バリレス化を目指したアルミ鋳造合金の PCD エンドミルによるヘリカル穴加工

Burrless helical drilling of aluminum casting alloy using PCD end mill tool

○学 久保田豊・熊本大学大学院

Yutaka KUBOTA・Graduate School Kumamoto University

正 峠睦・熊本大学大学院

正 中西義孝・熊本大学大学院

Mutsumi TOUGE・Graduate School Kumamoto University

Yoshitaka NAKANISHI・Graduate School Kumamoto University

久保田章亀・熊本大学大学院

学 井口拓哉 熊本大学

Akihisa KUBOTA・Graduate School Kumamoto University>

Takuya IGUCHI・Graduate School Kumamoto University>

バリ エンドミル 切削 ヘリカル加工 PCD :<burr endmill cutting helical processing

1. 緒言

自動車のシリンダーヘッドカバーには軽量，耐衝撃性等からアルミ鋳造合金が使用されている．近年ではエンジンの高出力化や燃焼効率の改善要求に合わせて，シリンダーヘッドカバーにも可変バルブ機構部品などの装着が進んでいる．この部品の主要構成部品であるアクチュエータの駆動は油圧で行われるため，ドリル加工による油路回路部への高精度穴あけ加工が必要となる．この加工時にバリが発生し，アクチュエータの作動を阻害する問題が強く指摘されている．

ドリル加工においては，加工法や工具の形状についての研究は進められているが，バリの生成についてはドリル形状，加工条件，被削材の影響など影響因子が多く複雑であるため，メカニズムも十分に解明されていないのが現状である．

そこで本研究では，上記の問題解決を目指し，アルミ鋳造合金の穴あけ加工時に発生するバリの発生メカニズムを明確にし，それを抑制する加工法の確立を目的とした．

2. 実験方法および実験装置

本研究では，油路回路部の穴あけ加工で実際に行われている加工法を模擬的にを行い，バリ抑制加工法の確立を目指した．加工装置には MC（森精機 SV-400）を使用し，被削材には厚さ 5mm のアルミ鋳造合金 ADC12 の薄板に直径 9mm の下穴をあけたものを用い，これを傾斜角 33.6 度に固定し，仕上げ径 10mm として穴あけ加工を行った．本研究で用いた加工条件を Table1 に，工具条件を Table2 に示す．

加工時には各成分の力を測定するため 3 成分動力計を用い，バリの発生メカニズムを観察するため，高速度カメラにより加工状態を撮影した．また加工後のバリの大きさは電子天秤によって測定し，穴端部の形状はレーザー顕微鏡によって観察した．

Table1 Processing conditions

Material	Aluminum casting alloy ADC12
Rotational speed	3000(rpm)
Feed speed	1200(mm/min)
Diameter of prepared hole	9(mm)
Cutting fluid	メカクリーンカット AS-50R

Table2 Tool condition

Kind of tool	Feature
Usual drill	現在量産で用いられているドリル
Double margin drill	マージン幅が通常の 2 倍のドリル
Coating drill	DLC をコーティングしたドリル
Old model drill	二枚刃のドリル

3. バリ発生メカニズム

3-1. 加工状態の観察

Fig.1 に穴入口の加工時の連続写真を，Fig.2 に穴出口の加工時の連続写真を示す．

Fig.1 より，穴端部が塑性変形し盛り上がっていることが確認される．これは被削材が斜めに固定されているためドリルがたわみ，ドリル側面部で被削材を押して盛り上がったためと考えられる．

Fig.2 より，穴出口側では穴端部が盛り上がっている箇所と切り残しの箇所が確認される．これは薄くなった穴底部がドリルによって塑性変形し，外側に捲かれた部分が盛り上がりとして残り，切断されるはずの部分がドリル形状の影響で被削材から切断されず，切り残しとなったためと考えられる．本研究では盛り上がりのカエリ，切り残しをバリと定義する．

Fig.1 Continuous photographs of burr generation process of hole entrance

Fig.2 Continuous photographs of burr generation process of hole exit

3-2 ドリルによるバリ発生量の違い

3-1 で示したバリ・カエリはどんな要因が大きく影響しているか調べるため、4 種類のドリルによるバリ発生量の違いと各方向の成分力を調べた。

Fig.3 に穴上部のカエリ大きさとラジアル方向の力の違いを示す。Fig.3 より穴上部のカエリの大きさはドリルの種類によって大きく異なるが、ラジアル方向の力には大きな違いは確認されなかった。よって、穴上部のカエリの大きさはラジアル方向の力よりドリル形状に大きく依存している。

Fig.4 に穴下部のカエリの大きさとスラスト方向の力の違いを示す。Fig.4 よりカエリの高さおよびスラスト方向の力ともに、コーティングドリル、通常ドリル、ダブルマージンドリル、旧型ドリルの順番で小さくなっている。これは穴出口部でのカエリが穴底部を塑性変形させることで発生していることに起因している。これらの経緯より穴底部のバリの発生を抑制するにはスラスト方向の力が小さくなるような加工を用いればよいと推察でき。

Fig.3 Comparison of height of Kaeri in the upper part of hole and radial force

Fig.4 Comparison of height of Kaeri in the under part of hole and thrust force

4. PCD エンドミルによるヘリカル穴加工

本研究では新しい穴あけ加工法として、PCD エンドミルによるヘリカル穴加工を提案する。斜めに固定した被削材を加工する際に工具にはたわみが生じる。たわみの影響で側面に切れ刃のないドリルでは、穴上部のバリの発生は避けられない。側面部にも切削性能が高い PCD チップが形成されているエンドミルを用いることにより、穴上部のバリが抑制できると期待できる。ヘリカル加工法は仕上げ径より小さい直径 6mm の PCD エンドミルが所定速度で自転しながら仕上げ径を最大径として公転するものである。これにより、スラスト力が小さく、エッジ切れ刃で切削するため切り残しが少ない。

ヘリカル穴加工の加工条件を **Table3**、加工法の模式図を **Fig.5** に示す。その他の実験方法はドリル穴加工と同様に行った。

Table3 Processing conditions

Rotational speed	3000~8000(rpm)
Sending speed	79.6(mm/min)
Rim speed	1000(mm/min)

Fig.4 Pattern diagrams of Helical hole drilling

5. ヘリカル加工とドリル加工の比較

ドリル加工でもっとも結果のよかったコーティングドリルを用い、穴上部カエリ高さや穴下部カエリ高さをヘリカル加工と比較した。Table4 にその結果を、Fig.6 にレーザー顕微鏡により穴端部形状を観察した結果を示す。

ヘリカル加工はドリル加工と比較し、穴下部は大変良好に加工が行われているが、穴上部はドリルより大きなカエリが発生していることが確認された。これは加工穴が傾斜しており、PCD チップの幅が 3.5mm と小さいため、工具の加工穴侵入時に穴端部に工具エッジ部が食い込み、端部の盛り上がりが発生したと推察される。よって、今後チップサイズや直径が大きいエンドミルを用い、穴形状について比較を行う予定である。

Table4 Comparison height of Kaeri

	height of Kaeri (The lower side)	height of Kaeri (The upper side)
Helical hole drilling	1.930μm	20.62μm
Coating drill	15.600μm	11.52μm

The lower side

The upper side

Helical hole drilling

Coating drill

Fig.6 Hole edge shape

6. 結言

本研究では、バリ発生メカニズムについて検討し、バリを抑制する加工法を提案した。

提案加工法は穴下部カエリ抑制に有効であると認められたが、穴上部のバリについては今後さらに検討を重ねる必要がある。