

他誌発表論文等 再録
 2016 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集
 P219-P220

樹脂材料における小径深穴加工時のライフリング抑制工具の開発

(地独)鳥取県産業技術センター ○佐藤崇弘, 内外精機工業(株) 長谷川伸一, 中村誠

Development of tool geometry to rifling control in small-diameter deep hole drilling process by resin material
 Tottori Institute of Industrial Technology, Takahiro SATO, Naigai Seiki Kougyo CO., LTD., Shinichi HASEGAWA and Makoto NAKAMURA

Recently, the requirement for high quality hole machining is increasing, such as a nozzle for chemical-analysis machines, and a medical instrument. However because the stiffness of the drill for the small-diameter and deep hole is low, the hole is easily to generate rifling. As a result, the hole wall roughness is easy to be worse. In the present paper, the tool geometry to rifling control in small-diameter deep hole drilling process by resin material was developed.

1. 緒言

近年医療機器や化学分析機器に用いられる各種樹脂製ノズル製品は、滴下精度の向上や分析精度の向上が求められている。その結果、ノズル穴の小径化・高品質化に加え深穴加工が要求されている。しかし、小径深穴加工は、大径ドリルと比較してドリル剛性が低下するため、切りくず排出不良や切削温度の局所の上昇に伴う穴壁面品質悪化が課題である。

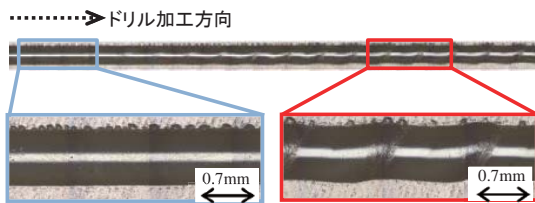
金属材料における穴加工では、穴壁面にスパイラル上の傷、いわゆるライフリングが穴上面に発生することが報告されている¹⁾²⁾³⁾。これらの研究では、剛性の低いドリルで加工すると切削負荷により回転方向の位相遅れが生じ、さらに切削力の変化などに起因する自励振動により右ねじれのライフリングが発生すると説明されている。

被削材が樹脂の場合では、図1に示すように穴底部にライフリングの発生することが著者らの報告⁴⁾で明らかにされている。その発生要因は基本的な部分において金属加工の場合と同様であると考えられる。ただし樹脂加工の場合、穴底部において切りくず排出不良や樹脂の熱膨張・収縮に伴い突発的なトルク上昇が発生する。その結果、ドリルが回転方向の位相遅れを生じ、ライフリングが発生するものと考えている。

本研究では、ライフリングを抑制するドリル開発を目的に、一般的な市販ドリルを再研磨することで様々なドリル形状を作成し、それらのドリルで加工実験を行った。

2. 実験方法

表1に示す切削条件で表2に示すドリルと被削材により穴加工実験を行った。なお、穴深さは70mm (L/D=100) とし、水道水を滴下しながらマシニングセンター (安田工業(株)製: YBM640V) を使って加工実験を行った。ライフリングの有無



(a) 穴上部 (b) 穴底部
 図1 穴加工後の穴壁面状態

表1 切削条件

回転数	2500min ⁻¹
送り速度	5mm/min
ステップ量	0.1mm
切削雰囲気	水道水滴下

は加工現象を高速度カメラや CCD カメラで撮影し、目視により確認した。

3. ライフリング抑制工具

3.1 ドリル形状

樹脂材料におけるライフリングの発生は、著者らの報告⁴⁾から突発的なトルク上昇によるものであり、その発生箇所はドリル先端を起点に発生することが CCD カメラを使った観察からわかっている。そこで、突発的なトルク上昇を抑制することを目的に、表2で示した諸元のドリル (図2参照) をベースに先端のみ形状を変更した。なお、突発的なトルク上昇は、切り屑や被削材がドリルショルダー部に食い込んだり、引っかかったりするものと推測し、切削シミュレーションソフト (Advantedge FEM 3D) により様々なドリル形状を検証した。その結果、ショルダー部の応力分布に急激な変動がない形状としてショルダー部に丸みを帯びた形状とした。

実験に用いた工具は4種類とし、図2で示したドリル (以下、Type A)、先端をボールエンドミル形状としたドリル (以下、Type B)、ショットブラストをかけることで全体的に丸みを帯びさせたドリル (Type C)、ショルダー部に丸みを帯びさせたドリル (Type D) とした。

3.2 提案ドリルによる加工後の穴壁面状態

図3(a)~(d)に4種類のドリルであけた穴壁面状態を示す。図より、Type A のドリルであけた穴以外はライフリングの発生は確認されなかった。また、穴底面にはドリル先端形状がそれぞれ転写されていることがわかる。

表2 被削材とドリルの諸元

被削材		透明アクリル樹脂
ドリル	形状	先端角 120°, 芯厚 0.3mm 逃げ角 12°, ねじれ角 30° 刃長 15mm, 工具長 100mm 工具径 0.7mm
	材質	超硬合金

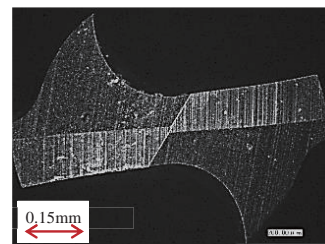


図2 ドリル先端形状

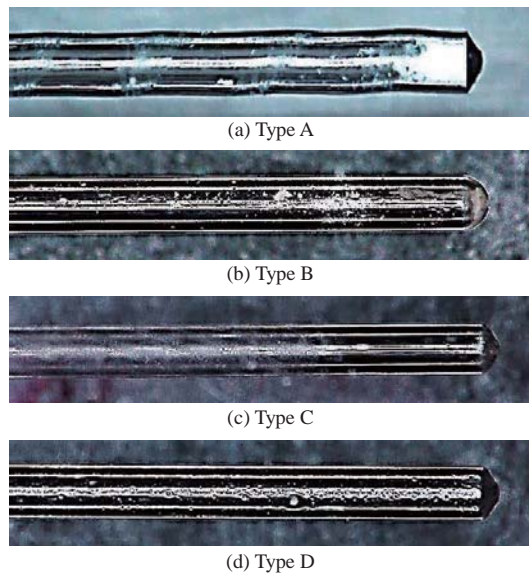


図3 各ドリルであけた穴壁面状態

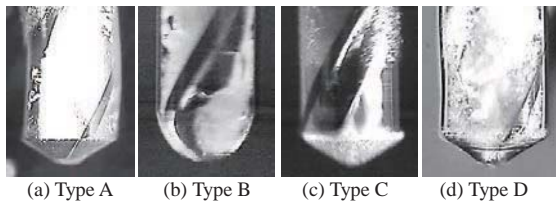


図4 高速度カメラで撮影した瞬間画像

3.3 提案ドリルによる加工現象

図4(a)~(d)にドリルの加工現象を高速度カメラで観察した結果を示す。図4(a)(b)の切れ刃が接触する切削面は透明であり良好な切削が行われていることがわかる。それに対し、図4(c)は切削面全体が白濁している。これは、切れ刃全体が丸みを帯びたことにより、すくい角が鈍角になったためと考えられる。また、図4(d)に示すショルダー部のみ丸みを帯びたドリルでは、丸みを帯びた個所のみ白濁しており、それ以外は Type A 同様良好な切削面である。

3.4 切り屑状態

図5(a)~(d)にそれぞれのドリルで加工した際に発生した切りくずを示す。図5(a)の切りくずは帯状の良好な切りくずが確認でき、切削が良好に行えていることが伺える。それに対し、図5(c)の全切れ刃に丸みを帯びさせたドリルは、明らかに切りくず詰りが発生し、熱により固まったような切りくずが確認され、図4(c)の加工面状態からも推測できる。図5(b)(d)のドリルにおいては、良好な切りくずも確認できるが中には詰まって固まったような切りくずも確認された。

図6に Type C のドリルで加工した際に切り屑詰りにより折損した事例を示す。図より、溝部に白い切り屑がたまっており溝部からシャンク部に繋がる部分から穴壁面に亀裂が入っている。このことから図5(c)で示すような切り屑が排出不良となり折損したと考えられる。

4. 考察

上述した試験結果から、ショルダー部に丸みを持たせることでライフリングを抑制できることは確認できた。これは、ドリル加工中に最もトルクに影響を及ぼす最外周部分の切れ

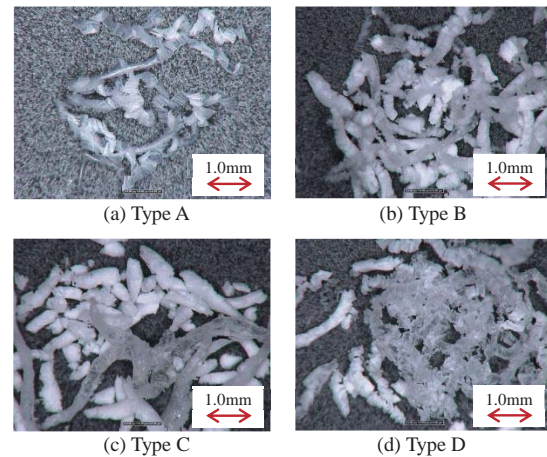


図5 切り屑



図6 切り屑詰りにより折損したドリル

刃が丸みを帯びたことで突発的な食い込みや切りくずの巻き込みが軽減できたためと推測できる。ただし、本研究で提案したドリルでは、図2で示した市販ドリルよりも切りくず詰りが発生しやすく、排出不良によるドリル折損が課題であることがわかった。小径ロングドリルの場合、エアブローにより強制的に切りくずを除去しようとする、ドリルが大きく振動し加工挙動に影響を及ぼすため、切りくず排出性をさらに向上させることが今後の課題である。

5. 結言

本研究では、樹脂加工時に発生するライフリングを抑制させるため、ドリル先端形状を改良する方法を試みた。その結果、以下の結論を得た。

- 1) ライフリングの発生は、ドリルショルダー部の形状に丸みを帯びさせることで抑制できる。
- 2) ドリルショルダー部に丸みを帯びさせると切り屑排出不良が課題となる。

参考文献

- 1) 翁登茂二：機械加工のワンポイントレッスン, 大河出版, 110, (2000)
- 2) 鬼鞍宏猷, 佐久間敬三, 松崎敏彦, 甲木昭雄：ドリルの振動の解析 - 下穴のある場合, 精密工学会誌, 52, 4 (1986) 661.
- 3) K. Matsuzaki, T. Ryu, A. Sueoka, K. Tsukamoto: Theoretical and experimental study on rifling mark generating phenomena in BTA deep hole drilling process (generating mechanism and countermeasure), 88, (2015) 194.
- 4) 佐藤崇弘, 長谷川伸一, 中村誠：樹脂材料における小径深穴加工時のライフリング発生メカニズムの解明, 2015年精密工学会学術講演会秋季大会, (2015) 287.