

主軸系の熱変形解析とペルチェ素子を利用した冷却システムの開発

80121008 安澤 和弘

指導教員 青山 藤詞郎 教授

1. 緒論

工作機械の自動化に伴い、省人化・無人化という環境で長時間高精度を維持可能な工作機械が要求されており、加工精度を劣化させる熱変形を抑制する必要性が高まっている。これまで多くの有効な工作機械要素に関する熱変形対策が明らかになってきたが、全ての工作機械に共通する抜本的な対策を立てることは難しい。そのため、個々の工作機械の挙動を把握した上で対策を立てることが重要となってくる。本研究では自動旋盤を対象に温度測定及び変位測定による実機の現状分析を行い、その結果を基に有限要素法解析を行い、熱変形抑制対策を探る。また、多種多様な工作機械に適用できる汎用性の高い冷却システムを開発し、熱変形を抑制することを目的とする。

2. 自動旋盤主軸を用いた測定実験

自動旋盤から主軸部分を取り出し、主軸回転数を $5320 \sim 12000 \text{min}^{-1}$ の間で変化させた場合の温度変化、環境温度を変化させた場合の温度変化、主軸先端の変位を測定した。

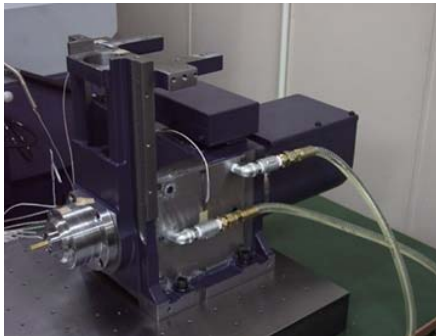


図1 主軸実験装置

3. 主軸系の有限要素法解析

有限要素法の境界条件は実験結果を基に見積もり、設定した。主軸系の熱変形解析を行い、その応用として冷却油温度を一定に制御した場合の解析、自動旋盤全体の熱変形解析を行った。

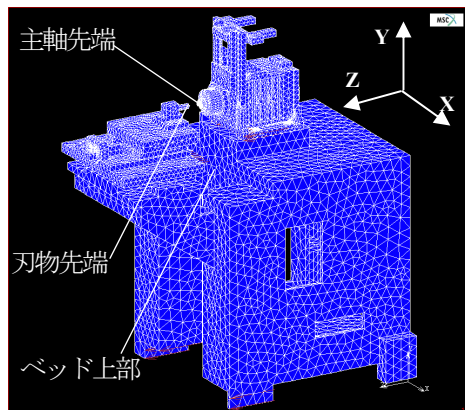


図2 自動旋盤有限要素法モデル

4. ペルチェ素子を利用した冷却システムの開発

小型、安価、汎用性という3点を持った、工作機械の種類を問わず現状の機械に組み込めるペルチェ素子を利用した冷却装置を開発した。ペルチェ素子は電流を制御することで吸熱量を変化させることができ、しかも精度の高い温度コントロールが容易にできる。また、電流の向きが可逆であるため、加熱と冷却の両面で使用することができる。そこで、ペルチェ素子により冷却油温度を制御し、間接的に主軸系の温度制御を行った。

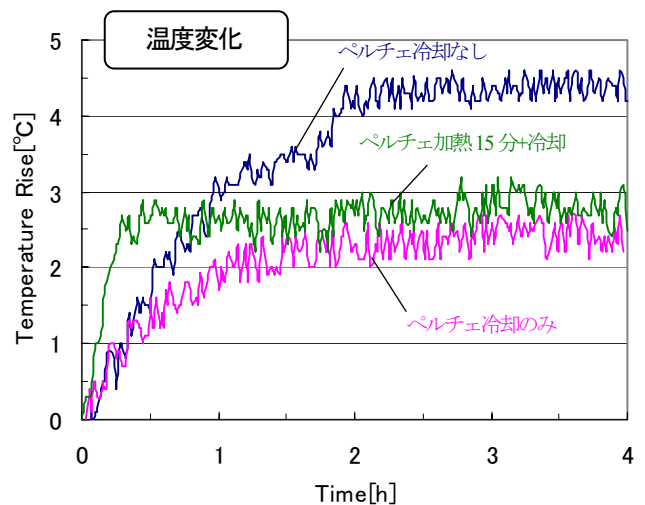


図3 ペルチェ素子による効果

5. 結論

- (1) 主軸系温度の時定数は冷却油温度の時定数とほぼ等しく、冷却油の温度変化が主軸系の温度変化に大きく影響していることが分かった。
- (2) 有限要素法の境界条件を実験結果に基づいて見積もり、実験結果との整合性を取ることができた。冷却油温度を一定に制御した場合の解析から、主軸系温度を約1/2に抑えられることが分かった。また、自動旋盤全体モデル解析より、各熱源がモデル全体に及ぼす影響を把握した。
- (3) 主軸回転開始からペルチェ素子を加熱し、15分後に冷却に切り替えることで、ペルチェ素子を用いない場合と比較して主軸系の温度1/2、変位1/2、時定数1/2を実現することができた。

参考文献

- (1) 幸田盛堂：工作機械の熱変形とその対策(1)，機械の研究，第42巻，第8号，(1990)，p911-917
- (2) 荒川敏和：新しいペルチェ冷却方式でニューアプリケーション，エレクトロニクス，No.11，(1998)，p104-107