

DLC 被覆工具によるアルミニウム鋳物 AC2A の切削

事業化支援部 試作加工グループ 横田 知宏
 機械・材料技術部 材料評価グループ 横内 正洋

アルミニウム鋳物 AC2A のエンドミル切削実験を実施して工具への凝着有無を調査し、工具に被覆した DLC 膜の有効性を検証した。ドライ切削では刃先から DLC 膜が剥離し、すくい面に凝着が生じた。水溶性切削油剤を供給したウェット切削では光沢のある切りくずが排出され、工具への凝着が大幅に減少したが、刃先の一部から DLC 膜の剥離が認められた。

キーワード：Diamond-like Carbon, アルミニウム鋳物, 切削, 凝着

1 はじめに

アルミニウム合金の切削では工具への凝着が生じやすく問題となる。このアルミニウム合金切削時の凝着に対し、DLC 膜の有効性を示した多くの報告がある。筆者らもこれまでに、アルミニウム合金展伸材の断続切削において、水素フリーDLC (ta-C) 膜を被覆した工具の使用により、ドライでも凝着が抑制されることを明らかにした¹⁾。一方、アルミニウム鋳物のドライ切削では、DLC 被覆工具でも凝着が生じ、DLC 膜の効果が発揮されなかった²⁾。工具表面を観察したところ、工具すくい面から DLC 膜が剥離しており、母材の超硬が剥き出しとなったところが凝着の起点となった可能性が考えられた。既往の研究では、Si 含有量が 16 %程度を超えるアルミニウム鋳物で、硬質な初晶 Si 粒子により工具が著しく摩耗することが明らかにされている³⁾。しかしながら、筆者らが実験に用いたアルミニウム鋳物は Si 含有量が 6 %程度の AC2A であり、初晶 Si 粒子はほとんど無く、DLC 膜を剥離させるメカニズムが明らかではなかった。

ここまでは切削現象を単純モデル化した 2 次元切削で実験を行ったため、エンドミル切削においても同様の現象が生じるかは確認できていなかった。そこで本報では、アルミニウム鋳物 AC2A のエンドミル切削実験を実施して工具への凝着有無を調査し、工具に被覆した DLC 膜の有効性を検証した。

2 実験方法

2.1 エンドミル切削実験

直径 6 mm, 2 枚刃のスクエアエンドミルを用いて溝切削を行った。エンドミルには後述する DLC を被覆した。切削条件は、切削速度 150 m/min (回転速度 7,950 min⁻¹)、送り量 0.05 mm/tooth (送り速度 795 mm/min)、軸方向切

込み量 1 mm, 切削距離約 300 mm である。ドライ及び水溶性切削油剤を供給するウェットで切削を行った。

2.2 被削材

実験に用いた被削材は、アルミニウム鋳物 AC2A-T7 である。被削材の化学成分を表 1 に、組織写真を図 1 に示す。組織のうち、針状に分布する黒い粒子が共晶 Si であり、薄いグレーのものが Al,Fe,Mn 系の金属間化合物、白い板状の粒子が Al,Cu 系の金属間化合物である。図 2 にはそれぞれの粒子の硬さを示したが、基材の Al に比べ、Si や各金属間化合物とも非常に硬いことが分かる。

2.3 DLC 膜

工具に被覆した DLC 膜はフィルタードアーク蒸着法による水素フリーDLC (ta-C) である。膜厚は約 0.3 μm, ナノインデンテーション硬度は約 70 GPa である。

表 1 AC2A の化学成分 (mass%)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Al
5.7	0.48	3.9	0.48	0.15	0.03	0.34	Val.

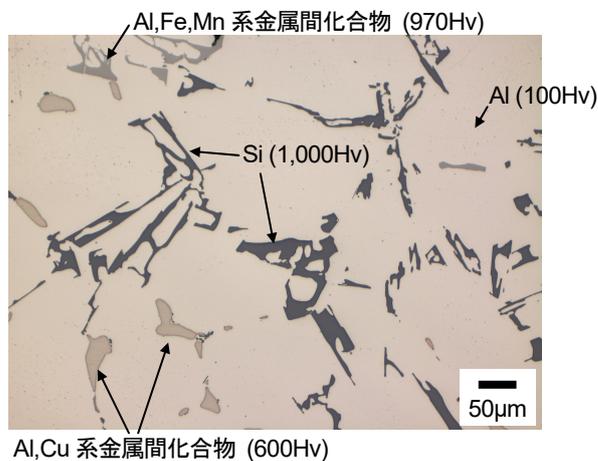


図 1 被削材 AC2A-T7 の光学顕微鏡組織写真

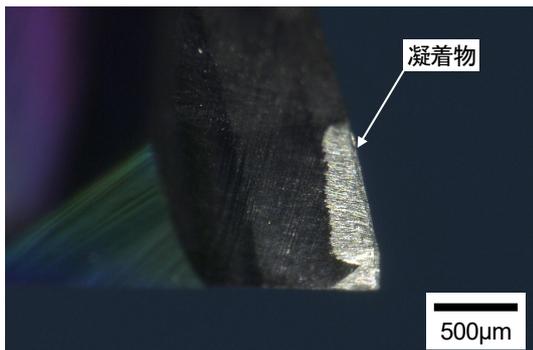


図2 ドライ切削後のエンドミルすくい面

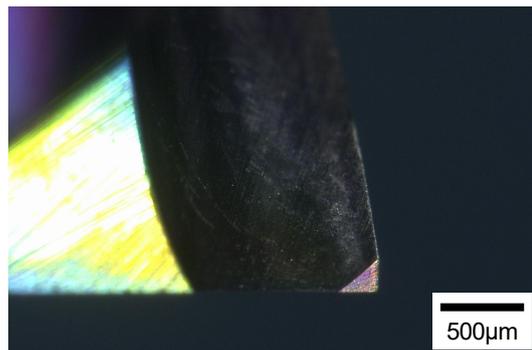


図4 ウェット切削後の工具すくい面

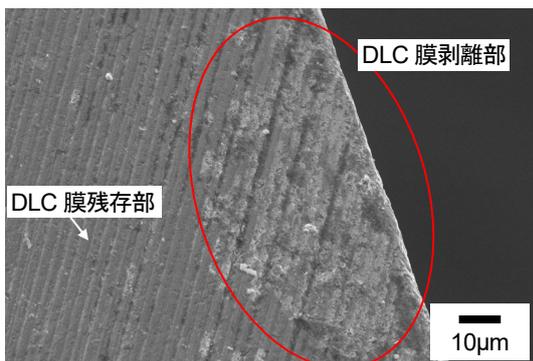


図3 凝着物除去後のエンドミルすくい面 SEM 像 (ドライ切削後)

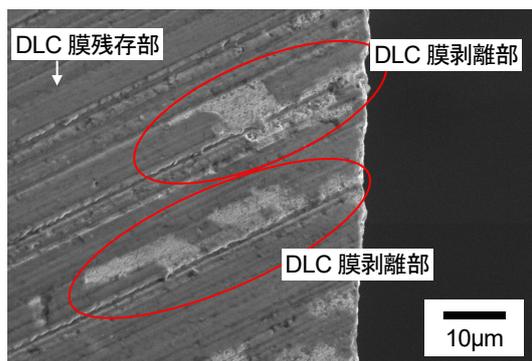


図5 ウェット切削後のエンドミルすくい面 SEM 像

3 実験結果

3.1 ドライ切削結果

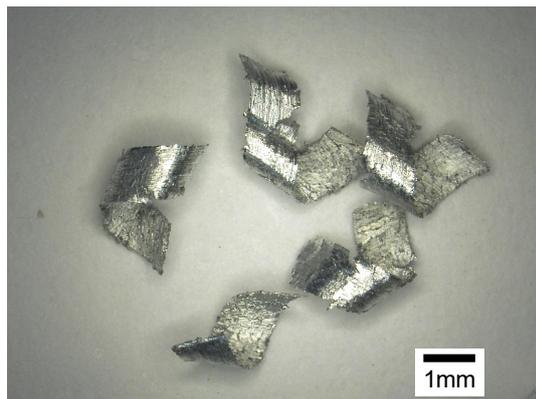
ドライでの溝切削後のエンドミルすくい面のマイクロスコブ観察像を図2に示す。刃先の切削に関与した領域全体にアルミニウム合金が凝着していることが分かる。エンドミルを水酸化ナトリウム水溶液に浸漬して凝着物を除去し、走査型電子顕微鏡 (SEM) ですくい面を観察した。図3に SEM 像を示す。刃先近傍の DLC 膜が剥離していることが分かる。したがって、DLC 膜が剥離し工具母材である超硬が剥き出しになったところが凝着の起点になったと考えられ、過去の研究で実施した2次元切削とエンドミル切削では同様の現象が起きていたと言える。

3.2 ウェット切削結果

ウェットでの溝切削後のエンドミルすくい面のマイクロスコブ像を図4に、SEM 像を図5に示す。図4から、刃先へのアルミニウム合金の凝着量はドライ切削に比べて非常に少ないことが分かる。しかしながら図5より、ドライ切削時より少ないものの DLC 膜が剥離している箇所があることが分かった。すなわち、切削油剤供給によりアルミニウム合金の凝着は抑制されるが、DLC 膜の剥離を完全に抑制することはできていないと言える。このことから、

ウェット切削時の凝着量が減少した理由は、刃先に残存している DLC 膜の効果もあるが、切削油剤の潤滑作用による工具すくい面の低摩擦化の効果の大きいと考えられる。

図6に、ドライ切削時、及びウェット切削時の切りくずを示す。ウェット切削時のほうが切りくずは小さくカールしていることが分かる。また、ドライ切削時の切りくず表面は荒れているが、ウェット切削時の切りくず表面には光沢が認められた。この違いは工具すくい面への凝着発生の違いによるものであり、ウェット切削では切削中ほとんど凝着が生じなかったと言える。図7に切りくずの断面組織写真を示す。(a)、(b)それぞれ上部に示したものが切りくずの全体像であり、下部に示したものが赤い四角で囲った部分の拡大像である。ドライ切削及びウェット切削いずれにおいても、切りくず内部の粒子の分布状況は類似している。切りくず内部に分布する粒子は Si 及び金属間化合物であるが、その大きさは被削材中に分散していたとき(図1)より細かくなり、特定の範囲に集中していることが分かる。粒子は切削時に砕かれて小さな形状となったと考えられる。これらの硬質粒子により DLC 膜の剥離が生じた可能性があると考えられるが、本研究の範囲でそのメカニズムを明らかにすることは困難であるため、今後の課題としたい。



(a) ドライ切削



(b) ウェット切削

図6 ドライ切削及びウェット切削時の切りくず

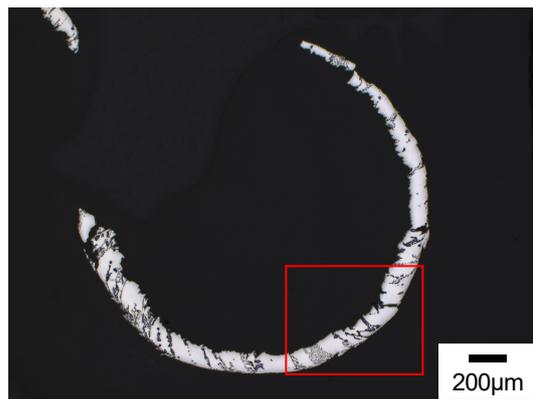
4 まとめ

アルミニウム鋳物 AC2A のエンドミル切削実験を実施して工具への凝着有無を調査し、工具に被覆した DLC 膜の有効性を検証した。その結果、以下の結論を得た。

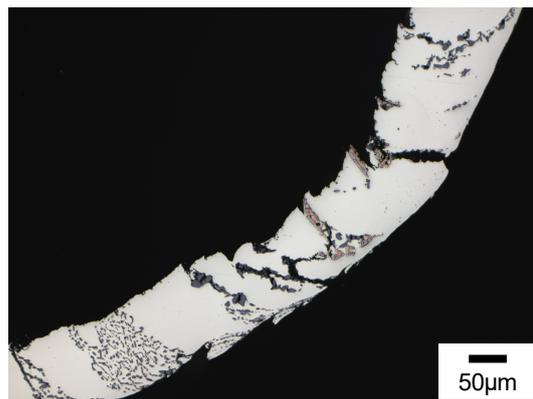
- 1) ドライ切削では刃先から DLC 膜が剥離し、すくい面に凝着が生じた。そのため、DLC 膜の凝着抑制効果はほとんど発揮されなかった。
- 2) 水溶性切削油剤を供給したウェット切削では凝着が大幅に減少したが、刃先の一部から DLC 膜が剥離した。したがって、ウェット切削時に凝着が減少したのは切削油剤の効果が大きいと考えられた。

文献

- 1) T. Yokota *et al.* ; Precision Engineering, 38, P.365 (2014).
- 2) 横田知宏, 澤武一, 横内正洋 ; 精密工学会誌, 81, 6, P.604 (2015).
- 3) 財満鎮雄, ほか ; 軽金属, 33, 3 P.123 (1983).



(a) ドライ切削



(b) ウェット切削

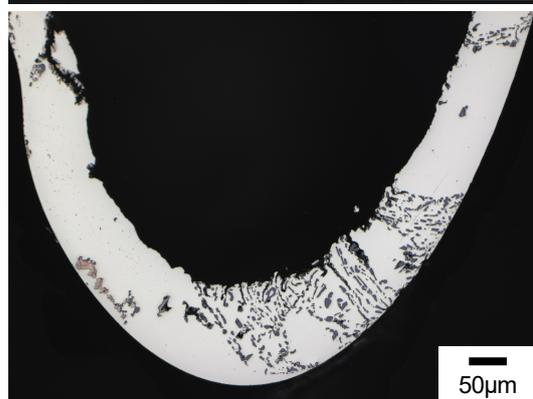


図7 切りくずの断面組織