

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	交差軸歯車の歯当たり解析とマシニングセンタによる大形歯車製造への応用に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	辻勇
Author(English)	Isamu Tsuji
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9538号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:北條 春夫,新野 秀憲,進士 忠彦,松村 茂樹,吉岡 勇人,川崎 一正
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9538号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	辻 勇	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	北條 春夫	教授	吉岡 勇人	准教授
	審査員	新野 秀憲	教授	川崎 一正	准教授 (新潟大学)
		進士 忠彦	教授		
松村 茂樹		准教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「交差軸歯車の歯当たり解析とマシニングセンタによる大形歯車製造への応用に関する研究」と題して6章から構成されている。

第1章「緒論」では、研究の背景と目的を述べている。交差軸歯車の製造には、創成歯切り専用の加工機が用いられて、なおかつピニオンとギヤの1対1の歯当たりを検査するのが一般的である。しかし、加工機メーカーが推奨する機械セッティングで加工しても目標とする歯当たりが得られず、作業者の経験と勘によって修正歯切りを繰り返すために、大量生産でないと非効率である。また歯当たりを調整する歯面修整の形状の自由度が低いために、高強度化の要求に十分対応できないのが実情である。一方で大形交差軸歯車は、そのほとんどがごく少量の生産であるが、新規プラント事業や大形プラントの再生といった需要拡大は著しい。市場の要求は、信頼性の向上ならびに高強度化、そして相手歯車のみの製造など、多岐にわたっている。そこでマシニングセンタにより加工することを考え、専用加工機と比較して利点と欠点を整理した。その結果、マシニングセンタによる加工が、大形交差軸歯車の製造に適しているとして、この加工法の実用性を示すことを本研究の目的としている。

第2章「交差軸歯車の歯当たり解析プログラムの開発」では、マシニングセンタによる加工法に適した歯当たり解析法(Tooth Contact Analysis: TCA)を提案している。従来の解析法は、かみ合いの条件式から歯面上の接触点位置を求め、歯面の曲率から接触楕円を想定して接触点近傍の隙間の分布を算出し、一定の隙間以下の部分が所定のトルクのもとで接触するものとし、歯当たりを推定している。一方、本論文で提案する解析法は、まずピニオンの有効歯面全域を細かい格子で区切って歯面の座標を算出し、ピニオンとかみ合うギヤの回転角を与えてそれぞれの歯面間の距離を計算する。次に、ピニオン回転角を固定して、歯面が相手歯面に食い込むことなく接触するようにギヤの回転角を調整し、ピニオン回転角を増しながら繰り返して回転伝達誤差を求める。最後に、歯面間の隙間を直接算出し、これから歯当たりを求めている。この方法は、任意の歯面修整の効果を容易に確認することができ、また加工時と三次元歯面測定とで格子を共通に取り扱えるという利点があるとしている。

第3章「大形スパイラルベベルギヤの歯面設計とマシニングセンタによる加工」では、提案する加工方法が任意の歯面形状を実現できることから、歯先近傍の歯形に耐スカuffing強度が向上する修整形状を提案して実際に加工し、負荷運転試験を行ってその有効性を示している。まず、ピニオンおよびギヤの歯先近傍でスカuffingが発生する部位では、歯面間のすべり速度が高いことを示している。次にその領域が接触しないように、歯形を円弧形状で修整することとし、TCAを用いて、要求する歯当たりとなるように修整歯形の設計を行っている。そして、HRC60以上に歯面硬化した歯車を5軸制御マシニングセンタにより加工し、所期の歯面形状が得られたことを示し、実際に負荷運転試験を行って強度の向上が認められたことを実証している。

第4章「大形スキューベベルギヤにおける既存ギヤとかみ合うピニオンの歯面設計と加工」では、長期の使用履歴のある歯車と適切にかみ合う相手歯車の製作手順を示し、実証している。交差軸歯車のピニオンだけを再製作する際、従来の専用加工機による加工法では、歯車諸元の詳細が不明であったり、歯面形状が変化しているために、その適用が困難である。そこで第3章で提案した手法を応用して、実際に稼働していた既存の大形スキューベベルギヤのギヤにかみ合うピニオンを製作した。まず、既存ギヤの歯面形状が未知であるので、歯車諸元を推測して仮想のギヤとピニオンをかみ合わせ、TCAを活用して、三次元計測のために必要なギヤの参照歯面形状を推定した。次に、これを基準としてギヤの歯面形状を計測し、多項式近似により定式化した。さらに、この形状を持つギヤを基にし、目標の歯当たりが得られるようにピニオン歯面形状をTCAによって決定した。そして、5軸制御マシニングセンタによりピニオンの加工を行った。最後に、製作したピニオンを既存のギヤとかみ合わせて目標の歯当たりが得られたことを確認し、本方法の有効性を示している。

第5章「ストレートベベルギヤとフェースギヤのマシニングセンタによる加工」では、第4章までで述べた歯面設計・加工法が各種大形交差軸歯車の製造に適用可能であることを、ストレートベベルギヤとフェースギヤについて、TCAを用いて歯面を設計し、マシニングセンタにより加工を行って、示している。中でもフェースギヤに関しては、実負荷運転試験を行い、歯面修整を施した歯車が高い負荷能力を有することを示してその実用性を明らかにしている。

第6章「結論」では、本研究の成果をまとめ、今後の課題および展望について述べている。

以上を要するに、本論文は、創成方式の専用機械に頼っていた大形交差軸歯車の製造にマシニングセンタを用いることを提案し、専用機械の制約なく強度の高い歯面修整形状を実現することが可能で、製造の効率化が図れることを確認したものであり、工業上および工学上寄与するところが大きい。よって本論文は、博士（工学）の学位論文として十分な価値があると認められる。