

NACHI-BUSINESS

Machining news

Vol. **4B1**
August/2004



■ 新商品紹介

高速高能率加工用エンドミル

「GS MILLハード」

GS MILL Hard

High-speed, Highly-efficient End Milling

〈キーワード〉 住友電工ハードメタルとの協業
直彫り加工・GS ハードコート・高速高能率加工
耐酸化性

機械工具事業部/ラウンドツール技術部

五島 康

要 旨

商品ライフサイクルの短期化や国際価格競争に対応するため、加工能率および加工精度の向上、加工コストの低減が求められている。特に、金型加工業では、超硬エンドミルによる焼き入れ材の高速高能率直彫り加工が広く普及している。

NACHIは、住友電工ハードメタルと、金型加工の世界標準エンドミル「GS MILLシリーズ」を協同開発し、2002年から加工能率向上と加工コスト低減のための提案を行ってきた。

今回、両社が各々得意とする材料・コーティング・設計解析技術を結集して、加工能率を一段と向上させた「GS MILLハード」を開発した。切削速度800m/minという世界最速領域の高速高能率加工を可能にしたエンドミルである。

Abstract

Machining efficiency, improvement in machining accuracy and reduction of machining cost are required in order to deal with a shorter product life cycle and to compete in price internationally. In the machining of tooling, high-speed, highly-efficient direct milling of the hardened material with carbide end mills has become widely popular.

Nachi has developed the world-standard end mills, GS Mill Series, for machining of tooling jointly with Sumitomo Electric Hard Metal Co., Ltd. and has been presenting measures for improving machining efficiency and reducing machining cost.

We have converged the material, coating and design/analysis technologies where both companies excel and developed a new product, GS Mill Hard in order to complete the GS Mill Series and to further improve the machining efficiency. GS Mill Hard is the high-speed, highly-efficient end mill with the cutting speed of 800m/min that is in the fastest speed range in the world.

1. 切削速度800m/min

高速高能率加工用エンドミル”GS MILLハード”は、優れた耐熱・耐摩耗性および耐チップング性を有しており、高硬度焼き入れ材の直彫り加工から生材の高速加工まで、幅広いアプリケーションに対応可能なエンドミルである。

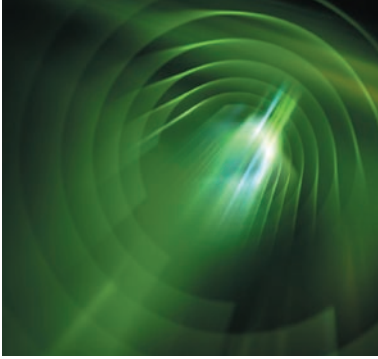
新しく開発した超々微粒子系低コバルト超硬合金と、超アルミリッチなAl-Ti-Cr系積層コーティング”GSハードコート”により、切削速度800m/minもの超高速加工に耐えうる優れたパフォーマンスを実現した。

さらに、切りくず排出性と工具剛性を両立した断面形状、コーナー部の摩耗を抑制する独自の刃先形状により、長時間の高速加工において安定した切削性能を発揮する。

写真1に外観写真を示す。



写真1. GS MILLハードの外観



2. GS MILLハードの特長

(新開発の超々微粒子系低コバルト超硬合金を採用)

GS MILLハードの材料は、住友電工ハードメタルと協同開発の超々微粒子系低コバルト超硬合金により、硬度と剛性を大幅に向上させた。図1にGS MILLハード用超々微粒子系低コバルト超硬合金のコバルト含有率と硬度のグラフを示す。

一般に超硬合金は耐摩耗性の指標である硬さを増すと、耐欠損性の指標である抗折力が低下するという相反する性質を持っている。超々微粒子系低コバルト超硬合金は、炭化タングステン粒径を $0.3\mu\text{m}$ まで微細化することで、結合材であるコバルト含有率を少なくして、耐欠損性を損なわずに硬度と剛性の向上を達成した。母材強度を高めることで、超高速切削中に発生するミクロな塑性変形を抑制し、耐久性を向上した。

母材の耐摩耗性の向上は、エンドミルの長寿命化につながっている。

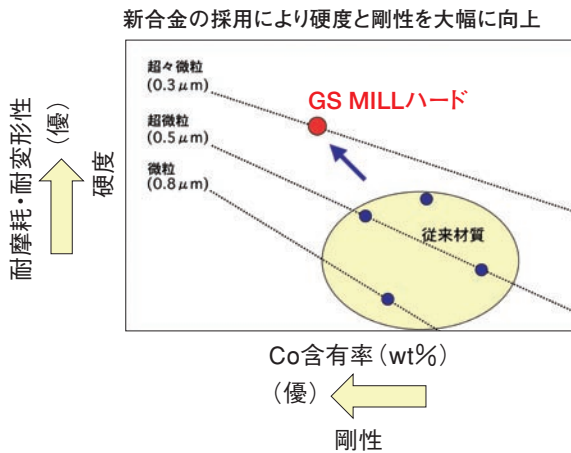


図1. GS MILLハードの材料特性

(超アルミリッチなAl-Ti-Cr系積層コーティング "GSハードコート")

高硬度焼き入れ材の超高速加工では、切削中の温度は $800^{\circ}\text{C}\sim 900^{\circ}\text{C}$ あるいはそれ以上の高温に達する。高温下では膜の酸化が急速に進み、膜破壊につながる。工具の耐久性の指標である耐摩耗性能は、膜の耐熱性、耐酸化性と密接に関連している。この切削熱に耐えるため、 1100°C での耐酸化性を、従来のTiAlN系コーティングの3倍以上に高めることにより、超高速加工における耐熱・耐摩耗性能を飛躍的に向上させた。

写真2に膜の断面構造を示す。

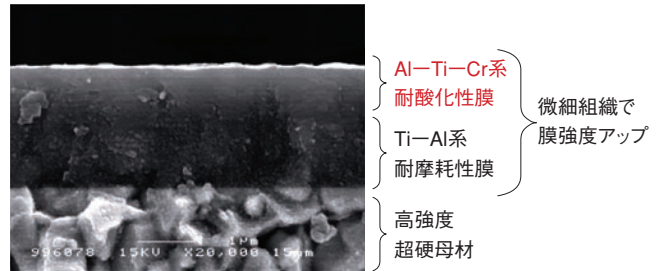


写真2. GSハードコートの断面構造

GSハードコートは、Ti-Al系耐摩耗性膜の上にAl-Ti-Cr系耐酸化性膜を積層させ、かつ膜組織を微細化することで、膜強度および超硬母材との密着性を高め、高速高温切削下における膜破壊を防止している。

四元素にすることにより、従来膜では達成できなかった耐酸化性・密着性・耐摩耗性を確保することができた。今後、他の切削工具への応用が期待できる。

写真3にGSハードコートと従来のTiAlN系コーティングの耐酸化性評価試験結果を示す。

大気中1100°C-1時間保持後、カロテストにより膜の酸化層を調査した。従来のTiAlN系コーティングは酸化層が約1 μ mに達したのに対し、GSハードコートは僅か0.3 μ mの範囲にとどまり、耐酸化性の高さを示した。

また、写真4に示すとおり、GSハードコートは膜表面の^{※3}マクロパーティクルの発生を抑制し平滑性を向上させたことで、切削中の摩擦抵抗を低減するとともに、耐溶着性を向上し切りくず離れを良くしている。

大気中1100°C-1時間保持後のカロテスト痕

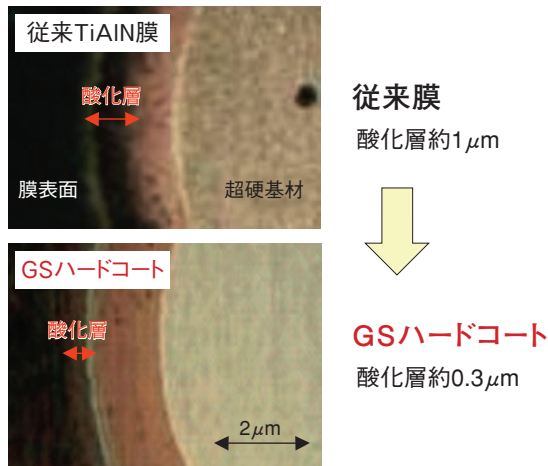


写真3. 耐酸化性評価試験結果

(GS MILLハードの形状)

GS MILLハードは、図2に示すように独自の断面形状の採用で、切りくず排出性と工具剛性を両立させることができた。溝形状を滑らかな中凹曲線にすることで、切りくずの流出を円滑にし排出性を向上するとともに、刃溝の溝底付近の応力集中を緩和している。また、^{※4}切れ刃ランド幅を大きくすることで工具剛性が向上し、超高速切削時のたわみやびびりを抑制し、きれいな加工面が得られる。

3次元のCAE解析結果によれば、工具剛性は40%程度向上していることが確認された。さらに、切れ刃コーナー部に特殊処理を施すことにより、高硬度焼き入れ材の加工で、とくに問題となるエンドミル先端部のコーナー部分のチッピングや摩耗の進行を抑え、安定した加工を実現した。

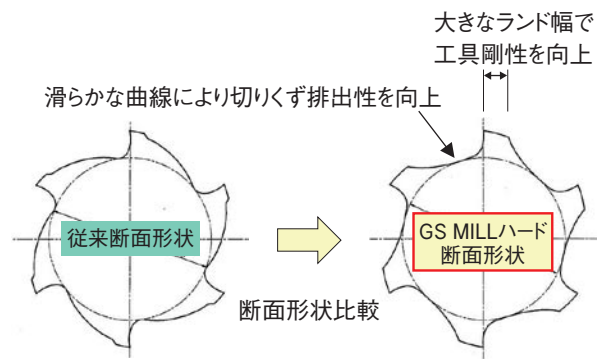
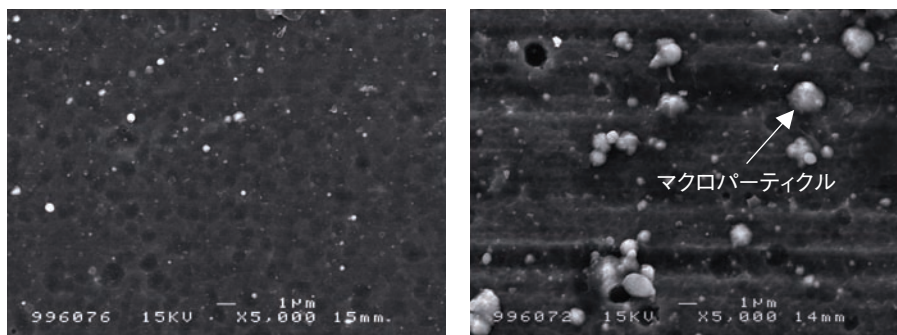


図2. GS MILLハードの断面形状



GSハードコート

従来TiAlNコート

写真4. GSハードコートの膜表面

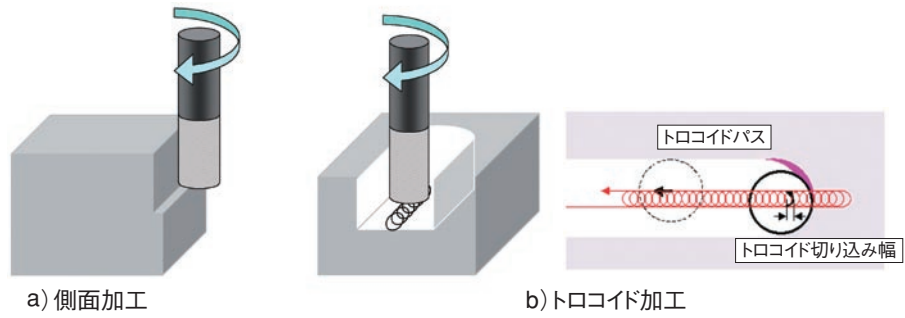


図3. 加工形態

3. GS MILLハードの切削性能

(SKD11〈60HRC〉の高速切削)

GS MILLハードは、主に焼き入れ金型鋼などの図3に示すような側面加工、トロコイド加工を高効率で行なうことを目指している。

図4にSKD11の高速側面加工における切削性能を示す。φ10mm6枚刃のエンドミルでSKD11〈60HRC〉を切削速度70m/min、送り速度900mm/min、

切り込み量 $aa=10\text{mm}$ 、 $ar=0.1\text{mm}$ 、切削長70mを加工したときの工具摩耗量の比較事例である。

他社高硬度鋼用エンドミルはコーナー部の摩耗が大きく進行しているのに対し、GS MILLハードはコーナー摩耗量は0.1mm以下と、2/3以下の摩耗量であった。

外径	10mm
被削材	SKD11〈60HRC〉
加工方法	側面加工
切削速度	70m/min
送り速度	900mm/min
切り込み	$aa=10\text{mm}$ $ar=0.1\text{mm}$
切削長	70m
切削油剤	DRYエアブロー

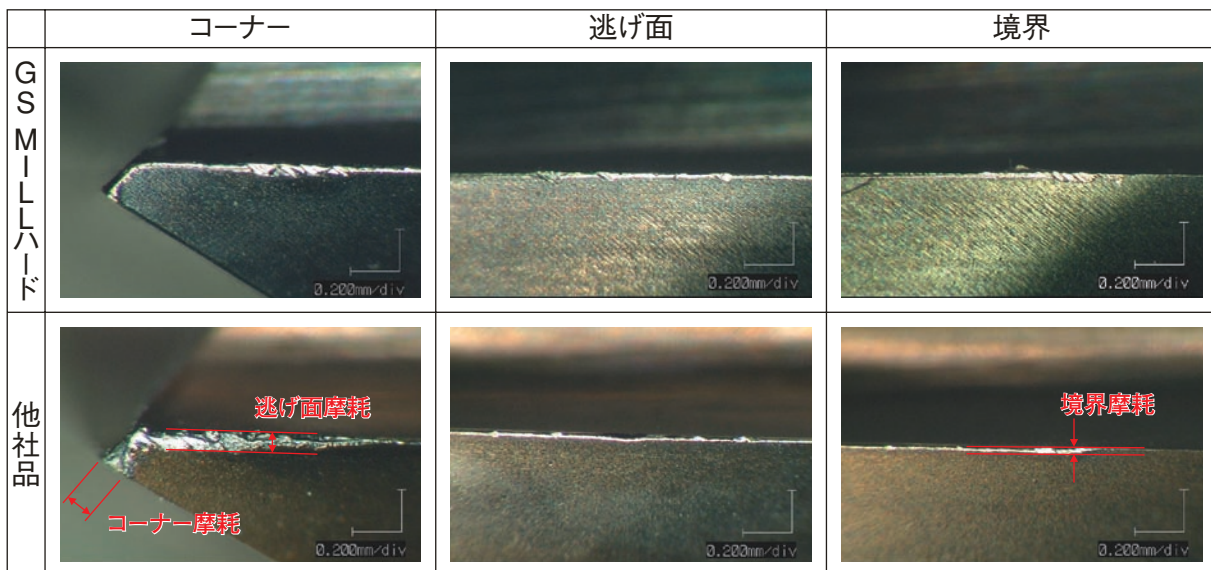
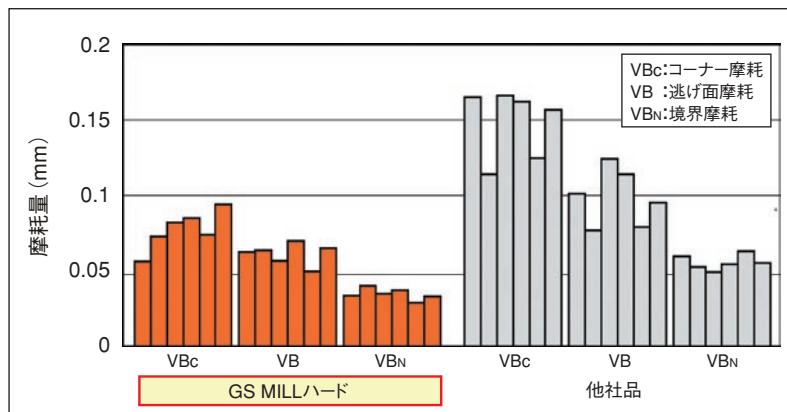


図4. GS MILLハードによるSKD11の高速加工における切削性能

(SKD61 <53HRC>の超高速加工)

図5にSKD61の超高速加工における切削性能を示す。 $\phi 10\text{mm}$ 6枚刃のエンドミルでSKD61 <53HRC>を切削速度 $800\text{m}/\text{min}$ 、送り速度 $10,500\text{mm}/\text{min}$ 、切り込み量 $aa=10\text{mm}$ 、 $ar=0.2\text{mm}$ 、切削長 75m を加工したときの工具摩耗量の比較である。

他社高硬度鋼用エンドミルはコーナー摩耗量で約 0.15mm に達しているのに対し、GS MILLハードは切れ刃全域にわたって 0.05mm 以下の摩耗量であり初期摩耗の状態である。高強度な超々微粒子超合金と高剛性断面形状の採用により、コーナー部のマイクロチップングを抑制し長寿命を実現している。

外 径	10mm
被 削 材	SKD61 (53HRC)
加工方法	側面加工
切削速度	800m/min
送り速度	10,500mm/min
切り込み	aa=10mm ar=0.2mm
切 削 長	75m
切削油剤	DRYエアブロー

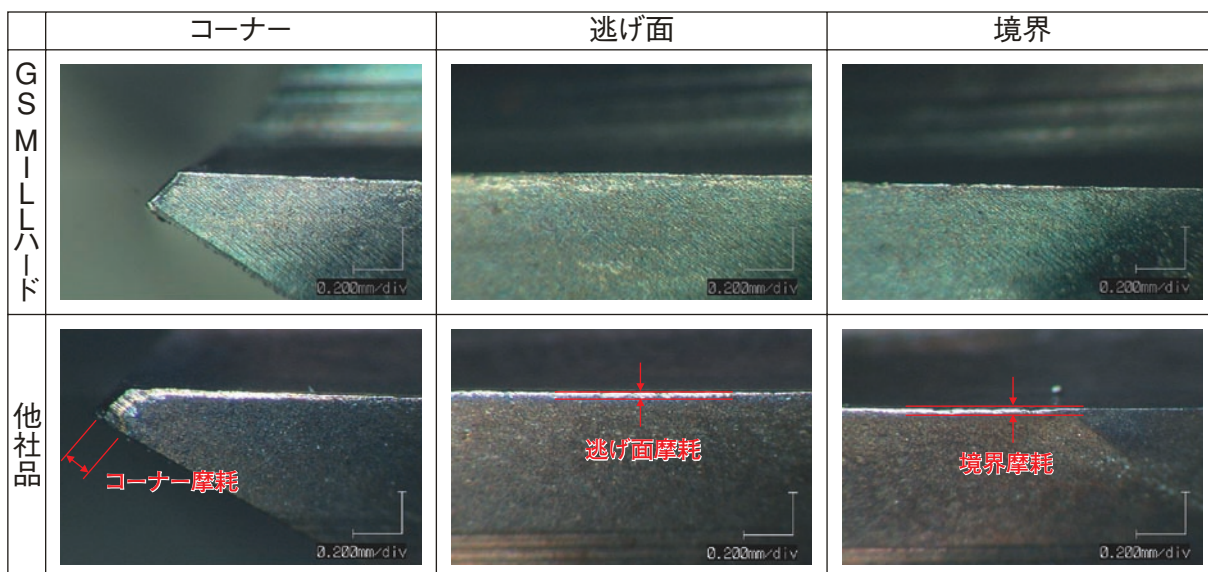
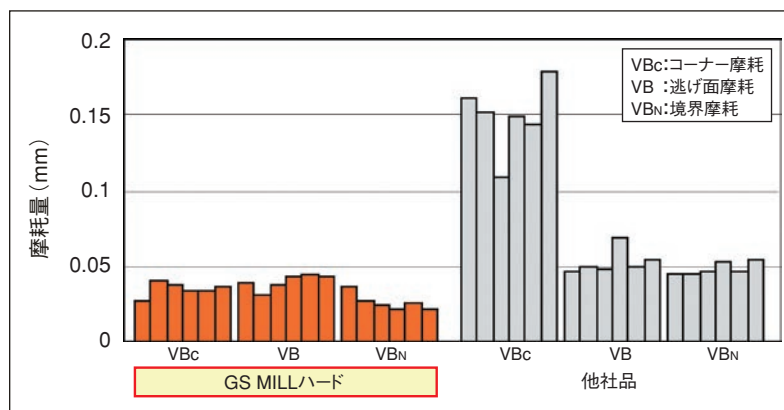


図5. GS MILLハードによるSKD61の超高速加工における切削性能

(S50C〈200HB〉の超高速加工)

図6にS50Cの超高速切削における切削性能を示す。 $\phi 12\text{mm}$ 6枚刃エンドミルでS50C〈200HB〉を切削速度 $1,000\text{m}/\text{min}$ 、送り速度 $15,000\text{mm}/\text{min}$ 、切り込み量 $aa=12\text{mm}$ 、 $ar=0.24\text{mm}$ 、切削長 100m を加工したときの工具摩耗量の比較である。

他社高硬度鋼用エンドミルはコーナー近傍部が大きく摩耗し、切削不能な状態であった。それに対し、GS MILLハードはコーナー摩耗量で約 0.1mm 程度と損傷は軽微である。GS MILLハードは、高硬度焼き入れ材のみでなく、生材の加工においても優れた性能を有し、広い範囲の被削材への対応が可能である。

外 径	12mm
被 削 材	S50C (200HB)
加工方法	側面加工
切削速度	1000m/min
送り速度	15,000mm/min
切り込み	aa=12mm ar=0.24mm
切 削 長	100m
切削油剤	DRYエアブロー

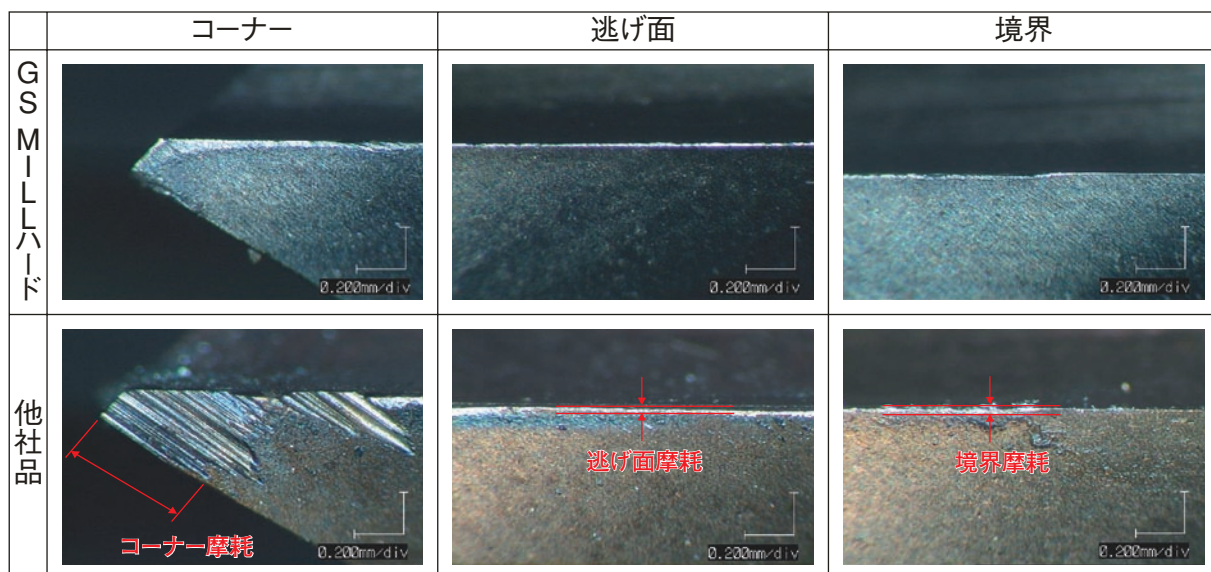
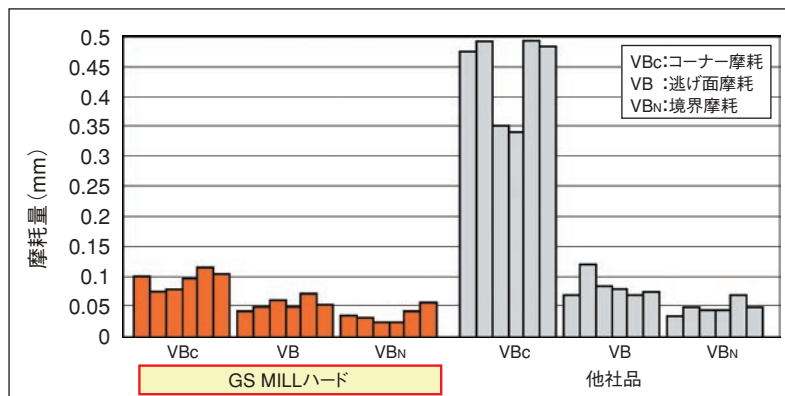


図6. GS MILLハードによるS50Cの超高速加工における切削性能

4. 直彫り高速ミーリングに

GS MILLハードは住友電工ハードメタル(イゲタロイ)との協同による新開発の超硬母材に加え、NACHIオリジナルのコーティングの採用と工具形状の最適化により、高速切削における耐熱・耐摩耗性、耐チップング性を高め、生材から高硬度焼き入れ材までの広い範囲の被削材に対し、高速高能率加工が可能なエンドミルである。

ますます重要性を増す焼き入れ材の直彫り高速ミーリング加工に対して、GS MILLハードは優れた切削性能と高い信頼性により、生産性の向上とコスト低減に大きく寄与できる工具である。

今後も、NACHI・イゲタロイの統一ブランド“GS MILL”を、金型加工の世界標準エンドミルとして、さらにシリーズを充実させて行きたい。

用語解説

※1 超々微粒子

炭化タングステン粒径が0.3 μ m以下の超硬合金。

※2 カロテスト

簡易膜厚測定手法。ダイヤモンドペーストを塗布した銅球を膜表面で転がし、円形状に削りとった膜断面から膜厚を測定する手法。

※3 マクロパーティクル

コーティング表面に付着した粗大粒子。

※4 切れ刃ランド幅

切れ刃からヒールまでの幅。