

各種エナメル線の伸張による特性変化

Effect of Elongation on Properties of Enamelled Wire

古賀 正臣* 中里 繁* 矢田 孝*
Masaomi Koga Shigeru Nakazato Takashi Yada

内 容 梗 概

ホルマール線、ヒタウレタン線、ヒタエステル線について最大12%まで伸張したとき、それらの諸特性が無伸張のものと比較して、どの程度低下するかを検討した結果、今回の試験範囲では、伸張による影響は耐熱衝撃性、耐摩耗性、耐薬品性、耐溶剤性などでは割合顕著である。しかし絶縁破壊電圧、ねん回ハク離数、熱軟化、熱劣化などでは低下率も少なかった。なお総合的にみてホルマール線が伸張による特性の変化が少なく、次にヒタエステル線、ヒタウレタン線の順であるが、いずれにしても各エナメル線とも10%程度の伸張では実用上問題ないと考えられる。

1. 緒 言

従来エナメル線類の性能については、ほとんど無伸張時の検討結果で論じられてきたが、電気機器に組込まれた状態では、エナメル線は多少の伸びを受けており、この状態での特性をはあくしておくことは重要である。

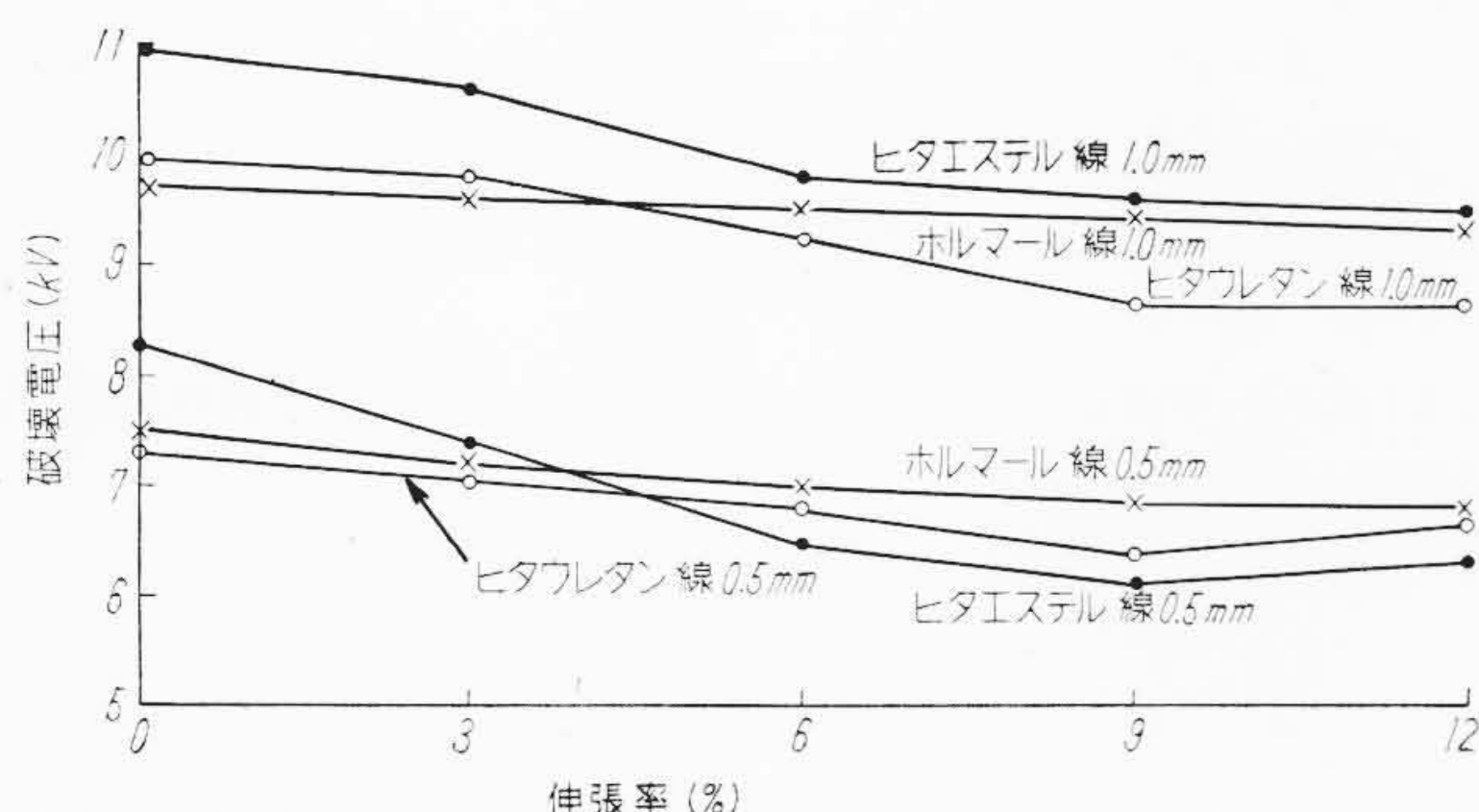
特に最近のように電工作業の機械化が盛んになり、エナメル線に過酷な張力をかける機会が多くなると、必然的に線の受ける伸びも大となり、エナメル皮膜の絶縁特性に影響があらわれてくるものと想像される。

しかし、これまでエナメル線の伸びによる特性変化については、間瀬氏が油性エナメル線、ホルマール線のねん回ハク離数⁽¹⁾について、D. C. Westervelt 氏らがホルマール線の熱劣化特性⁽²⁾について報告している以外、性能全般にわたって検討した報告はない。

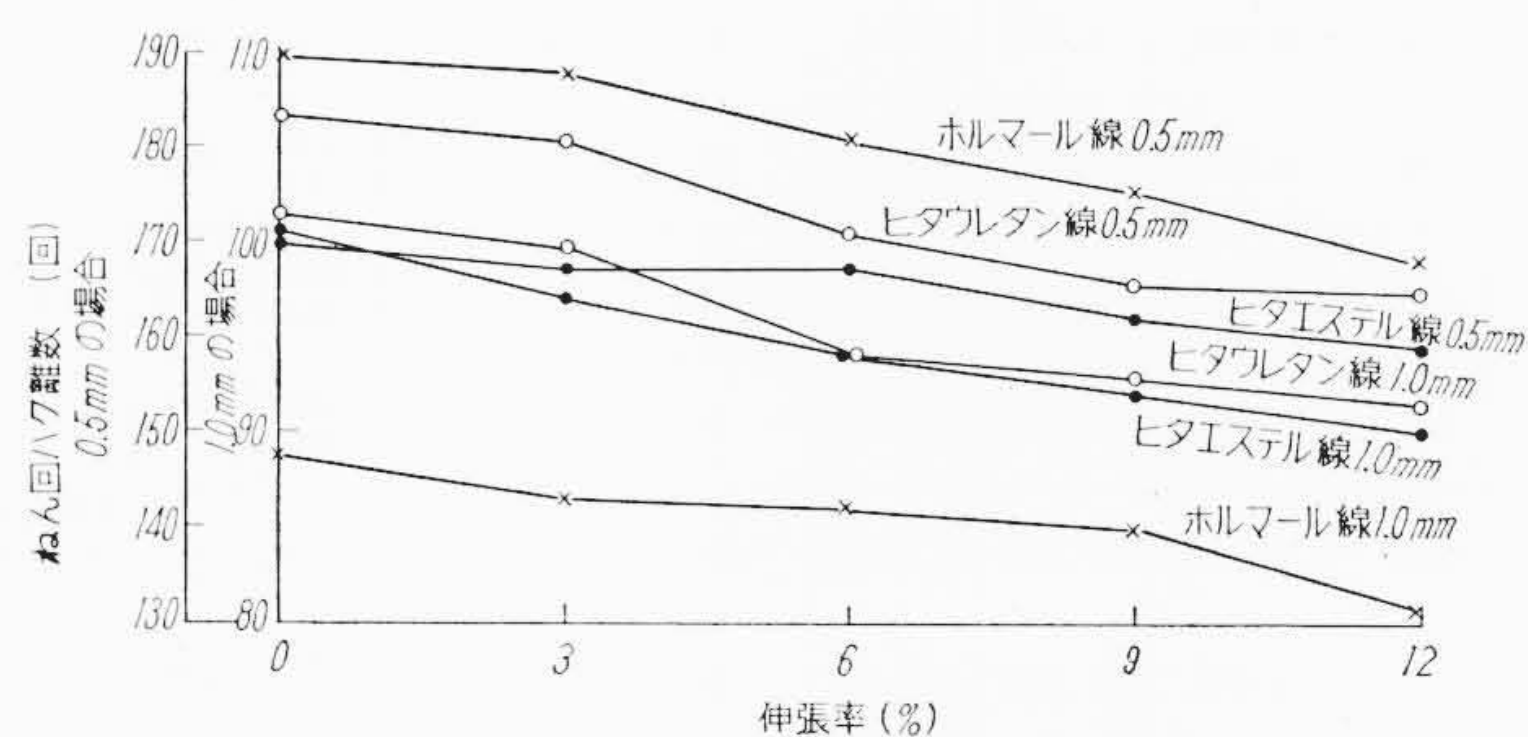
筆者らは、現在多量に使用されている代表的なエナメル線として、ホルマール線、ヒタウレタン線、ヒタエステル線を選び実用上起りうる伸張度を最大12%程度と考え、伸張度 0, 3, 6, 9, 12% のものについて特性変化と性能比較を試みた。

2. 試料および試験方法

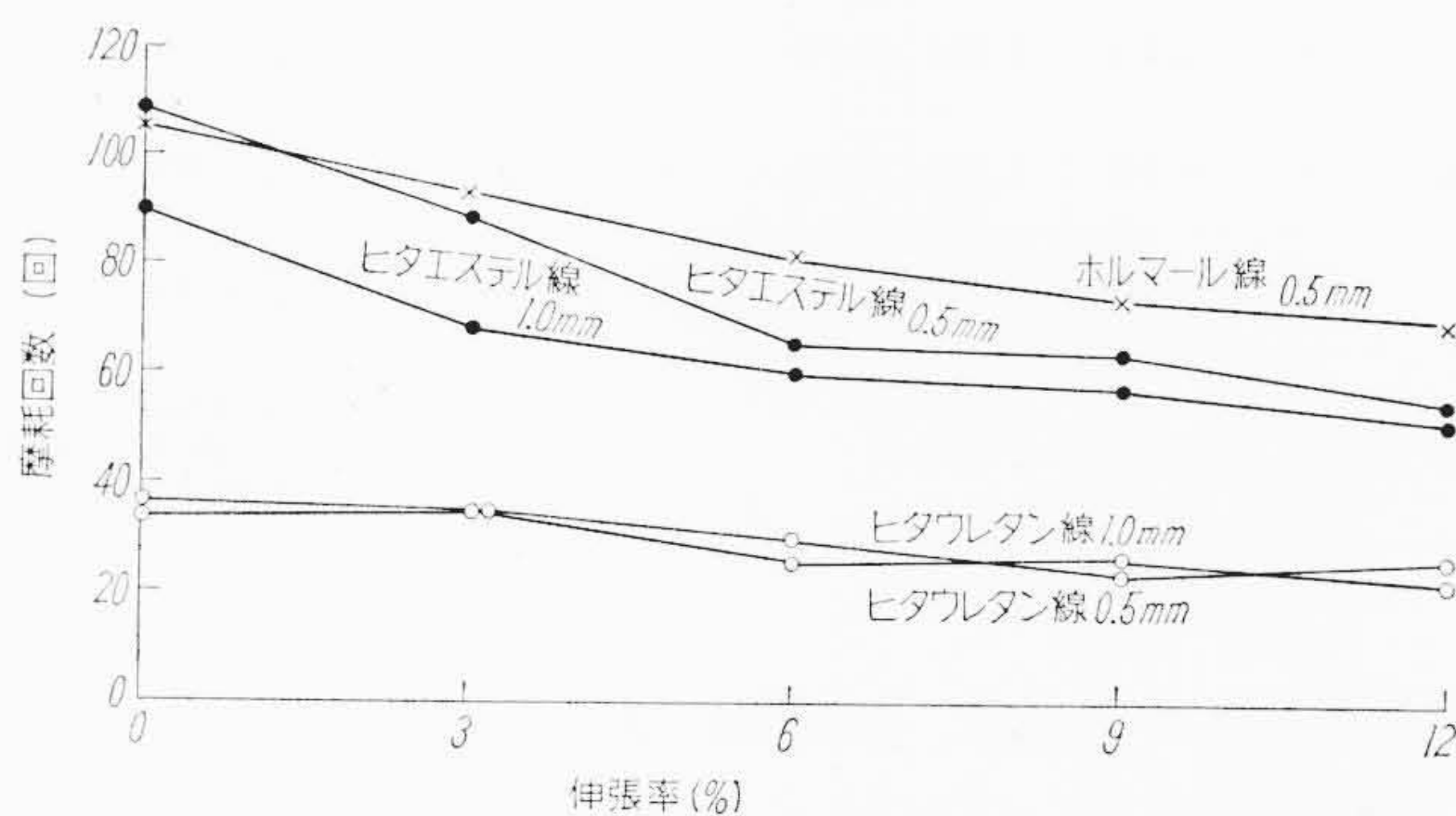
試料として導体径 1.0 mm および 0.5 mm で1種相当皮膜厚のホルマール線、ヒタウレタン線、ヒタエステル線を各 3, 6, 9, 12% 伸張し、各試料について JISC-3203 に準じた一般性能試験を行い、さらに代表的伸張度のものについて、耐熱軟化性、巻付特性、耐熱衝撃性⁽³⁾、耐溶剤、耐薬品性、ならびに皮膜厚減少、絶縁破壊電圧の低下、ねん回ハク離数の低下よりみた耐熱劣化性について検討した。



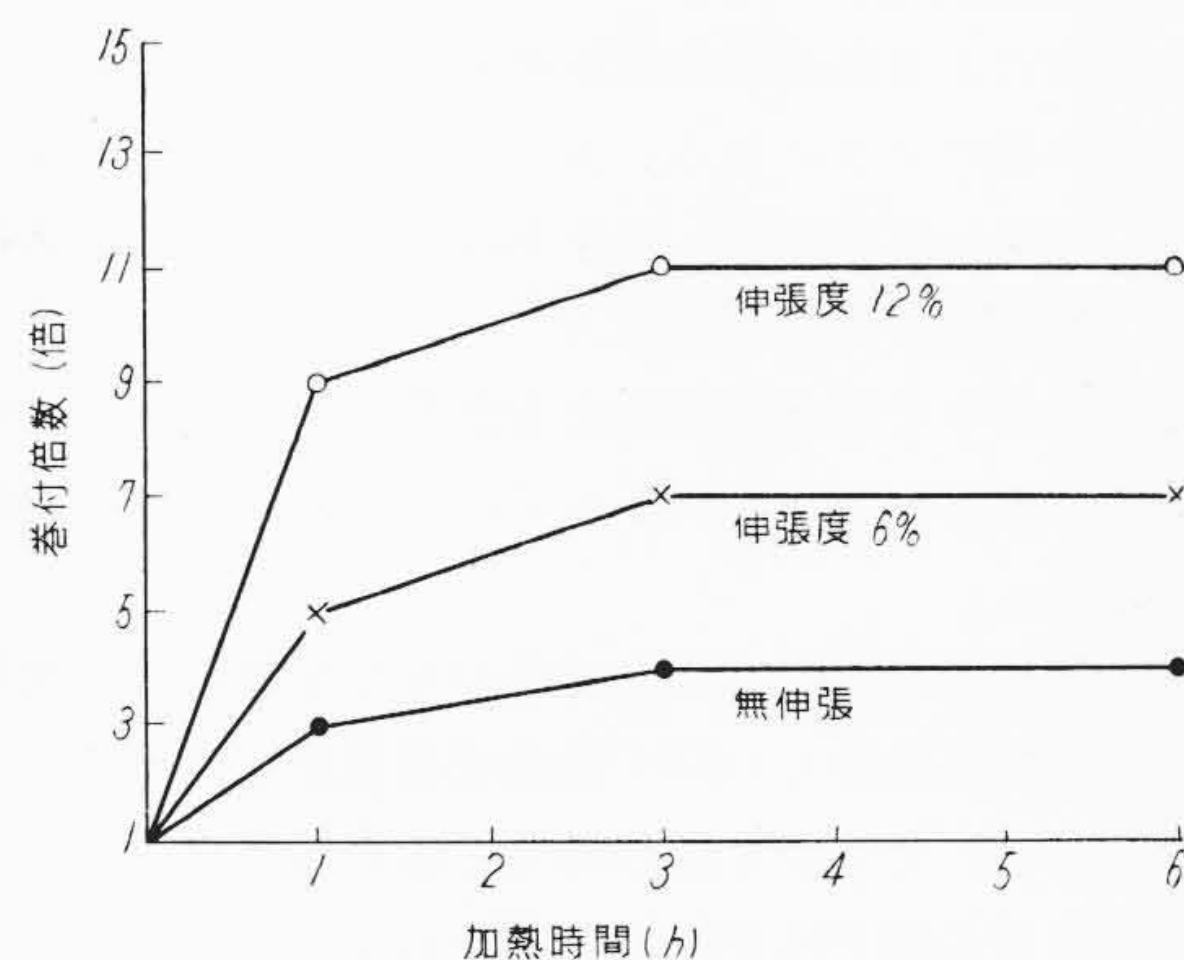
第1図 各種エナメル線の伸張後の破壊電圧 (より合せ法)



第2図 各種エナメル線の伸張後のねん回ハク離数



第3図 各種エナメル線の伸張後の摩耗回数



第4図 耐熱衝撃性 (130°C)

3. 試験結果

(1) 一般性能

導体径 1.0 mm の場合を第1表、導体径 0.5 mm の場合を第2表に示す。一般性能試験結果で伸張の影響が認められるのは、絶縁破

* 日立電線株式会社電線工場

第1表 各種エナメル線の伸張後の一般特性（導体径 1.0 mm）

線種	伸張率 (%)	寸 法 (mm)			ピン ホール (個/5m)	巻付試験	破壊電圧(V)		耐劣化性	ねん回試験 (回)		耐熱軟化性	耐 薬 品 性				耐油性	摩 耗 試 験 (回)		
		導 体 径	仕上外径	皮膜厚			平均値	σ		平均値	σ		C ₆ H ₆ (90%以上)	H ₂ SO ₄ (SG 1.2)	NaOH (SG 1.1)	平 均 値		σ		
ヒ タ エ ス テ ル 線	規格	1.0±0.03	≤1.102	0.025≤	≤5	自己径 0/3	1,500≤	—	200℃6h 加熱後 4倍径0/3	65≤	—	200℃で6h 加熱し短絡 しないこと	つめで1回こすり導体 があらわれるほど皮膜 がはがれないこと				—	左に同じ	—	—
	0	1.002	1.083	0.041	0	0/3	10,970 (1,340)	642	0/3	100.4	1.1	良	良	良	—	良	91.5 (75)	13.5		
	3	0.988	1.069	0.041	0	0/3	10,610 (1,290)	671	0/3	97.0	1.9	良	良	良	—	良	67.7 (50)	14.2		
	6	0.975	1.054	0.040	0	0/3	9,800 (1,230)	730	0/3	94.0	3.0	良	良	良	—	良	59.3 (46)	10.6		
	9	0.964	1.041	0.039	0	0/3	9,630 (1,240)	710	0/3	91.9	2.4	良	良	良	—	良	56.8 (47)	10.3		
	12	0.949	1.026	0.039	0	0/3	9,510 (1,230)	330	0/3	90.0	2.1	良	良	良	—	良	50.8 (46)	4.7		
ヒ タ ウ レ タ ン 線	規格	1.0±0.03	≤1.102	0.025≤	≤5	自己径 0/3	1,200≤	—	170℃6h 加熱後 4倍径0/3	60≤	—	160℃で6h 加熱し短絡 しないこと	つめで1回こすり導体があらわ れるほど皮膜がはがれないこと				同 左	—	—	
	0	0.997	1.084	0.044	0	0/3	9,990 (1,130)	776	0/3	101.3	1.7	良	良	良	良	良	34.2 (31)	2.7		
	3	0.983	1.070	0.044	0	0/3	9,830 (1,120)	951	0/3	99.5	0.9	良	良	良	良	良	34.3 (28)	4.9		
	6	0.970	1.056	0.043	0	0/3	9,050 (1,050)	750	0/3	93.9	0.8	良	良	良	良	良	29.2 (25)	4.5		
	9	0.958	1.041	0.042	0	0/3	8,600 (1,020)	962	0/3	92.9	1.5	良	良	良	良	良	23.5 (18)	4.0		
	12	0.945	1.027	0.041	0	0/3	8,690 (1,060)	801	0/3	91.6	2.2	良	良	良	良	良	25.2 (21)	3.2		
ホ ル マ ー ル 線	規格	1.0±0.03	≤1.102	0.025≤	≤5	自己径 0/3	1,200≤	—	150℃6h 加熱後 4倍径0/3	100≤	—	135℃で6h 加熱し短絡 しないこと	つめで1回こすり導体があらわ れるほど皮膜がはがれないこと				同 左	平均30≤ 最小15≤	—	
	0	1.000	1.082	0.041	0	0/3	9,780 (1,190)	827	0/3	88.5	2.4	良	良	良	良	良	151.8 (110)	27.4		
	3	0.985	1.064	0.040	0	0/3	9,600 (1,200)	799	0/3	86.3	2.4	良	良	良	良	良	136.3 (107)	14.2		
	6	0.974	1.054	0.040	0	0/3	9,480 (1,190)	1,180	0/3	86.1	1.6	良	良	良	良	良	144.5 (107)	37.5		
	9	0.962	1.040	0.039	0	0/3	9,460 (1,210)	816	0/3	85.1	1.4	良	良	良	良	良	134.8 (101)	34.2		
	12	0.947	1.025	0.039	0	0/3	9,350 (1,200)	1,090	0/3	81.0	3.1	良	良	良	良	良	135.2 (121)	16.0		
備 考		5回測定の平均値					肉眼判定		より合せ法10回 測定()内は V/0.01mm	肉眼判定		200 mmつま み間隔 60回/ 分でねん回し た。7回測定	JIS法によ る。 荷重 0.7kg		常 温 24 時 間 浸 漬			120℃ 24時間 浸 漬	NEMA 式試験器 () 内最小値線	

壊電圧，ねん回ハク離数，耐摩耗性であり，寸法はもちろん，伸びに比例して小さくなっている。

以下伸張の影響が認められる諸特性について考察する。

(a) 絶縁破壊電圧

より合せ法による絶縁破壊電圧の変化を第1表をもとにして図示すると第1図のようになる。図より明らかなように伸びが大きくなるにしたがって低下し，低下率は線種により若干異なるが伸張率12%で約10%程度である。

単位皮膜厚当りの絶縁破壊電圧を計算すると，ヒタエステル線ヒタウレタン線はわずかに低下しているが，ホルマル線はほとんど差がない。

第3表は無伸張のものと12%伸張のものを銀粉法（試料を銀粉中に入れ，導体と銀粉との間で絶縁破壊電圧を測定する）で測定した値であるが，より合せ法の場合と似た傾向を示している。結局絶縁破壊電圧の低下は皮膜厚の減少によるものと考えてよい。

(b) ねん回ハク離数

ねん回ハク離数の伸張による変化を第2図に示す。伸張によるねん回ハク離数の変化については油性エナメル線，ホルマル線について間瀬氏が詳細に検討しホルマル線の場合，伸張率が10%程度まではねん回ハク離数の低下率が伸張率に比例することを述べているが⁽¹⁾，ヒタエステル線，ヒタウレタン線についても大体似た低下率を示し，伸張率12%で約10%程度の低下を示して

いる。

(c) 耐摩耗性

伸張による摩耗回数の低下を第3図に示す。耐摩耗性も伸張することにより低下し，その低下度合は破壊電圧やねん回ハク離数に比べて大きく，ヒタエステル線，ヒタウレタン線は40～50%，ホルマル線は30～40%低下している。

皮膜厚と摩耗回数との関係については報告⁽⁵⁾もあり，同一導体径なら大体次式であらわされ，ホルマル線の場合αが1.5～2程度と考えると差つかえない。

$$A = \kappa t^{\alpha} \dots\dots\dots (1)$$

ただし A：摩耗回数

κ：常 数

t：皮 膜 厚

(1)式から皮膜厚 t が Δt だけ変化したとき，摩耗回数の変化 ΔA は $\Delta A = \kappa \cdot \alpha \cdot t^{\alpha-1} \cdot \Delta t$

したがって摩耗回数の低下率

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\alpha}{t} \cdot \Delta t \times 100(\%) \dots\dots\dots (2)$$

となる。導体径 1.0 mm の場合 t は約 0.04 mm，Δt は12%伸張しても約 0.003mmであり，これらの数値を代入すると

$$\frac{\Delta A}{A} = 7.52 (\%) \dots\dots\dots (3)$$

第2表 各種エナメル線の伸張後の一般特性 (導体径 0.5 mm)

線種	伸張率 (%)	寸 法 (mm)			ピン ホール (個/5m)	巻付試験	破壊電圧(V)		耐劣化性	ねん回試験 (回)		耐軟化性	耐薬品性			耐油性 (変圧器油)	摩耗試験(回)		伸張(%) (切断の 伸び)	
		導 体 径	仕上外径	皮膜厚			平均値	σ		平均値	σ		ベンゾール (90%以上)	硫 酸 (比重 1.2)	苛性ソーダ (比重 1.1)		平均値	σ		
ヒ タ エ ス テ ル 線	規格	0.5±0.01	≤0.560	0.017≤	≤5	自己径 0/3	1,200≤		200℃で6h 加熱後 3倍径0/3	135≤		200℃で6h 加熱して短絡 しないこと	つめで1回こすり導体 があらわれるほど皮膜 がはがれないこと			—	左に同じ	—	—	—
	0	0.497	0.552	0.028	0	0/3	8,230 (1,470)	629	0/3	169.7	1.3	良	良	良	—	良	108.0 (58)	38.0	36.2	
	3	0.490	0.544	0.027	0	0/3	7,390 (1,370)	464	0/3	167.1	4.6	良	良	良	—	良	87.8 (61)	23.5	32.4	
	6	0.484	0.536	0.026	0	0/3	6,510 (1,250)	474	0/3	166.9	8.6	良	良	良	—	良	64.3 (44)	16.5	28.7	
	9	0.478	0.529	0.026	0	0/3	6,210 (1,200)	413	0/3	162.1	4.5	良	良	良	—	良	63.3 (43)	15.4	24.2	
	12	0.471	0.522	0.026	0	0/3	6,420 (1,230)	529	0/3	158.3	6.0	良	良	良	—	良	53.2 (31)	16.4	20.6	
ヒ タ ウ レ タ ン 線	規格	0.5±0.01	≤0.560	0.017≤	≤5	自己径 0/3	1,000≤		170℃で6h 加熱後 3倍径0/3	120≤		160℃で6h 加熱して短絡 しないこと	つめで1回こすり、導体があらわ れるほど皮膜がはがれないこと			左に同じ	—	—	—	
	0	0.500	0.552	0.026	0	0/3	7,300 (1,400)	901	0/3	182.6	4.0	良	良	良	良	良	34.7 (22)	10.2	38.6	
	3	0.494	0.545	0.026	0	0/3	7,080 (1,360)	558	0/3	180.1	4.2	良	良	良	良	良	34.2 (22)	8.5	34.1	
	6	0.484	0.537	0.025	0	0/3	6,900 (1,380)	479	0/3	170.6	9.4	良	良	良	良	良	25.3 (17)	6.0	30.1	
	9	0.481	0.529	0.024	0	0/3	6,470 (1,350)	431	0/3	165.4	5.4	良	良	良	良	良	24.2 (15)	5.2	27.7	
	12	0.475	0.523	0.024	1	0/3	6,780 (1,410)	624	0/3	164.6	4.2	良	良	良	良	良	20.7 (14)	3.8	22.7	
ホ ル マ ー ル 線	規格	0.5±0.01	≤0.560	0.017≤	≤5	自己径 0/3	1,000≤		150℃で6h 加熱後 3倍径0/3	200≤		135℃で6h 加熱して短絡 しないこと	つめで1回こすり導体 があらわれるほど皮膜 がはがれないこと			左に同じ	平均30≤ 最少15≤	—	—	
	0	0.499	0.549	0.025	0	0/3	7,500 (1,500)	331	0/3	189.1	5.3	良	良	良	良	良	106.3 (48)	40.2	34.8	
	3	0.492	0.541	0.025	0	0/3	7,260 (1,450)	678	0/3	187.7	6.5	良	良	良	良	良	92.2 (38)	37.6	31.4	
	6	0.487	0.534	0.024	0	0/3	7,030 (1,470)	375	0/3	180.6	10.9	良	良	良	良	良	80.3 (40)	25.4	28.3	
	9	0.480	0.527	0.024	0	0/3	6,910 (1,440)	708	0/3	175.4	8.9	良	良	良	良	良	73.5 (35)	24.8	24.4	
	12	0.472	0.520	0.024	0	0/3	6,920 (1,440)	682	0/3	168.6	1.4	良	良	良	良	良	69.3 (38)	23.6	21.2	
備 考	5回測定の実値					肉眼判定	より合せ法 10回測定 ()内は V/0.01mm		肉眼判定	lx=200mm で60回/分 でねん回し 皮膜がリボ ン状にハク 離したとき の回数に示 す 7回測定		JIS 法による 荷重…0.5kg		常温の薬品に24時間浸漬			120℃に 24 時 間 浸 漬	NEMA 式下 動摩耗試験機 使用()内最 小値		5回測定

第3表 各種エナメル線の破壊電圧 (銀粉法)

線 種	伸張率 (%)	破 壊 電 圧 (V)			
		1.0 mm		0.5 mm	
		平 均	V/0.01 mm	平 均	V/0.01mm
ヒタエステル線	0	4,230	1,030	2,930	1,050
	12	3,680	950	2,690	1,030
ヒタウレタン線	0	4,120	940	3,060	1,180
	12	3,740	910	2,370	990
ホルマール線	0	4,630	1,130	2,830	1,130
	12	4,150	1,070	2,750	1,150

測定試料各5本

第4表 各種エナメル線の高温荷重下の破壊電圧(V)
(導体径 0.5 mm の場合)

線種	ヒタエステル線 (180℃)		ヒタウレタン線 (160℃)		ホルマール線 (135℃)	
破 壊 電 圧						
伸 張 率	0%	12%	0%	12%	0%	12%
平 均	5,080	4,770	5,130	4,230	6,680	5,600
σ	510	248	506	580	499	699

荷 重 20 kg

となる。最低 30% の摩耗回数の低下を考えると α は 4 程度となり、従来の経験とかなり相違する。

皮膜厚の減少以外に伸張による銅自体の硬度の増加が影響する
のか、皮膜の本質に変化があるためか、いまのところ明らかでない。

(d) 耐熱軟化性

第 1, 2 表で JIS 法 (1 点荷重の方法) での検討結果では差が認め
られないので 4 点荷重法 (2 本の試料を  形に重ね合せる
方法) で高温中に 6 時間放置後の破壊電圧を測定した。

試料自体に耐熱度の相違があるのでヒタエステル線は 180℃、ヒ
タウレタン線は 160℃、ホルマール線は 135℃ とした。第 4 表に
導体径が 0.5 mm の場合の試験結果を示す。表より伸びによる影
響が認められるが、絶縁破壊電圧の場合と同様に皮膜厚の減少に
よるものと考えてよい。

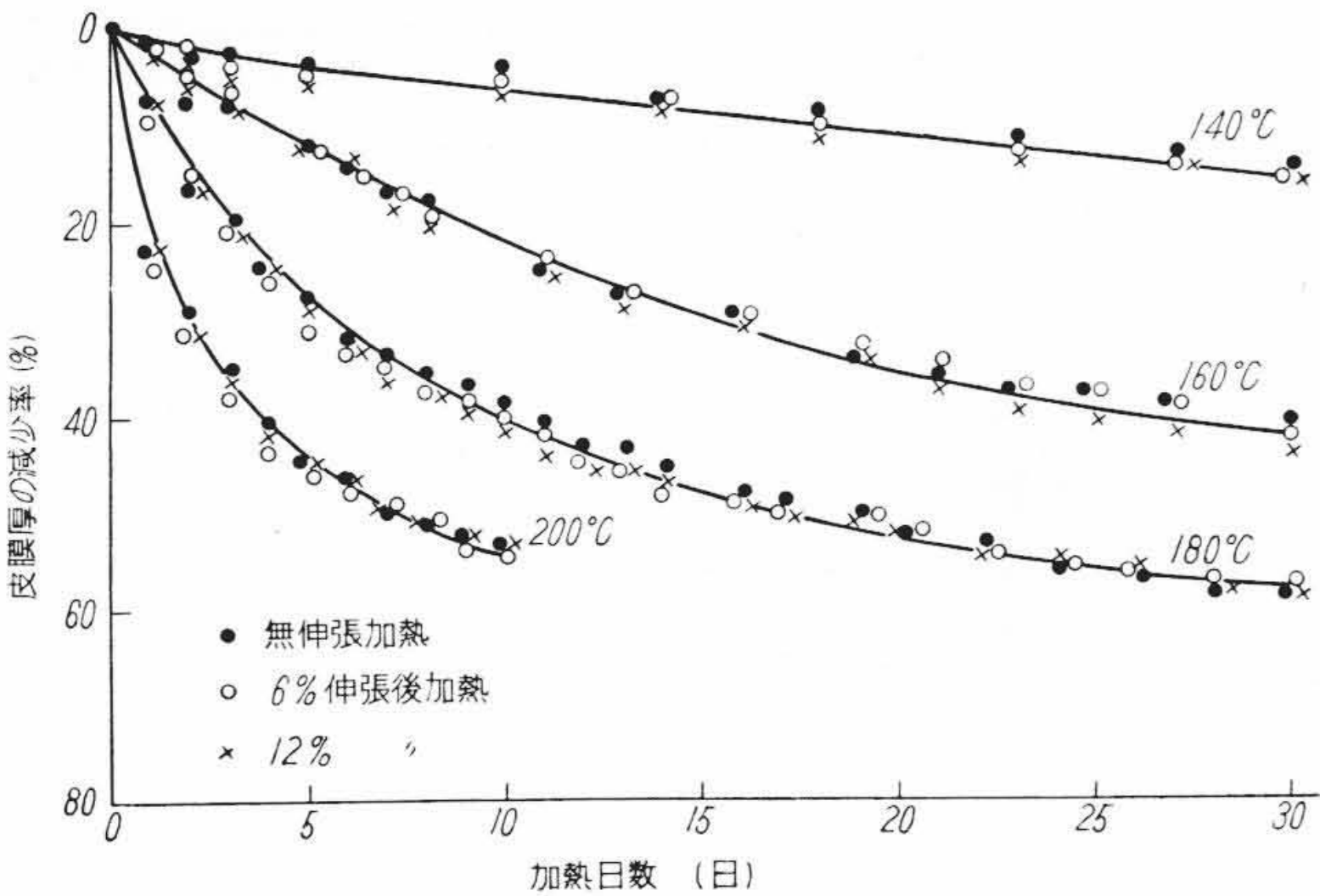
(2) 巻付特性

伸張後の試料を常態および 160, 180, 200, 220℃ で 6 時間加熱した
のち常温にもどし、導体径の 1, 2, 3, 4, 5 倍径に 10 回巻付けたコイル
5 個ずつを作り、皮膜の状況を肉眼およびピンホール試験により調
べた結果を第 5 表に示す。

常態ではき裂を発生するものではなく、また、ピンホールを発生す

第 5 表 各種エナメル線の巻付け試験結果（常態および加熱後巻付け）

線種		サイズ 伸張率 巻付け 条件 倍率 数 (%)	導 体 径 1.0 mm															導 体 径 0.5 mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
			加 熱 後 巻 付 け (6h 加熱)															加 熱 後 巻 付 け (6h 加熱)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
			常態巻付け			PEW...180℃ UEW,PVF...160℃												PEW...200℃ UEW,PVF...180℃					PEW...220℃ UEW,PVF...200℃					常態巻付け			PEW...180℃ UEW,PVF...160℃												PEW...200℃ UEW, PVF...180℃					PEW...220℃ UEW, PVF...200℃																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
			自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	4 倍	5 倍	自己 径	2 倍	3 倍	4 倍	5 倍	自己 径	2 倍	3 倍	4 倍	5 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍	3 倍	自己 径	2 倍



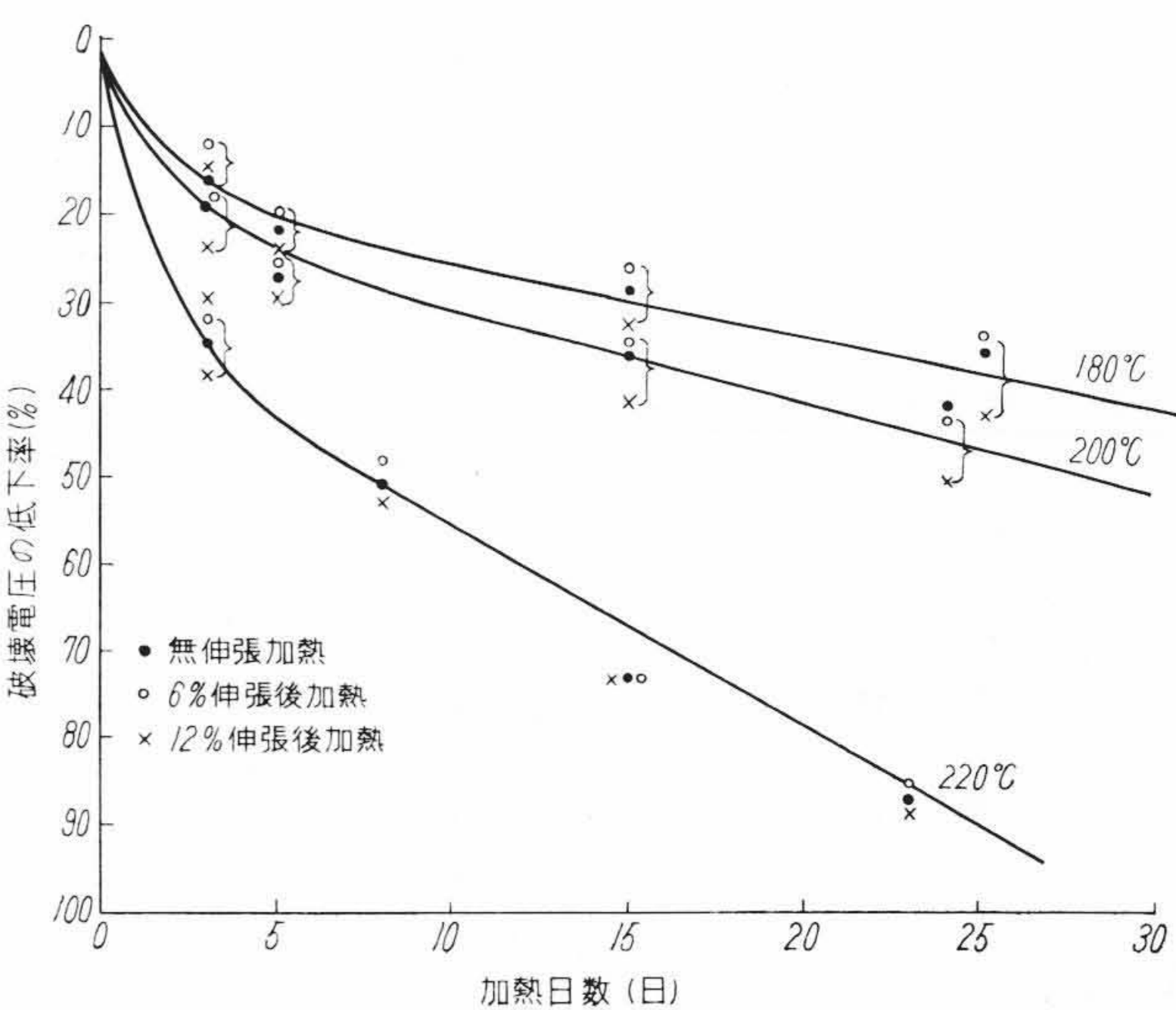
第 5 図 オルマール線の加熱による皮膜厚みの変化

るのはヒタエステル線，ヒタウレタン線を12%伸張したものくらいではかはほとんど影響がみられない。加熱すると伸張した影響が顕著になり，肉眼で見えるき裂が発生する。加熱温度および線種によって多少の相違はあるが大体無伸張のときと12%伸張のときで約2倍径くらいの相違があるものと考えてよい。

(3) 耐熱衝撃性

各種エナメル線の熱衝撃性については先に詳細に報告したので，ここでは伸びによる影響を代表例について述べるにとどめる。

第 4 図は導体径 1.0mm のヒタウレタン線について，0，6，12%伸張後各倍径に10回巻付けたコイル 5 個ずつを 130°C に調整した恒温槽で一定時間加熱したときの熱衝撃によるき裂発生状況を調べた結



第 6 図 ヒタエステル線 (1.0 mm) の加熱による破壊電圧の変化

果である。図は肉眼で見えるき裂を発生しない最小巻付倍径を示す。

エナメル線を巻付けた場合，表面皮膜の受ける伸びは次式で示される。

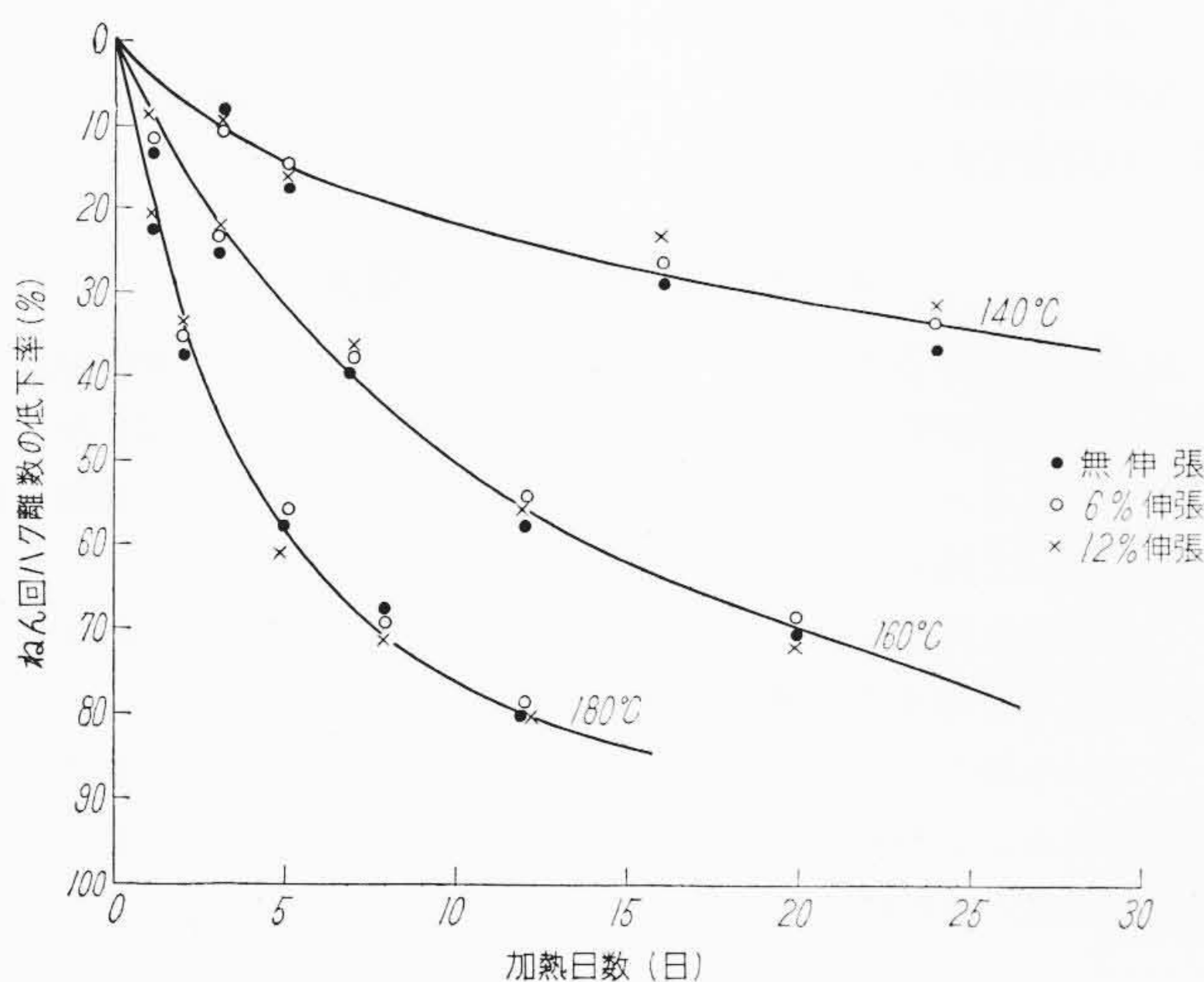
$$\text{伸張率 } E = \frac{100}{1 + \alpha} (\%) \dots\dots\dots (4)$$

ただし α は巻付倍数

第6表 各種エナメル線の耐薬品耐溶剤性 (1.0mm 線伸張後浸漬)

線種	伸張率 (%)	浸漬時間 (h)	溶 剤		硫 酸 (比重 1.2)		苛性ソーダ (比重 1.1)		メタノール		トルオール		ベンゼン		ナ フ サ		ベンゼン (5) ブタノール (5)		ベンゼン (5) ナ フ サ (5)		トルオール (3) エタノール (7)	
			外観		つめ 鉛筆 硬度		外観		つめ 鉛筆 硬度		外観		つめ 鉛筆 硬度		外観		つめ 鉛筆 硬度		外観		つめ 鉛筆 硬度	
			外観	つめ	鉛筆 硬度	鉛筆 硬度	外観	つめ	鉛筆 硬度	鉛筆 硬度	外観	つめ	鉛筆 硬度	鉛筆 硬度	外観	つめ	鉛筆 硬度	鉛筆 硬度	外観	つめ	鉛筆 硬度	鉛筆 硬度
ヒ タ エ ス テ ル 線	0	6	良	◎	5 H	◎	良	◎	6 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	4 H	◎	良	◎	4 H	◎
		24	良	◎	5 H	◎	良	◎	3 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	4 H	◎	良	◎	4 H	◎
		120	良	◎	5 H	◎	良	◎	3 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	4 H	◎	良	◎	4 H	◎
		240	良	◎	4 H	◎	良	◎	H	◎	良	◎	3 H	◎	良	◎	4 H	◎	良	◎	4 H	◎
	6	6	良	◎	3 H	◎	良	◎	3 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	4 H	◎	良	◎	4 H	◎
		24	良	◎	3 H	◎	良	◎	2 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	4 H	◎	良	◎	4 H	◎
		120	良	◎	3 H	◎	良	◎	2 H	◎	スジ	◎	3 H	◎	スジ	◎	4 H	◎	良	◎	4 H	◎
		240	良	◎	3 H	◎	良	◎	H	◎	スジ	◎	3 H	◎	スジ	◎	3 H	◎	良	◎	4 H	◎
	12	6	良	◎	3 H	◎	良	◎	3 H	◎	良	◎	3 H	◎	良	◎	4 H	◎	良	◎	3 H	◎
		24	良	◎	3 H	◎	良	◎	2 H	◎	スジ	◎	3 H	◎	良	◎	3 H	◎	良	◎	4 H	◎
		120	良	◎	3 H	◎	良	◎	2 H	◎	スジ	◎	3 H	◎	スジ	◎	H	◎	良	◎	4 H	◎
		240	良	◎	2 H	◎	良	◎	H	◎	スジ	◎	HB	◎	スジ	◎	H	◎	良	◎	3 H	◎
ヒ タ ウ レ タ ン 線	0	6	良	◎	5 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	4 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	5 H	◎
		24	良	◎	5 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	4 H	◎	良	◎	4 H	◎
		120	良	◎	5 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	3 H	◎	良	◎	3 H	◎
		240	良	◎	5 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	3 H	◎	良	◎	F	◎	良	◎	H	◎
	6	6	良	◎	5 H	◎	良	◎	4 H	◎	良	◎	4 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	4 H	◎
		24	良	◎	5 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	4 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	3 H	◎
		120	良	◎	5 H	◎	良	◎	4 H	◎	スジ	◎	4 H	◎	良	◎	2 H	◎	良	◎	H	◎
		240	良	◎	4 H	◎	良	◎	4 H	◎	スジ	◎	3 H	◎	良	◎	F	◎	良	◎	F	◎
	12	6	良	◎	5 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	4 H	◎	良	◎	3 H	◎	良	◎	4 H	◎
		24	良	◎	5 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	4 H	◎	良	◎	2 H	◎	良	◎	4 H	◎
		120	良	◎	5 H	◎	良	◎	4 H	◎	スジ	◎	4 H	◎	スジ	◎	H	◎	良	◎	3 H	◎
		240	良	◎	4 H	◎	良	◎	4 H	◎	スジ	◎	2 H	◎	スジ	◎	F	◎	良	◎	F	◎
ホ ル マ ー ル 線	0	6	良	◎	6 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	7 H	◎	良	◎	8 H	◎	良	◎	7 H	◎
		24	良	◎	6 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	7 H	◎	良	◎	8 H	◎	良	◎	7 H	◎
		120	良	◎	4 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	6 H	◎	良	◎	9 H	◎	良	◎	7 H	◎
		240	良	◎	3 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	8 H	◎	良	◎	7 H	◎
	6	6	良	◎	6 H	◎	良	◎	5 H	◎	良	◎	7 H	◎	良	◎	7 H	◎	良	◎	7 H	◎
		24	良	◎	5 H	◎	良	◎	5 H	◎	スジ	◎	6 H	◎	良	◎	7 H	◎	良	◎	7 H	◎
		120	良	◎	3 H	◎	良	◎	5 H	◎	スジ	◎	5 H	◎	良	◎	7 H	◎	良	◎	7 H	◎
		240	良	◎	H	◎	良	◎	5 H	◎	スジ	◎	5 H	◎	スジ	◎	5 H	◎	良	◎	6 H	◎
	12	6	良	◎	6 H	◎	良	◎	5 H	◎	スジ	◎	5 H	◎	良	◎	6 H	◎	良	◎	7 H	◎
		24	良	◎	5 H	◎	良	◎	5 H	◎	スジ	◎	5 H	◎	良	◎	6 H	◎	良	◎	7 H	◎
		120	良	◎	3 H	◎	良	◎	5 H	◎	スジ	◎	5 H	◎	スジ	◎	6 H	◎	良	◎	7 H	◎
		240	良	◎	H	◎	良	◎	5 H	◎	スジ	◎	5 H	◎	スジ	◎	5 H	◎	良	◎	6 H	◎

- (注) 1. 外観………良：変化なし，き裂：皮膜にき裂発生したもの，スジ：皮膜に細かいスジ発生したもの，(線の長さ方向と直角に)
 2. つめ………◎：異状なし，○：皮膜ハク脱(心線露出せず)，×：皮膜ハク脱(心線露出)，……つめで1回こすり判定
 3. 鉛筆硬度………9 H～6 Bの17種類の鉛筆で皮膜をこすり皮膜がはがれたときの鉛筆硬度を示す
 4. 溶剤および薬品温度：10～13℃



第7図 ヒタウレタン線 (1.0 mm) の加熱によるねん回ハク離数の変化

第4図で加熱時間3時間のところを考えると，各試料のき裂を発生しない最小伸張率は

$$\text{無伸張の場合} \quad \frac{1}{1+4} \times 100 = 20(\%)$$

$$6\% \text{伸張の場合} \quad 6 + \frac{1}{1+7} \times 100 = 18.5(\%)$$

$$12\% \text{伸張の場合} \quad 12 + \frac{1}{1+11} \times 100 = 20.3(\%)$$

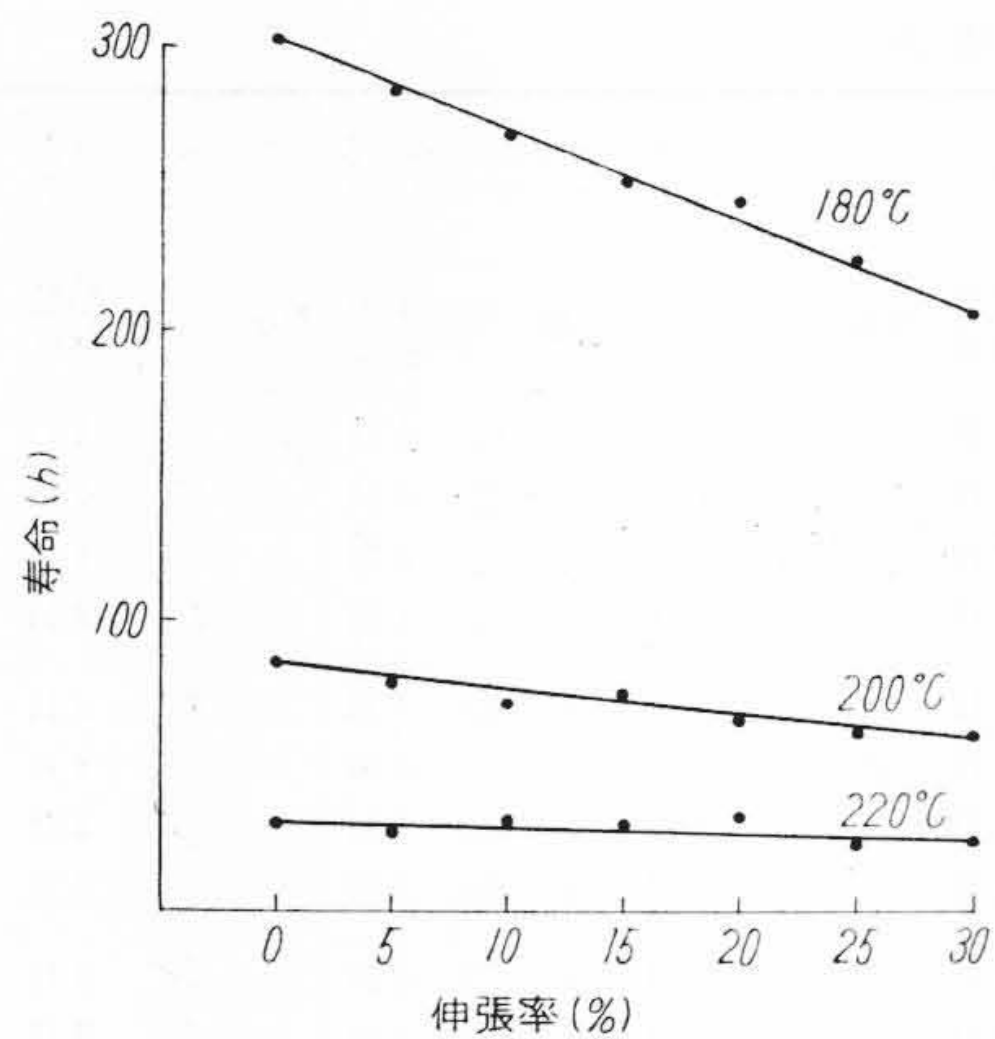
となる。

すなわち，伸張しただけ巻付倍数が大きくなっているが，き裂を発生するときの伸張率はほとんど同じ状態になっていることがわかる。

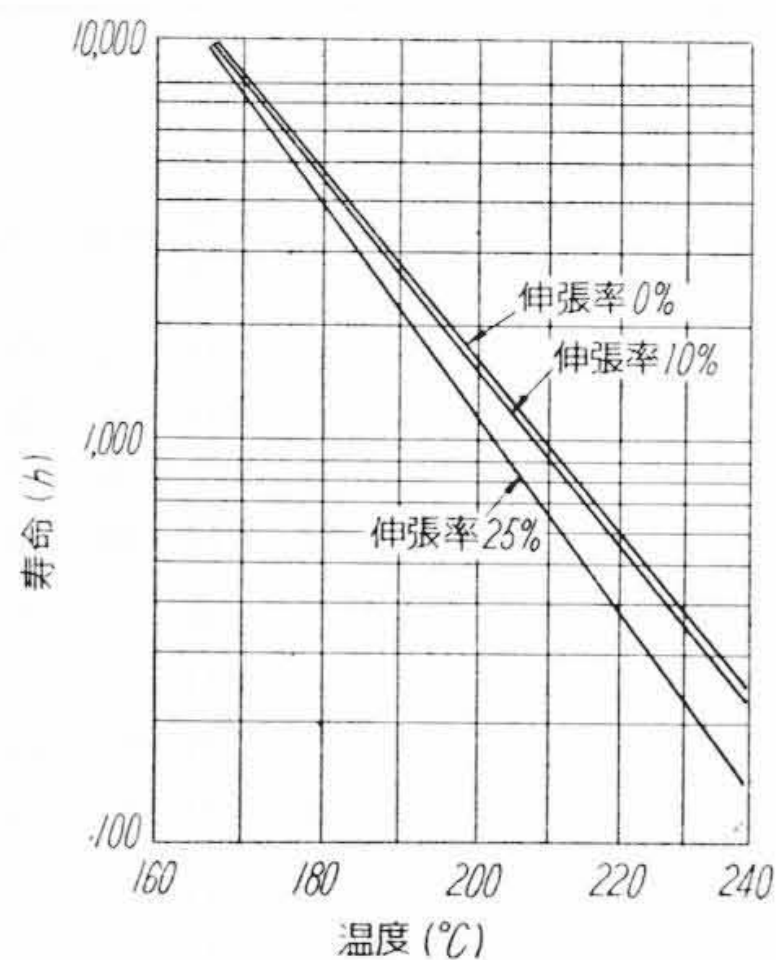
(4) 耐熱劣化性

導体径 1.0mmの各種エナメル線を 0, 6, 12% 伸張後種々の温度で長時間加熱し，皮膜厚の減少，絶縁破壊電圧および捻回剥離数の低下から検討した。

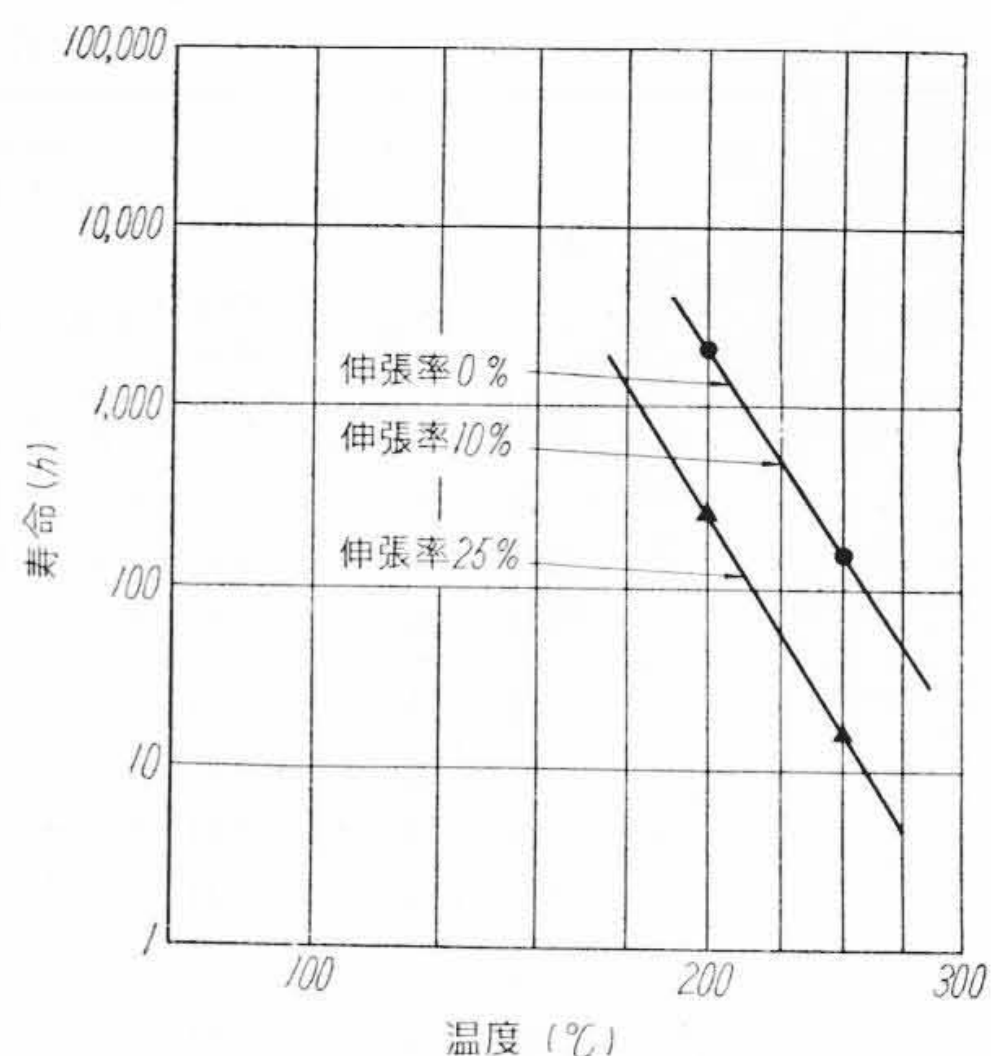
以上の3方法による試験結果の例として，第5図にホルマール線の皮膜厚の減少，第6図にヒタエステル線の破壊電圧の低下，第7図にヒタウレタン線のねん回ハク離数の低下を示す。これらの図で明らかのように減少率，あるいは低下率で考えれば12%程度の伸張では，耐熱劣化性にほとんど影響がなく，劣化の傾向は同じになる。もちろん，初期の絶対値自体が低いので一定値に低下または減少す



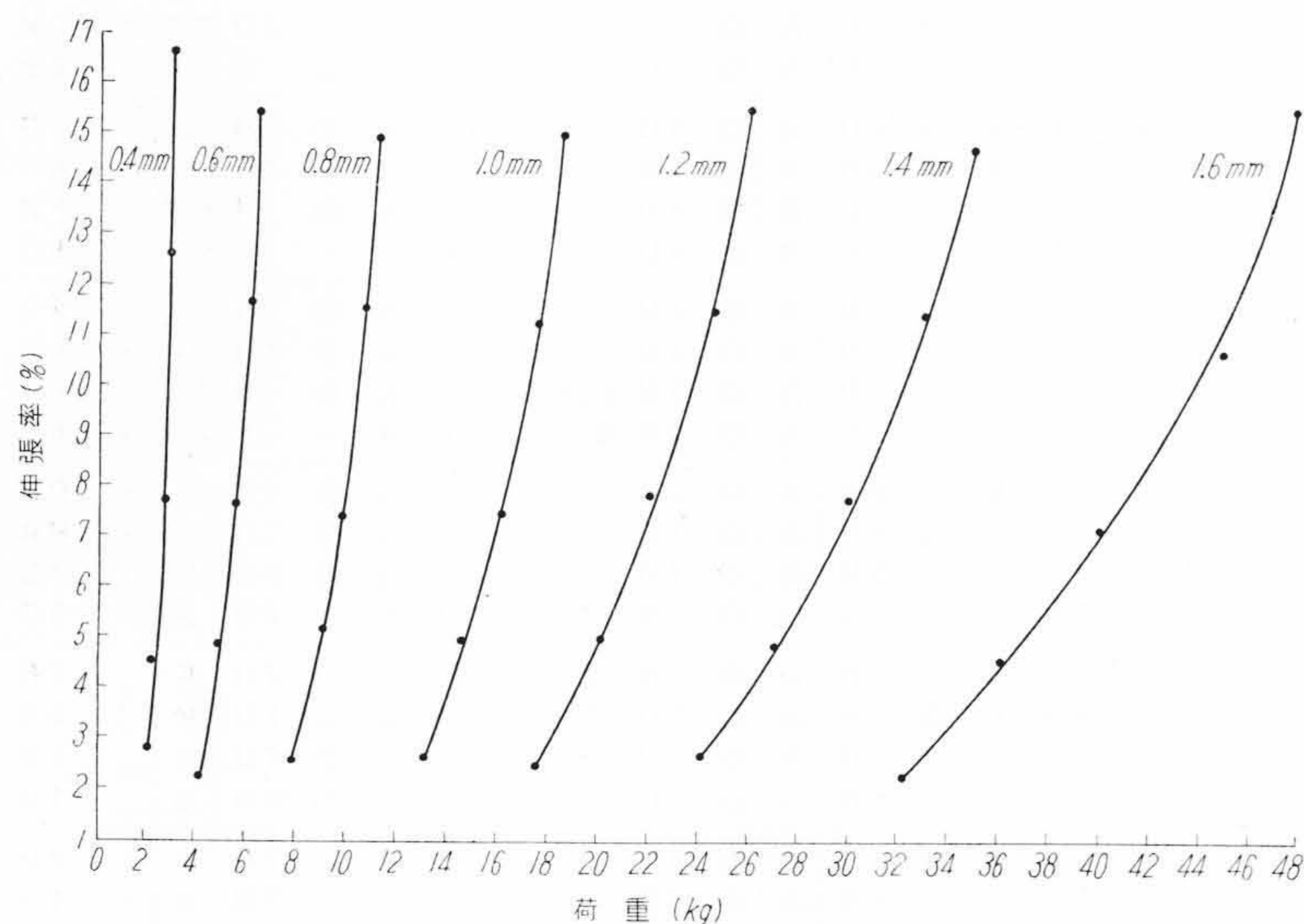
(1.0 mm ホルマール線 2kV チェック)
第 8 図 伸張度と寿命



(Trans ATEE 814(oct 1958)) より抜粋
第 9 図 エナメル線 A にフェノール系アルキッドワニス処理した場合の寿命



第 10 図 エナメル線 B にシリコンワニスを処理した場合の寿命



第 11 図 エナメル線の荷重と伸びの関係

第 7 表 伸張率10%の場合の荷重および単位断面積当りの荷重

導 体 サ イ ズ (mm)	10% 伸 張 に 必 要 な 荷 重	
	実 荷 重 (kg)	単位断面積あたりの荷重 (kg/mm ²)
0.4	2.4	19.1
0.6	6.0	21.2
0.8	10.2	20.3
1.0	16.6	21.1
1.2	23.9	21.1
1.4	32.0	20.1
1.6	44.0	21.8

る時間を取れば伸びた線ほど早いことは推定できる。たとえば第 8 図は 1.0 mm ホルマール線の伸張率を種々変えてより合せ法により 2kV チェック電圧で寿命を検討した結果であるが、伸張により寿命は短くなっている。ワニス処理しない場合である。

しかし D. C. Westervelt 氏らはエナメル線 A (種類不明) にフェノール系アルキッドワニスを処理した場合とエナメル線 B (種類不明) にシリコンワニスを処理した場合とについて 0, 10, 25% 伸張した場合の寿命を検討し第 9, 10 図のような結果を報告している。

これらの図は伸張10%程度までは耐熱寿命にあまり差違を生じないことを物語っている。ワニス処理したより合せ試料を用いているので皮膜厚のわずかな減少は問題にならないためと考えられる。

いずれにしてもワニス処理した場合10%程度の伸張は、これらエナメル線の耐熱度になんと影響がないと考えて差つかえない。

(5) 耐薬品、耐溶剤性

エナメル線は伸張され、屈曲されたのちワニス中の溶剤に触れるので伸張により耐溶剤、耐薬品性がどのように悪くなるか検討しておく必要がある。

一般にエナメル線類の耐薬品、耐溶剤性は前処理の有無で多少影響を受けるが、ここでは導体径 1.0mm の各エナメル線を 6, 12% 伸張し、前処理をしないで常温の溶剤薬品に浸漬し、皮膜の硬度変化を調べた。

第 6 表はその結果である。

表より耐薬品性および耐溶剤性は、エナメル線を伸張すると低下することがわかる。すなわち、鉛筆硬度法では 12% 伸張したもので約 2～3 段階低い値を示しており、特にベンゾール、トルオール、メタノールなどでは影響が多く、浸漬時間を長くするとこの傾向はさらに顕著になる。外観変化においてもベンゾール、トルオール、ナフサなどの溶剤では伸びを与えたエナメル線は線の長さ方向に細いクラックを発生するものがある。

そのほか耐冷媒性についても検討したが常温のフロン 22 に 120 時間浸漬した程度では差は認められなかった。しかし耐薬品性、耐溶剤性の低下から考えて、伸ばされた場合には、やはり耐冷媒性もいくぶん低下するものと考えなければならない。

なぜなら伸張のためのピンホールの増加は溶剤あるいは冷媒の皮膜への浸透を促進すると考えられるからである。

4. 引張荷重と伸びの関係

以上伸張による各エナメル線の諸特性の低下について考察を加えてきたが、実際的には線のブレーキと伸張度の関係が問題となると思うのでヒタエステル線を代表にとり、線に加えた荷重と伸張率の関係について検討した結果を第 11 図に示す。

この図から伸張率10%の場合の荷重および単位断面積 (mm²) 当りの荷重を計算すると第 7 表のようになる。

すなわち線のブレーキとしては大体 20 kg/mm² 以下におさえる必要がある。しかしこの数字はあくまでまっすぐ伸した場合のことで実際上は、さらに小さい荷重にしなければならない。

5. 結 言

以上ホルマール線、ヒタウレタン線、ヒタエステル線を 3, 6, 9, 12% 伸張した場合の性能変化について検討してきたが、これらを要約して次のことがいえる。

1. 総合的にみて、伸張による性能の低下はホルマール線が最も

- 少なく、ついでヒタエステル線、ヒタウレタン線の順に悪い。
- 各特性ごとに考えると絶縁破壊電圧、熱軟化性は12%伸張しても10%前後の低下であり、主として皮膜厚の減少によるものと考えられる。
 - ねん回ハク離数、巻付特性、熱衝撃などの性能は皮膜に伸びを与えただけ性能の低下を示す。
 - 耐摩耗性は伸張による皮膜厚の減少の影響以上に低下を示すが、この原因は伸張により導体がかたくなるためか、そのほかの原因かさらに検討する必要がある。
 - 耐熱劣化性については低下率からみると同じ傾向を示すので伸張により皮膜に本質的变化が起るとは考えられない。
 - 耐薬品、耐溶剤性の低下は予想した以上に大きかったが、この一原因としては伸張によるピンホールの増加のため、薬品あ

るいは溶剤の皮膜浸透性が増すためと考えられる。

いずれにしてもこれら各エナメル線は10%前後の伸張まで実用上問題ないを考えるが、実際のエナメル線使用に当っては、エナメル線は伸張、屈曲、摩耗を同時に受けるような場合が多いので今回の試験結果より以上に線の伸張による性能低下を起す場合もあると考えなければならない。

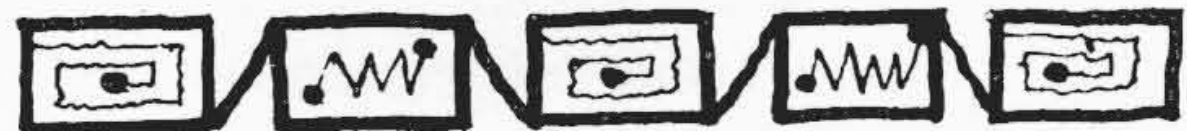
したがって少しでも伸張をさける方向に進むよう作業方法ならびに設計の検討を行う必要がある。

参考文献

- (1) 間瀬：工化 54, 563 (昭 26-9)
- (2) D. C. Westervelt, E. J. Croop：Trans AIEE 814 (Oct 1958)
- (3) 古賀：日評 42, 497 (昭 35-4)
- (4) 古賀, 中里：日評別冊 28, 67 (昭 33-12)
- (5) 増沢, 山本：住友電気集報 47, 11 (昭 28-6)



特許の紹介



特許第255753号

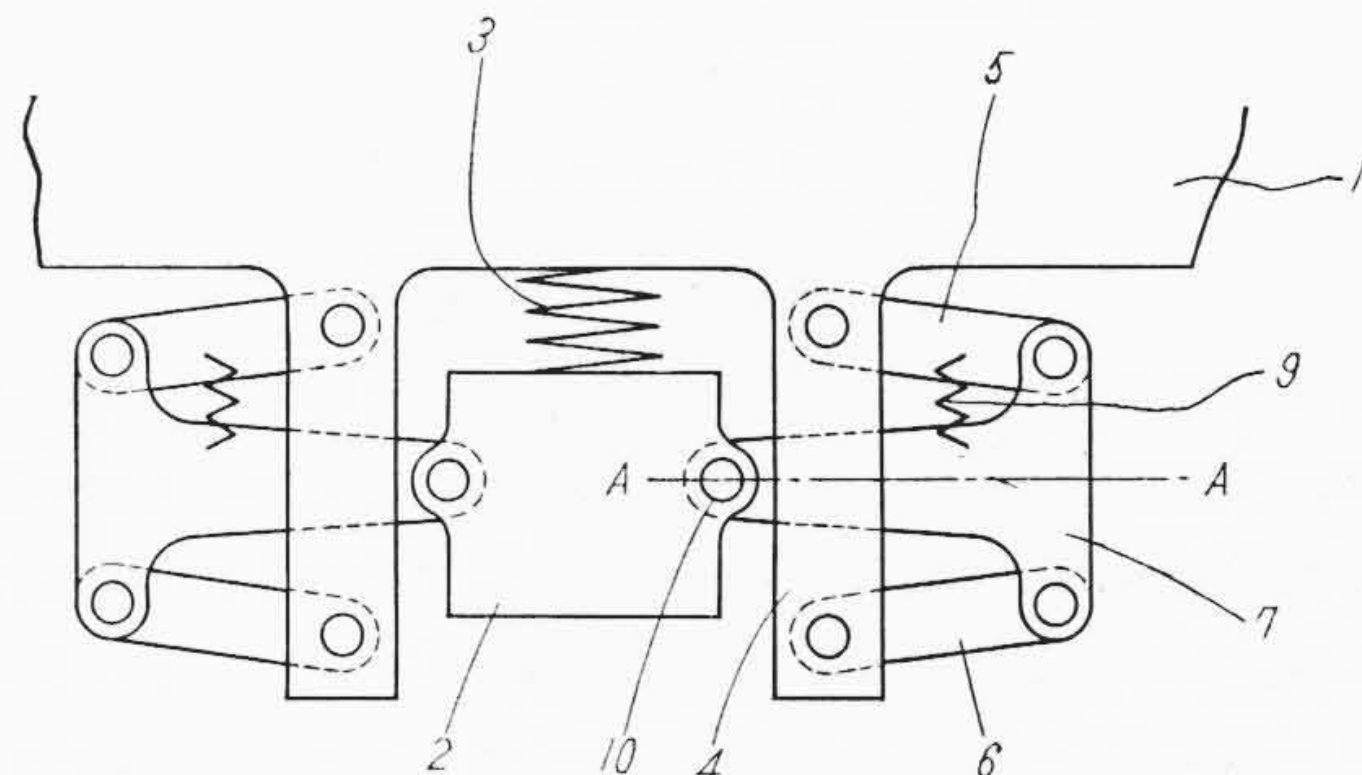
斎田 信幸

軸箱支持装置

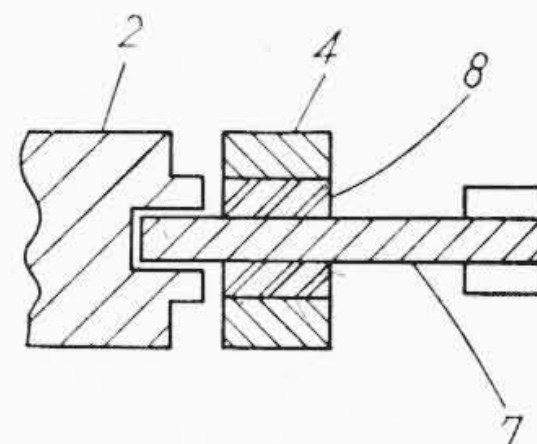
この発明は車両のだ行運動を防止しかつ左右振動に拘束力を与えて車軸を台車枠に確実に支持することができる軸箱支持装置にかかわるものである。

図示の実施例において1は台車側枠、2は軸箱、3は軸ばね、4は側枠突起部、5, 6, 7はリンクで、リンク7の一端に軸箱2を結合部10により取付け、リンク5, 6の一端は側枠突起部4に取付けられている。側枠突起部4は図示のとおり二又で、その内側に防振ゴムなどの弾性体8をもってリンク7をそれぞれ挟持する。また結合部10には防振ゴムなどの変形物質をそう入して組立を行う。9はリンク安定用のばねである。したがってリンク5, 6の有効長さを等しくする時は結合部10はほぼ垂直運動をなし、この精度はリンク5, 6の有効長さを軸箱2の垂直変位に対して大きくとるほどよくなり、軸ばね3とともに結合部10内の変形物質によってその誤差を吸収し、完全な上下運動を円滑に行うことができるとともにだ行運動をリンク5, 6, 7によって確実に阻止することができる。さらに左右方向振動に対しては、軸箱2は側枠突起部4とリンク7との間にそう入した弾性体8により大きく変位することが防止される。

なお側枠突起部4側に弾性体を取付け、その表面に耐摩耗性物体を取付け耐摩耗性物体とリンク7との間に微小間隙を設けて、軸箱2の上下運動を自由にし左右方向の振動を阻止するようにしてもよい。リンク7と耐摩耗性物体との接触は通常状態(振動の少ない)または上下運動状態では接触は生ぜず、摩耗部分は少なくなり保守も容易となる。



A-A 断面



Vol. 21

日立造船

技報

No. 4

目次

- ◎クロムメッキライナの実用性に関する研究
- ◎クロムメッキの密着試験法
- ◎亜鉛がま用鋼材の選定
- ◎熱交換器の適正拡張管について
- ◎耐食アルミ合金溶接部の欠陥の静的および疲れ強さに及ぼす影響に関する研究

- ◎ラダーストックの鋳造鍛造併用製作について(第1報)
- ◎外径仕上旋削における切削条件と表面あらさの関係
- ◎クリヤリソングプレス
- ◎特許・新案・製品紹介
- ◎日立造船技報総目次(昭和35年度)

本誌につきましの御照会は下記発行所へ御願いたします。

日立造船株式会社技術研究所

大阪市此花区桜島北之町