1107 超熱伝導材料の円筒プランジ研削による 特異な熱変形形態とその形状精度への影響

Unusual Characteristic of Thermal Deformation and Its Effect on Form Accuracy in Cylindrical Plunge Grinding of High Thermal Conductivity Alloy

○学 田口 大介 (岡山大学大学院) 正 大橋 一仁 (岡山大学)
正 塚本 真也 (岡山大学)

Daisuke TAGUCHI, Kazuhito OHASHI and Shinya TSUKAMOTO
Okayama University, 1-1, Tsushima-Naka 3 chome, Okayama

1. 緒 言

研削加工の高能率化に伴って研削条件は過酷なものとなり、厳しい熱的環境の下においても高精度な加工の実現が求められている。本研究では、金型などに使用され、厳しい加工精度が要求される超熱伝導材料 (AMPCO97) を円筒プランジ研削する場合の特異な熱変形形態を実験的に検討し、研削による工作物の熱変形が形状精度に及ぼす影響を明らかにする。

2. 実験方法および条件

図1に実験装置の概略を示す。実験は AMPCO97 を円筒プランジ方式で湿式研削することにより行った。研削抵抗は工作物支持センタにはり付けたひずみゲージより検出し、砥石台移動量および寸法生成量は電気マイクロメータで測定した。また、C-A 熱電対による平行線接触式表面温度計で工作物表面温度を測定し、それぞれパーソナルコンピュータに出力させた。なお、本研究で使用した超熱伝導材料の AMPCO97 は、S55C の約6倍の熱伝導率を有する熱特性に優れた銅合金である。主な実験条件は以下のとおりである。

研 削 方 式	円筒プランジ研削
研 削 砥 石	GC80L9V($\phi 405 \times 50\text{mm}$)
工 作 物	AMPCO97($\phi 80 \times 10\text{mm}$) S55C($\phi 80 \times 10\text{mm}$)
砥 石 周 速 度	$V_s = 44.4\text{m/s}$
速 度 比	$K_v = 0.005 \sim 0.02$
設定砥石切込み量	$\Delta = 1.0\mu\text{m/rev.}$
システム 剛 性	$k_{sy} = 16.8\text{N}/\mu\text{m}$
ドレッシング条件	単石ダイヤモンドドレッサ 切込み $5\mu\text{m} \times$ 送り 0.1mm/rev. of GW. $\times 5$ 回
研 削 液	W2 種 1 号 80 倍 希 釈 (15l/min)

3. 研削による超熱伝導材料の熱変形形態

図2に、工作物の熱変形を求めるため、定常研削状態から砥石台を急速後退させた場合の工作物寸法を検出する電気マイクロメータの出力波形の変化を示す。AMPCO97 および S55C の出力はいずれも定常研削時における工作物一回転あたりの砥石の切込みによる振幅を伴い、工作物の冷却に従って緩やかに収束する。工作物冷却後における S55C の出力波形の振幅は設定砥石切込み量 Δ にほぼ一致し、定常研削中の S55C の熱変形は工作物全周にわたってほぼ均一であることがわか

Fig.1 Schematic of experimental set-up

Fig.2 Example of measured thermal deformation

Fig.3 Relationships between speed ratio and roundness of workpiece

る²⁾。ところが AMPCO97 では工作物の冷却とともに振幅が増大し、最終的な振幅は $\varepsilon=2.3\mu\text{m}$ に達し、 Δ よりもかなり大きくなる。また、図 3 に速度比 K_v による振幅 ε の変化を示す。S55C では K_v に関係なく ε はほぼ一定で、その値は Δ にほぼ等しいが、AMPCO97 については K_v が大きいほど ε は増大する傾向にあり、 $K_v=0.02$ においては Δ の約 4 倍になる。以上のことから、研削中の AMPCO97 は工作物全周にわたる熱変形形態が均一ではないことがわかる。

図 4 は、図 2 のデータに基づいた定常研削状態における工作物の熱変形量 $(d\theta_w)_s$ の分布形態である。ここで ϕ は工作物円周上の位置を表し、研削点を $\phi=0^\circ$ として工作物の回転方向に角度を設定する。(b) に示す S55C では工作物全体の熱膨張量は K_v が大きくなるに伴って増大するが、いずれの場合も工作物全体がほぼ均一に膨張することがわかる。一方 AMPCO97 は (a) に示すように、 $K_v=0.0075$ 以上において熱変形量が工作物外周にわたって顕著に変化し、研削点近傍で最も大きく、それより 120° ほど手前で最も小さい。また、 K_v が大きいほど熱変形量が最小となる位置が若干後方になる。

4. 工作物内部における温度分布に基づく熱変形形態の考察

図 5 は、定常研削状態における工作物内部の温度分布 $\Delta\theta_w(z)$ を示す。ここで z は工作物半径方向の深さである。S55C では (b) のように、研削点近傍を除いては工作物全周にわたって温度分布はほぼ一樣になるが、(a) に示す AMPCO97 の場合は、研削点の反対側では工作物表層に内部よりも温度が低い領域が存在し、また研削点付近では S55C に比べて温度勾配が緩やかである。これらのことから、AMPCO97 では熱伝導率が S55C よりもはるかに高いために研削点付近において研削熱が工作物の内部まで伝導するが、研削点を離れると工作物内に流入した研削熱が研削液によって工作物表面から放出されることがわかる。

つまり、AMPCO97 では工作物内部にまで及ぶ比較的大きい温度勾配が存在するために工作物の各位置における熱変形量が変化し、工作物内部の温度変化が最も小さい位置と熱変形量が最小となる位置はよく対応している。

以上のことから、AMPCO97 を研削する場合、スパークアウト研削終了時までに工作物の熱膨張量が均一にならなければ、スパークアウト研削終了後に工作物は真円にならず、加工精度が低下することが予測される。

5. 結 言

- (1) 定常研削状態における AMPCO97 の熱変形量の変化形態は、工作物全周にわたって均一にならない。
- (2) 研削中の AMPCO97 は、高い熱伝導率を有するがゆえに、S55C に比べて材料内部の温度分布が均一にならず研削点から離れるに従って徐々に内部温度が低下する。
- (3) 定常研削状態においては、AMPCO97 の熱変形量の分布は工作物内部の温度分布によく対応する。

参 考 文 献

- 1) 日本金型産業株式会社：アンブコロイ技術情報
- 2) 中島利勝，塚本真也，原田真：研削熱による変形が寸法生成過程に及ぼす影響の研究，精密機械，51，8 (1985) 1588。

Fig.4 Effect of speed ratio on thermal deformation of workpiece

Fig.5 Distribution of workpiece temperature in steady grinding process