

高性能デバイスに関する研究

- 超磁歪アクチュエータの発熱対策に関する研究 -

安 英徳*

小石川 勝男*

浅野 健治*

1. はじめに

産学官の共同研究である、地域コンソーシアム研究開発事業において、超精密研削加工機械を開発している。この超加工機械に、位置決め用と姿勢制御用に超磁歪アクチュエータを搭載する。

搭載する超磁歪アクチュエータは、高い位置決め精度が要求される。

しかし、アクチュエータとして使用した場合に、コイルから発生する熱により超磁歪材料が熱膨張し磁界による変位のほかに、熱膨張による変位が加わり位置決めとしての精度を著しく低下させる。このため、アクチュエータに対して空気による冷却を行った。使用する空気は、温度が一定であり、アクチュエータ内部の磁場に影響がないように清浄度が高く、乾燥していなければならない。このような条件に適応した空気を、供給できる装置の開発を本研究で行った。

2. アクチュエータの構造

アクチュエータの内部構造を図1に示す。空気はアクチュエータの下部より供給される。内部に入った空気は2つの系統に分かれる。1つの系統は下のプレートに設けられた溝を通り、熱の発生源であるコイルと超磁歪材料の間を流れ、外部に放出される。もう1つの系統は、コイルとカバーとの間を流れて外部に放出される。この2系統で空気冷却を行った。

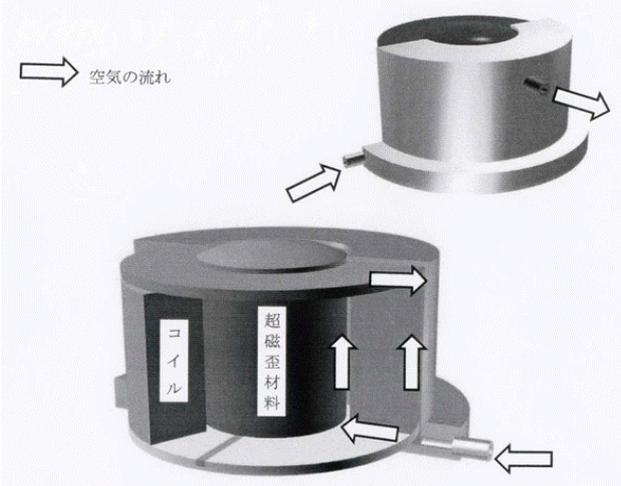


図1 内部構造

3. 実験方法

搭載されるアクチュエータを使用して実験を行った。アクチュエータに空気を送る配管、排気される配管を接続しコンプレッサーにより圧縮空気をアクチュエータに供給して冷却を行った。

温度の測定は、図2に示す通り4箇所で行った。アクチュエータ本体では底面のプレート、超磁歪材料の

表面温度の測定を行った。空気については、入口・出口での温度測定を行った。

供給する空気量については、50L/min・75L/min・100L/min、アクチュエータには、電力1.75W・7.0W・21Wの3通りの設定を行った。なお、7Wは今回の超加工機に搭載されるアクチュエータに利用される最大電力である。

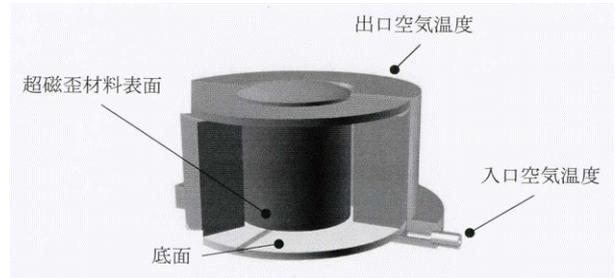


図2 温度測定箇所

4. 実験結果

実験結果を図3に示す。グラフは、よこ軸に時間、たて軸を上昇温度とする。アクチュエータには7Wの電力を入力した。空気冷却を行わない場合には、温度上昇は非常に大きく34.3℃まで上昇した。コイルからの発熱と空気による冷却が平衡状態に達する時間は、流量が多いほど早く100L/minでは15分程度、50L/minでは40分程度まで温度上昇が続いた。超磁歪材料表面の温度については、100L/minで5℃、50L/minでは8℃の温度上昇で平衡状態に達した。

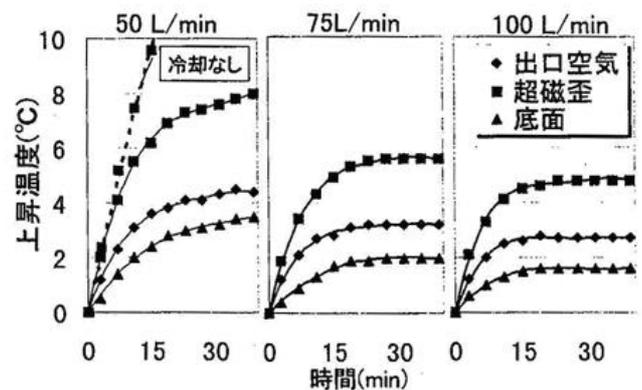


図3 アクチュエータの温度上昇 (7W時)

次に、電力1.75Wと7Wにおける、上昇温度と空気流量との関係を図4に示す。流量を増やせば上昇温度を少なくすることは出来るが、100L/min以上になってしまうと空気流量を増やしても温度上昇を低下させる効果に、変化がなくなってくる結果となった。以上のことから、今回の研究開発に使われる超磁歪アクチュエータに冷却として使う空気量は100L/minであり、これで十分な効果

が得られることが確認できた。

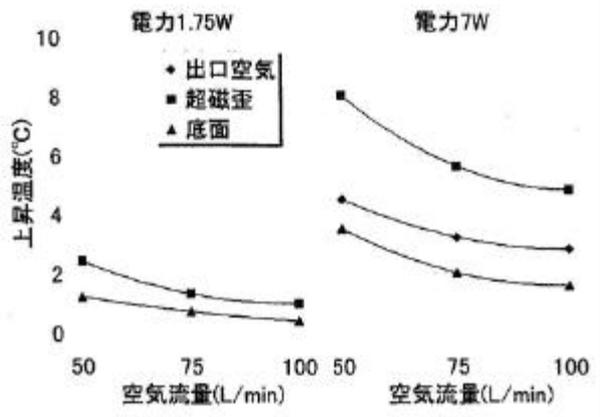


図4 アクチュエータの温度上昇

5. 恒温装置

実験結果により、アクチュエータ1台に対しての流量は、最大100L/minとした。よって、恒温装置の仕様は、4台のアクチュエータに冷却空気を供給する為に空気量は400L/minとした。温度については、長時間安定した温度で供給できるような仕様とし、恒温装置入口側温度に対して±5の温度設定が可能で、精度は±0.5とした。アクチュエータに塵等が混入し磁場に影響を与えないように、清浄度を高める仕様とした。結露の発生も防止するために露点温度は0以下となるようにした。また、アクチュエータには安定した空気流量を保持し供給することとした。

全体のシステムを図5に示す。冷却用空気は、図に示すとおり恒温装置により温度調節を行い、清浄度を上げ、そして乾燥させる。恒温装置を出た空気は超加工機本体に設置されたマニホールドにより各アクチュエータに分配される。空気供給側の配管は、保温され外界からの温度に極力影響のないものを使用した。アクチュエータから排出された空気は、各配管を流れて大気中に解放される。

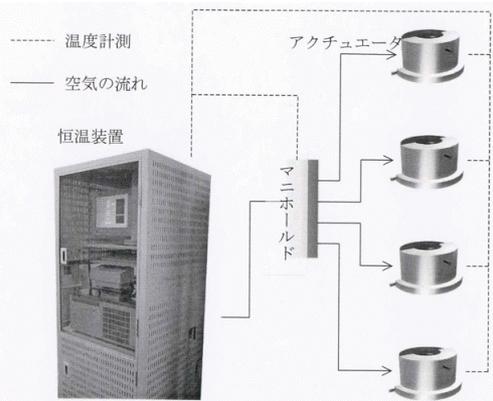
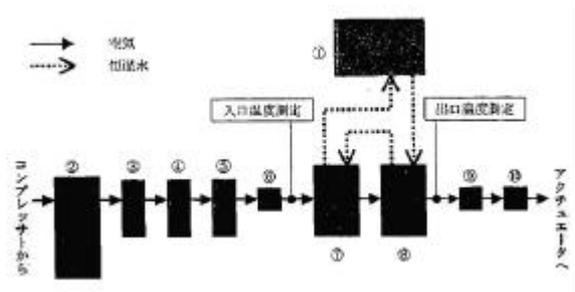


図5 全体のシステム

温度は、各アクチュエータ内部、マニホールドの空気温度、恒温装置の出入口の空気温度を測定する。

恒温装置本体のシステムを図6に示す。コンプレッサーから供給された空気は、エアドライヤにより除湿され、エアフィルター類で空気の清浄度を高める。二重管式熱交換器及びアフタークーラーには、恒温水循環装置により

設定した温度で恒温水を循環させる。空気は、二重管式熱交換器・アフタークーラーにより恒温水循環装置の設定された温度となりアクチュエータに供給される。



番号	機器名	仕様
	恒温水循環装置	温度設定範囲-30 ~ +80 温度精度0.01
	エアドライヤ	空気露点 10 処理空気量 400L/min
	ミストセパレータ	0.01μ以上の油分・固形物を除去
	メンブレンエアドライヤ	空気露点 -15
	活性炭フィルタ	吸着除去方式
	定圧弁	設定範囲0MPa~0.8MPa
	二重管式熱交換器	二重管有効長 4000mm
	アフタークーラー	口径 130×長 570
	流量調整弁	流量 0~500L/min
	流量計	測定範囲 50~500L/min

図6 恒温装置本体システム

6. 恒温装置の性能試験及び結果

恒温水循環装置の温度を20に設定し、二重管式熱交換器及びアフタークーラーに恒温水を循環させた。恒温水の温度が20に安定したことを確認して、コンプレッサーから空気を400L/min流した。温度は、恒温装置の入口と出口で測定した。

実験の結果を表1に示す。コンプレッサーから空気を流すことにより入口温度は低下したが、出口温度はほとんど低下せず安定していた。この実験結果により、本研究で開発された恒温装置は、±5の温度設定を可能にし、温度精度を±0.2程度で維持することができる装置であることが確認できた。

表1 実験結果

時間(min)	入口温度(°C)	出口温度(°C)
0	14.9	19.9
5	14.2	19.9
10	13.9	19.9
15	13.9	19.9

7. まとめ

今回の研究開発により空気冷却でも良好な結果を得ることが出来た。コンパクトで耐久性が高く、管理が容易なアクチュエータを利用することが可能と考えられる。

今後の課題としてアクチュエータ内部の空気が流れやすく、熱を奪いやすい構造にするための検討が重要と思われる。