

タングステン板材の切削加工法の開発

Development of cutting method for tungsten plate

電子・機械技術部 機械・加工科 渡邊孝康 小野裕道
材料技術部 金属・物性科 橋本政靖

タングステン板材にマシニングセンタで微小形状（板厚 0.15mm、R0.3mm形状）を切削加工する方法を開発した。被加工物の固定方法、加工条件について、加工実験を行った。また素材の金属組織観察の結果、タングステン板材を微小形状に加工するには素材の金属組織と工具の摩耗に留意する必要があると分かった。

Key words: タングステン、マシニングセンタ、金属組織

1. 緒言

課題を申請した有限会社福島熔材工業所（以下、申請企業）は、タングステン製のヒータチップを製造している。これは板材からワイヤー放電加工で切り出して製造しており、申請企業ではこれを高付加価値化するために先端を板厚 1.6[mm]から 0.15[mm]に段加工することを検討している。この際の加工は、コスト及び汎用性の観点からマシニングセンタによる切削加工を有望視している。しかし、タングステンは難削材であり、ワイヤー放電加工後のヒータチップに追加工する必要があることから、加工の際には固定方法、工具及び加工条件に留意する必要がある。

そこで、当所のマシニングセンタによる加工実験及びタングステン素材の金属組織の観察・分析を行い、加工法の実現に取り組んだ。

2. 実験と結果

2. 1. 3軸マシニングセンタによる加工実験

マシニングセンタによる切削加工の可否の確認を目的とし、企業が調達したタングステン素材のうち折れやすいサンプル A、折れにくいサンプル B の 2 種類を用いて実験した。加工は立型マシニングセンタ（三菱重工業製 M-V5B）を用いた。工具は、すみ R 形状を作るため、コーナ半径 0.3[mm]の超硬エンドミルを用いた。サンプルは、研削加工等に用いられるシフトワックス（日化精工製）でアルミ合金のプレートに固定した。図 1 に加工の模式図、図 2 に実際のサンプルの固定の様子、図 3 に加工状況の写真を示す。また、加工条件はサンプル A、サンプル B とも表 1 の条件で加工した。

加工実験の結果、サンプル A は、加工中に折損し、加工することができなかったが、サンプル B は、加工することができた。加工後の外観写真を図 4、5 に示す。加工ができたサンプル B は輪郭形状測定機（東京精密製 SURFCOM3000A）を用い、板厚とすみ R 形状を測

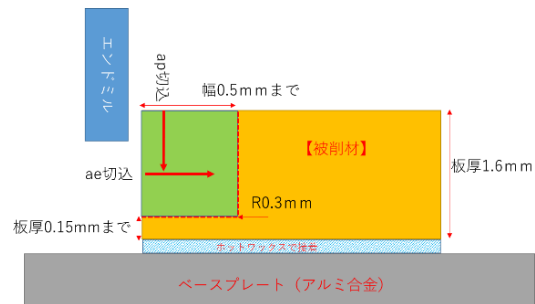


図 1 加工模式図



図 2 サンプルの固定状況

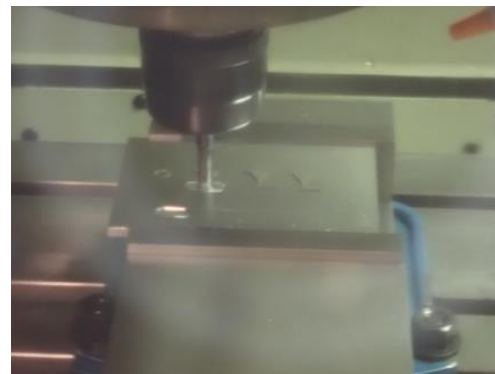


図 3 加工状況

定した。測定ピッチは 0.005[mm]とした。断面形状を図 6 に示す。図 6 のとおり、板厚 0.14[mm]、すみ R 形

表 1 3軸マシニングセンタによる加工条件

エンドミル直径[mm]	10
刃数[枚]	4
主軸回転数[rpm]	500
一刃送り量[mm]	0.03
切削速度[m/min]	15.7
送り速度[mm/min]	60
軸方向切込み量[mm]	0.1
径方向切込み量[mm]	0.1
切削液	ドライ

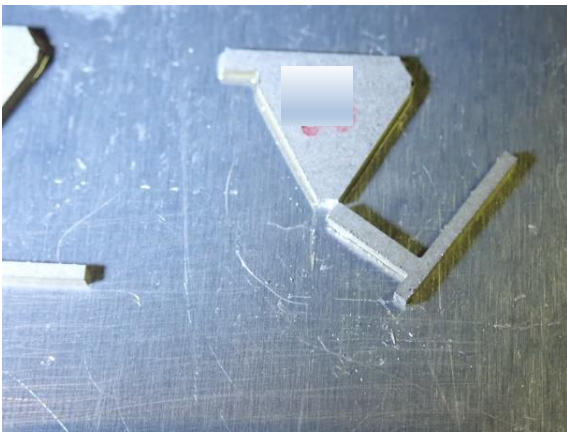


図 4 サンプル A 加工後の外観

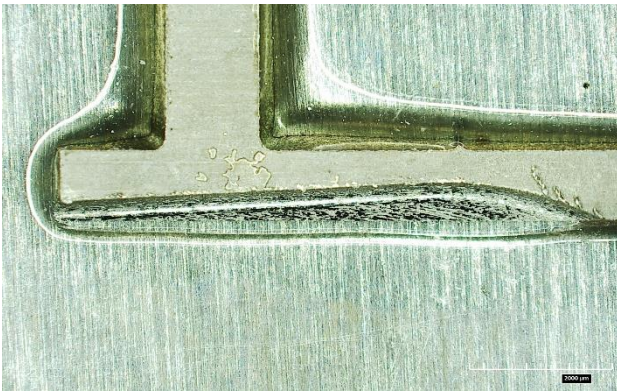


図 5 サンプル B 加工後の外観

状を 0.3[mm]程度で加工ができた。また、サンプル B の加工面性状の確認を行うため、走査型電子顕微鏡(日立ハイテクノロジー製 S-3700N)で観察した。得られた二次電子像を図 7 に示す。加工面の一部にむしれのような形状が見られた。

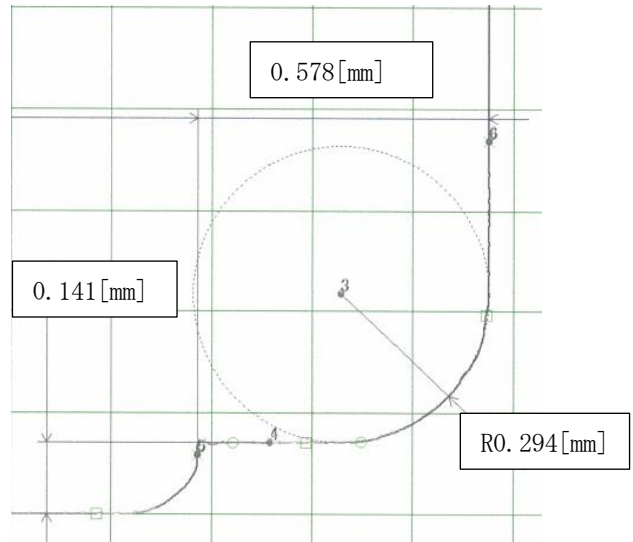


図 6 輪郭形状測定機による形状測定結果

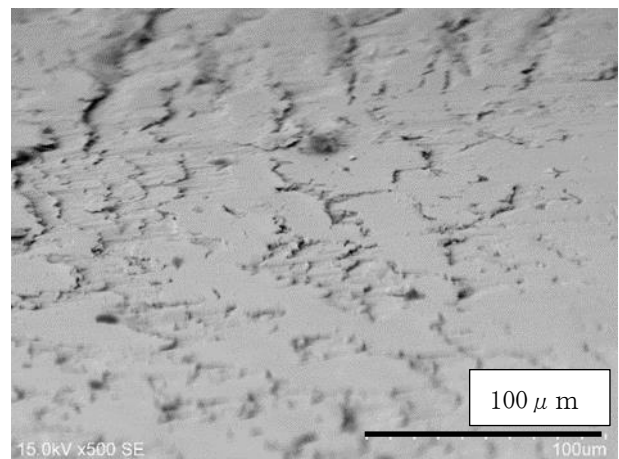
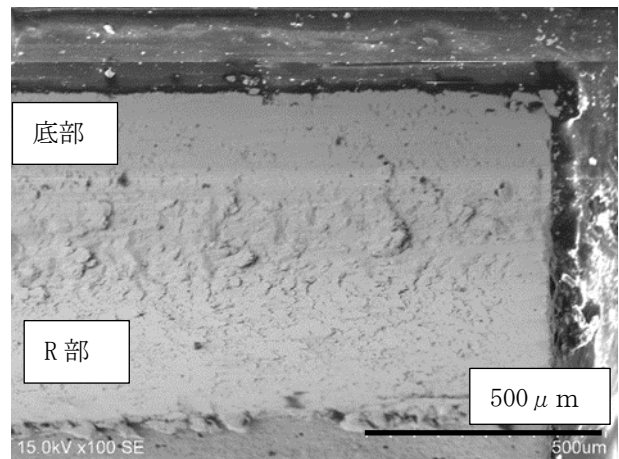


図 7 切削面の拡大画像
(上：切削面全体, 下：R部拡大)

2. 2. 板材の金属組織の観察

加工結果が異なったサンプル A とサンプル B の違いを調べるため、タングステン板材の金属組織を観察した。板材は樹脂包埋、研磨、エッチングを行い観察し

た。観察には、倒立型金属顕微鏡(オリンパス社製GX71)を用いた。観察した結果を図8に示す。観察の結果、サンプルAは粒状の組織、サンプルBは層状の組織が観察された。金属組織の差が、加工の可否に影響していることが分かった。

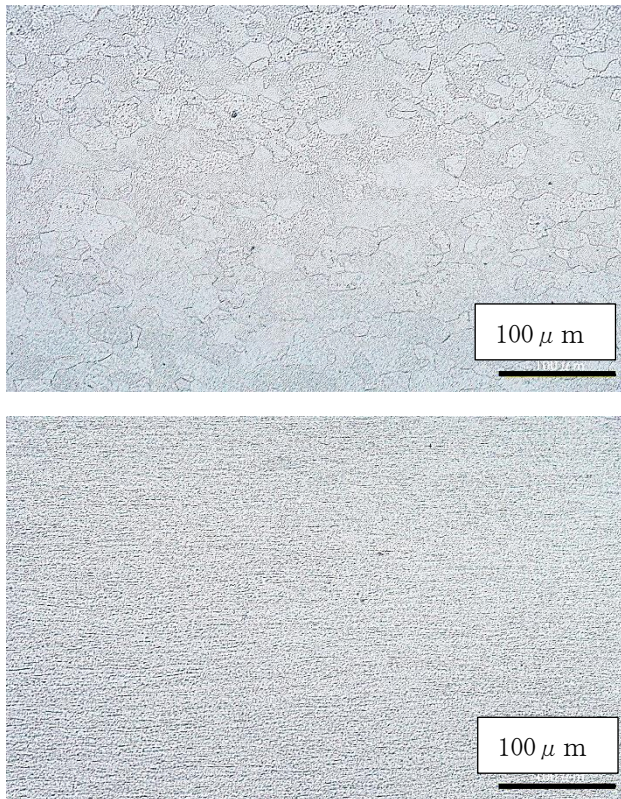


図8 タングステン板材の金属組織
(上：サンプルA, 下：サンプルB)

2. 3. 5軸マシニングセンタによる加工実験

サンプルBを対象に加工面性状の向上を目的として3軸マシニングセンタより位置決め精度、主軸振れ精度が高い5軸マシニングセンタ(松浦機械製作所製MX-520)で加工実験をした。板材は2. 2. と同じ固定方法で加工した。また、加工条件は表2のとおりとし、一刃送り量、切込み量は一定とし、切削速度を3水準変化させ加工した。3軸マシニングセンタでの加工ができた切削速度16.7[m/min]から加工し、30[m/min], 10[m/min]の順に加工した。その結果、いずれの条件でも折損なく加工することができた。

電子顕微鏡で切削面の性状を観察した結果を切削速度ごとに図9から図11に示す。表面の性状は最初に加工を行った切削速度16.7[m/min]が最も平滑であった。いずれの切削速度でも、底部は平滑であるが、加工枚数が増えるにつれR部は荒れ、最後に加工を行った切削速度10.0[m/min]のR部切削面が最も凹凸がある切削面となった。

表2 5軸マシニングセンタによる加工条件

エンドミル直径[mm]	8
刃数[枚]	4
主軸回転数[rpm]	398、664、1194
一刃送り量[mm]	0.03
切削速度[m/min]	10、16.7、30
送り速度[mm/min]	48、80、143
軸方向切込み量[mm]	0.1
径方向切込み量[mm]	0.1
切削液	ドライ

2. 4. 工具刃先の電子顕微鏡観察

加工後のエンドミル刃先の摩耗の状態を電子顕微鏡で観察した。すくい面正面からの観察結果を図12に、逃げ面の観察結果を図13に示す。観察の結果、未使用のエンドミルに比べ、3サンプル加工後のエンドミルでは、R部の摩耗が確認でき、9サンプル加工後のエンドミルではさらに摩耗が進展していることが分かった。使用したエンドミルは、AlCr系コーティング(被膜硬さ3100HV程度)であったが、摩耗により下地の超硬合金が露出し、R部形状も維持できていないことが分かった。

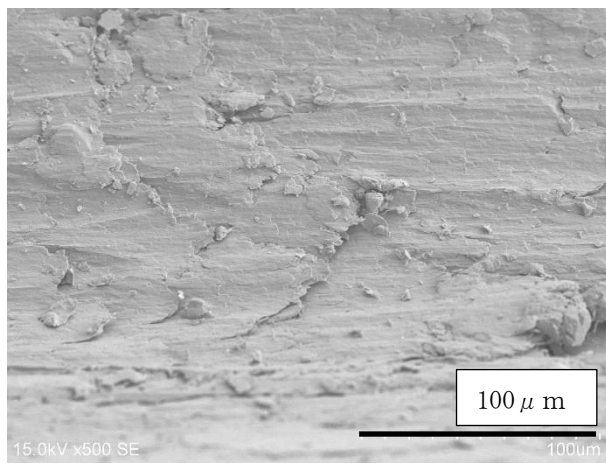
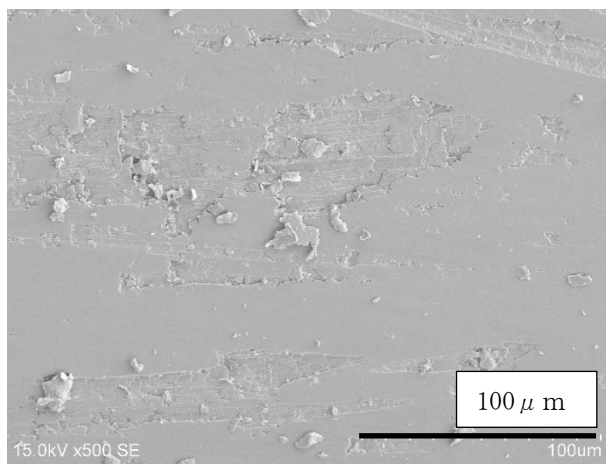
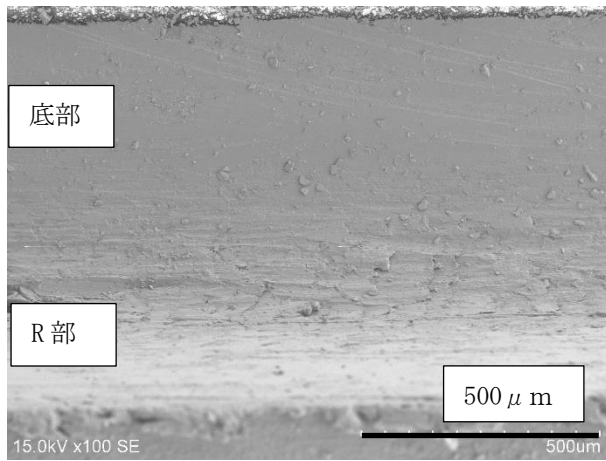


図9 切削速度 10.0[m/min]の切削面
 (上:切削面全体, 中:底部拡大, 下: R部拡大)

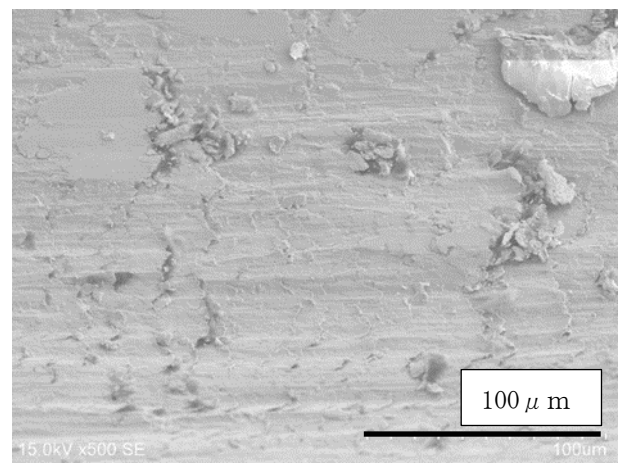
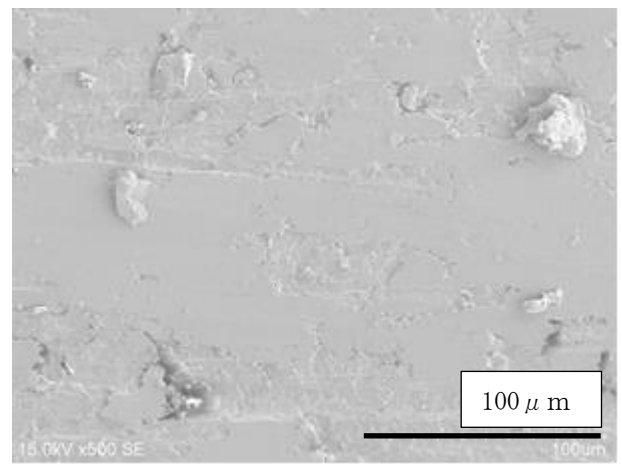
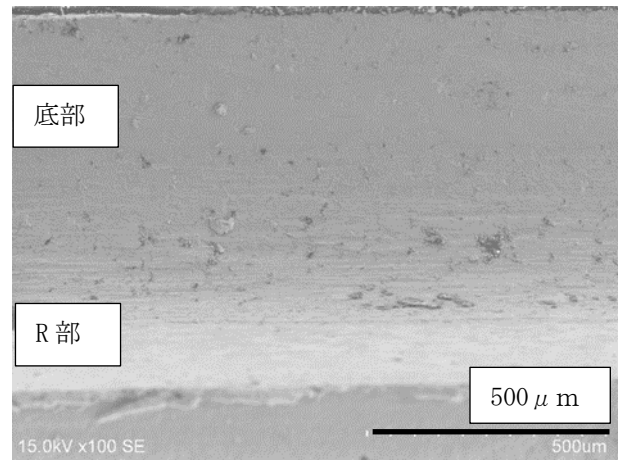


図10 切削速度 16.7[m/min]の切削面
 (上:切削面全体, 中:底部拡大, 下: R部拡大)

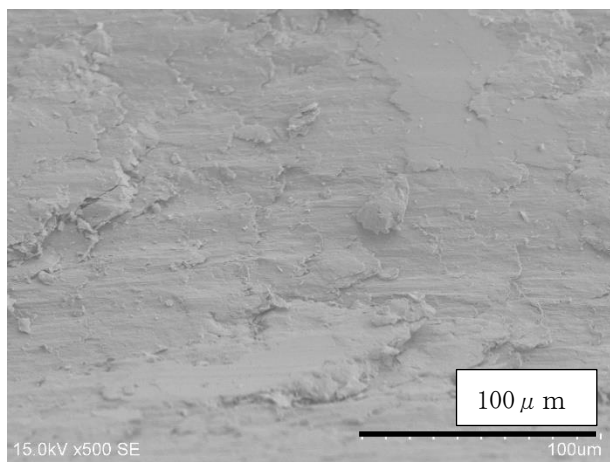
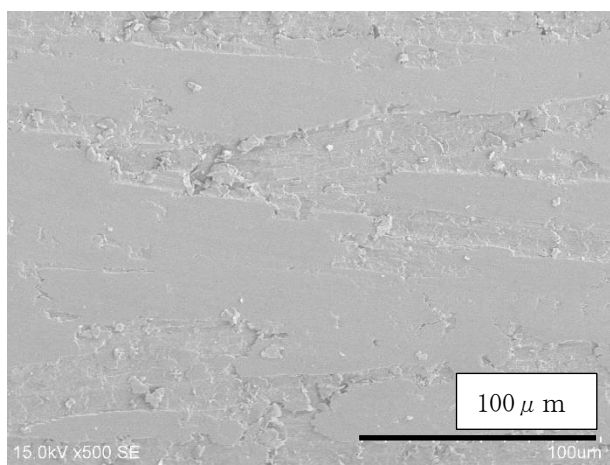
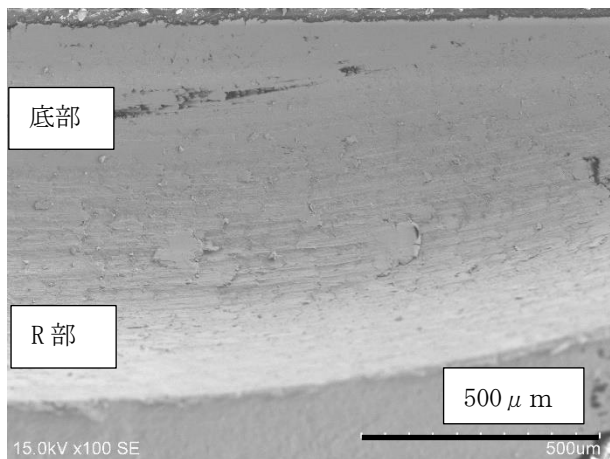


図 1 1 切削速度 30.0[m/min]の切削面
(上:切削面全体, 中:底部拡大, 下: R部拡大)

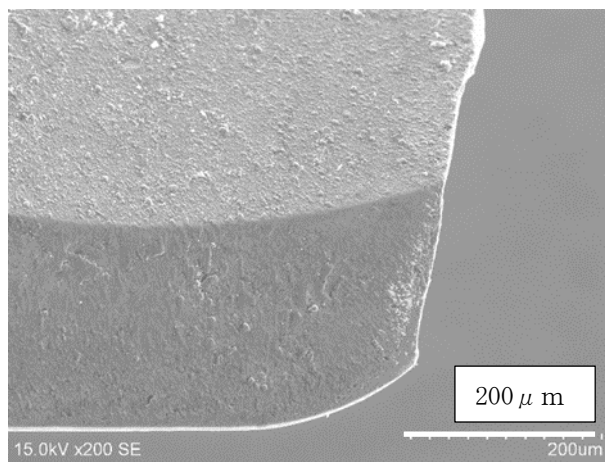
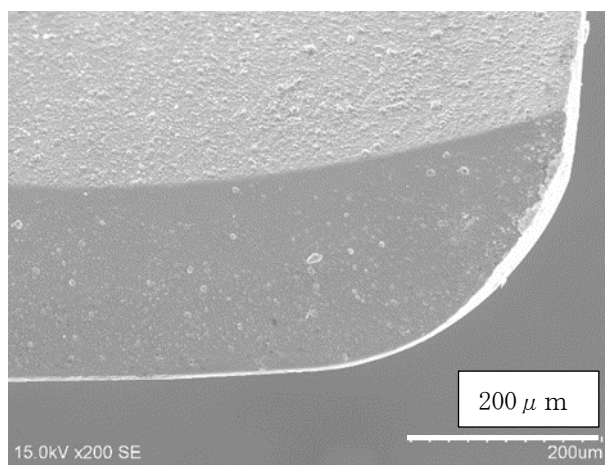
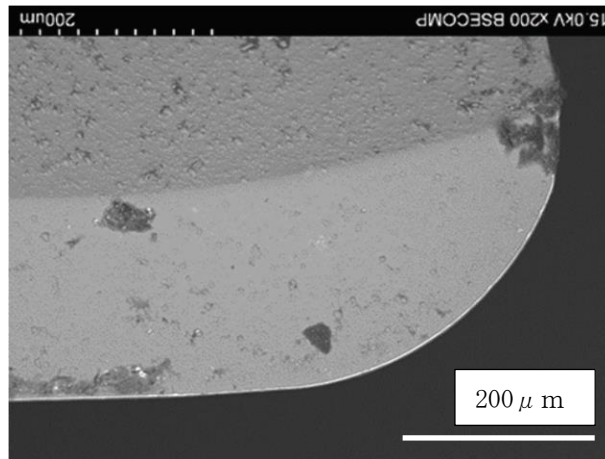


図 1 2 すくい面のエンドミル刃先
(上:未使用, 中: 3サンプル加工, 下: 9サンプル加工)

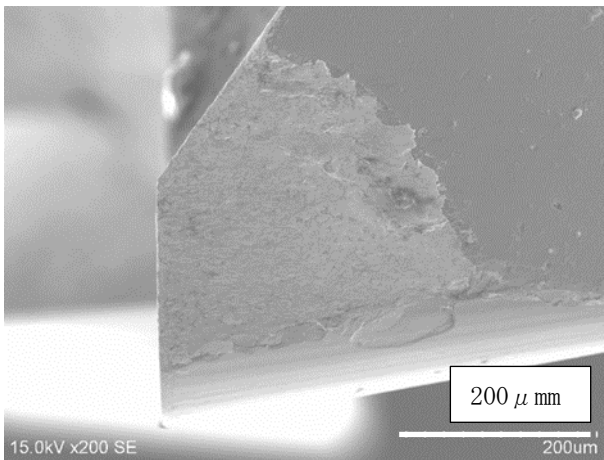
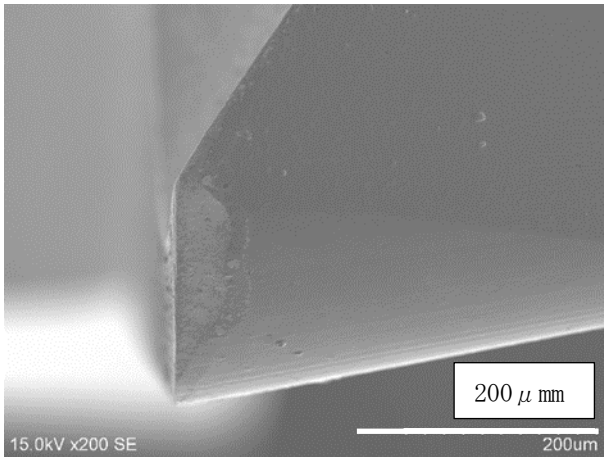


図 13 逃げ面のエンドミル刃先
(上: 3 サンプル加工, 下: 9 サンプル加工)

3. 考察

3. 1. 金属組織の違いによる加工可否

金属組織観察の結果及び加工実験の結果から、折れにくいサンプル B は層状の金属組織のため、マシニングセンタによる追加工で折損しなかったと考えられる。加工された形状はエンドミルの R 部形状が転写されているため、申請企業の想定する形状は加工可能と考えられる。一方、折れやすいサンプル A は粒状の金属組織のため、加工中に折損したと考えられる。サンプル A にマシニングセンタでの加工を行う場合、ワイヤー放電加工で切り出す前段階で加工するなどの工夫が必要と考えられる。

3. 2. 切削面性状とエンドミル刃先の摩耗

実験ではエンドミル刃先 R 部の摩耗の影響が大きく、切削速度による加工面性状の比較で差は観察はできなかった。9 サンプル加工後のエンドミル刃先では、R 部が完全に摩耗したため、R 形状を作ることは困難と考えられる。使用したエンドミルは、AlCr 系コーティング (被膜硬さ 3100HV) が施されていたが、タングステ

ンの切削で著しく摩耗している。特にエンドミル先端側面 R 部の摩耗が最も大きい。一方、底刃は R 部が切削した面を切削するため摩耗が少ない。そのため、タングステンの切削面でも底面が R 部より平滑となっていると考えられる。

4. 結言

本研究では、タングステン電極材に微小形状 (板厚 0.15[mm]、R0.3[mm]形状) を切削加工する方法の開発に取り組んだ。その結果、以下の知見を得ることができた。

- ・タングステン板材はサンプルにより金属組織が大きく異なり、層状組織をもつものに比べ、粒状の組織をもつものは加工中に折損しやすかった。
- ・層状組織のタングステン板材には、微小形状を加工することができた。
- ・AlCr 系コーティング超硬エンドミルを用いての加工では、刃先 R 部及び逃げ面の摩耗は大きかった。
- ・AlCr 系コーティング超硬エンドミルを用いての加工では、切削速度の影響よりも工具摩耗の影響の方が加工面の性状に与える影響が大きいと考えられる。

以上のことから、タングステン板材への微小形状の切削加工はより強度の高い金属組織を持つ板材を入手し、エンドミルの摩耗に留意する必要があることが分かった。