型鍛造かさ歯車の研究 (第3報)*

—型鍛造まがりばかさ歯車について (その 2)—

成瀬 政 男** 泉 沢 正 郎** 松 本 二 郎***

Studies on the Forged Gears (Part 3)
—On the forged spiral bevel gears (2)—

Masao NARUSE, Masaro IZUMISAWA, Ziro MATUMOTO.

This paper offers the character of the die-forged spiral bevel gears. We investigated the eccentric errors, the adjacent pitch errors, the inside diametric errors and the tooth bearing, etc. of the die-forged spiral bevel gears, and compared these results with those of the machined spiral bevel gears.

Furthermore, we inspected the metal structure and the hardness of the die-forged spiral bevel gears. Consequently, we verified the character of the die-forged spiral bevel gears as the machine elements.

1. 緒 言

型鍛造かさ歯車の研究 (第2報) において, 著者等は, まがりばかさ歯車の型鍛造製作法とまがりばかさ歯車成形用めす型の製作法について報告した。同時に型鍛造まがりばかさ歯車の歯すじのねじれの測定について報告した。さらに, 型鍛造まがりばかさ歯車成形用めす型の製作に使用する, マスター・ギヤの各部寸法の修正値を求め, これらのものに対する考察等について報告した。

以上のようにして, 著者等は現用4トン積みおよび2トン積みのトラックの差動歯車装置に用いられる諸元をもつ型鍛造まがりばかさ歯車を試作した。これらの鍛造歯車は, 高温の状態においてエア・ハンマーによつて大きい衝撃力に加えられ, 早い変形速度で成形されたものである。そのために次の各項が問題になる。(1) 高温で成形された歯車が 常温になつた場合にあらわれる変形・収縮が歯車の精度におよぼす影響。(2) 鍛造歯車の歯面の粗さが歯車の精度におよぼす影響。(3) 鍛造肌を削りとつたあとの精度。(4) 滲炭, 焼入をした場合にあらわれる熱処理歪が精度におよぼす影響。(5) 鍛造歯車内部の金属組織の状態。

著者等はこれらの各項を, あきらかにするために, つぎの各々の場合について実験を行つた。すなわち鍛造歯車の歯面が型鍛造肌のままの状態においての場合, 歯面の型鍛造肌を1皮むいた状態においての場合, さらに滲炭, 焼入をほどこしたあとにおいての場合である。一方比較のために, 同一素材から製作した同一諸元をもつ切削まがりばかさ歯車について, 型鍛造まがりばかさ歯車の場合と同一条件で実験をおこなつた。

著者等はこれからえられた結果について比較, 検討を加え, 型鍛造まがりばかさ歯車の歯車としての性能について考察した。本報告においてのべるものはこれらについての結果である。

2. 実験経過

著者等は歯面が鍛造肌のままの歯車について下記の測定をおこなつた。(1) 偏心誤差測定。(2) ピッチ誤差測定。(3) 歯厚測定。(4) 背面精度測定。(5) 内径誤差測定。(6) 内部硬度測定。(7) 繊維組織の状態。以上7項目の測定終了後, 鍛造歯車の歯面の鍛造肌をグリーソン No. 22 スパイラル・ベベルギヤ・ラッファーで荒削りした。つぎに前記測定項目中の(1)乃至(5)の各項目の測定をおこなつた。これらの測定終了後, グリーソン No. 22 スパイラル・ベベルギヤ・フィニッシャーによつて歯面の仕上げ削りをおこない, そのうち, また前記測定項目中の(1)乃至(5)の各項目および(8) 歯当り試験の測定をおこなつた。以上(1)乃至(5)およ

* 昭和34年10月2日 精機学会諏訪地方講演会において講演

** 東北大学工学部精密工学科 正会員

*** 東北特殊鋼株式会社 正会員

び(8)の各項目の測定終了後、これら各鍛造歯車に滲炭をほどこした。本実験でおこなった滲炭はつぎのものである。

鍛造歯車を、木炭と炭酸バリウムとの混合剤とともに、ケースの中に入れる。これを密封して重油燃焼炉で加熱した。この際、炉中温度は $880^{\circ}\text{C} \sim 920^{\circ}\text{C}$ にたもつた。加熱時間は8時間で、加熱終了後、鍛造歯車をケースのなかにいれたまま放冷した。

かく滲炭をほどこした鍛造歯車について、著者等はふたび前記測定項目中の(1)(2)(4)(5)の各項目の測定をおこなった。以上の諸測定を行つたのち、これら鍛造歯車に焼入をおこなった。本実験でおこなった焼入はつぎのものである。

加熱中の酸化、脱炭をさけるために、鍛造歯車を木炭と共にケースの中に入れ、このケースを密封して、ケースのまま電気抵抗炉で加熱をおこなった。この加熱は 600°C で1時間保持し、さらに 850°C まで温度をあげ、この温度で15分間保持した。そののち炉中でケースから歯車をとりだし、クエンチング・プレスリを使用して焼入をおこなった。焼入終了のあと、これらを 180°C の油中にいれ70分の焼戻しをほどこした。その後 50°C の水で洗い、ショットブラストをほどこしてスケールをおとした。以上のべた焼入作業が終了したあと、前記測定項目中の(1)(2)(4)(5)(8)の項目の測定をおこなった。測定終了後、歯溝と背面を基準として軸孔の研削をおこなった。

孔径研削後、前記測定項目中の(1)(2)(8)とさらに(9)嚙合騒音試験をおこなった。そののちピニオンギヤとかみ合せ、ラッピングをおこなった。

同一素材から製作した切削まがりばかき歯車についても、同一条件でそれぞれ測定をおこなった。

著者等はこれらの結果について、各測定項目ごとに、比較、検討をこころみた。

3. 型鍛造まがりばかき歯車の偏心誤差

型鍛造まがりばかき歯車の偏心誤差の測定において、著者等はつぎの方法をもちいた。

被測定歯車の軸孔と背面を基準にして、歯車を測定装置の基準面にとりつける。測定装置の基準面の上には、同心円状につくられたV溝がある。このV溝には同じ大きさの鋼球群がならんでいる。被測定歯車の背面はこの鋼球群の上におかれる。軸孔は基準面上にある3個のローラにより、3点支持法で支持される。このために被測定歯車は、軸孔の3接触点と、背面に接触する鋼球群とを基準にして、軽く回転できる。

偏心誤差の測定において著者等は、フェデラル製の $\frac{1}{10000}''$ 精度のダイヤルインデケータを2個使用した。すなわちそのうちの1つは被測定歯車の測定位置決定用のインデケータであり、他の1つは偏心量測定用インデケータである。

この偏心測定の概要を図1に示す。図1において、Oは被測定歯車の中心、 O_c は内径三点支持による測定

図1 型鍛造まがりばかき歯車の偏心誤差測定の概要

中心である。誤差のない歯車の場合、Oと O_c とは1点に重なるのは勿論である。しかし実際には誤差が存在するので、この歯車の中心Oは測定中心 O_c より偏心しているはずである。この偏心量を e とする。

いま歯車中心Oと測定中心 O_c とが図1(左)に示すように垂直線上にかさなつたものと考え。この場合、測定位置決定用インデケータ5を被測定歯車の歯面1のピッチコーン附近に接触させる。このとき歯面1から 180° はなれた歯面2のピッチコーン附近に、偏心測定用インデケータ6を接触させる。このときインデケータ5, 6の読みをそれぞれ零とし、これを偏心測定の基準値とする。

つぎに被測定歯車を1歯だけ時計方向に回転させ、位置決定用インデケータ5をこの歯面に接触させる。インデケータ5の読みが零になるように歯車を回転させ5の読みが零になつたとき、偏心測定用インデケータ6で偏心を測定する。

測定が進んでいつて歯面3および歯面4が測定位置にきた場合を考える。歯面3および4は、図示のように歯面1および2に対して 90° の位置にあるものとする。これを図1(中)に示す。この歯面3に測定位置決定用インデケータ5を接触させ、歯面4に偏心測定用インデケータ6を接触させる。このときは歯車の中心Oは測定中心 O_c より右側に e の距離のところにくる。このとき測定位置決定用インデケータ5の読みを零にするためには、歯車を反時計方向に e だけ回転させなければな

らない。かくするときは、歯面 4 はその基準値から $2e$ だけ右に偏位した状態でインデケータ 6 によつて測定される。

さらに測定が進み図 1 (右) にしめすように、歯面 4 に測定位置決定用インデケータ 5 を接触させ、歯面 3 に偏心測定用インデケータ 6 を接触させ、これにより偏心を測定する場合がある。このときは歯車の中心 O は測定中心 O_e から左に e の距離のところにくる。測定位置決定用インデケータ 5 の読みを零にするためには、図から明かなように、歯車を時計方向に e だけ回転させなければならない。かくするときには、歯面 3 は基準値から左の方へ $2e$ だけ偏位した状態でインデケータ 6 によつて測定される。さらに測定をすすめて全円周にわたり同様な操作をおこない、この測定を完了する。

よつてこの測定法によれば、図 1 (左) にしめした測定の基準値を任意にえらび測定をおこなつた場合でも、えられる測定値は振幅が $4e$ で、 2π を周期とする曲線をしめす。このためインデケータの読みの最大差は偏心誤差の 2 倍、純偏心量の 4 倍に相当する値をしめす^{3)4)****}。この場合の読みはピッチ誤差及び歯形誤差の影響をうけている。

以上のごとくして求めた偏心誤差のうちの 1 例を図 2 にしめす。

図2-1 型鍛造マガリバカサ歯車の偏心誤差の1例

図2-2 切削マガリバカサ歯車の偏心誤差の1例

図 2 型鍛造マガリバカサ歯車の偏心誤差の 1 例

**** この測定原理によつてつくられた偏心測定装置にグリーンソンのベベルギヤ・アンド・ハイドギヤ偏心測定機がある。

これらの結果からつぎのことがわかる。著者等が試作した型鍛造まがりばかさ歯車の歯面が鍛造肌のままのときの偏心誤差は、鍛造肌を削りとつたときの偏心誤差より大きい値をしめている。その値は $65/10000$ 吋である。これは鍛造肌の粗さが大きく、これが偏心誤差の値に影響したためと考えられる。

著者等は鍛造肌の荒れるのを防ぐために、目下、適当な潤滑剤を使用した、大容量の水圧プレスによる型鍛造まがりばかさ歯車の製作を計画している。

歯面の鍛造肌を 0.5mm の厚さで荒削りしたあとの偏心誤差は $20/10000$ 吋 $\sim 25/10000$ 吋の精度である。この精度は切削歯車の偏心誤差と比較して同じ程度である。

滲炭、焼入をほどこした場合の偏心誤差は、 $50/10000$ 吋 $\sim 30/10000$ 吋である。この値は鍛造肌を削りおとした直後の値と比較して大きい。しかしこのことは切削歯車においても見られる現象であり、型鍛造歯車特有のものではない。

歯溝を基準にして内径を研削したあとの偏心誤差はともに $14/10000$ 吋 $\sim 10/10000$ 吋である。以上の結果をみると、著者等が製作した型鍛造まがりばかさ歯車の偏心誤差は、歯面が鍛造肌の状態では鍛造肌を削りとつた直後に比較してその誤差が大きい。しかし鍛造肌を削りとつた場合、滲炭、焼入をほどこした場合、内径を研削した場合等のそれぞれの場合の偏心誤差は、切削歯車と比較して同じ程度の大きさであることがわかる。

4. 型鍛造まがりばかさ歯車のピッチ誤差

本実験で、著者等が実験の対象としてとりあげたまがりばかさ歯車は、歯すじのねじれ角が比較的大きく、その値が 34° 以上のものである。このため著者等は、ピッチ誤差の測定をつぎの方法でおこなつた。

まず被測定歯車の軸孔と背面を基準にして、被測定歯車を測定装置の基準面にとりつける。この基準面上には V 溝が同心円状につくられている。V 溝には同じ大きさの精密な鋼球群がおかれている。被測定歯車の背面はこの鋼球群の上におかれる。被測定歯車の軸孔は基準面上にあるローラ 3 個に接触し、3 点支持法で支持される。かくして被測定歯車は軽く回転できる。

このピッチ誤差測定装置の概要を図 3 にしめす。図中 10 は被測定歯車の 1 部である。ボール 1 は被測定歯車の測定位置決定用のボールで、測定装置 4 に固定されている。またボール 2 は測定端子 No. 1 である。これはスプリング 5 によつて M_1M_2 線に平行に、 $N_2 \rightarrow N_1$ 方向に常に引かれている。しかも $1/10000$ 吋の精度をもつインデケータ 9 の本体に連結している。そのためスプリング 5

図 3 型鍛造まがりばかさ歯車のピッチ誤差測定の概要

にさからつておこなわれるボール 2 の動きは、インジケータ 9 の本体の $\overline{M_1M_2}$ 線方向の動きとしてあらわれる。

ボール 3 は測定端子 No.2 である。これはスプリング 6 により常に $N_2 \rightarrow N_1$ 方向に引かれている。同時にその 1 端 8 はインジケータ 9 の先端 7 と接触している。3 の N_1N_2 方向の動きはそのまま $\overline{M_1M_2}$ 線上の動きとなり、これが 8 を経て 7 に移りかくしてインジケータ 9 の針を動かし、これらによつて歯すじのねじれに対して直角方向にピッチ誤差を測定する。これらの測定用の各要素は測定装置 4 に 1 体にまとめられている^{6)****}。

図4-1 型鍛造まがりばかさ歯車の隣接ピッチ誤差の1例

図4-2 切削まがりばかさ歯車の隣接ピッチ誤差の1例

図 4 型鍛造まがりばかさ歯車の隣接ピッチ誤差の1例

**** この測定原理によつて作られた測定装置にグリーンソン社ベベルギヤ・アンド・ハイボイドギヤ専用ピッチ誤差測定機がある。

以上の方法によつて測定した値は、歯面に垂直な方向へ測定したピッチ誤差である。よつてこれらの測定値を歯車の歯すじのねじれ角の余弦と圧力角の余弦との積で割つてピッチ円方向の値に換算し、これらの値から隣接ピッチ誤差をもとめた。求めた結果の1例を図 4 にしめす。

これらの結果からつぎのことがわかる。著者等が試作した鍛造歯車の最大隣接ピッチ誤差は、歯面が鍛造肌の場合には $18/10000$ 吋⁴ $\sim 15/10000$ 吋⁴ である。この歯車の歯面の鍛造肌を荒削りし、さらにこれを仕上削りしたあとの最大隣接ピッチ誤差は $5/10000$ 吋⁴ $\sim 3/10000$ 吋⁴ である。この精度は JIS のかき歯車精度規格⁵⁾ の 3 級 $\sim$ 4 級に相当する精度と考えられる。同一条件で熱処理した切削歯車について求めた最大隣接ピッチ誤差も同様に $4/10000$ 吋⁴ $\sim 3/10000$ 吋⁴ の値をしめしている。

以上のことから、鍛造歯車の隣接ピッチ誤差は、偏心誤差の場合と同じく、鍛造肌の荒さの影響をうけていることが推察される。また鍛造肌を削りおとしたあとの精度は切削歯車と比較して大きい差がない。渗炭後、焼入後における隣接ピッチ誤差は切削歯車と同じ程度の大きさをしめしていることがわかる。

5. 型鍛造まがりばかさ歯車の内径誤差

歯車の軸孔は歯車測定のさいの基準であり、実際に使用する場合には組付けの基準になる。

このため著者等は型鍛造まがりばかさ歯車の軸孔の精度を 3 点支持法によつて測定した。このときに用いた測定器具はフェデラル製の $1/10000$ 精度のダイヤルインジケータ 1 個と、精密な円筒形のローラ 2 個である。

さらに著者等は軸孔の等幅多角形の形状の有無を判別するために、3 点支持法による測定によつてえられた測定値をもちいて、これに調和解析をほどこしこれによつて軸孔の真円度曲線をもとめた。以上によつて著者等の

試作した鍛造歯車と切削歯車との内径誤差について比較、検討をおこなつた。

これらの測定法の概要を図 5 にしめす。図中 1 は精密な寸法をもつたローラである。2 は被測定まがり

図 5 型鍛造まがりばかさ歯車の内径誤差の測定の概要

ばかさ歯車である。3は測定用インジケータである。測定の実際においては標準孔径をもつゲージをこの装置にとりつけこれを回転させる。このときインジケータの針を零に調節する。ついで標準孔径をもつゲージの代りに被測定歯車をとりつけ、2個のローラ1に被測定歯車の軸孔を接触させる。ついで被測定歯車を回転させながらインジケータ3によつて、被測定歯車の内径の誤差を測定する。

以上の方法で著者等の鍛造歯車について軸孔あけ直後、滲炭後、焼入後のそれぞれの場合の誤差測定をおこない、これらの測定値から真円度曲線をもとめた。切削歯車についても同一条件のもとで同じ測定をおこない、真円度曲線をもとめた。これらの結果のうちの1例を図6に示す。

この結果からつぎのことがわかる。著者等の型鍛造歯車について孔あけ直後の誤差は $\pm 15\mu$ である。滲炭後は

図6 型鍛造まがりばかさ歯車の内径誤差測定の一例

$\pm 25\mu$ 以内である。焼入後は $\pm 35\mu$ 以内に变化している。

しかしこの変化の状態は鍛造歯車だけにみられる現象ではなく、切削歯車についても同じ程度の大きさの変化がみられる。

これらのことから軸孔の真円度の変化は、孔あけ直後においても、滲炭、焼入後のそれぞれの場合においても、鍛造歯車、切削歯車ともに同じ傾向で同じ程度の大きさであると結論される。

6. 型鍛造まがりばかさ歯車背面の精度

本実験において著者等がとりあげた歯車は、実際に使用する場合、軸孔と背面がとりつけの基準になる形式のものである。たとえ歯の部分の精度が良好であつても、背面の精度が良好でなければこの形式の歯車の取付け誤差は大となる。

よつて著者等は この歯車の背面の精度測定につきの方

法をもちいた。この歯車の歯の部分は内端部において、歯先円錐面が15mmだけ軸に垂直に仕上げられている。(第2報図1および図2参照) 著者等は背面の精度測定にこの面を基準として利用した。すなわち上記15mm幅の面と軸孔とを基準にして、被測定まがりばかさ歯車を測定装置の上にとりつける。ついで背面に $\frac{1}{1000}$ mm精度のインジケータを接触させて、この背面の精度を測定した。

使用した測定装置の概要を図7に示す。図中1は被測定歯車で、2は平行円板、3は鋼球群である。4は測定装置の基準板である。5は軸孔3点支持用ローラで6

図7 型鍛造まがりばかさ歯車の背面測定装置

はダイヤルインジケータである。7はダイヤルインジケータ保持具で8は保持具スタンドで左右に移動可能である。

測定の実際においては、精密平行円板2の上に被測定歯車の上記の面を接触させて歯車1をおく。測定装置の基準板4の上には、V溝が同心円状につくられている。V溝には精密な同じ径の鋼球群3がならんでいる。平行円板2はこの鋼球群の上にのつている。歯車の軸孔は基準板上の3個のローラ5によつて、3点支持法で支持される。平行円板2の中央には歯車の軸孔より大きい孔がある。この平行円板2と3個のローラ5とは接触しない。このため歯車1は円板2とともに軽く回転する。ダイヤルインジケータ6はブロックゲージにより零点を決定しておく。ダイヤルインジケータ6を歯車1の背面に接触させ背面の各位置において、このダイヤルインジケータ6により基準値からの変化の状態を測定した。

また著者等は、切削歯車についても同一条件で測定をおこなつた。

以上によつてえられた測定値を整理するについて、著者等は背面の内端と外端の相対差を彎曲度と名付けた。また内端と外端のそれぞれの測定値をつらねた結果を波状度と名付けた。図8にこれら彎曲度と波状度の結果を示す。

これらの結果によつてつぎのことがわかる。鍛造歯車の彎曲度は、背面旋削仕上げ後、滲炭後ともに 5μ 内外の

図8-1 型鍛造まがりばかさ歯車の背面誤差の1例
図8-2 切削まがりばかさ歯車の背面誤差の1例

図 8 型鍛造まがりばかさ歯車の背面誤差の1例

誤差である。焼入後は 15μ 以内の誤差になる。切削歯車の彎曲度は鍛造歯車と同程度である。

波状度については焼入後の場合までは、内端、外端ともに 5μ 程度の誤差である。焼入後になると内端部において 10μ 高くなっていることがわかる。この現象については鍛造歯車と切削歯車とが同程度であるということがみられる。

以上によつて鍛造歯車の彎曲度ならびに波状度は、切削歯車のそれらと同程度の値であることが知られる。

7. 型鍛造まがりばかさ歯車の歯当り

鍛造歯車の精度測定の一環として著者等は、まがりばかさ歯車のかみ合試験機⁷⁾を利用した歯当り試験をおこなつた。

被測定歯車をかみ合試験機にとりつけこれとマスター・ピニオンをかみ合せ、歯面にマーキング・パウダー(光明丹)を塗布して回転させる。このとき歯車の歯面にできる“歯当り”すなわち“トウスペアリング”を調べ、鍛造歯車の歯車としての総合的な検査をおこなつた。

本実験で著者等が使用した試験機においては、小歯車軸は大歯車軸に対して、前後に移動することが可能である。この移動量を b とする。一方大歯車軸は小歯車軸に対して上下方向、左右方向に移動することが可能である。これらの移動量をそれぞれ V, H とする。

この試験機でおこなう試験法はいろいろ種類がある⁸⁾が、著者等はつぎの2つの方法によつて歯当りを試験した。

1つの方法はつぎのものである。すなわち被測定歯車とマスター・ピニオンとがかみ合つて歯車の歯面にできる歯当りが、セントラル・トウになるようにした場合の V, H, b の諸値を求めそれらについて比較検討することである。この比較検討方法を歯面の鍛造肌を削りとつた後、焼入後、ラッピング後のそれぞれの場合についておこなつた。

他の1つの方法はつぎのようなものである。すなわち鍛造歯車をとりつけたギヤ軸を、ピニオン軸に対して、 $V=0, H=0, b=10/10000''$ の状態に固定して、これらとマスター・ピニオンとをカム合せて互に回転させる****。このときの歯当りをそれぞれの場合について求め、この歯当りの位置形状について比較検討することである。

N $\bar{0}$	∇	H	b	N $\bar{0}$	∇	H	b
F-1	+18	+11	-12	F-7	+18	+10	-12
F-2	+15	+10	-12	F-8	+17	+11	-12
F-3	+16	+10	-12	F-9	+16	+8	-12
F-4	+17	+12	-12	F-10	+18	+9	-12
F-5	+15	+8	-12	F-11	+17	+10	-12
F-6	+16	+11	-12	F-12	+18	+9	-12
C-1	+9	-3	-12	C-3	+9	-4	-10
C-2	+8	-2	-10	C-4	+10	-3	-10

V, H, b の値の分散状態 $1/1000$ 吋

(同一の Master Pinion 使用 Central toe の Tooth Bearing をえたとき)

F-1~F-12 まで型鍛造まがりばかさ歯車 C-1~C-4 まで切削まがりばかさ歯車

図 9 型鍛造まがりばかさ歯車のかみ合試験の結果の1例

これらの方法によつてえられた測定結果の1例を図9および図10に示す。

図9は鍛造歯車の焼入後の歯当りをセントラル・トウにくるようにした場合の V, H, b の諸値である。C-1~C-4 は切削歯車について同じ試験をおこなつてえた値の1例である。

この結果から鍛造歯車の V, H の値は、切削歯車の V, H の値に比較して広く分散することなく、同じ程度のちらばり方をしていることがわかる。

図10は、小歯車軸に対して大歯車軸を $V=0, H=0, b=10/10000''$ の状態に固定して、マスター・ピニオンとかみ合せ、この状態で回転したときの歯当りを、焼入前後の場合について求めたものの1例である。

これらの結果から、高温の状態で成形された型鍛造まがりばかさ歯車の熱処理歪が、歯当りにあたえる影響は大きいものではなく、切削歯車のそれと比較して同じ程

***** $b=10/10000''$ にとつた意味は、この種の歯車の実際に製作されている現場の値に準じたものである。

図 10 型鍛造まがりばかさ歯車の歯当りの 1 例

度の大きさであるということがわかる。

8. 型鍛造まがりばかさ歯車の金属組織

本実験の鍛造歯車に使用した材質はハダ焼鋼 SH-85b である。著者等はこの歯車の歯すじ直角断面をとり、この断面における材料の流動状態を調べた。これらの結果のうちの 1 例を図 11 にしめす。

これをみると型鍛造まがりばかさ歯車の歯の内部の状態は、型鍛造すぐばかさ歯車の場合と同様に、繊維組織が、歯の根本にそつては、流れていることがわかる。このことより型鍛造すぐばかさ歯車と同様に、型鍛造まがりばかさ歯車の歯の単一衝撃曲げ強度が、切削まがりばかさ歯車の歯の値よりも大きいということが推察される。

型鍛造まがりばかさ歯車の歯すじ直角断面に平行にとつた断面における硬度分布の状態を、著者等はマイクロウィッカース硬度計をもちいて調べた。その結果の 1 例を図 12 にしめす。これをみると、歯の中心から表皮近くまでの間の硬度分布の状態は、殆んど変わらないことがわかる。しかし表皮近くにおける硬度は急激に大きい値をしめている。表皮からある一定の厚さで、歯車にそつて高い硬度の層が存在することがわかる。これは鍛造加工によつて変質された層があるためとも考えられる。

9. 結 語

著者等は型鍛造法によつて製作したまがりばかさ歯車につき、歯車としての性能にかんして実験をおこなつた。

図 11 型鍛造まがりばかさ歯車の繊維組織の状態

すなわち、著者等は型鍛造まがりばかさ歯車の偏心誤差、ピッチ誤差、背面誤差、内径誤差、歯当り試験等の精度測定をおこない、これらによつてえられた結果について検討した。一方、同一素材から製作した切削まがりばかさ歯車についても、同一条件で同じ項目にわたり測定をおこない、これによつてえられた結果と鍛造歯車の測定値とを比較した。さらに著者等は内部の繊維組織、硬度分布について測定をおこない、これよりえられた結果について検討した。

図 12 型鍛造まがりばかさ歯車の歯の硬度分布状態の 1 例

本報告でえられた結果をまとめるとつぎのようになる。

(1) 著者等が型鍛造法によつて製作したまがりばかさ

歯車の偏心誤差は、歯面が鍛造肌のものについては、 160μ 内外である。歯面の鍛造肌を削りとつたあとの偏心誤差は 60μ 内外である。滲炭、焼入後における偏心誤差は 80μ 内外になり、内径研削後とラッピング後においては、その偏心誤差は $35\mu\sim 30\mu$ になる。切削歯車についても同じ程度の結果をうることができた。

(2) 型鍛造まがりばかき歯車の最大隣接ピッチ誤差は、歯面が鍛造肌の状態の場合は 45μ 内外である。歯面の鍛造肌を削りとつたあとと、滲炭、焼入をほどこしたあとのそれぞれの場合の最大隣接ピッチ誤差は、 $12\mu\sim 7\mu$ でこの値は AGMA のかき歯車精度規格の 3 級～4 級に相当する。内径研削後およびラッピング後の最大隣接ピッチ誤差は 8μ 内外となり、AGMA の 4 級に相当する。切削歯車についても同じ程度の結果をうることができた。

(3) 内径の誤差は孔あけ直後では 30μ であり、滲炭後は 50μ 内外になる。焼入後では 70μ に変化している。切削歯車についても同じ程度の大きさの変形がみられた。

(4) 背面の精度のうち彎曲度については、旋削後、滲炭後ともに 5μ 程度の誤差で、焼入後に 15μ 内外の誤差となる。

波状度については滲炭後までは、内端、外端ともに 5μ 程度の誤差である。焼入後においては外端部は 5μ 程度の誤差であるが、内端部では約 15μ の誤差をしめしている。切削歯車についても同じ程度の誤差がみとめられた。

(5) 型鍛造まがりばかき歯車の歯当り試験は、同一のマスター・ピニオンを使用しておこなわれた。すなわち、このときの歯当りがセントラル・トウになるごとくした場合の V, H の値をもとめた。この結果をみると V, H の値の分散状態は切削歯車のそれと同じ傾向をしめしていると考えられる。

また $V=0, H=0$ としたときの歯当りは図 9 にしめしたとおりで、これは正常な歯当りであると考えられ

る。以上のことからつぎのことが考えられる。すなわち高温の状態において大きい衝撃力が加わり早い変形速度で成形された型鍛造まがりばかき歯車の熱処理歪が、歯当りにあたえる影響は大きいものではなく、切削歯車の熱処理歪と比較して大差ないことをしめしている。

(6) 型鍛造まがりばかき歯車の内部の組織は、繊維組織が歯の根本にそつては流れている。硬度分布の状態は表皮近くに一定の厚さの高硬度の層が歯形にそつてあることがわかる。

本研究の研究費の一部は、文部省の試験研究「非切削加工による歯車の量産法の研究」に対する試験研究費の一部でまかなつた。ここに謝意を表する。

また本研究をすすめるにあたり、各種歯切機械の使用等について、後援をおしまれなかつた関係各位に対して、深く感謝申し上げる。

なお、データの整理に協力された、鈴木満明工学士、和田竜児工学士に謝意を表する。

(1960, 3月5日受付)

参考文献

- 1) Gleason Works : Gleason Bevel Gear and Hypoid Gear Design. (1956).
- 2) Federal Product Co. : Federal Test Master, Federal Model E-21.
- 3) Gleason Works : Gleason Bevel Gear and Hypoid Gear Design. (1947).
- 4) ASA : Inspection and Tolerance for gears. (1946).
- 5) AGMA 232.02 : Inspection of Coarse-Pitch Bevel and Hypoid Gears.
- 6) Gleason Works : Tooth-spacing Tester Machinery (A) 1926, Vol.33.
- 7) Gleason Works : Gleason No.17 Hypoid & Spiral Bevel Gear Testing Machine.
- 8) Gleason Works : How to test bevel Gears.
- 9) 成瀬, 泉沢, 松本 : 型鍛造かき歯車の研究 (第 1 報) 精機学会誌, Vol.25, No.9.