

Co-Cr-Mo 合金製医療機器の切削加工法*

飯村 崇**、長嶋 宏之***、井上 研司****

Co-Cr-Mo 合金は、耐食性および硬度の面から医療用途に適している。Co-Cr-Mo 合金は非常に高価でありかつ加工が難しい金属であることから、材料歩留まりを向上させるために切削加工について研究を行う必要がある。そこで、 $\phi 2 \sim \phi 8\text{mm}$ のエンドミルで切削したときの切削抵抗を測定によって明らかにした。これにより、ブランク材の変形量が、切削抵抗から計算によって求められようになり、適切な治具を用いることで狙った精度での加工が可能となった。
キーワード：Co-Cr-Mo 合金、医療機器、加工方法、マシニングセンタ

Cutting Method for Machining Co-Cr-Mo Alloy Medical Instruments

Takashi Iimura, Hiroyuki Nagashima and Kenji Inoue

Because of its corrosion resistance and hardness, Co-Cr-Mo alloy is suited for use in medical equipment. To improve material yield, we studied the machining conditions for Co-Cr-Mo alloy, because this material is expensive and hard to cut. The cutting force exerted by an 8-mm-diameter end mill was clarified by measurement and was used to calculate the deformation of the blank material. The results allowed us to machine with nearly target accuracy when the workpiece was fixed with appropriate jigs.

key words : Co-Cr-Mo alloy, medical instrument, processing method, machining center

1 緒言

Co-Cr-Mo 合金は耐食性が高く、また同様に耐食性の高い SUS304 等と比べ高い硬度を持つことから、手術器具などの医療機器に適した材料であると考えられる。一方、Co-Cr-Mo 合金はステンレス鋼などと比較し高価であることから、機械加工における材料歩留まりを高め、可能な限り有効活用する必要がある。ところが、Co-Cr-Mo 合金は人工関節や義歯床以外の応用例があまりないため、加工データもあまり示されていない。

そこで、本研究では手術器具のピンセット加工を例にとり、材料歩留まりの向上を図るため、切削抵抗やブランク材の変形量を把握し、必要な精度で加工するための加工条件について検討を行う。

2 Co-Cr-Mo 合金とピンセット形状の概要

今回加工を検討する形状として、図 1 に示す厚み方向に立体的な形状を持ったピンセットを用いる。このピンセット形状は、岩手大学農学部獣医学科・株式会社東光舎と岩手県工業技術センターが共同で開発した物で、握り部分は六角形に加工され、ワークを保持したまま指先でひねり動作を加えるこ

とが可能という特徴を持つ。加工実験には、この形状を模した図 2(1)の形状を用いることとする。



図 1 ヘキサゴンピンセット

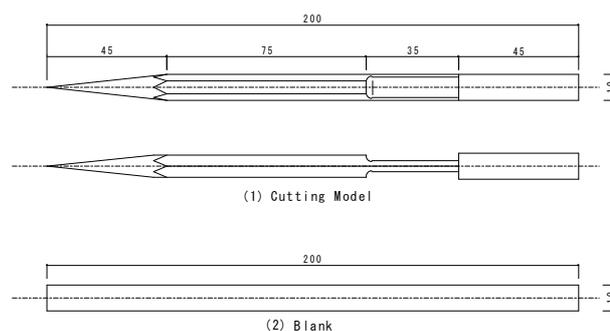


図 2 加工実験モデル

* 平成 26 年度 技術シーズ形成研究事業（発展ステージ）

** 素形材技術部 *** デザイン部

**** 株式会社東光舎

また、供試材の Co-Cr-Mo 合金は東北大学と株式会社エイワで共同開発した Ni の含有量を 0.018% 以下に減らし人体への影響を極小化したものである。硬さは HRC45 である。ブランク材は、図 2(1) の形状に最も近くかつ単純な形状である図 2(2) に示す直方体とすることで材料歩留まりの向上を図る。

3 切削抵抗測定

3-1 測定方法

直方体のブランク材をそのまま加工すると、切削抵抗により大きな変形が起これると考えられる。そこで変形量を把握するために、初めに Co-Cr-Mo 合金を切削する際の切削抵抗を測定する。加えて、Co-Cr-Mo 合金と比較するために、SUS304、SUS420、Inconel718、Ti-6Al-4V についても同様の実験を行う。測定に使用する装置と工具は次のとおり¹⁾。

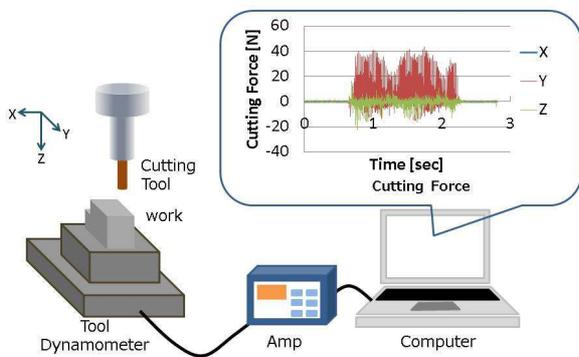


図3 実験装置

表1 加工条件

Diameter of Endmill	φ2, φ4, φ8 mm
Cutting Speed	75m/min
Feed Rate	100, 400, 800mm/min
Cutting Depth(Y)	0.05, 0.1, 0.2 mm
Cutting Depth(Z)	1,2,5,8,10 mm

- マシンニングセンタ 三井精機 VS-3A
 - 切削動力計 キスラー Type 9257B
 - 切削工具 日立ツール EPP4020-TH (φ2) EPP4040-TH (φ4) EPP4080-TH (φ8) (4枚刃、ねじれ角 45°)
 - クーラント タイユ メタルカット MC-50S
- 切削条件は表1に示すとおり。

3-2 測定結果

図4、5に Co-Cr-Mo 合金と他の材料の切削抵抗を比較測定した結果を示す。図4から Co-Cr-Mo 合金の Y 方向の切削抵抗は Inconel718 や SUS420J2 と比べ小さく、SUS304 と同程度である。一方、図

5から Z 方向の切削抵抗は Inconel718 や Ti6Al4V と比べておよそ 1.5 倍と大きな値を示しており、他の材料に比べエンドミルの逃げ面摩耗の進行・底刃の欠損につながる可能性がある。

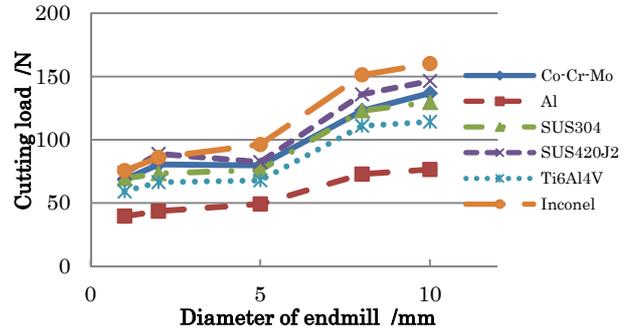


図4 材料による切削抵抗の違い (Y方向)

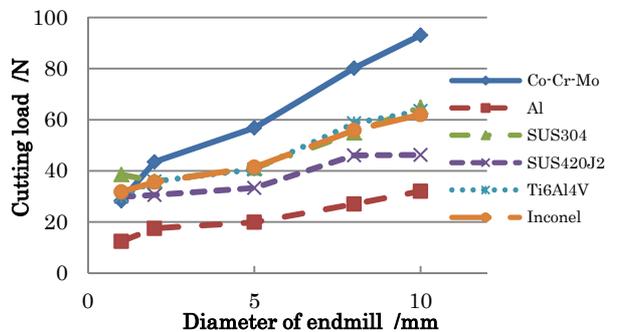


図5 材料による切削抵抗の違い (Z方向)

以上の結果から φ8 の工具を用いて Z 方向の切り込みは 8mm より小さい値とする。また、Y 方向の切り込みは今回実験で用いた最大値の 0.2mm を採用する。その際のブランク材にかかる切削抵抗の合力は測定値から計算し、およそ 100N となる。

次に、Co-Cr-Mo 合金について実験を行った結果を示す。図6は Z 軸方向の切り込み 1mm の際の、その他の加工条件と切削抵抗の関係を比較した結果であり、図7は φ8mm のエンドミルを用い、Z 方向の切り込みを変えた場合の切削抵抗を比較した結果である。図6より、次の2点が確認できる。

- ① φ2~φ8 において工具径の影響は大きくない。
 - ② Y 方向の切り込み量の影響は大きい。
- また図7より φ8mm のエンドミルでは、
- ③ Z 方向の切り込みが 8mm になると抵抗が急激に大きくなる。

①については、切削速度が等しくなる条件で加工しているため、切削抵抗は変わらないと考えられる。③については刃の Z 方向ピッチが 8mm であることから、8mm より大きい切り込みにすると刃 2 枚で同時に切削するため抵抗が大きくなると考えられる。

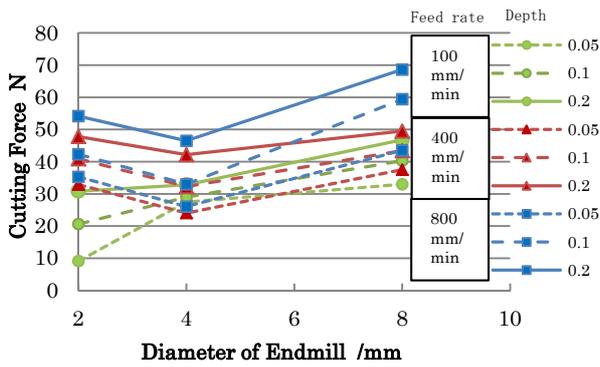


図6 加工条件と切削抵抗の比較 (Y方向)

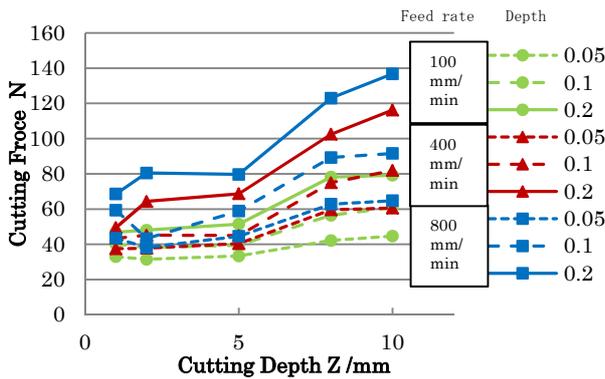


図7 加工条件と切削抵抗の比較 (Z方向)



図8 加工治具

4 加工実験

図2(2)に示すブランク材に100Nの荷重がかかる場合、変形量を0.01mm程度(仕上げ代0.1mmの1/10と仮定)に抑えるためには、ブランク材を単純支持梁と仮定して計算すると、突き出し量を37mmにする必要がある。ブランク材が160mmであることから、加工精度がやや落ちるが段取り替えの回数を減らすために突き出し量を40mmとする。これによりたわみの計算値は0.012mmになる。

そこで、図8に示すような治具を用意し、先端か

ら順に加工を行うこととする。加工には5軸マシンングセンタを使用することで、3軸では刃の届かない形状や側面に凹凸のある形状にも対応が可能である。

加工の結果、先端部分には $\phi 0.03\text{mm}$ の平坦部分が見られた(図9)。このことから、先端は片側0.015mm程度ずつたわみが発生したと考えられる。計算値よりたわみが大きくなったものの、およそ必要な精度での加工が可能となった。

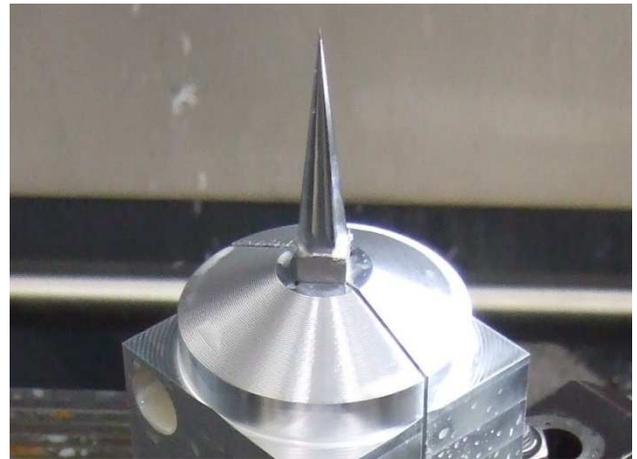


図9 加工したCo-Cr-Mo合金

5 結 言

今回の研究によりCo-Cr-Mo合金を $\phi 2\sim 8\text{mm}$ のエンドミルで加工する際の切削抵抗を測定により明確にし、その値を元にブランク材の変形量を計算で予測し適切な治具を用意することで、ほぼ目標の精度で加工を行うことが可能になった。また、本研究で得られた主な結論は以下の通り。

- Co-Cr-Mo合金の切削抵抗について、Y方向はSUSと同程度だが、Z方向はインコネルと比べ1.5倍である。
- $\phi 2\sim 8$ の範囲では工具径の影響は小さい。Z方向の切り込みが大きく刃が複数枚同時に接触する場合、切削抵抗が急増する。
- 加工により生じた変形量は、一端固定梁と仮定して求めた変形量の計算値と同程度であり、適切な治具で固定することにより必要な精度での加工が可能となる。

参考文献

- 志田航介、松原厚、山路伊和夫：エンドミル加工における工作物と加工誤差の関係、精密工学会春期大会学術講演論文集 p173 (2012)