

エックス X's ミルステンレス用の特長と使い方

Milling performance of X's-mill for Stainless Steel

キーワード

高 Ni 基合金、高速・高能率加工、ステンレス用コーティング、エコ & ECO、
高能率溝加工

機械工具事業部工具技術部

釣谷 洋輔

1. はじめに

近年、難削材の加工は、航空機産業を中心に増加の傾向にある。これら難削材といわれる高 Ni 基合金は溶着性が高く加工硬化性が高いため、非常に遅い速度で加工するのが普通だった。

しかし、エコ & ECO 加工を考えた場合、これらの難削材と呼ばれるものに対しても、加工エネルギーの低減をねらった高能率加工が要求されることは当然のことである。

昨年来、当社が提唱してきた、「エコ (Economy=経済性) & ECO (Ecology=環境)」を可能にしたコーティング超硬ソリッドエンドミル「X's ミルステンレス用」を商品化したので紹介する。

写真 1 は、X's ミルステンレス用の外観形状である。

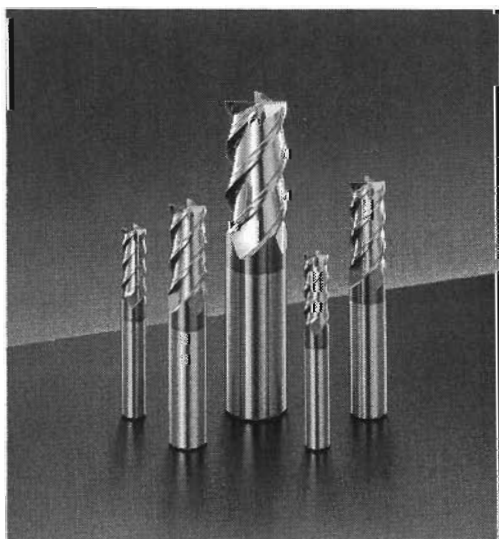


写真 1 X's ミルステンレス用の外観

2. X's ミルステンレス用の特長

X's ミルステンレス用は、低切り込み高送りでの高 Ni 基合金の側面加工や、オーステナイト系ステンレス鋼の側面及び溝加工に対応することをねらって開発した超硬コーティングソリッドエンドミルである。

主な特長は、以下のとおりである。

- ① 切削速度 80m/min 以上の高速・高能率加工が可能
- ② 1D までの溝加工が可能
- ③ 倒れの少ない高精度な加工を実現

3. 開発のポイント

前記の特長を具現化するため、X's ミルステンレス用は下記の点にポイントを置いて開発した。

3.1 X's ミルステンレス用のコーティング

当社が独自に開発した TiAlN 系の複合超多層膜で、

- ① 下地層は、母材との密着性の良い TiN 膜を施し、密着性を高めた。
- ② 中間層は、TiAlN 系膜を超多層とすることにより、耐摩耗性と靱性のバランスを高めた。
- ③ 最上層は、耐溶着性を向上させた膜構造としている。

の特長を有する。

3.2 X's ミルステンレス用の超硬母材

高 Ni 基合金を加工する際に求められる母材特性は、

- ① 硬度が高く、耐摩耗性に優れる。
- ② コーティング層がなくなった後でも、耐溶着性に優れる。

ことである。そこで、X's ミルステンレス用の超硬母材には、コバルト量が5%と少なく、94HRAの硬さを持つ微粒系超硬合金を採用している。この合金は、低コバルトだが、破壊じん性値は比較的高いという特性を持っている。

3.3 X's ミルステンレス用の形状

X's ミルステンレス用は低切り込み、高送りへの対応として剛性が高く切削抵抗が小さくなるような溝形状を採用している。ねじれ角を45°と大きく、かつ、高すくい角を採用することにより抜群の切れ味を得ている。また、溝加工時の切りくずの排出性を向上するため、深めの底刃ガッシング形状を採用し、1Dまでの溝加工を可能とした。

4. X's ミルステンレス用の寸法範囲と切削条件

表1にX's ミルステンレス用の寸法範囲、表2に基準切削条件を示す。

表1 X's ミルステンレス用の寸法範囲

VAN XSSUS[直径]
LIST 9314

単位:mm

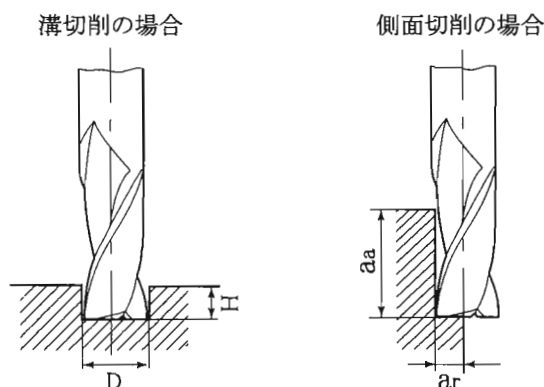
直径 D	刃長 ℓ	全長 L	ジャンク径 d	在庫
3	8	45	6	●
4	11	45	6	●
5	13	50	6	●
6	13	50	6	●
7	16	60	8	●
8	19	60	8	●
9	19	70	10	●
10	22	70	10	●
12	26	75	12	●
14	26	90	16	△
16	32	90	16	●
18	32	100	20	△
20	38	100	20	●

△は特殊品対応です。

表2 X's ミルステンレス用の基準切削条件

被削材 切削条件 外径 mm	ステンレス鋼 SUS304, SUS316 など		耐熱合金 インコネル 18 など		チタン合金 Ti-6Al-4V など	
	回転数 min ⁻¹	送り mm/min	回転数 min ⁻¹	送り mm/min	回転数 min ⁻¹	送り mm/min
3	8500	510	4000	220	5300	320
4	6400	310	3000	230	4000	320
5	5100	530	2400	230	3180	330
6	4200	540	2000	250	2650	340
8	3200	590	1500	250	2000	370
10	2500	600	1200	280	1600	380
12	2100	600	1000	280	1330	380
16	1600	560	750	250	1000	350
20	1300	490	600	220	800	300
切り込み	aa	1.5D	1.5D		1.5D	
	ar	0.12D	0.08D		0.08D	
	H	0.3D	0.2D		0.2D	

1. 水溶性切削油を給油しながら切削してください。
2. 溝切削の場合、回転数を側面切削の30%以下として下さい。



1. 軟式切削の場合は回転数と送り速度をそれぞれ70%にしてください。
2. ワークや機械により振動や異音が発生するときは、状況に応じて切削条件を変更してください。

5. X's ミルステンレス用の切削性能

次に、X's ミルステンレス用による加工事例を紹介する。

5.1 オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 の高速加工

図1, 写真2は SUS304 を X's ミルステンレス用 $\phi 10\text{mm}$ で加工したときの他社 TiAlN エンドミルとの比較である。加工条件は、切削速度 $83\text{m}/\text{min}$ (2650min^{-1})、送り速度 $560\text{mm}/\text{min}$ ($0.053\text{mm}/\text{刃}$) $aa=10\text{mm}$, $ar=1.25\text{mm}$ である。

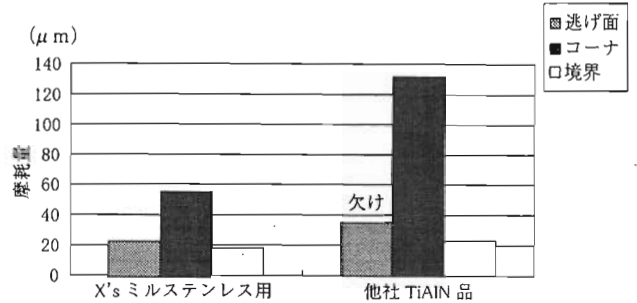
X's ミルステンレス用は、 50m 加工後の逃げ面摩耗量が 0.02mm と小さく、その成長も非常に遅い結果が得られた。それに対し他社エンドミルは外周刃に欠けが生じ、バリの発生の原因となっている。

また、加工中の音も非常に小さくスムーズなのに対し、他社エンドミルは、うなり音が高く切れ味の差が歴然である。

5.2 オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 の溝加工性能

図2は SUS304 を X's ミルステンレス用 $\phi 10\text{mm}$ で溝加工したときの他社 TiAlN エンドミルとの比較で

ある。加工条件を、切削速度 $35\text{m}/\text{min}$ (1100min^{-1})、送り速度 $150\text{mm}/\text{min}$ ($0.034\text{mm}/\text{刃}$) $aa=10\text{mm}$ として、切り込みを暫増させてテストを行った。X's ミルステンレス用は 1D まで安定した切削が可能だが、他



加工条件

工具寸法 $\phi 10\text{S4}$

回転数 2.650min^{-1} ($83\text{m}/\text{min}$)

送り速度 $560\text{mm}/\text{min}$ ($0.053\text{mm}/\text{刃}$)

被削材 SUS304

切り込み $aa=10\text{mm}$ $ar=1.25\text{mm}$

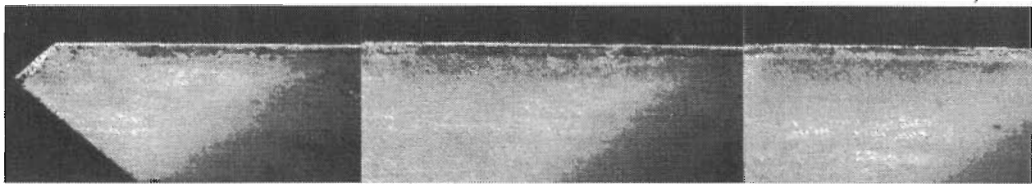
切削方向 ダウンカット

切削油剤 水溶性エマルジョン

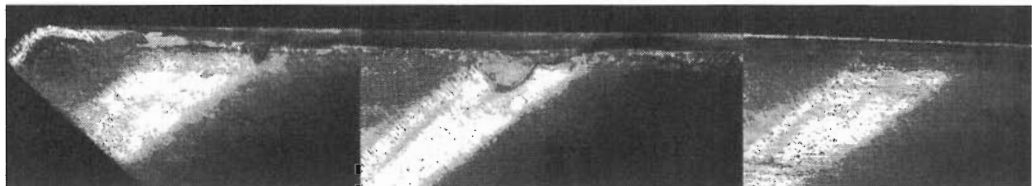
使用機械 立型 NC フライス盤

図1 SUS304 を 50m 加工後の摩耗量

X's ミルステンレス用



他社 TiAlN



加工条件

工具寸法 $\phi 10\text{S4}$

回転数 $2,650\text{min}^{-1}$ ($83\text{m}/\text{min}$)

送り速度 $560\text{mm}/\text{min}$ ($0.053\text{mm}/\text{刃}$)

被削材 SUS304

切り込み $aa=10\text{mm}$ $ar=1.25\text{mm}$

切削方向 ダウンカット

切削油剤 水溶性エマルジョン

使用機械 立型 NC フライス盤

写真2 SUS304 を 50m 加工後のエンドミルの状態

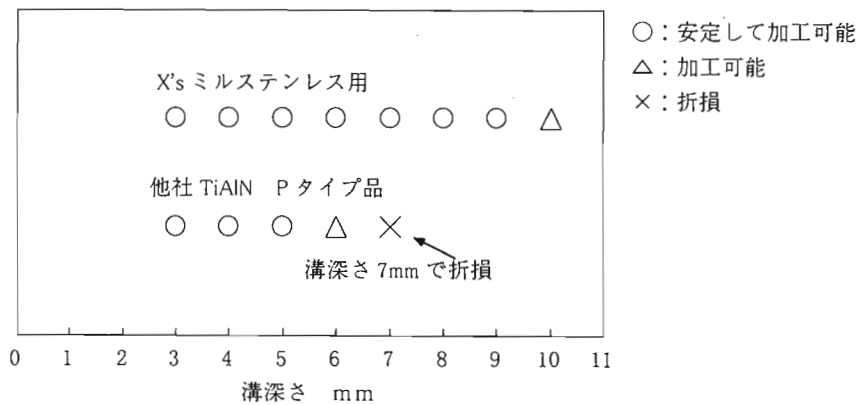
社エンドミルは早期にコーナに刃欠けが発生し、0.7Dの深さで折損した。深めの底刃ガッシング角の効果が出ている。

5.3 耐熱鋼インコネル718の加工性能

写真3は耐熱鋼インコネル718をX'sミルステンレス用φ12mm(4枚刃)で加工したときの他社TiAlNハイヘリ(3枚刃)との比較である。

加工条件は切削速度 38m/min (1000min⁻¹) , 1 刃

当たりの送り量は 0.034mm/刃, aa=10mm, ar=1mmである。インコネル718の加工時に特に問題となるバリは、X'sミルステンレス用が3m加工後も全く無く良好な加工を続けているのに対し、他社ハイヘリは、2.2m加工後で0.6mmのバリが発生した。切れ刃の損傷状態も他社ハイヘリでは寿命である。難削材専用の形状、材料、およびコーティングの効果が見られている。



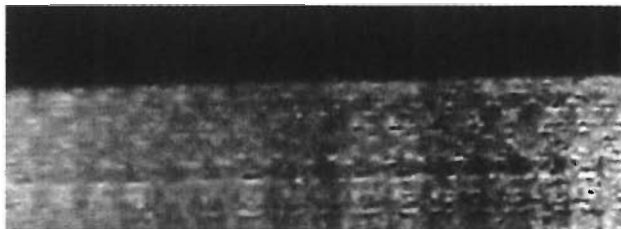
加工条件

工具寸法	φ10S4	切り込み	ar=10mm (溝加工)
回転数	1,100min ⁻¹ (35m/min)	切削油剤	水溶性エマルジョン
送り速度	150mm/min (0.034mm/刃)	使用機械	立型 NC フライス盤
被削材	SUS304		

図2 溝入れ限界加工テスト結果

【3m 加工後】

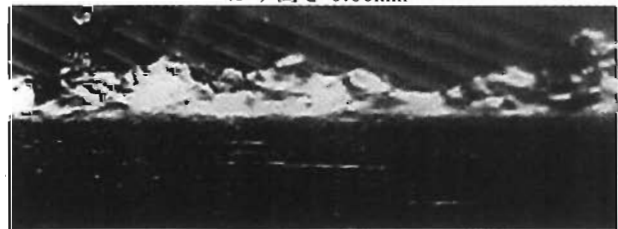
バリなし



X's ミルステンレス用

【2.2m 加工後】

バリ高さ 0.60mm



他社 TiAlN50° ハイヘリ

加工条件

工具寸法	φ12S4	切り込み	aa=10mm ar=1mm
回転数	1,000min ⁻¹ (38m/min)	切削方向	ダウンカット
送り速度	320mm/min (0.034mm/刃)	切削油剤	水溶性エマルジョン
	240mm/min (mm/刃)	使用機械	立型 NC フライス盤
被削材	インコネル 718 (40HRC)		

写真3 インコネル718を加工したときのバリの比較

6. おわりに

今回紹介した X's ミルステンレス用は、ステンレスから INCONEL などの難削材の高精度、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、工程の短縮を実現し生産性の向上をはか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行きたい。