

令和 3 年 8 月 5 日現在

機関番号： 5 1 1 0 1

研究種目： 奨励研究

研究期間： 2020 ~ 2020

課題番号： 2 0 H 0 0 9 2 3

研究課題名 金属結晶構造からみる！超音波振動援用ドリル加工によるバリ抑制メカニズムの解明

研究代表者

田口 恭輔 (TAGUCHI, Kyosuke)

八戸工業高等専門学校・その他部局等・助教

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 440,000 円

研究成果の概要： 超音波加工時におけるバリ抑制メカニズムを解明するため、通常加工および超音波加工で止まり穴の加工を行い、加工穴が輪切りとなるように加工断面をとり、加工断面における金属の結晶構造の解析を行った。その結果、超音波振動の援用により、半径へのひずみの広がりを抑制させ、振動援用による振動方向にひずみを推移させることが、バリ抑制メカニズムの一因となることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

切削加工を行う際、切削工具に超音波振動を与えながら加工すると、バリが小さくなることが知られている。そのバリ抑制メカニズムについて論じられてはいるものの、その実情を観察するには至っていない。本研究では、加工後の金属結晶構造を観察することで、バリ抑制メカニズムを裏付ける観察を行った。また、この結果を基にバリの抑制やバリの状態を知ることによって製品製造におけるコンタミネーション対策の一環となると考える。

研究分野： ものづくり技術（加工）

キーワード： 超音波加工 ドリル加工 バリ抑制 金属結晶構造 EBSD分析

1. 研究の目的

金属を切削加工する際、加工端部には変形による切削残りであるバリが発生する。そのバリは、装置の運転・運搬の最中に落下・接触することで様々なコンタミネーションを引き起こす原因となることから、バリの除去・抑制に関して様々な対策が取られている。その中においてバリの生成が抑制される加工方法として、超音波振動援用加工が知られている。これは図1に示すように、加工する切削工具を高速で振動させる超音波振動を付加しながら加工を行う加工方法である。この超音波振動援用加工による、バリの生成抑制効果は知られており、その抑制メカニズムに関して論じられている。しかしながら、その抑制メカニズムを実験的に観察するには至っていない。

そこで本研究では、加工後の加工部断面の金属結晶構造の観察を行うことで、超音波振動援用加工時のバリ抑制メカニズムを解明することを目的とする。

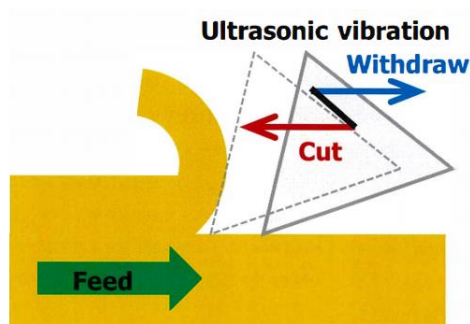


図1 超音波振動援用加工
加工イメージ

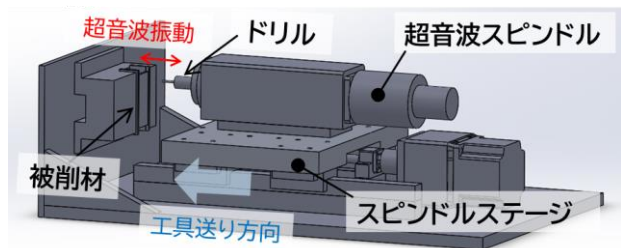


図2 横型超音波振動援用ドリル加工装置

2. 研究成果

研究内容

加工後の加工部断面の金属結晶構造の観察を行うため、厚さ 5mm の SUS316 平板に対して、図2に示す横型の超音波振動援用ドリル加工装置を用いて、超音波振動あり・なしの両条件で図3に示すように止まり穴となるようドリル加工を行った。その際の加工条件を表1に示す。その加工穴を図4に示すようにワイヤ放電加工機にて穴底部と工具通過部を通るように輪切りにし、輪切りの切断面を本研究における測定面とした。輪切りにした直後のサンプルを図5に示す。測定面は輪切り後、耐水研磨紙およびラッピングペーパーを用いて鏡面になるまで研磨した後、分析依頼先である岩手大学 電子顕微鏡室にてイオンミリングによる表面の最終研磨を行った。その後、測定面を同室の SEM-EBSD 装置を用いて、図6に示すように SEM 画像の撮影ならびに、IPF-map, KAM-map の作成を行った。EBSD 分析により作成される IPF-map は測定点における結晶方位を示す解析方法であり、各点における結晶方位差を比較することで、結晶粒の形状や結晶の変形の様子を確認することが出来る。一方、KAM-map では結晶方位差から測定点間におけるひずみを確認することが出来る。このサンプルにおける測定面を SEM-EBSD 装置により解析し、IPF-map ならびに、KAM-map の比較を行うことで、超音波振動の援用が被削材の金属結晶構造にどのような影響を与えているか確認する。



図3 止まり穴加工サンプル

表1 加工条件

Feed rate [$\mu\text{m}/\text{rev}$]	0.5
Feed speed [mm/min]	3.2
Spindle speed [min^{-1}]	6000
USV Frequency [kHz]	60 $\pm$ 0.5
USV Amplitude [μm]	1.5 (p-p)
Work material	SUS 316 (thickness: 5mm)
Lubricant	None (Dry processing)

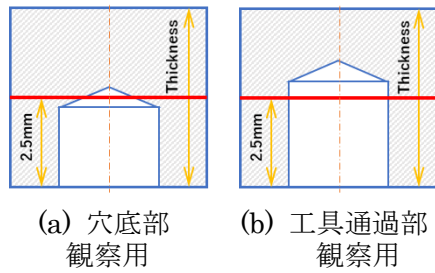


図 4 サンプル切断位置



図 5 輪切りサンプル

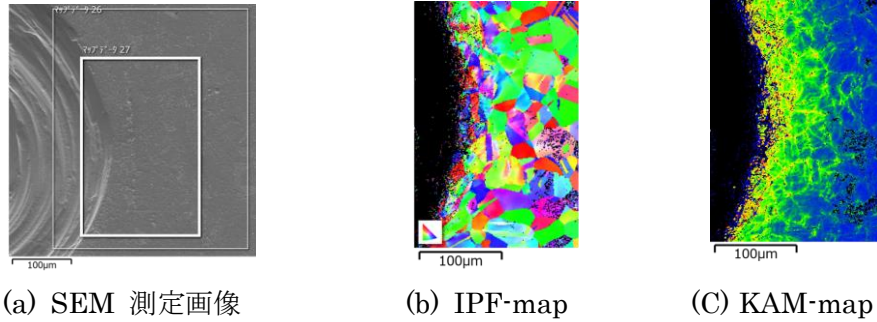


図 6 SEM-EBSD 装置による測定・解析例

研究結果

本研究における観察結果として、穴底部における EBSD 分析結果を図 7 に示す。この図では図 6 と同様に、図の左側がドリルによる加工部、図の右側が材料内部という配置となっている。IPF-map より、超音波振動がなしの場合に比べて、超音波振動ありの際に、加工部側にグラデーションの範囲が少なくなっていることが分かる。つまり、超音波振動を援用することで、材料の半径方向の結晶粒の変形領域が小さくなっていることが分かる。さらに、IPF-map 内の白矩形の領域に注目すると、超音波振動ありの際に、結晶粒の変形角度が鋭くなっていることが確認できる。このことから、超音波振動の影響により、単位距離の切削の速度の上昇が確認することができる。また、KAM-map において、材料内部のひずみは低い状態から、青→緑→黄→赤となるのだが、超音波振動を援用した際に緑をこえるひずみ発生領域が狭くなっていることが確認できる。これらの結果から、超音波振動を援用することで、被削材への切削荷重を広げず加工部に近い位置に抑えることが、バリの抑制要因であることを確認した。

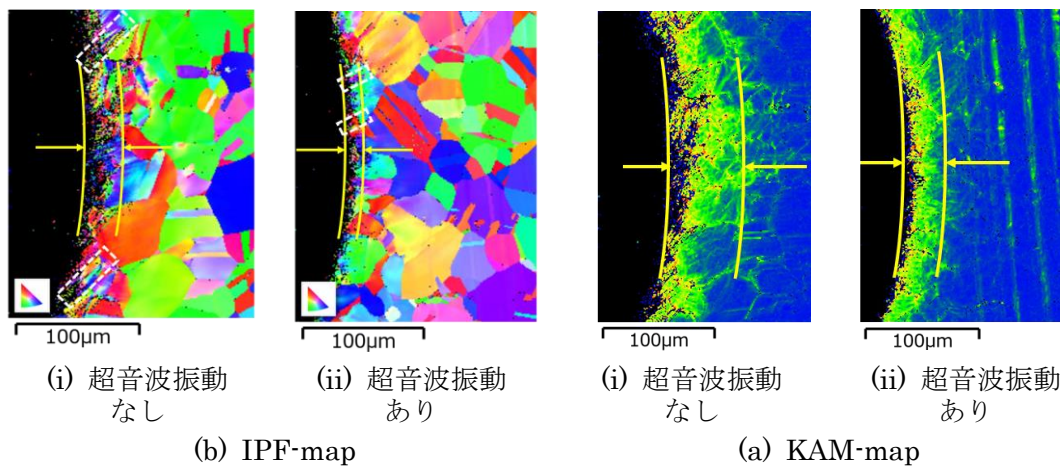


図 7 EBSD 分析結果

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
----	--------