

刃先交換式ドリルの切削特性に関する研究 —ソリッドドリルとの比較と MQL の効果—

福井工業高等専門学校 ○岡田将人, 金沢大学 上田隆司, 細川 晃

Studies on cutting characteristics of indexable insert drill
- Comparison with twist drill and effect of MQL -

Fukui National College of Technology Masato OKADA, Kanazawa University Takashi UEDA, Akira HOSOKAWA

The cutting characteristics of indexable insert drill that has the non-axisymmetric form are investigated. Two types of coated carbide inserts that have different shape are used as cutting edge. A twist drill of solid type is used to compare the cutting characteristics. The diameter of drill is 16mm and carbon steel is used as work material. The effect of MQL that supplied from oil holes in the tool is also examined. The characteristics are evaluated by tool temperature, thrust force, surface roughness and chip form. The tool temperature in indexable insert drill is higher than solid type in each cutting speed. On the other hand, the thrust force of indexable insert drill is lower than solid type. As for surface roughness, the case of solid type is better than that of indexable insert drill. The chip form by indexable insert drill is segmentalized.

1. 緒言

ドリル加工は、切削加工の約 30%を占める穴あけ加工の大半で用いられる代表的な加工法である。従来、ドリル工具の形状には、先端部にチゼルがあり、2 枚刃でねじれ形状を有する軸対称型が主に採用されてきた（以後、ソリッドと称する）。これに対し近年、刃先交換が可能なドリル工具として、非軸対称形状のドリルが開発されている（以後、刃先交換式と称する）。これは、ソリッドに比べ；1)刃先の再研磨が不要、2)傾斜面への切削が可能、3)加工穴直径の微調整が可能；などの優位な特徴を有する。しかしながら、刃先交換式の切削特性について調査した報告例はみあたらない。そこで本報では、刃先交換式のソリッドに対する切削特性の差異を明らかにすることを目的に、両工具による加工中の工具温度、スラスト力を測定するとともに仕上げ面粗さと切りくず形状について調査した。加えて、オイルミストを加工部に供給する微量潤滑油供給法（以後、MQL と称する）の適用効果について検討したので報告する。

2. 実験方法

2.1 刃先交換式ドリル

図 1 に実験に用いた刃先交換式ドリル先端部の概略を示す。本ドリルは回転軸に対し内側と外側にそれぞれ形状の異なる切れ刃チップを有する。そのため、各チップは加工穴の中心側と外側の切削を別々に担い、多刃のソリッドドリルのような工具 1 回転で同一部分を複数回切れ刃が通過する領域はほとんどない。チップは軸中心から外径に向かうに従い約 4° の傾きで付けられている。両チップともにチップブレイカを有し、超硬工具に TiAlN と TiN を複層で皮膜処理されている。

2.2 実験方法

図 2 に実験装置の概略を、表 1 に主な実験条件を示す。実験は、立形マシニングセンタ（森精機製作所製、NV4000）のテーブル上に設置した切削動力計に試験片を固定し、その試験片上端面にドリル加工を施した。スラスト力の測定には弾性リングと歪ゲージを組み合わせた専用動力計を用いた。工具温度の測定には、光ファイバ型 2 色温度計を用いた¹⁾。ドリル加工中の温度分布において、切削速度が最大となる外周刃部の温度が最も高温であることが既に報告されている²⁾。そのため、工作物側面に工具送り方向と直角にあけた貫通穴に

光ファイバを挿入し、ドリル肩部の外周刃逃げ面温度を測定した。なお、工具温度は測定部が穴深さ 3mm の位置に達した際に測定した。

工具には刃先交換式のほかに比較のために 2 枚刃のソリッドドリルも用いた。なお、工具のコーティング膜材質が工具温度に大きく影響を及ぼすことが既に報告されている³⁾。そのため、ソリッドにも刃先交換式と同材質・同蒸着方法のコーティング膜が被覆されているものを用いた。工作物は未熟処理の炭素鋼（S45C）を用い、5mm の下穴を開けている。オイルミストはマシニングセンタのセンタスルー機能を用い、ドリル内部を通して工具底部のオイルホールから供給した。

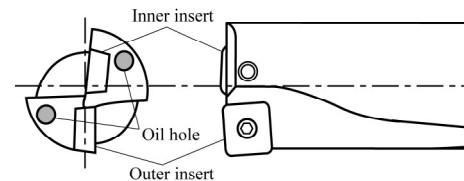


Fig.1 Schematic illustration of indexable insert drill

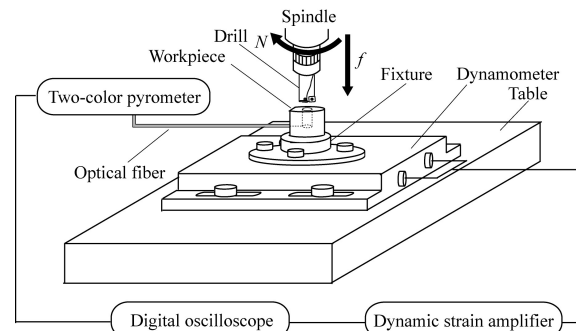


Fig.2 Experimental setup

Table1 Experimental conditions

Cutting tool	TiAlN/TiN coated carbide with two through hole Diameter $D=16\text{mm}$
Workpiece	Carbon steel: JIS S45C
Cutting speed	$v=25, 50, 100\text{m/min}$
Feed rate	$f=0.1\text{mm/rev}$
Prepared hole	$D_p=5.0\text{mm}$
Lubrication	Dry 45ml/h (Indexable insert), 42ml/h (Solid)

3. 実験結果

3.1 外周刃逃げ面温度

図3に外周刃逃げ面温度 θ_a と切削速度 v の関係を示す。同図よりいずれの場合においても v の増加とともに θ_a が増加する傾向が得られた。乾式時の刃先交換式の θ_a が420~520°Cに達しており、いずれの v においてもソリッドより高温となっていることがわかる。一方、オイルミストの供給による乾式からの温度低減量は、ソリッドで約25~40°Cであるのに対し、刃先交換式では60~100°Cと大きい。ここで、両工具において乾式とMQLの温度差を、乾式時の温度で除した値を温度低減率とすると、ソリッドが5~12%の低減であるのに対し、刃先交換式が14~20%であり、低減割合でみても刃先交換式が大きいことがわかる。これらのことから、乾式時の θ_a はソリッドより刃先交換式が高く、特に低速域においてその差が顕著となることがわかる。また、ミスト供給による温度低減効果は刃先交換式のほうが大きく、特に $v=100\text{m/min}$ においては、両ドリルの工具温度にほとんど違いが認められなくなる。

3.2 スラスト力

図4にスラスト力 F_t と切削速度 v の関係を示す。同図よりミスト供給の有無に関わらず、ソリッドの場合は v の増加に伴い F_t が増加するのに対し、刃先交換式の場合は v による影響が認められないことがわかる。またその大きさは、乾式時にソリッドが850~1000N程度であるのに対し、刃先交換式は約630Nで一定であり、切削速度に関わらずソリッドの F_t が大きい。これは、両ドリルの刃先形状の違いに起因すると考えられ、特に刃先のチャンファ形状ならびに送り方向の逃げ角の影響が大きいと考える。また両ドリルともに、ミスト供給により若干ながら F_t が減少する傾向が得られた。

3.3 穴内面の表面性状

図5に切削速度 v と加工穴側壁部の工具送り方向における算術平均粗さ R_a の関係を示す。乾式の場合、刃先交換式が5.4~3.6 μm であるのに対し、ソリッドは1.1~0.4 μm であり良好な表面性状を示した。また、ソリッドの場合はミストを供給しても大きな表面性状への影響がみられないのに対し、刃先交換式は乾式時と比較して1/2~1/3に減少している。ソリッドの表面性状が良好なのは、刃先円周方向のマーゲン部のパニングによるものと考えられる。

3.4 切りくず形状

図6に切削速度 $v=50\text{m/min}$ の乾式時の切りくず形状を示す。刃先交換式による切りくずは渦巻状に丸まり小さく分断されているのに対し、ソリッドによる切りくずはらせん状で連続的である。この傾向は切削速度、ミスト供給の有無に関わらず同様であった。これは刃先交換式の切れ刃にチップブレーカが設けられており、これが切りくずを一定の長さで切断しているためである。そのため、切りくず排出不良による工具折損が問題となる深穴加工や加工機への切りくずの巻き付き防止の観点からも刃先交換式の優位性が期待できる。

4. まとめ

刃先交換式ドリルの切削特性について、ねじれ刃を有する一般的なソリッドドリルと比較した。また、MQLによる切削特性への影響について調査した。以下に得られた結果を示す。

- (1) 乾式、MQLのいずれにおいても、外周刃逃げ面温度は刃先交換式がソリッドよりも高い。しかしながら、ミスト供給により、その差は減少する。

- (2) スラスト力は、ソリッドが刃先交換式より高く、切削速度の増加に伴い増加する傾向を持つ。刃先交換式の場合、切削速度によるスラスト力への影響は認められない。
- (3) 仕上げ面粗さはソリッドが、刃先交換式より良好な表面性状を示す。
- (4) 刃先交換式による切りくず形状が、渦巻状で断片的に切断されているのに対し、ソリッドはらせん状で連続的に排出された形状を呈している。

謝辞

最後に、本研究に対し工具ならびに工作物の御提供をいただいた Seco Tools AB に深謝いたします。

参考文献

- (1) 細川, 日本設備管理学会誌, Vol.18, No.1 (2006)
- (2) T. Ueda, Annals of the CIRP, Vol.56 (2007)
- (3) 岡田, 精密工学会誌, Vol.75, No.8 (2009)

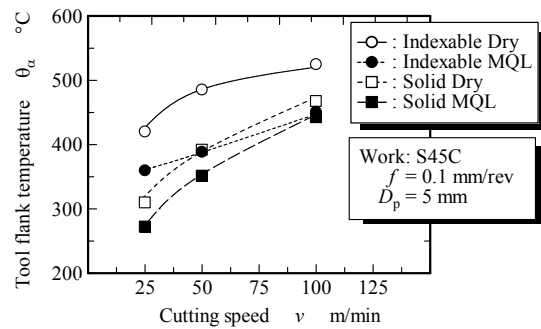


Fig.3 Relationship between tool temperature and cutting speed

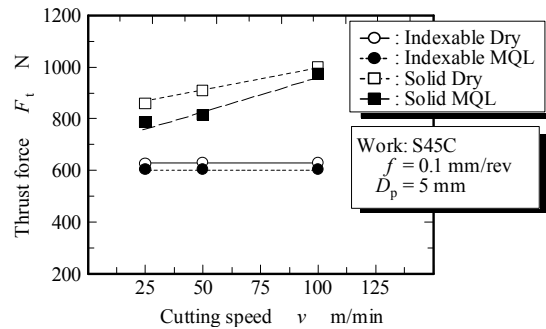


Fig.4 Relationship between thrust force and cutting speed

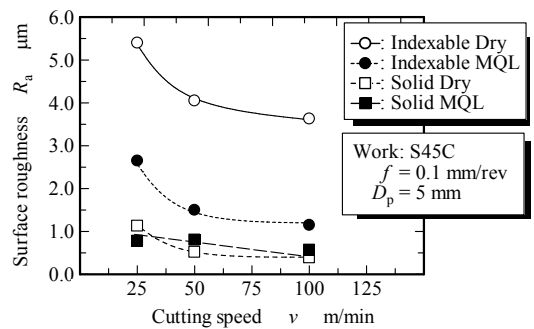


Fig.5 Relationship between surface roughness and cutting speed



Fig.6 Outlines of chip form (Left: Indexable inert, Right: Solid)