

高精度・高能率な歯車研削加工の最新技術

Technology for High-Precision and High-Performance Gear Grinding Process



鬼頭 佳秀*¹
Yoshihide Kito

勝間 俊文*²
Toshifumi Katsuma

柳瀬 吉言*³
Yoshikoto Yanase

能勢 喜博*⁴
Yoshihiro Nose

自動車用トランスミッションや減速機などの歯車装置において、燃費向上やコンパクト化、伝達誤差低減のため、高精度歯車の需要が高まっている。高精度歯車の需要増加に伴い、高精度歯車を高能率で安定的に加工できる歯車研削盤のニーズが急速に拡大している。そこで、当社の創成外歯車研削盤ZEシリーズにおける、高精度・高能率加工を実現するための技術的特徴を紹介する。

1. はじめに

自動車用トランスミッションや減速機など、世の中で数多く使用されているギヤトレーンについては、静粛性向上、伝達効率向上、伝達誤差低減のため、歯車の高精度化へのニーズが近年急速に増加傾向にある。量産用高精度歯車加工法としてはホーニング加工や超硬スカイピングホブ加工等もあるが、ねじ状砥石を用いた連続創成研削加工法に対する市場ニーズが急速に増加してきている。当社では量産歯車研削加工ニーズに対応する、外歯車用のZEシリーズ歯車研削盤、内歯車用のZIシリーズ歯車研削盤をラインアップしているが、量産外歯車研削盤ZEシリーズにおいて更なる高能率化、高精度化を行った。

2. ZEシリーズの特徴

2.1 高精度・高能率ドレス成形

歯車研削加工は、砥石をドレス装置にてドレス成形し、砥石形状を歯車に転写する加工方法である。高精度加工を行うには砥石を正確にドレス成形することが重要であるが、ドレス成形の高精度化はドレス装置単体の高性能化だけで実現できるものではなく、機械全体の高剛性・高精度化とセットで行う必要がある。

ZEシリーズでは高精度の歯形を得るため、加工時と同一の位置姿勢で砥石のドレス成形を行えるよう、ワークとほぼ同じ位置にドレス装置を配置し、機上でドレス成形を行っている。ドレス装置の最高回転数を従来機の 3260min^{-1} から 6000min^{-1} に上げることで、砥石との回転比を変えずに砥石回転数を上げることができ、砥石シフト軸の高速・高精度制御と合わせてドレス成形時間を短縮した。

2.2 歯形圧力角補正機能

歯形圧力角補正を実施する場合、他社の従来型2枚ロータリッドレッサ仕様ではドレス装置の

*1 機械・設備システムドメイン工作機械事業部技術部

*2 機械・設備システムドメイン工作機械事業部技術部 首席技師

*3 機械・設備システムドメイン工作機械事業部技術部 主席チーム統括

*4 機械・設備システムドメイン工作機械事業部技術部 課長

取付け角を手により微調整することで圧力角の修正を行う。また、総型コンポジットドレッサ仕様においては、機上で圧力角の修正ができないので、コンポジットドレッサ形状の修正を行う必要があった。従来の圧力角の修正方法を図1に示す。

ZE シリーズでは補正データの入力のみで、砥石両歯面を同時にドレス成形し圧力角補正する機能があり、非熟練者でも容易かつ確実に圧力角を調整することが可能である。歯形圧力角補正は、ドレス成形時のドレッサと砥石との相対的な位置を変化させることであり、従来はドレッサ側を微調整することで砥石形状を修正していたが、本機はドレッサを固定し砥石側の各軸を NC で補正することで本機能を実現している。要求する両歯面それぞれの圧力角補正量を NC に入力し、修正加工した例を図2に示す。ほぼ入力値どおりの修正結果が得られていることが分かる。熟練作業者が減少しつつある生産現場において、この機能は必須となっている。

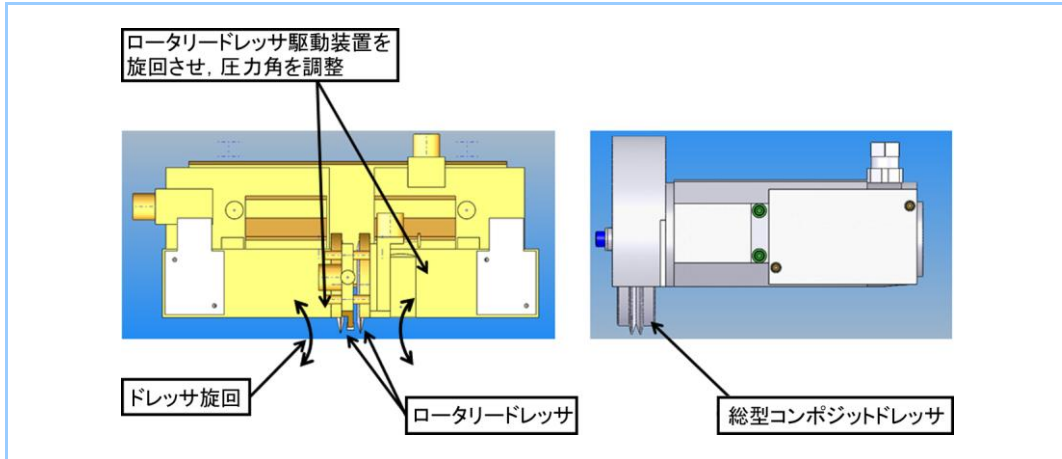


図1 従来の圧力角の修正方法

ドレッサの取付け角を手動で修正するか、ドレッサの圧力角を修正する。

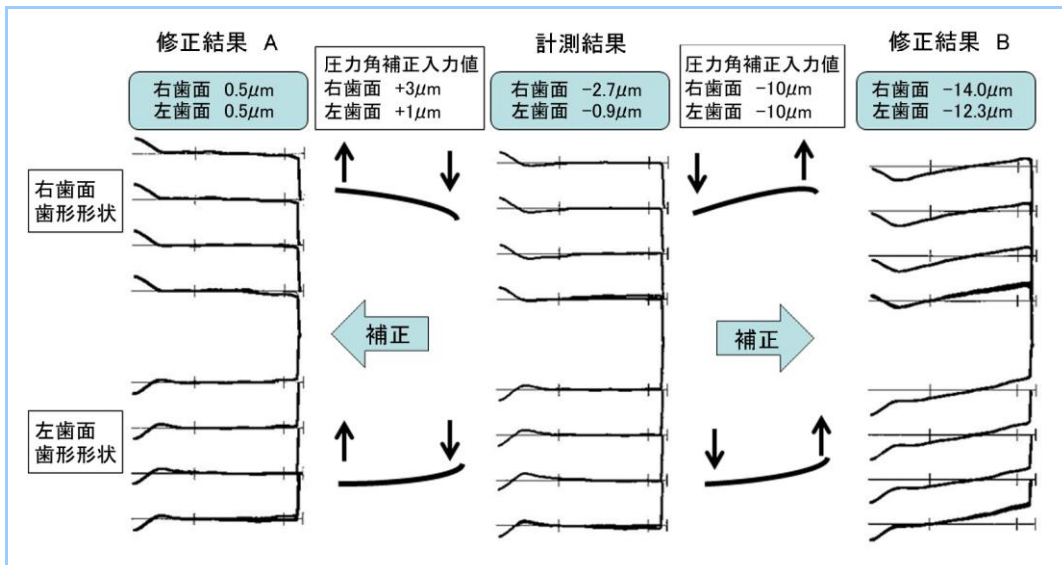


図2 圧力角の補正事例(歯車測定結果から補正量を入力)

2.3 類似ワークへの段取り替え対応

現在の生産現場では、以前の少品種・大量生産から多品種変量生産に移行しており、頻繁な段取り替えが必須となっている。創成歯車研削盤では、加工ワークを歯数違い等の類似ワークに段取り替えする際に、ワーク諸元や目標精度等の制約によっては砥石やドレッサの段取り替えが必要になる。対象ワークを段取り替えするとドレス歯合わせ(砥石とロータリードレッサの位相を合わせる作業)と加工歯合わせ(砥石とワーク歯車の位相を合わせる作業)が必要になるが、AE (Acoustic Emission) センサを搭載し、自動歯合わせを実現した。

また、ZE シリーズではロータリードレッサの設定が異なるドレス装置を機械に2セット搭載し、投

入されたワークに合わせ、ドレッサの段取り替え回数を減らした例を図3に示す。取付具や砥石を共通で使用するワークの段取り替えであれば、対話画面を操作するだけでドレス装置を切り替えることができ、機械のドアを開けることなく段取り替えが可能である。また、段取り替えするワーク諸元によって歯合わせ作業の省略を可能にし、段取り時間を10分以上短縮した。

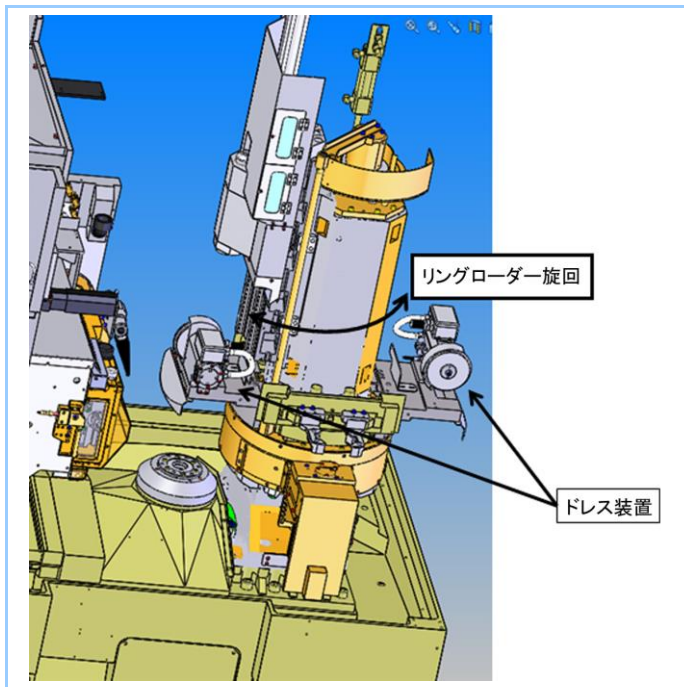


図3 ドレス装置2セット仕様

ドレス装置を2セット搭載し、段取り替え回数を削減した。

2.4 高精度加工

従来は一枚砥石を用いて成形研削加工していた特殊歯形歯車についても、ねじ状砥石を使用した創成研削加工にて高能率仕上げ加工することが増えた。特殊歯形歯車において、重要視されているのが歯形精度と OPM(歯底間の距離)である。高精度加工を実施するために、高剛性・高熱剛性の機械に対し、定寸装置を追加した例を図4に示す。ワーク諸元が外径 ϕ 150mm、モジュール4程度の特殊歯形歯車において、途中で砥石のドレス成形作業を実施する連続加工では、従来機では OPM が $40\mu\text{m}$ 程度変化していたが、本仕様では変化量 $10\mu\text{m}$ 以下を達成した。

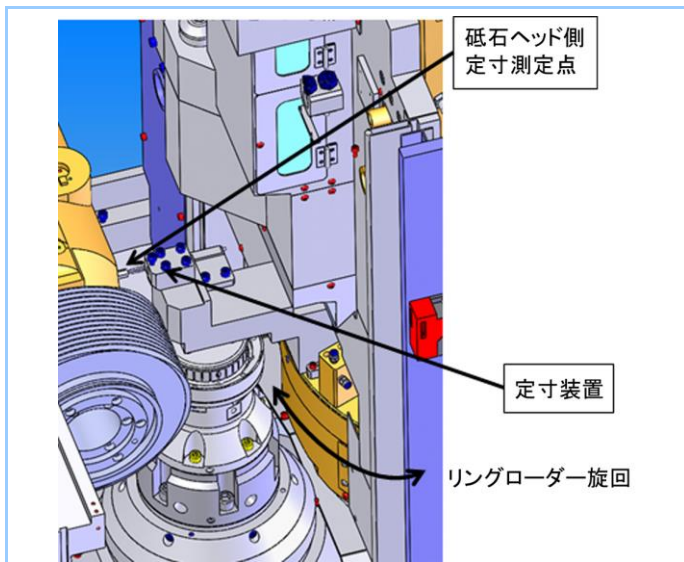


図4 定寸装置の機構

カウンターコラム側に定寸装置を追加し、軸間距離を補正した。

2.5 水溶性研削液による歯車研削加工

研削加工においては、研削油より優れた冷却性、廃棄時の環境負荷低減、加工火花に起因する火災発生防止を目的として水溶性研削液が使用されることが多いが、創成歯車研削盤では、歯面焼けやスラッジの問題があり実用に至ることがなかった。今回、トヨタ自動車北海道(株)、(株)ノリタケカンパニーリミテド、ユシロ化学工業(株)と共同で水溶性専用砥石及び水溶性研削液を開発し、クーラントタンクを含めた機械の仕様を変更することで量産ラインでの水溶性歯車研削加工を実用化した。

3. まとめ

自動車用トランスミッションや減速機などに使用されている歯車の高精度化のニーズが近年急速に高まってきており、加工から保守作業を含めてスキルレスで高精度・高能率加工が可能な歯車研削盤が望まれている。昨今の生産性向上ニーズに対応するため、ZE シリーズの高精度・高能率化を図り、機械停止時間の短縮や加工の高精度化を実現することができた。今後は、より加工の高精度化・サイクルタイム短縮を図り、操作性・メンテナンス性に優れる付加価値の高い歯車研削盤を提供することで、お客様にとって環境負荷やトータルコストが低い生産現場の実現を目指していく。

参考文献

- (1) 橋谷道明ほか, 静粛・コンパクト・低コスト歯車を実現する ZE15A, 三菱重工技報 Vol.42 No.2 (2005) p56-59
- (2) 西村幸久ほか, 高精度歯車の生産を支える歯車研削加工技術, 三菱重工技報 Vol.45 No.3 (2008) p52-56