

消防用耐熱耐摩耗性ホースの研究

伊 藤 金 夫*
島 光 男*

1. はしがき

現在、使用されている消防自動車ならびに積載装備等の性能については近代産業の科学化に伴ない急速の進歩がみられ、中でも消防用ホースの性能については格段の進歩改善がなされてきている。

即ち、化学の進歩によって消防用ホースの化繊採用は不可避の現象となり、亜麻ホース時代から全合繊ゴム内張ホース時代へと移行し、それにつれて延長ホースが大建築物の延焼拡大火災等に際しては放射熱、あるいは接炎によって破断し消防活動に重大な影響を及ぼすことも予想されてきている。このようなことからホース材質の開発、さらにはホースの外加工、または化学処理等を施して、ある程度の耐熱、耐摩耗性の向上を図る研究が必要となってきた。

消防隊が火災現場で使用するホースの最も理想とするところは、

1. ホース性能のよいこと。
2. ホース取扱いが容易であること。
3. 経年変化の少ないこと。
4. 燃えないこと。

などであるが、しかしながらこのような条件のすべてを備えたものは現段階では仲々見出しがたいものである。

以上のようなことから今回は上記の(3)(4)項を主として取上げ将来の消防ホース改良開発への示唆を得るよう実験研究を行なってみたのである。

なお、ここに取上げた試験方法も現在のところ規格化されたものもなく今後の研究検討の余地があるものと思われるので実験結果の考察も本実験条件の範囲内であることを付記しておく。

2. 実験項目及び方法

1. 水圧試験(短尺 1.5m)

- (1) 耐圧試験(破断試験)
- (2) 水圧0~20kg/cm²に対する伸びの測定

2. 放射加熱試験

- (1) ホース試験片(10×10cm)を0.2cal/cm²,secの放射熱量で1分~6分間加熱し試験片の変化状況を調べた。
- (2) 短尺ホース(1.5m)に通水、水圧10kg/cm²と一定加圧してこれに0.3, 0.35, 0.4cal/cm²,secの放射熱量で加熱しホースがパスするまでの時間を測定比較した。

3. 摩耗試験

試料を600回, 1,200回, 2,400回 摩耗試験機にかけ、その後の引張強力の変化を調べ摩耗前の試料強力と比較した。

試験機: テーパー

4. 老化試験

試料を200時間, 400時間ウエザー試験(老化試験機)を行ない、その後引張試験機にかけ、老化前と老化後の強力を比較した。

試験機は老化; Fado メーター 強力: アムスラー

3. 消防用耐熱ホースの開発

最近の化学繊維には数多くの種別があり、天然繊維にはみられない大きな特質をもち使用目的により大きな役割を果している。これらの種類を大きく分類してみると、

1. 再生繊維 [コットンリントナー(綿花をとった後の短かい繊維)]
2. 半合成繊維 [アセテート(酢酸繊維)]
3. 合成繊維 (ビニロン, ナイロン, ポリエステル繊維等)
4. 無機繊維 (ガラス繊維, 黒鉛繊維)

等を検討した。

さらに(3)項の全面的なホース材質の開発についてはガラス繊維を用い第1表及び第2表を検討し第3表に示す交織ホースを試織してみたのである。

4. 実験結果

各種実験の結果はつぎのとおりである。

* 第三研究室

第1表 各種繊維の標準の強さ比較

種別	ビニロン	テトロン	亜麻	硝子繊維
標準(乾燥) g/d	4.2~6.0	4.2~6.6	6.0	6.3~6.9
湿潤 g/d	3.2~4.8	4.2~6.6	6.3	5.4~5.8
乾湿度強度比 %	70~85	—	—	85
繊維径 μ	1.3~10	—	8.0~25	5.7~9.13
引張強さ kg/cm^2	—	50~60	35	100~300
見掛比重	1.26~1.30	1.38	1.46~1.52	2.54
伸率 %	15~30	19~23	—	3.0

(新繊維総覧, 化学便覧)

1. 水圧試験(破断試験)

(1) ホース破断について

各種ホースの破断強力は第4表で明らかなように C T, L Tホースは $43\sim 52\text{kg/cm}^2$, V Tホースは $58\sim 63\text{kg/cm}^2$ である。

第3表 試織ホース

番号	試織ホースの種別	打込数
1	経緯 C 20/12×2×288本 T 250/1×20 G 150/1×30 計50本	39本/10cm巾
2	経緯 C 20/12×2×288本 T 250/1×12 G 150 ¹ / ₂ ×34 46本	39本/10cm巾
3	経緯 L 14 ⁵ / ₈ ×384本 G 150 ⁴ / ₄ /3N	19本/5cm巾
4	経緯 V 20 ⁸ / ₈ ×464本 G 150 ⁴ / ₄ /3N	18本/5cm巾
5	経緯 V 20 ⁸ / ₉ ×500本 G 150 ⁴ / ₄ /3N	40本/10cm巾

備考 C……綿 T……テトロン
L……亜麻 V……ビニロン
G……ガラスヤーン

第2表 使用糸の比較

種別	糸 ビニロン	糸 テトロン			備考
番手	20 S × 9 (2,380 d)	250 d × 28 (7,000 d)	250 d × 34 (8,500 d)	3,000 d × 3 (9,000 d)	
Tex (g/100m)	265	778	890	1,000	
見掛の太さ (mm)	0.5~0.6	1.0~1.5	1.1~1.6	1.2~1.7	概累計算値
引張強さ(乾) (kg/cm ²)	10.0~14.3	—	—	—	"
引張強さ(湿) (kg/cm ²)	7.6~11.5	—	—	—	
Tex 番手の等しい ガラスヤーン	150 ¹ / ₂	150 ⁴ / ₅ ~ ⁴ / ₆	150 ⁴ / ₆ ~ ⁴ / ₇	150 ⁴ / ₇ ~ ⁴ / ₈	現在するヤーンで最も 近似するもの
見掛の太さに等しい ガラスヤーン	150 ³ / ₃ ~ ⁴ / ₃	150 ⁴ / ₁₁	150 ⁴ / ₁₂	150 ⁴ / ₁₄	"
引張強さの等しい(乾) ガラスヤーン	150 ¹ / ₆ ~ ² / ₆	150 ⁴ / ₅ ~ ⁴ / ₈	150 ⁴ / ₆ ~ ⁴ / ₁₀	150 ⁴ / ₇ ~ ⁴ / ₁₀	"

また未加工ホースとアルミックス加工ホースについて破断強力を比較してみると特に強力の差は認められなかった。

ダブルジャケットホースの破断強力も強いといわれながらも $63\sim 66\text{kg/cm}^2$ でシングルジャケットホースに比し $3\sim 6\text{kg/cm}^2$ 強い程度である。これを内筒のみについてみると $42\sim 48\text{kg/cm}^2$ と破断強力は弱くなっている。また今回試作したガラスヤーン使用ホースの破断強力は使用糸、打込数により多少の相違はあるが、現有ホースに較べ機械的強度の弱いことが認められた。この試織ホースの破断箇所を調

べてみると殆どのものがホースジャケットの耳に当る部分であり、織る場合における技術的工夫が必要であると認められるので、A, B社製の機械に工夫してみると $34\sim 48\text{kg/cm}^2$ と格段の破断強力の上昇が認められた。

(2) ホースの伸びについて

第1図は各種ホースの水圧と伸び(長さ)の関係を示したものである。

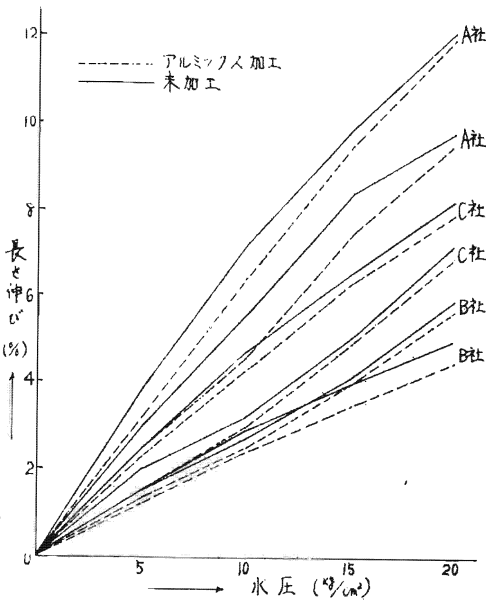
この図からもわかるようにアルミックス加工ホースの伸び率(長さ)は未加工ホースの伸び率よりも $0.1\sim 1\%$ 程度少なく、外径の伸び率についても 0.1

第4表 各種ホースの破断試験結果
(65mmゴム内張ホース短尺1.5mm)

ホースの種別			破断圧力 (kg/cm ²)	
			未加工	アルミックス加工
シングル	V T	A 社	58 ~ 63	58 ~ 63
		B 社	60 ~ 62	60 ~ 62
	C 社	58 ~ 62	62	
ダブル	C T	A 社	49 ~ 52	49
		C 社	50	50
ダブル	L T	B 社	43 ~ 45	45
ダブル	V T	B 社	63	
		C 社	66	
ダブル内筒のみ	V T	B 社	42 ~ 44	
		C 社	48	
綿, テトロン, ガラスヤーン	C 社	B 社	20 ~ 26	
			17 ~ 18	
亜麻, ガラスヤーン	B 社		20 ~ 25	
ビニロン, ガラスヤーン	B 社	A 社	34 ~ 35	
			38 ~ 48	

~0.6% 少ない。したがってアルミックス加工を施すことによって長さ、外径ともに伸び率が少なくなることが認められた。

第1図 水圧と伸び(長さ)の関係



2. 放射加熱試験

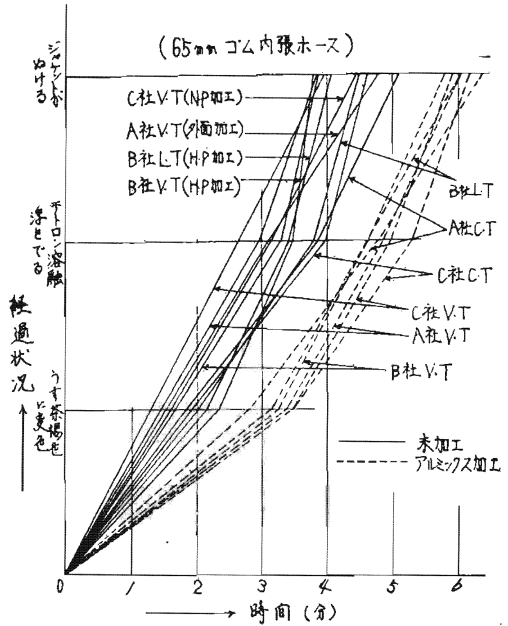
(1) ホースに通水しない場合の加熱試験について

この試験はホースから10cm×10cmの試験片をとり、これをスレート板に密着し表面から放射熱量0.2cal/cm²secで加熱し、試験片の状況を肉眼により観測し比較したものである。

イ) シングルジャケットホース

第2図はシングルジャケット未加工ブルミックス加工およびその他の外面加工を施したホースの放射加熱試験による変化状況を示したものである。

第2図 V, T, C, T, L, T シングルホース放射加熱試験 (通水しない)



この図をみてもわかるようにV T未加工ホースの場合は1分30秒頃から表面が变色しはじめる3分前後でテトロンが熔融して白く表面に浮き出てくることが認められた。さらに加熱を継続すると4分前後で完全にジャケットが焼けぬける。その他L T, C Tホースについても同様に時間的な差異はあっても表面変化状況は同傾向を示すことがわかった。また同一変化状況についてはアルミックス加工ホースと比較してみるとV T, L T, C Tホース共に時間的延びがみられ中でもV Tホースのアルミックス加工は耐熱の効果ははっきりと認められた。

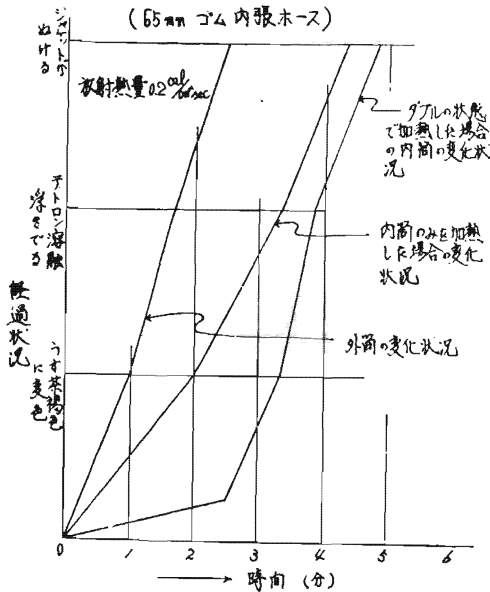
ロ) ダブルジャケットホース

第3図はV Tダブルジャケットホースをシングルジャケットホース同様に放射加熱した結果である。

この図からもわかるようにダブルジャケットホ

ースの外筒は熱的には非常に弱く放射加熱時間2分30秒で完全にホースジャケットが焼けぬけることが認められた、これをさらにダブルの状態で加

第3図 V. T ダブルジャケット放射加熱試験 (通水しない)



熱した場合には、外筒の分だけの時間的差は認められるが最終的には結局C T, L T シングル未加工ホースと同様にダブルジャケットホースにした場合の耐熱効果は余り認められない。

ハ) その他の外面加工ホースについて

ネオプレン (N. P), ハイパロン (H. P) などの外面加工ホースは未処理ホースよりも多少よといった程度で耐熱的な性能向上は認められなかった。またアルミナゾル, シリカゾル及び燐酸等を用い防炎処理を施したホースを作り耐熱性の向上を図ってみたが、それ程の効果が認められずかえってホースの可撓性を欠き取扱いにくくなりその上さらに熱変色が早く認められた。

(2) ホースに通水した場合の加熱試験について

この試験は長さ1.5mの短尺ホースに 10kg/cm^2 の一定水圧を加え、さらに $0.3 \sim 0.4 \text{cal/cm}^2 \text{sec}$ の放射熱量で加熱しホースが破断するまでの時間を測定比較したものである。

イ) 未加工ホースとアルミックスホースの比較

a V Tホース (シングル)

アルミックス加工ホースは未加工ホースに比して2分18秒〜3分33秒の経過時間の延びを示しており、アルミックス加工ホースは第4図か

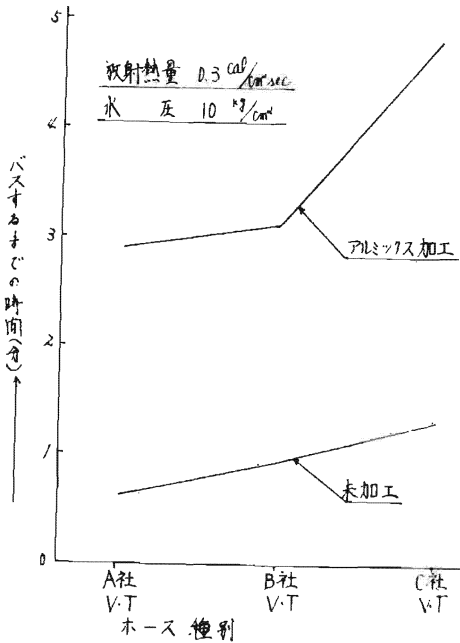
第5表 V. T, C. T, L. Tホース放射加熱試験 (通水した場合)

(65mm ゴム内張ホース)

ホース種別	水圧	放射熱	パスするまでの時間			
			未加工	アルミックス加工	N. P加工	
シン	A社	10kg/cm^2	$0.3 \text{cal/cm}^2 \text{sec}$	分 秒 38	分 秒 2' 56"	秒
	B社	"	"	57"	3' 09"	
	C社	"	"	1' 19"	4' 52"	59"
グ	A社	"	0.35 "	8' 00"	14' 53"	
	C社	"	"	30' 以上	30' 以上	
ル	L. T B社	"	"	30' 以上	30' 以上	
	A社	"	0.3 "	1' 12"	1' 00"	
	C社	"	"	4' 51"	4' 24"	
ダブル	L. T B社	"	"	1' 35"	3' 50"	
	V. T B社	"	0.3 "	10' 以上		
			0.35 "	2' 31"		
	C社	"	0.3 "	10' 以上		
0.35 "			2' 12"			

らもわかるように3.3~4.6倍の耐熱効果がみとめられた。

第4図 V.Tホースの耐熱性能
放射加熱試験(通水した場合)



b CT, LTホース(シングル)

CT, LTホースの場合は, VTホースに比較し耐熱的に格段の差がみられ放射熱量を $0.35 \text{ cal/cm}^2\text{sec}$ に上げてはじめて破断している。これらLT, CTホースに, さらにアルミックス加工を施すと1.9~2.5倍程度の耐熱性の向上が認められたものもあったが天然繊維の場合には, アルミックス等の外面加工は余り期待できなかった。

c ダブルジャケットホースおよびネオプレン(N.P)加工ホース

VTダブルジャケットホースとVTシングルジャケットホースを第5表から比較してみると数字的には相当の耐熱性があるように見受けられるが, 肉眼観測では破断寸前までできていることが認められる。したがってダブルジャケットホースにしても耐熱性の効果は余り認められない。また, VTホースにネオプレン外面加工を施しても未加工ホースと同程度の効果しかなく意味のないことも認められた。

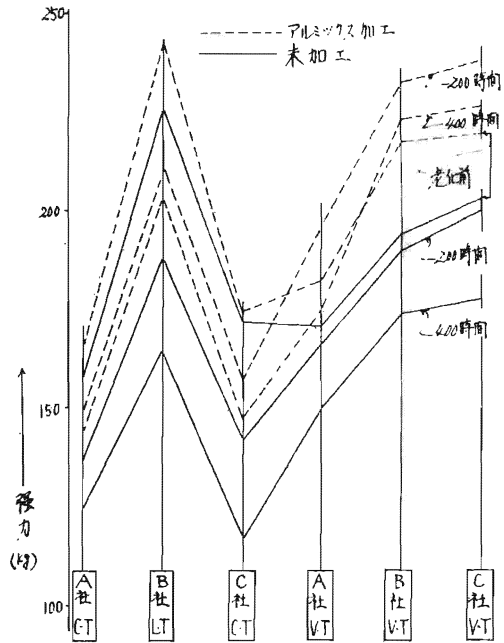
3. 老化および摩耗試験

(1) 老化試験について

第5図は各種ホースの引張強力を老化前と老化後

を比較してその差異を明らかにしたものである。

第5図 各種ホースの強力(老化試験別)



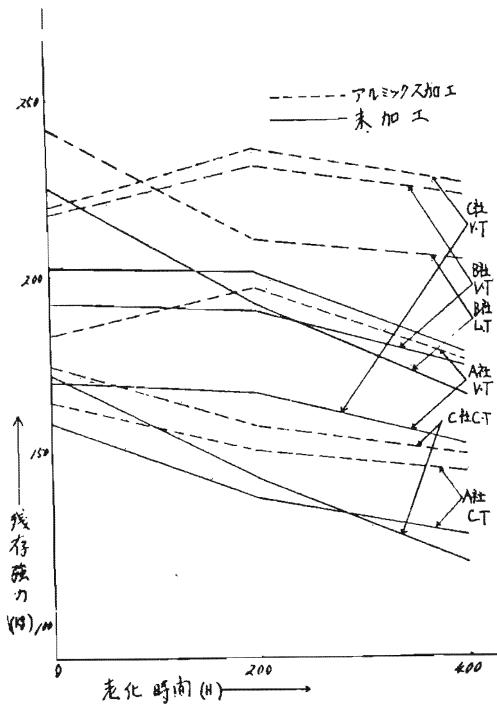
(イ) この図をみてもわかるようにアルミックス加工を施すことによって引張強力がやや増加するのが認められる。この強力増加率はA表に示した数値であるが, 試料によってはアルミックス加工にむらがあり, 強力のバラツキも見受けられるのでこの数値をうのみにすることは出来ないと思うがアルミックス加工を施すことによって強力が増加する傾向を示すと考えるのが妥当であろう。

A 表

種 別	未加工 ホース	アルミックス 加工ホース	
	引張強力 (kg)	引張強力 (kg)	増加率 (%)
A社 C T	158	164	+ 3.8
B社 L T	226	243	+ 7.5
C社 C T	172	174	+ 1.2
A社 V T	170	183	+ 7.6
B社 V T	193	218	+13.0
C社 V T	203	320	+ 8.4

(ロ) 第6図は老化により引張強力が低下する状況を示したものであり, その低下率を詳しくみるとB表のとおりである。

第6図 老化と強力の関係



B 表

種 別	未加工ホース		アルミックス加工	
	老化200H	老化400H	老化200H	老化400H
A社 CT	-14%	-21%	-8.5%	-13.0%
B社 LT	-15%	-27%	-13.0%	-16.0%
C社 CT	-18%	-32%	-9.8%	-15.0%
A社 VT	-2.4%	-12%	+	-1.3%
B社 VT	-1.6%	-10%	+	+
C社 VT	-1.0%	-13%	+	+

この表をみてもわかるように各ホースの引張強力の低下率は各社とも同じような傾向を示し老化時間の長さにしたがって強力も少しづつ低下している。

この傾向をさらにホース種別ごとにみみるとCTおよびLTホースは、200時間、400時間とはほぼ同率で強力が減少し、VTホースの場合は200時間でほとんど変わらず400時間になると少しづつ減少している。これを未加工ホースとアルミックス加工ホースを比較してみると、いずれの場合もアルミックス加工ホースが老化による強力の減少が少ないことが認められた。中でもVTホースの

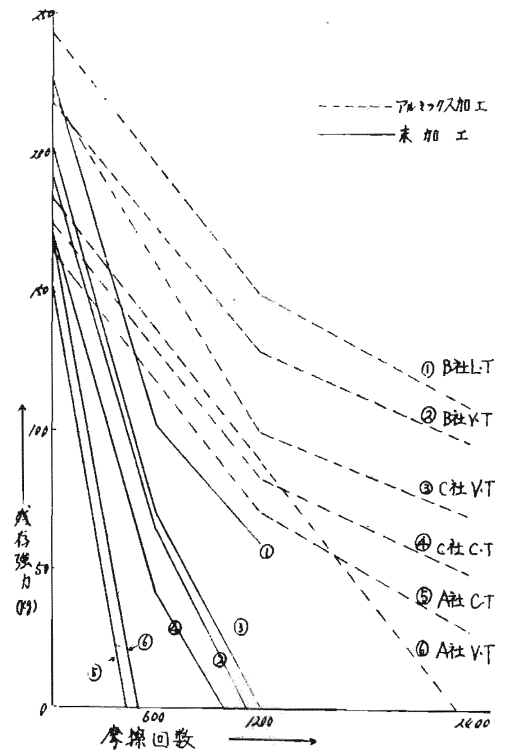
みがアルミックス加工を施すと老化200時間で強力がやや増加し400時間になって少し減少するという特異な傾向を示している。

(2) 老化と摩擦試験について

(イ) 第7図は試験項目に示した条件において摩擦のみをみた場合の試験結果である。この図からも明らかのように未加工ホースの場合、摩擦回数600回で残存強力の最高値が103kg(46%)まで低下し、1,200回以下では殆どのホースが切断している。従って摩擦によって強力、伸びともに著しく低下することがみとめられた。

アルミックス加工ホースの場合は摩擦回数1,200、2,400回ともほとんどホースは切断せず未加工ホースに比較して格段の強さを示し、結局、アルミックス加工ホースは未加工ホースに比し約2倍の耐摩擦性を有することが認められた。

第7図 摩擦と強力の関係



(ロ) 第8図は老化と摩擦を組合せてみた場合の試験結果である。この図からもわかるように未加工ホース、アルミックスホースともに老化後は摩擦による強力および伸びの減少は少なくなる傾向を示している。この点はアルミックス加工ホースの特長であろうと考えられるが、ホースが使用により自然に老化する場合には他の要素の影響を受けるので、実験データからだけで老化による耐摩

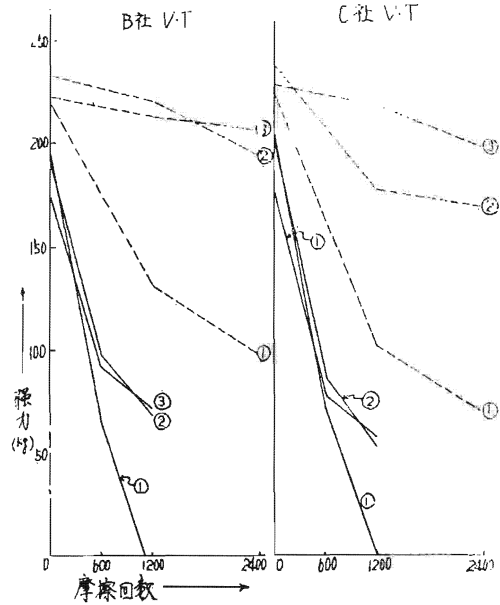
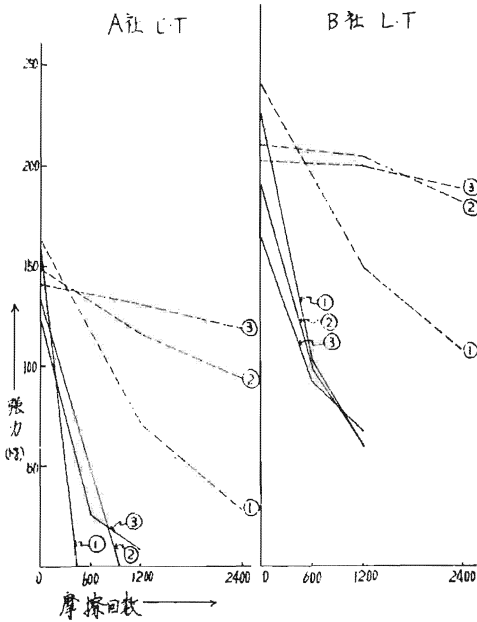
耗性が向上すると認めることが妥当でないと考えられる。

第8-3図

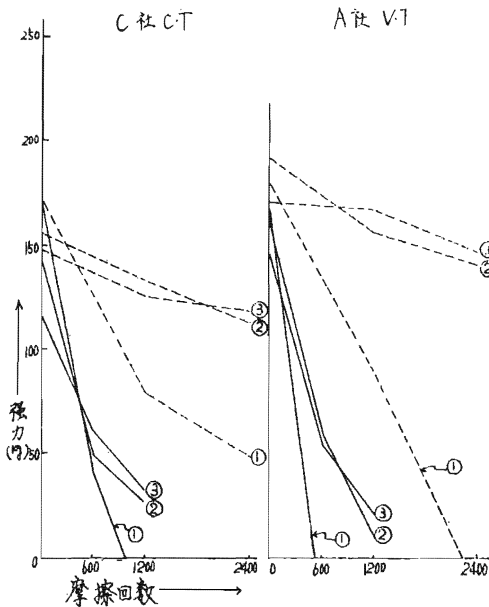
※-3図

第8-1図

老化—摩擦—強力の関係



第8-2図



(c) 視覚上の最終点(内張ゴムが露出する)までの摩擦試験

この試験はテーパ試験機にかけて内張ゴムが露出するまでの摩擦回数をみたのであるが時間や費用の関係で全試料について実施することはでき

ず次の三種について行なってみた。その結果はC表のとおりである。

この表からもわかるようにV T未加工ホース及びV Tネオブレン加工ホースの場合は径糸が切れはじめ緯糸が抜けだす時期は摩擦回数30,000回前後からである。また、アルミックス加工ホースの場合は96,000回頃からである。したがってアルミックス加工ホースは他の試料に較べ格段の相違があり耐摩耗性のよいことが認められた。

C 表

試料種別	内張ゴムが露出するまでの摩擦回数	摩耗量	備考
C社VTホース未加工	99,166回	2.9876gr	30,000回にて径糸が切れはじめ緯糸が部分的に抜けはじめる。
C社VTネオブレン加工ホース	64,407回	5.1855gr	同上
D社VTアルミックス加工ホース	139,000回	2.7483gr	96,000回にて径糸が切れはじめ緯糸が部分的に抜けはじめる

5. 実験の考察

各実験項目についてわかったことを総合して列挙してみると、つぎのとおりである。

1. 消防耐熱ホースの開発について

今回はガラスヤーンを用いた消防用ホースを試織し機械的強度及び耐熱効果を試験してみたのであるが製品として完成するには仲々むずかしい問題点が山積されていることがみうけられる。

例えば、径糸、緯糸ともにガラスヤーンを用いたホースを試織する場合等にはガラス繊維の短所ともいわれる折曲摩擦の比重が大となり製品として完成することが出来ない、しかし経糸に合成繊維及び天然繊維を用い緯糸のみにガラスヤーンを用いることによって消防用ホースを試織することができたが機械的強度については現有ホースに比較してみた場合、若干弱く今後の技術的工夫が必要である。

また、製品を放射加熱してみると乾燥時の場合は普通ホースとほとんど同様な耐熱効果しかなかったが通水時の場合になると格段の相違がみられ、ガラスヤーン使用ホースの耐熱効果ははっきりと認められる。

当該ホース試織に際し一部の意見として経糸に合成繊維使用は耐熱的に余り意味がないではないかという声もあったが、通水時の場合にはガラス繊維自体の熱伝導効果ははっきりとみられるので今後織る場合の技術的工夫やガラス繊維の組合せの研究が必要であると思われる。

2. 外面加工ホースの耐熱性について

乾燥時における放射加熱実験では未加工ホース、外面加工ホースともに天然繊維を用いたホースが化織に較べ耐熱性に優れていることがはっきりと立証されたが、アルミナゾル、シリカゾル及び隣酸等の防炎処理による効果は、それ程認められずかえってこれらの防炎処理を施すことによってホースの可撓性を欠き、その上熱変色が早くみられる。

なお、今回の試験にはアルミナゾル及びシリカゾルの混合比を1.0~4.0%に限定したので今後さらにこれらの混合割合の研究も必要であると思う。

3. 外面加工ホースの老化と耐摩性について

外面加工ホースを全般的にみた場合、アルミックス加工ホースは他の加工ホースに較べ摩擦に対し強い傾向にあることがみられる。特にVTホースの場合にはアルミックス加工を施すことによって老化200時間で強力がやや増加し老化400時間になって少し減少するという特異な曲線を示しこれらの原因についても今後の研究課題である。また、摩耗試験の判定比較として

は、①重量減少法、②体積減少法、③強力減少法、④視覚上の最終点による法、などが考えられるのでこれらのことを考慮して総合的に判定しなければならないものと思われる。今回の視覚上の最終点（内張ゴムが露出したとき）までの実験でも、ネオプレン外面加工ホースは未加工ホースよりも耐摩性がよいといわれながらも、前者は後者よりも約3,000回も早くゴム面が露出している。このことはホース外面加工というよりはホースが内面まで化学変化を生じ堅くなるためではないかと思う。さらに未加工ホースをみると30,000回程度の摩擦で経糸が切れはじめ、それ以後は毛羽立ちが多くなり内張ゴムが露出するまでは仲々摩耗しにくくなっているためではないかとも考えられる。また、アルミックス加工になると139,000回と他の試料に比し格段の相違で耐摩耗性の優れていることがみられるがこれのみを以って判定することは困難であると思料される。

なお、今回併せて実験したダブルジャケットホースについての実験結果では、耐摩耗性、柔軟性、破断強力、ねじれ等において若干の優れは認められたが総合して耐熱性、破断強力、価格等を検討してみた場合、ダブルジャケットホースがシングルホースに比し優れているとは認められない。

6. むすび

以上が今回実施した各種試験の結果と考察であるが、これをさらに前回の実験等と併せ検討してみると結論的にはアルミックス外面加工ホースの場合外面加工による耐熱効果が顕著に現われている。しかし今回使用した外面加工ホースの中には、コーティング技術に多少のむらもあって放射加熱の場合等においてはその真価を発揮し得ないものも見受けられたので今後の消防用耐熱、耐摩耗ホースの開発に当っては、さらに材質及びコーティング技術に研究を加えて尚一層優れたものになりたいと思う次第である。

終りに、この実験のホース試織に当り積極的に御協力下さった桜ゴム株式会社、帝國繊維株式会社、芦森工業株式会社、さらに試料提供下さった旭ファイバークラス株式会社に対し深甚なる謝意を表する次第である。