

令和 5 年 5 月 23 日現在

機関番号：57701
研究種目：奨励研究
研究期間：2022～2022
課題番号：22H04208
研究課題名 マシニングセンタにおける接触熱抵抗把握による断熱効果の解明

研究代表者

松尾 征一郎 (Matsuo, Seiichiro)

鹿児島工業高等専門学校・技術室・技術専門職員

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 480,000円

研究成果の概要：基礎実験として鋳鉄と一般構造用圧延鋼材の平板間に断熱材を挟み、熱流束と温度を測定した。実測値とCAE解析値の比較を行い、断熱材の効果と接触熱抵抗の値を把握した。基礎実験の結果を基に接触熱抵抗値をマシニングセンタの3Dモデルに適用し、主要構造部間に断熱材を使用した場合のCAE解析を行った。熱源を与え解析した結果、断熱材無しの場合の上昇温度より断熱材を使用した場合の方が上昇温度は抑えられていた。CAE解析によりマシニングセンタにおける断熱材の有効性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

工作機械全般において、高速化・高精度化の要求が高くなっている。マシニングセンタの加工精度低下の要因の一つに機械構造部の熱変形が挙げられる。そのためマシニングセンタの熱変形対策が重要となり、高精度化を求めるには熱特性を考慮した設計技術が必要となっている。本研究では設計時に使用するCAEの熱解析により、断熱材を構造部間に使用した場合の断熱効果を解明した。また、接触熱抵抗を考慮する事で解析精度の向上につながった。このことにより、断熱材を使用する事で熱変形の低減対策となり、設計指針を示せた。

研究分野：熱解析

キーワード：接触熱抵抗 CAE マシニングセンタ

1. 研究の目的

マシニングセンタの加工精度低下の要因の一つに機械構造部の熱変形が挙げられ、高精度化を求めるには熱特性を考慮した設計技術が必要となる。マシニングセンタの主要構造部間の熱移動の更なる抑制対策として断熱材の使用が挙げられる。研究段階で構造部間に断熱材を挟み込んだ場合の断熱効果を明らかにするには、CAE を用いた熱解析が有効となる。しかし、CAE を用いて熱解析を行う場合、接触面で熱の流れが阻害される接触熱抵抗が重要になってくるが、この値の推定が難しく解析精度の低下の一因となっていた。

本研究では、断熱材の接触熱抵抗を把握し CAE の解析精度を向上させるため、マシニングセンタの接触面を想定した基礎実験による測定と CAE 解析を行い、結果を比較する事で断熱材の接触熱抵抗の値を把握した。得られた接触熱抵抗の値をマシニングセンタの 3D モデルに適用し、CAE 解析により主要構造部間に断熱材を使用した場合の断熱効果を解明した。

2. 研究成果

(1) 基礎実験

マシニングセンタのベッドとクーラントパンの接触面を図1に示すように鋳鉄(FC250)と一般構造用圧延鋼材(SS400)を用いて模擬し、両部材間に断熱材を挟み込み実験を行った。断熱材はガラスエポキシ(FR-4)とシリコンでそれぞれ検証した。熱源はラバーヒーターを使用し SS400 上面に貼付け 45 で設定し、熱流束と温度を約 3 時間測定した。

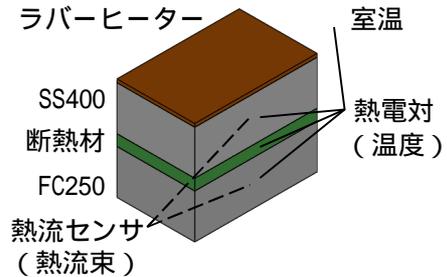
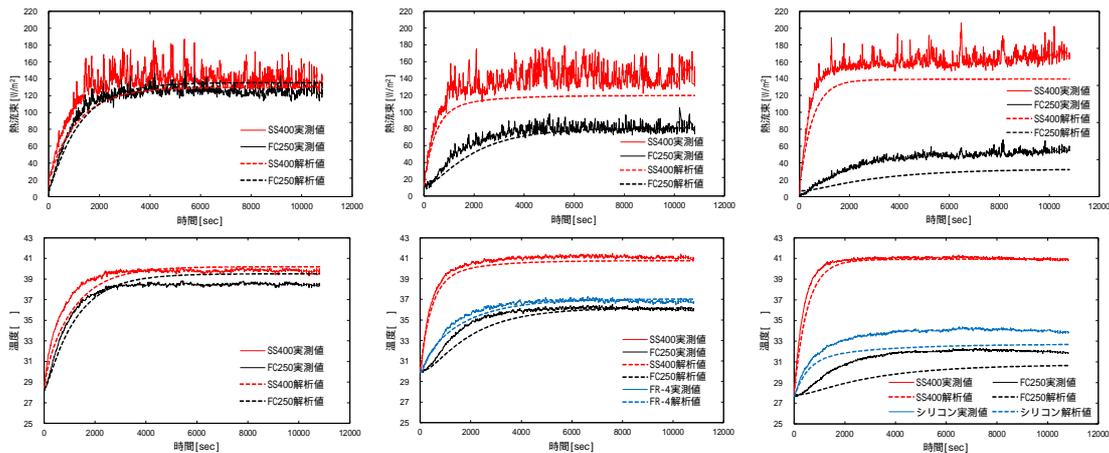


図1 基礎実験モデル

表1 接触熱抵抗値

| | FR-4 | シリコン |
|-----------|---------|---------|
| SS400-断熱材 | 6.62K/W | 16.8K/W |
| 断熱材-FC250 | 1.62K/W | 7.13K/W |

基礎実験の値を基に CAE 解析を行った。自然対流中の空気の下で実験を行ったため周囲の熱伝達率は $10W/(m^2 \cdot K)$ とした。接触熱抵抗 R は実測値の熱流束 q と温度 T から $R = T/q$ より算出して解析した。実測値と解析値を比較し各断熱材における接触熱抵抗の値を検証した。接触熱抵抗値は表1のようになった。実測値と解析値の熱流束と温度の比較を図2に示す。各断熱材とも部材間に挟む事で FC250 の温度上昇が抑えられており、断熱効果が表れている。



(a)断熱材無

(b)ガラスエポキシ

(c)シリコン

図2 基礎実験の熱流束と温度変化

(2) マシニングセンタの CAE 解析

マシニングセンタの 3D モデルを図3に示す。ベッド側面の4箇所(C1~C4)の温度を熱電対で実測し、断熱材無しの場合と断熱材を使用した場合の解析値の比較を行った。測定は室温約 25 一定で約 40 のクーラントを流しながら 8 時間行った。CAE 解析における断熱材はベッドとクーラントパンの接触面の上にモデリングし、接触抵抗値は基礎実験の値を基に設定した。熱荷重条件はクーラントパンのクーラントの流路上面に温度を、空気対流として機械表面に熱伝達率を与えた。図4に CAE 解析

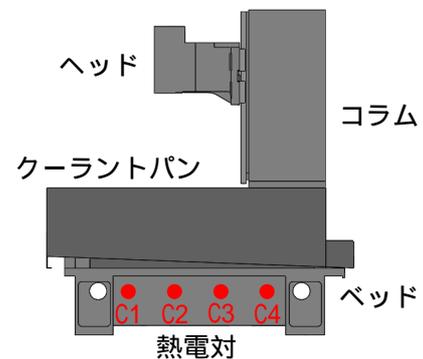


図3 マシニングセンタ 3D モデル

を行った8時間経過後の温度分布図を示す。断熱材無しはベッドの温度が上昇しているが、断熱材を使用した場合は温度上昇が抑えられており、CAE解析によって断熱効果が確認できた。図5にC1～C4の実測値と各解析値の比較を示す。実測値と断熱材無しの解析結果はC4に差が出たが、それ以外の温度は同様の傾向が得られた。断熱材を使用した場合、温度上昇値は1.5以内に抑えられていた。

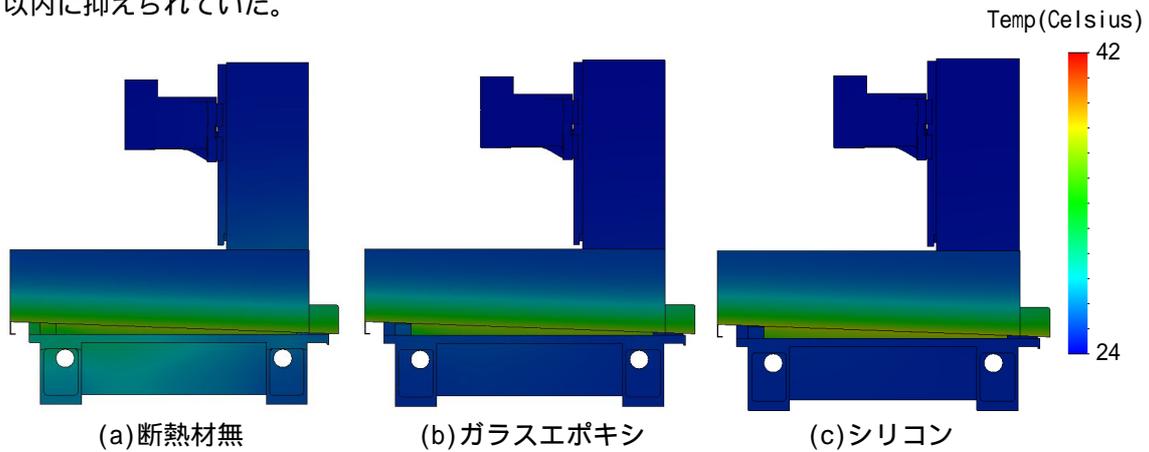


図4 CAE解析による温度分布状態

接触熱抵抗を把握することでCAE解析精度を高められ、マシニングセンタの主要構造部間に断熱材を使用した場合の断熱効果を明らかにした。今後の課題としては、応力解析により断熱材の耐久性の検証が必要である。

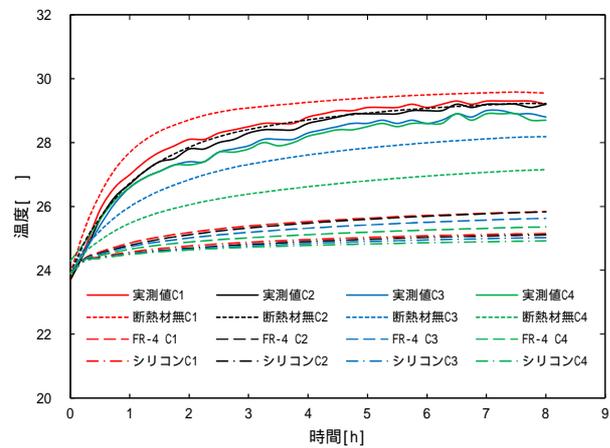


図5 実測値と各解析値の比較

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

| 氏名 | ローマ字氏名 |
|----|--------|
|----|--------|