

バイメタル部品の切削加工面の評価

北見工業大学 ○長良優治, Sharif Ullah

要旨

摩擦圧接によって二つの異なる金属から作られる部品が用いられる場合がある。摩擦圧接により接合した金属の接合部は材料の特性を変化させる。そのため接合部の粗さは複雑になっているため評価が難しい。本研究ではある切削条件で切削を行ったバイメタル部品の三次元表面粗さについてエントロピーと呼ばれる概念を用いて検討を行った。本研究はバイメタル部品の表面粗さの計測に有用である。

1. 諸言

車のエンジンや航空機に用いる部品には異なる材料から作られた部品を用いることがある¹⁾²⁾。異なる材料から作られた部品をバイメタル部品と呼称する。バイメタル部品は摩擦圧接などによって接合されるが、接合部の境界面で観測される特性は摩擦圧接の構成材料と比較すると全く異なったものとなっている。実際に製品とする場合は機械加工によって必要な形状に加工しているが、バイメタル部品の加工特性の体系的な研究は行われていないのが現状である。本研究ではバイメタル部品の加工特性である表面粗さに特に焦点を当てており、目的はバイメタル部品の三次元加工面の評価方法の構築である。

2. 研究内容

バイメタル部品を製造するには摩擦圧接を用いることがある¹⁾⁴⁾。本研究に用いる材料は図1に示されている。図1の部品は純チタン(TB340H)と純アルミ(A1050BE-H112)を摩擦圧接することによって作られている。実験には圧接時に発生したバリを切削によって取り除いたものを用いた。

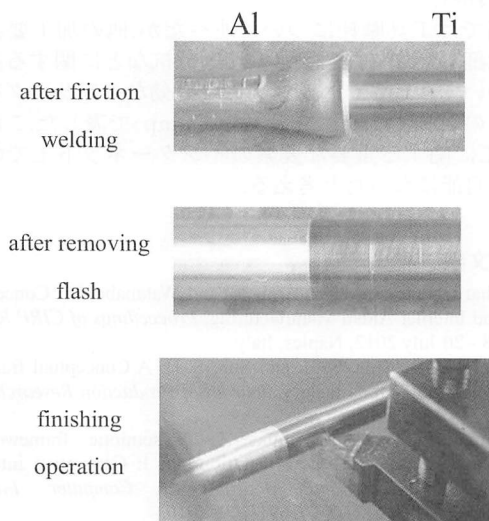


図1 バイメタル部品の製造工程

実験方法はバイメタル部品の接合部を横断するように切削を行い、接合部、接合部付近のTi部分、Al部分の表面粗さの測定を行った実験結果を報告する。加工条件は表1に示す。

表1 切削加工条件

Cutting Tool	SANDVIK™ TNMG160404	
	Nose Radius (mm)	0.4
Depth of cut (mm)	0.5	
Feed rate (mm/rev)	0.051	
Cutting speed (m/min)	50	

表1の加工条件により加工されたバイメタル部品の表面粗さは非接触三次元測定装置で測定を行う。その手順は図2に示すように試料の断面の粗さを5ライン測定する。このときレーザーをy軸方向に移動させ測定を行うのではなく、1ラインごとに試料を回転させて計測を行うことで円柱型である試料を平面化させた。その結果を3次元表示させたものである。

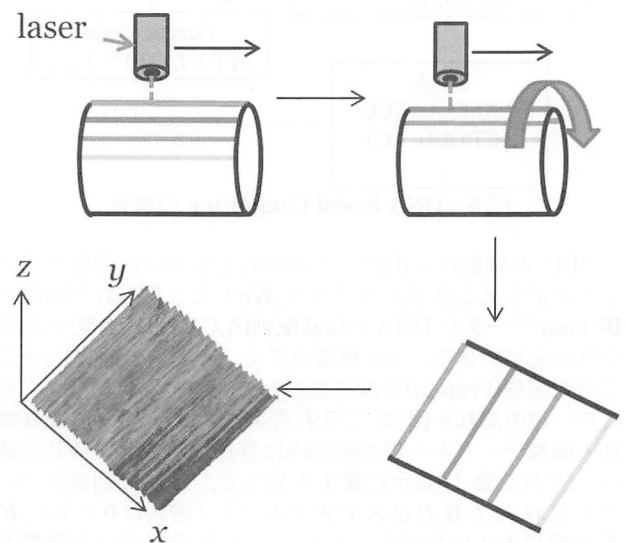


図2 三次元加工面の計測法

3. 評価関数

一般的な表面粗さは算術平均粗さや最大高さによって評価されている⁵⁻⁶⁾。これらを用いて粗さを評価しようとする場合、実際には異なる表面であっても算術平均粗さや最大高さが等しくなる場合がある。このような理由により従来の評価パラメータだけでは評価では不十分である。よって今回私が加工面を評価するのに用いたパラメータはエントロピーと呼ばれるものである。エントロピーとは平均情報量であり、様々な現象の複雑さを示す値である。以下の式を用いて表面プロフィールの高さのデータからエントロピー E を計算する。

$$E = \sum_{k=1}^n Pr_k \log_2 \left(\frac{1}{Pr_k} \right), \quad \sum_{k=1}^n Pr_k = 1 \quad (1)$$

$$E_{max} = \log_2(n) \quad (2)$$

ここで Pr_k はある指定範囲における範囲内に発生している値の発生確率、 n は範囲分けした数を示す。

4. 研究結果

研究結果の一つを図3に示す。図3は図2で紹介した方法を用いた加工面の一例である。この面は切削方向 Al から Ti の時の結果である。図3は表面プロフィールの高さ z を $5 \mu\text{m}$ ごとに6段階で色分けしたものである。図からわかるように Al 部分、Ti 部分、境界部分で表面の状態が異なっていることが分かる。Al の熱膨張率は Ti より高いので Al 部分の表面プロフィールの高さが Ti 部分より高くなっていることが分かる。また、接合部の色からわかるように接合部の表面プロフィールの高さは低くなっている。

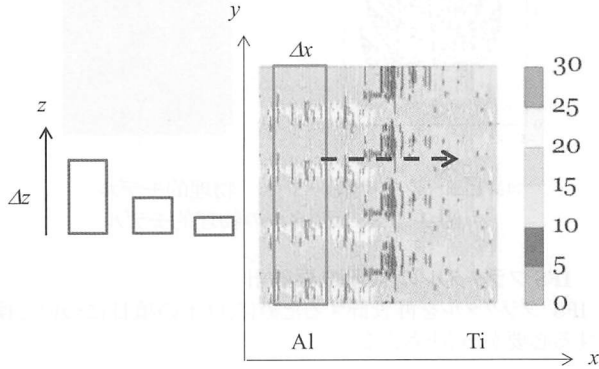


図3 バイメタル部品の三次元加工面の例

図3に示す加工面のエントロピーは図4に示す。図4は x 軸方向に 0.4mm 、 z 軸方向に $2.5, 5, 10 \mu\text{m}$ の3パターンで範囲分けをしエントロピーを計算した結果をグラフで表したものである。また、図4の E/E_{max} は計算により算出したエントロピーの値と最大エントロピーの値の比で、 $x \text{ mm}$ は範囲分けをした x 軸の範囲である。 x 軸方向に x 軸が 2mm の地点が接合部である。この結果より Al 側、Ti 側のエントロピーの値は接合部のエントロピーの値より小さくなっている。この事よりバイメタル部品の接合部はより複雑になっていることが分かる。今回の3パターンを比べると z 軸方向の高さが $2.5 \mu\text{m}$ の時エントロピーの変化がもっとも小さい。エントロピーの値を計算する時 Δz の値が影響を与えている。特に Δz の値が大きいときはエントロピーの変化が大きい。

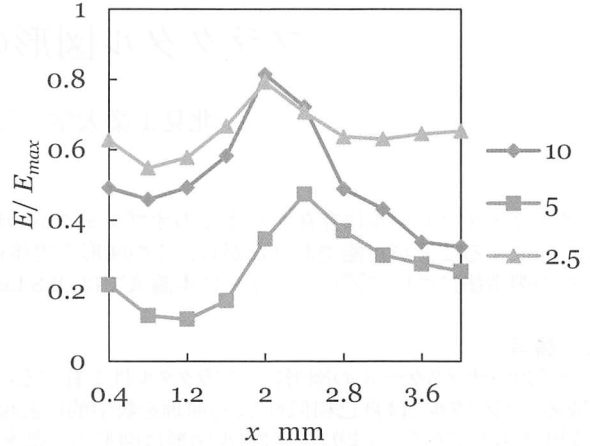


図4 バイメタル部品の表面のエントロピー

5. 結言

今回純 Al と純 Ti を用いて摩擦圧接によってバイメタル部品を製造した。製造したバイメタル部品の加工面を向上させるため、切削加工を行った。バイメタル部品は異なる構成材料の熱膨張率、硬さ、引張強さなどによる特徴の差によって非常に複雑な加工面が発生していることを加工面の測定結果から明らかにした。こういった複雑な加工面を評価するため、エントロピーというパラメータを提案した。エントロピーの計算結果から結合部分のエントロピーが Al と Ti 部分のエントロピーより高いことが確認できた。この結果より今まで表現することが困難であったバイメタル部品の複雑さを値として表現することができた。今後、エントロピーと切削抵抗との関連性を導くことが研究課題である。

6. 参考文献

- 1) Nagara, Y., Sharif Ullah, A.M.M. and Fuji, A., Tamaki, J. and Kubo, A. Surface finish characteristics of bimetallic parts, *Proceedings of The 5th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology (ICMDT2013)*, 22-25 May 2013, Busan, South Korea, pp. 93-94.
- 2) Fuji, A., Kokawa, H., and Kim, Y.-C., "A Study of Stress-strain, Acoustic Wavevelocity and Hardness Across Joint Interface of Pure Ti/Pure Al Friction Weld Joint," *Quarterly Journal of the Japan Welding Society*, 18(1) (2000) pp. 617-627.
- 3) Kim, Y.-C., and Fuji, A., "Factors dominating joint characteristics in Ti-Al friction welding," *Science and Technology of Welding and Joining*, 7(3) (2002), pp. 149-154.
- 4) Kimura, M., Utsumi, D., Kusaka, M. and Kaizu, K. (2011). Strength enhancement of autocompleting medium and high carbon steels friction welded joints, *Journal of Materials Processing Technology*, 211(2), 256-262.
- 5) Brown, C.A., Johnsen, W.A., and Hult, K.M., "Scale-sensitivity, fractal analysis and simulations," *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 38(5-6) (1998) pp. 633-637.
- 6) Sharif Ullah, A.M.M., Rahman, Md.R., Kachitvichyanulok, V., and Harib, K.H., "Fractal Dimension: A New Machining Decision-Making Parameter." In: *Intelligence in a Small Materials World* (Eds: Meech, J.A., Kawazoe, Y., Kumar, V., Maguire, J.F.), DEStech Publications, Lancaster, PA, USA, 2005, pp. 470-486.