

チタン合金加工におけるドリルへのブラスト処理の効果

横田 知宏(情報・生産技術部 試作加工グループ)

横内 正洋(機械・材料技術部)

石橋 正三、近藤 祐介、小島 隆(株式会社不二製作所)

1. はじめに

近年、切削工具においては難削材に対応した高性能な工具が開発されてきており、特にコーティングの性能が向上している。一方でコーティングに加えて工具の性能を向上させる表面処理法があれば、コーティング工具のさらなる性能向上を図ることが可能となると考えられる。

本研究ではブラスト処理に着目した。チタン合金のドリル加工を対象に、切削抵抗や工具損耗に及ぼすブラスト処理の効果を検証した。

2. 実験方法

切削実験に直径5mmの超硬合金製ツイストドリルを使用した。工具内部には切削油剤供給のための円形のオイルホールがあいている。またドリル表面には厚さ約3μmのCr系コーティングが施されている。

上述したコーティング付き超硬ドリルに2種類のブラスト処理を行い、未処理ドリルと切削性能を比較した。ブラストAは(株)不二製作所のα処理[®]である。セラミックス製の超微粒球形メディアを0.2MPaでドリルに噴射した。ブラストBは(株)不二製作所のシリウスZ[®]である。特殊高分子を核にして周囲に砥粒(ダイヤモンド)を担持してあるメディア(メディア径450μm、砥粒寸法1μm)を、0.3MPaでドリルに噴射した。

図1に、未処理ドリルとブラスト処理したドリルの刃先および溝部のSEM像を示す。図1の下部には溝部の面粗さも示した。ブラスト処理によりドリルのエッジ部がやや丸みを帯びているが、切れ刃稜線にはチッピングなど生じていないことがわかる。溝部の面粗さは、ブラストAにより大きくなり、ブラストBにより小さくなっている。

切削実験の手順を以下に述べる。マシニングセンタ(OKK製VC-X350)にてチタン合金(Ti-6Al-4V)に多数の穴加工を行い、2009穴までは500穴毎、2010穴以降は100穴毎にデジタルマイクロスコープ(キーエンス製VHX-600)でドリル刃先の観察を行った。穴加工はドリルの刃先に欠けが生じるまで実施した。また、新品時および1003穴加工後、2006穴加工後に切削動力計(三保電機製作所製AST-BH)を用いて各ドリル3回ずつ切削抵抗測定を行った。切削条件は、1~2009穴については工具メーカー推奨条件とし、2010穴以降は送り量を推奨条件の1.5倍とした。各ドリル2本ずつ実験を行った。切削条件を表1に示す。

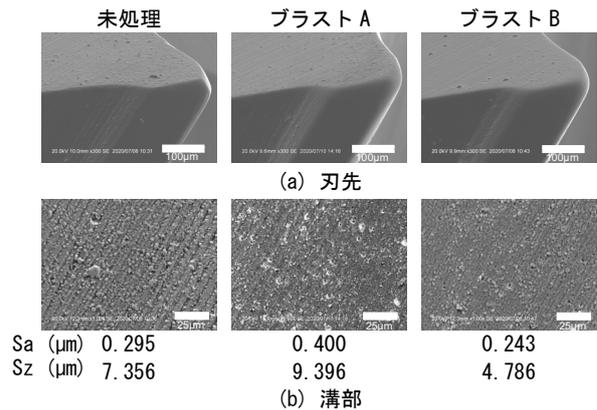


図1 ドリルの刃先および溝部のSEM像と溝部の面粗さ

表1 切削条件

	1~2009 穴	2010 穴~欠けまで
切削速度 (m/min)	40	40
送り量 (mm/rev)	0.12	0.18
加工深さ (mm)	15	15
給油条件	内部給油(2MPa) エマルジョン	内部給油(2MPa) エマルジョン

3. 結果および考察

3.1 切削抵抗

工具メーカー推奨条件で加工した1穴目、および3穴目の切削抵抗(トルク)の時間変化を図2に示す。1穴目において、未処理とブラストAについては加工の途中からトルクが著しく上昇した。これは、穴が深くなるにつれてドリルの溝部に切りくずが溜まり、ドリルの回転を阻害したためと考えられる。一方、ブラストBについては加工途中でのトルクの著しい上昇はみられなかった。以上から、未処理およびブラストAに対し、ブラストBの切りくず流出性が良好であったといえる。これは図1に示した通り、ブラストBによって溝部の面粗さが小さくなったことに起因すると推察される。

しかしながら、3穴目の切削抵抗をみると未処理、ブラストAともトルクの著しい上昇はほとんど無くなっている。1穴加工したときにドリルの溝部の細かい凹凸が切りくずによって埋まり、その後の穴加工時には切りくず流出を阻害しなくなるのではないかと考えられる。

3.2 工具損耗

工具メーカー推奨条件で2009穴加工した後のドリルでは、逃げ面摩耗幅はいずれの工具も約50μmと同程度であり、

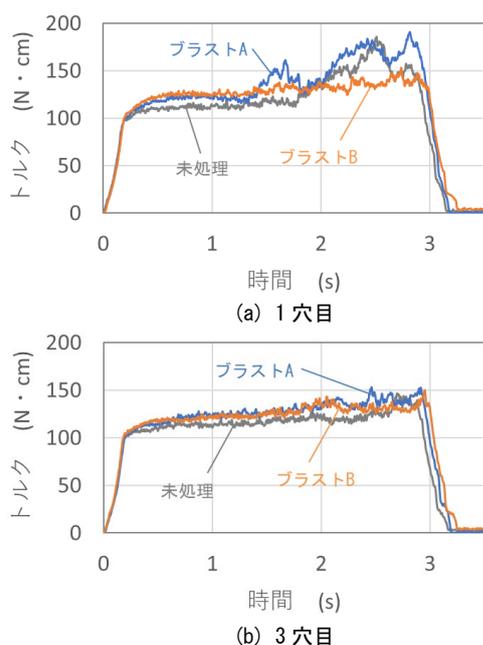


図2 切削抵抗(トルク)の時間変化

引き続きドリルの使用が可能な程度であった。ブラスト B の 1 本のみマージンに僅かに欠けがみられたが、残りの 1 本と未処理およびブラスト A の 2 本に欠けはなかった。以上から、メーカー推奨条件ではブラスト処理の有無の差はほとんどないと判断した。

そこで、2010 穴以降は送り量を推奨条件の 1.5 倍とし、切れ刃の欠けを確認するまで加工を行った。刃先に欠けを確認して加工を終了した時点の加工穴数を図 3 に示す。未処理に対し、ブラスト A は 2 本とも加工穴数が多くなり、平均で約 30 % 増加した。ブラスト B についても、1 本は加工穴数が未処理よりも多くなった。このことから、ブラスト B については明確でないが、ブラスト A には工具寿命延長の効果があるといえる。

図 4 に、未処理およびブラスト A のドリル表面の残留応力を示す。測定はドリルの刃先やシャンク部など 4 箇所で行われ、図 4 にはそれらの平均値を示した。図より、ブラスト A が未処理より圧縮残留応力が大きくなっていることがわかる。これは、ブラスト A によりドリル表面に圧縮残留応力が付与されたことを示している。この圧縮残留応力の上昇により、き裂の進展を抑制し、欠けの発生タイミングを遅らせたと考える。

以上のように、切削条件を送り量 1.5 倍としたときにブラスト処理の効果が明確にあらわれた。これは、条件変更の仕方が大きく寄与したと考えている。ドリル加工の場合、高能率な条件に変更するパラメータには切削速度と送り量が考えられる。いずれを変更しても加工能率を上げることは可能であるが、切削時の現象には違いが生じる。既往の研究報告²⁾によると、切削速度を増加すると切削温度が著しく上昇するが、送り量を増加しても切削温度は大きくは変化しない。今回検討対象としたブラスト処理は、切削温度上昇への耐性効果は低いと考えられた。そのため、切

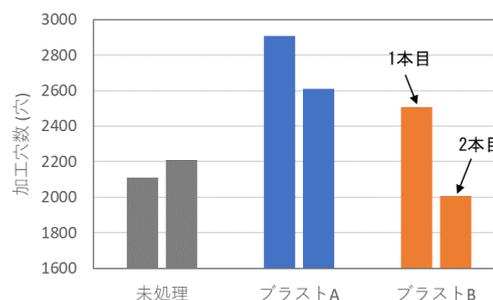


図3 刃先に欠けを確認した加工穴数

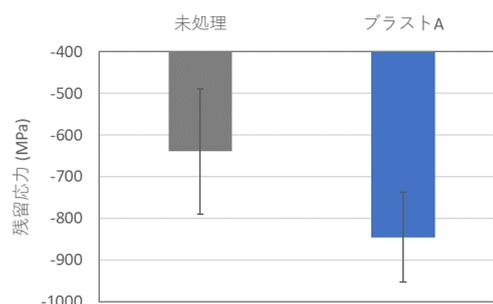


図4 ドリル表面の残留応力

削速度を増加させるのではなく、送り量を増加させることでブラスト処理の効果が発揮される可能性があると考えた。実際、実験の結果、ブラスト A による工具寿命延長の効果を確認し、加工能率向上が可能であることを見出すことができた。

4. まとめ

本研究では、チタン合金 (Ti-6Al-4V) のドリル加工を対象に、切削抵抗や工具損耗に与えるブラスト処理の効果を検証した。その結果、以下の結論を得た。

- (1) ブラスト B (不二製作所製シリウス Z[®]) では、1 穴目の切削抵抗が加工途中で上昇することなく切削することができた。これは、ブラスト B により溝部の面粗さが小さくなり切りくず流出性が向上したためと考えられた。
- (2) ブラスト A (不二製作所製 α 処理[®]) では、未処理に比べ約 30 % 多くの穴数を加工することができた。これは、ドリル表面への圧縮残留応力の付与に起因してき裂の進展が抑制されたためと考えられた。ブラスト A により送り量を高くした加工能率向上が可能であることを見出した。

【参考文献】

- 1) 白杵年, 精密工学会誌, 86, 11, 839-843 (2020).
- 2) 永禮哲生, 精密工学会秋季大会講演論文集, 885-886 (2017).

【外部発表】 口頭発表 1 件