = \frac{2\alpha}{\rho \cdot c \cdot r} \cdot \ell \quad (29a)$$

Předpokládáme-li, že t_0 ; t_1 ; t_p jsou hodnoty konstantní, pak doba ℓ je přímo úměrná poloměru vlákna r a platí vztah (30)

$$\ell = k \cdot r \quad (30)$$

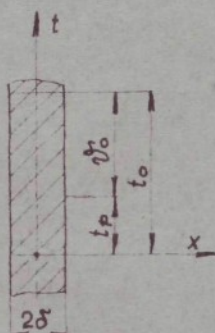
$$\text{kde} \quad k = \frac{\rho \cdot c}{2\alpha} \ln \frac{t_0 - t_p}{t_1 - t_p} \quad (30a)$$

Z rovnic (29a) je patrné, že proces ochlazování monofilu je mimo ℓ , též závislý na působení vnějšího prostředí / teplota, souč. přestupu tepla / a na vlastnostech skloviny ρ, c, α .

Jak z uvedeného vyplývá, tento složitý proces ochlazování skleněného monofilu patří do oboru nestacionerního sdílení tepla.

Příslušné vztahy nestacionerního sdílení tepla pro skleněný monofil mohou být na př. odvozeny z obecného případu ochla-

zování desky o tloušťce 2δ , při čemž rozměry desky jsou ve směru osy y a z nekonečné, viz obr. 12.



Obr. 12

V čase $\tau=0$ je teplota desky rovnoměrně rozdělena a je rovna $t = t_0 = \text{konst.}$

Ochlazování probíhá v prostředí s konstantní teplotou $t_p = \text{konst.}$ U obou povrchů desky probíhá sdílení tepla za stejných podmínek. Pak uvažujeme :

$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha = \text{konst.}$ v každém okamžiku času.

Snížení teploty desky pro libovolný časový úsek můžeme definovat takto :

$$\vartheta = t - t_p \quad (31)$$

Do diferenciální rovnice (32) za t dosadíme hodnotu ϑ , při čemž budeme uvažovat tyto okrajové podmínky. Teplota ve směru osy y a z se nebude měnit. Pak $\frac{\partial \vartheta}{\partial y} = 0$; $\frac{\partial \vartheta}{\partial z} = 0$.

Tudíž rovnice (32)

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial z^2} \right) \quad (32)$$

nabude tvar (33)

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} \quad (33)$$

Počáteční podmínky jsou :

$$T = 0; \quad T = T_0 = t_0 - t_p \quad (34)$$

Pro takto určené podmínky ochlazování je úloha symetrická. Začátek souřadnic je umístěn do osy desky, jak je patrné z obrázku.

Pak okrajové podmínky můžeme psát :

$$\begin{aligned} \text{a/ } x=0 & \quad \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=0} = 0 \\ \text{b/ } x=\delta & \quad \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=\delta} = -\frac{\alpha}{\lambda} \cdot T_{x=\delta} \end{aligned} \quad (35)$$

Diferenciální rovnice (33) v souladu s počátečními (34) a okrajovými (35) podmínkami jednoznačně určuje zadanou úlohu a jejím řešením obdržíme hledanou závislost rozložení teplot na povrchu desky.

Dif. rovnici (33) můžeme uvažovat ve tvaru součinu dvou funkcí, z nichž jedna je pouze funkcí T a druhá funkcí x .

$$T = T(T; x) = \varphi(T) \cdot \psi(x) \quad (36)$$

Dosadíme-li vztah (36) do diferenciální rovnice (33) obdržíme

$$\frac{\partial \varphi(T)}{\partial T} \cdot \psi(x) = a \frac{\partial^2 \psi(x)}{\partial x^2} \cdot \varphi(T) \quad (37)$$

neboli

$$\varphi'(T) \cdot \psi(x) = a \cdot \psi''(x) \cdot \varphi(T) \quad (37a)$$

V rovnici (37a) snadno převedeme proměnné a obdržíme vztah (38)

$$\frac{\varphi'(\tau)}{\varphi(\tau)} = a \frac{y''(x)}{y(x)} \quad (38)$$

ve kterém jeho levá část je pouze funkcí τ a pravá funkcí x . Jestliže rovnice (38) musí mít řešení pro libovolné hodnoty x a τ , pak obě její části musí se rovnat nějaké konstantní veličině. Jestliže označíme pravou část rovnice (38) konstantou $-k^2$, obdržíme :

$$\frac{1}{a} \cdot \frac{\varphi'(\tau)}{\varphi(\tau)} = \frac{y''(x)}{y(x)} = -k^2$$

odkud

$$\frac{\varphi'(\tau)}{\varphi(\tau)} + k^2 \cdot a = 0 \quad (39)$$

$$\frac{y''(x)}{y(x)} + k^2 = 0 \quad (40)$$

Jako výsledek obdržíme systém dvou jednoduchých diferenciálních rovnic (39) a (40), které můžeme integrovat.

Rovnici (39) odpovídá funkce (41) ve tvaru

$$\varphi(\tau) = C_1 \cdot e^{-ak^2\tau} \quad (41)$$

a rovnici (40) odpovídá funkce ve tvaru (42).

$$y(x) = C_2 \sin(kx) + C_3 \cos(kx) \quad (42)$$

Dosadíme-li výrazy (41) a (42) do rovnice (36) obdržíme

$$y = C_1 e^{-ak^2\tau} [C_2 \sin(kx) + C_3 \cos(kx)] \quad (43)$$

Rovnice (43) odpovídá původní rovnici (33) pro libovolné hodnoty konstant C_1, C_2, C_3 a k .

Aby rovnice (43) byla řešením zadané úlohy, je nutno uvažovat počáteční a okrajové podmínky.

Okrajové podmínky pro $x=0$: $\left(\frac{\partial \vartheta}{\partial x}\right)_{x=0} = 0$

Pak (43) $\left(\frac{\partial \vartheta}{\partial x}\right)_{x=0} = C_1 \cdot e^{-ak^2 x} \cdot k [C_2 \cos(kx) - C_3 \sin(kx)]_{x=0} = 0$

neboli $C_2 \cos(kx) = C_3 \sin(kx) \Rightarrow C_2 = 0$

To znamená, že dílčí řešení $\vartheta(x) = C_2 \cdot \sin(kx)$

musí být vyloučeno jako nevyhovující zadaným okrajovým podmínkám.

Potom rovnice (43) nabývá tvar (44)

$$\vartheta = C_1 \cdot e^{-ak^2 x} \cdot C_3 \cos(kx) \quad (44)$$

Položíme-li $C_1 \cdot C_3 = A$, můžeme (44) psát ve tvaru (45)

$$\vartheta = A \cdot e^{-ak^2 x} \cdot \cos(kx) \quad (45)$$

Pro toto dílčí řešení (45) budeme uvažovat další okrajovou podmínku, že

$$\left(\frac{\partial \vartheta}{\partial x}\right)_{x=\delta} = -\frac{\alpha}{\lambda} \vartheta_{x=\delta}$$

Pak obdržíme (46)

$$k \cdot A \cdot e^{-ak^2 \delta} \cdot \sin(k\delta) = \frac{\alpha}{\lambda} \vartheta_{x=\delta} \quad (46)$$

Dosadíme-li do rovnice (46) hodnotu $\vartheta_{x=\delta}$ z rovnice (45)

$$\text{pak } k \cdot A \cdot e^{-ak^2 \delta} \cdot \sin(k\delta) = \frac{\alpha}{\lambda} A \cdot e^{-ak^2 \delta} \cdot \cos(k\delta) \Rightarrow$$

což můžeme psát jako

$$\frac{\cos(k\delta)}{\sin(k\delta)} = \frac{k}{\frac{\alpha}{\lambda}} ;$$

$$\cotg(k\delta) = \frac{k}{\frac{\alpha \cdot \delta}{\lambda}} \quad (47)$$

při čemž jsme složený zlomek rozšířili ve jmenovateli o δ .
Zlomek $\frac{\alpha \cdot \delta}{2} = Bi$ a součin $k \cdot \delta$ označíme μ . Pak výraz (47) můžeme napsat ve tvaru (48)

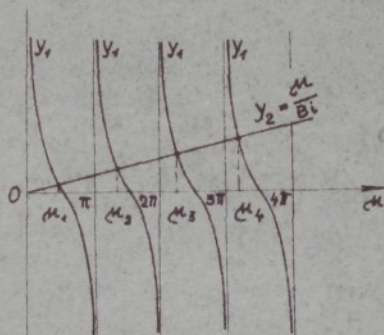
$$\cotg(\mu) = \frac{\mu}{Bi} \quad (48)$$

Z analýzy této rovnice vyplývá, že pro každou hodnotu Bi existuje nekonečné množství řešení.

Rovnici (48) je možno nejjednodušeji řešit grafickou metodou.

Označíme levou část rovnice (48) tak, že $\cotg \mu = y_1$, a pravou část rovnice $\frac{\mu}{Bi} = y_2$.

Průsečíky kotangentoidy y_1 s přímkou y_2 nám určí kořeny μ charakteristické rovnice (viz obr. 13).



Obr. 13

Z obrázku je patrné, že máme nekonečné množství řešení hodnot μ_n , při čemž každá následující hodnota je větší, než předcházející.

Můžeme tedy psát, že

$$\mu_1 < \mu_2 < \mu_3 < \dots < \mu_n < \dots$$

Je nutno mít na zřeteli, že každé hodnotě kritéria Bi odpovídá příslušný souhrn kořenů rovnice (48).

Pro $Bi \rightarrow \infty$ přímka $y_2 = \frac{\mu}{Bi}$ se ztotožní s osou souřadnic a kořeny rovnice budou

$$\mu_1 = \frac{\pi}{2}; \mu_2 = \frac{3}{2}\pi; \mu_3 = \frac{5}{2}\pi; \dots; \mu_n = (2n-1)\frac{\pi}{2}$$

Pro $Bi \rightarrow 0$ přímka y_2 se ztotožní s osou pořadnic a tangens úhlu sklonu přímky bude směřovat k nekonečnu. Kořeny rovnice (48) budou

$$\mu_1 = 0; \mu_2 = \pi; \mu_3 = 2\pi \dots \mu_n = (n-1)\pi; n = 1, 2, 3 \dots$$

Z toho tedy vyplývá, že každé určené hodnotě kořene μ bude odpovídat příslušná teplota $\vartheta_1 = A_1 \cdot e^{-\mu^2 \frac{a^2}{\delta^2}} \cdot \cos(k\delta)$

$$\left. \begin{aligned} \vartheta_1 &= A_1 \cdot \cos\left(\mu_1 \frac{x}{\delta}\right) \cdot e^{-\mu_1^2 \frac{a^2}{\delta^2}} \\ \vartheta_2 &= A_2 \cdot \cos\left(\mu_2 \frac{x}{\delta}\right) \cdot e^{-\mu_2^2 \frac{a^2}{\delta^2}} \\ &\vdots \\ \vartheta_n &= A_n \cdot \cos\left(\mu_n \frac{x}{\delta}\right) \cdot e^{-\mu_n^2 \frac{a^2}{\delta^2}} \end{aligned} \right\} \quad (49)$$

Získaná dílčí řešení budou odpovídat diferenciální rovnici pro libovolné hodnoty konstant $A_1, A_2, \dots, A_n$, ale ani jedno z těchto řešení nebude odpovídat existujícímu rozložení teplot v počátečním čase. Avšak použitím nekonečného počtu takovýchto rozložení při odpovídající volbě veličin A_n je možno zkonstruovat jakoukoliv skutečnou křivku v počátečním okamžiku času.

V tomto smyslu obecné řešení je možno vyjádřit sumou nekoneč-

né řady

$$\vartheta = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \cos\left(\mu_n \frac{x}{\delta}\right) \cdot e^{-\mu_n^2 \frac{a \cdot \tau}{\delta^2}} \quad (50)$$

V této rovnici je $A_n = \text{konst.}$ pro každý člen řady, nezávisí ani na souřadnicích ani na čase a je určen z počátečních podmínek. Činitel $\cos\left(\mu_n \frac{x}{\delta}\right)$ je funkcí pouze souřadnice x a můžeme jej označit symbolem U_n . Hodnota exponentu se bude zmenšovat proporcionálně s časem τ .

Exponent $\mu_n^2 \frac{a}{\delta^2}$ je konstantní látkové kladné číslo, které můžeme označit m_n , při čemž n se bude měnit v závislosti na čísle indexu, t.j.

$$m_1 < m_2 < \dots < m_n, \quad (51)$$

kde

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

Potom rovnici (50) můžeme vyjádřit vztahem (52)

$$\vartheta = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot U_n \cdot e^{-m_n \cdot \tau} \quad (52)$$

Pro tělesa jiných geometrických tvarů bude teplotní pole rovněž popsáno rovnicí (52) viz /6/.

Specifičnost tvaru bude určována různými typy činitelů A_n , U_n . Pro tělesa téhož tvaru s rozdílným počátečním rozložením teploty budou odpovídat různé celky čísel A_n .

Při malých hodnotách τ od $\tau=0$ do $\tau=\tau_0$ rozložení teploty uvnitř tělesa a rychlost změny teploty v čase v jednotlivých bodech tělesa závisí na zvláštnostech počátečního rozložení teplot. Za těchto podmínek teplotní pole teplot v tělese

budou určeny nejen prvními, ale i posledními členy rovnice (52) .

Tato první fáze ochlazování, při níž rychlost změny teplot uvnitř tělesa závisí na charakteru počátečního rozložení teplot se nazývá neuspořádanou fází procesu ochlazování. Díky nerovnosti (51) se se vzrůstajícím časem τ budou další členy řady (52) rychle zmenšovat. Jestliže budeme za výchozí uvažovat nějaký čas $\tau > \tau_0$, pak počáteční podmínky mají druhořadou úlohu a proces se plně vyjádří pouze podmínkami ochlazování na rozhraní tělesa a prostředí, fyzikálními vlastnostmi tělesa a jeho geometrickým tvarem a rozměrem. Pak teplotní pole můžeme popsat prvním členem řady (52) a získáme vztah (53)

$$v^{\theta} = A_1 \cdot U_1 \cdot e^{-m_1 \tau} \quad (53)$$

který potvrzuje, že odpovídající změna teplot jak v prostoru, tak i v čase teprve nyní nezávisí na původním rozložení teplot.

Logaritmuje rovnici (53) při čemž zanedbejme indexy

$$\ln v^{\theta} = \ln(A \cdot U) - m \cdot \tau \quad (54)$$

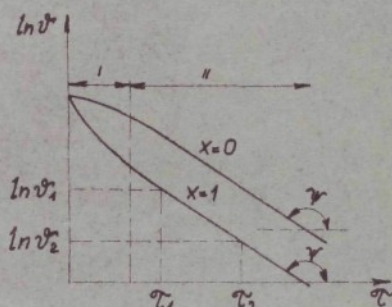
neboli

$$\ln v^{\theta} = -m \tau + C(x, y, z) \quad (54a)$$

Z rovnice (54 a 54a) vyplývá, že přirozený logaritmus rozdílu teploty v^{θ} v libovolném bodě tělesa se mění s časem

lineárně. Grafická závislost mezi $\ln \vartheta$ a časem τ bude mít charakter přímky.

Při dlouhodobém ochlazování ($\tau \rightarrow \infty$ neboli také, že $E \gg \infty$), všechny body tělesa mají nakonec stejnou teplotu rovnou t_p a nastupuje stav tepelné rovnováhy (viz obr. 14).



Obr. 14

Tímto způsobem můžeme rozložit celý proces ochlazování tělesa na tři stadia :

- 1/ stav neuspořádaného pochodu
- 2/ stav regulární fáze
- 3/ stav tepelné rovnováhy.

Prvé stadium, stav neuspořádaného pochodu, je charakterisováno velkým vlivem počátečního rozložení teplot a závislost mezi ϑ a τ je vyjádřena vztahem (52)

$$\vartheta = \sum_{n=0}^{\infty} A_n \cdot U_n \cdot e^{-m_n \cdot \tau} \quad (52)$$

Druhé stadium, stav regulární fáze můžeme vyjádřit závislos-

tí mezi ϑ a ϱ vztahem (53) nebo (54a)

$$\vartheta = A_1 \cdot U_1 \cdot e^{-m \cdot \varrho} \quad (53)$$

$$\ln \vartheta = -m \cdot \varrho + C(x, y, z) \quad (54a)$$

Třetí stadium ochlazování odpovídá stacionárnímu pochodu a teplota ve všech bodech tělesa je rovna teplotě prostředí. Sledujme podrobněji druhé stadium ochlazování tělesa, skleného monofilu, stav regulární fáze.

Jestliže přebytek teploty ϑ je definován jako rozdíl mezi teplotou tělesa t a teplotou prostředí t_p , tudíž můžeme psát (54a) ve tvaru (55)

$$\ln(t - t_p) = -m \cdot \varrho + C \quad (55)$$

Sledujme nyní rychlost změny teploty $\frac{\partial \vartheta}{\partial \varrho}$.

Potom rovnicí (55) můžeme vyjádřit vztahem (56) event. (56a)

takto :

$$\frac{\partial (\ln \vartheta)}{\partial \varrho} = -m \quad (57)$$

$$\frac{\partial \ln(t - t_p)}{\partial \varrho} = -m \quad (57a)$$

Dle /7/ a /11/ číslo m vyjadřuje rychlost, jakou se mění teplota a časem během regulárního pochodu a nazývá se rychlostí ochlazování a má rozměr $1/\text{sec}$.

Rychlost ochlazování charakterisuje rychlost změny teploty v tělese a závisí pouze na fyzikálních vlastnostech monofilu,

na průběhu ochlazování jeho povrchu, na geometrickém tvaru a jeho rozměrech.

Úpravou a integrací vztahu (57a) pro meze t_0 a t_1 za čas τ obdržíme vztah (58)

$$\ln \frac{t_0 - t_p}{t_1 - t_p} = m \cdot \tau \quad (58)$$

Jestliže předpokládáme, že struktura skla se vytváří v procesu jeho ochlazování, pak rychlost ochlazování musí být hodnota, která vyvolá strukturu a vlastnosti skleněných vláken. Tuto vyjádříme v závislosti na technologických parametrech procesu tažení vlákna.

Dobu τ obdržíme z podmínek tažení vlákna o poloměru r z trysek o poloměru R . Pak objem skloviny Q_t , která vyteče za jednotku času z trysky rychlostí w , je dán vztahem (59)

$$Q_t = \pi \cdot R^2 \cdot w \quad (59)$$

kde w ... rychlost výtoku skloviny při dané teplotě a výši hladiny skloviny.

Tento objem skloviny se vytáhne v monofil o poloměru r a může být vyjádřen vztahem (60)

$$Q_v = \pi \cdot r^2 \cdot v \quad (60)$$

kde v ... rychlost tažení monofilu.

Jestliže $Q_t = Q_v$, pak

$$\pi \cdot R^2 \cdot w = \pi \cdot r^2 \cdot v \quad (61)$$

odkud získáme rychlost tažení (62)

$$v = \frac{R^2 \cdot w}{r^2} \quad (62)$$

Rychlost tažení můžeme vyjádřit vztahem (63) v závislosti na čase a dráze

$$v = \frac{l}{\tau} \quad (63)$$

kde

l ... dráha, ve které dochází k ochlazování monofilu z teploty na trysce t_0 na teplotu t_1 , při níž končí strukturální změny ;

τ ... doba změny.

Úpravou rovnice (62) a (63) obdržíme vztah (64)

$$\tau = \frac{l \cdot r^2}{w \cdot R^2} \quad (64)$$

Dosadíme-li τ z rovnice (64) do rovnice (58) můžeme vyjádřit m :

$$m = \frac{w \cdot R^2}{r^2 \cdot l} \ln \frac{t_0 - t_p}{t_1 - t_p} \quad (65)$$

Předpokládáme dále, že monofil bude předávat teplo pouze vnějšímu okolí na dráze l (s ohledem na vysokou rychlost tažení monofilu) a odvod tepla monofilem zanedbáváme.

Z rovnice (63) obdržíme (63a)

$$\tau = \frac{l}{v} \quad (63a)$$

Vztah (63a) dosadíme-li do rovnice (29a) můžeme vyjádřit l :

$$l = \frac{\rho \cdot c}{2\alpha} \cdot r \cdot v \cdot \ln \frac{t_0 - t_p}{t_1 - t_p} \quad (66)$$

Dosadíme rovnici (66) do rovnice (65) a po úpravě získáme rychlost ochlazování (67)

$$m = \frac{2\alpha \cdot w}{\rho \cdot c} \cdot \frac{R^2}{r^2} \cdot \frac{1}{v \cdot r} \quad (67)$$

Z rovnice (67) je patrné, že rychlost ochlazování m je vyjádřena jako funkce základních parametrů technologického procesu tažení skleněného vlákna, daných vlastnostmi skloviny (ρ, c) a podmínkami tvarování (R, v, w), máme-li na zřeteli, že jsou dodrženy podmínky ustáleného provozu tažného procesu.

Z toho je tedy patrné, že pro určité chemické složení skloviny, má první zlomek konstantní hodnotu a rychlost ochlazování bude ovlivňována veličinami $\frac{R^2}{r^2}$ a $\frac{1}{v \cdot r}$

Poměr $\frac{R^2}{r^2}$ je označován jako stupeň protažení a charakterisuje působení mechanického tažení vlákna na strukturu skla.

Bartěněv přisuzuje vliv stupně protažení na vznik orientovaných řetězových a vrstevných struktur, jejichž existenci prokázal Tarasov /26/.

Rovnice (67) nevyjadřuje však závislost mezi rychlostí ochlazování a podmínkami chodu pícky.

Vezmeme proto v úvahu základní nejjednodušší vztahy výtoku skloviny z pícky, dané rovnicí (68)

$$w = \mu \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (68)$$

kde

 μ ... koef. průtoku ε ... tíhové zrychlení H ... výška hladiny skloviny v píce.

Altšuljova empirická formule umožňuje vyjádřit koeficient průtoku μ pomocí Reynoldsova čísla, pro něž musí platit, že $Re < 25$. Pak platí

$$\mu = \frac{Re}{48} = \frac{w_s \cdot D \cdot \rho}{48 \eta} \quad (69)$$

kde

 Re ... Reynoldsovo číslo w_s ... střední rychlost výtoku D ... průměr trysky $/2R/$ η ... dynamická viskozita skloviny

Altšuljova rovnice platí, je-li splněna podmínka, že poměr

$$\frac{D}{2H} < 0,1 \quad , \text{ který jest}$$

pro běžný případ tažení vláken splněno. Číslo Webera

$$W = \frac{2H \cdot D \cdot \rho}{\eta} > 200$$

však splněno není, což lze zanedbat, protože jak z předcházející kapitoly je patrné, výtok není podmíněn silami povrchového napětí, ale je udržován nuceně.

Dosadíme-li rovnici (68), (69) do rovnice (67), obdržíme vztah (70).

$$m = \frac{2\alpha \sqrt{2gH}}{\rho \cdot c} \cdot \frac{w_s 2R \cdot \rho}{48 \eta} \cdot \frac{1}{v \cdot r} \cdot \frac{R^2}{r^2} \quad (70)$$

Jestliže vezmeme v úvahu, že

$$w_s \cdot R^2 = v \cdot r^2$$

dostaneme po úpravě vztah (71)

$$m = \frac{\alpha}{12c} \sqrt{2gH} \cdot \frac{R}{r} \cdot \frac{1}{\eta} \quad (71)$$

Vyjádříme-li vazkost η pomocí Frenkelovy rovnice (72), která je funkcí teploty

$$\eta = A \cdot e^{\frac{B}{T}} \quad (72)$$

kde

A, B ... konstanty

T ... absol. teplota skloviny

Obdržíme vztah pro rychlost ochlazování (73)

$$m = \frac{\alpha}{12c} \sqrt{2gH} \cdot \frac{R}{r} \cdot \frac{1}{A e^{\frac{B}{T}}} \quad (73)$$

Rychlost ochlazování, jak je patrné z rovnice (73) je funkcí hodnoty $\frac{R}{r}$ a viskozity skloviny, nebo teploty plně určena.

Určitý vliv zde má též výška skloviny v platinové pícce.

Sledujeme-li nyní závislost pevnosti skleněného vlákna a rychlosti jako ochlazování v závislosti na rozličných technologických podmínkách, pak dle Burova /5/ je pevnost skleněného vlákna závislá na poloměru vlákna a je dána vztahem

$$P = a + \frac{b}{r}$$

Závislost pevnosti na veličině $\frac{1}{r}$ je přímo úměrná. Obdobně je vázána s veličinou $\frac{1}{r}$ i rychlost ochlazování (viz vztah (73)). Bartěněv prokázal existenci přímé závislosti odolnosti proti přetržení P a veličinou $\frac{R}{r} = \sqrt{a}$. Také rychlost ochlazování m je v přímé závislosti na $\frac{R}{r}$.

V souhlase s uvedeným vztahem (73), má kromě toho vliv na rychlost ochlazování teplota nebo viskozita skloviny. Snížení viskozity je vždy větší, než růst poloměru vlákna, ke kterému vede. Proto rychlost ochlazování v důsledku snížení viskozity vždy roste, při zachování ostatních podmínek tažení. Zbývá poznamenat, že jiná vysvětlení tohoto faktu nejsou z dostupné literatury známa.

To, že rychlost ochlazování a odolnost proti přetržení vlákna P jsou nejen funkcemi jedné a též technologických parametrů, ale jsou i ve stejné závislosti na nich, dovoluje nám předpokládat, že pevnost vlákna může být vyjádřena jako funkce rychlosti ochlazování (74).

$$P = f(m) \quad (74)$$

Studium rychlosti ochlazování skleněných vláken v souvislosti s jeho pevností v závislosti na mikronáži je jedním z důležitých problémů, jejichž podstata ovlivňuje vznik a tvorbu skleněných monofilů. Domnívám se proto, že bude vhodné, když této problematice bude věnována pozornost v kandidátské práci.

4. Fysikálně mechanické vlastnosti skleněných vláken

Bez rozboru fyzikálně mechanických vlastností velmi jemných a jemných skleněných vláken nelze provést kvalitativní hodnocení vlivů působících na jejich vznik. Tato důležitost je patrna na př. v tom, že již v popisu vlastního vzhledu skleněných vláken je patrná nejednotnost názoru. Tak na př. /1/ již třeba tím, že skleněná vlákna mají hladký povrch a přísně cylindrický tvar po celé délce. Avšak tento názor neplatí zřejmě jednoznačně pro vlákna o tloušťkách pod $3\text{ }\mu\text{m}$, protože autor /9/ uvádí, že na 5ti proměřovaných normálech bylo pozorováno, že příčný průřez mikrovláken v 96 % není kruhový. Obdobně různé názory jsou vyslovovány na vlastnosti velmi jemných a jemných skleněných vláken, z nichž proto nejdůležitější v této práci uvádím.

4.1. Mikrostruktura

Dle /3/ je skleněné vlákno v podélném i příčném směru polymerisováno a sestává z mřížky kysličníku křemičitého.

Tím se zásadně liší od všech organických látek, se kterými je z technických důvodů srovnáváno, která jsou složena z dlouhých molekul řetězových, které jsou příčně více, či méně síťovány. / Vodíkové můstky /

Silně příčné mřížkování skleněného vlákna má za následek, že může být protaženo o cca 2 - 4 %.

Dle Smekala je technická pevnost v tahu vždy menší, než pev-

nost molekulární, tj. pevnost vypočtená z molekulárních sil, což potvrdila Griffitova teorie lomu. Její vysvětlení spočívá v tom, že přítomnost kazů, šlár, dutinek, vnitřních trhlin, vzduchových bublin zvyšuje napětí / t. zv. vrubový účinek /, takže v těchto místech je překročena molekulární pevnost a dochází k lomu / přetržení /.

Zajímavé názory jsou na příčiny zvýšené pevnosti skleněných vláken ve srovnání s masivním sklem. Tak na př. Murgatroyd vidí příčinu v molekulární struktuře, kde molekuly jsou více nebo méně rovnoběžné s osou vlákna.

Avšak Preston a Otto tvrdí, že tato orientovaná struktura vlákna není dokazatelná na př. ani roentgenovými paprsky a staví se proti názoru Murgatroyda. Jako důkaz na př. uvádějí, že pevnost v tahu vykazuje stejné hodnoty jako pevnost ve stříhu.

Avšak příčiny, které zvyšují pevnost skleněných vláken neuvádějí. Rovněž Brannan se staví proti orientované struktuře. Jako důkaz uvádí Poissonovo číslo μ dané poměrem příčného zkrácení k délkovému protažení.

U isotropních látek / např. masivního skla / leží konstanta mezi hodnotami 0,00 až 0,50. Anisotropní látky nebo vláknité materiály vykazují vyšší hodnoty / označované jako pseudo-poissonovské konstanty /. Hodnoty zjištěné u skleněných vláken udávají Poissonovo číslo $\mu = 0,18 - 0,02$, tedy podobné hodnotě, kterou vykazuje masivní sklo. Tato hodnota se nezměnila ani po několikanásobném zahřívání skleněných

vláken na teplotu 510°C .

V případě, že by tedy skleněná vlákna měla orientovanou strukturu, musela by se tato v důsledku zvýšeného tepelného zatížení porušit, následkem čehož by byla změněna hodnota Poissonova čísla. Avšak ani tento autor neuvádí příčiny zvýšené pevnosti skleněných vláken ve srovnání s masivním sklem.

4.2. Pevnost

V tabulce č. III podle /1/ je uvedena srovnávací charakteristika fyzikálně-mechanických vlastností některých vláken / při 65% relativní vlhkosti vzduchu a teplotě 20°C /.

Tabulka III.

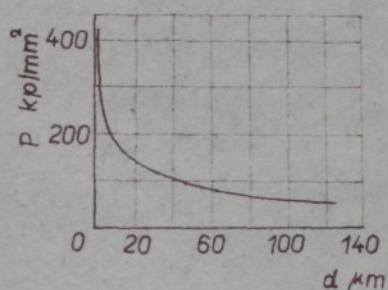
Srovnávací charakteristika fyzikálně-mechanických vlastností.

Druh vláken	Ø vlákna μm	Pevnost v tahu kp/mm^2	Tržná délka $/\text{km}/$	Prodloužení při přetrhu %	Pružné vrácení %
skleněná vl.	3-10	180-400	75	2,5	100
bavlna	20-48	30-70	32	8	36
přír.hedv.	6-29	40-60	44	26	51
nylon	8-12	50-70	48	26	91

Jak je z uvedeného srovnání patrné, dosahují skleněná vlákna poměrně vysoké pevnosti ve srovnání s vlákny organického původu. Avšak údaje v tabulce uvedené se budou podstatně lišit pro skleněná vlákna získána ze sklovin o rozdílném

chemickém složení, v závislosti na použité výrobní technologii a podmínkách, které při procesu tvorby vlákna jakož i při jeho vyhodnocování existují.

Je všeobecně známo, že se snižujícím se průměrem skleněných vláken silně vzrůstá jejich specifická pevnost viz obr. 15, a zlepšuje se jejich ohebnost / schopnost tvoření smyček /.



Obr. 15

$$p = f(d)$$

Závislost pevnosti monofilu na jeho průměru.

Tažnost skleněných vláken, jak je patrné z tabulky, je poměrně malá, naproti tomu stupeň pružnosti vysoký.

P. A. Koch uvádí např. spec. pevnosti pro mikronáž skleněných vláken 9,5-10 µm tyto hodnoty :

- a/ staple vlákna - metoda rozšleh parou
pevnost cca 100 kp/mm²
- b/ rayon vlákna - metoda tažení z tyčí
pevnost 150-160 kp/mm²

Rozdíly v pevnostech skleněných vláken u rozdílných výrobních technologiích vysvětluje Koch tím, že při výrobě vláken způsobem ad a/ působí na skleněná vlákna pára, která konden-

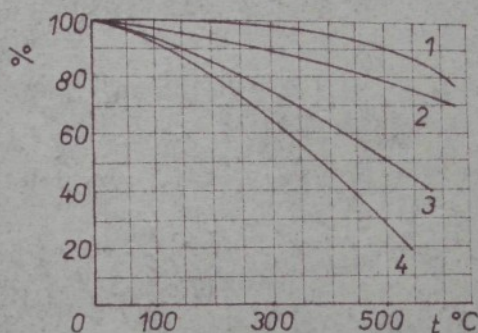
sací na vlákna snižuje jeho pevnost.

Další vliv spočívá ve způsobu tepelného zpracování vlákna, což jest v souhlase se závěrem kapitoly 3.2.

Názor Kocha je potvrzen v /1/, kde autoři zpřesňují příčiny změny pevnosti takto :

Při tvarování nekonečných vláken z trysek, vzniká menší počet defektů a trhlin skleněného monofilu, než při jakémkoliv jeho rozšlehu.

P.A.Koch dále vysvětluje změnu pevnosti skleněného vlákna při působení vody, ke kterému dochází při krátkodobém namáčení vočou. Po 15 minutách je dosažen maximální pokles pevnosti, který se ani po déle trvajícím máčení nemění. Tento stav je zapříčiněn vylučováním alkalií, kdy počne vznikat „strukturní mřížka“ a ve zbývajícím kostře kyseliny křemičité se zmenšuje „nosný“ průřez. Obráceně tedy skleněná vlákna, která neobsahují vylučitelné alkalie, a skleněná vlákna chudá na zásady se působením vody prakticky nemění. Obdobně působí změny teplot na skleněná vlákna. Nízké teploty nesnižují jeho pevnost. Se vzrůstající teplotou však ke změně pevnosti dochází viz /24/, jak je patrné z obr. 16. Zde je patrný rovněž vliv chemického složení skla, kde křemenné sklo 1 vykazují nejmenší pokles pevnosti v závislosti na teplotě a maximální pokles vykazují skleněná vlákna složení Na-Ca-Si^4 .



Obr. 16

$$p [\%] = F(t) [^{\circ}\text{C}]$$

Závislost poklesu pevnosti monofilu v chem.
složení 1÷4 na teplotě

Kromě pevnosti je u skleněných vláken studována křehkost, úhel zkrutu, pružnost /Youngův modul $E=2000 \text{ kp/mm}^2$ /, chování v plameni, ztráty žhavením, stálost vůči kyselinám, alkáliím, textilním pomocným přípravkům, organickým rozpustidlům, působení světla a organismů a pod.

Jak z dostupné a prostudované literatury je patrné, že většina autorů studovala vlastnosti monofilů skleněných vláken o mikronáži od cca $3-5 \mu\text{m}$ a výše. Nepodařilo se mi však získati literární, ani jiné údaje, které by jakkoliv objasňovaly či určovaly výše uvedené závislosti pro monofily skleněných vláken o jemnostech pod $3-5 \mu\text{m}$ obdobného charakteru, jako tomu je u skleněných vláken např. textilních, nehledě již na závislosti vyplývající z použité výrobní technologie.

4.3. Porovitost

Materiál ze skleněných vláken je složen z určité části celkového objemu ze skleněných vláken a z pórů vyplněných vzduchem.

Studiem porovitosti výrobků ze skleněných mikrovláken se např. zabývá Lehner v /9/.

Ve své práci uvádí 3 základní geometrické veličiny charakterisující pórovité mikrovláknité materiály : porovitost, maximální průměr póru, a diferenciální rozdělení pórů dle velikosti.

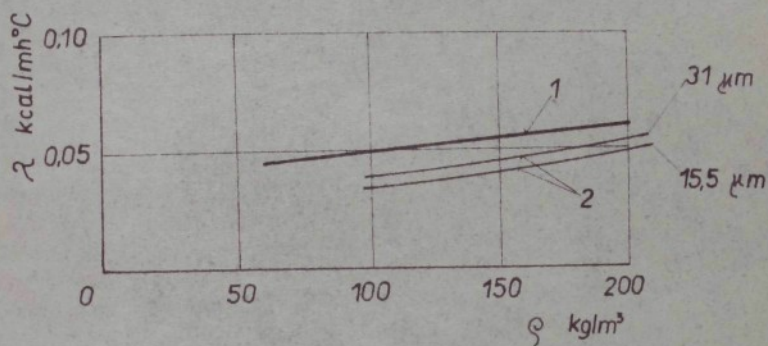
Průměry pórů se údajně pohybují řadově v rozmezí $10^3 - 10^4$ Å. Na porovitosti těchto materiálů přímo závisí jejich tepelně isolační vlastnosti.

4.4. Tepelně-isolační vlastnosti

Těmito vlastnostmi se zabývá řada autorů, přesto však nejsou jejich výsledky uceleně publikovány v dostupné literatuře. Sklovláknité materiály jsou velmi dobrým isolačním materiálem s ohledem na velmi malou tepelnou vodivost, a poměrně nízkou měrnou hustotu, na níž je přímo závislá.

Na obr. 17 je uvedeno podle /9/ porovnání závislosti tepelné vodivosti λ sklovláknitých desek ze staplových vláken pojepných pryskyřicí 2 a rohoží rayonových vláken 1 v závislosti na spec. hmotě. Koef. λ se zvyšuje rozdílně u obou výrobků

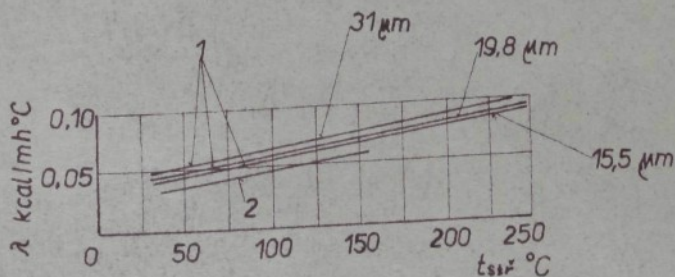
se vzrůstem spec. hmoty a je také závislý na střední teplotě.



- 1 - staplová vlákna
2 - rayonová vlákna

Obr. 17

Se stoupající střední teplotou λ rovněž vzrůstá /viz obr.18/.



- 1 - staplová vlákna
2 - rayonová vlákna

Obr. 18

Kromě práce /9/, ve které jsou teoreticky zpracovány za zjednodušujících podmínek otázky tepelně-isolačních vlastností, neměl jsem k dispozici další literaturu s podrobnějším rozbořem vztahů, které bude nutno zvláště pro mikrovlákna a to pro oblasti vyšších teplot zpřesnit.

4.5. Akustické vlastnosti

Sklovláknité materiály patří mezi materiály, které se vyznačují dobrými zvukově isolačními vlastnostmi.

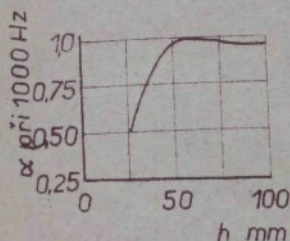
Součinitel zvukové pohltivosti α dosahuje vysoké hodnoty.

Podle /28/ je pro hlasitost 37 fonů $\alpha = 0,8$.

Zkoušky materiálů ze skleněných vláken na zvukovou pohltivost prokázaly, že pohltivost je závislá na frekvenci zvuku, tloušťce vrstvy materiálu, spec. váze, střed. průměru vlákna a na vzdálenosti zkoušeného materiálu od pevné desky, při čemž existují další závislosti těchto parametrů různé pro oblasti nízkých a vysokých frekvencí.

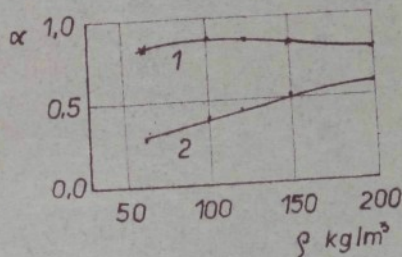
Na příklad pro materiál ze staplového vlákna je koeficient znázorněn graficky na obr. 19 v závislosti na tloušťce vrstvy materiálu při frekvenci $f = 1000$ Hz.

Z obrázku je patrné, že zesílením tloušťky materiálu se zvyšuje koeficient zvuk. pohltivosti.



Obr. 19

Z obr. 20 je pak patrné, že při vysokých frekvencích koef. zvuk. pohltivosti je značně vyšší, než při frekvencích nižších.



Obr. 20

1 - $f = 1000$ Hz

2 - $f = 200$ Hz

Z prostudované literatury jsem však neměl možnost zjistit platnost a rozsah a příslušné závislosti výše uvedených vztahů pro materiály ze skleněných vláken o tloušťkách

od 1 do 11 μm . Pouze v /9/ se autor zabývá problematikou akustických vlastností mikrovláken. Zavádí pojmy akustického odporu r_a , činitele struktury χ , porovitosti ε , konstanty q . Aby mohl odvodit teoretické závislosti mezi výše uvedenými pojmy, nahrazuje autor strukturu mikrovláknitého porovitého materiálu modelem, který tvoří pevnou kostru. Předpokládá dále, že kostra zůstane nehybná.

4.6. Chemická stálost

Materiály ze skleněných vláken jsou v podstatě odolné proti působení vody, kyselin a zásad. Jejich chemická odolnost je v první řadě závislá na vlastním chemickém složení skla, ze kterého jsou skleněná vlákna vyráběna. Z literatury /3/, /27/, /28/ je patrné, že určení příslušných závislostí je provedeno pouze pro materiály z méně jemných skleněných vláken o tloušťkách nad 5 μm .

5. Metodika vyhodnocování sklovláknitých materiálů

V předcházejících statích uvedené specifické vlastnosti skleněných vláken a materiálů ze skleněných vláken jsou příčinou, že řada výzkumných pracovníků pracujících v tomto oboru, hledá vhodné měřicí metody a kriteria pro jejich posuzování a srovnávání. Přesto je však dosud situace v tomto směru značně nejednotná a některé způsoby vyhodnocování

vání těchto materiálů nejsou v ČSSR vůbec zavedeny. Potřeba zavedení určité metodiky je tím naléhavější, čím objem a sortiment této výroby se více rozšiřuje.

Přestože v /13/ je uvedena část provedené studie a ověření některých měřicích metod, považují za správné uvést ve své práci přehled některých metod pro vyhodnocování vlastností sklovláknitých materiálů studované oblasti.

5.1. Průměr / tloušťka / monofilu

V současné době byly pro sledovanou oblast skleněných vláken experimentálně ověřovány některé z těchto metod s těmito výsledky :

Optický mikroskop pro malou rozlišovací schopnost je pro vlákna o mikronáži pod $4\text{ }\mu\text{m}$ nepoužitelný.

Při 1500 násobném zvětšení o počtu 1000-1200 měření je rozdílnost výsledku v rozmezí 20-22%.

Elektronový mikroskop z hlediska jednoduchosti a účelnosti není pro měření těchto vláken praktický.

Přístroj je drahý, měření zdlouhavé, časově náročné, možnost měření toliko malých preparátů nezaručuje dostatečnou spolehlivost měření faktických průměrných hodnot výrobků, a vyžaduje zvlášť kvalifikovanou a dobře zapracovanou sílu, k přípravě preparátu a obsluze mikroskopu.

Metoda absorpce dusíku zvaná též jako metoda Brunaer-Emuett-Tellerova, patří z hlediska přesnosti do skupiny

předcházející. Umožňuje měření plochy jemně rozptýlených vláknitých materiálů, kde zjištěné hodnoty vyjadřují absolutní množství daného povrchu k měrné tíži. Plocha je uváděna v / m²/p /, a vyjadřuje hromadný stupeň průměrné jakosti bez přihlédnutí k rozptylu tloušťky vláken.

Kalibrace je přesná a reprodukovatelná. Přesnost měření dle /9/ je 3-5% pro vlákna o průměrech 0,3 μm. Přesnost vzrůstá s poklesem mikronáže. / Přístroj je event. k dispozici ve SVÚST Praha /. Metoda měření odporu vzduchu zvaná též jako metoda A-Van-Wenteho a R. Lukaso-ova. Je založena na principu měření odporu proudění vzduchu papírensky zplněnou folií ze skleněných vláken. Kalibrace může být porovnána a kontrolována hodnotami získanými na elektronovém mikroskopu. Uchované vzorky dávají stejné výsledky při opakovaných měřeních. Měření odporu proudění vzduchu porézní vložkou / metoda častěji užívaná v textilu /. Jde o metodu méně přesnou, avšak výhodnou pro krátkou dobu měření.

Zkouška není reprodukovatelná. Tato metoda se dle /13/ jeví pro praktické použití jako nejvýhodnější, ale před jejím předáním do provozu, je nutné její další ověření. Zkoušky byly prováděny na přístroji Micronaire, - fy Sheffield Corporation, Dayton-USA ve VÚ vlnařském, Brno.

Metoda volného pádu skleněných vláken v kapalině. Tato metoda byla vyvinuta v USA. Je rychlá a hodí se pro vlákna do tloušťek 2 μm. Dle zkoušek SVÚST je pád vláken odvislý na jejich délce.

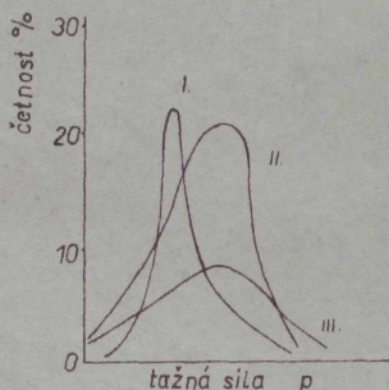
5.2. Pevnost

Pevnost elementárního skleněného vlákna se zjišťuje na dynamometrech rozličných typů užívaných v textilním průmyslu.

Vlákno je přilepeno ke gumovému rámečku, který se upevňuje do svěrek dynamometru. Působením měřitelného zatížení dochází k přerušení vlákna.

Při určení pevnosti skleněných vláken výsledek značně zkresluje rozptyl jednotlivých měření. Se zvětšováním průměru vlákna rozptyl hodnoty pevnosti značně vzrůstá.

Současné se zvětšuje pevnost a přesnost měření. Obdobně ovlivňují měření další vlivy, jako je prodloužení délky vlákna, počet defektů monofilu, způsob výroby skleněných vláken a podobně. Na obr. 21 je uvedeno rozložení hodnot



Obr. 21

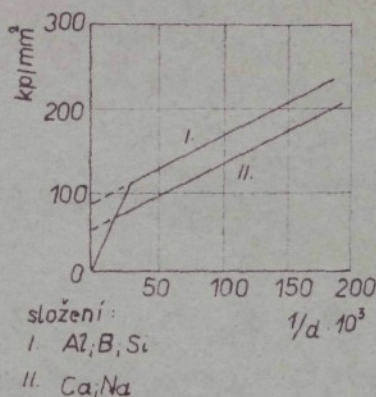
pevností v tahu skleněných vláken o průměrech I-3,4 μm , II-8 μm , III-50 μm .

Kramářev prokázal v [3], že závislost v pevnosti P skleněných vláken na průměru d může být vyjádřena uvedenou hyperbolickou závislostí.

$$P = a + \frac{b}{d}$$

kde

a , b , jsou konstanty závislé na složení skla a způsobu tvarování vláken. Podle této rovnice lze vypočítat příslušné pevnosti skleněných vláken, avšak uvedený vztah neplatí universálně. Z obr. 22 vyplývá zajímavý poznatek.



Obr. 22

Při grafickém zobrazení závislosti pevnosti skleněných vláken na reciproké hodnotě průměru skleněných vláken je patrný zlom lineární závislosti v oblasti mikronáže 40-50 μm . Vzniká zde domněnka, vzniku nového faktoru ovlivňujícího pevnost hrubších skleněných vláken, který se nevyskytuje u skleněných vláken nižších mikronážích. Tato domněnka není však nikterak blíže objasněna.

Vliv délky vlákna na jejich pevnosti vyjádřil Bartěněv /4/ ve tvaru

$$\rho = \frac{A \cdot \sqrt{d}}{\sqrt{h}}$$

kde

A - konst.

d' - stupeň protažení

h - délka protažení vlákna.

5.3. Stárnutí vlákna

Metodika vyhodnocování vlivu stárnutí vláken na jeho vlastnosti je značně obsáhlá. Ve světě je řada způsobů, kterými se sledují na př. pevnosti skl. vláken bezprostředně po jejich vyrobení, po vystavení kratšího nebo delšího působení různých vlivů a pod. V této oblasti pracovali v minulých letech Žurkov Anderegg, Griffiths, Rebinder a j. /24/. Z uvedené literatury je patrné, že se jedná o práce staršího data a studované otázky jemných a velmi jemných vláken nejsou sledovány.

5.4. Stálost

O stálosti skleněných vláken lze říci totéž, jako v předcházející stati. Literární prameny jsou staré cca 20-25 let a lze předpokládat, že i stálost vláken o nízkých mikronázích není v současné době uvedena v dostupné literatuře.

5.5. Pružnost

Snaha řady odborníků objasnit otázky pružnosti skleněných vláken směřovala v první řadě k rozboru struktury skleněného vlákna, o níž je pojednáno v kapitole 4.1.1.

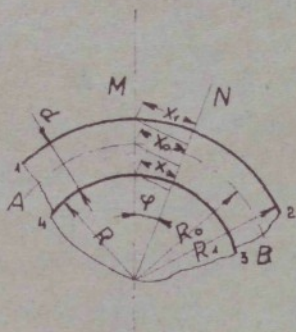
Otázku pružnosti v souvislosti se stanovením modulu pružnosti sledoval Reinkober, dále pak Anderegg, který vzhledem k malému počtu měření neurčil přesnější hodnoty, které se pohybují v rozmezí od 5000 do 8400 kp/mm².

Alexandrov a Žurkov vysvětlili příčiny poměrně nepřesných údajů Reinkobra a Anderegga. Použili dvou měřících mikroskopů namísto jednoho a stanovili nové hodnoty. Z celé řady výzkumných zpráv v tomto oboru je patrna řada rozporů /9/. Oblast vláken 1-11 μ m není sledována. V ČSSR se tato měření neprovádějí.

5.6. Ohebnost monofilu

Je zajímavá tím, že je známa značná křehkost masivního skla. Dle /24/ je ohebnost monofilu charakterisována velikostí úhlu, který opásá monofil kolem dřívku viz obr. 23, aniž by se vlákno porušilo.

Provedeme-li rozbor této situace, pak je patrné, že : dřík má $\varnothing$ R. Ohnutím vlákna na tento průměr, jeho vnější část vyznačená A12BA je namáhána na tah a vnitřní část vyznačená AB34A je namáhána na tlak.



Obr. 23

Jestliže předpokládám, že modul pružnosti skleněného vlákna v tahu je stejný, pak neutrální část vlákna, která není namáhána, prochází osou vlákna AB.

Sledujme dále část vlákna mezi řezy MO a NO. V řezu MO vedeme kolmici z průsečíku poloměru R, R₀, R₁ na řez NO.

Získané úsečky vyznačíme x, x₀, x₁.

Jestliže $\varphi = 0$, lze předpokládat, že tyto úseky jsou rovný příslušným obloukům. Označíme-li tloušťku monofilu d, pak

$$R_1 = R + d$$

$$R_0 = R + \frac{d}{2}$$

Ke zlomu vlákna dojde, jestliže vlivem ohybu a napětí v příslušné vrstvě jeho deformace překročí hodnotu $\Delta \ell$, což jest hodnota prodloužení v tahu. Z této úvahy vyplývá závěr.

Při zlomu vlákna musí být

$$\frac{x_1 - x_0}{x_0} \geq \Delta \ell \quad ; \quad \frac{x_1}{x_0} \geq 1 + \Delta \ell$$

Z podobnosti pravouhlých trojúhelníků plyne, že

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_0} = \frac{r_1}{r_0}$$

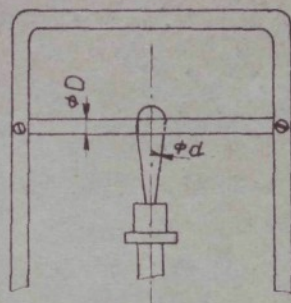
$$\frac{R_1}{R_0} \geq 1 + \Delta l$$

Dosadíme-li do rovnice (6) rovnici (1), (2) dostaneme

$$\frac{R+d}{R+\frac{d}{2}} \geq 1 + \Delta l ; \quad R \leq \frac{d}{2} \left(\frac{1}{\Delta l} - 1 \right)$$

Ačkoliv zde uvedená problematika je přibližná, dává poměrně dostatečný obraz o základních faktorech, které určují ohebnost vlákna.

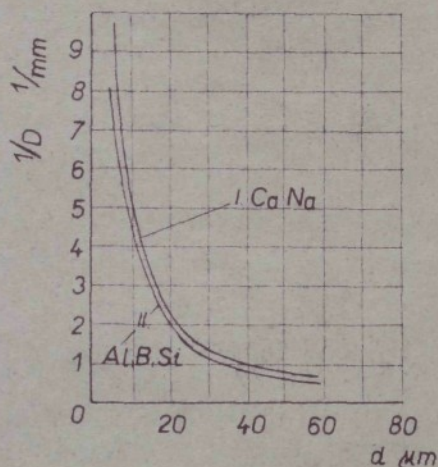
Na obr. 24 je uvedeno schema přístroje, na kterém je možno zjišťovat kritický radius ohybu vlákna.



Obr. 24

Schema zjišťování kritického radiusu ohybu vlákna.

Na obr. 25 je pak uvedeno praktické zobrazení v závislosti ohebnosti vlákna o různém chemickém složení na jeho průměru. Z grafu je opět patrné, že oblast velmi jemných a jemných skleněných vláken nebyla sledována.



Obr. 25

Průběh ohebnosti vlákna v závislosti
na jeho průměru a chem. složení.

Jestliže známe průměr zkušebního drátu D/R viz obr.24,
můžeme přibližně vypočítat odpor vlákna P k ohybu.

Podle Hookova zákona

$$P = E \frac{\Delta l}{l}$$

pak dle obr. 15

$$\Delta l = \pi(R+d) - \pi\left(R + \frac{d}{2}\right)$$

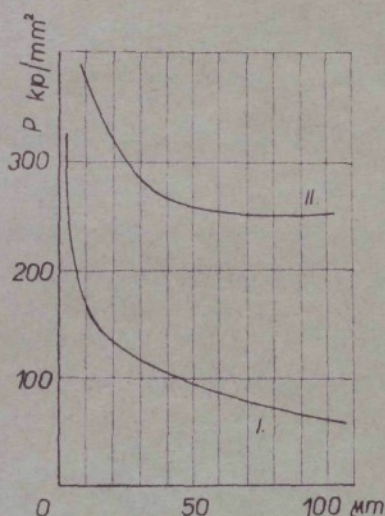
/ velikost l odpovídá délce neutrální osy /.

Potom

$$P = E \frac{\pi(R+d) - \pi\left(R + \frac{d}{2}\right)}{\pi\left(R + \frac{d}{2}\right)} = E \frac{r}{R+r}$$

Na obr. 26 je uvedeno graf. porovnání pevností skleněného
vlákna hlinitoborosilikátového složení v tahu I a v ohybu II,

z čehož je jasné patrné, že míra pevnosti v ohybu je cca 2násobná oproti v tahu. V ČSSR nejsou prováděna tato měření.



Obr. 26

Porovnání pevnosti
skleněného vlákna
v tahu I. a ohybu II

5.7. Odpor v krutu.

Jedná se o důležitou charakteristickou vlastnost pro textilní zpracování skleněných vláken. Jeho význam není plně zhodnocen u ostatních vláken.

Mezní napětí R_m v krutu je stanoveno rovnicí

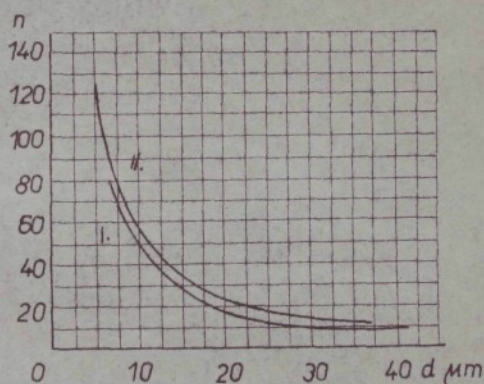
$$R_m = \pi \cdot k \cdot \sigma \cdot d$$

$$\sigma = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

kde

 K - mezný počet zákrutů na m γ - modul posunutí d - průměr vlákna E - modul pružnosti μ - Poissonovo číslo = 0,25

Pro zjištění mezného počtu zákrutů n byl sestrojen SVÚS v Hr. Králové přístroj, který je k našim potřebám k dispozici, pomocí něhož je možno stanovit mezní číslo zákrutů na m , kdy dojde k přetržení vlákna. Přístroj obdobné konstrukce je uveden v /28/. Rozptyl jednotlivých měření ukázal se obdobným jako při zjišťování meze pevnosti v tahu.



Obr. 27

Závislost pevnosti vlákna na počtu zákrutů.

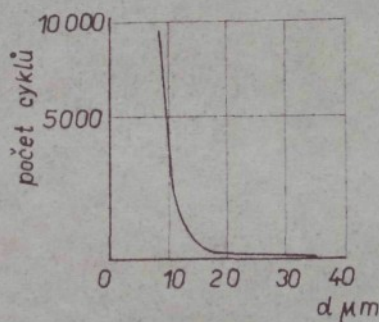
I. - hlinitoborosilikátové sklo
II. - sodnovápenné sklo

Na obr. 27 je uvedeno grafické znázornění závislosti mezního počtu zákrutů vlákna na jeho průměru pro hlinitoborosilikátové I a sodnovápenné II sklo.

Opět je patrna z grafu neprozkoumaná oblast mikrovláken.

5. 8. Odpor vlákna k mnohonásobnému ohybu a vzdornost k oděru.

Z prostudované literatury / 28 / vyplývá, že vyhodnocení bylo provedeno pouze pro skleněná vlákna od tloušťky 5 až 8 μm , což je zvlášť dobře patrné z obr. 28, kde je uvedena závislost odporu vlákna k mnohonásobnému ohybu v závislosti na průměru.



Obr. 28

V ČSSR se dosud tato měření neprovádějí.

5. 9. Součinitel tepelné vodivosti

Součinitel tepelné vodivosti λ je pro skleněné vlákno jed-

nou z nejdůležitějších veličin, která charakterisuje tyto materiály. Přestože lze konstatovat, že nebyly v ČSSR zavedeny vyhovující měřicí metody, které by objasnily existující vztahy pro součinitele tep. vodivosti mezi průměrem monofilu a měrnou hustotou ρ a uspořádáním sklovláknitého materiálu v závislosti na teplotě a směru tepelného toku. Aby bylo možno stanovit hodnotu součinitele λ sklovlák. koef. do teplot 500°C byla vypracována na VŠST studie měření tepelné vodivosti /20/.

Pro sklovláknité materiály lze uvažovat jako nejvhodnější Fitschův přístroj a deskový přístroj Dr Bocha pro nízké teploty do 40°C . Pro vyšší teploty se jeví jako vhodný válcový přístroj Van Rinsuma a Nusseltova koule, jejíž použití pro tyto materiály je omezenější co do přesnosti dosažených výsledků.

Přístroj Dr Bocha vlastní VŠST a SVÚS v Hradci Králové. Nusseltova koule je v současné době na základě provedené studie vyráběna ve SVÚST v Praze.

5. 10. Součinitel zvukové pohltivosti.

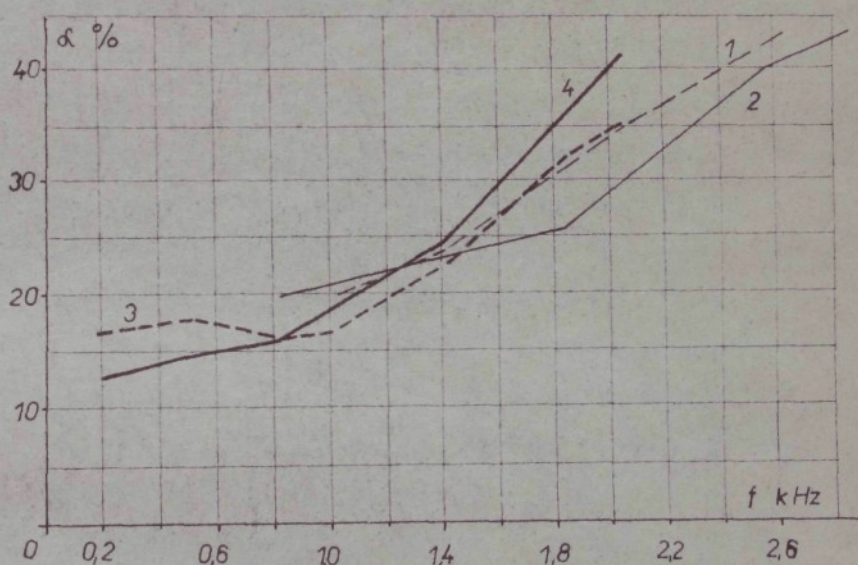
Pro určení součinitele zvukové pohltivosti α se podařilo naší katedře získat trubkový přístroj fy Brüel a Kjaer-Naerum z Dánska, který je určen pro měření absorpce zvuku vláknitých isolačních materiálů.

Hlavní jeho výhoda spočívá v tom, že je možno snadno měřit

i poměrně malé vzorky a měření je reprodukovatelné.

Omezení přístroje spočívá v tom, že největší rozměr vzorku podle zásady měřicí metody nemůže být větší než $1/2$ délky vlny dané frekvence.

Na tomto přístroji byly provedeny v červnu 1966 ověřovací měření zvukových absorpčních koeficientů sklovláknitých rohoží typu Fibrex. Výsledky měření jsou zobrazeny na obr. 29.



Obr. 29. Závislost zvukové pohltivosti desky Fibrex na frekvenci.

Kundtova trubice malá : 1- $U=1V$

2- $U=3V$

Kundtova trubice velká: 3- $U=1V$

4- $U=3V$

6. Z á v ě r

Stanovení hlavních vlivů, které působí na vznik a vlastnosti velmi jemných a jemných skleněných vláken je poměrně obtížným a složitým úkolem.

Přestože vzájemné vztahy mezi parametry výrobního procesu skleněných vláken jsou již delší dobu sledovány nebyly však dosud příslušné závislosti spolehlivě komplexně stanoveny a teoreticky zdůvodněny.

Příčinou tohoto stavu je mimo jiné i neustálý rozvoj nových výrobních technologií, které přinášejí stále nové problémy. V této práci bylo snahou dokumentovat tento stav uvedením příslušných technologií charakteristických pro vymezenou studovanou oblast a jejich srovnáním po stránce strojně technologických vlastností vlastního produktu v souvislosti s metodikou jejich vyhodnocování.

V současné době jsou nejlépe teoreticky zpracovány otázky související se vznikem a vlastnostmi skleněných vláken rayonového typu, která jsou převážně určena pro textilní zpracování.

V oblasti výroby velmi jemných a jemných skleněných vláken staplového typu je situace podstatně nepříznivější, neboť při jejich výrobě působí další řada vlivů na jejich výrobu. Jedná se hlavně o technologické vlivy *typické* pro jednotlivé způsoby výroby jako např. tažení skleněných vláken plynným médiem, odstředivou silou, nebo metodou mechanic-

kého tažení primérních vláken monofilů a jejich rozšlehem plynými spaliny na vlákna.

Hlavním předmětem vlastní kandidátské práce bude objasnění problematiky vzniku skleněných vláken staplového typu vyráběných kombinovanou metodou dvojího tažení, při čemž bude pro experimentální práce nahrazena platinová pírka píčkou šamotovou v tryskové části opatřenou speciální legovanou ocelí.

Budou stanoveny mezní podmínky provozu šamotové píčky v závislosti na optimální rychlosti mechanického tažení primérního monofilu vlákna s ohledem na minimální dosažitelnou mikronáž vláken pro určitý typ skloviny a optimální parametry provozu oscilačního hořáku.

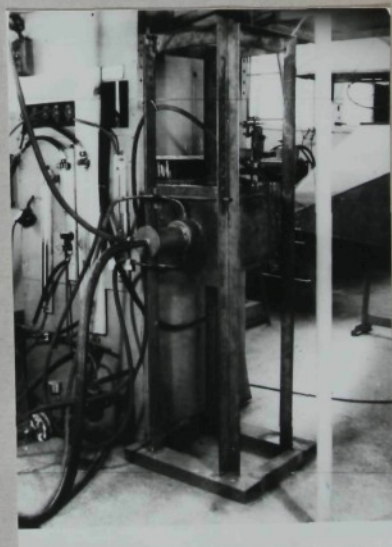
Bude experimentálně ověřena platnost Školnikova vztahu (23) pro teoretické stanovení výtěžnosti píčky a zjištěn vliv intenzity ochlazování skleněného monofilu na jeho charakteristické vlastnosti.

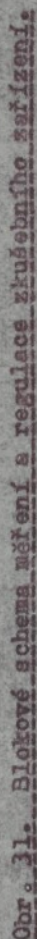
Na základě rozboru fyzikálně mechanických vlastností velmi jemných skleněných vláken vyrobených pomocí šamotové píčky bude možno provést porovnání fyzikálně mechanických vlastností velmi jemných skleněných vláken vyrobených pomocí platinové píčky.

Z takto získaných výsledků budou stanoveny podmínky pro eventuelní možnost náhrady platinové píčky píčkou šamotovou pro průmyslové využití v n.p. Vertex Litomyšl.

Aby bylo možno splnit tyto požadavky, bylo již nutno provést řadu přípravných prací, jako je například rozbor spalovacích podmínek procesu spalování průmyslového oscilačního tryskového hořáku, konstrukci a stavbu laboratorního p
hořáku, jehož umístění na stanovišti monofilu ve Státním výzkumném ústavu sklářském v Hradci Králové dokumentuje obr. 30, návrh blokového schéma měření a regulace zkušebního zařízení v prostorech sklářské katedry je schematicky zobrazen na obr. 31, studií o metodice vyhodnocování vlastností skleněných vláken a j.

Vyřešením formulovaných otázek bude možno výrobní technologii velmi jemných a jemných skleněných vláken zproduktivnět a přitom ovlivnit některé specifické vlastnosti těchto vláken, což bude zvláště důležité pro možnost rozšíření jejich použití, eventuelně i cestou textilního zpracování v rámci perspektivního programu.

Obr. 30



Vysvětlivky: I. Regulace teploty: RT-regulační transformátor, STE-směšná termočláneková, KK-kompensací krabice, ATE-adaptér pro termočlánek, PID-třítřední člen, RVT-ovládač termočlánekový pro ruční dálkové nastavení žádané hodnoty, JAO-jednotka ručního ovládání, ESY-rozdělovač vřetuplného signálu, ZAM-koncový zesilovač pro elektromotory, SM-elektrický servomotor s přídělovým pohybem, P-tažné válce, IV-tažné válce,

II. Regulace eměšovacího poměru: Místkový regulátor poměru, MEN- místkový regulátor množství, SM- servomotor P 500, UP- elektrický ukazovací přístroj 0-100%, PM- přetencový manometr /plyn, vzduch/, DP- čtyřchladlo plyn, dv- čtyřchladlo vzduch, H- hořák, S- směšovač.

7. Použitá označení

A, B, C		konstanty
D	$[m, mm]$	vnitřní průměr trysky
D'	$[m, mm]$	průměr křivky povrchu skloviny při volném výtoku
E	$[kp/m^2]$	modul pružnosti
G	$[kg/h]$	množství páry
H	$[kp/m^2]$	hydrostatický tlak
H	$[m]$	výška hladiny skloviny
K		součinitel
L	$/L_{stab}/ [m]$	délka trysky / stabilisující /
M	$/M_t/ [kg/h]$	výtěžnost skloviny / teoretická /
P	$[kp/mm^2]$	pevnost vlákna
Q	$[kcal/h]$	tepelný tok / množství tepla /
R	$[m, mm]$	poloměr trysky
S	$[m^2]$	vnější povrch tělesa
T	$[^{\circ}K]$	absolutní teplota
a, b, c		konstanty
c	$[kcal/kg \text{ deg}]$	měrné teplo
d	$[μm]$	průměr monofilu
f	$[s^{-1}]$	frekvence
F _n , F _r	$[kp]$	síla
g = 9,81	$[m/s^2]$	tíhové zrychlení
h		charakter. rozměr
i		počet tažných trysek
k		součinitel

l	$[m]$	délka
m	$[s^{-1}]$	rychlost ochlazování
n		konstanta
p	$[kp/m^2]$	měrný tlak
r	$[m, \mu m]$	poloměr monofilu
t	$[t_{stx}/t_p]$	teplota / střední, prostředí /
v	$[m/s]$	rychlost tažení / teoretická /
w	$[m/s]$	rychlost výtoku skloviny
x, y, z		exponenty
α	$[kcal/m^2 deg H]$	součinitel přestupu tepla
α	$[sab]$	součinitel zvukové pohltivosti
α'		stupeň protažení
γ	$[kp/m^3]$	měrná váha
δ	$[m]$	tloušťka
η	$[kps/m^2]$	dynamická viskozita
φ	$[^\circ]$	úhel
μ		Poissonova konstanta
μ		součinitel průtoku
λ	$[kcal/mhdeg]$	součinitel tepelné vodivosti
ν	$[m^2/s]$	kinematická viskozita
ϑ	$[deg]$	rozdíl teplot
ρ	$[kp/s^2/m^4]$	měrná hustota
σ	$[kp/m^2]$	povrchové napětí
π		Ludolfovo číslo
τ	$[s]$	čas
$F_o = \frac{a \cdot \tau}{\rho^2}$		Fourierovo kritérium

$$Re = \frac{w D \rho}{\eta}$$

Reynoldsovo kritérium

$$We = \frac{2 H \rho}{\eta}$$

Weberovo kritérium

$$Bi = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}$$

Biotovo kritérium

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}$$

 $[m^2/s]$

součinitel teplotní vodivosti

8. Použitá literatura :

- 1/ Aslanova a kol.
Stěklanoje volokno i stěkloplastiky
/ Spravočnik po proizvodstvu stěkla I., Moskva 1963/
- 2/ Aslanova :
Stěklo i keramika, 1960, 11.
- 3/ Bobeth :
Anorganische Textilfaserstoffe, VEB Verlag
Technik , Berlin 1955
- 4/ Ejgenson :
Termiceskiye osnovy formovanija stěkla, Moskva 1959.
- 5/ Epelbaum :
Vozmožnyje pričiny povyšenoj pročnosti stěklanovo
volokna, Stěklo i keramika, 1963, I.
- 6/ Isačenko :
Těploperědača, Moskva 1965- Energija
- 7/ Kutateladze :
Přiručka sdělení tepla, SNTL, Praha 1962
- 8/ Kyncl - Slunečko : *Injektorová trysk. hořáky pro výrobu vel. jam. stěkla.*
Sklář a keramik 2, 1965
- 9/ Lehner :
Studie o mikrovlákněch / kačnidátská dis.práce /
Praha 1965.
- 10/ Maštovský :
Hydromechanika, SNTL Praha 1965
- 11/ Michejev :
Základy sdělení tepla, SNTL Praha 1953
- 12/ Mohelpický :
Čsl. patent. spis 101.304 Praha
- 13/ Metodika : dílčí výzk. zpráva SVÚMASK, Praha 1964
- 14/ Patentní přihláška NSR 1,050.331 fy Owens Corning
Fiberglas Corp. 1959
- 15/ Patentní přihláška NSR 1,054.671 fy Owens Corning
Fiberglas Corp. 1959

- 16/ Slunečko-Mohelnický:
Čsl. patent čís. 118.029, Praha 1965
- 17/ Slunečko a kol.:
Pneumatický pohon rotační hlavy.
/Studie pro SVÚST Praha / Liberec 1965
- 18/ Slunečko:
Některé technologické vlivy na tvarování
skleněných vláken staplového typu.
/Zasláno do tisku Sklář a keramik, Praha, 1966/
- 19/ Slunečko a kol.:
Způsoby ukládání skleněných vláken
/Studie pro SVÚST Praha / Liberec 1966
- 20/ Slunečko a kol.:
Měřicí zařízení pro stanovení tepelné
vodivosti vláknitých materiálů.
/Studie pro SVÚST Praha /, Liberec 1965.
- 21/ Surý:
Výpočet dvojdílné platinové pece pro tažení
skleněného rayonového vlákna.
VŠCHT Praha 1965.
- 22/ Sýkora:
Sdílení tepla, SNTL Praha 1963
- 23/ Šatava:
Úvod do fyzikální chemie silikátů
SNTL Praha 1965.
- 24/ Šeludjakov-Barabarina:
Stěklovoloknistyje materiály, Moskva 1961.
- 25/ Školnikov:
Stěklo i keramika, 1., 1964.
- 26/ Tarasov:
Stěklo i keramika, 2., 1954
- 27/ Titry:
Závěrečná zpráva výzkumného úkolu SVÚST, Praha
1961
- 28/ Zak:
Fysikochimičeskije svojstva stěklovo
volokna, Rostěchizdat, Moskva 1962.

29) A. WALZ, M. MAYER, GLASTECHE DEUTSCHE 7/9/1965.

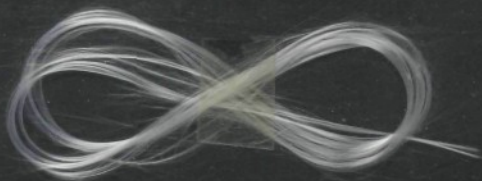
VŠST
KSK

88

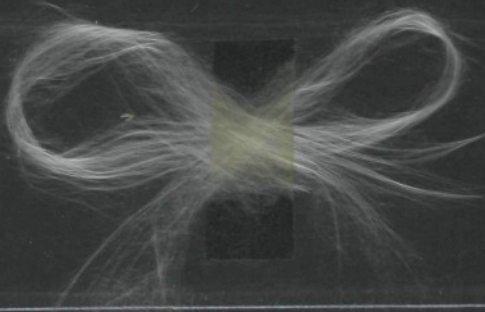
Vlákno typu rayon,
 $\emptyset$ monofilu cca 6um
VERTEX, Litomyšl.



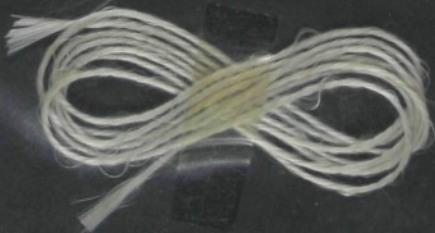
Vlákno typu rayon,
NEROFIL
 $\emptyset$ monofilu cca 6um
VERTEX, Litomyšl.



Vlákno typu staple,
TITRY
 $\emptyset$ monofilu cca 9um,
SVŮST, Praha.



Příze z vláken Nerofil,
VERTEX, Litomyšl.



PŘÍLOHA I.

Vlákno typu staple,

ITAVER

Ø monofilu cca 4um,
VERTEX, Litomyšl.

Vlákno typu staple,

SIMAX

Ø monofilu cca 2um,
SVŮST, Praha.

Vlákno typu staple,

ROTAFLEX

Ø monofilu cca 6 um
SVŮST, Praha.

Vlákno typu staple,

Ø monofilu 0,2-0,499 um,
USA