

# Hyper 研削による Co-Cr-Mo 合金の研削特性

東京農工大学 ○堀内慎司, ◎笹原弘之

## 要旨

本研究では、難削材であるCo-Cr-Mo合金に対して、砥石内部から研削液を供給するHyper研削を適用した際の表面粗さや研削抵抗といった加工特性を測定し、その研削特性に影響を与える要因を明らかにすることを目的とする。砥石の種類、切り込み深さ、研削距離を変化させた時の、Hyper研削と慣用研削の比較を行い、研削特性に影響を与える要因を明らかにした。

## 1. 緒言

Co-Cr-Mo 合金は生体親和性の高さから主に医療分野で用いられている。また、高硬度、高耐食性、耐摩耗性といった高い機械的特性を持つことから工業分野への応用も見込まれるが、その高い機械的特性から難削材とされている。しかし、人工関節や手術器具などの医療機器以外への応用例が少ないため、十分な加工データがない。そのため、工業分野で実用化するためには加工特性を明らかにする必要がある<sup>1)</sup>。また、Co-Cr-Mo 合金の研究の現状として、一般的に仕上げ加工に用いられる研削加工に関する先行研究が少ないことが挙げられる。

本研究では砥石内部から研削液を供給し同時多軸制御工作機械で研削加工を行う砥石内研削液供給機構 (Hyper 研削) の研究・開発を進めている。この機構により、研削液供給用のノズルが不要となり、砥石周りに発生する空気層の影響を受けにくく、研削液が加工点に直接的に供給可能となる。従来の研究において、鋼や耐熱合金に対して本手法と研削液を外部ノズルから供給する通常的手法とを比較し、加工点温度や研削抵抗の低減、砥石摩耗の抑制などの優位性が示されている<sup>2)</sup>。そこで本研究では、難削材である Co-Cr-Mo 合金に対して、Hyper 研削と外部ノズルからの研削液供給を適用した際の表面粗さや研削抵抗といった加工特性を測定し、研削特性に影響を与える要因を明らかにすることを目的とする。

## 2. 切り込み深さと研削面特性の関係

Co-Cr-Mo合金の研削加工において、切り込み深さを変化させた時の研削特性の比較を行った。実験条件を表1に示す。

Table 1 Grinding conditions

| Type of coolant supply               | External, Internal |                                    |
|--------------------------------------|--------------------|------------------------------------|
| Grinding velocity $V$                | m/s                | 20                                 |
| Feed rate $v$                        | mm/min             | 500                                |
| Depth of cut $d$                     | mm                 | 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.15 |
| Grinding fluid                       | Emulsion type      |                                    |
| Amount of coolant supply $Q_{total}$ | L/min              | 10                                 |
| Grinding method                      | Down               |                                    |
| Material of work piece               | Co-Cr-Mo alloy     |                                    |

研削液供給方法は Hyper 研削および通常の外部ノズルからの研削液供給を用いた。図1、図2に Hyper 研削における工具の構造と実験装置の概略をそれぞれ示す。被削材加工部の寸法は幅 10 mm、長さ 100 mm である。100 mm を 1 パスとし、ダウンカッター方向に 10 パス加工を行った。また、平型  $\phi 75 \times 13 \times 31.75$  mm のビトリファイドボンド、粒度#100 結合度 K 組織 14 の WA 砥石を用いた。

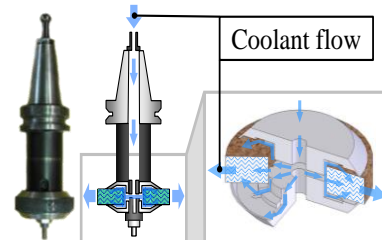


Fig. 1 Schematic of tool holder

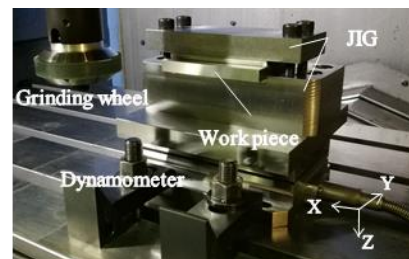


Fig. 2 Experimental set up

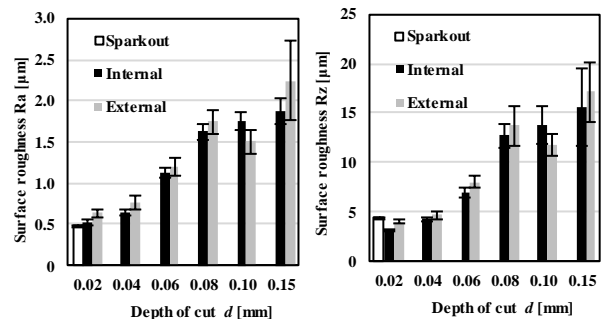


Fig. 3 Comparison of surface roughness

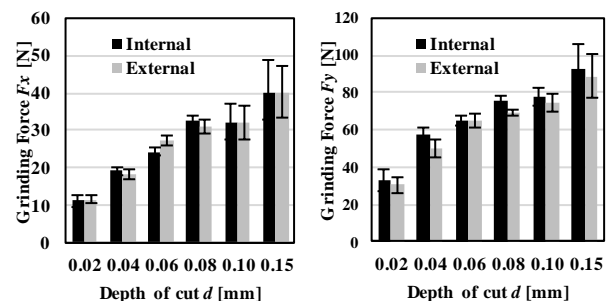


Fig. 4 Comparison of grinding force

図3に研削液供給方法と切り込みが及ぼす送り方向に垂直な方向の表面粗さへの影響を示す。いずれの研削液供給方法においても切り込み深さが大きくなるにつれて表面粗さは大きくなっている。また、外部ノズルからの研削液供給に比べて Hyper 研削の方が表面粗さはやや小さい。切り込み深さが最大の  $d = 0.15$  mm の時、Hyper 研

削では Ra 1.88  $\mu\text{m}$ , Rz 15.52  $\mu\text{m}$  となり, 外部ノズルからの研削液供給では Ra 2.24  $\mu\text{m}$ , Rz 17.12  $\mu\text{m}$  と最も大きな差が生じた。切り込み深さが大になると砥石と被削材の接触弧長が大となり, 外部ノズルからの研削液供給では加工点に直接研削液が供給されにくくなる。そのため, 切り込み深さが大きいほど両研削液供給による表面粗さの差が大きくなったと考えられる。

図 4 に研削抵抗を示す。切り込み深さが大きくなるにつれて主分力, 背分力ともに大きくなっている。また, 背分力は外部ノズルからの供給に比べて Hyper 研削の方が大きい。いずれの条件においても加工面には研削焼けは見られなかった。また, 砥石表面への目づまりはほとんど発生していなかった。今回の条件内では, いずれの研削液供給方法においても切りくずの排出, 研削点の冷却が十分に行われ, 研削焼けが発生する加工温度に達しなかったことがわかる。

図 5 に切り込み深さ  $d = 0.02, 0.15 \text{ mm}$  の時の研削比を示す。切り込み深さが大きくなるにつれて研削比は減少した。これは図 4 に示したように, 切り込み深さが大きいほど研削抵抗が大きくなるため, 脱落する砥粒が増え研削比が減少したと考えられる。また, 研削液供給方法による研削比の差はほとんど見られなかった。

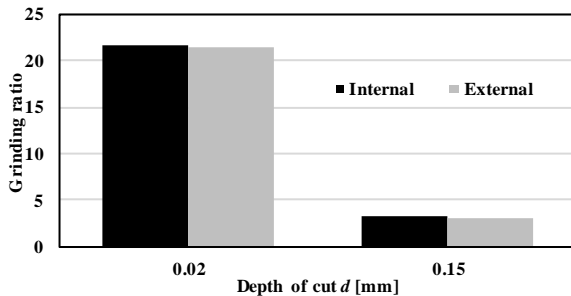


Fig.5 Comparison of grinding ratio

### 3. 研削距離と研削特性の関係

次に研削距離に対する研削特性の推移を比較した。研削条件は切り込みを0.02 mmとした以外は, 表1と同じである。研削距離は100 mm  $\times$  300パスとし, 研削液供給方法はHyper研削および通常の外部ノズルからの研削液供給を比較した。

図6に表面粗さを示す。どちらの研削液供給方法においても研削距離が大きくなるにつれて表面粗さは大きくなった。研削距離100パスまでは外部ノズルによる研削液供給よりHyper研削の方が表面粗さは小さくなったが, 研削距離150パス以降は外部ノズルによる研削液供給の方が表面粗さは小さくなった。ここで研削砥石表面の状態に着目する。図7に100パス後と300パス後の砥石表面の写真を示す。100パス後では外部ノズルによる研削液供給よりHyper研削の方が目づまりは少ないことがわかる。また, 300パス後では外部ノズルからの研削液供給とHyper研削ともに同程度の目づまりが発生している。これらから100パスまではHyper研削の方が切りくず排出がよく, 目づまりが少ないため, 研削点に直接研削液を供給することができ, 表面粗さが外部ノズルからの研削液供給より小さくなったと考えられる。次に砥石の摩耗に着目する。図8に砥石摩耗量を示す。300パス後の砥石摩耗量はHyper研削が229.5  $\text{mm}^3$  となり, 外部ノズルからの研削液供給では287.3  $\text{mm}^3$  とHyper研削の方が砥石摩耗量は小さくなった。適度に摩耗した砥石の方が突出した砥粒が脱落し, 表面粗さは小さくなる。そのため, 150パス以降では砥石摩耗量が大きい外部ノズルからの研削液供給の方が表面粗さは小さくなったと考えられる。

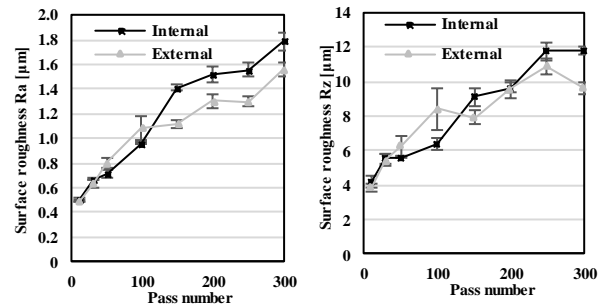
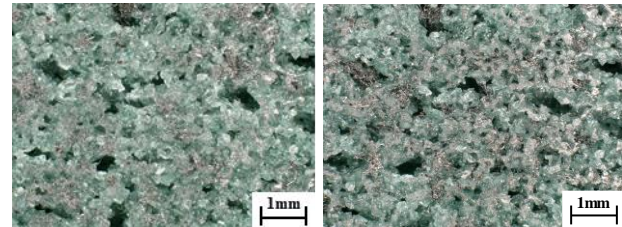
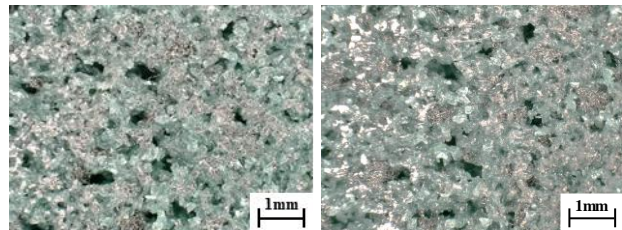


Fig.6 Transition of surface roughness



(a) 100pass ( Internal )

(b) 300pass ( Internal )



(a) 100pass ( External )

(b) 300pass ( External )

Fig.7 Transition of surface condition of grinding wheel

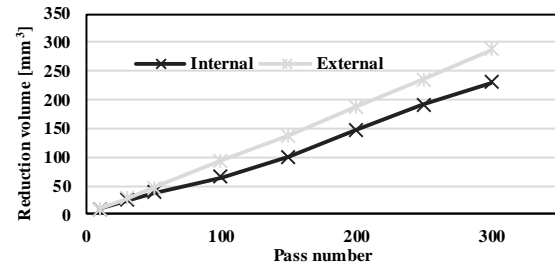


Fig.8 Transition of reduction volume of grinding wheel

## 4. 結 論

本報告では, Co-Cr-Mo 合金を Hyper 研削と通常の外部ノズルによる研削液供給での研削加工し, 研削距離と切り込み深さを変化させて表面粗さ, 研削抵抗といった研削特性の比較を行った。その結果以下のような点が明らかになった。

- (1) 切り込み深さが  $d = 0.15 \text{ mm}$  と最大の時, Hyper 研削では Ra 1.88  $\mu\text{m}$ , Rz 15.52  $\mu\text{m}$  となり, 外部ノズルからの研削液供給では Ra 2.24  $\mu\text{m}$ , Rz 17.12  $\mu\text{m}$  と最も差が生じた。
- (2) 切り込み深さ  $d = 0.02 \text{ mm}$  の時, 研削比は 21 程度で, 研削液供給方法による差はほとんど見られなかった。
- (3) 研削距離 100 パスまでは Hyper 研削の方が表面粗さは小さく, 150 パス以降は外部ノズルからの研削液供給の方が表面粗さは小さくなった。

### 参考文献

- 1) 飯村崇, 長崎宏之, 井上研司, 低剛性形状をした Co-Cr-Mo 合金の切削加工における加工方法と固定方法に関する研究, 精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, 2015, pp.345-346
- 2) 八尾泰弘, 李志, 中江慶吾, 笹原弘之, 砥石内研削液供給方式による研削液の少量化とその効果, 精密工学会誌, Vol. 78, No. 8 (2012), pp.710-715.