

学 位 論 文 要 約

氏 名 飯村 崇

論 文 名 「精密はさみの高付加価値化技術に関する研究」

学位論文要約

高い商品価値を持った精密切断はさみを製造し続けていくには、理容・美容におけるカット技法や、医療における術式の新しいスタイルに適応したはさみ形状を提案していく必要がある。そのためには、精密切断はさみの持つ形状がはさみの切断能力に及ぼす影響について正確に把握し、解析によってはさみの形状を決定する方法について研究する必要がある。そこで本研究では、必要な切断能力に合わせたはさみ形状を設計するために、特におがみ形状に着目し、おがみ形状とはさみを切断無しに開閉する際の荷重である空切り荷重や、はさみで切断するときの荷重である切断荷重、切断時に刃と刃の間に被切断物を挟み込んでしまい切断できない状態である挟み込み状態の発生などとの関係を明らかにするとともに、これらの関係を用いて、切断対象に応じて挟み込みを抑制しつつ切断を行うための適切なおがみ形状を、解析的に求める方法を確立することを目的としている。

目的達成のために実施した内容は次の4点である。

1. 初めに、精密切断はさみを対象に空切り荷重の推定方法を提案し、推定方法の検証とはさみの開閉時の挙動解析を行い、以下のことが明らかとなった。

- (1) 精密切断はさみの空切り荷重を推定する場合、従来の“刃と触点の摩擦”・“動刃の自重”に加え、新たに“ネジ部の摩擦”を考慮する必要がある。
- (2) 刃・触点・ネジ部で発生する摩擦力を生み出す垂直荷重は、“刃の変形によるたわみ”および“ワッシャの変形によるたわみ”により発生し、これらの垂直荷重は刃のおがみ量から推定できる。
- (3) 提案した空切り荷重の推定方法を用いることで、“刃のおがみ量”から精密切断はさみの空切り荷重が推定できる。また、設定された空切り荷重や垂直荷重から、それらの荷重を生み出すおがみ量が推定できる。

2. 次に、精密切断はさみにより円形断面を持つ糸状の切断対象を切断する際の切断荷重の推定方法を提案し、提案した推定方法の検証を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) はさみにより円形断面を持つ糸状の切断対象を切断する際の切断荷重は、刃を切断対象に押し込む際に、押し込まれた刃が材料を圧縮変形させる力に起因するもので、最大値は、切断対象の近傍で刃と刃が交差して、交差部分で引張切断が発生する直前の状態において発生する値である。
- (2) 切断荷重は、刃が切断対象を圧縮変形させる際のひずみ量と切断対象のヤング率から、解析的に推定できる。

3. また、精密切断はさみにおける切断対象とはさみの挙動から、挟み込みの発生プロセスを明らかにし、垂直荷重 f_i' の解析値と、挟み込み発生の関係を調査した結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 垂直荷重 f_i' ・押し込み荷重 f_i とはさみの挙動の関係は、以下のように表すことができる。ただし、 a は切断対象の変形に関する補正值、 γ は刃角度である。
 - (a) f_i が小さく、切断対象の傾き β が $\beta = \gamma/2$ を維持し、 $f_i' \cos(\beta) \geq af \sin(\beta)$ が成立する場合、対象を切断できる。
 - (b) f_i が大きく、切断対象の傾きは $\beta > \gamma/2$ となるが、 $f_i' \cos(\beta) \geq af \sin(\beta)$ が成立する場合、刃と刃の間に隙間を生じ良好ではないが、対象を切断できる。
 - (c) f_i が大きく、切断対象の傾きが $\beta > \gamma/2$ となり、 $f_i' \cos(\beta) < af \sin(\beta)$ が成立する場合、挟み込みが発生し対象が切断できない。
- (2) 条件 $f_i' \geq af \tan(\gamma/2)$ を満たすはさみを設計することで、挟み込みを抑制する精密切断はさみとなる。

4. 最後に、ここまでの結果である、おがみ形状と垂直荷重・切断荷重・挟み込みに関する解析方法を、はさみの設計に応用する方法を提案し、実際に設計したはさみを試作して切断実験を行い、その有効性を調べた結果、以下のことが明らかとなった。

(1) 挟み込みと垂直荷重の関係から、切断対象に対し挟み込を発生させずに切断するために必要な垂直荷重を求め、垂直荷重とおがみ量の関係を用いることで、切断に必要なおがみ形状を求めることができる。ただし、現在の加工法では複数の半径を組み合わせたおがみ形状を加工するのは困難であることから、実際は切断に必要な刃先端でのおがみ量を計算により求め、そこからCAD等を用いて半径一定となるおがみ量を求める方法が現実的である。

(2) (1)により求めた設計値を満足するはさみは、目標とする切断対象を切断できる。

以上のことから本研究では、おがみ形状と、空切り荷重との関係について、おがみ形状を元に刃やワッシャの変形から垂直荷重を計算により求め、垂直荷重より求める摩擦力の釣り合いから空切り荷重を解析的に求める方法を提案した。また、円形断面を持つ糸状の切断対象を切断する際、刃が切断対象に及ぼす影響を観察により推定し、単純なモデル化を通して切断荷重を解析的に求める方法を提案した。さらに、切断が難しく切断対象を刃と刃の間に挟み込んでしまう挟み込み現象の発生条件を明らかにした。これらの成果を元に、切断の難しい例として天然ゴムの挟み込みを抑制可能なはさみの設計を行い、本研究での解析方法を実際にはさみ設計に応用する方法を示すとともに、試作したはさみの切断評価から、提案する設計方法が正しいことを示した。