

103 ホブ切り円弧歯すじ歯車に関する研究 (第2報, 歯車ポンプへの応用)

Study on Investigate the Hobbing of a Curvilinear-tooth Gear (2nd Report, Its Application to a Gear Pump)

○正 有賀幸則 (日本工大) 脇平浩一郎 (兵神機械工業 (株))
東 和己 (兵神機械工業 (株))

Yukinori ARIGA, Nippon Institute of Technology, Miyashiro, Saitama
Kouitiro WAKIHIRA, Heishin Pump Works Co. Ltd,
Kazumi AZUMA, Heishin Pump Works Co. Ltd

Key words : Cylindrical Gear, CNC Hobbing Machine, Curvilinear-tooth Gear, Double Helical Gear

1. はじめに

やまば歯車は, はすば歯車を用いたときのスラストを打ち消すことができ, 軸受を簡素化できる利点がある. しかし, 歯車の製作にあたって, 一体型で製作するには難点があり, 分離してはすば歯車の組み合わせで造る場合には, 高度な組み立て技術を要するといった問題があった. そこでやまば歯車と同等な機能を持つ円弧歯すじ歯車が考案されるに至った. 円弧歯すじ歯車は一体型で製作でき, 組み立ても容易にできるといった利点がある. 円弧歯すじ歯車については, 石橋⁽¹⁾, R.-T.Tseng⁽⁴⁾等の研究があり, またこの歯車を使った歯車ポンプについても, 石橋等⁽²⁾の研究がある.

ところが, 石橋等の研究があるにも関わらず, その後工業的に製造された形跡が見られない. この原因を考察するに, 円弧歯すじ歯車の製作コストが従来の歯車より高かったためではないかと思われる.

そこで, 戴等⁽³⁾が考案した CNC ホブ盤による円弧歯すじ歯車の製作方法を用いることにより, 石橋等の方法より低いコストで製作できると考えた.

本報告では, ホブ切りした円弧歯すじ歯車の歯車ポンプへの応用について報告する.

2. 歯車ポンプ用円弧歯すじ歯車の設計・製作

従来のやまば歯車を用いた歯車ポンプと, 円弧歯すじ歯車を用いた歯車ポンプとの性能比較を行うため, やまば歯車用ポンプのケーシングに合わせて円弧歯すじ歯車を設計した. 表1に設計例を示す.

円弧歯すじ歯車は, 平歯車の部分とはすば歯車の部分が同居しているので, 歯数の選定に気を付けなければならない. 歯車ポンプでは, 歯数が少ない方が吐出量が多くなるため, 表1のやまば歯車では12枚の歯車が使われている. また, アンダーカットが起きないように正転位が行われている. この12枚のやまば歯車と同一の軸間距離, 外径で円弧歯すじ歯車を設計する場合, 歯数を何枚にすればよいか考える. 円弧歯すじ歯車の場合, 平歯車として成立することと, はすば歯車として成立することが両立しなければならない.

歯数12枚の場合: 平歯車部分で歯先とがり限界を超えてしまうため, 不可能である.

歯数13枚の場合: 平歯車部分が歯先とがりにはならないが, 歯先歯厚が1mm以下である.

歯数14枚の場合: 工具圧力角 20° で平歯車部分の歯先歯厚が1mm以上になった.

以上の検討の結果, 円弧歯すじ歯車の歯数を14枚とした.

次に, 円弧歯すじ歯車の歯すじ曲率半径は, ホブ切り方法ゆえの限界があり, ホブ径やホブの工具圧力角に依存することが歯切り実験によりわかった. ここでは工具圧力角を 20° と 25° のものを使用し, 歯すじ曲率半径を80, 120mmにて歯切りした. 図1に歯切りした歯車の例を, 図2にホブ盤で歯切りしている状態を示す.

歯切りの結果, 工具圧力角 20° の場合, 歯すじ曲率半径80mmでは歯面干渉が発生した. 歯すじ曲率半径120mmでは歯面干渉もなく歯切りできた. なお, 歯幅方向端部に向かって, アンダーカットが発生した.

工具圧力角 25° の場合には, 歯すじ曲率半径80mmでも歯面干渉が発生せず, 正常に歯切りできた. 歯すじ曲率半径120mmでは歯すじ端部のアンダーカットも発生しなかった.

Table 1 Design parameters for gear pump

	Double helical gear	Curvilinear-tooth gear
Number of teeth	12	14
Module, normal	3	3
Pressure angle	14.5°	$20^\circ / 25^\circ$
Tip diameter	49.66	49.66
Centre distance	43.27	43.27
Lead angle	30°	$0 \sim 17.0 \sim 25.9^\circ$
Radius of tooth trace		120 / 80
Width	70	70

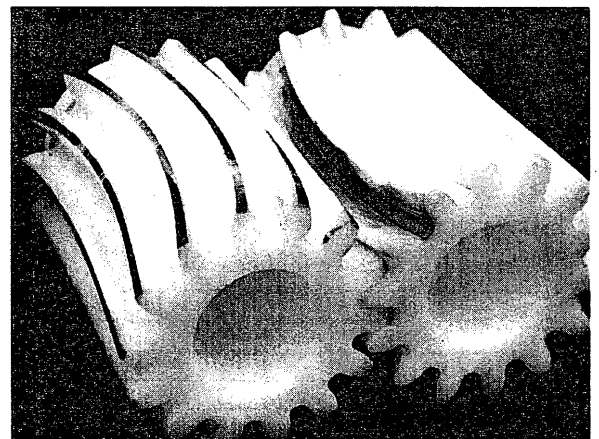


Fig.1 Hobbed curvilinear-tooth gear.

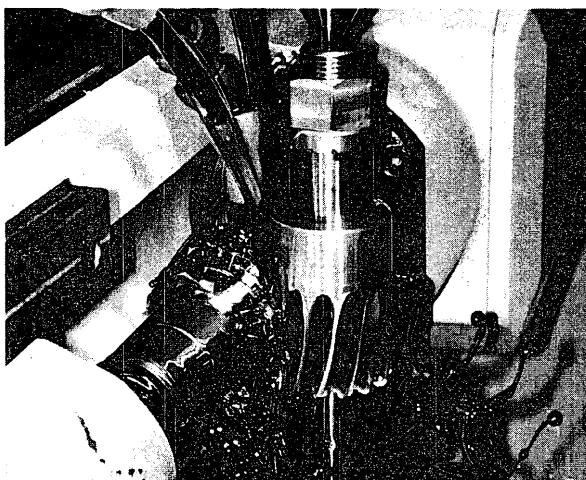


Fig.2 Hobbing a curvilinear-tooth gear.

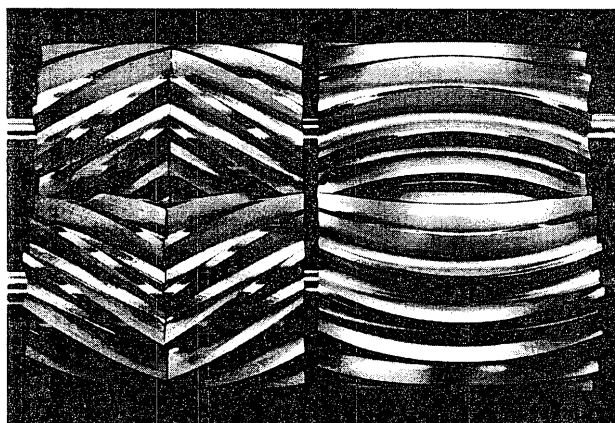


Fig.3 Comparison between the double helical gear and the curvilinear-tooth gear

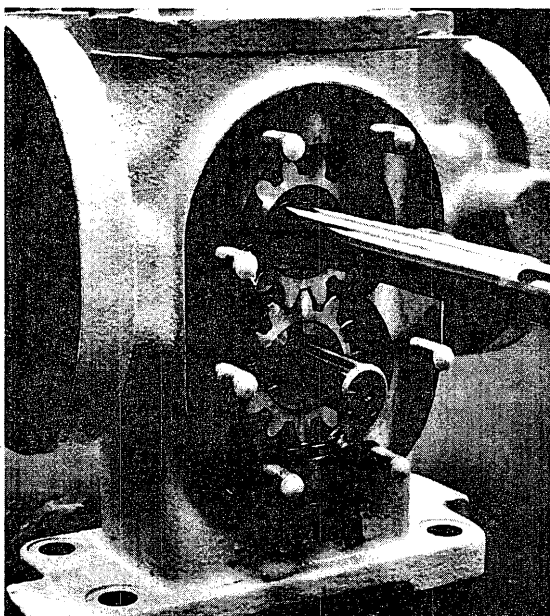


Fig.4 Overview of a gear pump

3. 実機組み込み性能試験

従来のやまば歯車を用いた歯車ポンプに、3種類の円弧歯すじ歯車を組み込み、運転性能試験を行った。

図3にやまば歯車と円弧歯すじ歯車の比較、図4に歯車ポンプの写真を示す。図5に吐出圧力と吐出容量 (m^3/h)

—◇—	$\alpha : 20^\circ$, $e : 120$, 79~76.5dB
—▼—	$\alpha : 25^\circ$, $e : 120$, 82~80.5dB
---□---	$\alpha : 25^\circ$, $e : 80$, 79~78dB
—○—	$\alpha : 14.5^\circ$, $\beta : 30^\circ$, 72dB (Double Helical)

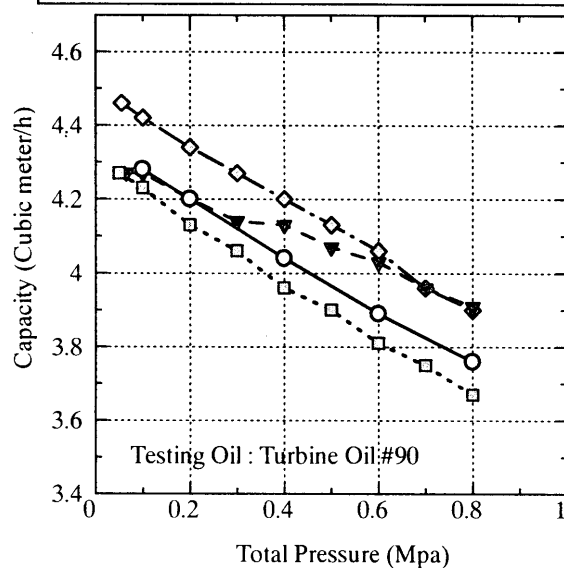


Fig.5 Gear pump performance test results.

との関係、騒音レベルについて測定した結果を示す。

図中の α は工具圧力角で、 20° と 25° が円弧歯すじ歯車で、 14.5° がやまば歯車の場合である。 e は円弧歯すじ曲率半径で、80, 120 mmの両タイプについて試験した。騒音は同じ位置で測定し、dB値で示した。ポンプの性能は、同一の吐出圧力に対し、吐出容量の多い方が良いとされている。

図5の性能試験結果より、円弧歯すじ歯車を用いた歯車ポンプの場合、吐出圧力と吐出容量の関係は、従来のやまば歯車を用いた歯車ポンプより高い性能を示すものもあることがわかった。騒音レベルについては円弧歯すじ歯車の方が劣っていることがわかった。しかし、今回試験に用いた円弧歯すじ歯車は、まだ最適な歯切り条件や歯当たり条件が求まっていない段階で製作した試験的な歯車であるため、今後改良することにより騒音レベルを下げられる可能性があると考えられる。

5. おわりに

従来のやまば歯車を用いた歯車ポンプの歯車と同一寸法で、円弧歯すじ歯車を設計・製作し、同一ケーシングに組み込み、運転性能試験を行った。結果を、以下にまとめる。

- (1) 歯車ポンプ用円弧歯すじ歯車の設計例を示した。
- (2) 円弧歯すじ歯車を用いた歯車ポンプは、従来のやまば歯車を用いた歯車ポンプとほぼ同等の性能があることがわかった。

参考文献

- 1) 石橋彰：円弧歯すじ歯車の特性について，日本機械学会論文集中集（第3部），31，225（1965）864。
- 2) 石橋彰，牟田了：円弧歯すじ歯車ポンプに関する研究（やまば歯車ポンプとの比較），日本機械学会論文集中集（第3部），34，259（1968）541。
- 3) 戴，有賀：曲線歯すじ歯車をホブ切りする方法，特開2002-113613（2002）
- 4) R.T.Tseng, C.B.Tsay : Mathematical model and undercutting of cylindrical gears with curvilinear shaped teeth, Mechanism and Machine Theory, 36, 11-12(2001) 1189.