

DLC コーティング工具

DLC coated tool

キーワード

DLC コーティング, ドライ加工, 耐凝着性, 切りくず排出性, アルミ加工

機械工具事業部

工具技術部

松本 克洋

1. はじめに

エコ&ECO の具現化のため当社では、鋼加工用のドリルとしてアクアドリルシリーズ、エンドミルとして X's ミルシリーズを商品化し、ドライ化を実現してきた。しかし、アルミニウム合金の加工では凝着の問題があり、ドライ化が困難であった。

今回、アルミニウム合金のドライ加工を可能にした『DLC コーティング工具』を開発したので紹介する。

2. アルミニウム合金をドライ加工したときの問題点

アルミニウム合金の特性として延性が大きいという点がある。延性材料を切削加工する場合、切れ刃付近に被削材が凝着し構成刃先が生成され、発生—成長—脱落を繰り返す。刃先すくい面への凝着により切りくずの排出性が低下し、切削抵抗が増加する。また、この凝着が剥離するときに切れ刃にチップ

グを引き起こし、工具寿命、加工面精度が悪くなり、切削不可能な状態になる。切れ刃付近の凝着の形成要因としては、工具と切りくずとの接触面積、接触面での摩擦係数、接触時間などが考えられる。特に、ドライ加工では冷却、潤滑効果がないためこれらの問題が顕著になる。

3. DLC コーティング工具の特長

前記のアルミニウム合金加工の問題に対し、DLC コーティング工具は下記の点にポイントをおいて開発した。

- (1) 表面処理には摩擦係数が小さく、耐凝着性に優れた DLC コーティングを採用する。
- (2) 形状は切りくずの排出性と切れ味を向上させた形状にする。

3.1 DLC コーティングとは

DLC とは Diamond Like Carbon の略称である。図 1

	グラファイト	DLC	ダイヤモンド
構造			
ラマン分光ピーク			
構造	グラファイト構造	アモルファス	ダイヤモンド構造
元素	C	C+H	C
硬さ	-	1000~8000HV	10000HV

図 1 DLC の構造

にその構造を示す。DLC はグラファイトとダイヤモンドの中間の物性を有しており、その成分については WC/C 等も含め何種類もの DLC が存在することが知られている。

DLC 系被膜は高硬度、低摩擦係数、耐摩耗性に優れているなどの特長があり、アルミニウム合金のドライ加工に適している。

3.2 DLC ドリルの特長

- (1) アルミニウム合金の加工ではウェット加工が主流であるが、摩擦係数が小さい DLC コーティングを施すことによりドライ加工においても凝着が少なく、切りくずつまりの発生を防止した。
- (2) 溝形状を刃先から切り上がりにかけて溝幅比を漸増形状 (Pat.P.) にすることにより、切りくずつまりが発生せず安定した加工が可能。
- (3) 切削速度 100m/min 以上の高速・高能率加工が可能。

3.3 DLC ミルの特長

- (1) ドリルと同様に摩擦係数の小さな DLC コーテ

ィングを施すことによりドライ加工においても凝着が少なく、切りくずの排出性に優れ、加工面にむしれの無い高精度な加工を実現。

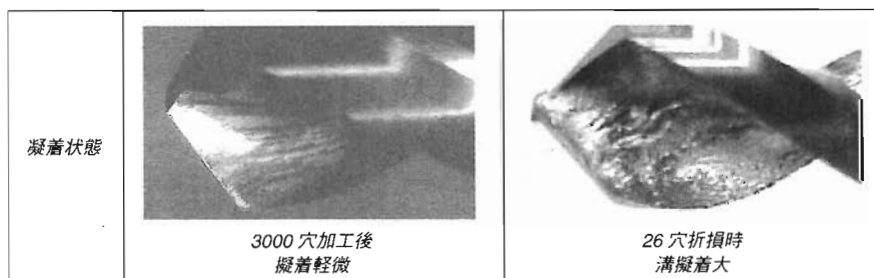
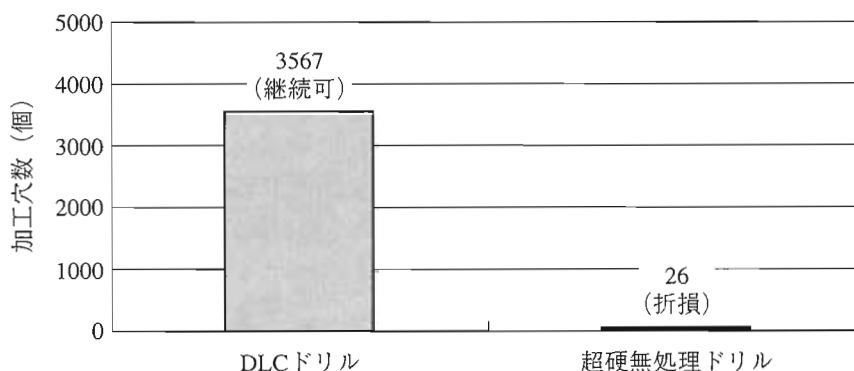
- (2) 溝形状は低心厚、強ねじれ、高すくい角形状であり、さらに切りくず流出方向に工夫を施すことにより排出性に優れており、彫り込み、溝切削が可能。
- (3) 切削速度 300m/min 以上の高速・高能率加工が可能

4. DLC コーティング工具の 切削性能

次に DLC ドリル、DLC ミルによる加工事例を紹介する。

4.1 DLC ドリルと超硬無処理ドリルによるアルミニウム合金鋳物(ADC12)の切削性能

図 2 にアルミ合金鋳物を DLC ドリルφ5.5 でドライ加工したときの超硬無処理ドリルとの比較を示す。



加工条件

工具寸法	φ5.5×28×72	穴深さ	16.5mm
切削速度	100m/min (5,800min ⁻¹)	切削油剤	ドライ (エアブロー)
送り量	0.08mm/rev (480mm/min)	使用機械	立型 NC フライス盤
被削材	アルミ合金鋳物 ADC12		

図 2 ADC12 を 3000 穴加工後の DLC ドリルの状態

加工条件は切削速度：100m/min (5800min⁻¹), 送り量：0.08mm/rev (480mm/min)穴深さ 16.5mm (L/D=3) 止まり穴としてテストを行った。超硬無処理ドリルでは溝面の凝着が大きく切りくずつまりによりわずか 26 穴で折損したが, DLC ドリルでは凝着がほとんど発生せず 3567 穴まで安定した加工が可能であった。溝幅比漸増形状の効果, DLC コーティングの耐凝着性向上の効果が現れている。

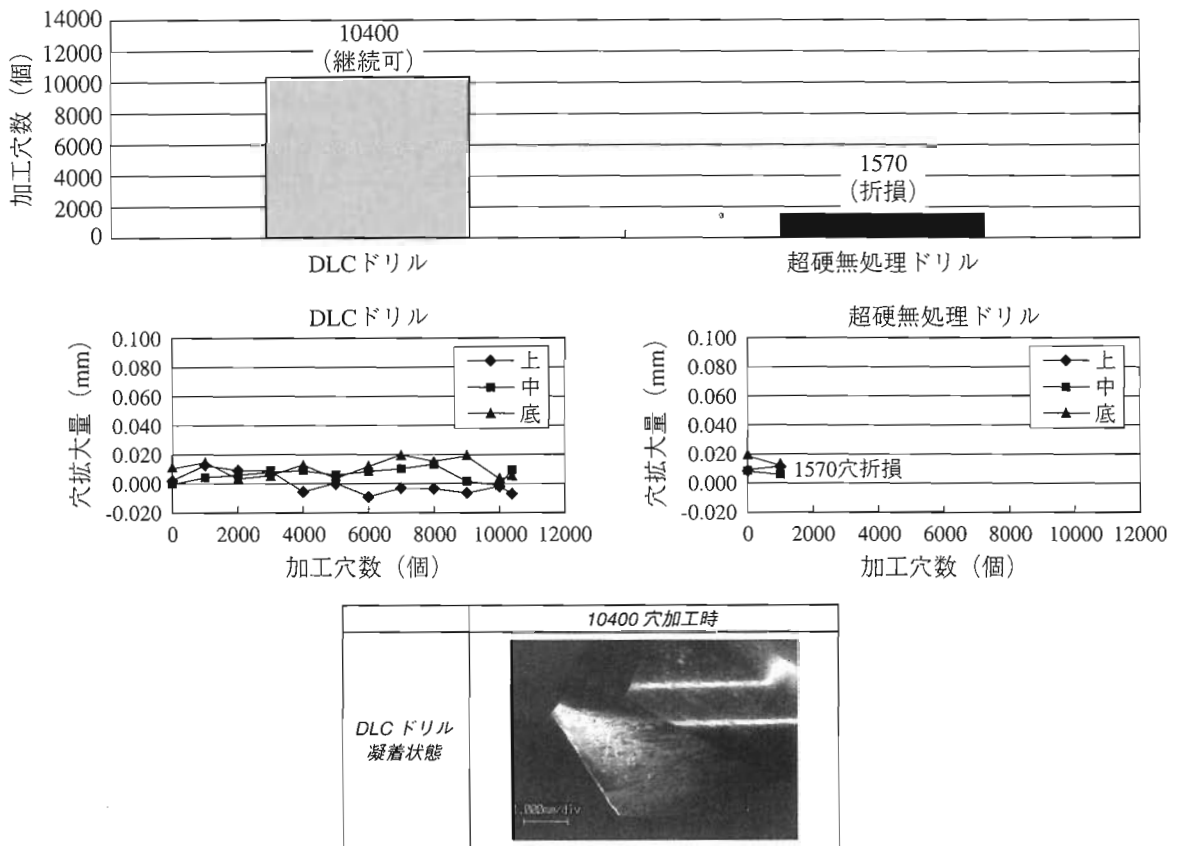
3.2 DLC ドリルによる圧延アルミニウム (A5052) の切削性能

図 3 に圧延アルミニウム合金を DLC ドリルφ5.5 でウェット加工したときの超硬無処理ドリルとの比較を示す。加工条件は切削速度：100m/min (5800min⁻¹), 送り量 0.08mm/rev (480mm/min), 穴深さ 27.5mm (L/D=5)止まり穴としてテストを行った。超硬無処理ドリルでは DLC ドリルに比べ早期折損

したが, DLC ドリルでは凝着が少なく 10400 穴まで加工が可能であり, 穴拡大量は±0.02mm 以下で安定している。DLC ドリルはドライでもウェットでも加工が可能であり, DLC コーティングの耐凝着性向上の効果が現れている。

3.3 DLC ミルと超硬無処理エンドミルによる圧延アルミニウム合金(A5052)の切削性能

図 4 に圧延アルミニウム合金を DLC ミルφ10 でドライ加工したときの超硬無処理エンドミルとの比較を示す。加工条件は切削速度：314m/min (10000min⁻¹), 送り速度 (0.05mm/刃) aa=15mm として, テストを行った。圧延アルミの加工時に特に問題となる凝着について, 超硬無処理エンドミルは外周刃の凝着が大きく切りくずつまりにより早期折損したが, DLC ミルは凝着が軽微であり, また加



加工条件

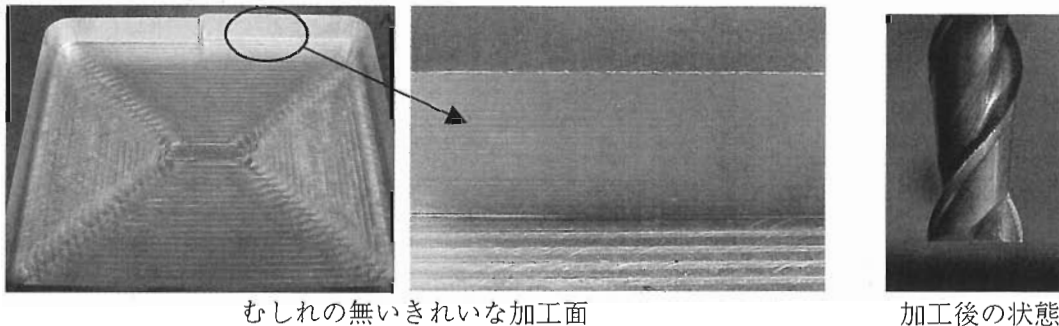
工具寸法	φ5.5×28×72	被削材	圧延アルミ A5052
切削速度	100m/min (5,800min ⁻¹)	穴深さ	27.5mm
送り量	0.08mm/rev (480mm/min)	切削油剤	水溶性
		使用機械	立型 NC フライス盤

図 3 A5052 を加工後の DLC ドリルの状態

工面はむしれが無く良好である。アルミ用の低心厚、強ねじれ、高すくい角による切りくず排出性向上の効果、DLC コーティングによる耐凝着性向上の効果が現れている。

図 5 に圧延アルミニウム合金を DLC ミルφ10 でウェット加工したときの超硬無処理エンドミルとの加工面の比較を示す。切削条件は前述のドライ加工と同様である。

DLC ミルでの加工



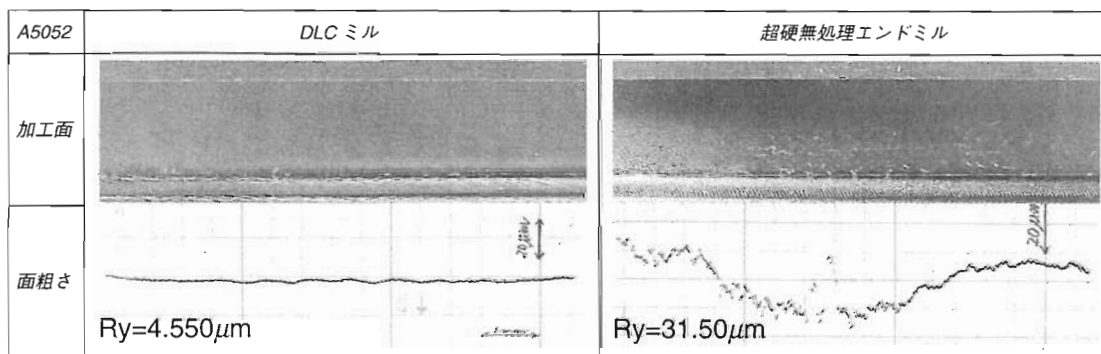
超硬無処理エンドミルでの加工



加工条件

工具寸法	φ10S2	切り込み	15mm
回転数	10,000min ⁻¹ (314m/min)	切削油剤	ドライ (エアブロー)
送り速度	1,000mm/min (f=0.05/刃)	使用機械	立型 NC フライス盤
被削材	圧延アルミ A5052		

図 4 A5052 を加工後の DLC ミルの状態



加工条件

工具寸法	φ10S2	切り込み	15mm
回転数	10,000min ⁻¹ (314m/min)	切削油剤	水溶性
送り速度	1,000mm/min (f=0.05/刃)	使用機械	立型 NC フライス盤
被削材	圧延アルミ A5052		

図 5 DLC ミルによる A5052 の加工面及び面粗さ

加工面の面粗さは超硬無処理エンドミルでは $Ry=31.5\mu\text{m}$ であるが、DLC ミルの加工面は凝着が無いので $Ry=4.55\mu\text{m}$ であり良好である。DLC コーティングによる耐凝着性向上の効果が現れている。

5. おわりに

今回紹介した DLC コーティング工具はドリル、エンドミルによるアルミ合金のドライ加工による高精度、高能率加工を目的として開発したものであり、加工時間の短縮、環境性、経済性の向上を実現する上で大いに寄与できる工具である。今後とも、ニーズに応える新しい工具を提供していきたい。