

三次元CAD/CAMシステムを 活用した歯車の製作

四国職業能力開発大学校附属高知職業能力開発短期大学校

古賀 俊彦

中国職業能力開発大学校附属福山職業能力開発短期大学校

佐藤 和史

概要

当短大校では、以前から造船業の（株）SKKに対してCAD/CAMシステムを活用した技術支援を行っており、生産性の向上に貢献している。以前までの技術支援では、インターナルギヤの加工に必要なNCデータをCAD/CAMシステムで作成することにより、段取り時間の大幅な削減が可能となった。

今回は、今まで製作支援してきたインターナルギヤに加えベベルギヤの「加工時間短縮によるコスト削減」に取り組むこととした。そこで、今までの加工状態、加工方法を把握し、切削の理論等基本的な事項を考慮して、問題点の追求、改善等を行い、その結果、加工時間の短縮を図ることが可能となった。

1. はじめに

近年、切削加工の分野においても、工程数の削減や単位作業時間の短縮化など加工作業全体のリードタイムの短縮・作業効率化を図り、生産性を向上することが企業の課題となっている。これまで、当短大は、CAD/CAMシステムを活用した歯車の加工法の改善について、（株）SKKと取り組み、NCデータ作成時間の削減において一定の成果をあげることができたが、加工時間の短縮には課題を残した。

そこで、今回同システムの活用方法や加工方法の根本的な改善、見直しについて、（株）SKKと共同研究を行い、加工時間の短縮において一定の成果を得たので報告する。

2. 歯車製作の概要

今回、加工時間の短縮に取り組んだ歯車は、海底の土砂等を掘り揚げる洋上クレーンの旋回部等に使用されるピッチ円直径4500mm、モジュール25mm、歯数180枚、歯幅190mmのインターナルギヤとピッチ円直径800mm、モジュール25mm、歯数32枚のベ

ベルギヤである。

ギヤの製作に当たっては、通常の工作機械ではなく、図1に示すような（株）SKKが開発したインターナルギヤ歯形創成機を用いて加工を行っている。

インターナルギヤ製作においては、機械のテーブルストロークに限界があるため、ギヤを6セグメントに分割して、切削加工を行う。その後歯先を高周波焼入れし、溶接で組付けて製作する。切削加工では、CAD/CAMシステムを利用して、1セグメントのギヤの加工パスを作成し、製品の加工を行っているが、その1セグメント（歯数30枚）に要する加工時間が、荒削りから仕上げ切削まで合計で約51時間かかっている。

ベベルギヤ製作においては、図2に示すような旋回する治具に材料を取り付け、1歯ずつ旋回させて加工する。現在は荒加工から仕上げ加工まで約50時



図1 インターナルギヤ歯形創成機



図2 ベベルギヤ加工用旋回治具

間かかっている。

3. 加工の問題点

加工時間の短縮のために機械・工具、治具・ベッド、加工方法のあらゆる要因についての問題点を整理することにした。

インターナルギヤの加工における取り付け治具・ベッドに関しては、図3のように1mの治具の上に加工素材を取り付けることになり、不安定な高さでの加工や加工素材の重さに対してベッドの強度不足が原因で、振動および騒音が発生していた。

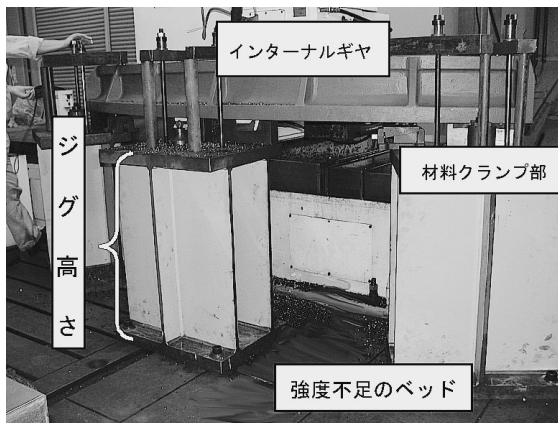


図3 加工素材取り付け状態

どちらの歯車製作においても、機械・工具に関しては、数十分間加工を行うと工具、ホルダおよび主軸部が60℃以上になり、主軸とホルダが焼き付き等の発熱現象を起こしている。また、加工方法に関しては、加工時の振動を軽減するために、突き加工が採用されている。そのため、実際の加工時間の約1/2がエアーカット時間になっている。

4. 改善と効果

以上の問題点を考慮し、時間短縮に結び付くように改善を進めた。

まず、発熱現象を起こす原因として、機械・工具、治具・ベッドについて検討を行った。その結果、インターナルギヤの加工では、加工素材のクランプの数を増やし、図4に示すような調質鋼（HB300）の

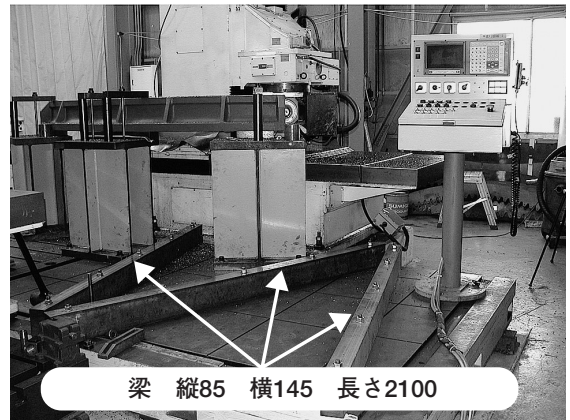


図4 ベッド強度改善

梁を組付け、ベッドの強度を向上させ、振動やたわみの軽減を行った。また、加工時の工具突出し長さを短くし、工具剛性も向上させた。

以上により、ホルダ、主軸部の発熱現象が解決できた。

次に、振動・発熱を解決できたので、現在の加工方法の見直しを行うことにした。インターナルギヤの加工においては、切削時間の長い中仕上げ、仕上げ加工の工具の再選定を行い、エアーカット時間の短縮ができ、かつ切削負荷変動の少ない等高線加工に変更した。

その結果、中仕上げ、仕上げ加工では、それぞれ7.8時間、20.3時間の大幅な切削時間の短縮ができた。表1にインターナルギヤの加工における改善前後の1ゼクメント当たりの切削時間を示す。また、工具再選定後の工具費、使用チップ費に関しては、以前と同等の価格であり、切削条件を上げたにもかかわらず、工具寿命は約2倍に延びる結果となった。

しかし、切削時間の少ない荒加工では、加工素材の歪による取代の不均一性や鑄鋼の砂かみの問題等もあり、目だった改善効果を得ることができず、従来の突き加工を採用した。

ベベルギヤ加工においては、加工素材の形状の歪

表1 1ゼクメント当たりの切削時間

	改善前	改善後	短縮時間
荒加工	10.1時間	10.1時間	-
中仕上げ	12.5時間	4.7時間	-7.8時間
仕上げ	28.3時間	8.0時間	-20.3時間
合計加工時間	50.9時間	22.8時間	-28.1時間

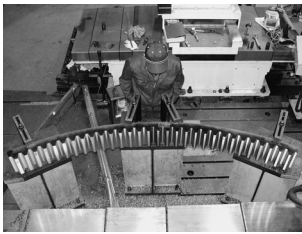


図5 インターナルギヤ

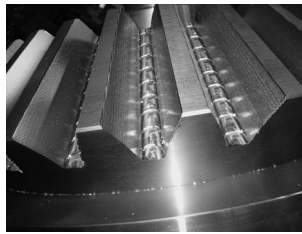


図6 ベベルギヤ

も鋳鋼の砂かみもなく、旋盤により前加工を行っているので、荒加工でも時間を半分に短縮でき、中仕上げでは、インターナルギヤの加工時間と同等の結果となった。

以上の改善により、大幅なコスト削減できたといえる。今回の共同研究で製作したインターナルギヤを図5およびベベルギヤを図6に示す。

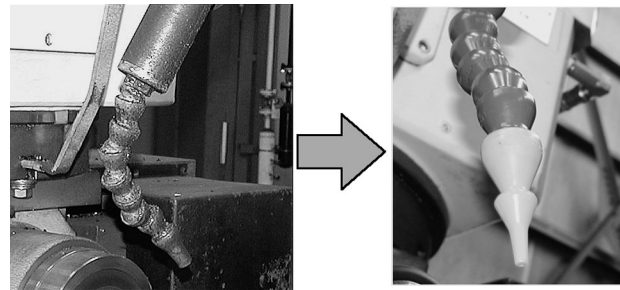
5. その他の改善

インターナルギヤ加工において、従来は、図7の面取り部をグラインダで手動加工しているため、製品精度のばらつきが多く、大変な労力を費やしていたが、今回新たにCAD/CAMシステムで面取り部の加工パスを作成した結果、大幅な時間短縮ができ、精度向上にも寄与した。

また、図8に示すような工具の冷却，チップング



図7 面取り加工



(A) 改善前

(B) 改善後

図8 エアブローの改善

防止等に使用するインターナルギヤ歯形創成機本体のエアブロー用ノズルの噴出口を小さくする改善を行い、空気消費量を、520l/min (ANR) から270l/min (ANR) へ、48%削減した。その結果、コンプレッサは、常にフル稼働の状態から間欠運動へ変えることができ、さらに、以前よりも強くブローすることが可能となった。よって、加工時間の半減と合わせて、コンプレッサ稼働時間は約1/4となり消費電力の削減にもつながった。

6. おわりに

今回の研究を通じて、CAD/CAMシステムを効果的に活用するには、切削加工の知識を踏まえて、機械、工具、取り付け治具などさまざまな要因を考慮し、総合的な知識が必要になることを改めて実感でき、認識した。最後に、共同研究をするに当たり、(株)SKKの関係各位にこの場をお借りして感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 荻原国雄：「材料力学 考え方解き方」，東京電機大学出版局，p157
- 2) (株)Siid, U-GURAPH V16 加工マニュアル 加工機能編
- 3) 三菱マテリアル (株)，ダイヤタニットカタログ，2000年，9月P4-6
- 4) 松岡甫高篁，安斎雅博，高橋一郎：「はじめての切削加工」，P18-21