

船用電動揚貨機用齒車に就て

On the Reduction Gear of Cargo Winch

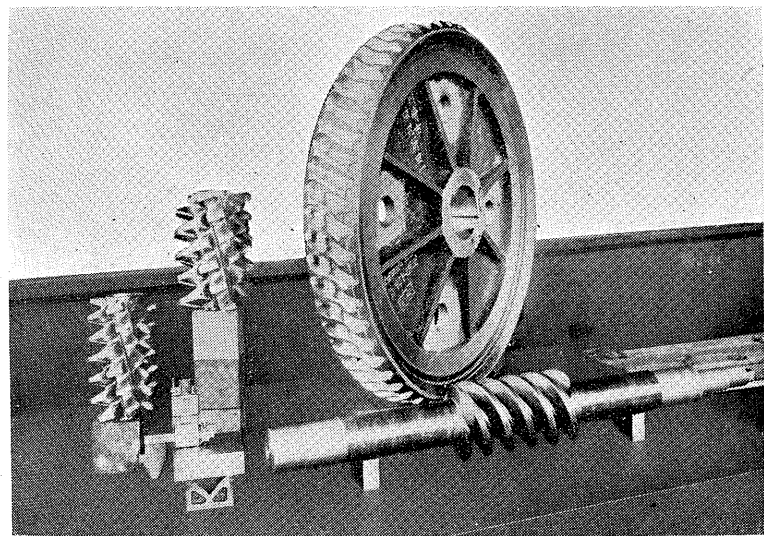
川崎工場作業研究課 浜 辺 久 米 男

I. 序 論

富士電機の新型電動ウィンチは、その制御方式は従来定評のあるものであるが、初めて減速齒車にウォームギヤを用いたものである。このウォームギヤによる減速の方式は、三菱電機 K.K. 製のウィンチに用いている形式である。

この利点は減速が1段のギャリングで簡単な機構であること、騒音がないことである。短所としてはウォームギヤの効率が低いこと、齒の当りが不良の場合は接触圧が過大となり、油膜を破って焼付きを起すおそれのある点である。それ故にウォームとウォームホイールは最もよい材料の選定、組合せ及び精密工作法により最もよい嚙合状態を作りあげねばならないのである。

ここに富士電機に於ける工作法、其の他について現状をお知らせする次第である。



第 1 図 ウォームギヤとホブ
Fig. 1. Worm gear and hob

II. 齒 形

第1表に示す通り3トン、5トン用共にねじれ角が20°以上であるので図面上は齒條直角断面が梯形(圧力角 20°)となっているけれども、実際は中高の曲線をなす近

第 1 表 寸 法 表

種 別 寸法	3 ton 用		5 ton 用	
	ウォーム	ウォーム ホイール	ウォーム	ウォーム ホイール
モジュール	12.8		15.17	
齒 数	右 3 重	56	右 3 重	57
圧 力 角	20°		20°	
蔓 卷 角	20°5'25"		20°50'	
リ ー ド	120.636		142.900	
ピ ッ チ 径	105φ	716.8φ	120φ	864.69φ
材 料	NiCr 鋼	磷 青 銅	NiCr 鋼	磷 青 銅

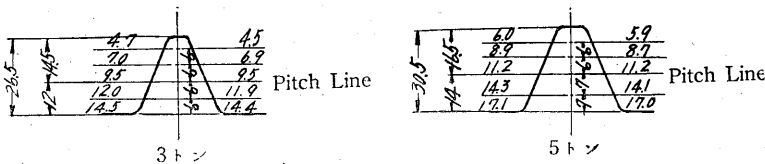
似梯形となる。これはねじれ角が大きくなるとウォームホブの製作の際に研磨加工によって出る誤差であってその修正は困難である。それ故に、そのウォームホブによって齒切りされたホイールと嚙合うウォームはホブと全く同一の齒形でなければならない。

しかしながら、全く同様の加工法を取ってもウォームとホブ(外形、齒面共に二番がとってある)とは齒形が多少違ってくる。

—日本機械学会論文集第14巻第46号
ウォームならびにウォームホブの研削仕上法、参照—

これを研磨加工によって修正することも実際には難かしいことである。上記の点から現在使用中のウォームホブ(山本工業K.K.)製の軸断面の齒形を調べて見ると第2図の齒形であった。

これはウォームホブをねじ切旋盤の回轉中心に取付け、カンナ合にホブによって切削される様に軸心の高さに合せて真鍮板を



第 2 図 齒形 (数字は中心よりの寸法)
Fig. 2. Tooth-shape (digits show distances from center line)

取付けて、普通のバイト切削の逆の方法によって眞鍮板に軸断面の齒形を寫したものである。

ウォームの齒溝加工の時にこの齒形をゲージとしてホブと全く同一齒形の齒溝を作ることが出来たのである。

III. 齒 切 法

齒切法は下記の a b に分けられる。

a: ウォームホイールの齒切り加工

b: ウォームの齒溝ねじ切り加工

a: ウォームホイールの齒切り

ウォームホブを用いて行う普通の方法であって、所定の寸法まで切込む。偏心に対しては心金によって心を出している故に、偏心誤差は 0.08mm 以内である。

3 トン用のものはウォームと嚙合う場合の直角度の誤差、片寄りの誤差等を考慮してホブを水平から上下に若干かたむけて齒切りした。これによって嚙合いの際に片当りを避け、齒面の中央で当り、両端は少し隙間をもつ様にしたのである。

(5 トン用はホブをかたむけることはせずウォームのリードをのばすことによって、中央が当る様に考慮した。二通りのやりかたを比較して今後はよい方にしたいと考えている。)

b: ウォームのねじ切り加工

ウォームはねじ切り旋盤によって、リードの荒いねじ切りと同様な方法によって齒溝を加工した。齒形は齒形の項で述べた齒形ゲージを第 3 図に示す測定具に取付けて、バイトの形を修正しながら削り出したのである。

但し 5 トン用のウォームは齒の当りが中央になる様に

齒面に膨みをつけた。これはリードを若干のばすことによって可能である。

一日本機械学会論文集第 15 巻第 50 号ウォーム・ギヤの齒面に膨みをつける齒切法、参照一

リードの誤差 ± 0.030 以内。ピッチ誤差も ± 0.030 以内である。

尚、普通の焼入れであるならば、焼入れ後齒溝はリードの焼狂いをとる爲に、研磨加工が必要である。そして研磨加工によって齒形が変わることは避けられない。又齒形を出す爲に、砥石を修正することは実際に困難である。それ故に焼狂いを避ける爲に、高周波焼入を行った。

註: ウォームの齒面の精密旋削面と研磨面の場合に於ける各々の効率を実験測定して比較したが、同じ結果であった。

IV. ウォームの高周波焼入れ

ウォームの齒面は常に同一齒面の滑り摩擦であり、しかも相手が磷青銅のウォームホイールであるので、その耐摩耗性は絶対に必要である。それによって壽命が決まると云ってよい。それ故に、ウォームは表面の硬度を上げるために、焼入れを必要とする。

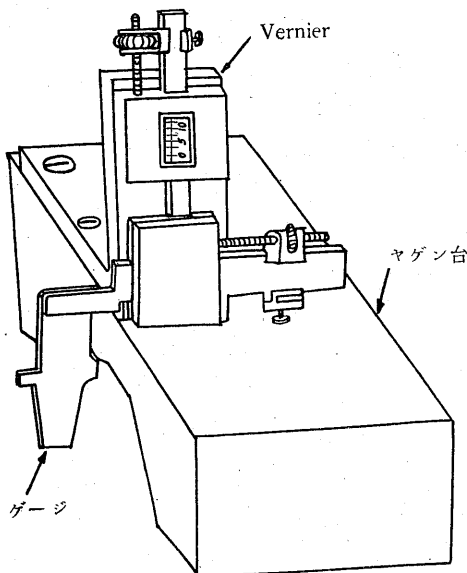
試作の時は普通の焼入れを行ったのであるが、焼入れ歪みの爲にリードが約 0.5mm も延びてしまった。(しかもむらがある。) その誤差をとる爲には、研磨加工以外にはない。研磨加工をした結果齒形は近似となり、齒幅が (-) となり、背隙が大きくなり、その上にリード、ピッチ誤差共に 0.05 以下にはどうしてもとれなかった。(最初の研磨代の不同が最後まで残る結果である。)

このウォームを用いて、嚙合いの当りを良好にする爲に、手仕上に相当の時間がかゝったのである。

この焼狂いを避けるために、電機モーターのギヤの高周波焼入れから着想してウォームの高周波焼入れを考えたのである。大形ウォームの齒面の高周波焼入れは日本で初めてで、他に例がないので、その研究を某高周波工場に依頼した。昭和 25 年 3 月頃より 6 ヶ月、種々実験の結果、ヒーターコイルの作製に成功し、焼入れすることが出来る様になった。

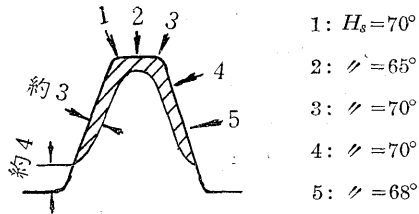
ピッチ、リード共に殆ど狂いがなく、又表面硬度は $H_s = 65^\circ \sim 70^\circ$ であり、深さは約 3mm である、(従来の焼入れでは $H_s = 55^\circ \sim 60^\circ$) 表面硬化の実際例を第 4 図に示す。

現在 3 トン、5 トン用共に高周波焼入れを行って、油煮にて焼戻しをほどこしているが、表面の酸化は殆どなく(黒色に変色する程度) 研磨加工が不必要となった。



第 3 図 齒形測定ゲージ

Fig. 3. Gage for tooth-shape measuring.



第 4 図 高周波焼入に依る表面硬化状況
Fig. 4. Surface hardening by high frequency tempering.

これらの利点から加工工程及び加工時間が相当短縮されたのである。

参考までにその工程を第 2 表に示す。

第 2 表 旧, 新のウォームの加工工程

工程順	旧 工 程	新 工 程
1	センター削り	センター削り
2	荒削り	荒削り
3	焼 準	歯溝仕上
4	中仕上	歯溝焼入れ (高周波)
5	歯溝仕上	軸部焼入れ (ク)
6	焼入れ (歯部)	焼 戻
7	焼 戻	軸部仕上
8	センター修正削り	ミーリング加工
9	軸部仕上	軸部研磨
10	ミーリング加工	
11	歯溝研磨	
12	軸部研磨	

V. 嚙合状態と効率

最もよい嚙合状態にウォームギヤを取付けるためには下記の条件が満足されねばならない。

- 中心距離が寸法通りであること。
- 二つの軸線は正確に直角であること。
- ウォームホイルの歯幅の中心断面とウォームの軸線は 1 平面上にあること。
- 歯面の当りが中央に強く、ウォームホイルの歯面の両端が当たらない良好なものであること。
- 適当な背隙を有すること。

d) 項は a) b) c) 各項目が良好であって初めてよい嚙合状態が出来るのである。実際は台盤、ギヤケース等の加工精度によって左右される。それ故に、加工精度の許容誤差内に於て、なお良好な歯の当りを得るために、歯面に膨みをつけて、片当りを避ける様にしたのである。

ウォームホイルの当り面積は常識として、50%以上でなければ使用することは出来ないであって、しかも片当りを避け、歯面の両端がわずかの隙間を有して潤滑油の流れこみをよくする必要がある。このむじゅんした二つの条件を満足する様にするために、ウォームギヤを取

付けた後、歯面の当りを見て、修正手仕上げによって、より良い当りを出す様にするのが現状である。

実際に荷重がかゝった場合には、ウォームホイルは軸心上で推力により寄せられるために、歯の当りが多少変って来る。この推力方向の偏位を測定の結果、3 トン荷重で約 0.15 mm 寄ることが解った。この変化を避けるためにも歯面に膨みをつけるべきであることが解ったのである。

この様な嚙合状態に於て、適当な潤滑方法を行えば、最大荷重に於けるウォームギヤの効率は約 80% であることが解った。(潤滑油：モビール油)

VI. 結 び

上記の点から今後より良い嚙合状態を作り出す爲に、歯形の研究、歯切法の改善及び取付台の加工精度の向上が必要である。

又、寿命についても今後研究する必要がある。今後実用になってから種々教えられることが多いこと、思うので、一應現在の工作法を紹介した次第である。

種々の問題について御教示を賜われれば幸いである。

ウォームギヤの工作法を決定する迄に種々御指導いただきました、九州大学工学部和栗教授に紙上にて厚く御禮申上げる次第であります。(終)

× × ×

× × ×

× × ×

× × ×



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。