

論 文

UDC 621.778.1.014 : 621.778.1.073 : 539.412.016.2

高速伸線機の張力変動とダイスの摩耗について*

西本 秀雄**・兵頭 健次**

A Study of the Relation between the Change in Tension and the Abrasion of the Drawing Die in High Speed Drawing Machine

Hideo NISIMOTO and Kenji HYÔDÔ

Synopsis:

In a slip type drawing machine, it is difficult to control the drawing conditions which change in accordance with the abrasion of drawing die. In this study, by the use of a slip type drawing machine with two drawing capstans driven individually by 3-phase varying speed induction motor, a research was made to examine a characteristic of this drawing machine and the action of this motor during operations in the drawing machine. In the next place, to analyze the phenomenon of the abrasion of drawing die, the relation between the abrasion of drawing die and the tension of wire was measured during wire drawing. Further, the influence of change in back tension during drawing on the abrasion of drawing die was examined by a drawing test using a tension testing machine. The results obtained were as follows:

- 1) The action of 3-phase varying speed induction motor keeps the wire free from slipping on the drawing capstans, enabling high speed drawing.
- 2) So long as the die load is kept constant during drawing, the abrasion of drawing die is comparatively little, but it is apt to take place when the die load is changed.

(Received Oct. 19, 1971)

1. 緒 言

引抜の際のダイス内部における変形機構については現在までにいくらか研究がなされ、ダイスの摩耗について次のようなことが明らかにされている。

1) 伸線中のダイスの摩耗はダイス面に作用する圧力によつて生じるが、線に逆張力を与えることによつて入口近傍での圧力が低下してダイス内での推力の減少を招き、寿命はかなり延びる¹⁾²⁾。

2) 超硬合金ダイスの摩耗は炭化タングステン粒子を結合しているコバルトの疲労にもとづくものであつて、炭化タングステン粒子が引抜面から脱落することによつて生じる³⁾。

これらの成果はいずれも試験機によつてダイス面に加えられた力を測定するか、あるいはテスト後のダイスの引抜面を観察した結果によるものである。それゆえ、これらの結果を直ちに複雑な実際の伸線作業に適用するには若干の問題が残るであろう。さて現在、実用化されている市販のスリップ型連続伸線機では、その構造上ダイスの摩耗によつて伸線条件が変化しても、この変化を調整

しながら運転することができないという欠点をもっている。この点がダイス寿命に影響する場合は案外多いのではないかと思われる。さらに実際の伸線作業においてはダイス寿命の長短が生産能率を左右する大きな原因になっているのである。以上の諸点を考慮して、本実験では3相無段変速誘導電動機によつて線の張力および伸線速度を制御する方式を採用し、従来のスリップ型連続伸線機との差異について検討を加えた。次にダイスの摩耗は伸線作業中の線の張力の変化によつて生じるものと仮定し、線の張力をバネ式の張力計で測定して張力とダイスの摩耗との関係を調べた。一方、引張試験機により逆張力を加えた状態で引抜実験を行ない、引抜中の逆張力の変化がダイスの摩耗にどう影響するかを調査した。これらの結果を総合すると、ダイスの摩耗は伸線作業の時間的経過によつて生じる場合は案外少なく、むしろ作業中のダイス推力の変化によつて突発的に生じる場合の多いことがわかつた。次にこれらの点について詳細に報告する。

* 昭和46年10月19日受付

** 金井重要工業(株)特殊鋼線製造所

2. 材 料

2.1 供試線材

実験に使用した線材は JIS G 3506 に規定されている線径 0.34 mm の硬鋼線材 SWRH 5A で、その化学成分を Table 1 に示す。またこの線材の製造工程を Fig. 1 に示す。

2.2 ダイス

実験には JIS B 4111 に規定されている W 101 および W 102 型の超硬合金ダイスを使用した。そのダイススケジュールを Table 2 に示す。なお各ダイスの孔径

Table 1. Chemical composition of the wire (%).

C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr
0.71	0.48	0.22	0.008	0.024	0.06	0.03	0.04

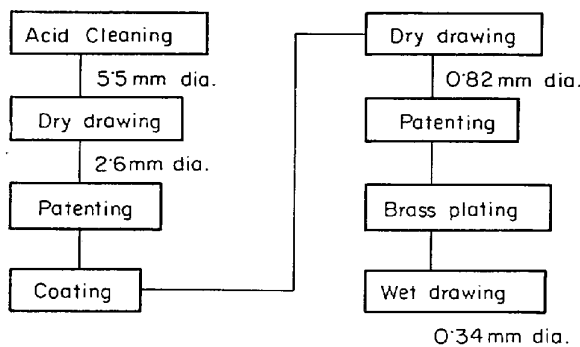


Fig. 1. Manufacturing process of the wire.

公差は $\begin{pmatrix} +0 \\ -0.002 \end{pmatrix}$ のものを使用した。

2.3 潤滑剤

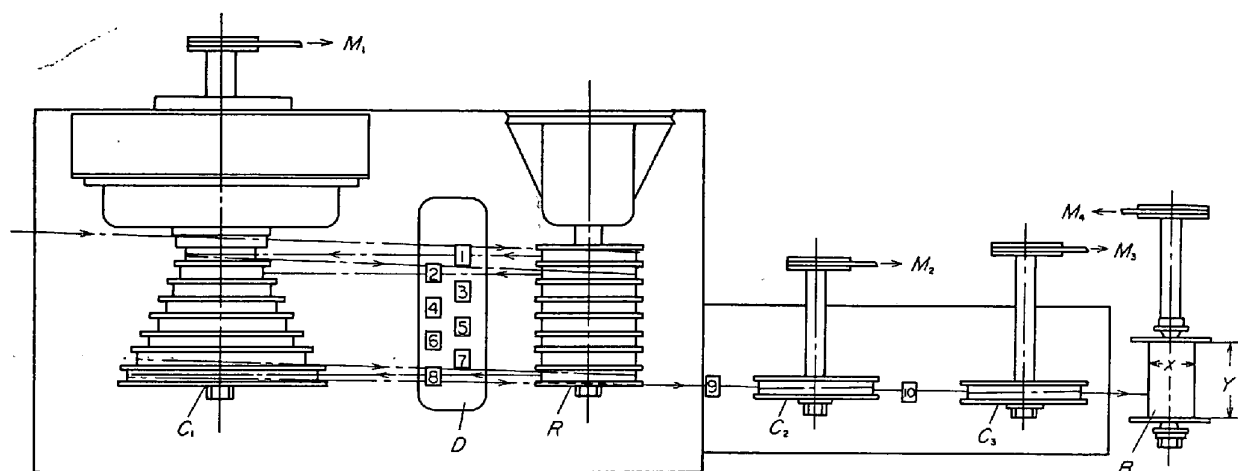
潤滑剤はメタルシン MP-5 (共栄社油脂工業製) を水で 12~15 倍に希釈後、循環させながら使用した。メタルシンの成分を Table 3 に示す。

Table 2. Die schedule.

No	Diameter (mm)	Reduction of area (%)
1	0.312	18.2
2	0.282	15.7
3	0.259	16.2
4	0.237	15.6
5	0.218	15.8
6	0.200	16.3
7	0.183	15.8
8	0.168	11.7
9	0.158	10.0
10	0.150	

Table 3. Composition of the lubricant (%).

Animal and vegetable oil	Surface active agent	Silica compound	Water
20	10	40	30



- M_1 : Continuously varying speed motor
- M_2, M_3 : VC-Motor 350W × 4 P
- M_4 : VC-Motor 550W × 4 P
- C_1 : Drawing cone
- C_2, C_3 : Drawing capstan
- D : Die holder
- R : Guide roller
- B : Bobbin ($X=110\text{mm}$, $Y=120\text{mm}$)

Fig. 2. Schematic representation of the drawing machine.

3. 伸線機による実験

3.1 伸線機

まず無段変速モータ M_1 で駆動する市販のスリップ型連続伸線機において No 9 および No 10 のダイスにそれぞれ 3 相無段変速誘導電動機(以下 VC モータと記す) M_2, M_3 で駆動するキャプスタン C_2, C_3 を取り付け、伸線された線は VC モータ M_4 によつてボビン B に巻取るように改造した。これらの概略機構を Fig. 2 に示す。Fig. 2 から明らかなように、線は案内ローラ R を通つた後逐次 8 枚のダイスに入り段車 C_1 によつて引抜かれる。No 8 のダイスを通過、 C_1 の最終段で引抜かれた線は C_2, C_3 の駆動力によつて No 9 および No 10 のダイスを通過して最後にボビン B に巻取られることになる。なお、この伸線機では C_1 の各段の速度減少率は 13 % であつた。

さて VC モータは不平衡三相交流電圧を供給すること

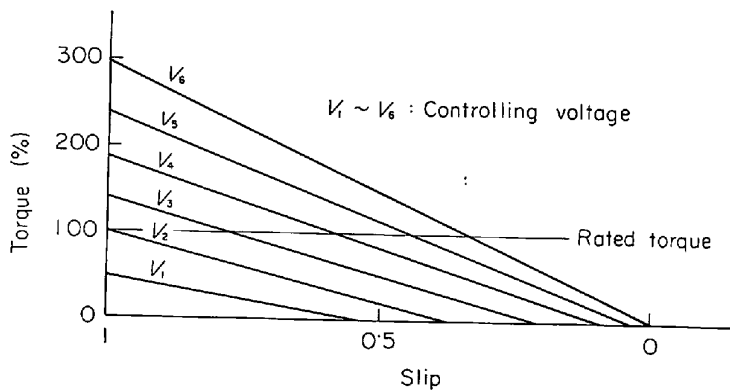


Fig. 3. Torque-slip characteristic of VC-motor.

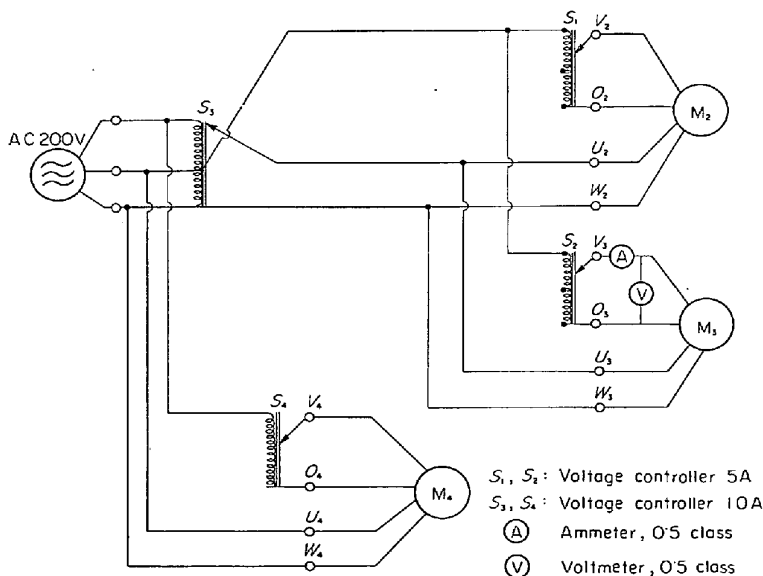


Fig. 4. Connection diagram for a part of VC-motor.

によりトルクおよび回転数を制御できる特性をもつたもので、そのトルク-スリップ特性は Fig. 3 のようになる。すなわち三相交流電圧の不平衡度を変化させるとモータの出力が変化し、その出力においてはモータに加わるトルクに応じた回転数になる。いかえると、一定の出力でもトルクの大きさによつて回転数は 0 から無負荷回転数まで変化する性質をもっている。

VC モータを使用した部分の結線図を Fig. 4 に示す。 S_1, S_2 を操作することによつて M_2, M_3 に加わる電圧の不平衡度を制御することができるが、このことは C_2, C_3 の出力を個別に制御することに相応し、No 9~No 10 ダイス間における伸線中の線張力の調節を可能にするものである。一方 S_3 は C_2, C_3 での出力の比を変化させることなしに両方の周速を同時に制御する目的のもの、また S_4 は巻取張力制御用の摺動可変抵抗器である。さて、この伸線機を操作するには、始動前に S_1, S_2, S_4 をそれぞれ所定の目盛に合わせておき、 M_1 の速度調整器と S_3 とを調整しながら所定の運転速度まで無段階に上昇させて運転する。

3.2 測法方法

3.2.1 伸線機の特長

M_2, M_3 の制御電圧を変化させることによつてそれぞれの出力を変化させた場合、どのような範囲で伸線できるのかを調べ、この設備が従来のスリップ型伸線機と異なる点について検討した。 S_2 は 1~10 の各目盛に固定したうへ、 S_3 の電圧を 20 V 間隔で一定に保ちながら S_1 の電圧を変化させて伸線し、それぞれの場合の伸線速度を測定して制御電圧と伸線速度の関係を調べた。伸線速度は C_3 の回転数を回転計で測定することにより算出した。なお各制御電圧は 0.5 級の電圧計で測定した。(以下 S_1, S_2, S_3, S_4 における出力電圧はそれぞれ V_1, V_2, V_3, V_4 で表わす。)

3.2.2 VC モータの作用

VC モータは Fig. 3 に示すように同一電圧下でも回転数とトルクが自動的に変化する特性をもっているが、伸線中、VC モータがどのように作動するかを知るため、キャプスタンの回転数およびモータの負荷と電流との関係を調べた。実験はまず $V_1=130V, V_2=149V, V_3=230V, V_4=60V$ 、伸線速度 1 000 m/min で伸線しながら 3 min ごとに C_3 の回転数と Fig. 4 に示す A 部の電流とを同時に測定した。電流は伸線中絶えず変動していたので測定開始時から

10 sec 間の電流の最大値と最小値を読みとり、その平均値をそのときの電流とした。次にモータの負荷と電流との関係を求めた。さて負荷であるが、Fig. 5 に示すような装置を C_3 に取りつけ、伸線時と同じ電圧を与えて C_3 を回転させ、回転中に P の重量を 100, 140, 200, 240, 300, 340 g の 6 段階に変化させながらバネ秤 S で表示される線の張力と A 部の電流との瞬間の値を同時に読みとつた。このときの負荷は当然 C_3 上での運動中の線のブレーキ力 (S の読み - P の重量) となつて表われる。なお回転数の測定にはストロボ装置 (第一商工 K. K., DF-2 型, 閃光数 200~15 000 FPM) を、また電流の測定には 0.5 級の電流計を使用した。さらに実験中は電源電圧の変動が激しいので、 $V_3 = 230 \pm 1 V$ になるよう S_3 を調整することにした。

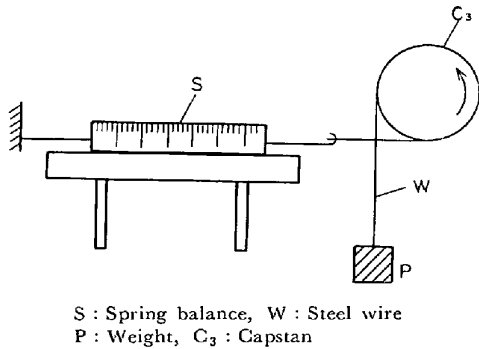


Fig. 5. Apparatus of measurement for the braking force put on the drawing capstan.

3.2.3 張 力

伸線中の線の張力の測定は No 8 ダイスの前で行なつた。ドイツ Hans Schmidt 社製の張力計を使用し、1 min 間隔で測定を繰り返した。伸線中は絶えず張力が変動していたので測定開始時から 10 sec 間の張力の最大値と最小値を記録し、その平均値をそのときの張力とした。なお張力計の測定可能範囲は 0~5 000 g であつた。

3.2.4 伸線時間とダイスの摩耗

ダイスの摩耗が伸線量と直接関係があるかどうかを知るため、 $V_1 = 130V$, $V_2 = 149V$, $V_3 = 230V$, $V_4 = 60V$, 伸線速度 1 000 m/min で 10, 20, 30, 40, 50 min の各時間それぞれ 5 回ずつ伸線して、No 8 ダイスの摩耗状態を調べた。ダイスの摩耗量は線径の太りで表わすことにしたが、線径はワイヤを 120° ずつ回転して 3 カ所で測定し、その平均値で示した。

3.3 結果

3.3.1 伸線機の特 性

VC モータの制御電圧と伸線速度の関係を Fig. 6-1~6-3 に示す。図の右側の破線より V_1 が大きくなると No 10 ダイスの前での線の緩みがひどくなり、線が C_2

† 実用的にダイスの孔径を調べる場合には通常銅線をダイスに通してゆつくりと引抜き、そのときの線径を孔径とみなしている。銅線を引抜いた場合には銅線の場合よりも値が 1/1 000mm 程度大きく出る傾向のあることが確かめられた。したがつて線径がダイスの孔径そのものを表わしているとは必ずしも言えないが、特定の条件の下でのダイスの摩耗を比較する場合には線径でダイスの摩耗を表示しておいても大きな誤りはないと考えている。

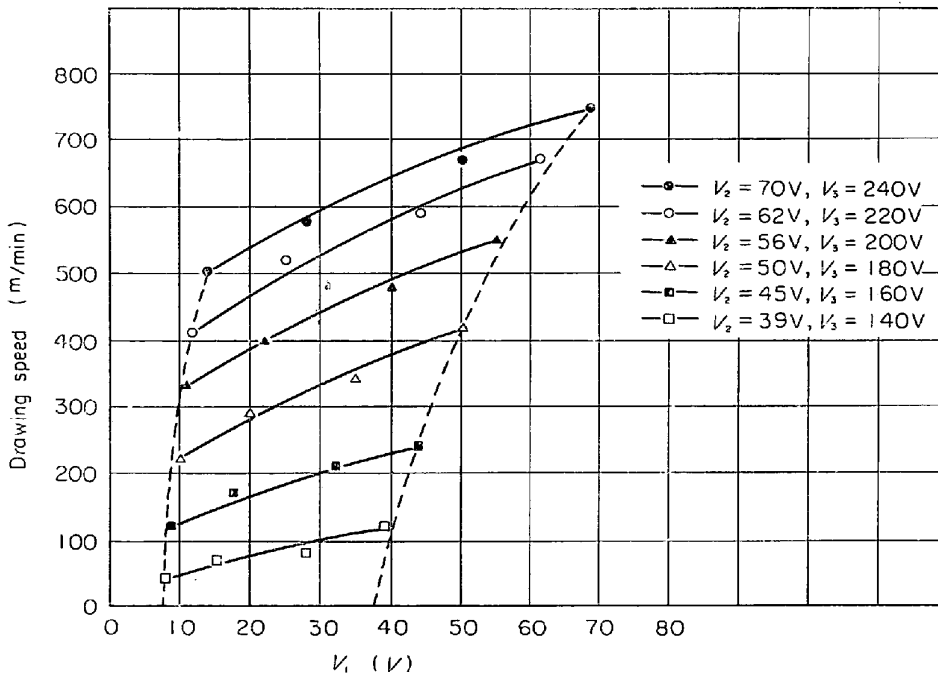


Fig. 6-1. Drawing speed as a function of controlling voltage of VC-motor.

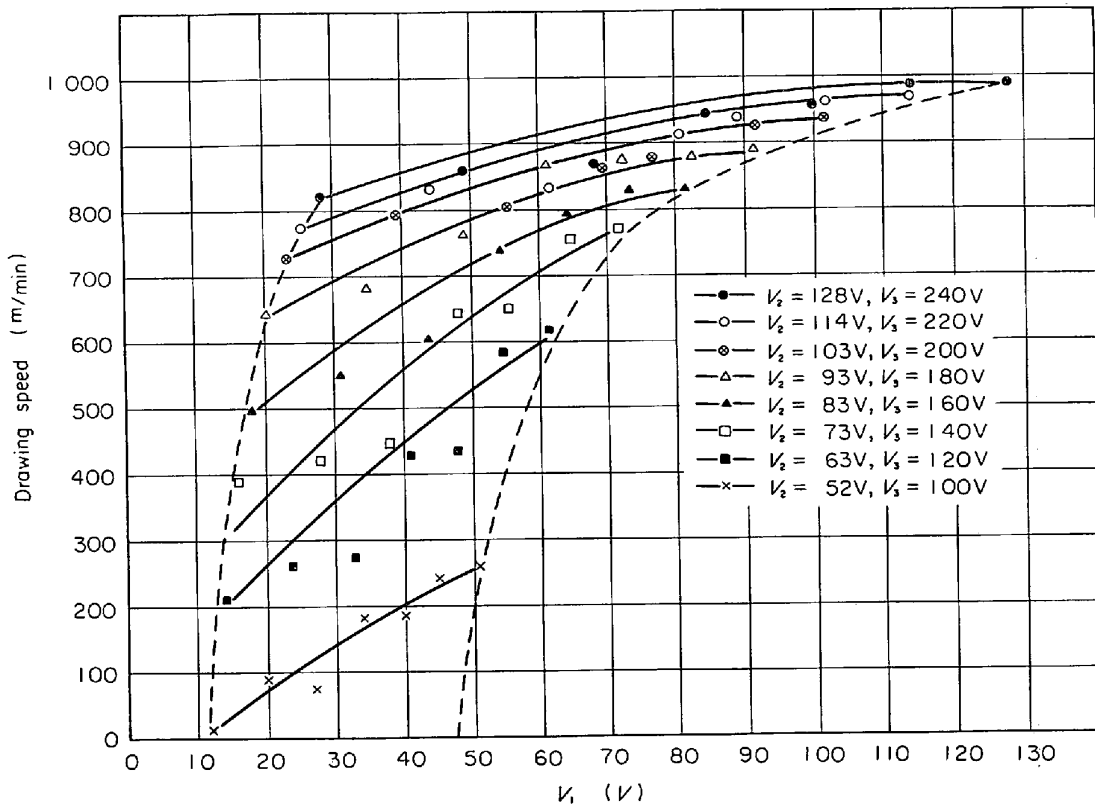


Fig. 6-2. Drawing speed v_x as a function of controlling voltage of VC-motor.

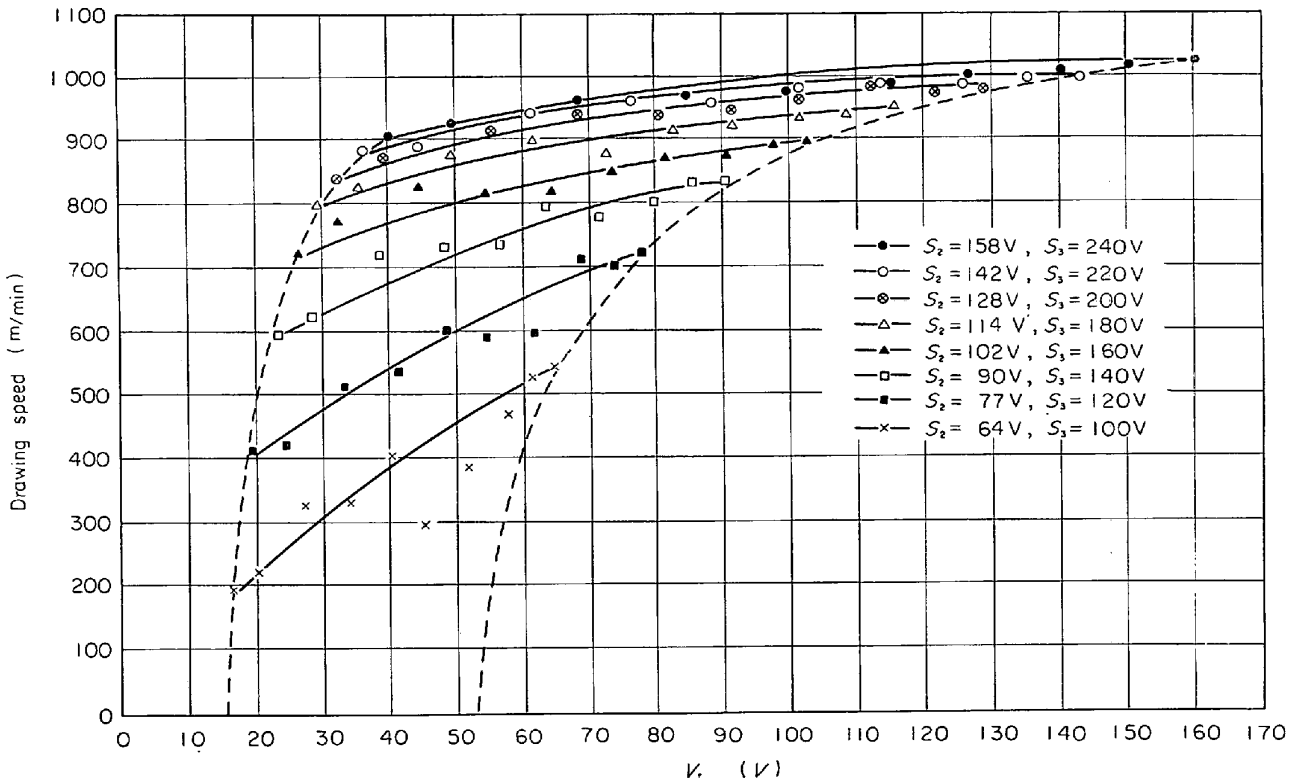


Fig. 6-3. Drawing speed as a function of controlling voltage of VC-motor.

上で重なつて伸線できなくなる。反対に左側の破線より V_1 が小さくなると、No 10 ダイスの前での張力が大きすぎるため断線を生じて伸線不能になる。この傾向は

V_1 , V_3 を一定に保ち V_2 を変化させても同様で、 V_2 が大きくなるにつれて伸線可能範囲は広がる。したがって、伸線可能範囲では V_1 , V_2 , V_3 および伸線速度相互

Table 4. Results of experiment on revolutions per minute of the capstan and current in VC-motor.

Revolutions per minute	Current (A)	Revolutions per minute	Current (A)	Revolutions per minute	Current (A)
1 650	3.53~3.56	1 645	3.46~3.50	1 670	3.50~3.55
1 650	3.53~3.56	1 645	3.48~3.50	1 665	3.50~3.52
1 650	3.53~3.56	1 670	3.40~3.43	1 670	3.48~3.50
1 640	3.58~3.60	1 670	3.50~3.53	1 675	3.50~3.55
1 630	3.60	1 660	3.42~3.48	1 680	3.40~3.45
1 620	3.63~3.65	1 655	3.47~3.50	1 685	3.43~3.48
1 620	3.60~3.63	1 660	3.43~3.47	1 690	3.40~3.45
1 605	3.65~3.67	1 660	3.43~3.47	1 690	3.43~3.48
1 605	3.65~3.67	1 655	3.47~3.50	1 695	3.43~3.50
1 580	3.70~3.71	1 665	3.54~3.55	1 695	3.45~3.48
1 550	3.75	1 670	3.54~3.55	1 690	3.38~3.45
1 550	3.75	1 675	3.49~3.51	1 690	3.40~3.43
1 560	3.73	1 675	3.48~3.49	1 635	3.55~3.60
1 565	3.70~3.72	1 675	3.43~3.45	1 635	3.57~3.60
1 565	3.70~3.72	1 675	3.42~3.43	1 640	3.60~3.63
1 560	3.70	1 685	3.43~3.44	1 635	3.55~3.60
1 565	3.70~3.72	1 675	3.50~3.51	1 635	3.58~3.61
1 570	3.68~3.70	1 670	3.51~3.53	1 635	3.53~3.58
1 630	3.55~3.57	1 645	3.49~3.52	1 640	3.53~3.58
1 640	3.57~3.59	1 650	3.50~3.54	1 650	3.55~3.58
1 640	3.57~3.59	1 645	3.53~3.57	1 650	3.50~3.53
1 630	3.56~3.58	1 645	3.50~3.52	1 650	3.52~3.55
1 590	3.75	1 645	3.50~3.53	1 620	3.58~3.70
1 555	3.78~3.80	1 635	3.56~3.59	1 620	3.60~3.68
1 545	3.78~3.80	1 635	3.55~3.58	1 625	3.58~3.63
1 550	3.77~3.78	1 635	3.55~3.58	1 635	3.50~3.55
1 535	3.85~3.87	1 630	3.58~3.60	1 635	3.50~3.55
1 630	3.52~3.55	1 630	3.55~3.60	1 630	3.56~3.60
1 625	3.58~3.60	1 660	3.50~3.55	1 630	3.53~3.58

Table 5. Results of experiment on the load and current in VC-motor.

Load (g)	Current (A)	Load (g)	Current (A)	Load (g)	Current (A)
750	3.52	2 050	3.79	1 260	3.58
750	3.56	2 100	3.79	1 360	3.59
800	3.55	2 100	3.81	1 260	3.58
900	3.60	2 100	3.80	1 310	3.60
900	3.62	2 050	3.78	1 410	3.61
950	3.62	2 100	3.82	1 210	3.58
1 000	3.64	2 100	3.82	1 210	3.57
950	3.59	1 960	3.68	1 160	3.53
950	3.56	2 410	3.77	1 810	3.62
1 000	3.58	2 460	3.78	1 860	3.65
1 050	3.57	2 460	3.78	960	3.50
1 000	3.56	2 260	3.73	1 160	3.55
850	3.54	2 260	3.73	1 210	3.55
1 100	3.60	300	3.41	1 310	3.57
700	3.52	400	3.40	1 360	3.60
850	3.55	400	3.40	1 360	3.61
950	3.58	600	3.45	1 460	3.62
1 600	3.73	700	3.46	1 510	3.65
1 450	3.70	800	3.51	1 660	3.67
1 700	3.76	450	3.44	1 710	3.68
1 900	3.78	500	3.46	1 710	3.68
1 900	3.78	500	3.47	1 710	3.68
2 050	3.79	500	3.46	1 760	3.69
1 000	3.63	860	3.51	1 760	3.68
1 000	3.67	1 110	3.55		
1 000	3.58	1 160	3.56		

の関係が Fig. 6 で示されるようなある範囲内に限られていることがわかる。また同様に伸線速度を指定したとき、その伸線速度で伸線作業が可能であるためには各モータの出力は限定される。言いかえると、 C_2 、 C_3 は任意の周速ではありえず、ある限られた周速になつてい

なければならないことになる。

3.3.2 VC モータの特性

伸線中のキャプスタン C_3 の回転数と M_3 の電流についての測定結果を Table 4 に、回転数と M_3 の電流の平均値との関係を Fig. 7 に、 M_3 に加わる負荷と電流と

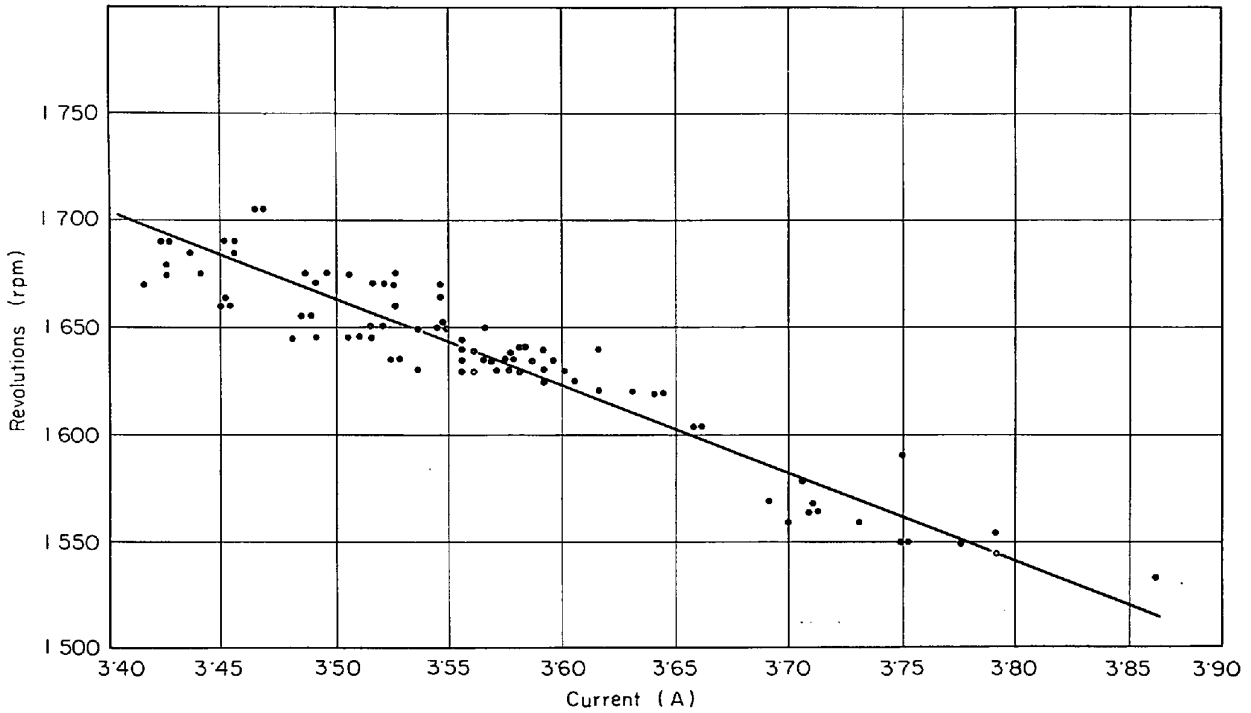


Fig. 7. Relation between revolutions per minute of the capstan and current in VC-motor.

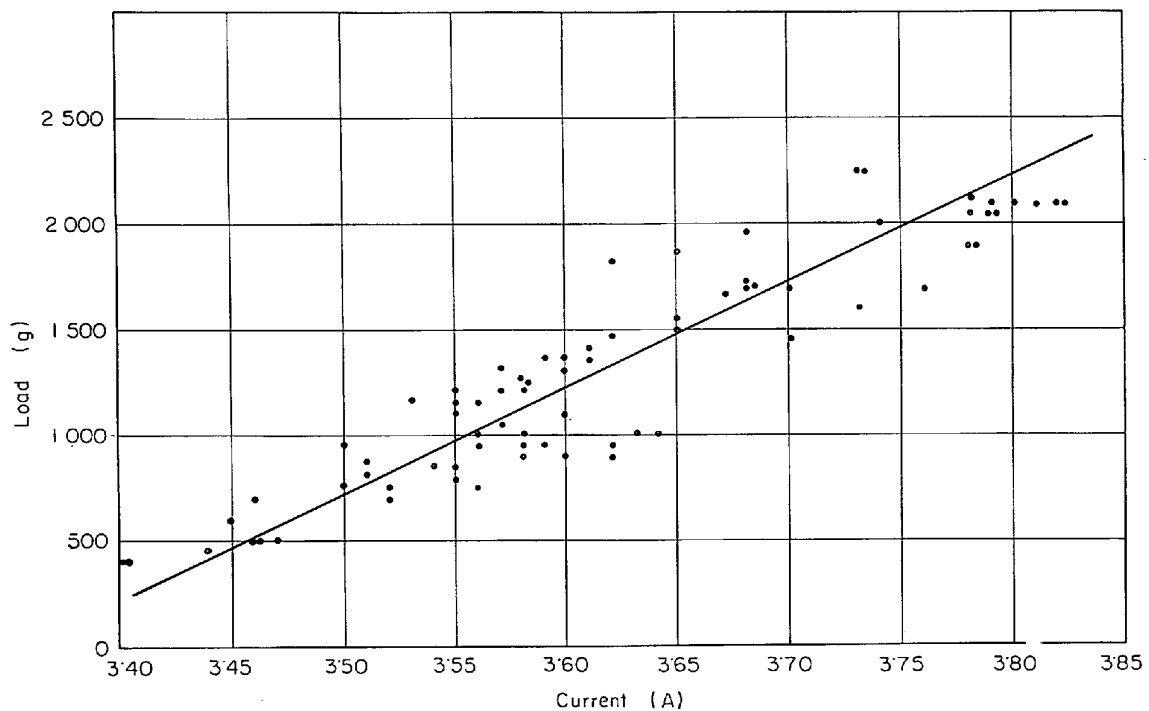


Fig. 8. Relation between load and current in VC-motor.

の関係を Table 5, Fig. 8 に示す. 相関係数はそれぞれ 0.95 および 0.92 になった. Fig. 7 および Fig. 8 の回帰直線より負荷と回転数との関係を求めると Fig. 9 のようになり, 負荷が 0.2 kg 変化すれば回転数は 15 rpm 変化することがわかる. この場合, 負荷はキャプスタン上での線とキャプスタンとの摩擦に基因するブレーキ力で表わしたのであるが, 伸線中には No 10 ダイスでの引抜力がこの負荷に対応すると考える.

3.3.3 線の張力とダイスの摩耗

No 8 ダイスの前での張力の測定結果を Fig. 10-1 お

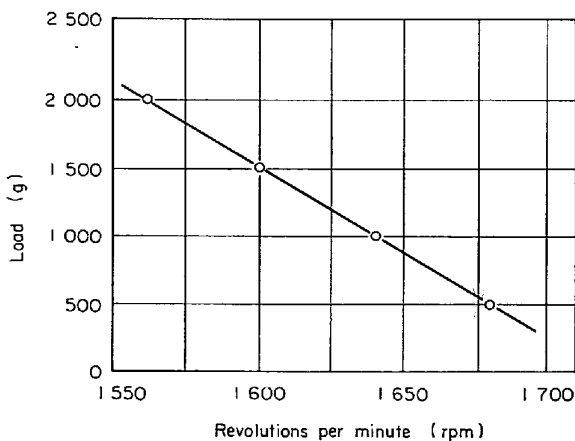


Fig. 9. Relation between load and revolutions per minute of VC-motor.

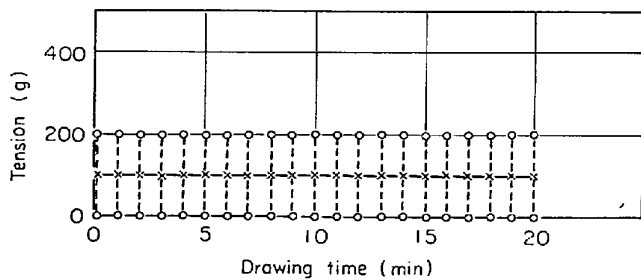


Fig. 10-1 Change in the tension of wire with the passing of drawing time.

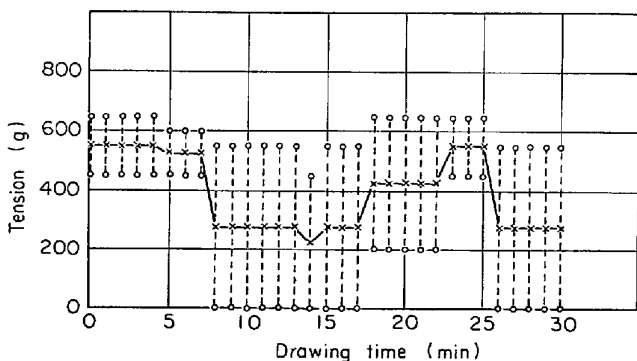


Fig. 10-2. Change in the tension of wire with the passing of drawing time.

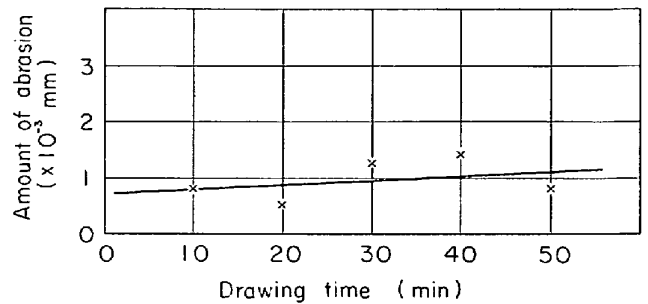


Fig. 11. Relation between the amount of abrasion of drawing die and drawing time.

よび Fig. 10-2 に示す. 図の○印は張力の最大値および最小値を示し, ×印はその平均値を表わしている. Fig. 10-1 のように張力の平均値が一定のときはNo 8 ダイスでの線径は変化しておらず, この場合, 伸線前 0.167 mm であつたが, 20 min 間伸線後も線径は全然変化していなかつた. Fig. 10-2 の場合, 伸線前 0.166 mm であつたが, 30 min 間伸線後 0.170 mm まで線径が太つており, このように張力の平均値が変動する場合にはダイスが摩耗しやすい. しかし張力の平均値の標準偏差と線径の太りで表わしたダイス摩耗量との関係を調べてみたが, はつきりした結果は出なかつた.

3.3.4 伸線時間とダイスの摩耗

各時間におけるダイス摩耗量の平均値と伸線時間の関係を Fig. 11 に示す. 図の 10~50 min 間におけるダイス摩耗量の差は 1/1000 mm 以下で分散分析の結果も有意差はなかつた. すなわち定常運転の間は伸線時間の経過によつてダイスが摩耗することは比較的少ないことがわかる.

4. 引 抜 実 験

4.1 引 抜 装 置

引抜実験を行なうため島津オートグラフ S-500 形の自記引張試験機に Fig. 12 に示すような付属装置を取りつけ, 線材の一方の端をツカミ具Cに固定して, これを下方に移動させることにより引抜くようにした. 引抜速度は 0~120 mm/min の間で適当に選ぶことができる. 逆張力を加える場合には R₁, R₂ を介して線の端末に一定重量の重錘を, また引抜中に逆張力を変化させる場合には底に小孔を設けた硬質塩化ビニル製容器B (容量2.5 l, 自重 0.5 kg) を取りつけ, その中に水を入れるようにした. 底の小孔から水を流出させ, 全部流出すると, 反対にポンプPでBに一定の速度で水を流入させることによつて, 引抜中, 逆張力を連続的に変化させることができる. なお逆張力の変化速度を調節するため, 小孔の

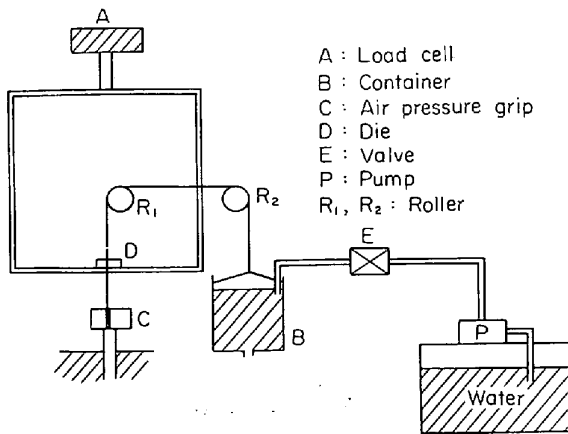


Fig. 12. Drawing equipment by tension testing machine.

径およびバルブEによつて水の流量を調節するようにした。

4.2 測定方法

ダイスの摩耗について条件をさらに簡単にするため、引張試験機を用いて引抜実験を行ない、ダイスの摩耗状

態を調べた。

実験は重錘の重さを 0.65, 1.15, 1.65, 2.15, 2.70, 3.20, 4.15 kg の7段階に変化させて、10 cm/min の速度でそれぞれ 50 cm 引抜いたときの引抜力を全長にわたつて自動記録した。引抜完了後、記録用紙から引抜力の平均値を求め、この値と重錘の重量との差からダイス推力を計算し、逆張力によるダイス推力の変化について調べた。

次に線材の端末に Fig. 12 に示した容器 B を取りつけ、水 2.5 l を入れて水を流出させ、水が全部流出すればポンプ P によつて水を流入させる。この操作を繰り返して逆張力を絶えず変化させながら 10 cm/min の速度で 30 m 引抜いた。なお水は 15, 30, 60 sec の各時間で 2.5 l 流入、流出するよう小孔の径およびバルブ E を調節し、逆張力の変化速度を変えて実験を行なつた。さらに重錘を用いて 3 kg の逆張力を 2.5 cm 引抜くごとに断続的に加えながら 30 m 引抜き、次に逆張力を加えない状態で 30 m 引抜いた。以上の各条件で引抜いた線の線径を 5 cm ごとにマイクロメータで測定することによつてダイス摩耗量を調べた。ただし、実験は試験機の構造上連続して 50 cm しか引抜くことができないので 50 cm ごとに停止して実験を繰り返した。なお潤滑剤は引抜前にダイスの上に滴下しておいた。また実験は仕掛線径 0.198 mm, ダイス孔径 0.182 (+0 / -0.002) mm の条件下で行なつた。

4.3 結果

逆張力によるダイス推力の変化を Fig. 13 に示す。ダイス推力 F_1 は $F_1 = F_0 - bT$ で表わすことができる。ここで F_0 は逆張力を加えないときのダイス推力、 b はダイス形状、減面率、潤滑状態によつて決まる定数、 T は逆張力である。実験の結果は $F_0 = 6.57$ kg, $b = 0.89$ となり、4 kg の逆張力を加えた場合、ダイス推力は逆張力を加えない場合の 1/2 以下に減少した。

次に容器に水を流入、流出させることにより逆張力を変化させながら引抜を行なつた。Fig. 14-1 は 15 sec, Fig. 14-2 は 30 sec, Fig. 14-3 は 60 sec で逆張力がそれぞれ 2.5 kg 変化する場合の引抜力の変化を示す。容器の自重は 0.5 kg であるから、上記の各時間で逆張力は 0.5 kg から 3 kg まで変化することになる。なお Fig. 14-3 の場合の逆張力そのものの変化を Fig. 15 に示す。さらに 3 kg の逆張力を 2.5 cm 引抜くごとに断続的に加えた場合の引抜力

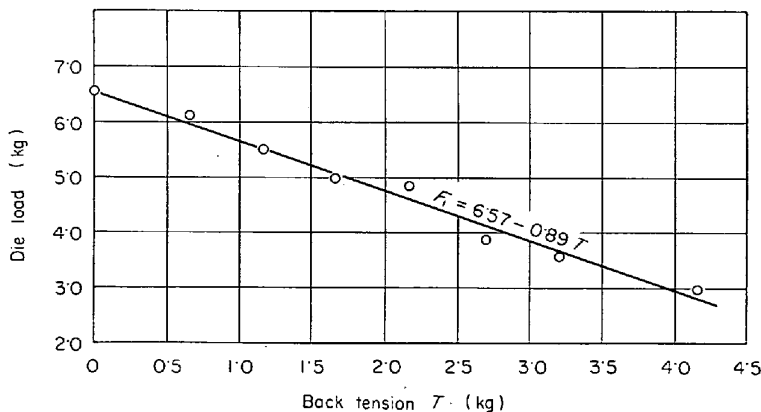


Fig. 13 Relation between die load and back tension.

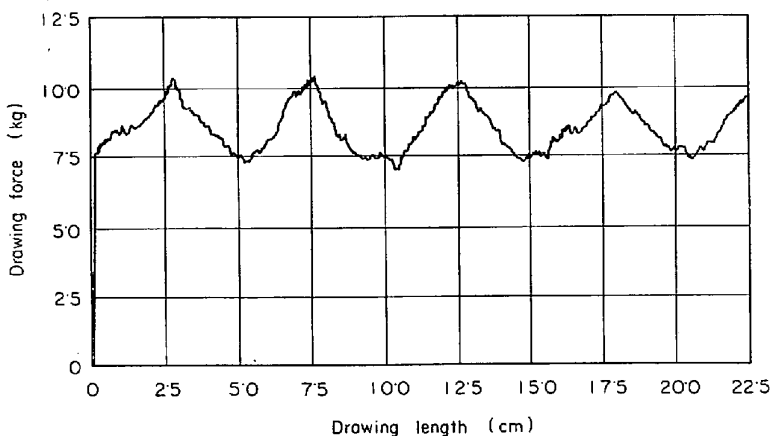


Fig. 14-1. Change in drawing force when changed the back tension continuously from 0.5 to 3.0 kg for 15sec.

の変化を Fig. 16 に示す. これらの条件で引抜いた場合の 20 cm ごとの線径の測定結果を Fig. 17 に示す. 図で逆張力を変化させた場合にはいずれもある範囲にわたって測定結果がばらついているが, これは逆張力が変化した場合にはダイスに衝撃的な力が作用するために線径

が所々変化することによるものと思われる. (現場的には「びびり」と呼んでいる.) この結果から逆張力なしの場合には線径は変化せず逆張力を変化させた場合に線径が変化しやすいことがわかり, 逆張力を変化させた場合には逆張力一定の場合に比べてダイスが摩耗しやすいことが定性的にはわかる. しかし逆張力の変化速度と線径の太りについての量的な関係は得られていない. このことについては今後さらに研究を進める必要がある.

5. 考 察

Fig. 6-1~6-3 の結果は V_2, V_3 を一定にして V_1 を変化させた場合, V_1 が小さくなるに従って No 9-No 10 ダイス間の線の張力が大きくなっていることを示しており, 図の左側の破線の電圧に達したとき, ダイス内部での軸方向の引張荷重が線の破断荷重に達し断線を生じたものと思われる. したがって, この伸線機では V_1 および V_2 を適当に選ぶことにより線の張力をある値に保持することができ, 伸線速度も広範囲に無段階に変化させることができる. また伸線速度および線の張力は VC モータの特性から考えて, V_1, V_2, V_3 のほかにも M_1 の速度調整器の設定すなわち No 9 ダイスの前での線の張力および V_4 によっても変化すると考えられ, Fig. 6-1~6-3 における各点のバラツキもこれらの影響が出たためと考えられる.

さらに Fig. 7~9 の結果より VC モータは負荷の変化に応じて自動的にその回転数が変化していることがわかるが, このことは VC モータの特性からもある程度予想できることである. 本実験の結果では 0.1 kg の負荷の変化に対して回転数が 7.5 rpm 変化したが, VC モータで駆動するキャプスタンによつて線を引抜く部分ではダイスの摩耗によつて伸線条件が変化しても, 回転数が変化することによりキャプスタン上の線を常にノンスリップの状態に保つ作用をしているものと予想できる. また伸線中, 線の張力は常にいくらか変動しているのであるが, VC モータの作用によつてこれを緩和することができると思う. したがって, この伸線機では従来のスリップ型伸線機で達成できなかった高速かつ安定した伸線作業が可能であろう.

Fig. 10-1 および Fig. 10-2 は張力の平均値の変動状態とダイスの摩耗の関係について調べたものである. Fig. 10-2 のような場合変動幅の影響も考えられるが,

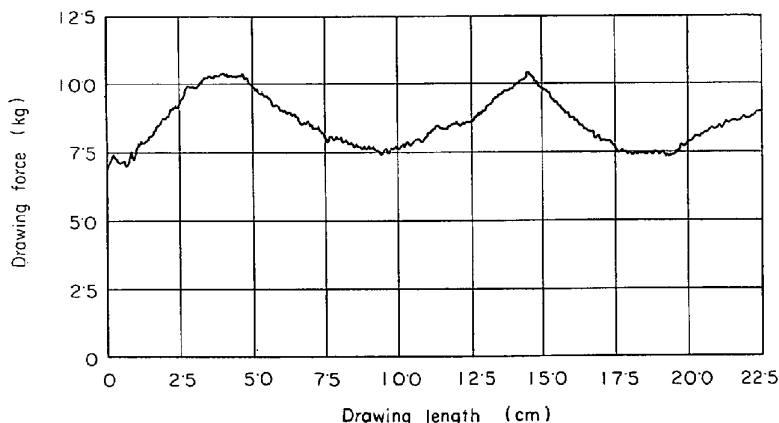


Fig. 14-2. Change in drawing force when changed the back tension continuously from 0.5 to 3.0 kg for 30sec.

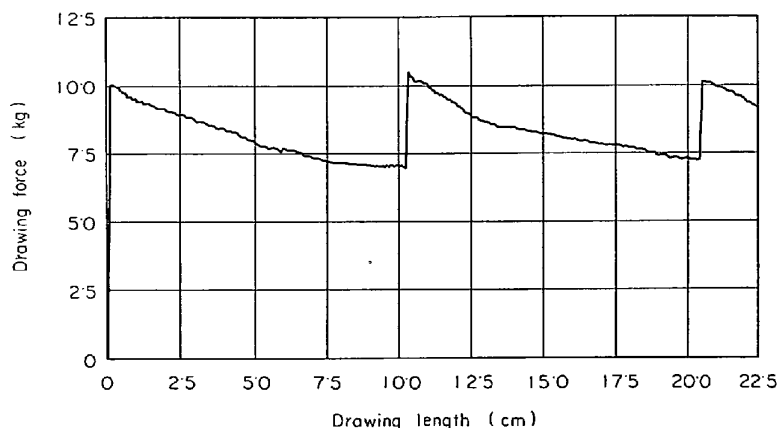


Fig. 14-3. Change in drawing force when changed the back tension continuously from 0.5 to 3.0 kg for 60sec.

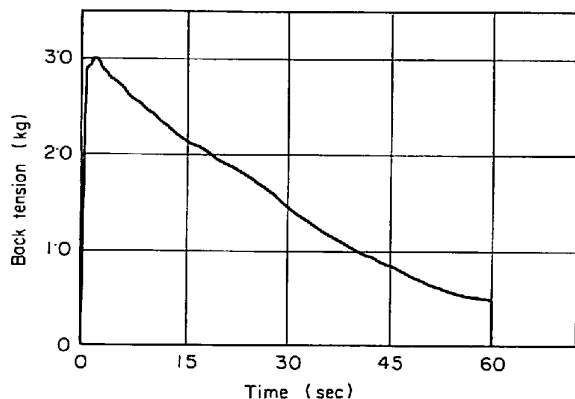


Fig. 15. Change in back tension when changed from 0.5 to 3.0 kg for 60 sec.

図からわかるように張力の平均値が安定しているときには変動幅も小さく安定しており、この結果から張力の平均値が一定のときはダイスの摩耗は少なく張力の平均値が不安定なときにダイスが摩耗しやすいと言える。なお Fig. 11 から定常運転の間は伸線時間の経過によつてダイスが摩耗することは少ないことがわかる。すなわち始動の際 1 000m/min の運転速度に到達するまでが引抜条件が変化しやすく不安定な状態にありダイスが摩耗しやすいものと推察される。これらのことから引抜中に張力が変動した場合に摩耗が起こりやすく伸線時間の経過による影響は比較的少ないことがわかる。また非常に引抜速度の小さい引抜実験においてわずか 30m 引抜く間に逆張力の変化によつてダイスが摩耗したことから考えれば、ダイスの摩耗は伸線速度、伸線長さには直接大きく影響されず、引抜中に張力が変化した場合すなわちダイス内部における線とダイス壁面との接触状態が変化して引抜面に衝撃的な力が加わる場合に起こりやすいと言える。すなわち引抜中にダイス推力が変化する場合は一定のダイス推力で引抜く場合に比較してダイス孔径がはるかに大きくなることを示された。

これらの結果を考慮すると、実際の伸線作業におけるダイスの摩耗は大部分が所定の運転速度に到達するまでの初期運転の段階で起こり、定常運転になつてからのダイスの摩耗は案外少ないものと推察される。このことは伸線機の始動を緩慢に行ない、急激な始動を回避するという実際作業上の教訓ともよく一致するものである。

6. 結 言

1) VC モータは伸線中、引抜力の変化に応じて自動的にトルクと回転数を変化し、線を常にノンスリップの状態に保つ作用をするから、従来の伸線機に比較して高速度の伸線作業を可能にする。

2) ダイス推力が一定の状態線で引抜く限りダイスの摩耗は案外少なく、引抜中、ダイス推力が変化すると摩耗が発生しやすい。

文 献

1) 五弓勇雄：日本金属学会誌，31 (1967) 1, p. 83

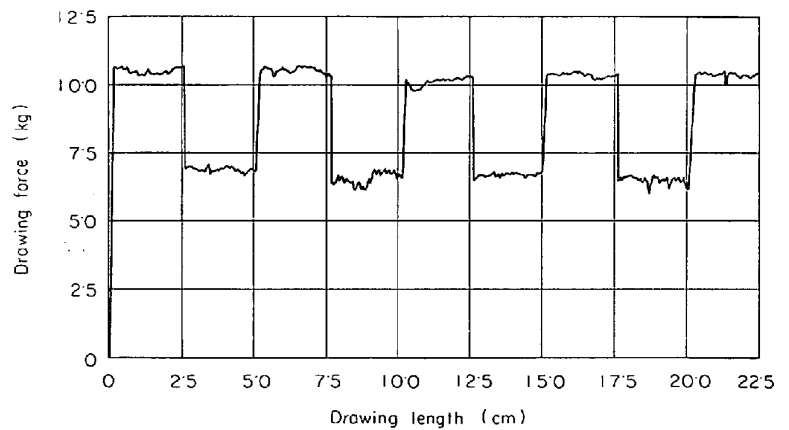


Fig. 16. Change in drawing force when applied the back tension of 3 kg alternately every drawing of 2.5 cm.

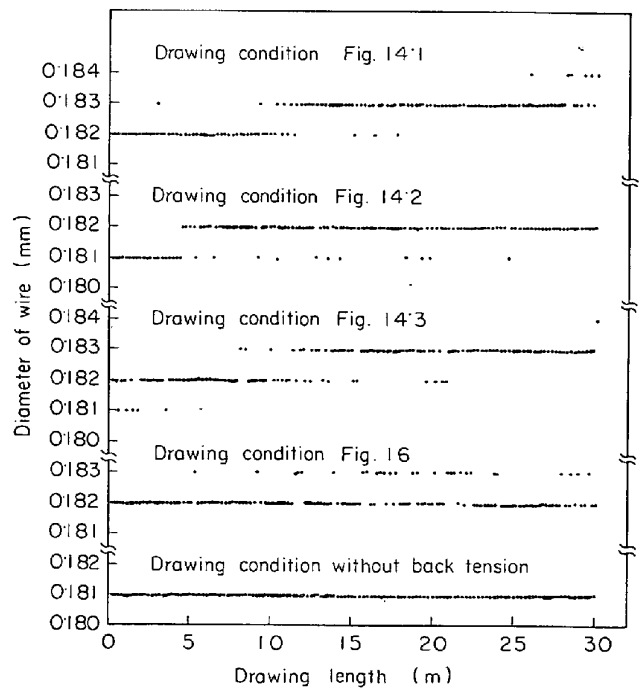


Fig. 17. Change in diameter of wire when changed the back tension during drawing and drawn without back tension.

~89

2) 鈴木弘，橋爪伸：生産研究，7 (1955) 6, p. 121 ~126
 3) 中村寛：塑性と加工，7 (1966) 64, p. 237~242