

# 冷間転造歯車についての二、三の実験

久野 精市郎

## Several Experiments for Cold-Rolled Gears

Seichiro KUNO

This paper deals with the cold-rolled gears by forming racks. Aluminium is used as the material. The results are as follows;

- (1) Outside diameters of gear blanks are cleared in respect to module, number of teeth and face width.
- (2) Tangential forces of rolling are searched and the equations between the rolled face and the depth of push per tooth are obtained experimentally.
- (3) Inclinations on the gear foldings are investigated on the respect of rolling conditions.

### 1. ま え が き

ラック型工具による歯車の転造では、インボリュートスプラインなど低歯のものはすでに実用化されているが、標準歯車の転造についてはその詳細は明らかでない。

ここでは歯車の素材をアルミニウムとして  $1m$ ,  $1.25m$ ,  $1.5m$  についての二、三の実験を試みた。

まずモジュール、歯数、歯巾について歯車の素材外径の値を求めた。つぎに転造推力の値を求め、工具の押込量との関連で実験式を導いた。また転造に特有のまくれ込みの高さを転造速度、押込量等の関連で検討し、その傾向を明らかにした。

### 2. 装置および条件

転造装置はテーパ型のラックを両側にもつ油圧駆動式で、その外観を図1に示す。ラック工具は両側が等速で

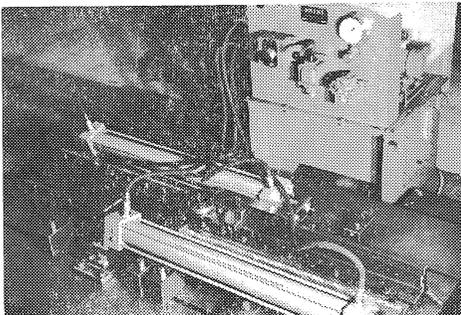


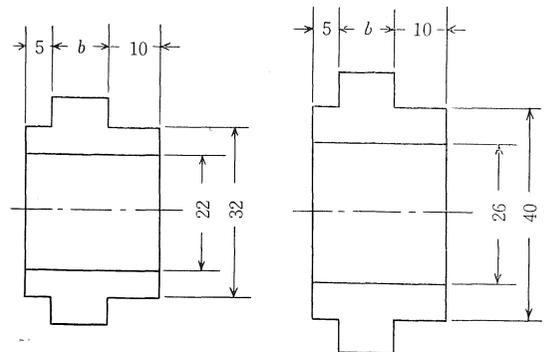
図 1 転造装置

表 1 ラック工具の寸法

モジュール	1		1.25		1.5	
テーパ部の長さ	550	450	550	450	550	500
正規工具部の長さ	250	350	250	350	250	300
テーパ部の高さの差	2.0	2.0	2.4	2.4	2.9	2.9
工具の略号	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>

表 2 素材の形

モジュール	1	1.25	1.5	1	1.25	1.5
歯 数	40	32	27	50	40	33



$b = 5, 10, 15$

移動するように別のラック・ピニオンで連動してある。工具の材質は SKD11 で切削後歯面を高周波焼入れして、HRC52~55とした。その形状を表1に示す。

素材は A2B2とした。また1*m*、1.25*m*、1.5*m*につき歯数は各々2種とした。それらの形状等は表2に示す。

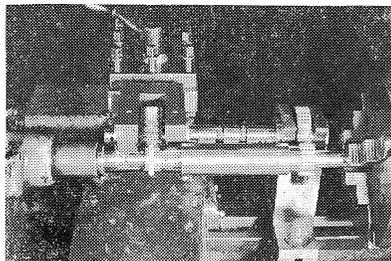


図 2 割切り装置

転造は自由駆動方式としたため、素材の割り切りが必要であるが、転造に先だってこれを図2の装置で割り切りした。割り切りおよび転造にはすべて潤滑剤としてシエル GARIA oilを使用した。

表 3 転造歯車の素材外径

モジュール	歯数	歯巾	素材外径	盛り係数	側面へのはみ出し量, $V_{mm^3}$	側面へのはみ出し量, $v_{mm^3}$
1	40	5	41.40	0.30	494.0	12.35
		10	41.00	0.50	737.6	18.44
	50	5	51.50	0.25	658.0	13.16
		10	51.10	0.45	968.5	19.37
1.25	32	5	41.80	0.28	640.6	10.25
		10	41.30	0.48	658.1	10.53
	40	5	51.85	0.26	805.5	10.31
		10	51.35	0.46	1227.3	15.71
1.5	27	5	42.70	0.27	801.0	8.79
		10	42.10	0.47	1220.2	13.39
	33	5	51.75	0.25	991.2	8.90
		10	51.15	0.45	1519.2	13.64

注  $v$ は単位モジュール、一歯当りの値で  $m^2Zv = V$ とした。

### 3. 実験および結果

#### 3.1 素材外径

1*m*、1.25*m*、1.5*m*につき、歯数を各2種、歯巾を5、10の2種とした。まず図2の装置で割り切りミゾをつけて後、図1の装置で線速度を0.8*m/min*に統一して転造した。

工具は1*m*では表1の*a*、1.25*m*は*c*、1.5*m*は*e*ラックを使用した。

素材外径は初めピッチ円直径の値として行い、これを次第に増加して、ラック工具の歯底に当たる部分の中が最初の素材巾の5または10になった時の外径の値を求めた。また素材外径 =  $(Z+2-K)m$ とした場合の盛り係数 $K$ を出し、これらを表3に示した。

つぎに、この素材外径のものを各項目についてそれぞれ5個製作して転造し、歯面の両側へのはみ出し部分を旋削した。この前後の重量差より側面へのはみ出し量  $V_{mm^3}$ を求め、更に1モジュール、一歯当りのはみ出し量を  $v = V/m^2Z$ として求め、各5個の平均値を表3に示した。

#### 3.2 転造力

表2のモジュールおよび歯数について歯巾10について行なった。割り切り後、表1に示すそれぞれのテーパ工具で転造し、線速度が0.5*m/min*になる時の値を圧力計でよみ取り、これから推力を換算し、単位歯巾当りの値を表4に示した。

表 4 転造推力の値

モジュール	歯数	工略具の号	一歯当りの押込量 $mm$	単位歯巾当りの推力 $t$		
				歯巾10	歯巾5	歯巾15
1	40	a	0.2285	0.073	0.080	0.067
		b	0.2792	0.085	0.088	0.078
	50	a	0.2856	0.085	0.096	0.078
		b	0.3491	0.093	0.104	0.086
1.25	32	c	0.2742	0.081	0.088	0.073
		d	0.3351	0.089	0.096	0.081
	40	c	0.3427	0.089	0.088	0.081
		d	0.4189	0.093	0.096	0.086
1.5	27	e	0.3325	0.097	0.104	0.089
		f	0.3658	0.101	0.114	0.094
	33	e	0.4064	0.097	0.104	0.091
		f	0.4471	0.101	0.114	0.097

注 工具の寸法は表1参照

つぎに工具のテーパの長さを  $l$ 、段差を  $h$  とすれば素材一歯当りの押込量は  $h\pi mZ/2l$  である。

この一歯当りの押込量を  $x\text{mm}$ 、単位歯巾当りの推力を  $yt$  とした場合の歯巾10の歯車についての各モジュール別の最確値は、 $x$  が 0.2~0.5 の範囲ではつぎのようになった。

$$1m \quad y=0.037+0.16x$$

$$1.25m \quad y=0.060+0.08x$$

$$1.5m \quad y=0.091+0.02x$$

また、歯巾5および15についても上と同様にして推力を求め、表4に示した。

### 3.3 まくれ込みの高さ

各モジュール、歯数について歯巾5および10について行った。素材の盛り部分がラックの歯底に当たらないよ

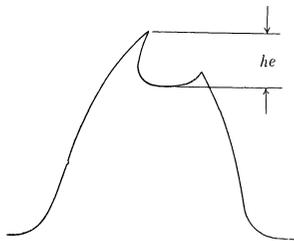


図3 まくれ込みの高さ

うに、その外径を表5の値とした。割り切り後表1の  $a\sim f$  のラックで、工具の移動速度を 0.3, 0.5, 0.8, 1.2, 1.8  $m/min$  の5種として転造した。

つぎに両側面へのはみ出し部分を、盛り部分が破損しないよう静かに削り取り、正規の歯巾とし、図3のように歯の中央部とまくれ込みの高さの差を工具顕微鏡で読み取った。これらの単位モジュール当りの値および単位モジュール・単位押込量当りの関係を図4、5に示した。

表5 まくれ込み用素材外径

mm		
モジュール	歯数	外径
1	40	39.5
	50	49.5
1.25	32	39.5
	40	49.5
1.5	27	40.5
	33	49.5

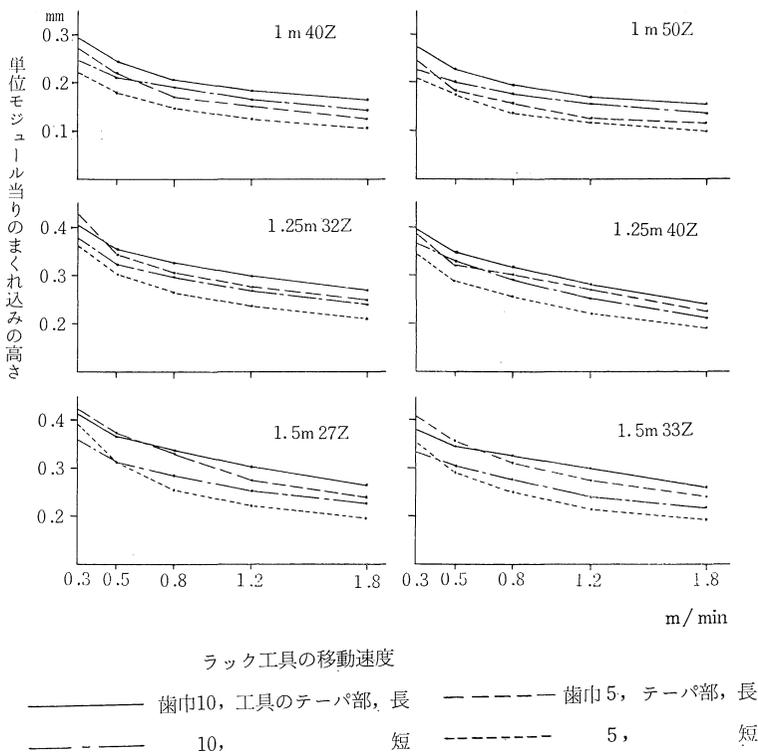
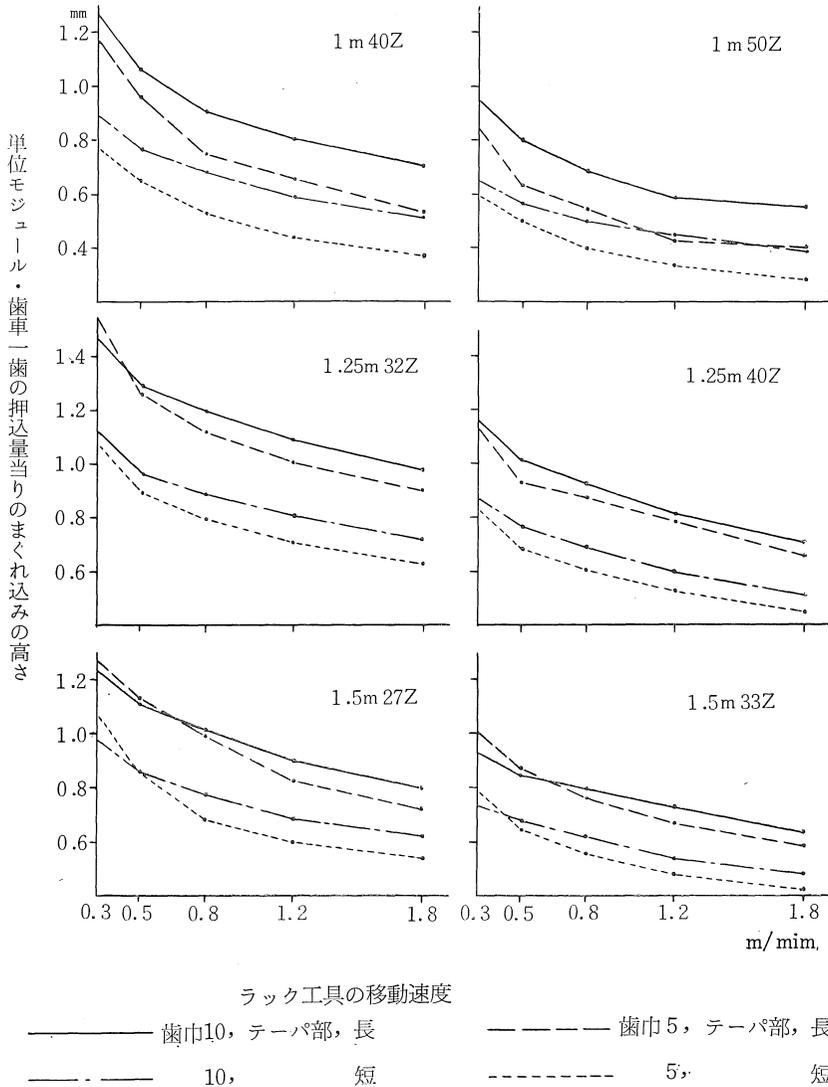


図4 まくれ込みの高さ



#### 4. 考察

##### 4.1 素材外径

- (1) 歯巾が小さいほど素材外径は大きくなる。これは素材の中心方向へ押し下げられる力が多く、材料が側面へ逃げやすいためと思われる。
- (2) 歯数と同じであれば歯巾5と10とでは素材外径の差はいずれも0.4mであった。すなわちこれはモジュールに関係なく、また他の歯数でも同じ差であった。
- (3) 製品外径と素材外径の差は、実験の範囲では歯数による影響は殆どない。しかし一歯当りの側面へのはみ出し量は、歯数の多い程やや多いという傾向になった。

- (4) 転造の前後で若干の重量差があった。この差は転造屑となって出たものと思われる。しかしこの量はごくわずかで0.05~0.2(1m巾5~1.5m巾10)グラム程度であり、盛上りを問題にするときは無視してもよい値と思われる。

##### 4.2 転造力

- (1) 歯数が多くなる程、またラックのテーパが急になる程推力は増大する。しかし単位押込量当りの推力はほぼ直線関係にある。
- (2) 推力の最大値はいずれもラックのテーパの終了部分で現れる。これは素材一歯当りの押込量と、素材が工具にくい付く部分の大きさの影響

と思われる。

- (3) 押込量と推力の実験式は歯巾10について求めたが、この場合の各実験値との誤差は2%程度である。またこの式と歯巾5および15の実験値との差はせいぜい10%程度であった。
- (4) 歯巾5の時は押込量に対して推力は多いめに、巾15では少なめになる。歯巾が10以上の場合はこの実験式により転造力を求めて差支えない。また歯巾が5程度に小さい場合には実験式に1割程度の増加を見込めばよいと思われる。

#### 4.3 まくれ込みの高さ

- (1) 歯巾5のまくれ込みの高さは巾10よりいつも少ない。またモジュールの小さい程この高さは小さいが、単位モジュール当りの値はいずれも大体似た傾向になる。
- (2) 速度が早くなると高さは減少する。装置の容量で $1.8m/min$ を最大としたが、大体この辺でグラフは平行に近ずいており、速度をこれ以上早くしても高さの底くなる割合は少ないと思われる。
- (3) ラック工具のテーパは急な方が、また歯数は大きい程まくれ込みの高さはやや小さくなる。図6に示すように単位押込量当りの値ではこの差がよりはっきり現れる。すなわち一歯当りの押込量の多い方がまくれ込みはやや少くなる。しかしこの問題は工具の強さ、製品精度等とも関連し、その方面との検討を要する。

#### 5. 結 論

- (1)  $1m$ ,  $1.25m$ ,  $1.5m$ のアルミニウム素材の歯車をラック形工具で転造する場合の素材外径の値が明らかになった。

また歯の側面への素材のはみ出し量の値がわかった。歯数が同じなら、歯巾5と10とでは素材外径の差は $0.4m$ であり、この差はモジュールが変わっても変わらない。

- (2) 各モジュールについての最小転造推力を求め、これより工具の押込量と転造力との実験式を求めた。一歯当りの押込量 $xmm$ 、単位歯巾当りの転造に要する力を $y$ とすれば

$$1m \quad y=0.037+0.16x$$

$$1.25m \quad y=0.060+0.08x$$

$$1.5m \quad y=0.091+0.02x$$

となる。

- (3) まくれ込みの高さは歯巾5の方が10の場合より小さい。またモジュールの小さい程その値は小さ

くなるが、単位モジュール当りの値は大体一致する。

ラックの速度が $2m/min$ 程度まではそれが早くなる程減少する。

またラックのテーパが急で、歯数の多い程、すなわち押込量が $0.2\sim 0.5mm$ 程度の範囲では一歯当りの押込量が大きい程その値はやや減少の傾向になる。

終りに素材の製作その他で御協力頂いた本学の永田、春日井、本庄の諸氏にお礼申上げる。

#### 参 考 文 献

- (1) Spline Produced Rapidly by new Cold-Rolling Process, Machinery 6 (1954) 223
- (2) 井上・歯車の冷間転造法、歯車の塑性加工(昭38) 8 養賢堂