

超硬およびセラミック工具による焼入れ鋼の正面フライス切削

鹿児島県工業技術センター
機械技術部 岩本竜一

1. はじめに

超硬合金工具およびセラミック工具を用いて焼入れ焼戻し鋼(SLD-MAGIC)の正面フライス切削を行い、工具損傷、切削抵抗について検討したので、以下に報告する。

2. 被削材

被削材は、実験を行う前に CBN 砥石で表面黒皮部を除去し、 $100 \times 60 \times 60\text{mm}$ の寸法に加工した。硬度は HRC60 である。

3. 切削条件および実験方法

実験は三井精機工業(株)の立型マシニングセンター (VS-5A) を使用した。主軸電動機出力は 5.5KW、主軸テーパは BT50 である。被削材は、このマシニングセンターのテーブルの X 軸と被削材の長手方向を一致させて切削動力計 (日本キスラー 9257B) 上に固定した。固定方法を **図1** に示す。図に示すとおり、被削材には切削動力計に固定するための切り欠きを設けてある。工具はカッタの 1 箇所のみに取り付け、カッタ中心と被削材中心を一致させて正面フライス切削し、加工中の切削抵抗を測定した。切削条件を **表1** に示す。工具の損傷はデジタルマイクロスコープ (キーエンス VH-8000) で観察し、工具逃げ面の摩耗幅を適宜測定した。寿命の判定基準は逃げ面摩耗幅 0.2mm とした。

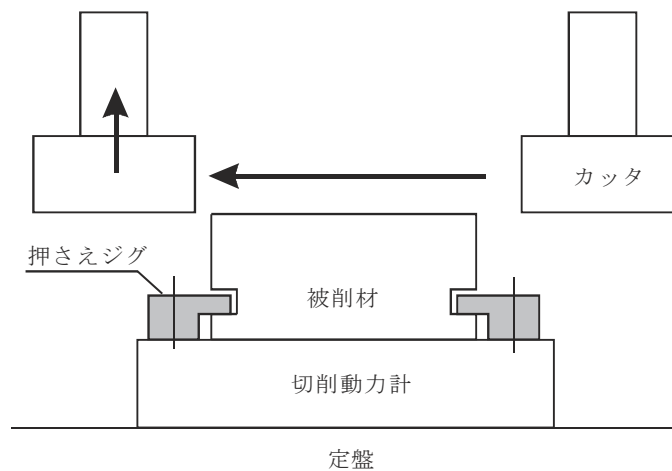


図1 固定方法

表1 実験条件

| | |
|------------------------|--|
| 工具 | 材種 超硬 P30 種, 超硬 K10 種, TiAlN コーテッド [®] 超硬 Ti(C,N)コーテッド [®] 超硬, TiN・AlN コーテッド [®] 超硬 TiN・AlN コーテッド [®] セラミック 呼び記号 SNGN120408 |
| カッタ イケダロイ DNF80R | カッタ直径 80mm, シャンク直径 φ32 ストレート アキシヤルレーキ -5°, ラジアルレーキ -5° アプローチ角 20° エンゲージ角 約 52° |
| 切削速度 | 100m/min (398rpm) |
| 送り速度 | 0.1mm/tooth |
| 切り込み | 0.1mm |
| 切削方向 | センタカッタ |
| 切削油 | 乾式 |

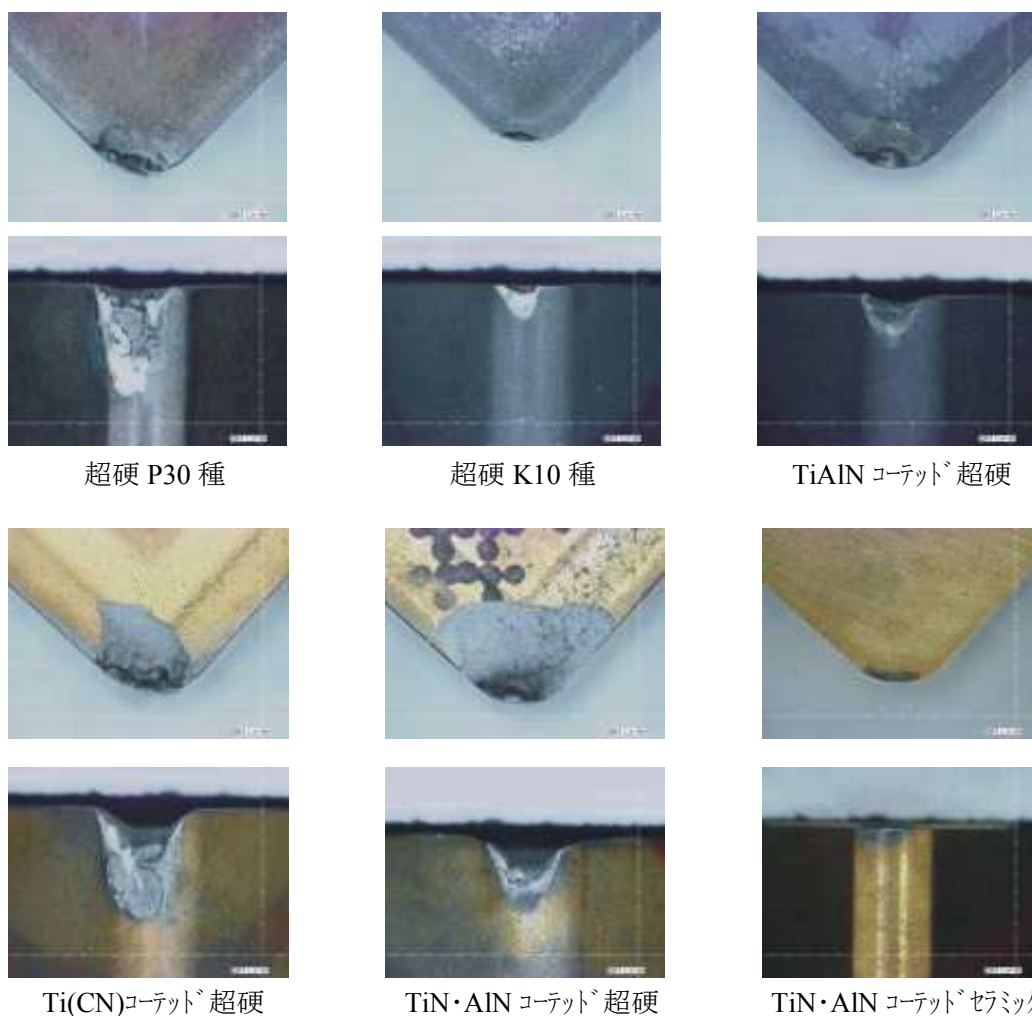
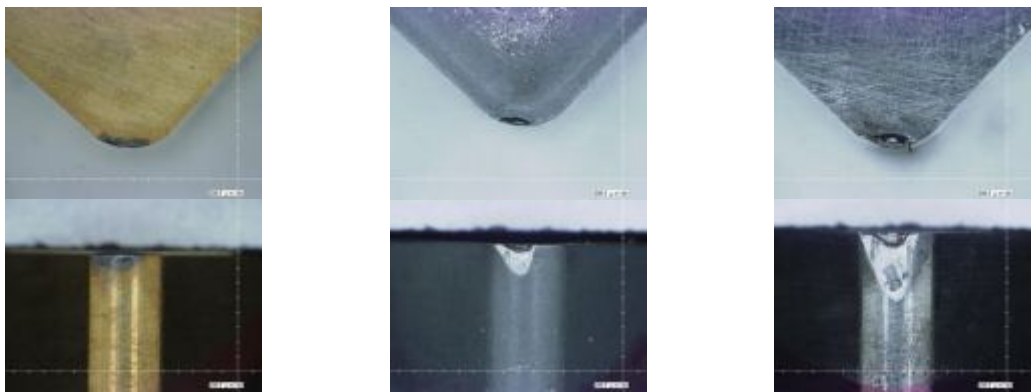


写真1 工具損傷写真 (実切削距離 L=72.5m)

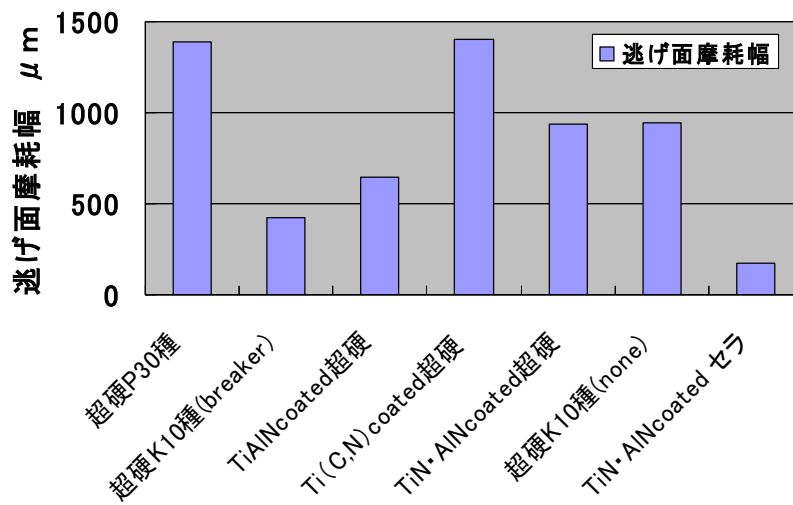


TiN·AlN コーテッドセラミック

超硬 K10 種ブレーカ付き

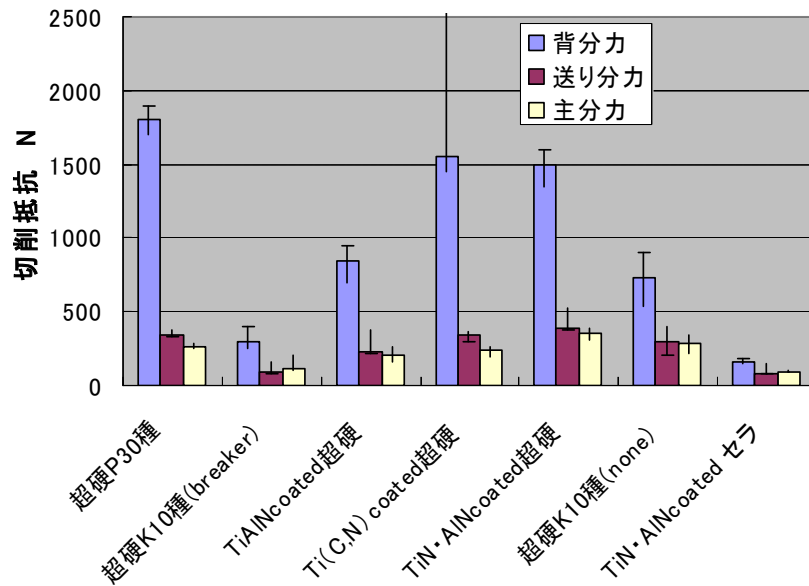
超硬 K10 種ブレーカ無し

写真2 工具損傷観察結果 (形状)



工具種類

図2 逃げ面摩耗幅(実切削距離 L=72.5m 時)



工具種類

図3 切削抵抗(実切削距離 L=72.5m 時)

4. 結果および考察

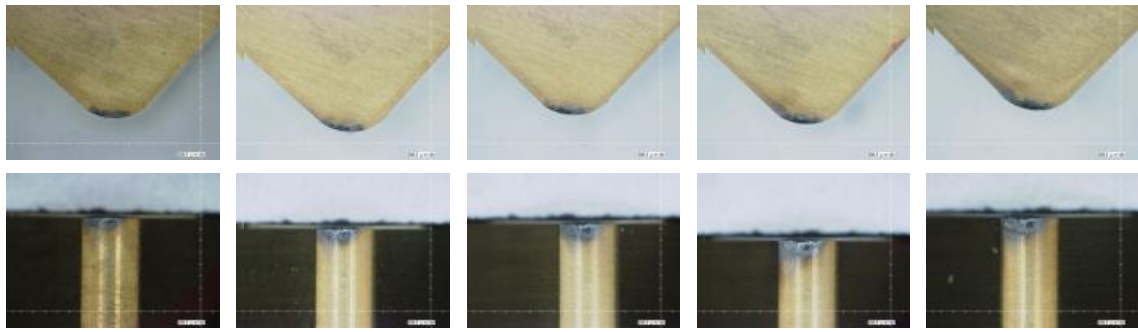
写真1の工具損傷観察結果に示すとおり、TiN・AlN コーテッドセラミック工具を除く超硬工具の寿命は極端に短かった。これら超硬工具の逃げ面およびすくい面には、著しい摩耗または欠損が認められ、切削開始直後に加工不能となった。セラミック工具と同じ TiN・AlN コーティングが施された超硬工具についても、切削開始直後に加工不能となっていることから、このように工具損傷の著しく異なる原因がコーティング皮膜の性能とは考えにくい。皮膜の密着性、工具母材強度の違いまたは工具-被削材間の化学的親和性の違い等の他の要因を考えるのが妥当であろう。

写真の中では、TiN・AlN コーテッドセラミック工具に次いで、超硬 K10 種がやや摩耗が小さい傾向が見られた。供試品の工具の中で TiN・AlN コーテッドセラミック工具のみチャンファ付きで、他は溝形のチップブレーカ付き形状であったため、刃先強度の低下が工具損傷の著しく異なる原因とも考えられる。そこで、チップブレーカ無しの超硬 K10 種についても実験をおこなったが、逆に工具摩耗が著しく進行する結果となった。この観察結果を写真2に示す。また、逃げ面摩耗幅の測定結果を図2に示す。TiN・AlN コーテッドセラミック工具以外の工具は、切削開始直後に工具寿命の一般的な目安となる逃げ面摩耗幅 0.2mm を大きく超えており、当該被削材の加工には不利である。一方、TiN・AlN コーテッドセラミック工具にはチッピングも認められず、逃げ面摩耗幅も小さい。以上の実験結果から、フライス加工のような断続切削にも関わらず、超硬工具よりセラミック工具が優れた加工性能を示す可能性が示唆された。

図3に切削開始直後から実切削距離 $L=72.5\text{m}$ 時までの間の切削抵抗の関係を示す。ここでの切削抵抗値はエアカット時を除いた平均値である。いずれの工具においても、切削抵抗は背分力が一番大きな値を示し、次いで送り分力と主分力の順に小さい値を示した。超硬 K10 種(ブレーカ付き)および TiN・AlN コーテッドセラミック工具以外の背分力は 500N を大きく超え、一部には 1500N を超える場合もあり、切削抵抗が非常に大きいことが分かる。また、図中棒グラフの誤差成分として示した切削開始直後から実切削距離 $L=72.5\text{m}$ 時までの間の切削抵抗の動的変動も非常に大きい。本来、焼入れ焼戻し鋼の切削は、仕上げ加工を念頭に置かねばならないが、このような大きな切削抵抗は製品の変形等を引き起こす原因となる可能性があり、工具寿命の延長が図れたとしても避けるべき加工法であると考えられる。

一方、超硬 K10 種(ブレーカ付き)および TiN・AlN コーテッドセラミック工具の切削抵抗は非常に小さく、特に、TiN・AlN コーテッドセラミック工具については切削抵抗の動的成分も小さい。超硬 K10 種(ブレーカ付き)工具は、切削開始直後は問題ないものの、実切削距離 $L=72.5\text{m}$ 近傍で工具摩耗が原因と推定される切削抵抗の変化と仕上げ面のむしれが発生した。この時点で工具寿命を迎えたと判断できる。

以上の実験結果から、以後、TiN・AlN コーテッドセラミック工具についてのみ継続して切削実験を行った。



L=72m

L=1433m

L=2149m

L=2865m

L=3582m

写真3 工具摩耗観察結果

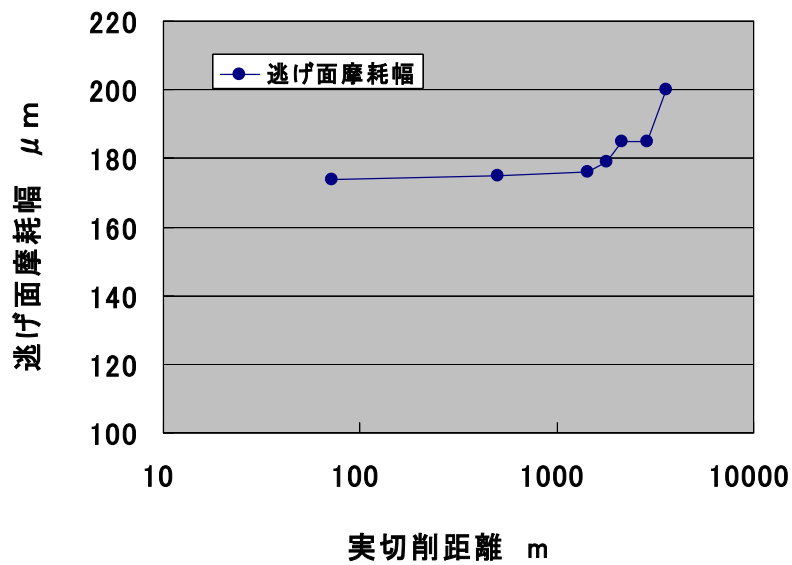


図4 実切削距離と逃げ面摩耗幅の関係

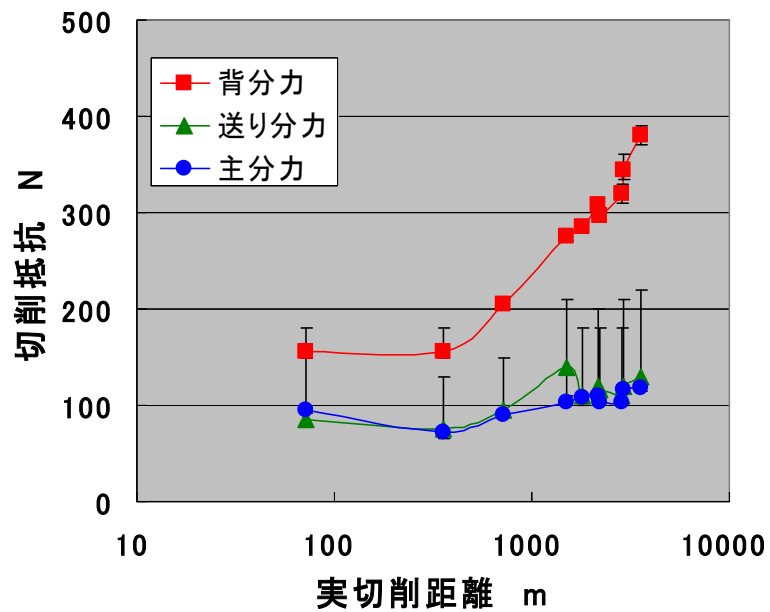


図5 実切削距離と切削抵抗の関係

写真3に工具摩耗観察結果を示す。また、図4に実切削距離と逃げ面摩耗幅の関係を示す。逃げ面摩耗幅は、切削開始直後に $170\ \mu\text{m}$ 程度まで急激に増加するが、その後摩耗の進行速度は緩やかで、チッピング等も認められない。この結果、TiAlN コーテッドセラミック工具の寿命は、他の超硬工具に比べて非常に長く、実切削距離 3500m を超えて逃げ面摩耗幅が工具寿命判定基準を超えた。仕上げ面には若干むしれ等は認められるものの、工具としてはまだ切削可能な状態であった。

図5に実切削距離と切削抵抗の関係を示す。切削開始直後の背分力は 180N 程度でほとんど変化しないが、実切削距離 $L=1000\text{m}$ 付近から増加し、工具寿命判定基準を超えた付近で 400N 弱程度となった。一方、送り分力と背分力はいずれも 100N 程度の値を示し、切削開始直後から工具寿命までの間、ほとんど変化しなかった。これらの値は、図3に示した切削開始直後の他の超硬工具の切削抵抗値よりも遙かに小さい。TiAlN コーテッドセラミック工具は、実切削距離が伸びても安定した加工が可能であった。

5. まとめ

今回、行った実験の範囲では TiAlN コーテッドセラミック工具の性能が、他の各種超硬工具に比べ優れていることが分かった。