

超硬工具によるステンレス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 市来浩一 湯之上 翼

1. はじめに

超硬合金工具を用いてステンレス鋼(SUS304, 316)の正面フライス切削を行い、工具損傷、加工面粗さ、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

使用した被削材は産業技術総合研究所 中国センターからの試供品である。

被削材は、実験を行う前に CBN 砥石で表面黒皮部を除去し、 $100 \times 63 \times 63\text{mm}$ の寸法に加工した。この後、ペーパーおよびバフ研磨を行い、硬度の測定と組織の観察を行った。被削材である SUS304 および SUS316 の硬度は、明石製作所(株)ビッカース硬さ計 AVK(S48年製)で測定した結果、それぞれ Hv270, Hv230 であった。金属組織の顕微鏡観察結果を写真1に示す。



SUS304



SUS316

写真1 顕微鏡観察結果 (×100)

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。このマシニングセンターのテーブルの長手方向 (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た。切削条件を表1に示す。なお、カッタの送りは被削材の途中までとし1パス毎に送り量を 0.3mm 減らした。切削時間はエアカットの時間を含むカッタの移動時間とした。

表 1 切削条件

| | | | |
|------------------------|--------------|--------------------------------|-------|
| 工具 | 材種 | TiAlN コーテッド [※] 超硬 | AH120 |
| | | 超硬 K10 種 | TH10 |
| | | 超硬 P30 種 | A30 |
| | | Ti・AlN 多層コーテッド [※] 超硬 | EH20Z |
| | 呼び記号 | SNGN120408 | |
| カッタ イケダロイ DNF80R | カッタ直径 | 80mm | |
| | シャンク | φ 32 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 | 150m/min | | |
| 送り速度 | 0.15mm/tooth | | |
| 切り込み | 0.5mm | | |
| 切削方向 | センタカット | | |
| 切削油 | 乾式 | | |

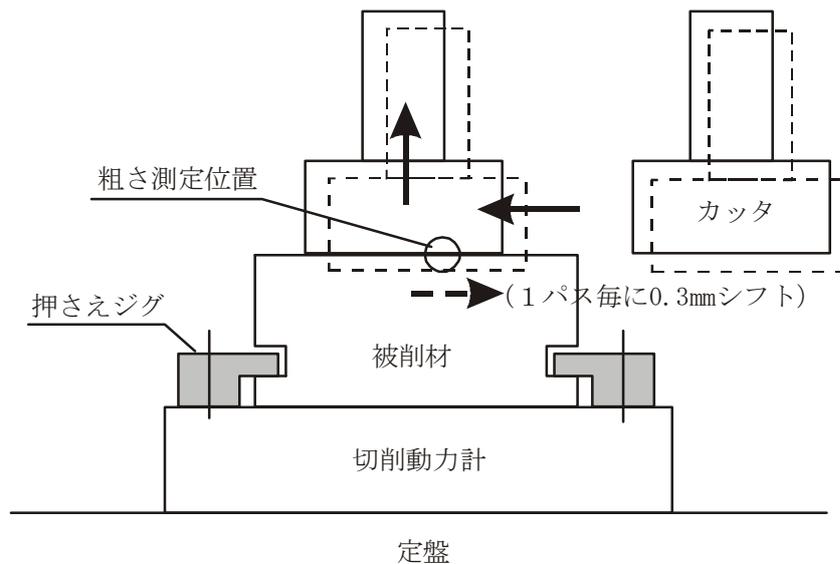
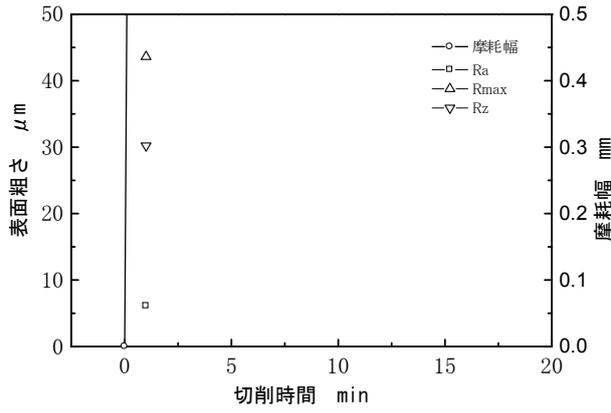
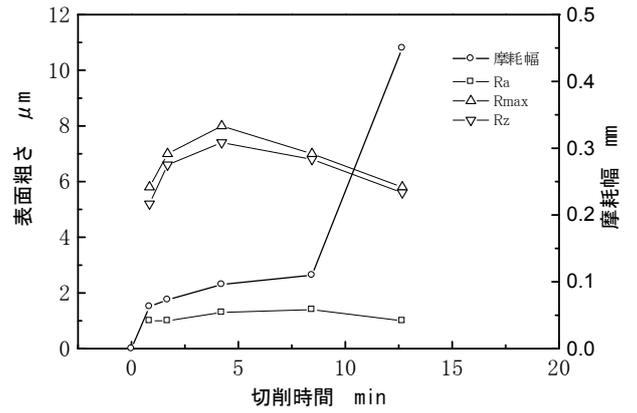


図 1 固定方法

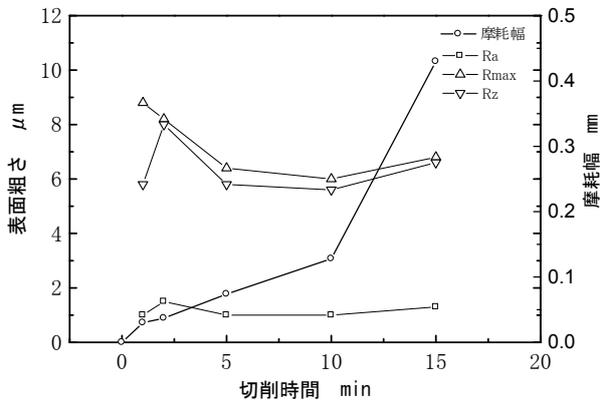
加工後の加工面粗さは、ポータブル式の表面粗さ測定機（ミットヨ サーフテスト 401）を用いて図中の○部を機上で測定した。工具の損傷は工場顕微鏡（ニコン 7VL）で観察し、工具逃げ面の摩耗幅を数パス毎に測定した。寿命の判定基準は逃げ面摩耗幅 0.2mm とした。



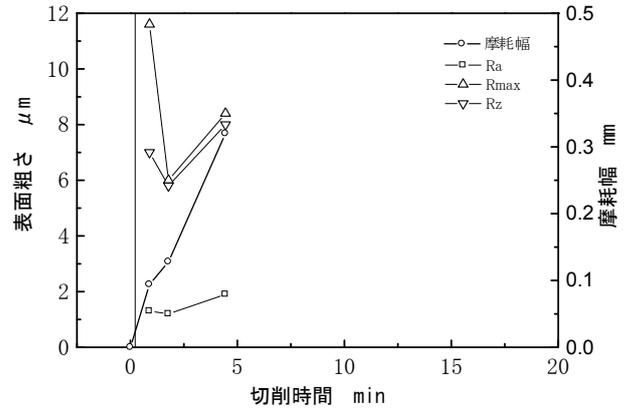
超硬 K10 種



超硬 P30 種

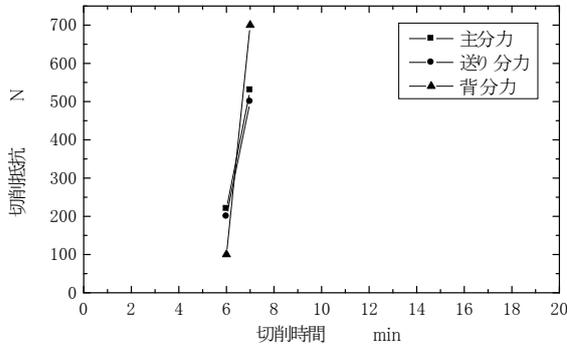


TiAlN コーテッド超硬

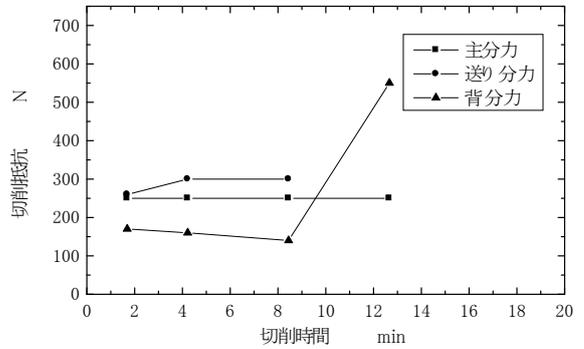


Ti·AlN 多層コーテッド超硬

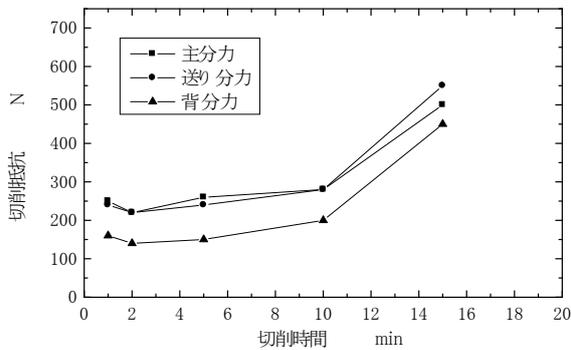
図2 切削時間と表面粗さおよび逃げ面摩耗幅の関係 (SUS304)



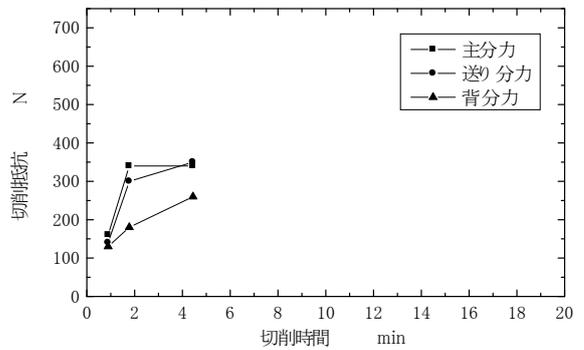
超硬 K10 種



超硬 P30 種



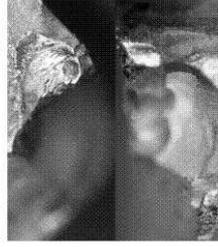
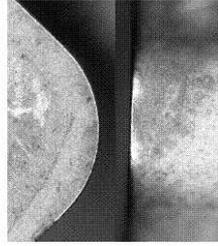
TiAlN コーテッド超硬



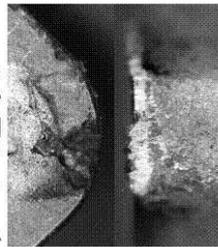
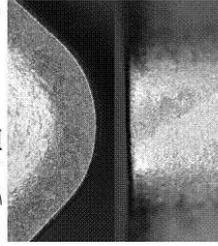
Ti·AlN 多層コーテッド超硬

図3 切削時間と切削抵抗の関係 (SUS304)

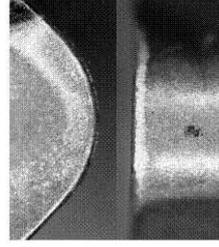
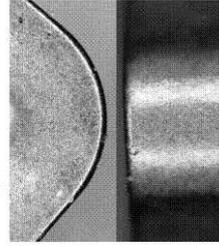
超硬K10種



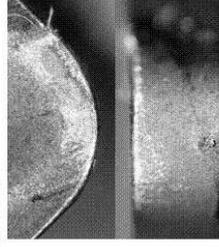
Ti·AlN多層コーテッド超硬



超硬P30種



TiAlNコーテッド超硬



NEW

1パス

2パス

5パス

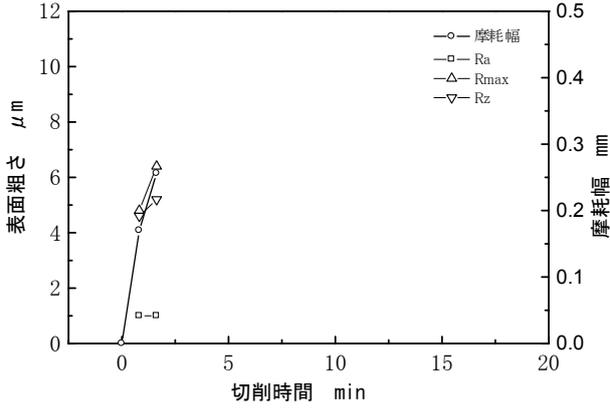
10パス

15パス

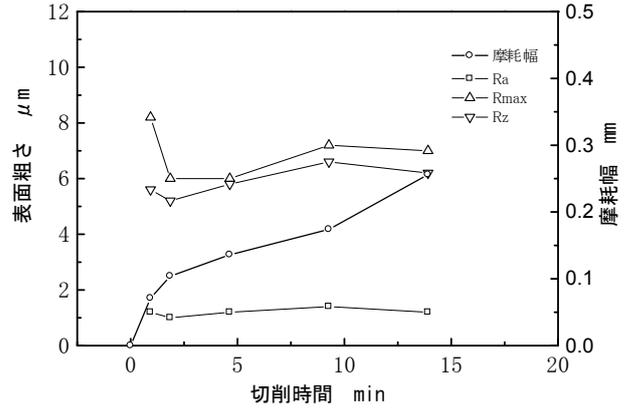


1mm

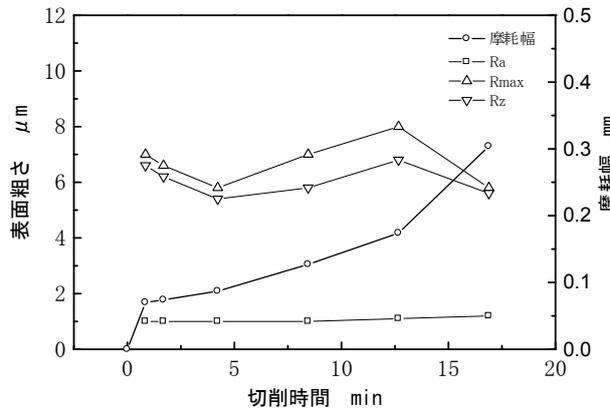
写真2 工具摩耗観察結果(SUS304)



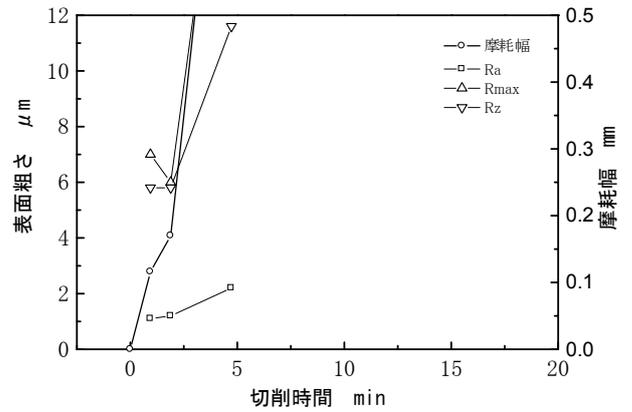
超硬 K10 種



超硬 P30 種

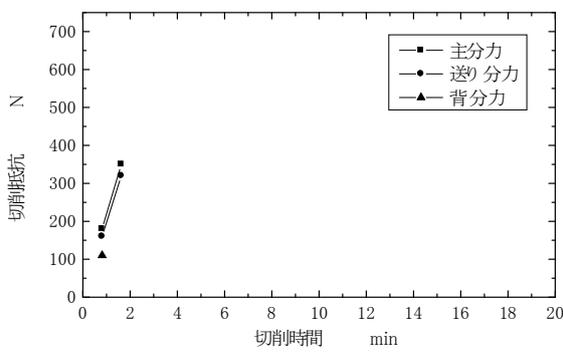


TiAlN コーテッド超硬

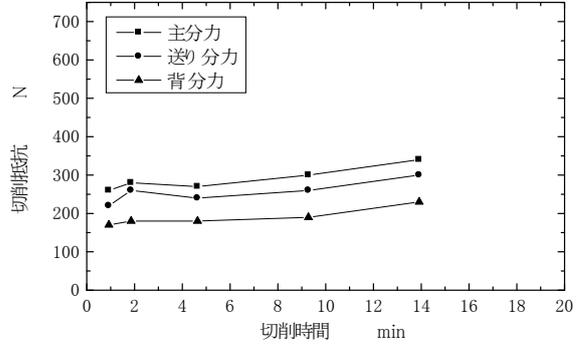


Ti·AlN 多層コーテッド超硬

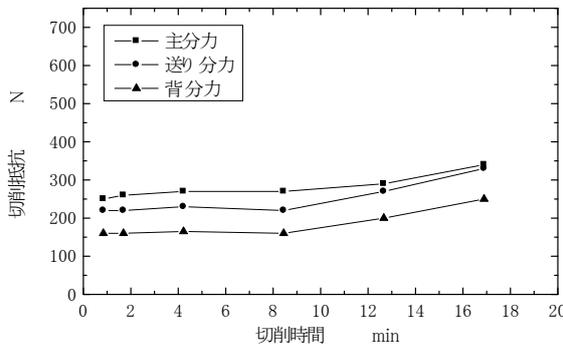
図 4 切削時間と表面粗さおよび逃げ面摩耗幅の関係 (SUS316)



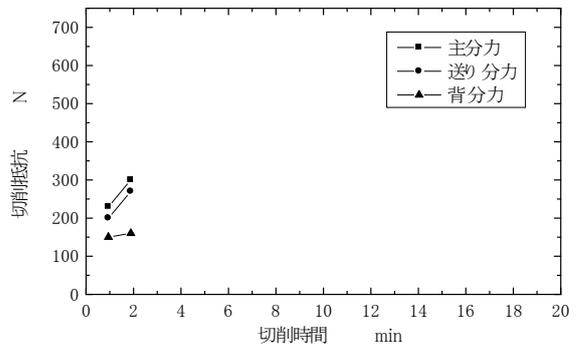
超硬 K10 種



超硬 P30 種



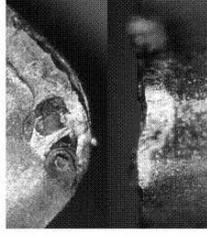
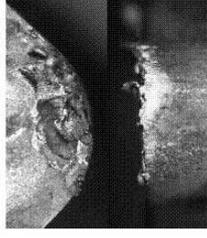
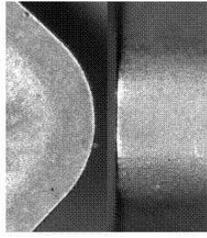
TiAlN コーテッド超硬



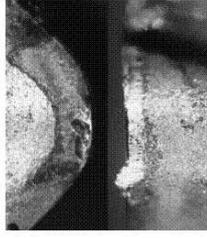
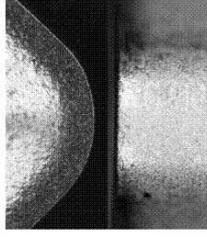
Ti·AlN 多層コーテッド超硬

図 5 切削時間と切削抵抗の関係 (SUS316)

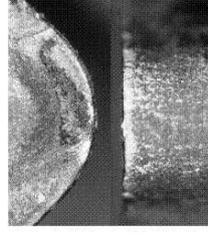
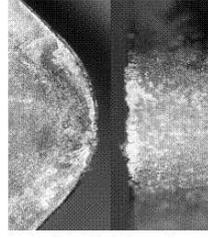
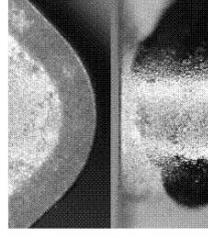
超硬K10種



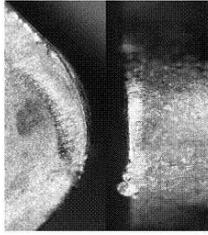
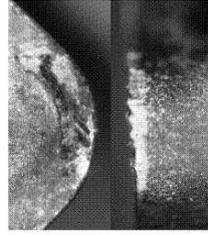
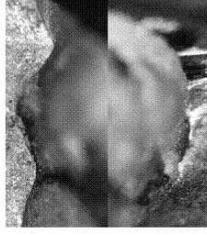
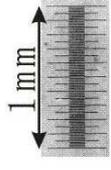
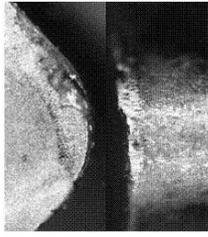
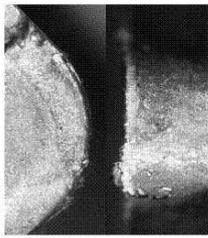
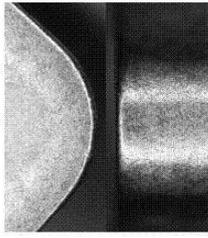
Ti・AlN多層コーテッド超硬



超硬P30種



TiAlNコーテッド超硬



NEW

1パス

2パス

5パス

10パス

15パス

20パス

写真3 工具摩耗観察結果(SUS316)

4. 結果および考察

4. 1 SUS304 の場合

使用した全ての工具において、流れ形の切りくずが得られた。切りくずが赤熱したり、火花が出るようなことはなかった。工具が新品時には、工具材種の違いによる切りくずの形態に大きな差異は見られなかったが、全体的に工具が寿命に近づくと切りくずが長くなる傾向が見られた。超硬 K10 種は特に切りくずが長くなった。また、工具寿命直前には、切りくずの工具刃先への凝着が見られた。

図 2 に切削時間と表面粗さおよび逃げ面摩耗幅の関係を示す。また、写真 2 に工具摩耗観察結果を示す。工具寿命は超硬 K10 種が一番短い。次いで Ti・AlN 多層コーテッド超硬であった。両者の寿命は非常に短く、1～数パスで大きく欠損してしまった。SUS304 のフライス切削には不向きであると考えられる。超硬 P30 種と TiAlN コーテッド超硬の寿命は同程度であるが、やや TiAlN コーテッド超硬の方が長寿命であった。工具の摩耗形態は、逃げ面のすり減り摩耗が主体で境界摩耗は見られなかった。クレータ摩耗などのすくい面への大きな摩耗も認められなかった。結果として、母材が K 種（超硬 K10 種、Ti・AlN 多層コーテッド超硬）より P 種（超硬 P30 種、TiAlN コーテッド超硬）の方が寿命の点で有利で、工具のコーティングが寿命に及ぼす影響は小さいことが分かった。被削面の表面粗さは、切削開始直後に工具寿命に達する超硬 K10 種および Ti・AlN 多層コーテッド超硬を用いた場合では大きな値を示しバラツキも大きい。一方、超硬 P30 種と TiAlN コーテッド超硬を用いた場合、本実験での理論粗さ $3.5 \mu\text{m}$ に比べて 2 倍程度 ($R_{\text{max}} \approx 6 \sim 8 \mu\text{m}$) の値で安定している。この原因として、粗さ曲線に一刀毎のカッターマークが明瞭に確認でき、また、粗さ曲線に高周波成分が乗っていることも確認されることから、工具刃先に見られる凝着などによるもの、あるいは、表面粗さの測定を機上で行ったために、工作機械の振動を高周波成分のノイズとして拾ったとも考えられるが明らかではない。

図 3 に切削時間と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、切削抵抗は主分力と送り分力がほぼ同程度の値を示し、背分力が一番小さい値を示した。過去に実施した焼き入れ鋼 (HPM31) やチタン合金 (Ti-6Al-4V) を被削材とした正面フライス実験では、背分力が一番大きな値を示しておりこの点が特徴的に異なる。超硬 K10 種、Ti・AlN 多層コーテッド超硬では、切削開始直後の切削抵抗は小さいが、すぐに大きくなり工具寿命に達している。一方、超硬 P30 種、TiAlN コーテッド超硬は、主分力および送り分力が 300N 弱、背分力が 200N 弱で安定している。この間の工具摩耗は穏やかに進行しており定常摩耗の範囲と考えられる。工具寿命を迎え工具摩耗が急激に大きくなると切削抵抗も大きくなる。

4. 2 SUS316 の場合

切りくずの形態は流れ形で、SUS304 の場合と大きな差異は見られなかった。全体的に工具が寿命に近づくと切りくずが長くなる傾向は同様であった。

図 4 に切削時間と表面粗さおよび逃げ面摩耗幅の関係を示す。また、写真 3 に工具摩耗観察結果を示す。SUS304 の場合と同様に、工具寿命は超硬 K10 種が一番短く、次いで Ti・AlN 多層コーテッド超硬であった。超硬 P30 種と TiAlN コーテッド超硬の寿命は同程度であるが、やや TiAlN コーテッド超硬の方が長寿命であった。SUS316 の場合の方が SUS304 よりやや工具寿命が長い結果となった。工具の摩耗形態も SUS304 と大差ない。被削面の表面粗さは、切削開始後数パスで工具寿命に達する超硬 K10 種の 1 パス目が一番良い結果となったが、やはり工具寿命が短いため実用的ではないと思われる。

図 5 に切削時間と切削抵抗の関係を示す。SUS304 の場合と同様に、主分力と送り分力がほぼ同程度の値を示し、背分力が一番小さい値を示す。短寿命である超硬 K10 種、Ti・AlN

多層コーテッド超硬の切削抵抗は切削開始直後すぐに大きくなるが、超硬 P30 種、TiAlN コーテッド超硬は、SUS304 の場合と異なり工具寿命を迎えても切削抵抗は急激に大きくならない。

5. 結論

ステンレス鋼 (SUS304, SUS316) を超硬工具を用いて正面フライス切削し、工具損傷、加工面粗さおよび切削抵抗について検討した結果、以下のことが明らかになった。

1. 本実験の範囲では、超硬 P 種、特に TiAlN コーテッド超硬を用いて加工した場合が、工具寿命の点で最も良好であった。
2. 工具に大きな損傷が無い限り、加工面粗さは切削時間の増加に対しほぼ一定を示した。
3. 主分力と送り分力は 300N 弱程度でほぼ同じ値を示し、背分力は主分力や送り分力より小さく 200N 弱程度を示した。