

## 円板モデルによる丸のこの振動に関する基礎的研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-04-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 岩田, 弘 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10297/1523">http://hdl.handle.net/10297/1523</a>

氏名・(本籍)	岩 田 弘 (香川県)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工博乙第 83 号
学位授与の日付	平成 10 年 6 月 22 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	円板モデルによる丸のこの振動に関する基礎的研究

論文審査委員	(委員長)				
	教授	石 井 仁	教授	山 口 十六夫	
	教授	森 田 信義	教授	佐々木 彰	
	教授	松 田 孝			

## 論 文 内 容 の 要 旨

丸のこが実用化されて以来、刃先工具の改良と共に回転数の高速化が可能になり、丸のこの合金に関しては、「腰入れ」と「スリット」が開発・導入された。丸のこは薄い円板状の合金の外周に刃具をつけた構造であるため、板面の面外方向の曲げ剛性はかなり低く、振動を生じ易い。このような低剛性構造を持つ丸のこを用いて高速切断を行うためには、丸のこの動的安定性が最も重要な役割を果たしており、この向上が求められる。

従来から丸のこの製造工程では腰入れ処理が行われている。適切な腰入れ処理した丸のこでは、工具寿命が飛躍的に伸びることが知られている。しかし、もし腰入れ処理が全く行われなかったり、また不十分であったりすると、特に高速回転時に丸のこが不安定になり、切断加工が全く出来なくなる。逆に、腰入れ処理が過剰に行われても、やはり切断性能が低下することが知られている。

このように高速切断時の性能に重要な役割を担う腰入れ処理は、比較的古くから行われていたにもかかわらず、未だに熟練した技術者の経験に頼っているのが実態である。

このほかスリットについても、その機能が十分に明確にはなっていないため、経験的にスリットが設けられているのが実状である。

そこで本論文において、丸のこ(チップソー)の合金に関する上記の技術について振動学的に研究し解明した。

まず、回転円板振動に与える腰入れ効果についての基礎的研究を行った。ここでは、チップソーの親板全体に幅広く分布させる腰入れ処理の場合について、単純な円板モデルで解析と実験を行った。まず、腰入れ処理で生ずる残留応力分布を計測し、ガウス分布型等方性付加応力によって生ずる応力

分布と比較し一致することを確認した。さらに、この影響による固有振動数の変化を計算し、計測値と比較した。このとき、危険回転数以上の回転数領域においては、円板の伝達関数が増加し不安定となる。しかし、腰入れ処理により、節直径数2以上の振動モードの固有振動数は高くなり、丸のこの危険回転数が高速になる。これにより動的に安定な回転数領域が拡大し、安定性も向上することを明らかにした。

次に、加工時の発熱による熱応力を受ける丸のこにおいて、振動に与える腰入れ効果について検討を加えた。非回転時は、円板周辺部と中心部の温度差の増加に伴い、節直径数2以上の振動モードの固有振動数は減少し、やがて円板は熱座屈する。この間、非回転時固有振動数の減少に伴い、回転時の危険回転数は減少する。しかし腰入れ処理により、節直径数2以上の振動モードの固有振動数、危険回転数および熱座屈温度を高くすることができる。熱応力により動的安定性は低下するが、腰入れ処理により改善することができる。さらに熱座屈温度差以上の状態について、固有振動数の変化などを明らかにした。

更に、静的面外変位の計測による回転円板の腰入れ効果評価法の研究を行った。これは、腰入れ処理効果を製造段階で予測する評価法について、実験と解析を行い、この根拠を明らかにすることが目的である。まず、外周上で面外方向に集中荷重を受ける円板について、面外変位が実験値と一致することを確認した。更に、腰入れ処理と等価な等方性付加応力の最大応力値やその半径および幅による面外変位の変化の傾向を求めた。その結果、特に最大応力値においては、危険回転数と剛性のバランスから最適な値が存在することや、本評価法が腰入れ効果の評価法として妥当な方法であることなどを示した。

また、丸のこの周辺に設けられている半径方向スリットが果たす効果について示した。熱応力を受け、周辺に半径方向スリットを有する円板の動的挙動について、実験と有限要素法による解析を行った。その結果、スリットが長くなるほど熱応力による固有振動数への影響は小さくなる。一定のスリット長さの場合、スリット数が増すにつれて、危険回転数を決める振動モードの固有振動数は高くなるが、スリット数3本以上ではほぼ一定となる。また振動モードの節直径数の2倍が、スリット数またはその公倍数と一致する場合、この振動モードは位相が異なる二つのモードに分かれる。スリット長さの増加と共に、一方のモードの振動数は急激に減少する。このような検討から円板の周辺と中心の温度差による危険回転数を最大にする最適なスリット長さについて明らかにした。

最後に、粘弾性樹脂を挟んだサンドイッチ構造円板について、振動解析と実験を行った。ここで新たに導いた解析法によると、ロスファクタの影響を考慮して固有振動数を導くことができる。この結果、ロスファクタを無視した解析結果に比べて、ロスファクタの影響を考慮した解析結果の固有振動数は大きくなる。特にロスファクタが大きい場合、その差も大きくなる。ロスファクタは粘弾性層のせん断係数や厚さなどからなる二つのパラメータによって決まり、最適な組み合わせによって、サンドイッチ円板のロスファクタを最大にできることを明らかにした。

なお、論文題目の英文名は“Basic Study of Circular Saw Vibration using Disk Model”である。

## 論文審査結果の要旨

最近の自動車産業をはじめとする工場の生産ラインにおける金属部材などの切断工程には、高回転数の丸のこが使用されている。従来丸のこでは腰入れ処理とスリットにより高回転数化への対応と動的安定性の向上を図ってきた。ところが、この点の基礎研究はこれまでほとんど行われておらず、丸のこ設計は、未だに経験に頼っており試行錯誤しているのが実態である。

本研究は、実切断時の熱応力も考慮して、振動学の見地から危険回転数や安定性の評価により、腰入れ処理とスリットの果たす役割を解明している。さらに、高安定性をもたらす可能性を有するサンドイッチ型の制振構造円板の振動及びその減衰特性にまで言及している。

本論文は全7章からなる。

第1章では、本研究の背景、従来の研究、本論文の構成について述べている。

第2章では、丸のこの新板全体に幅広く分布させる腰入れ処理をガウス分布型等方性付加応用でモデル化し、残留応力分布や固有振動数において実験とも一致することからその妥当性を検証している。更にもその上で、危険回転数や伝達関数による安定性において、腰入れ処理が丸のこの動的安定性向上に効果をもたらしていることを示している。

第3章では、丸のこによる切断加工時に生じる温度分布に伴う熱応力をもたらす動的安定性や危険回転数の低下を腰入れ処理により回復される効果を有することについて述べている。

第4章では、腰入れ処理の評価法として実際に使われている静的面外変位計測による方法の妥当性を解析的に明らかにしている。更にこの結果から、過剰な腰入れによる剛性低下の問題点を指摘し、腰入れ処理の上限の存在について明らかにしている。

第5章では、丸のこの周辺に設けられている半径方向スリットが加工時の熱応力による危険回転数や固有振動数の低下を抑制する効果を有することを示している。

第6章では、粘弾性樹脂を挟んだサンドイッチ構造円板について、新たな手法により振動減衰能を考慮した振動解析を行っている。そして丸のこにサンドイッチ構造を適用し振動減衰能を最適化するための基礎的解析技術と設計について論じている。

第7章では、一連の技術が一貫して動的安定性の拡大に貢献していることを説明し、研究全体について総括している。

以上要するに、本研究の成果は、従来経験や勘に頼っていた丸のこの設計製造技術を、円板モデルを用いることにより工学的な視点から解明を行っており、今後のこの分野における技術進歩の手法を示した点で多大な価値を有しており、博士(工学)の学位を授与するにふさわしいと認定する。