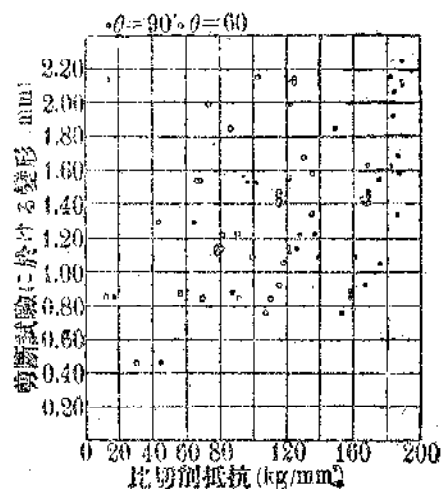
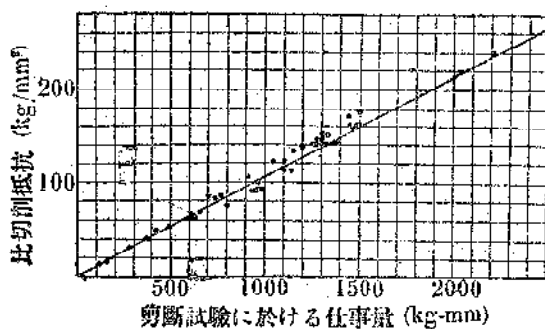


第 41 図



第 42 図



第 43 図

ネジの精密工作

阪大工学部助教授 津 和 秀 夫

1. 緒 言

ネジとしては機素を接合するために用いる締め付けネジと、機素の運動を行わせるために使われる送りネジとの別がある。前者はその工作精度はさして高いことを要求せられるのではないが、後者は回転運動を直線運動に変える為に用いられるもので、例えば旋盤の親ネジ、マイクロメータネジなどのように正確な送り運動を生命とするものが多い。このような目的に用いられるネジとしては形状寸法に高い精度が要求せられるのであつて、その目的のために種々の精密工作法が採用せられている。又ネジは機械要素としては最も廣く互換性を要求せられるものであるため、たとえ運動の正確さはほど要求せられない締め付けネジに対しても一定の寸法限界内に入れるためには或る程度の精密工作を必要とするものであ

る。

ネジの工作法として現在採用せられている方法を挙げれば次のようになる。

- (1) 旋 削
- (2) タップ及びダイスによる工作
- (3) フライス仕上
 - 単山ネジフライスによるもの(長床ネジフライス盤)
 - 多山ネジフライスによるもの(短床ネジフライス盤)
- (4) 創生法
- (5) 研 削
 - 単山砥石車によるもの
 - 多山砥石車によるもの
 - 心ナシネジ研削

- (6) 転造 { 平ダイスによるもの
 { ロールダイスによるもの
- (7) ラッピング

以上の方法が工作物に要求せられる精度、工作物の寸法形状、材質、生産性等の条件に応じて用いられる。

ネジの精密工作法としてはどの種類の工作法が入るかという劃然たる区別は設けられないが概念的には研削以下の工作法は精密工作の部類に入れてよからうかと考えられる。ここでは研削以下の工作について極く概念的にその工作法のあらましを述べることにする。

2. ネジの研削

2.1 ネジ研削の方法

ネジ研削の方法としては次の3種類のものが挙げられる。

- (1) 単山砥石車 (single-ribbed wheel) による研削 (外径及び内径)
- (2) 多山砥石車 (multi-ribbed wheel) による研削 (外径及び内径)
- (3) 心ナシネジ研削 (centerless thread grinding)

ネジ研削は発明せられてから余り長い期間を経過していないが、その進歩発達と普及とは著るしいものがある。その理由とするところはこの工作法が以下に示すような多くの長所を有するためである。

- 1. 熱処理によるヒズミを取り除き精度の高いネジを容易に得ることができる。
- 2. 容易に製品に高度の互換性を興えることができる。
- 3. 製品の精度が高いため摩耗が少く寿命が永い。
- 4. 素材丸棒から直接研削をするときには他の工作法によるよりも却つて経済的に普通ネジを生産することができる。

2.2 単山砥石車による研削

2.2.1 砥石車

ネジ研削に用いられる砥石車としては次のような性能を具備したものでなくてはならない。

- 1. 粒度細く、仕上面が良好なもの
- 2. 使用中の損耗は少く、正確なネジ山の得られるもの
- 3. 切味が良く、工作に当つて過度の熱を発生しないもの
- 4. 砥石の厚さがうすくても破損の恐れのないもの
- 5. 形直しによつて正確な輪廓時に山及び谷の丸味を精密に造り出すことのできるもの

砥石としては、カーボランダム又はアランドムの粒度細く硬さの高いピトリフアイト砥石やレジノイド砥石

が用いられる。ピトリフアイトは粗仕上に適し、レジノイドは仕上研削に適している。粒度の細い砥石を使用する関係上、組織までも余り細くすれば切れ味が甚だしく失われるので、組織としては中程度或はやや粗いものが良い。

実際作業に於ける砥石の選択は以上の事柄を基礎とし工作物の材質、硬度、太いさ、ネジの種類によつて適当なものを用いる。例えば谷の中によつては粒度と組織を変化させる必要がある。すなわち 1 表に示すように谷の

1 表

谷 の 巾		粒 度	
inch	mm	ピトリフアイト 砥 石	レジノイド 砥 石
0.003	0.075	220	180
0.004	0.10	180	150
0.005	0.125	150	120
0.006	0.15	120	120
0.007	0.175	120	100
0.008	0.20	100	100
0.009	0.225	100	90
0.010	0.25	90	90

巾が小さい程粒度を小さくし、或は組織を密にして正確な形状に砥石車を形直し出来るように計る。普通粒度 #100~300 硬さ I~M のものが用いられる。

2.2.2 砥石車の形直し

ネジ研削では砥石車の輪廓形状を工作物に直接移すのであるから、砥石車の断面形状は極めて正確に所定の寸法形状を保たせねばならない。そのため砥石車の形直しはネジ研削作業では最も重要な問題である。

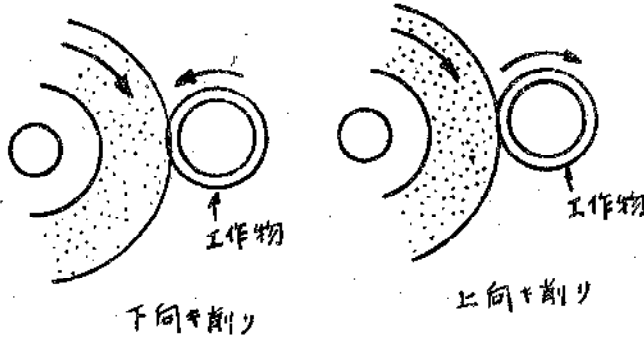
単山砥石車の形直しには主としてダイヤモンドドレッサが使用せられ、各機械によつて尖々特徴のある装置を用いダイヤモンドドレッサが正しいネジ山の輪廓形状を削り出すよう工夫せられている。

2.2.3 研削速度

砥石車の周速度は高い程、砥粒当りの切込は小さくなる。言い換えば砥石車を構成する各砥粒の受ける力は小さくなる。そのため砥粒のはく離は少く、砥石車は工作の終りまでも最初のままの正確な寸法形状を保つということになる。そこでネジ研削では通常の研削作業よりも高い度で研削を行い、通常 2500~3500^m/min 程度であるが時には 4000^m/min 程までにすることもある。工作物が焼入鋼のとき、或は仕上研削の時には低速の方を用いるのが良い。

2.2.4 工作物の回転方向と周速度

砥石車と工作物の回転方向の関係は通常普通の研削作業と同様に同方向をとる上向き削り (up-cut) であるが、最近米国では1図のように逆方向とする下向き削り (climb cut) の方法も用いられている。下向き削り



第 1 図

の時には作業能率が高く仕上がりが良くなる利点がある。

工作物の周速度は材料やネジの大きい種類、切込の大きさによつて異つており一概には言えない。中程度のピッチのネジの工作には 3 m/min 位が普通である。しかし焼入れた高速度鋼を研削するときには切込を小さくして $6 \sim 8 \text{ m/min}$ とすることもあり、又切込を大きくして工作物の周速度を $0.5 \sim 2 \text{ m/min}$ 位に落すことも行われる。直接丸棒から研削する時には、切込を大きくして低速度で工作物を回転させて工作回数を減少させる方が*

* 砥石の損耗を少なくさせることが出来て有利である。例えば時 20山のネジ(山の高さ0.032吋)を1回の作業で研削する時には工作物の周速度は $0.4 \sim 0.6 \text{ m/min}$ とする

2.2.5 切 込

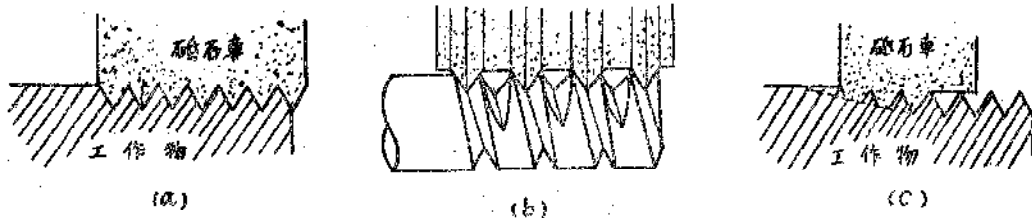
1回の切込量は荒仕上の時には適当な砥石車を使用し工作物が過熱しない限りは、 $0.4 \sim 1 \text{ mm}$ として良い。丸棒から研削をする時最終の仕上げ研削には切込は最低 0.04 mm とする。以上は大体の規準であるが、実際問題としては機械の種類、工作物材料、仕上げの程度などによつて異なるべきであり、荒仕上げの時には研削の火花が工作液の流れの間から少し認められる程度であるのが良い。

2.2.6 工作液

工作物が熱せられると膨張し精度の高いネジを製作することが出来ないので実際の作業に当つては此の点に特に留意する必要がある。それには適当な砥石車を用い、上に述べたような適当な工作条件で作業を行うことは勿論であるが、優良な工作液を多量に注ぐことが必要である。工作液としては乳化油や軽油、石鹼水、などが使用せられる。工作液中に切くずが混入すると仕上がりを悪くし砥石の壽命を損じるので工作液は充分に濾過する必要がある。又ダイヤモンドドレッサを用いて目直しを行う時には、砥石面に工作液があるとダイヤモンドを摩耗させることになるので注意が肝要である。

2.3 多山砥石車による研削

多山砥石車によるネジ研削の方法としては3種類が挙げられ次のように分類せられる。*



第 2 図

**A、突込研削 plunge-cut grinding

1. ネジの各山毎に山を持った砥石車によるもの (2図(a))
2. skip-ribbed wheel によるもの (2図(b))

B. 横送り研削 traverse grinding

(a) 図の方法は普通のもので長さが砥石車の幅以下のネジに用い、工作物が半回転する間に全体の切込が與えられ、次の1回転で研削作業が終了する。

(b) 図の skip-ribbed wheel では工作物が2回転半する間に工作が完了する。これでは砥石車の山の間平坦部があるので形直しが楽であるので、形直しの困難な作業、例えばレジノイド砥石の時、又はネジのピッチ

が非常に細い時、或いは精度の高い作業をしようとする時に有利である。又この砥石車を利用する時は砥石車の各部分に工作液を潤沢に注ぐことが出来るので仕上がりが良好で切味も良い。そのため工作物の速度を上昇させることができ、特に硬い材料を研削するのに好結果を與える。

(c) 図の方法はダイスの切れ刃と同じような具合に砥石車の3枚の山の各々が全研削量を分担しているものである。第1の荒仕上用ネジ山では全研削量の3/5を研削し、第2のもので 0.12 mm だけ残して全仕上げ量を研削し、最後の山で仕上げを行う。そして必要があれば、第4の平坦部分でネジの峰の部分を上上げる。この精度

は単山砥石車による方法程度に高くでき、生産性もまた優れた方法である。

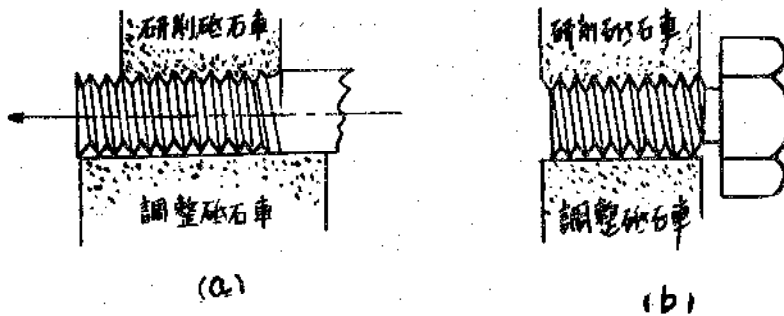
多山砥石車によるネジ研削で最も困難なことは砥石車の形直しである。形直しには尖端の尖ったダイヤモンドドレッサも用いられるがクラツシローラが主として使用せられる。クラツシローラはネジ山と同じ大いさの多条溝をもつたローラで、良質の鑄鉄又は焼入鋼で造られている。砥石車を 150~160rpm、程度の低速度で回転させ、軽くクラツシローラを押し当てて形直しを行う。

2.4 心なしネジ研削

心なしネジ研削は戦後米国に於て発明せられた新しい技術であるが米国では既にかんりの普及を見ており、精

2 表

切 削 ネジ	心なし研削ネジ
ピッチ誤差は1"につき0.003"	1"につき0.0005" 時には0.0001"
外径と有効径とが同心でない	全長に亘り同心
ダイスに切くずが詰ること、切削後の焼入による歪、および素材のテーパによつて外径が一定でない	外径が一定
ネジ面の粗さが大	ネジ面は貞直で滑らか
ネジ山の角度が不正確	角度が正確



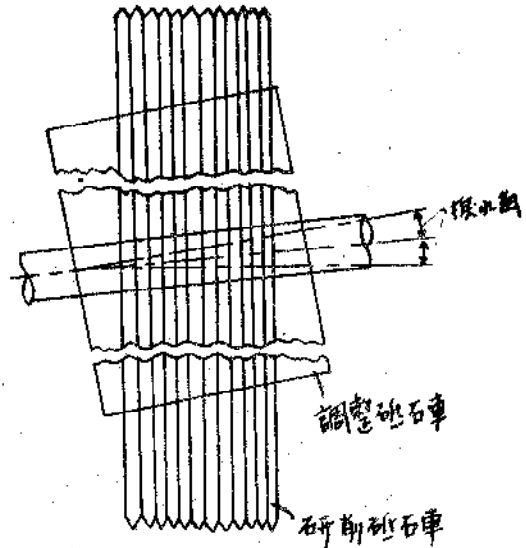
第 3 図

度の高いネジの多量生産に用いられている。ネジとして最小1/4"から最大5"程度のものにまで応用せられ転造を除けば最も多量生産的な方法である。心なしネジ研削によつて得られたネジは切削ネジに比して幾多の長所を有している。2表に両種の工作法の比較を示す。

心なし研削と同様に通り抜け送り through-feed と切り込み送り in-

feed の2種類の方法ある。(3図)

4図は通り抜け送りの時の工作物と砥石車の関係を示す。調整砥石車 regulating wheel は研削砥石車の軸に対してネジの振れ角の2倍だけ傾ける。この方法は頭の

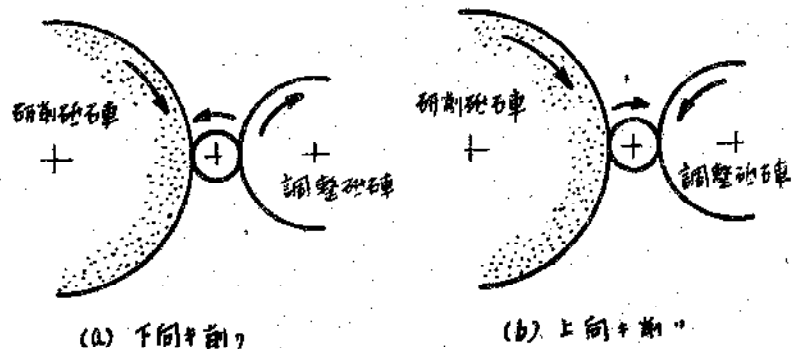


第 4 図

ないネジに應用せられるが甚だ生産的で1例を上げれば焼入鋼の1/2"のネジを丸棒から仕上げるのに砥石車の間を 30~35inch/min の速度で1回通り抜ければ良いのであり、これは長さ1/2"のネジの時には1分間の生産量は実に 60~70 本に当る訳である。

切り込み送りの時には工作物が最初の1/4回転の間に全切り込みが與えられ次の1回転でネジ山が完成するのであるから、結局1/4回転する間に1本のネジが研削せられる訳である。

下向き研削は一般の心なし研削に用いられる方法であるが、心なしネジ研削ではこの方法以外に上向き研削も実施せられている(5図)。上



第 5 図

向き研削による時の利点として次の事項が挙げられる。

- (1) 工作物の周速度を約 30% 上昇させることが出来る。
- (2) 砥石車の目直しまでの時間を延長することが出来る。
- (3) 工作物は支え板にしっかりと支えられてビビリの発生が少い。
- (4) 工作物の回転運動は調整砥石車によつて制御されるので、研削砥石車はこの運動に無関係となり正確なピッチのネジが研削出来る。

3. ネジの轉造

3.1 平ダイスによる轉造

この方法は古くから行われて来たものであり、主として小ネジ類の多量生産に応用せられているが製品の精度が良くないのでここでは省略することとする。

3.2 ロールダイスによる轉造

2.2.1 轉造の方法

轉造の方法としては次の3種類が挙げられる。

- (1) 2本のロールダイスを使用するもの
 - (a) Pee Wee 式
 - (b) 山本式
- (2) 3本のロールダイスを使用するもの
- (3) 遊星式ネジ轉造 planetary thread rolling

6図にこれ等の方法を示す。

Pee Wee 式のもの約10年前最初に発明せられたもので基本的なものとして最も普及している。山本式はこ

れを更に一層多量生産的としたものである。3本のロールダイスを使用する方法は主として米国に於て最近発達した方法であり、心ナシネジ研削の通り抜け送りのように一方よりネジ素材を送り込みこれがロールの他端から出る間に転造作業を終るもので、連続的に工作でき多量生産の実を挙げうる点、工作物の長さに制限のない点等の長所を持っている。

遊星式ネジ轉造は精密小ネジを多量生産することを目的として造られた自動機械で図に示すように3ヶ所で転造作業が行われ、米国に於て航空機自動車発動機等のネジの多量生産に使用せられている。

3.2.2 素材の直徑

ネジの轉造では素材の直徑が適当な値をもつことが重要な問題である。素材の直徑が大き過ぎればネジの有効径が大になるし、逆に小さすぎるときはネジの外径が小さくなる。

ネジの素材の直徑を求める式としては種々の式があるが、東京工大山本氏⁽¹⁾の発表した式が現在最も実用的であるので以下に略述する。素材の直徑 d_1 の上および下の限界寸法は次の式によつて求める。

$$d_1 = \left\{ d - F + (\delta + \Delta\delta) \right\}_{-f_k}^{+0}$$

ここに d = 規格有効径

$$\delta = 0.1109 \frac{P^2}{d} - 0.0080P$$

……………メートル標準山形

$$= 0.1017 \frac{P^2}{d} + 0.0025P$$

……………メートル改正山形 (臨JES)

$$= 0.1083 \frac{P^2}{d}$$

……………ワイト標準山形

P = ネジのピッチ

$\Delta\delta$ = ネジの縦伸びによる誤差 (3表)

f_k = 素材径の工作誤差 (4, 5表)

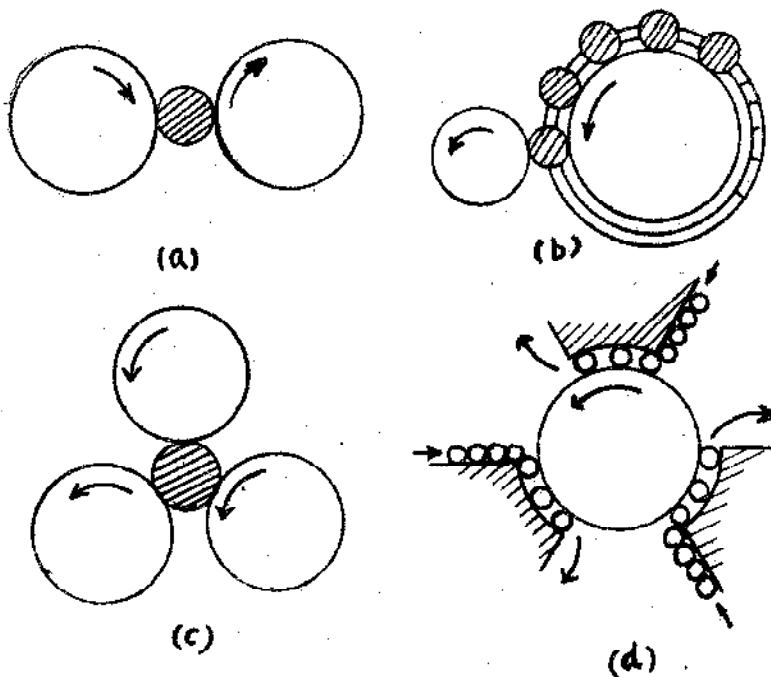
$$F = f - f_c - f_k \quad (4, 5表)$$

f = 規格有効径公差

$2f_c$ = 1本のネジでの有効径のちり

3.2.3 ロールダイス

ロールダイスは工作中に強い圧力と高い温度を受けるものであるから材料としても耐熱性耐摩耗性をもつたものでなくてはならない。又硬さも大で韌性のある材料でなくてはならない。このために材料としては軟鋼および非鉄合金のネジ轉造には炭素鋼または低合金鋼を、快削鋼



第 6 図

3 表 $\Delta\delta$ の値 mm

材 料	並 目 ネジ	細 目 ネジ
銅	0~0.01	0.01~0.02
黄 銅	0.01~0.02	0.02~0.03

4 表 並目ネジに対する F および f_k の値 mm

ネジの称呼		F				f_k			
メートル	ウイット	1 級	2 級	3 級	4 級	1 級	2 級	3 級	4 級
3, 4	3.5, 4.5	0.02	0.04	0.05		0.02	0.03	0.04	
5	6	0.03	0.05	0.06	0.07	0.02	0.03	0.05	0.07
8, 10	$(\frac{1}{4}), (\frac{5}{16}), \frac{3}{8}$	0.04	0.06	0.08	0.10	0.02	0.03	0.05	0.07
12, 14, 16	$\frac{7}{16}, \frac{1}{2}, \frac{9}{16}$	0.05	0.07	0.09	0.11	0.02	0.04	0.07	0.09

5 表 細目ネジに対する F および f_k の値 mm

ネジの称呼		F				f_k			
メートル	ウイット	1 級	2 級	3 級	4 級	1 級	2 級	3 級	4 級
4, 4.5, 5, 6		0.03	0.04			0.02	0.03		
8	10	0.03	0.05	0.08	0.10	0.03	0.03	0.04	0.05
10	11, 12	0.03	0.07	0.09	0.11	0.03	0.03	0.04	0.06
12~17	13, 14, 15	0.04	0.08	0.10	0.12	0.03	0.03	0.05	0.07

中または高炭素鋼、合金鋼、熱処理鋼、ステンレス鋼に対しては高合金鋼または高速度鋼を使用する。普通に最もよく用いられているものはクロム鋼である。硬さはシヨア-80~85とする。

ロールダイスの外径 D_A 、有効径 D とすると、Pee Wee 型のネジ製造盤では

$$D_A \leq 150 \text{ mm}$$

又両軸間の最少距離は 125mm であるから

$$2 \left(\frac{D}{2} \right) + \text{製品有効径} \geq 125$$

でなくてはならない。この条件を満足させるためにはロールダイスとしては工作ネジの直径の整数倍の直径をもつ多重ネジとしなくてはならない。

$$150 \geq (nd + d) = (n+1)d \geq 125$$

d : 製品ネジ有効径

n : 整数

となるような n を選び nd をロールダイスの有効径 D と

し n 重ネジとする。

$$D = nd$$

2.2.4 鑄造作業

圧力は工作ネジのピッチの大きさ、ネジの長さ及び材質の硬軟によつて適当に変へるべきで大体の標準を示せば 6 表のようになる。

6 表

ネジのピッチ mm	ネジの長さ 10mm についての 圧力 kg
0.5~0.8	500
0.8~1.0	800
1.0~1.5	1000
1.5~2.0	1100
2.0~2.5	1300
2.5~3.0	1500

ロールダイスの回転数は Pee Wee 型の機械では 2 段に変速され 36r.p.m. のものは抗張力 80kg/mm^2 以上の材料またはピッチ 1.5mm 以上のときに使用し、

7 表 sec

ネジ部の長さ	転造ネジのピッチ mm				
	0.75~1.0	1.25	1.5	1.75	2.0
10	4	5.5	6.5	7	8
20	5.5	7	7.5	8	9
30	7	8	8.5	9	10
40	7.5	8.5	9	10	11
50	8	9	9.5	10	11.5
60	8	9	9.5	10	12

ロールダイス 回転数 38rpm

58r.p.m はその他の場合に使用する。

工作は製品ネジの有効径が規定のものとなつたときに中止せられるべきで、そのためには自動寸装置が設けられている。工作時間は高抗張力、低延伸率の材料、ピッチの大きいネジでは必然的に長くなる。抗張力 100kg/mm^2 延伸率 8% 以上の鋼に対する転造時間を示すと 7 表のようになる。

3.2.5 轉造ネジの特徴

ロールダイスによるネジ転造の有する利点として次の諸点があげられる。

- (1) 精度の高いネジを多量生産することができる。
- (2) 仕上面が滑かである。
- (3) ネジの疲労強度引張強度が増大する。
- (4) ネジ山は加工硬化によつて耐摩耗性を増す。
- (5) 脆性変形であるため製品の歩留りが高い。

8 表は種々のネジの工作法を比較したものである。

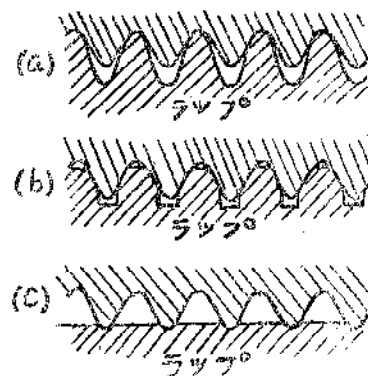
8 表

工 作 法	精 度				仕 上 面	生 産 量	
	等 級	有効径mm	ピッチmm	角度(半角)			
切 削	チエザ ダイス	JES 2 級	0.1	0.08	± 60'	鱗 状	100
	ダイス	JES 2 級	0.1	0.05	± 30'	鱗 状	20
	フライス	JES 1 級	0.06	0.02	± 25'	平滑痕あり	20
	研 削	ゲージ級	0.01	0.01	± 10'	平 滑	10
転 造	平ダイス	JES 2 級	0.1	0.04	± 25'	鏡 面	1000
	ロールダイス	JES 1 級	0.2	0.01	± 20'	鏡 面	300

4. ネジのラップ仕上

ネジを精密仕上する方法としてラップ仕上を行うことが以前はよく行われたのであるが、現在ではネジ研削及びロールダイスによる転造の方が大いに発達し、精度と多量生産性が非常に高まつたので、ラップ仕上げはこれ等の方法によつて代えられ段々行われなくなつて来た。ネジのラップ仕上げは総て手作業であるので熟練を必要とすること、ラップ製作が容易でないこと、生産的でないことのような欠点を持つている。しかし、ネジ研削盤やネジロール盤の設備のない工場で精密ネジを生産するときには旋盤などを用いて手軽に作業が出来るのでこの様ときには使用せられている。

ネジのラップ仕上の作業は丸棒や穴のラップ仕上と同様な方法で鑄鉄のラップを用いて行われる。



第 8 図

ラップとしては通常 3 種類のものを使用し、7 図(a)(b)(c)に示す様に谷、斜面、外径と 3 つの工程に分割してそれぞれを別個にラップ仕上を行う。

文献 (1) 山本 晃、機械の研究、1 巻 8 号(1949)