

図1
心なし歯車ラッピング盤
加工の鏡面歯面

はじめに

高精度で滑らかな歯面をもつ歯車は、耐摩耗性、耐ピッチング性が優れ、カムアイ運転時の振動、騒音が少ないといわれているが、最近は更なる滑らかな歯面で歯車カムアイの伝達効率も向上することがわかってきた。

特に、伝達効率の向上は、CO₂削減にも寄与することになる。歯車の歯面の仕上げ工法には、シェービング、ハードホビング、スカイビングホブ切り、歯車研削およびホーニングなどが実用化されている。

しかし、これらは高価な機械と高価な工具および高度な加工技術を要することが多く、滑らかな鏡面歯面を得ることは困難である。

そこで、当社は佐世保工業高等専門学校との共同研究により KSL25 心なし歯車ラッピング盤を開発し、歯車形状精度の向上は困難であるが、安価な工具により、容易に歯車歯面の鏡面（図1参照）を得ることができるようになった。このラッピング加工の原理、特長、効果、加工例、機械仕様などを紹介します。

心なしラッピング盤の加工原理

1. ワークと工具の配置（図2写真1参照）ワークを僅かのバックラッシュをもたせ、左右2ヶのラッピングギヤの間にかみ合わせる。

ワークの落下防止のため下方のガイドギヤで支持する。

ワークはワーク歯幅方向にすき間を持たせたナイロンパッドではさむ。このため、ワークは半径方向の動きがセンターレス研磨盤のように自由なため“心なし”歯車ラッピング盤と称している。

ワークとラッピングギヤは約 30°の大きな交差角を持たせたネジ歯車カムアイである。

2. 加工方法

上部よりホワイトアランダム遊離砥粒を含むラッピングオイルを微量滴下させながら、右側のラッピングギヤをドライブ側として回転させ、左側のラッピングギヤでブレーキをかけながらワークとともに連れ回り回転させてラッピングを行う。

また、ワークを軸方向に歯幅より少し多めの送り幅で複数回往復運動送りをかける。

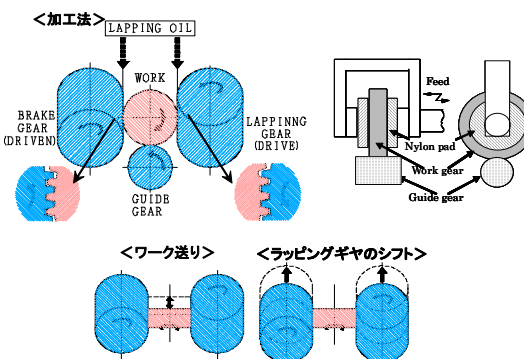


図2 心なし歯車ラッピング盤の原理

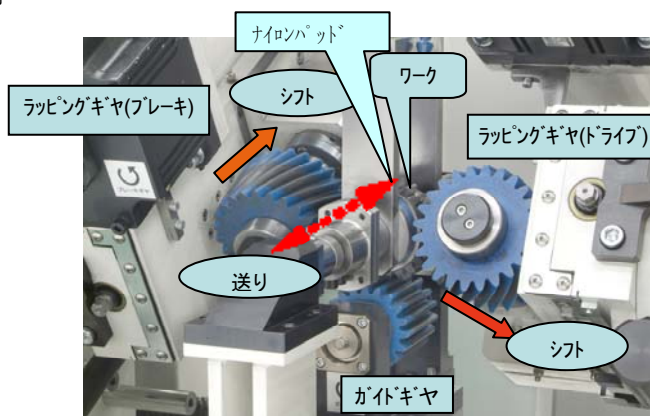


写真1 心なし歯車ラッピング盤加工部写真

3. 加工能率

円筒歯車において、一對の平行軸カミアイの歯車の回転では、お互いのすべり速度は小さく、かつピッチ円付近は滑りが発生しない。交差角を 30° 前後と大きくし、かつラッピングギヤを Max3000rpm 位の高速回転すると約 500m/min の高速すべり速度となり短時間に効率よく Rz0.5~ $0.3\mu\text{m}$ の鏡面歯面を得ることができる。

また、公差角を大きくすることにより歯先、ピッチ円歯底付近のすべり速度の違いが少なくなり歯形精度の低下も防ぐことができる。

(図3参照のこと)

(注:本紹介での表面粗さの表示 Rz はすべて JIS1994 年版の 10 点平均あらさ)。

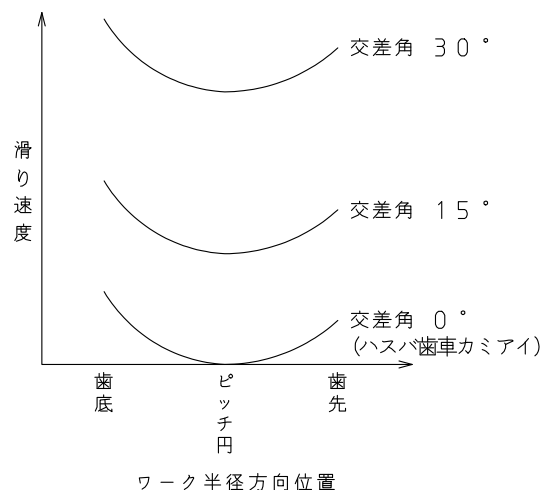


図3 斜歯車交差角とすべり速度

4. ラッピングギヤ

ラッピングギヤは市販の MC ナイロンを工具とし、カミアウ相手が鋼の場合、摩耗が非常に少ないことで知られている。

心なし歯車ラッピングによる効果

1. 一般に歯面粗さを向上させると、許容接触応力が大きくなり歯面強さが向上することが研究論文で報告されている¹⁾。
この結果、歯車材料のコスト低減や省資源効果を生む。
2. ラッピング加工すると、歯面に残留応力が発生し、歯面強さを向上させることができる²⁾。
3. 歯面粗さを向上させると、歯車カミアイの伝達効率を向上させ省エネとなり結果的に CO₂ 削減に寄与する。
4. 適切なラッピング加工を歯面に施すと低周波領域では効果が少ないが、高周波領域のこすりが低下する可能性がある²⁾。

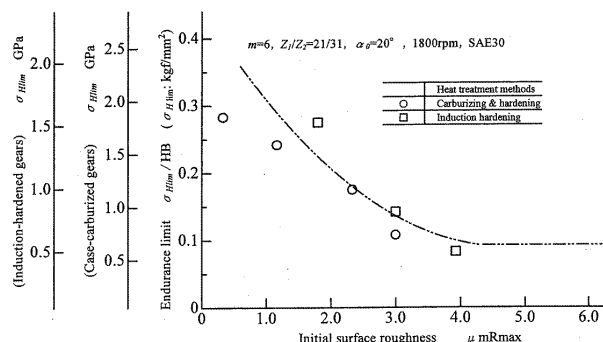


図4 高硬度 (高周波焼き入れ) 歯車浸炭焼入れ歯車の歯面強さ

KSL25心なし歯車ラッピング盤の特長

1. ラッピングギヤとワークのカミアイ交差角が大きくかつ高速回転のため加工時間が短い。

表1 各種歯車歯面仕上げ法と歯面粗さ

加工機	ツール	歯面粗さ	Rz μm														
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
シェービング盤	シェービングカッタ	3.2~8															
歯車研削盤	ネジ状砥石	2~5															
歯車ホーニング盤	内歯車砥石	2.5~5															
心なし歯車ラッピング盤	円筒ナイロンギヤ	0.3~1.2															

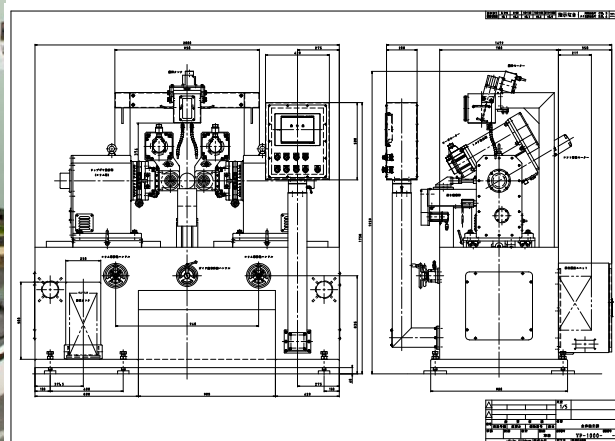
2. #1000 前後のラップ剤砥粒を使用することもあり、歯面粗さは歯研、ホーニングの Rz 2 μm 以上に対し、格段に滑らかな Rz0.3~0.5 μm の鏡面を得ることができる。(表1 参照)
3. ラッピングギヤのMCナイロンは入手容易で、かつ普通にホブ切りで容易に歯切りできる。
4. ラップ剤は市販のホワイトアランダム遊離砥粒で容易に入手できる。
5. 加工対象ワークが鋼材なら、生材歯切り後、焼入れ、歯面仕上げ工程後いずれもラッピング可能である。
6. 心なしのため、加工中のワーククランプ装置や位相合わせ装置は不要で、ワーク着脱が容易である。
7. ドライブ、ブレーキラッピングギヤはお互いに反対歯面を同時に加工するため、加工時間が短縮される。
8. 以上のように機械がシンプルで歯研や歯車ホーニングの歯車仕上工法に比較し、低コストの機械で工具費も安く、機械操作も容易である。

KSL25心なし歯車ラッピング盤の仕様と特長

1. 仕様

・加工最大ワーク径	φ 250 mm
・加工可能なモジュール	m 1～m 5
・ラッピングギヤ最大径	φ 190 mm
・ワーク中心とラッピングギヤの中心距離	65～195 mm
・ラッピングギヤ最高回転速度	3000 rpm
・ワーク送り速度	Max 2000 mm/min
・ラッピングギヤヘッド傾け角	±40°
・ラッピングギヤシフト距離	60 mm
・ラッピングギヤ駆動モーター	3.5 kW * 2個
・機械床面積 幅*奥行き	2250 * 1385 mm
・機械重量	2500 kg

2. 概観図、写真



3. KSL25の特長

- 機械構造が簡単で他のホーニングや歯車研削盤のような歯車仕上げ盤より安価である。
- ワークの着脱や位相合わせ装置が不要である。
- ラッピングギヤのブレーキトルクはタッチパネルで容易に設定、変更できる。
- 工具としてのラッピングギヤは容易に入手できるMCナイロンを使用し、歯切りも通常ホブ切りでよい。
- ラッピングギヤの摩耗は少ないが、シフト機能により更に長時間使用できる。

心なしラッピング盤による加工例

加工例として乗用車用大型ギヤの焼入れ歯車研削後のラッピング加工例を示す。

■ 加工条件

・加工ワーク:
SCM415ハードホビング 歯面硬度HRC60
m2.5 z75 β30° RH 外径φ221.5 歯幅26

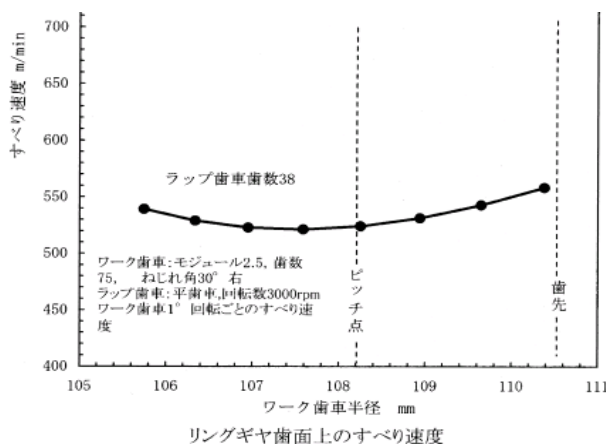
・ラッピングギア:
ドライブ、ブレイキギアは同諸元MCナイロ
m2.5 z38 平歯車 外径φ100 歯幅70

・ガイドギヤ(ワーク支持用)
MCナイロ
m2.5 z26 β30° LH 外径 φ80
歯幅110

・ラッピングオイル:
油性クーラントオイル1000ccに#1000WA砥
粒25gの混合したものを、歯面に片側約
10cc/min、2個のノズルで計20cc/min
で滴下

・加工条件:
ワークとラッピングギアの交差角 30°
ラッピングギヤ(ドライブ、ブレイキ)回転速度 3000rpm
ブレイキトルク 77Ncm、送り速度 600mm/min
送りストローク 28mm、往復回数 8回
正味加工時間 62秒

ワーク



■ 加工結果

精度と歯面粗さ測定値

	歯形誤差 $\pm 2.0\mu\text{m}$ \rightarrow \leftarrow 0.25mm		歯スジ誤差 $\pm 2.0\mu\text{m}$ \rightarrow \leftarrow 0.50mm	
	右歯面	左歯面	右歯面	左歯面
歯研後				
ラッピング後				
	歯形方向		歯スジ方向	
歯研後	Rz1.58	Rz2.03	Rz0.43	Rz0.30
ラッピング後	Rz0.47	Rz0.48	Rz0.28	Rz0.28

歯車仕上げ加工工程と心なし歯車ラッピング盤

心なし歯車ラッピング盤は次のような歯車製造工程での使用が考えられる。

1. シェービング加工→焼き入れ後に歯面粗さを向上させたい場合
2. 歯車研削や歯車ホーニング加工後、さらに歯面粗さを向上させたい場合
3. 歯車の歯面粗さを向上させる工法のバレルや電解研削等のように歯面粗さの制御が困難で、大量生産に不向きな場合の置き換え工法
4. ジョットピーニング加工で低下した歯面粗さを向上させたい場合

ラッピングテスト加工について

ラッピングテスト加工を希望される場合、次のような準備が必要です。

1. ラッピングギヤ（MCナイロンドライブ、ブレーキ各1ヶ）計2ヶ
2. ガイドギヤ（MCナイロン）1ヶ
3. 送り装置部ワーク端面受けパッド（MCナイロン）計2ヶ
4. ラッピングギヤ，ガイドギヤ加工ホブは下切り用ホブで可能な場合と専用ホブの製作を必要とする場合があります。
5. ラッピングオイル，砥粒は当社の在庫品を使用します。

参考文献

- 1) 中西勉（宮崎大学工学部）：日本機械学会
機素潤滑設計部内 P-SC331
歯車の高品質加工と性能向上に関する調査分科会成果報告書
2004年3月8日発行の63頁、動力伝達用歯車の高負荷運転に伴う問題点
- 2) 日高，中江：(No. 04-17) 日本機械学会機素潤滑設計部門 MPT2004 シンポジウム<伝動装置>講演論文集 [2004. 11. 26～27]