

冷風を用いた旋削加工の加工特性

加藤 隆弘* 花田 治行*

Surface Properties and Cutting Temperatures of Turning in Cool Air Machining

Takahiro KATOH, Haruyuki HANADA

ABSTRACT

In machining processes, coolants are generally used for cooling and lubricating between workpieces and chips at a cutting point. Coolants often contain sulfur, phosphorus, chlorine or other such extreme pressure additives to improve the lubricating performance. But these chemicals cause health hazards and environmental pollution. For keeping good cutting without such complications, the machining with the injection of cool air at the cutting point has recently been proposed. In this paper, the surface roughness and cutting temperature of aluminum alloy were investigated under turnings with cool air injection, in which the cool air had small quantity coolant. As a result, the cool air with a small quantity of coolant decreased cutting temperature and surface roughness.

KEY WORDS : cooling air machining, turning, surface roughness

1. 緒言

現在の切削加工において、加工時に鉱物性油や水溶性油などの切削油を使用することはごく一般的に行われている。しかし、これらの切削油の使用が作業環境や自然環境に悪影響を与えていることが近年問題となっている。特に鉱物性油を含んだものは重油以上に公害の原因になると言われている。

切削油の抱える問題として、潤滑作用向上のために含まれるS(硫黄)やP(りん)などといった添加剤が、作業をするなかでミスト状になり、作業者が吸引し、健康をおびやかすことがあげられる。また、生産加工費の15～30%を油剤関連がしめるといわれており、切削油の使用により経費が高くなってしまいうことも大きな問題の一つである。

このような理由から、切削油の使用量を少なくすることが望まれるが、現在、金属材料を切削加工する上で、切削油は重要な役割を果たしており、切削油を全く用いずに切削を行うと、加工効率の低下、

製品精度の低下、工具寿命の低下、さらにはエネルギー効率の低下などといった悪影響が生じる。このように、環境やコスト面から見て切削油の使用量を減らすのが好ましいことは分かっているが、切削油の使用を続けざるを得ないのが現状である。

多くの企業、大学、研究機関で各種環境対応加工法の研究がなされてきており、その成果が徐々に現れている。ドライ加工、冷風加工、セミドライ加工、ハイブリッドミスト加工、MQL (Minimum Quantity Lubrication)加工、OoW (Oil on Water)加工、工具冷却、窒素加工^{1, 2)}など多くの手法が行われている。各技術にはそれぞれ長所、短所があり、今後は適応技術を明確にして、適材適所で実用化されていくと思われる。

これまでに、著者らは、簡易な冷風発生装置を用い、冷風および冷風にミスト状の切削油を付加した冷風ミストにより、鋼材の旋削加工を行ったところ、湿式加工には及ばないものの、切削温度と工具摩耗においては有効な加工法であることが分かった³⁾。

* 機械工学科

そこで本研究では、冷風ミスト加工をアルミニウム合金に適用し、切削温度や加工面性状を検討した。

2. 実験方法

2・1 冷風発生システム

冷風加工を行うための冷風発生システムの概要を図 1 に示す。コンプレッサーで生成された圧縮空気をエアドライヤで水分を除去し、冷風発生装置で冷却して、切削点に供給する。このシステムにより、外気より約 30℃低い -10℃の冷風が発生される。

図 2 に冷風発生装置の概略図を示す。コンプレッサーから供給された高压空気は、渦流発生器により接線方向に音速で吐出され、膨張すると共に高速回転し渦流となって、渦流発生器から熱風排出口の方向へ移動する。一方、排出されない残流空気は渦流の遠心力によってできた内側の空洞内を外側の渦流と同方向に回転しながら冷風となって冷風出口の方へ流れる。

2・2 切削方法

CNC 旋盤を用いて、円柱材の外丸削りを行う。被削材にはアルミニウム合金 (A5052) を使用した。被削材はあらかじめ図 3 のように成形してから実験に使用した。工具は超硬合金 (M20) ノーズ半径 0.2mm を用いた。バイト刃先の切刃形状は、平行すくい角、垂直すくい角、前逃げ角、横逃げ角: 6°、前切刃角: 30° である。表 1 に切削条件を示す。切削方式は、図 4 に示すように、切削中に冷風を切削点より 10mm の位置より吐出量 150L/min 吹きつけながら切削を行う冷風加工、図 5 に示すノズルを冷風発生装置先端に取り付け、冷風とともに少量の水溶性切削油を 0.1L/min の割合で吹き付ける冷風ミスト加工を行った。また、このほかに、乾式加工、水溶性切削油を 2.5L/min の割合で供給する湿式加工、および、切削点に不水溶性切削油が常に流れ込むよう刷毛で塗りながら加工する切削油塗布加工も行った。水溶性切削油には、工業用潤滑油水溶性切削油 W1 種 (エマルジョン) 2 号を 10 倍希釈したものを、不水溶性切削油には、工業用潤滑油不水溶性切削油 2 種不活性極圧型 3 号を用いた。

2・3 切削温度の測定

切削中の切削点温度は、工具-被削材熱電対法により、工具と被削材間で発生した起電力より求めた。

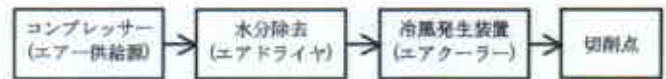


図 1 冷風発生システム



図 2 冷風発生装置

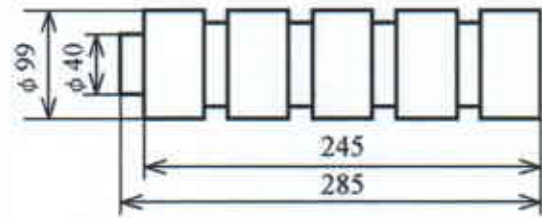


図 3 被削材形状



図 4 冷風加工



図 5 冷風ミスト加工用のノズル

表 1 切削条件

切削速度	100 ~ 600m/min
送り速度	0.2mm/rev
切込量	0.1 ~ 0.5mm

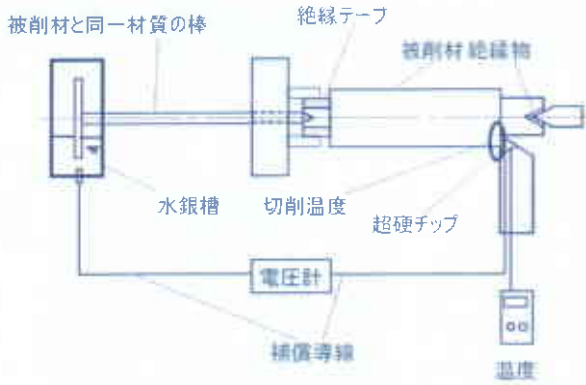


図6 工具-被削材熱電対法

図6にその概略図を示す。起電力と温度の関係は、温度校正試験により予め算出した。温度校正は図7に示す温度一起電力校正装置により、導線-切り屑・加熱板-棒材間で行った。なお、加熱板と切り屑には被削材であるアルミニウム合金を、棒材には工具材の超硬合金を用いた。加熱板に接触させた切り屑と、加熱板に押し付けた棒材からの導線を測定器に引き込み、起電力を測定し、電気炉で加熱した加熱材の温度と起電力との関係を求めた。

2・4 表面粗さの測定

表面粗さは、各加工法を一通り終了した後、被削材を取り出し、粗さ測定器にて測定した。1回の切削につきそれぞれ3カ所測定した。

3. 実験結果および考察

3・1 温度測定

図8に温度校正実験の結果を示す。起電力と温度はほぼ比例している。得られた実験結果より近似曲線を算出した。この校正曲線を用いて、切削中の切削点温度を算出した。この結果の一例を図9に示す。切削条件は切削速度 $v=600\text{m/min}$ 、切込量 $t=0.5\text{mm}$ である。切削開始直後に温度は急上昇し、その後温度は一定になる。湿式加工と冷風ミスト加工の温度が低く、乾式、切削油塗布、冷風加工がそれより 50°C 程度高くなっている。

各種加工方式にて、切削中の温度が安定した範囲内での平均温度を示したものを図10と11に示す。それぞれ、切込量が $t=0.1\text{mm}$ 、 0.5mm である。同一の切削速度でも、切込量の違いにより約 100°C の差が



図7 温度一起電力校正装置

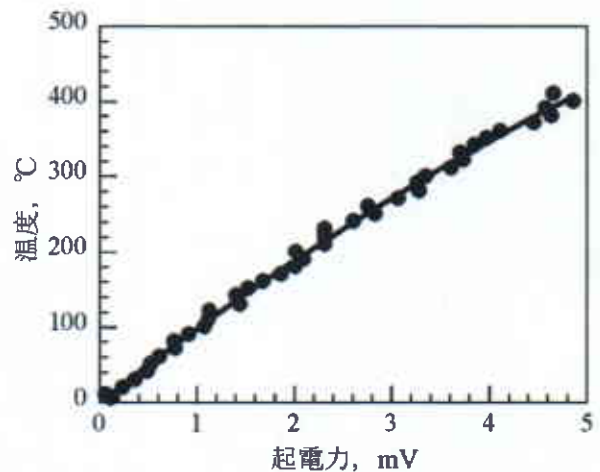


図8 温度一起電力校正曲線

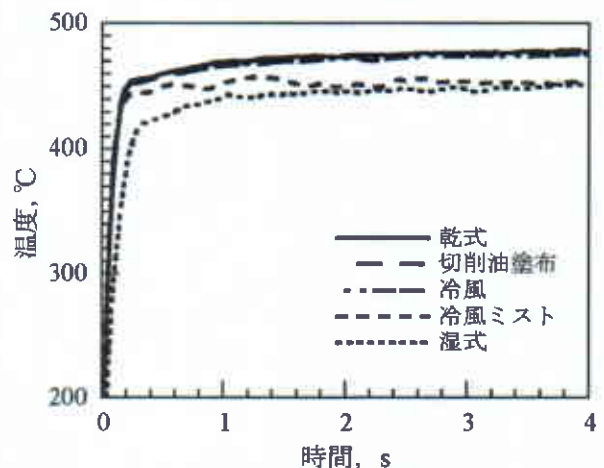


図9 切削点温度

(切削速度 $v=600\text{m/min}$, 切込量 $t=0.5\text{mm}$)

ある。これは、切込量が大きくなると、被削材のせん断領域と、切り屑と工具との接触領域が大きくなるためである。冷風ミスト加工と湿式加工は、どの切削速度条件、切込量においても乾式加

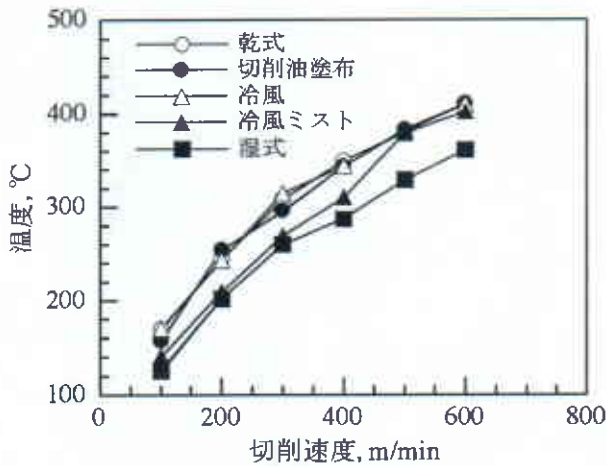


図10 切削温度
(切込量 $t=0.1\text{mm}$)

工に比べ50℃程度温度が低く、同程度の冷却効果がある。-10℃の冷風を吹付けることにより、高い冷却効果を有する冷風加工は切削点温度の上昇を抑制できてない。また、高い潤滑作用を有する切削油塗布の加工においても、切削点温度の上昇を抑えられない。したがって、安定した冷却作用と潤滑作用の両方がないと切削点温度の抑制ができないことが分かる。この点から見ると冷風ミスト加工では水溶性油剤による潤滑作用と冷却作用のみならず、冷風による冷却作用の複合効果により、湿式加工とほぼ同じ冷却効果を得ることができる。

3・2 表面粗さ

各種加工方法にて切削した切削面の表面粗さを、図12と13に示す。それぞれ、切込量が $t=0.1\text{mm}$, 0.5mm である。切込量の大小にかかわらず、切削速度が低いときは、表面粗さは大きく、切削速度が増加すると、表面粗さは減少し、理論値に近づいている。これは、切削速度 $v=100\sim 200\text{m/min}$ の低速切削域では、構成刃先が発生し、過切削や切削面への付着物のために表面粗さは増加する。しかし、切削速度が増加すると、切削点温度が上昇して被削材の再結晶温度を越えるために、構成刃先が生成されなくなり、表面粗さは減少し、理論粗さに近づいたと考えられる。

切削点温度の低い条件である、小切込量、低切削速度の、図12、 $v=100\text{m/min}$ において、冷風ミスト加工は切削油塗布加工と同程度の表面粗さを得ることが出来た。これは、冷風ミスト加工では冷却と潤滑作用、切削油塗布加工では高い潤滑効果により、

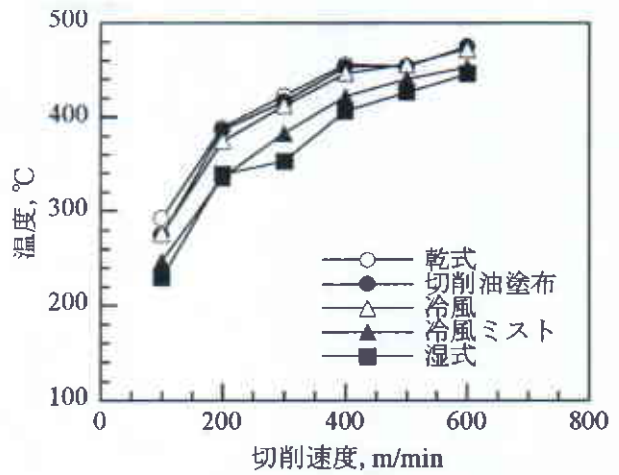


図11 切削温度
(切込量 $t=0.5\text{mm}$)

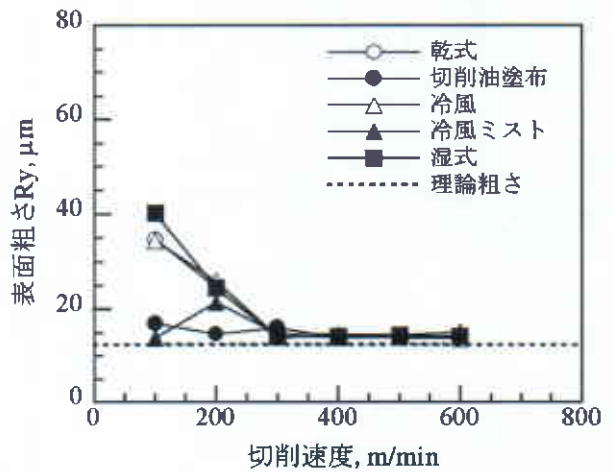


図12 表面粗さ
(切込量 $t=0.1\text{mm}$)

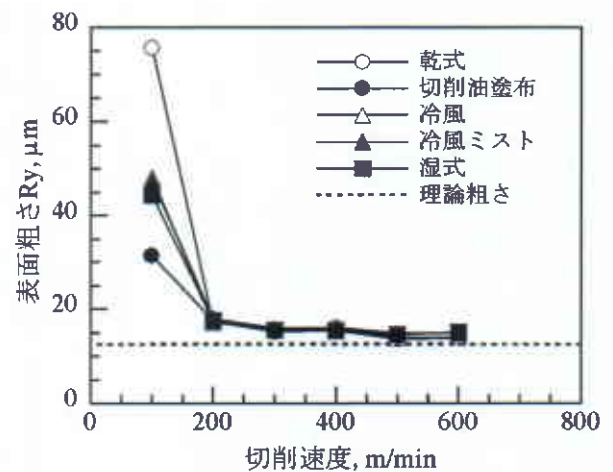


図13 表面粗さ
(切込量 $t=0.5\text{mm}$)

構成刃先の生成が抑えられたためであると考えられる。しかし、低切削速度であっても、切込量が大き

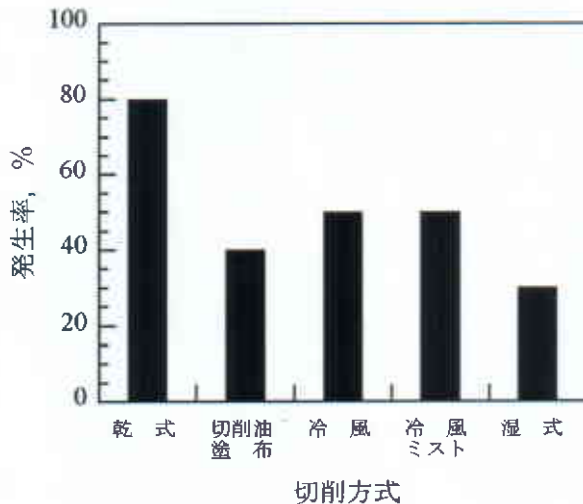


図14 構成刃先発生状況

い図13では、切削点温度が高くなるだけでなく、工具にかかる圧力が增大し、より構成刃先が生成されやすくなるため、最も潤滑効果のある切削油塗布加工以外の切削方法では粗さの低減は不可能である。

このように、表面粗さは構成刃先の生成の有無に大きく影響されるが、低切削速度において、切削方法に関わらず構成刃先が生成する場合と、しない場合があった。

そこで、低切削速度において、切削後の工具と加工表面の観察により、構成刃先の生成の有無を判断した。これを構成刃先の発生率として図14に示す。乾式加工の発生率が特に高く、冷風、冷風ミスト、切削油塗布、湿式加工の順で発生を抑えられている。乾式加工に比べて各加工方法が構成刃先の発生率を

抑えられている理由は、冷風加工には、冷風が切削面付近に吹付けられることによる切りくずの除去効果と凝着防止効果、切削油塗布加工には潤滑作用による凝着防止効果、冷風ミストと湿式加工には潤滑と切りくず除去作用の相乗効果による凝着防止効果がそれぞれあるためであると考えられる。

4. 結論

1. 冷風ミスト加工は、ミスト状の水溶性切削油剤が冷風とともに吹き付けられることにより、高い潤滑作用と冷却作用が得られる。
2. 冷風加工は切削点温度の抑制効果は期待できないが、冷風ミスト加工は、湿式加工と同程度の冷却作用がある。
3. 冷風ミスト加工は、低速域、切込量の少ない軽切削域では不水溶性油剤と同等の、構成刃先の生成を抑制する効果と、表面粗さを得ることができる。
4. 冷風ミスト加工は、切削油剤の消費量の観点から考えると、有効な加工方法である。

参考文献

- 1) 松原十三生, 環境対応加工技術の現状と課題, 精密工学会誌, 68, 7, pp. 885-889 (2002).
- 2) 中村隆, 切削加工のトライボロジー, トライボロジスト, 46, 7, pp. 516-521 (2001).
- 3) 加藤隆弘, 花田治行, 冷風を用いた切削加工の切削温度と工具寿命, 明石工業高等専門学校研究紀要, 46, pp. 13-17 (2003).