

始



齒車の研究

株式会社大隈鉄工所研究課編
第一報

198
39

齒 車 の 研 究

第 一 報

齒切機械別に依つて切削された
平齒車の測定の結果に就て

昭和十六年四月

株式會社大隈鐵工所研究課

日本標準規格 B-5

998
39

531.6
0.55

齒切機械別によつて切削された 平齒車の測定の結果に就て

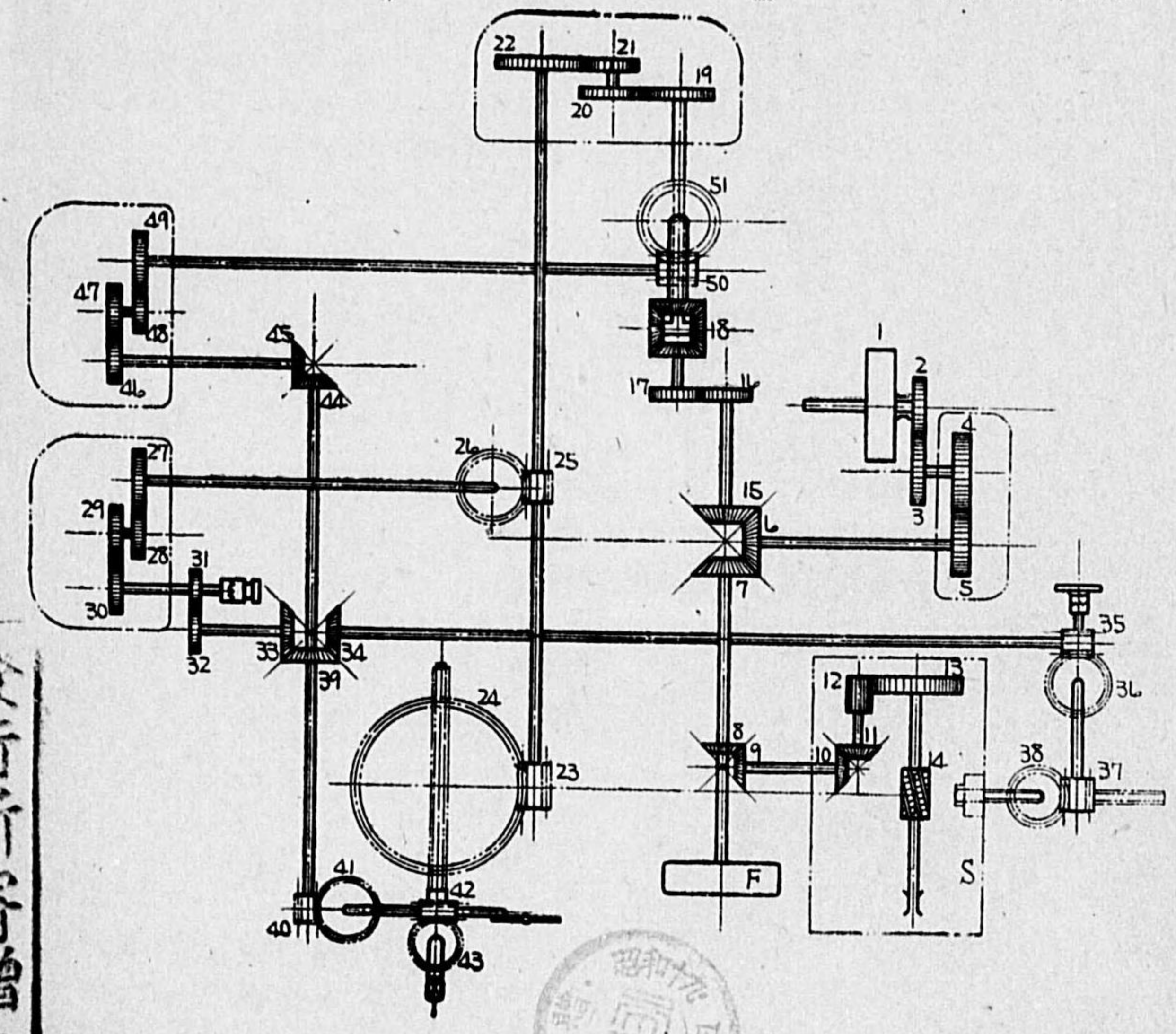
私共の工場に於て現在使用せる齒切盤の中から、三つの異つた齒切法を有するものを選んで、なるべく現在行つてゐる條件のもで切削した齒車の測定結果についての報告を致し、今後の参考に供したいと存じます。尙こ、では齒切機械に依つて切削齒車にどんな結果を生ずるかを調査しやうとして始めたものでありますから嚴

密な製作、測定及調査は今後續けて行ひたいと思ひます。勿論こ、では平齒車のみを取扱つたものであります。この平齒車を切削致します方法にしても數多くあるわけですが、創成齒切をなす最も廣く使用されてゐる三種の機械を選びました。

(A) 使用機械

使用機械	能力	使用年數	使用工具
フアウトターホブ盤 RS-O型	徑 350 秤 × 高 200 秤 × 10D.P.	1年 6ヶ月	ホブ
カシフジホブ盤	徑 600 秤 × 高 250 秤 × 5 D.P.	2年 6ヶ月	ホブ
フェロー齒車形削盤 No. 75 A	徑 175 秤 × 高 50 秤 × 6 D.P.	1年	ピニオン型カッター
フェロー齒車形削盤舊型	徑 890 秤 × 高 125 秤 × 6 D.P.	10年 以上	ピニオン型カッター
サンダー・ランド齒切盤 No. 5 B	徑 600 秤 × 高 100 秤 × 5 D.P.	3年	ラック型カッター

第一圖 フアウトターホブ盤 昭和15年9月現在調



發行所寄贈本



三種類の代表的機械の構造は次の通りです。

フアウター・ホブ盤……第一圖参照

カシフジ・ホブ盤

ホブの回轉

原動車軸1—齒車2—齒車3—齒車4(換齒車)
齒車5—傘齒車6—傘齒車7—傘齒車8—傘齒
車9—傘齒車10—傘齒車11—齒車12—齒車13—
ホブ14

素材の割出

原動軸1—傘齒車6—傘齒車15—齒車16—齒
車17—差動齒車18—齒數割出換齒車19, 20, 21,
22—ウオーム23—割出ウオーム・ホ井—ル24

送り

原動軸1—ウオーム25—ウオーム・ホ井—ル26
—送り換齒車27, 28, 29, 30—齒車31—齒車32—
傘齒車33—

(1) 傘齒車39—ウオーム40—ウオーム・ホ井—
ル41—ウオーム42—ウオーム・ホ井—
ル43—ねぢ—切込方向に送る

(2) 傘齒車34—ウオーム35—ウオーム・ホ井—
ル36—ウオーム37—ウオーム・ホ井—
ル38—ねぢ—下方に送る

フェロー齒車形割盤 No. 75 A……第二圖参照

カッターの回轉

原動車1—ウオーム2—ウオーム・ホ井—ル3—
齒車4—齒車5—傘齒車6—傘齒車7—傘齒車8—
傘齒車9—ウオーム10—ウオーム・ホ井—ル
11—カッター軸

カッターの衝程

原動車1—偏心板22— L_1 — L_2 —ラック24

素材の回轉

原動車1—齒車5—齒車12—齒車13—齒車14—
齒車15—傘齒車16—傘齒車17—傘齒車18—傘
齒車19—ウオーム20—ウオーム・ホ井—ル21

カッターの切込

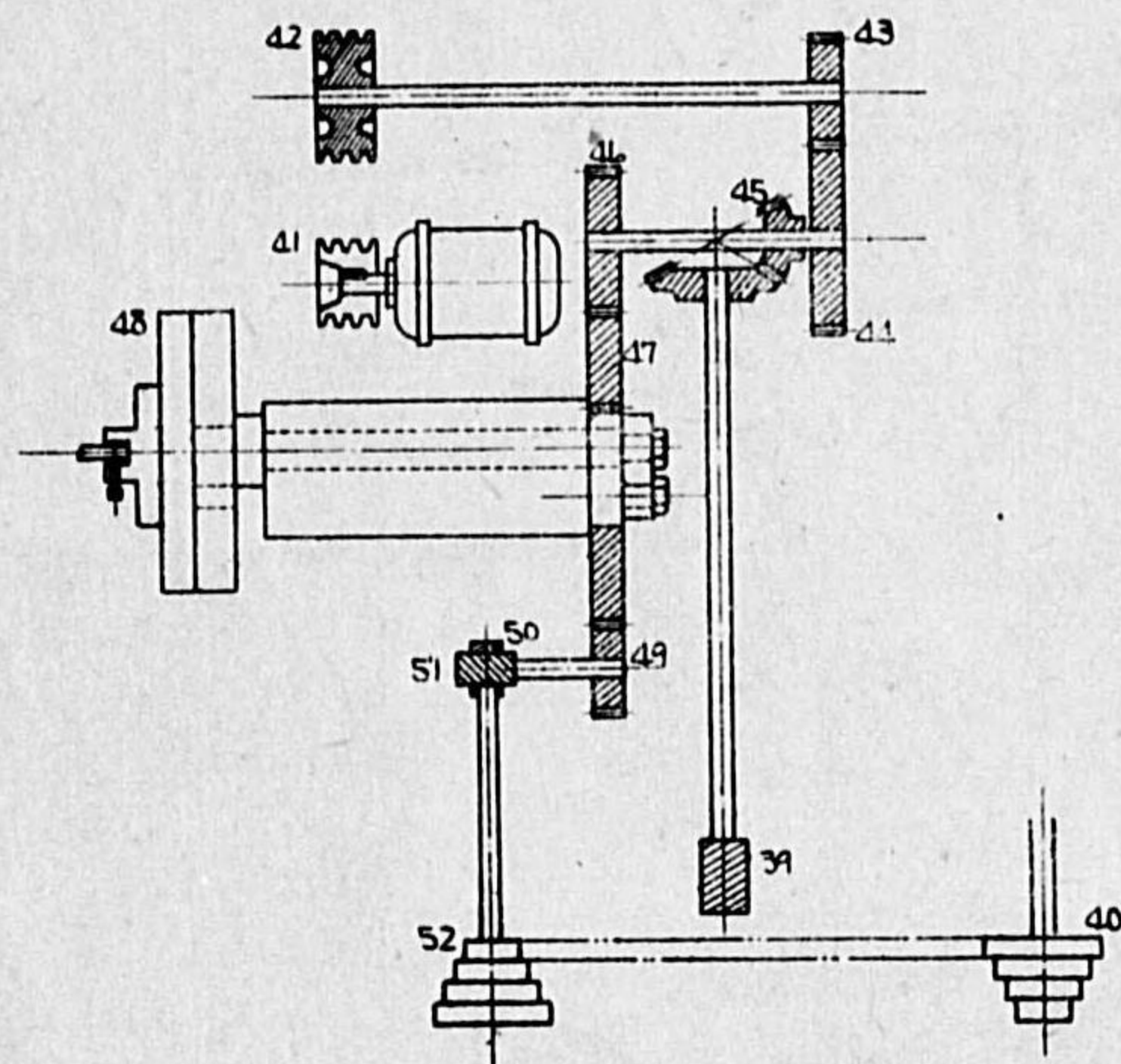
原動車1—齒車15—齒車22—齒車24—ウオ—
ム26—ウオーム・ホ井—ル27—カム31

サンダー・ランド齒切盤……第三圖、第四圖、
第五圖参照

スライドの昇降

電動機—プリー41—プリー42—齒車43—齒車44—
齒車45—齒車47—齒車49—ヘリカル齒車50—
ヘリカル齒車51—段車52—段車40—ウオーム37—
ウオーム・ホ井—ル20—ラチェット19—ラ

第五圖



998
39

ロー歯車形削盤 No. 75 A 第二圖参照

カッターの回転

1-ウォーム 2-ウォーム・ホ井-ル 3-

4-歯車 5-傘歯車 6-傘歯車 7-傘歯車 8-

傘歯車 9-ウォーム 10-ウォーム・ホ井-ル

カッター軸

カッターの衝程

1-偏心板 22-L₁-L₂-ラック 24

素材の回転

1-歯車 5-歯車 12-歯車 13-歯車 14-

歯車 15-傘歯車 16-傘歯車 17-傘歯車 18-傘

歯車 19-ウォーム 20-ウォーム・ホ井-ル 21-

カッターの切込

1-歯車 15-歯車 22-歯車 24-ウォ-

ーム 26-ウォーム・ホ井-ル 27-カム 31

ランダー・ランド歯切盤 第三圖、第四圖、

五圖参照

スライドの昇降

1-フリー 41-フリー 42-歯車 43-歯車 44-

歯車 45-歯車 47-歯車 49-ヘリカル歯車 50-

ヘリカル歯車 51-段車 52-段車 40-ウォーム 37

ウォーム・ホ井-ル 20-ラチェット 19-ラ

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

チェット

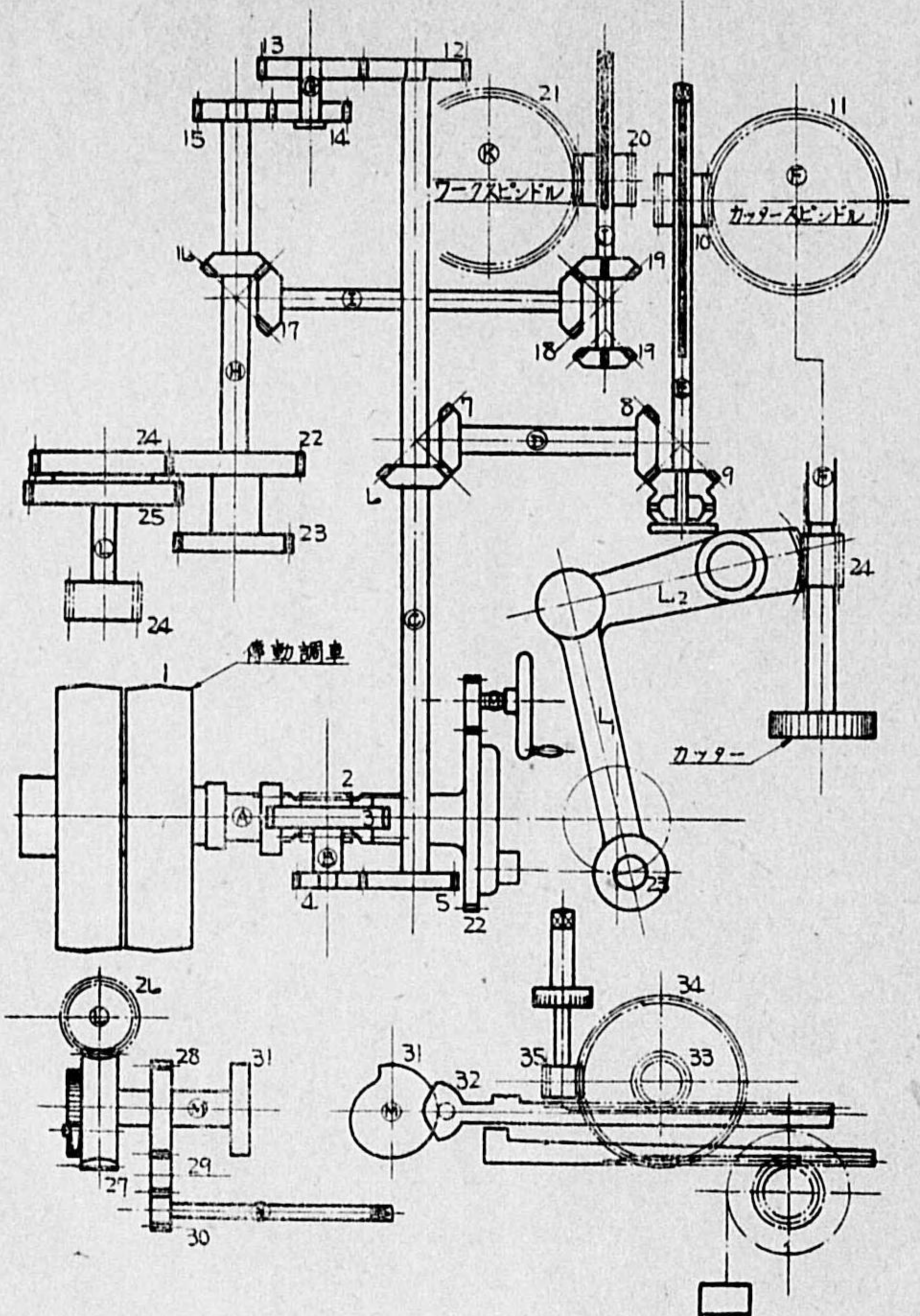
チェット

チェット

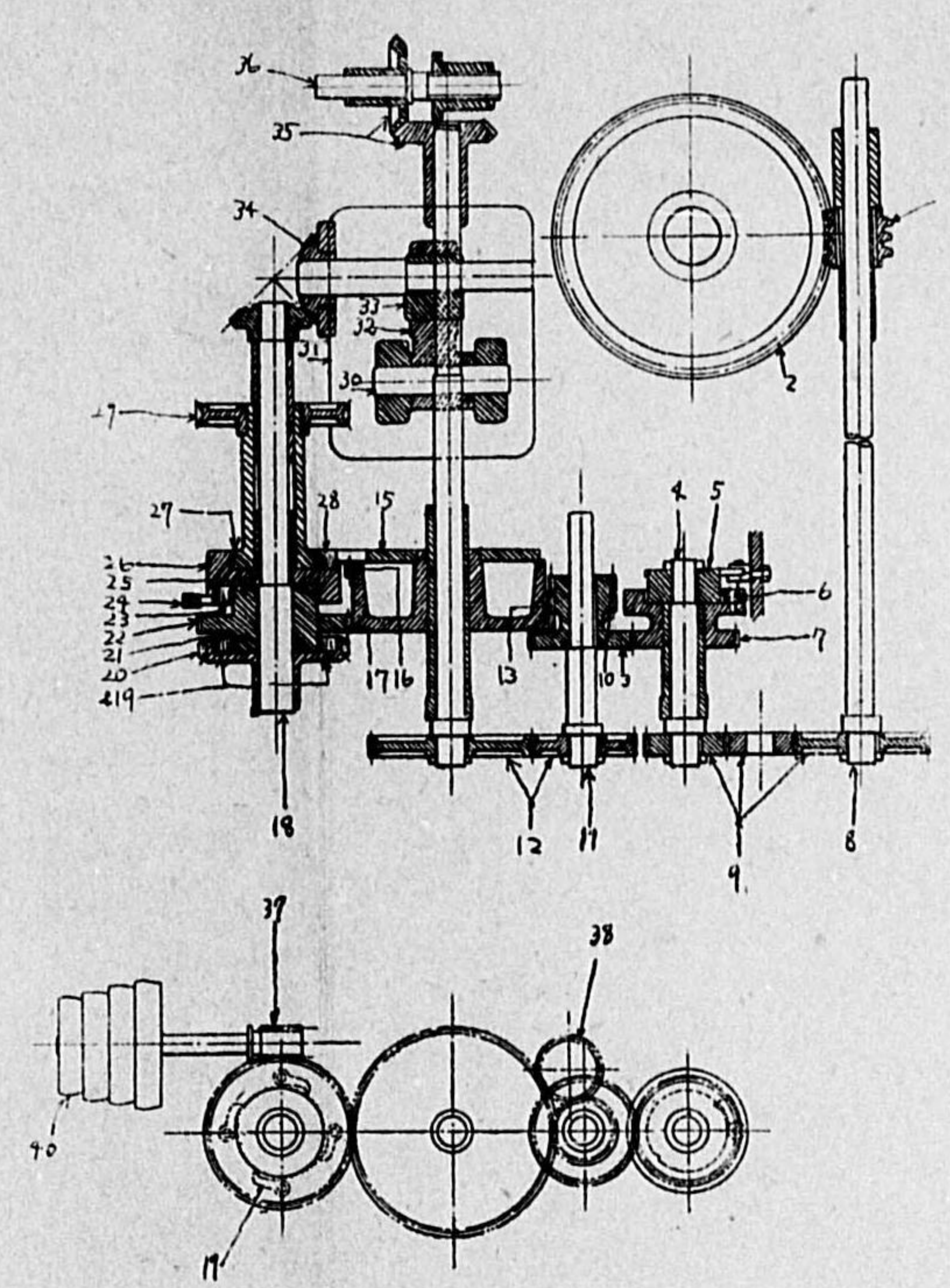
チェット

チェット

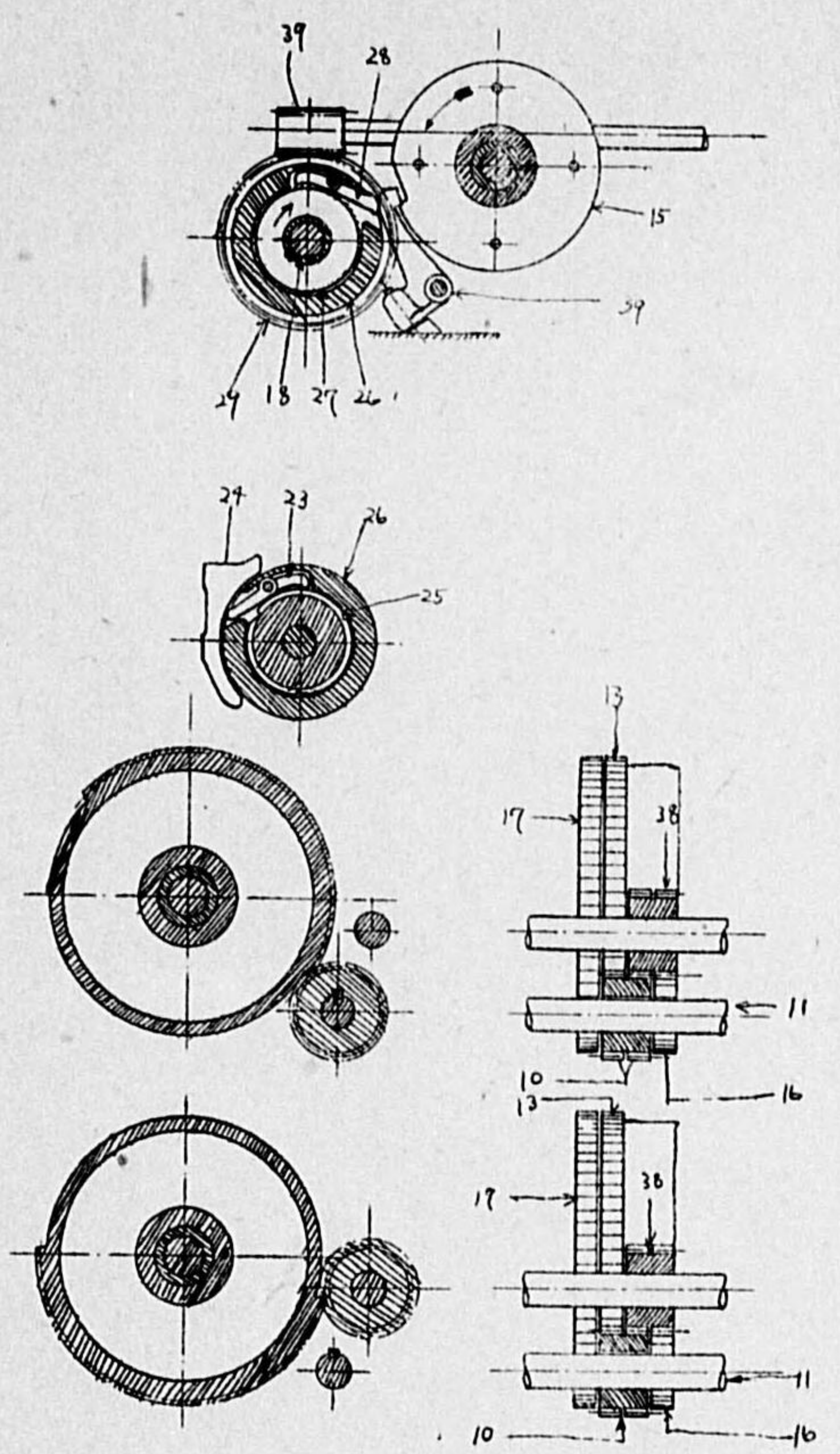
第二圖 フェロー歯車形削盤



第三圖



第四圖



チェット・ホ井ール 21—歯車 22—歯車 17—
 歯車18—歯車10—(正轉)
 歯車16—歯車38—歯車10(逆轉) —軸 11—
 歯車12—歯車35—をねぢ36

素材の回轉

電動機—軸11—歯車3—歯車7—ラチェット
 6(正轉ノミ)—ラチェット・ホ井ール5—軸4
 —歯車9—歯車8—ウオーム1—ウオーム・ホ
 井ール2

カッター・ヘッドの前後摺動

電動機—歯車44—傘歯車45—ウオーム39—ウ

オーム・ホ井ール29—ラチェット・ホ井ール27
 —ラチェット・ドラム26—軸18—傘歯車31—傘
 歯車34—偏心プッシュ33—連結桿32—ピン30
 カッターの衝程

電動機—ブリー41—ブリー42—歯車43—歯車44
 —歯車46—歯車47—滑臺48

(B) 加工材料

軟鋼 硬度シヨアー 16 程度

(C) 加工大サ

12 D.P. 40 T 歯巾 20 耗

(D) 齒切條件

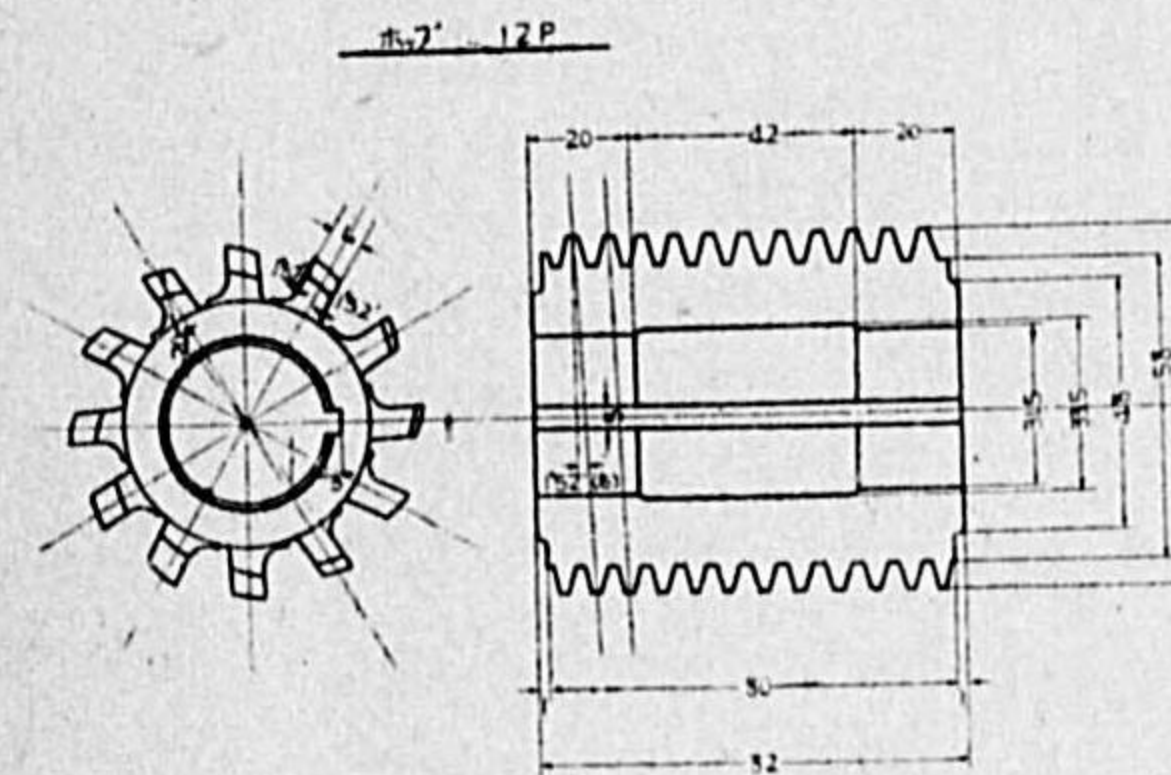
試験齒車 番 號	使用機械	齒 切 條 件			製 作 工 場
		及物ノ速度	送リ 耗	切込 耗	
1	フアウトター・ホフ盤	87 r.p.m	0.3	2回切 4.0, 0.57	萩野工場
2	フアウトター・ホフ盤	87 r.p.m	0.2	2回切 4.0, 0.57	萩野工場
3	フアウトター・ホフ盤	87 r.p.m	0.3	1回切 4.57	萩野工場
4	カシフジホフ盤	87 r.p.m	0.3	1回切 4.57	萩野工場
5	フェロー齒車形削盤	114 s.p.m	—	—	上飯田工場
6	フェロー齒車形削盤	67 s.p.m	—	3回切 3.0, 1.2, 0.37	布池工場
7	サンダーランド齒切盤	60 s.p.m	一齒切削=要スル 衝程 80	3回切 3.0, 1.2, 0.37	萩野工場

注 意 r.p.m 一分間ノ回轉數
 s.p.m 一分間ノ衝程數

(E) 使用工具

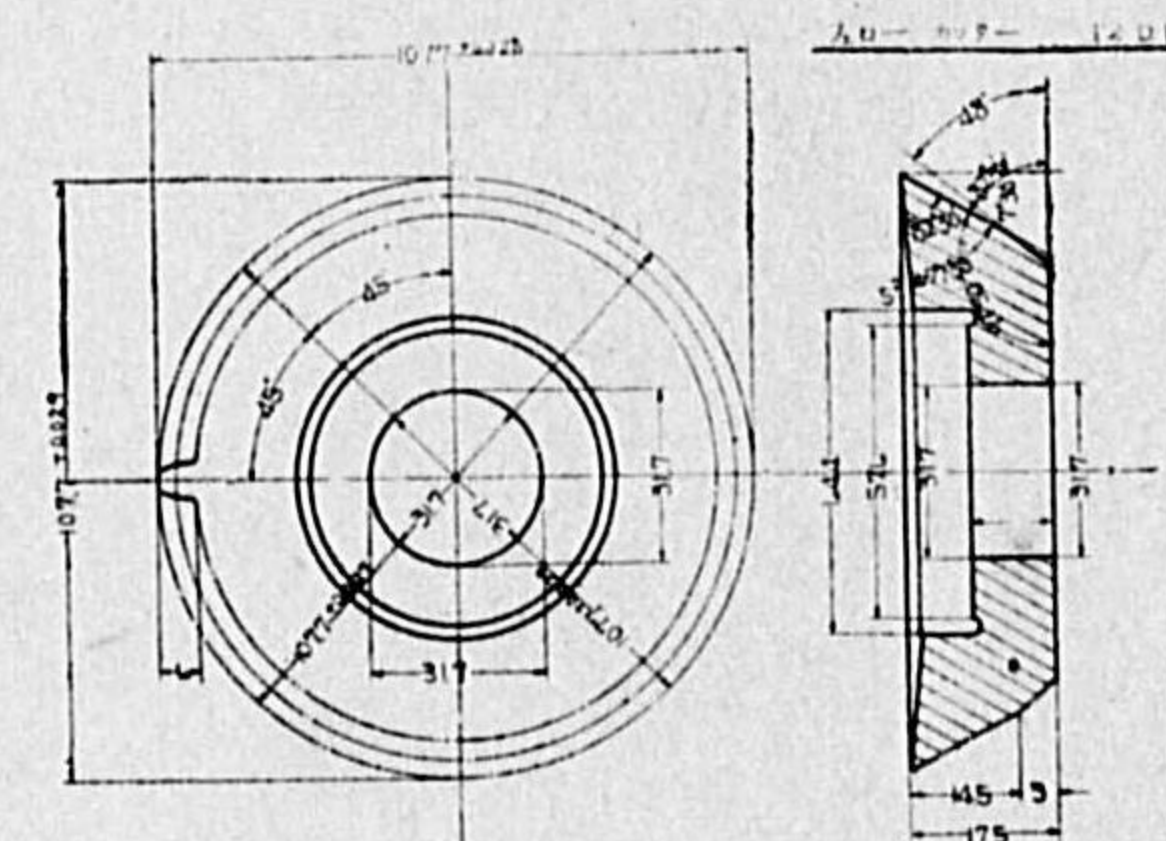
ホ フ フアウトターに使用したるもの
 外徑 53.5 孔徑 7/8"
 カシフジに使用したるもの(第六圖
 参照)
 外徑 68.5 孔徑 1 1/4" フルート數 12
 硬度 シヨアー 74

第六圖 ホ フ



ビニオン型カッター フェローに使用したる
 もの(第七圖参照)
 外徑 107.7 孔徑 1 1/4" 齒數 48 枚
 硬度 シヨアー 87

第七圖 ビニオン型カッター



ラック型双物(第八圖参照)
 硬度 シヨアー 74

(F) 使用測定機

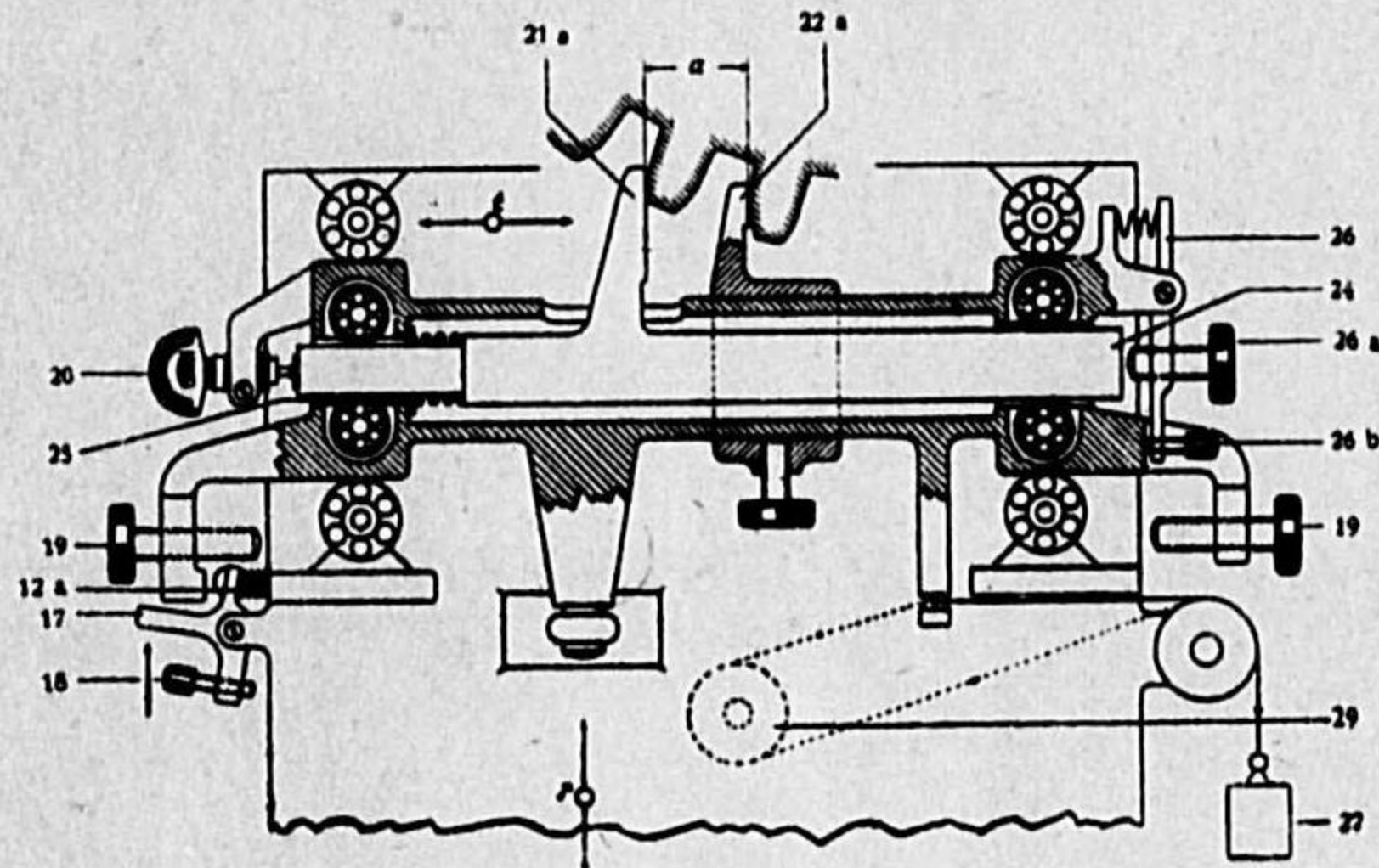
(1) 歯車検査機 カール・ツァイス製
 測定範囲 ノルマル・ピッチ、偏心、歯厚
 主要寸法 測定し得るもの、最大径、380 mm
 測定し得るもの、最大、最小、モジュール 10 M—0.5 M
 精度 ノルマル・ピッチ ± 0.001 mm
 歯厚 ± 0.002 mm
 偏心 ± 0.001 mm
 測定の方法は（第十二圖、第十三圖、第十四圖）により明かである。

ノルマル・ピッチは第十二圖の a を測定するのでこの読みは 20 なるオルトテストにより読み、操作は r の方向の運動と t の方向の運動を合せ用ゐるのである。

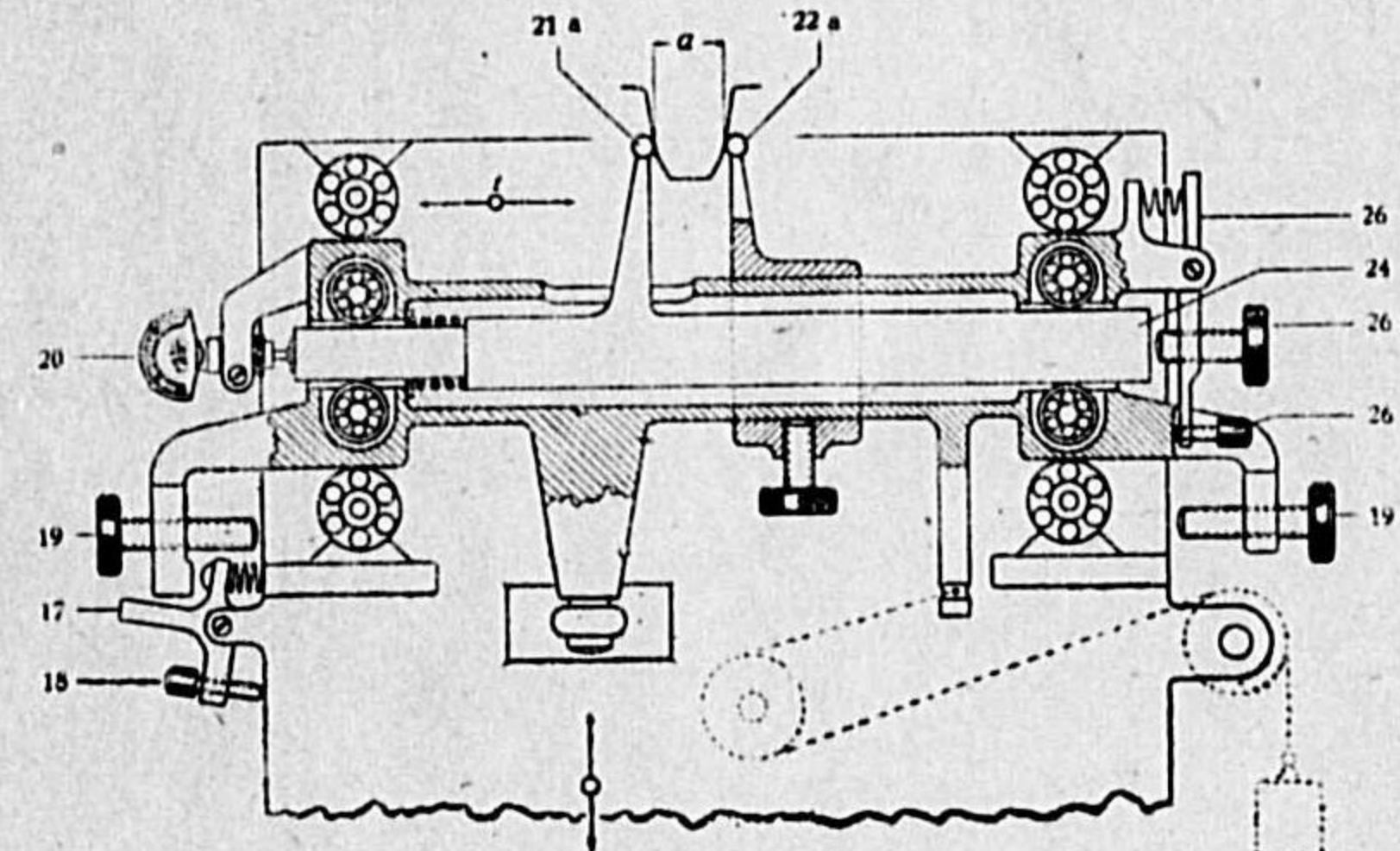
歯厚は第十三圖の a を測定する、この読みは第十二圖と同様に 20 なるオルトテストにより読み、運動方向も r 及び t の方向に運動せしめるものである。

偏心は 33 なるボールを歯車のスペースにてその読みを 30 なるオルトテストにより読み、操作は r の方向にのみ動く。

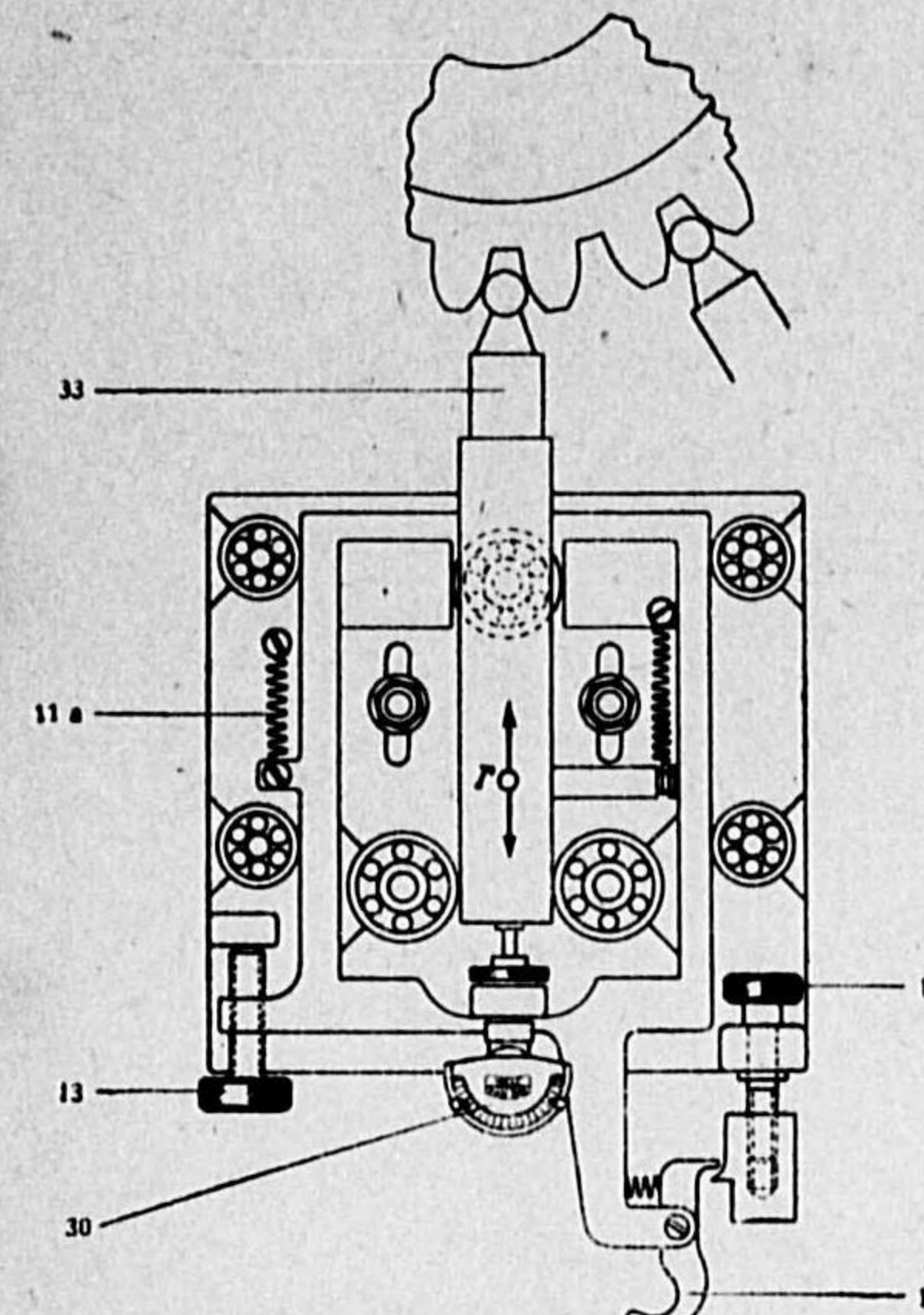
第十二圖 ノルマルピッチの測定



第十三圖 歯厚の測定

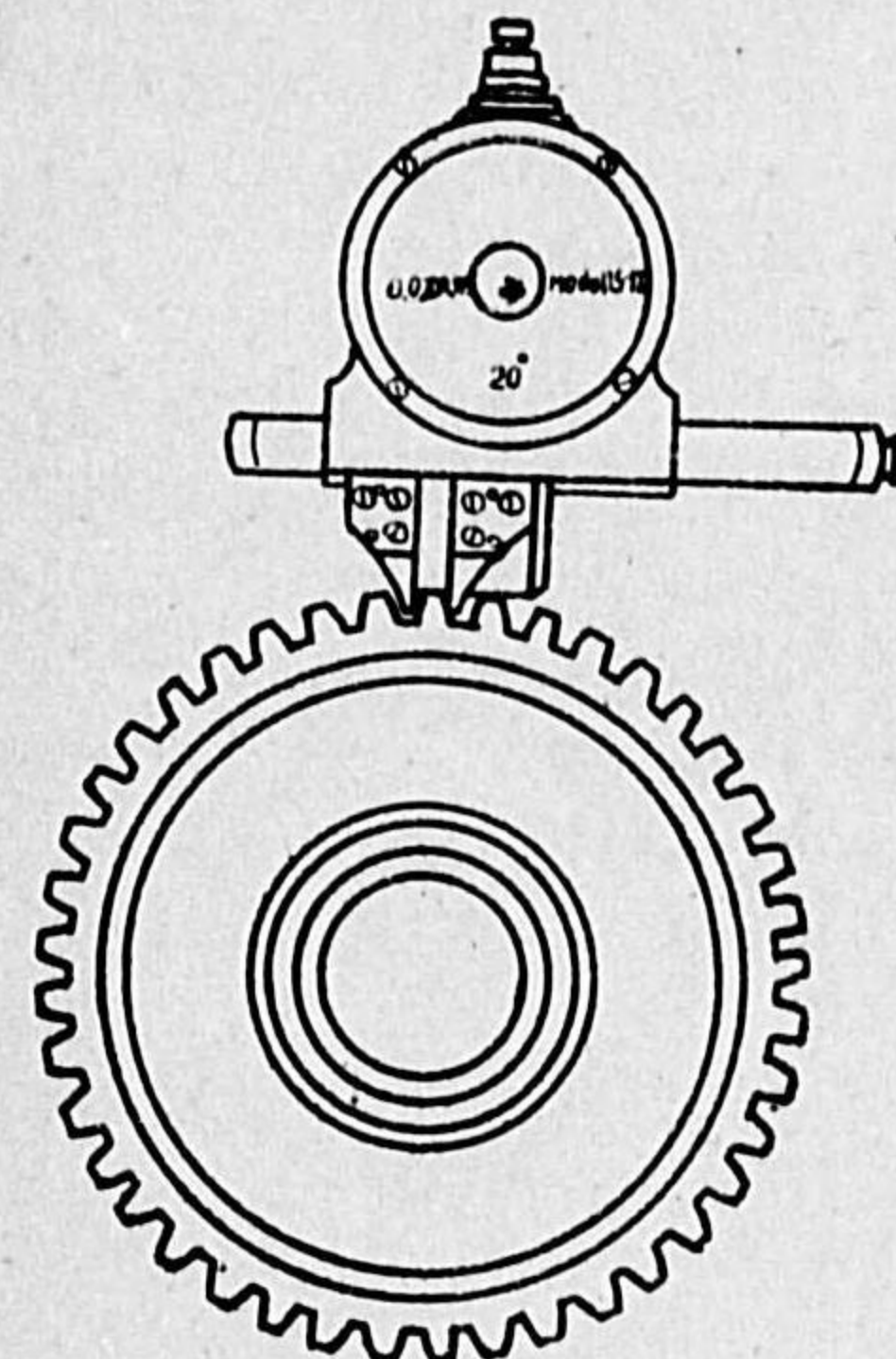


第十四圖 偏心の測定



(2) 光學的齒車マイクロメーター（カールツァイス製）（第十五圖）

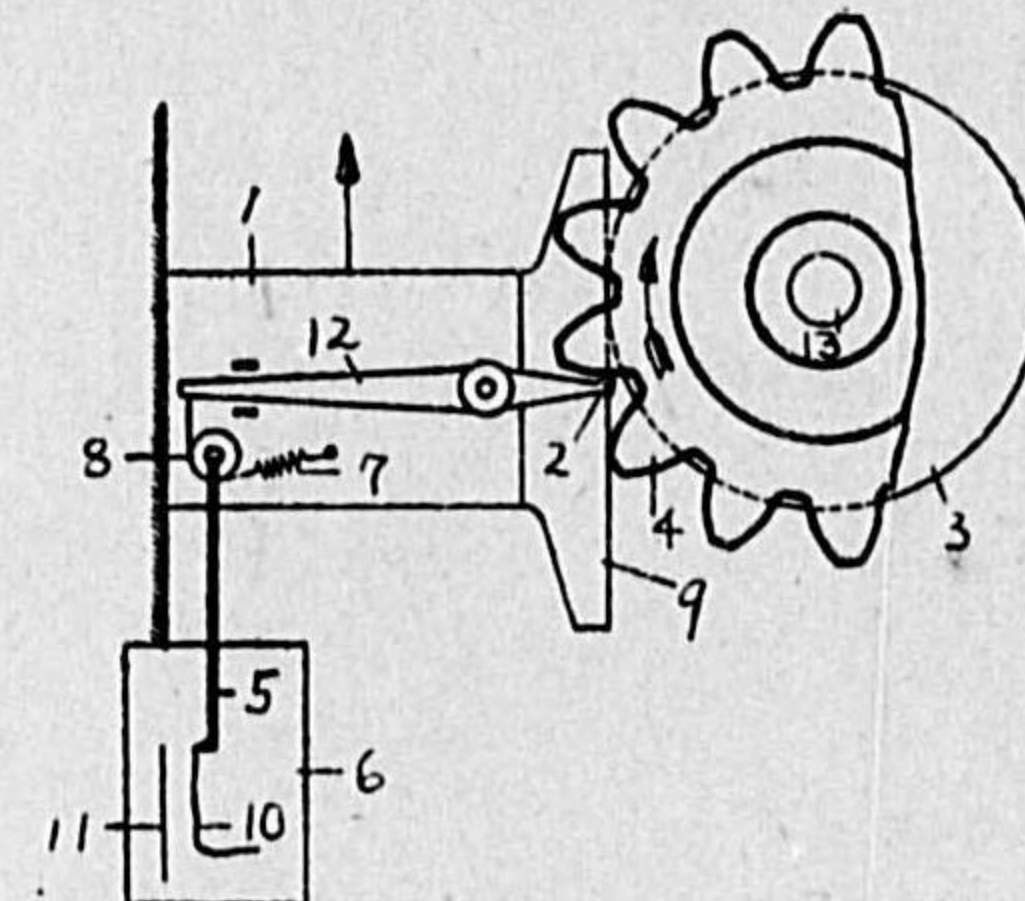
第十五圖 光學的齒車マイクロメーター



主要寸法 最小目盛 0.02 mm
 測定範囲モジュール 1.5—18 mm
 測定精度 ± 0.02 mm
 齒先圓を基準にしてピッチ圓上のコードル・シツクネスを測定します。
 (3) 齒型試験機（マージ製）
 性能 齒の形狀を正しきインボリュートとの比較測定、齒面の仕上程度測定
 主要寸法 ベース圓の最大径 400 mm
 最小径 38 mm
 測定し得る直徑刻み最大 1 1/2 D.P
 最小 22 1/2 D.P

線圖の廓大倍率 350 倍
 原理は大體第十六圖により説明されます。

第十六圖 マージの齒型機の説明圖



- 1 滑 臺
- 2 指 示 先 端
- 3 基礎圓に等しき圓盤
- 4 試 驗 齒 車
- 5 ベ ン
- 6 ダイアグラム・ペーパー
- 7 スプリング
- 8 ローラー
- 9 ストレート・エツヂ
- 10 プロフ井ール・カーブ
- 11 ゼロ・ライン

試験齒車は基礎圓に等しき徑を有する圓盤 3 上に重ね、同じ軸上に取付けられる圓盤 3 に壓接されてゐる滑臺 1 のストレート・エツヂの運動により回轉する。滑臺 1 上にある各點は基礎

圓に相當するインボリウト曲線を描く。一方滑臺上にある指示先端は試験歯車のインボリウト曲線に沿ふて滑つて行くが基礎圓に相當するインボリウトが齒切されて居れば指示先端の他端にあるペンは何等動かないで滑臺が動く方向に直線を描く。若し基礎圓に相當するインボリウトに一致しないときは針は振れるこ

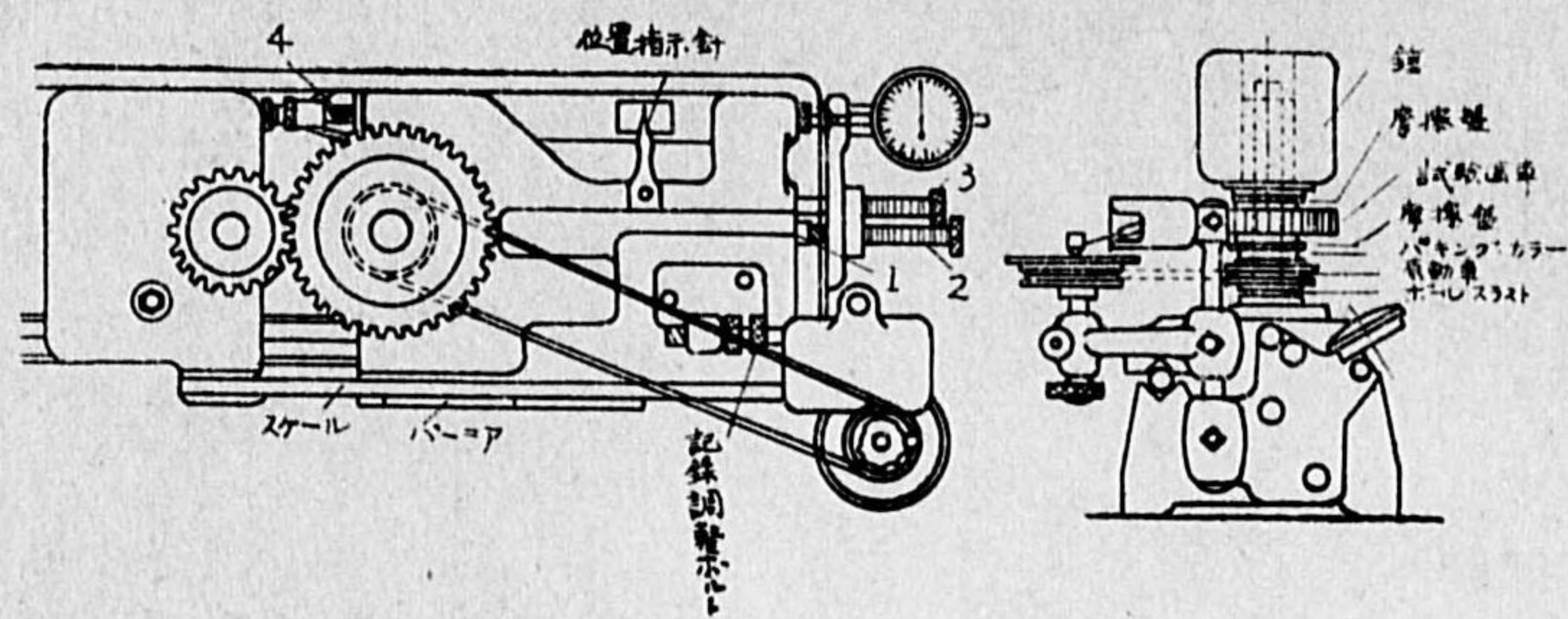
こになる。

(4) パークソン歯車嚙合試験機 (パークソン製) (第十七圖)

性能 歯車の無負荷に於ける嚙合状況を検査す

主要寸法 兩中心間距離 60~230mm
線圖の廓大倍率 50倍

第十七圖 歯車の嚙合の試験機



この嚙合試験機にては一對の歯車を嚙合せて測定するものであるが、歯車の一つはマスター歯車を嚙合せて行ふこともある。一對の歯車は各々床上の所定の位置に固定された滑臺上の軸及び床上にフローティングされてゐる滑臺上の軸に嵌められる。スプリング・ブランチャ―1はフローティングされてゐる滑臺の一端に於て絶えず歯車に適當な嚙合せを行ふ、そのブランチャ―の中にあるスプリングはボルト2により調整されてゐる。ボルト3は中心間の距離の精密調整に用い、ボルト4はフローティングされてゐる滑臺の運動に限界を與へるものである。

歯車の中心間の距離はスチールとバーニアにより讀まれる。測定は固定されてゐる滑臺上の歯車を回轉するミフローティングされてゐる滑臺は一方に於て歯車に、他方に於てスプリング・ブランチャ―に依つて保持せられてゐるから歯車の誤差による僅かの動きにてもフローティングされてゐる滑臺に傳へられる、これが歯車の測定値となる。この値はダイヤル・インジケータ―にて讀みこられる。尚これを自記装置により記録することも出来る。この圖は歯車の誤差の

50倍に廓大せられる。

(5) ツール・ルーム・プロセクター (カールツァイス製)

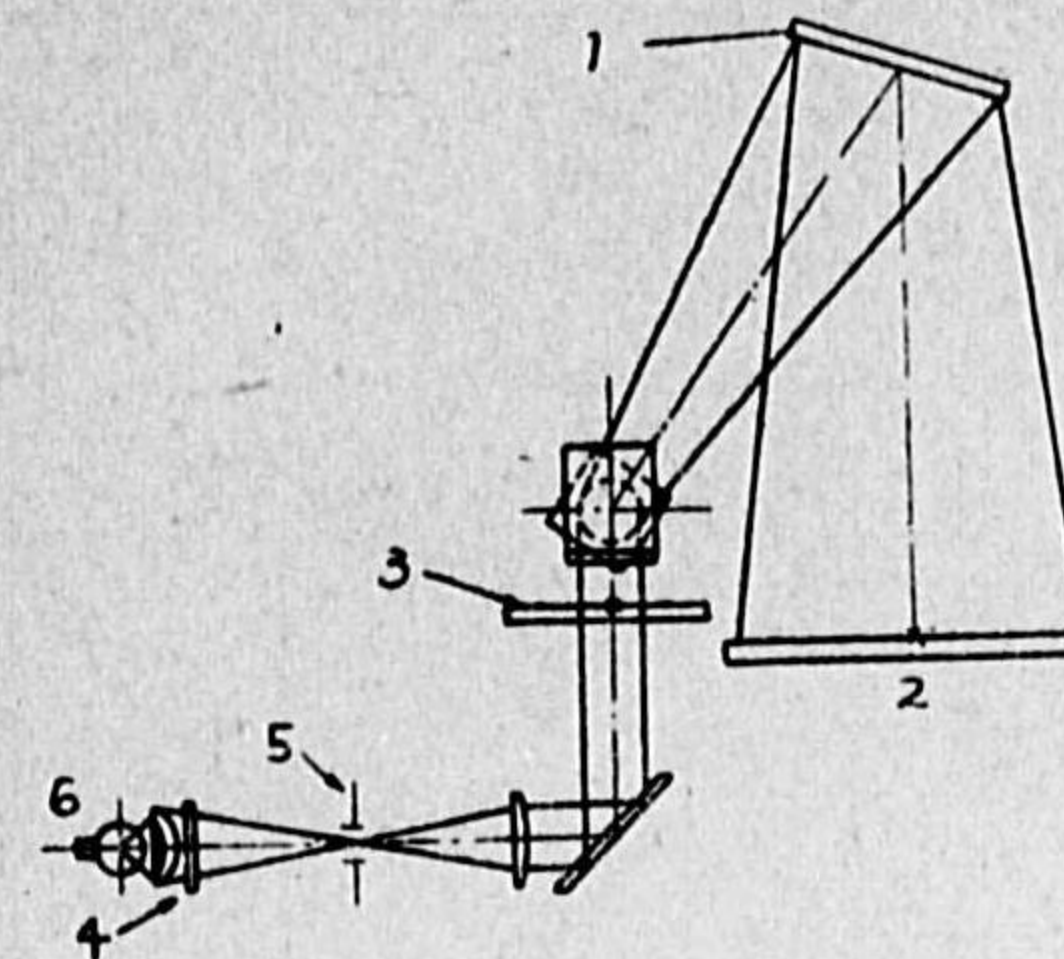
測定範圍
左右方向 150 mm
前後方向 50 mm
サーキュラー・テーブル測定範圍 360°
マイクロメーターの最小目盛 0.005 mm
回轉盤の最小回轉角度目盛 0.1°
廓大倍數 10倍 20倍 50倍
廓大視野 60 mm 30 mm 12 mm

原理は第十八圖、第十九圖、第二十圖に依つて明かであります。

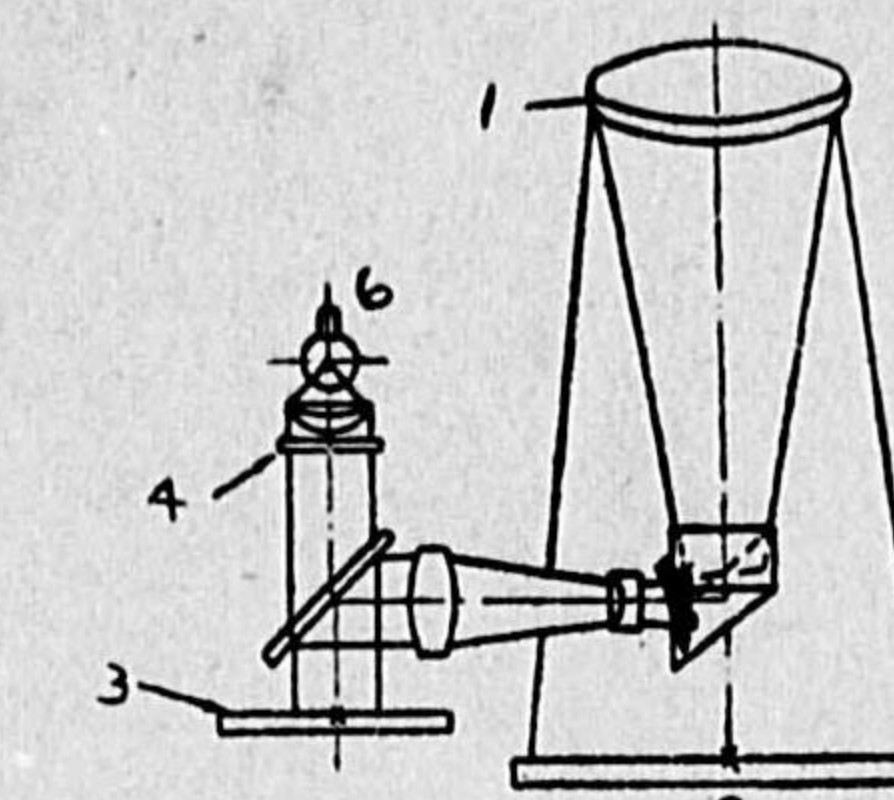
第十八圖は透過光線によるもの、第十九圖は側方よりの透過光線によるもの、第二十圖は反射光線によるものです。

- 1 - 反射鏡
- 2 - 投影面
- 3 - 戴物面
- 4 - 熱吸収フィルター
- 5 - シボリ
- 6 - 光源

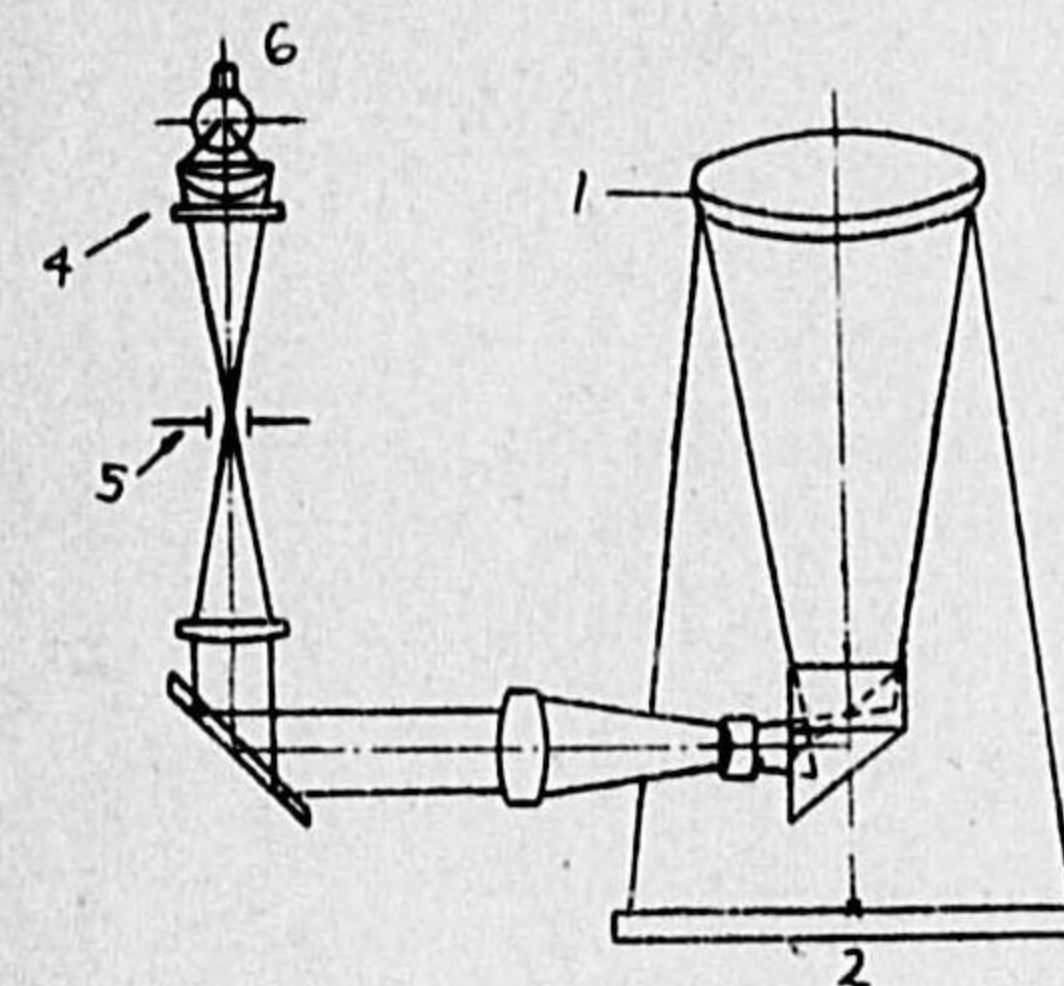
第十八圖 下面より透過照明による投影法



第二十圖 反射照明による投影法



第十九圖 側面よりの透過照明による投影法



(G) 測定結果

以上の測定器により大体第一表にある如きものを推定することが出来るわけであります。

以上の誤差は振動、騒音、こじれ等の悪い結果を生ずることとなり傳導装置に及ぼす影響も大なるものがある。

(1) 歯車測定検査機にて測定した結果は附表1から附表りに圖示してあります。圖上番號は使用機械別に依つて切削された歯車を示すもので齒切條件の頃の番號と同一のものであります。

接尾字 a はノルマルピッチの誤差及びその累計誤差、b は半径誤差及び齒の厚さの誤差を示したものであります。

歯車 1, 2, 3 共に今一息云ふ所の様に思はれる。併し3が1及び2に比して齒の厚さの誤差が特に目立つてゐるがこれは一回切りなる無理なる齒切條件の影響が多分にあるのではないかと思はれる。4も同様一回切りであるが齒の厚さの誤差及び半径誤差ノルマルピッチの誤差共にその不同が著しき様に見える。

歯車 5, 6 フェロス・ギヤ―・シェパーにて齒切したものでこの機械で切つたものは一般に

第一表

	刻ミノ不整	偏心	刻ミ一不致	接不觸正角ノ確	齒不型一ノ致	隙不間適ノ當	齒不型兩面ノ整	接不觸面ノ整	背不隙適ノ當
齒車検査機	○	○							
光學的齒車マイクロメーター	○	○							
齒型試験機			○	○	○	○	○	○	
齒車嚙合試験機	○	○	○		○	○			
ツール・ルーム・プロジェクター				○	○	○	○	○	○

附 表 1

光學的ギヤーツマイクロによる測定値(コーダリックネス耗)

	1	2	3	4	5	6	7
1	3.325	3.330	3.420	3.340	3.360	3.290	3.340
2	3.285	3.320	3.460	3.360	3.360	3.290	3.345
3	3.340	3.300	3.460	3.390	3.380	3.280	3.320
4	3.315	3.315	3.460	3.375	3.370	3.300	3.340
5	3.320	3.350	3.420	3.390	3.375	3.300	3.320
6	3.315	3.400	3.440	3.260	3.395	3.280	3.330
7	3.345	3.360	3.440	3.390	3.400	3.260	3.340
8	3.320	3.390	3.440	3.385	3.400	3.280	3.360
9	3.350	3.360	3.470	3.430	3.410	3.290	3.320
10	3.350	3.365	3.480	3.420	3.415	3.280	3.350
11	3.360	3.355	3.480	3.400	3.400	3.300	3.340
12	3.330	3.340	3.480	3.400	3.400	3.300	3.310
13	3.365	3.315	3.480	3.400	3.420	3.310	3.340
14	3.370	3.340	3.440	3.400	3.405	3.340	3.330
15	3.330	3.320	3.460	3.380	3.430	3.310	3.320
16	3.340	3.360	3.470	3.440	3.410	3.310	3.330
17	3.400	3.325	3.470	3.400	3.420	3.320	3.330
18	3.370	3.320	3.480	3.440	3.400	3.320	3.340
19	3.400	3.345	3.460	3.430	3.400	3.330	3.340
20	3.370	3.340	3.440	3.420	3.385	3.330	3.340
21	3.385	3.350	3.440	3.400	3.420	3.340	3.350
22	3.380	3.310	3.440	3.420	3.390	3.330	3.360
23	3.360	3.320	3.430	3.420	3.380	3.340	3.340
24	3.360	3.330	3.450	3.425	3.380	3.360	3.340
25	3.370	3.315	3.450	3.440	3.305	3.320	3.370
26	3.345	3.325	3.420	3.420	3.385	3.320	3.320
27	3.390	3.300	3.420	3.415	3.400	3.300	3.320
28	3.400	3.335	3.420	3.500	3.350	3.340	3.340
29	3.385	3.310	3.450	3.435	3.365	3.330	3.300
30	3.405	3.290	3.480	3.435	3.360	3.340	3.300
31	3.380	3.320	3.440	3.440	3.360	3.300	3.330
32	3.390	3.350	3.450	3.400	3.360	3.330	3.320
33	3.345	3.320	3.420	3.420	3.360	3.340	3.400
34	3.370	3.315	3.440	3.430	3.350	3.310	3.340
35	3.380	3.325	3.460	3.430	3.340	3.320	3.340
36	3.360	3.340	3.440	3.400	3.340	3.300	3.330
37	3.400	3.305	3.420	3.430	3.350	3.320	3.320
38	3.360	3.300	3.430	3.440	3.340	3.310	3.320
39	3.355	3.350	3.460	3.400	3.340	3.330	3.360
40	3.345	3.310	3.440	3.480	3.450	3.300	3.330

時に不規則なピッチを生じ勝であるが尙一層の探究が必要である。歯車7はピッチ、歯厚は先づ許し得る範囲にあり、半径誤差も先々と云ふ所であります。

参考のため、歯車の誤差をさう取り扱つてゐるかを調べた結果を次に示すこと、致します。マージ社では歯車の精度に関して二表の如く定めてゐる様であります。(Maschinenbau 1931 Heft 5 Seite 175)

第二表 マージ社歯車の精度
ピッチ円の直径 400 mm, 10 モジュールより小なる歯型の歯車の精度の許容誤差

誤 差	焼入してない歯切した歯車			焼入して且研磨した歯車		
	1 級	2 級	3 級	1 級	2 級	3 級
ピッチ誤差 (呎)	0.008	0.01	0.012	0.005~0.006	0.006~0.007	0.007~0.009
ピッチ円の偏心 (呎)	0.015	0.02	0.03	0.010~0.015	0.02	0.02
歯面のインボリウト誤差	0.005	0.007	0.01	0.002~0.003	0.004~0.005	0.005~0.007
歯面の状態	非常に滑	滑	全くは滑でない	歯形のダイアグラムの結果による		

シュレーンガー著工作機械の検査法に於ては切削歯車のピッチの誤差として第三表、第四表の如く述べてゐる。

第三表 ホブ盤に依る切削歯車の精度

ピッチの誤差	直径 500% (20") 迄	0.02 %
	直径 500%~1.000% (20"~40")	0.03 %
	直径 1.000% 以上 (40"以上)	0.04 %
歯と軸線との平行程度	300% = 付	0.02 %
切削後の偏心程度	直径 300% (12") 迄のもの	0.015 %
	直径 300% (12") 以上のもの	0.025 %

第四表 歯車形削盤に依る切削歯車の精度

ピッチの誤差	直径 200% (7 1/2") 迄	0.015 %
	直径 200%~500% (7 1/2"~20")	0.020 %
	直径 500% 以上 (20")	0.025 %
歯と軸線との平行程度	100% に付	0.01 %
切削後の偏心程度	直径 200% (7 1/2") 迄	0.01 %
	直径 200%~500% (7 1/2"~20")	0.015 %
	直径 500% (20") 以上	0.02 %

バーバールマン社のNo. 3 precision hobbing machineの歯車の工作程度は、第五表の如くであるとのことす(精密機械 7 卷10號参照)

第五表

ピッチの誤差	直径 100% (4") 迄	0.005 %
累計誤差		0.025 %

フェロース・ギヤール・シエバー社ではギヤール・シエバー・カッターの精度を第六表の如く定めて居る由ですが實際私共が測定したのを見ましても實に歯面さひ誤差と云ひ立派なものと思ひました。(附圖 9 参照)

第六表 フェロース・ギヤール・カッターの精度

ピッチの誤差		0.005 %
累計誤差	180°に於て	0.015 %
歯面のインボリウト誤差		0.005 %

尙研磨歯車の精度の表を次に掲げて置く。オルカット方式の歯車研磨公差は第七表により與へられてゐる。(machinery (L) 10, Oct. 1940)

第七表 ギヤール・グライデング社の歯車の公差

	直径 300% 迄のもの	直径 300% 以上
偏心の程度	0.012 %	0.025 %
歯面のインボリウト公差	0.005 %	0.012 %
ピッチの公差*	0.025 %	0.025 %
歯と軸線との平行度	0.0025% ~ 0.007 %	0.025% ~ 0.152 %

* ピッチの公差は少し多い様に思はれる。

尚ドイツエ・ナイルス社の歯車研磨盤によつて得られる精度は第八表に示してあります。

歯車寸法

モジュール3 歯数22 壓力角20°
 歯巾25mm
 材質一肌焼ニッケルクロム鋼

第八表 ドイツエ・ナイルス社の歯車精度

ピッチの誤差	右廻り	0.003%
	左廻り	0.003%
偏心の誤差		0.01%
歯面のインボリット誤差	右側	0.004%
	左側	0.003%

(2) 光學的ギヤ・ツースマイクロメーター

光學的マイクロメーターに依る測定結果は附表1に示してあります。

このマイクロメーターを使用する限り外徑が振れてゐないことを必要と致します。この測定値は與へられた直徑刻み及齒數に依つてコレクテッド・アデンダムを計算してコーゲル・シツクネスを求めたのであります。附表10はこのコーゲル・シツクネスを示してあります。即ち12 D. P. 40 T に対して

コレクテッド・アデンダム = 2.149 耗

コーゲル・シツクネス = 3.324 耗

であります。

これに依つて測定値に比較して見ますと一般にその値が大い様です。特にホブにて一回切りしたものはその傾向が著しい様です。又フェローに於て齒車5ミ6ミが異なるのはその切込深さの撰擇に於ける誤によるものと思れます。それは附圖32及び附圖33により明かであります。

(3) 齒型試驗機

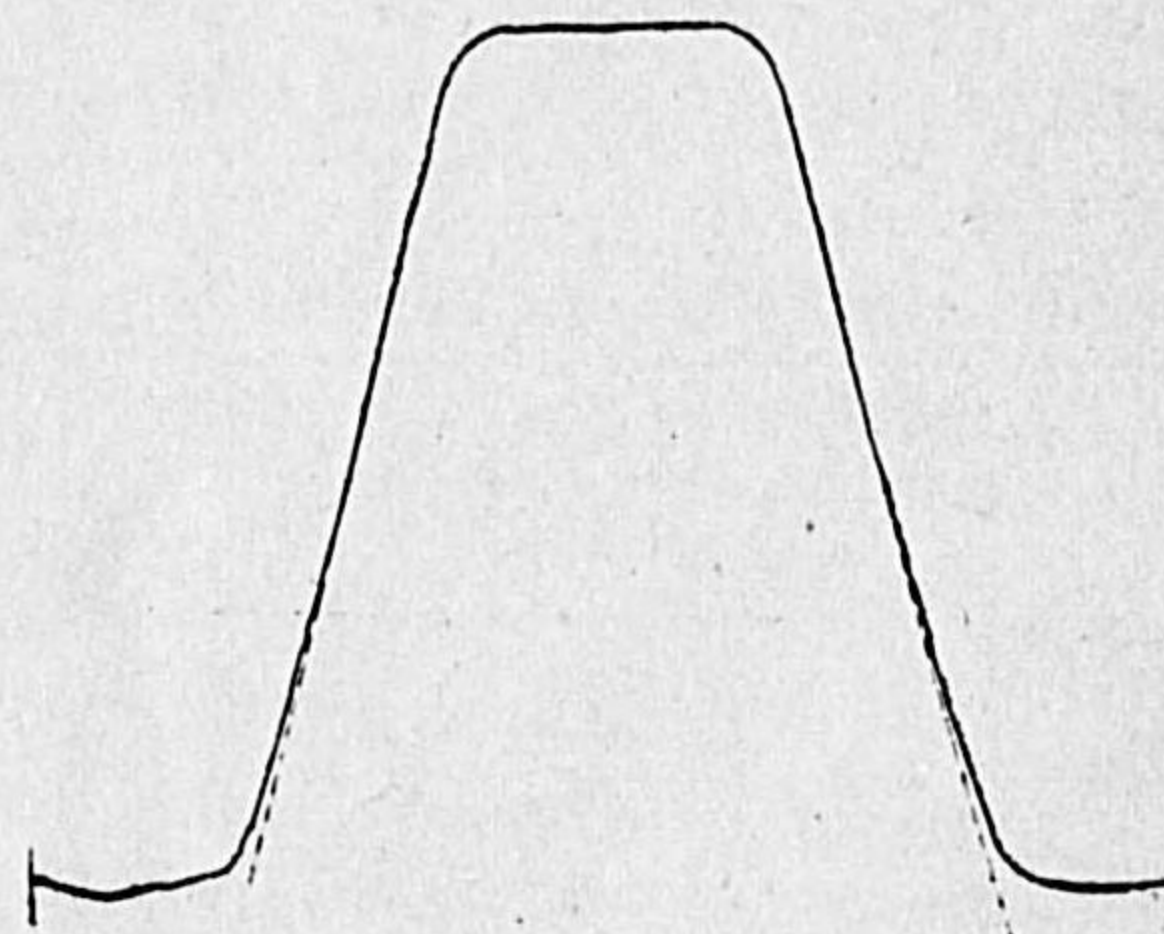
これにより試験齒車を測定したものは附圖10より附圖16迄に示してあります。

第九表 齒型試驗表

試験齒車番	齒型	壓力角
1	齒型インボリットにて齒面粗、兩面に於て齒型異なる	一方では稍大なる傾向あるも他方に於ては小なり
2	齒面凹にしてインボリットならず	稍大なる傾向あるも不明瞭
3	齒面凸にしてインボリットならず	大なる傾向あり
4	齒型悪し一様に切れて因らず兩面に於て齒型異なる	兩面共に小
5	齒型大体に於て不様なり、齒面稍粗	全般的に大
6	齒面に凹凸あり	全般的に大
7	齒型面共に大体良好なり	稍大なる傾向あり

壓力角が大になつてゐるのは實用性を加味したもので従て工具に於てかゝる結果を豫期して齒型を變へてあります。(第二十一圖参照)

第二十一圖 サンダーランドラック型
 カッター齒車 14.5° 20倍 12 P



(4) 齒車嚙合試験機

齒切機械別に齒切した試験齒車の各々標準齒車を嚙み合して該切削齒車の誤差を50倍に自記したものであります。

標準齒車は軟鋼を滲炭したもので硬度シヨア57, マーク齒車研磨機によつて齒面を研磨したものであります。(所期の精度を得ざるも参考程度に御覽願ひたい。只今完全のものを期して製作中である)(附圖17より附圖22迄参照)。

附圖17の(1)にはピッチの誤差が二齒所著しく表はれてゐる、全(2)に於ては齒型の不正による波形が顯れてゐる。附圖18の(3)(4)も大体齒型の不正に依る誤差が著しい。

附圖19(5)(6)はピッチの誤差が目立つてゐる。

附圖20の(7)は殊んき満足すべきものと思はれる。

附圖21, 22は試験齒車相互の嚙合を行つたもので、その齒車特有の誤差は顯著なものの方は打消されることなしに明瞭に指示されてゐる。

尚参考のためバツキングムの齒車設計便覽に於ては次の嚙合誤差を示してゐる。

第十表 嚙合誤差表(米單位に換算)

D. P.	普通製品の齒車	入念に切削された齒車	特に入念に切削された或は研磨された齒車
1	0.122%	0.061%	0.030%
2	0.102	0.051	0.025
3	0.081	0.041	0.020
4	0.066	0.033	0.018
5	0.056	0.028	0.015
6	0.051	0.025	0.013
これより細いもの	"	"	"

尚齒車の嚙合誤差はその齒車のピッチ圓の周速度の運速によつても撰擇しなければならぬ。

第十一表 周速度に依り要求される嚙合誤差表

V m/s	誤差(%)	V m/s	誤差(%)	V m/s	誤差(%)
1	0.097	7	0.050	17.5	0.018
2	0.086	8	0.046	20	0.015
3	0.076	9	0.042	22	0.014
4	0.068	10	0.038	25	0.013
5	0.061	12.5	0.030	以上	
6	0.055	15	0.023		

(5) ツール・ルーム・プロジェクター

これにては試験齒車の一齒を印畫紙に擴大焼付を行ふたものを寫したものであります。(附圖23から附圖33参照)

これによりまして齒型の不正確さ、齒型兩面の不整、接觸面の不整等が一見してわかるのであります。

一般にホブに依つて齒切したものは附圖23から附圖26迄に示す様に假想中心線に對して齒型兩面の不整が著しく接觸面も不整である。

附圖27, 28に示すフェローにて齒切したものは、その接觸面は良好と思はれるが附圖28のものは齒型兩面の不整が目につく。

附圖29に示すサンダーランドにて齒切したものは齒型兩面及び接觸面共に整つたものである。

附圖30に示すものはマーク齒車研磨盤にて研磨した先づ理想的齒型を示したものである。

附圖31, 32, 33に於ては上記齒型をマーク齒型と比較して見るため重ね合せたのであります。

フェロー、サンダーランドにて齒切したものは齒先に於て壓力角が大きくなつてゐるが前記の如くこれはカッターの方に修正がしてあるためと思はれる。

次にこの擴大齒型に於て明かな如く齒厚及び全深さに於て各々齒車に不同あることを現實に示してゐる。

以上は測定した結果をありのまま、發表したのであるが、この結果に對する検討はもつと突込んで研究した上でなさねばならないが測定して二三感じたことを述べて見たい。

齒車の精度を云々する以上さうしても正確な刃物、精度高き機械、被加工物の取付、素材の仕上寸法は吟味しなければならぬ。特にこの種齒切仕事に於ては他の機械の如く作業者の手加減さ云ふことは考へられないから絶対に機械の精度に依存しなければならぬ、従て機械の精度には絶えず關心を持つことが必要の様に思はれる。又刃物に就いても齒車の精度を問題にする限りある許容誤差内のものを使用する様心

がなければならぬ、末尾に参考のために例を掲げて置く。

向こ、で注意して置きたいと思ひますここはラック型双物とピニオン型双物は多少その性質を異にしてゐる點で、これは使用者側で注意しなければならぬことである。尚以上の測定を総合するに次の様なことが目立つてゐる。

1. 歯車のノルマル ピッチの誤差に比して偏心、歯厚の誤差が大なること。
2. 嚙合試験による結果離心誤差の大なるものがあること。
3. 歯面は一般にホブにて切削したもの、結果が悪い。
4. 歯厚が切削機械により一様でないこと。
5. 歯面がホブにて切削したのは非對稱的になり勝ちである。

これらの結果は色々の原因が錯雜してゐるので、これは何だと断定することは困難な様だ。併し大体次の様なことが原因ではないかと思はれる。

1. 偏心誤差の大きいのは主として素材加工及び取付具（機械の方）の原因が大なるものと思ふ。
2. 嚙合試験に於ける離心誤差の大きいのは刻みの不一致によるものが大なる様です。
3. 歯面の仕上り度はホブで切削したものは一般に良くない様であるが、これはホブそのものが悪いのでこれらを選択して用ゐなければならぬ。グラウンド・ホブを用ゐるとかホブ歯面の良いものを選ぶ様にするここが肝心である。サンダーランド、フェローに於ける工具の歯面に於ける如き滑かな面のものを使用致したいと思ひます。
4. 歯の厚さは切削機械により非常にまちまちである。これは正しき歯切工具を選びその工具に適當した切込量を入れることである。尚一回切りしたものはどうしても逃げるのでこれはさうしても二回切以上にならなければならないと思ふ。面の仕上り度から云つてもそう思ひます。

5. 次に歯型の両面が非對稱性でこれはホブ盤で歯切りしたものに於て特に著しいと思ひます。これはホブの不正、取付（心出し）の不充分、機械の精度の低下等に原因する様です、特に心出しの影響は大なるものがある。

以上を通して見ます工具（ホブ・カッター）の正確なものを用ゐることは絶対に必要なことです。併現狀として市販品は完全なものばかり云ふわけに行かないから、これはさうしても選擇して行かなければならぬ。尚研ぎ直しの場合に於ても充分丁寧にして行かなければならぬ。

結 語

今度の測定は前記の目的を以て各齒切機械別に依り製作された歯車に就いて行つたものであります。その結果を総合するとホブ盤に依つて齒切した歯車はその歯面の仕上り程度が悪く齒型の両面が非對稱的になり勝ちである。嚙合試験に於て歯面の不整を表す波形はさうしても表れる。これはラツピング或はシェビングにより補はねばならぬと思ひます。齒車精度は一回切りより二回切りのものが著しく良くなつてゐる。特に歯厚の誤差は特に著しい様であるがこれは歯面の仕上り程度に關係を有するものと思はれる。

フェローの齒車形削り盤に依つて齒切りしたものはその齒型が先に至つて壓力角が大きくなる、特にこのカッターの製作は困難なものと思はれる故精度高きものを要求される。フェローのカッターは特に獨特の加工法を行つてあり國産のものではかゝる齒型のものはいふ所ないらしい。今後國産のものでも充分フェローのカッターに比適するかさうかは將來の研究として殘されてゐる。

次にこのフェロー形削り盤に依る齒車の歯面の仕上り程度は良好であるが、ピッチの誤差は往々にして不規則的に表れるから注意を要する。

サンダーランド齒切盤に依つて齒切せられた

ものは前者の二つに較べると優秀で齒型、齒面、精度共に良好である。カッターも割合簡單に作られる。

追加 齒車の精度に就いて

齒車の精度に就いては現在の所規格といふものもなければ推奨されてゐる案もありませんが現在の如くだんだん高精度を要求される以上ある範囲に入る誤差を定めたものであります、このため前出の如き齒車精度を外國文献より蒐集したものであります。これにより現在私共工場で作してゐる齒車を測定したものと比較して大体の範囲が明かにされるのではないかと存じます。工場では既にこの範囲を定めて齒切の向上を測つて居ります。尚最近調査した獨逸ユニオンの中グリ盤のスピンデル送り用齒

車の精度及齒型、嚙合試験結果を附圖 34, 35, 36, 37 に示してありますから参考迄に御覽下さい。

ホブの精度に就いて

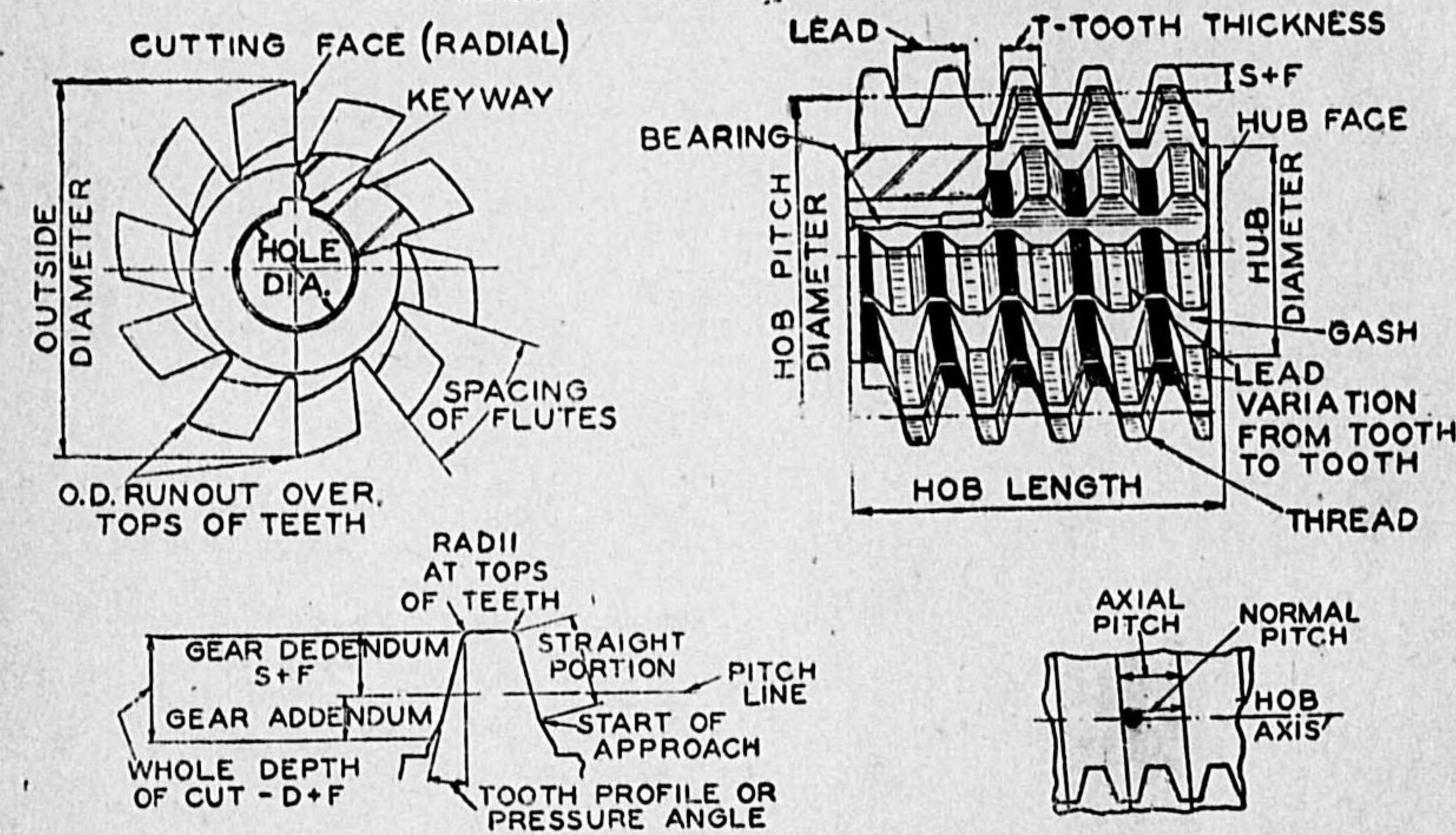
市販のホブを購入致す場合にもこの精度の規格をいつたものがないから恐らく出來次第のものを購入するより外はないと存じます。これに關する精度規格をいつたものが出來ることを望んでやまないのであります、否我々の所で暫定的案といふものを作りたいと思つて居ります。

米國では各會社共精度規格を明かにしてゐる様であります。

第十二表はミシガン・ツール會社のグラウンド・ホブの規格です（マシナリー 昭15.7月號参照）

第二十二圖

Identification of Hob Terms



第十二表 一重及多重グラウンド・ギヤ・ホブの精度（耗に換算 1/1000 以下四捨五入）

直 徑 刻 寸	1~1 1/4	2~2 1/4	3	4	5	6-12	13-50
孔	平行に眞直にラップされること、ベアリングは全面の 75% を下ざること						
孔 徑 の 公 差 (十割のみ許される)	A 0.020 B 0.025	0.013 0.018	0.008 0.013	0.008 0.013	0.005 0.013	0.005 0.008	0.005 0.006

ボスのフレ								
ボスの面		A	0.020	0.013	0.008	0.005	0.005	0.005
		B	0.025	0.018	0.013	0.008	0.006	0.006
ボスの直径		A	0.025	0.013	0.010	0.008	0.008	0.005
		B	0.030	0.020	0.013	0.008	0.008	0.006
直径のフレ	75 程度	A	—	—	—	—	—	0.025
		B	—	—	—	—	—	0.025
	75 程度~100 程度	A	—	—	—	0.038	0.025	0.025
		B	—	—	—	0.038	0.038	0.025
	100 程度以上	A	0.076	0.051	0.038	0.038	0.025	0.025
		B	0.102	0.076	0.038	0.038	0.038	0.025
溝の間隔誤差		A	0.102	0.076	0.064	0.051	0.038	0.025
		B	0.152	0.127	0.102	0.076	0.051	0.025
全上の一回轉の累積誤差		A	0.254	0.229	0.203	0.178	0.127	0.076
		B	0.305	0.254	0.229	0.203	0.152	0.127
切削面の半径方向の誤差		A	0.076	0.038	0.025	0.020	0.015	0.013
		B	0.127	0.064	0.038	0.025	0.020	0.018
ね ぢ								
任意の一回轉のリード變化		A	0.054	0.051	0.025	0.020	0.015	0.013
		B	0.089	0.064	0.038	0.033	0.025	0.020
一齒毎のリードの變化		A	0.018	0.013	0.010	0.008	0.005	0.005
		B	0.025	0.020	0.018	0.015	0.013	0.010
齒型及壓力角								
對稱程度		A	0.025	0.018	0.013	0.010	0.008	0.005
		B	0.038	0.025	0.015	0.013	0.010	0.008
直線部分の變化		A	0.025	0.013	0.008	0.006	0.005	0.005
		B	0.041	0.020	0.013	0.010	0.010	0.005
アプローチの始まる部分の變化		A	0.508	0.457	0.381	0.254	0.254	0.127
		B	0.559	0.508	0.381	0.254	0.254	0.127
齒厚(一側のみに許される)		A	0.076	0.051	0.038	0.038	0.025	0.025
		B	0.076	0.051	0.051	0.051	0.051	0.025

尙齒車に就いては多くの研究が残されてゐるが今回は前出の如き目的を以て始めたものゝ、この報告は機械及び測定器の照會の様なことで終つて深く究明することが出来ないことは残念であるが次々に多くの人によつてこの残された問題を明かにされて第二報、第三報を發表されることを望んでゐる。自分も今後研究も致し又

御援助を致したいを望んでゐる。

又今回の測定に關しても當所のこの方面に關係せられる人々より多大の御援助を承りましたことを厚く感謝致して筆を擱きたいを存じます。

16. 2. 28

(研究テグ整理 河本章徳)

98
3

大 隈 技 術 研 究 會

以印刷代謄寫

531.6-0554



1200500745503

.6

5

終