

NACHI-BUSINESS

Machining news

Vol. **9** B1
November/2005

マシニング事業

■ 新商品・適用事例紹介

Symbio 高精度加工に対応したGS MILLシリーズ
「GS MILLロングネックボール &
GS MILLハードボール」

New Product Introduction --- Symbio
GS Mill Series for High-precision Milling
"GS Mill Long-neck Ball & GS Mill Hard Ball"

〈キーワード〉 高精度1パス加工・深リブ溝加工・GSコート・
直彫り加工・GSハードコート

機械工具事業部/ラウンドツール技術部

五島 康

Yasushi Goshima

新ブランド“Symbio/シンビオ”
人、環境と“共生”し、工作機械とコラボレーション。

株式会社 不二越

要 旨

商品ライフサイクルの短縮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、金型加工業では、超硬エンドミルによる焼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(株)と金型加工の世界標準エンドミル「GS MILLシリーズ」を共同開発し、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、シリーズの充実と、更なる加工能率向上に対応するため、両社の得意とする材料・コーティング・設計解析技術を結集して「GS MILLロングネックボール」と「GS MILLハードボール」を新ブランド「Symbio」として商品化した。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するとともに、ボール形状を工夫し高精度に仕上げることで、粗加工から仕上げ加工まで多様なニーズと進化する加工技術をサポートする。

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 hardened material with carbide end mills has become widely popular.

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

We have combined the material, coating and design/analysis technologies where both companies excel and have developed a new product, the GS MILL Long Neck Ball and GS MILL Hard Ball as a new series under the “Symbio Brand” (New brand name for the reliable small round tool series.). This completes the GS Mill Series and will further improve machining efficiency. The developed end mill is a high-speed, highly-efficient end mill capable of 800 m/min. This is the fastest surface speed in the world.

Furthermore, as the ball nose end mill is precisely ground by NACHI's original technology, this end mill is applicable for various “state of the art” requirements from rough milling to finish milling and can support the most advanced machining technology.

1. 世界標準超硬エンドミル「GS MILL」シリーズ拡充

日本のものづくりを支える産業の一つに金型産業がある。自動車部品や携帯電話、パソコン、ペットボトルなど、身近にある様々なものが金型によって作り出されている。しかし、最近では日本企業の海外への生産シフトや、技術力を高めてきたアジア諸国との価格競争などで、日本国内での生産量減少が深刻な問題となっている。日本の金型産業が生き残るには、付加価値の高い金型の製作、例えば、超短納期の試作型や光学レンズ型などに代表される超精密型など、比重をさらに高めていく必要がある。

GS MILLロングネックボール、GS MILLハードボールは、加工の特性にあわせた最適材料、最適コーティングの採用と、ボール部高精度1パス研削により、金型製作において高速高能率、高精度加工を可能にした。本稿では、GS MILLロングネックボールとGS MILLハードボールの特徴および切削性能について紹介する。

Symbio

シンビオ

人、環境と“共生”し、工作機械とコラボレーション。

2. GS MILLロングネックボールの特長

従来、金型加工での深い位置の加工や深リブ溝加工などは、エンドミルによる加工が困難であり、放電加工に頼ることが多い。しかし、金型の高精度化、短納期化が著しい昨今では、加工法が小径ロングネックエンドミルによる直彫り加工へと移り変わってきている。GS MILLロングネックボールは、ボール部精度の高精度化、外周バックテーパー形状による低切削抵抗化により、高能率・長寿命・高信頼性を達成した。また、ボール寸法と首下長さの組み合わせで153アイテムをとり揃え、あらゆる加工シーンに対応している。

1) 寸法範囲

R0.1×首下0.5mm～R3×首下50mmまで153寸法。図1にGS MILLロングネックボールの外観写真を示す。



図1 GS MILLロングネックボール(外観)

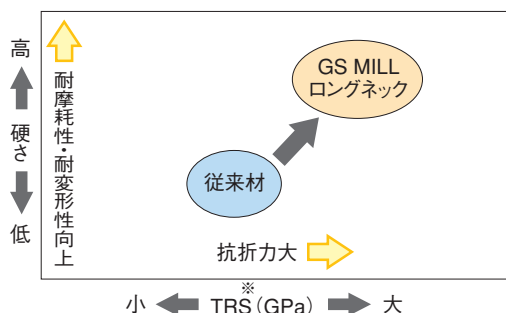


図2 GS MILLロングネックボールの材料特性

※TRS: Traverse Rupture Strength=抗折力

2) GS MILLロングネックボールの材料 (高い抗折力を持つ超微粒子超硬合金を採用)

GS MILLロングネックボールの材料には、硬度と抗折力を高い次元で両立させた超微粒子超硬合金を採用した。精密小型金型の深リブ溝加工などに用いられるエンドミルは、刀具外径Dと、首下長さLの比率L/Dが大きく、工具剛性が必然的に低くなる。切削抵抗が刃先先端部に集中するため、折損の危険が高い工具である。GS MILLロングネックボールは、耐摩耗性の指標である硬さと、耐欠損性の指標である抗折力をバランスよく高めた超微粒子超硬合金により、折れにくく長寿命を達成した。図2にGS MILLロングネックボールの材料特性を示す。

3) GS MILLロングネックボールのコーティング (平滑性に優れたGSコート)

GS MILLロングネックボールには、平滑性に優れたTiAlN系GSコートを採用した。小径エンドミルによる深リブ溝加工では、切くず排出が重要なポイントとなる。GSコートは表面平滑性に優れ、切くずの流れを良くすることで噛み込みを防止し、工具折損および加工面の悪化を抑制する。図3にGSコートの膜性状を示す。

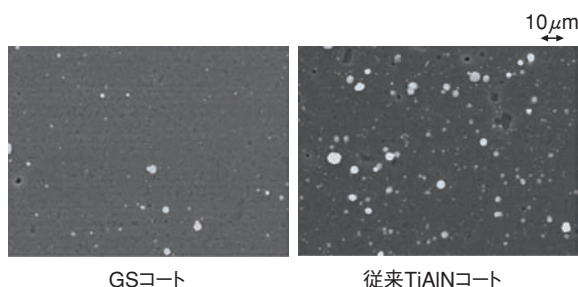


図3 GS MILLロングネックボールの膜性状

4) GS MILLロングネックの形状

GS MILLロングネックボールは、外周刃にバックテーパを設けることで、立ち壁加工時の切れ刃と被削材の接触長さを短くした。結果として、切削抵抗が減少し工具の倒れが抑制され、加工精度向上が可能となった。また、ボール部精度を従来の $20\mu\text{m}$ レンジから $1/2$ の $10\mu\text{m}$ レンジまで精度を高め、かつボール部と外周部を1パス研削することでボール部精度 180° 範囲を保証した。さらに、1パス研削によりボール部と外周部のつなぎ目をなくすことで、この部分の摩耗を抑制し、高精度かつ長寿命が得られる。図4にGS MILLロングネックボールの形状比較を示す。

5) GS MILLロングネックボールの切削性能

図5に、GS MILLロングネックボールによるプレハードン鋼NAK80の側面切削の加工精度比較を示す。ボール半径 $R0.5\text{mm}$ 、首下長さ 12mm のエンドミルでNAK80 (40HRC)を切削速度 $40\text{m}/\text{min}$ 、送り速度

$300\text{mm}/\text{min}$ 、切り込み量 $aa0.2\text{mm}$ 、 $ar0.02\text{mm}$ で側面切削をしたときの加工面精度を比較した事例である。他社エンドミルは加工面の倒れが発生し、首部の干渉による加工面の悪化が観察されるのに対し、GS MILLロングネックボールは倒れ、加工面性状とも良好である。

図6に、GS MILLロングネックボールによるプレハードン鋼NAK80の深リブ溝加工における切削性能を示す。ボール部半径 $R0.5\text{mm}$ 、首下長さ 12mm のエンドミルでNAK80 (40HRC)を切削速度 $50\text{m}/\text{min}$ 、送り速度 $400\text{mm}/\text{min}$ 、軸方向切り込み量 0.03mm 、油性切削油剤使用で深リブ溝加工を行なったときの折損寿命の比較事例である。他社品は折損寿命 800m 以下であったのに対し、GS MILLロングネックボールは、折損寿命 3500m と4倍以上の長寿命であった。この総切削長を時間に換算すると、 146 時間、すなわち6日間以上の連続加工が可能ということになる。

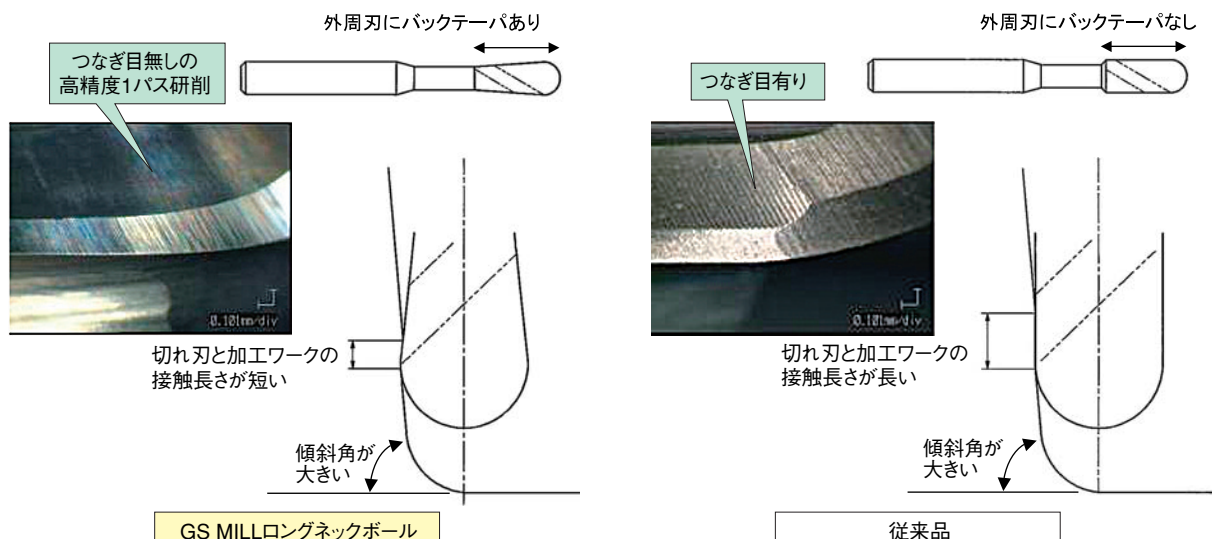


図4 GS MILLロングネックボールの形状比較

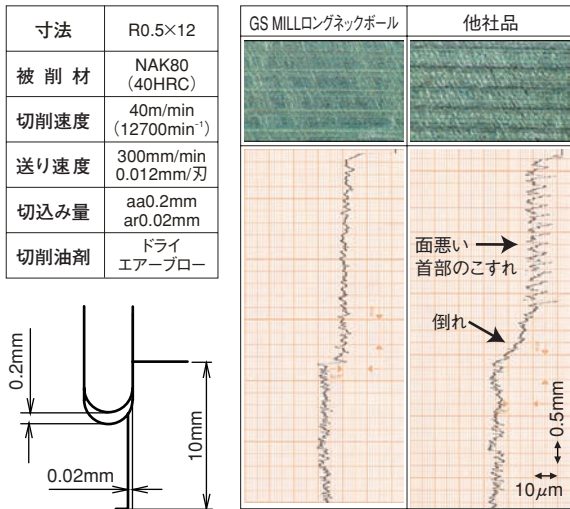


図5 GS MILLロングネックボールによる加工精度比較

切削条件

使用工具：GSLNB2 R0.5×12
 切削速度：50m/min (16,000min⁻¹)
 送り速度：400mm/min (0.0125mm/tooth)
 被削材：NAK80 (40HRC)
 切削油剤：油性
 往復切削：1溝70m
 切削深さ：10mm

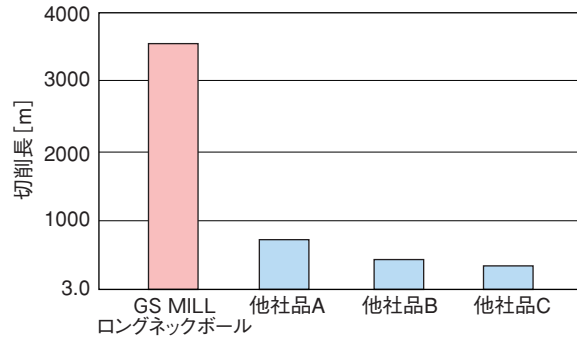
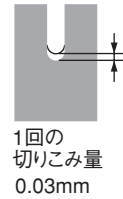


図6 GS MILLロングネックボールの折損寿命比較

3. GS MILLハードボールの特長

金型の複雑な三次元曲面の加工には、従来からボールエンドミルが使用されている。とくに近年では、短納期対応、精度向上の観点から、焼入れ後の材料を、直接削っていく直彫り加工への移行が進んでいる。これに対し、GS MILLハードボールでは、ボール部の高精度1パス研削と、高強度超硬合金および住友電工ハードメタル株式会社との協同開発である新潤滑コーティングの採用により、高速直彫りミリング加工および高精度磨きレス加工に対応する。

1) 寸法範囲

R0.2～R6までの13寸法。図7にGS MILLハードボールの外観を示す。



図7 GS MILLハードボールの外観

2) GS MILLハードボールの材料 (高硬度な超微粒子系低コバルト超硬合金を採用)

GS MILLハードボールの材料には、GS MILLハード(スクエア)と同様に、硬度と剛性を大幅に向上させた超微粒子系低コバルト超硬合金を採用した。この超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とも耐欠損性を損なうことなく硬度および剛性を高めている。母材強度を高めることで、切削加工中に発生するミクロな塑性変形は抑制され、耐久性が向上するとともにきれいな加工面が得られる。図8にGS MILLハードボールの材料特性を示す。

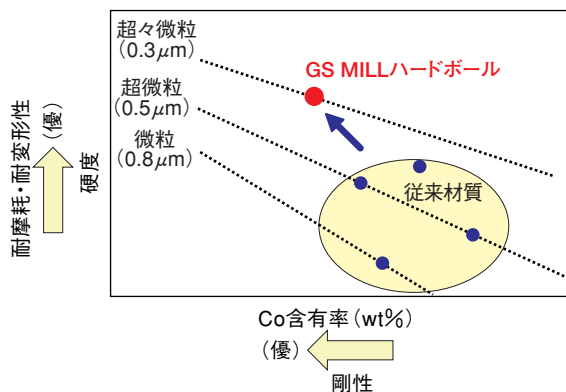


図8 GS MILLハードボールの材料特性

3) GS MILLハードボールのコーティング (新開発の潤滑コーティング)

GS MILLハードボールのコーティングには潤滑性に優れた新開発のGSハードコートを採用した。ボールエンドミルによる三次元曲面加工では、切削に關与する部位により切削速度が異なる。とくに中心チゼル部では、切削速度は極端に遅くなり、被削材の凝着が起りやすく加工面を悪化させてしまう。凝着の発生を抑制するために、GS MILLハードボールのコーティングは、潤滑性に着目し開発を行なった。高硬度化のすすむ金型材に対して、コーティングの耐熱性、耐摩耗性を向上させた。さらに、潤滑機能を高め、凝着を抑制するとともに摩擦抵抗を従来の1/3に抑えることで、長時間にわたる高品位加工が可能となった。図9にGS MILLハードボールのコーティング特性を示す。

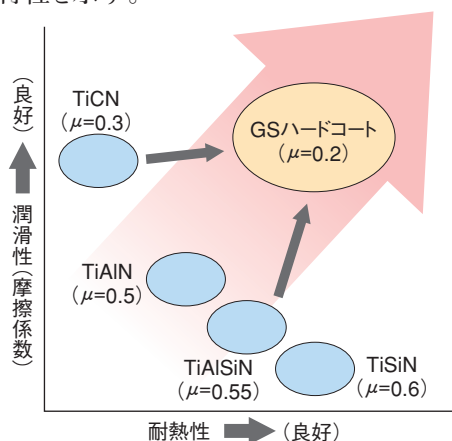


図9 GSハードコートの特性

4) GS MILLハードボールの形状

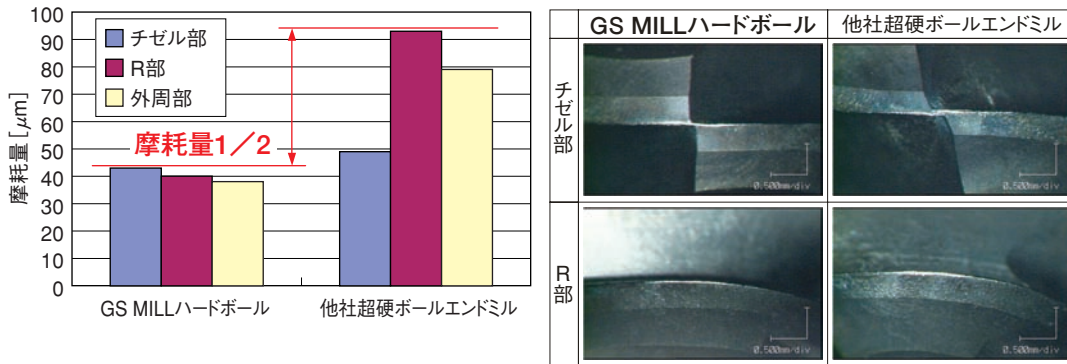
GS MILLハードボールは、高精度金型加工用ボールエンドミル「モールドマイスターボール」と同様に、ボール刃と外周刃を1パス研削することで高い形状精度を確保し、高精度加工を実現している。また、ボール部のエッジは、切れ味と刃先剛性を両立した新設計刃型を採用し、ボール頂点のチゼル部まで良好な切れ味を持ち、加工面の向上に寄与している。

5) GS MILLハードボールの切削性能

図10に、SKD61 (53HRC) の高速加工における切削性能を示す。R3 (φ6) のボールエンドミルでSKD61 (53HRC) を切削速度314m/min、送り速度2,000mm/min、切り込み量aa0.3mm、pf1.8mmで切削長110m加工後の摩耗量の比較事例である。他社の超硬ボールエンドミルは、R部逃げ面摩耗量が0.1mm近くに達しているのに対し、GS MILLハードボールは0.05mm以下であり、約1/2の摩耗量であった。

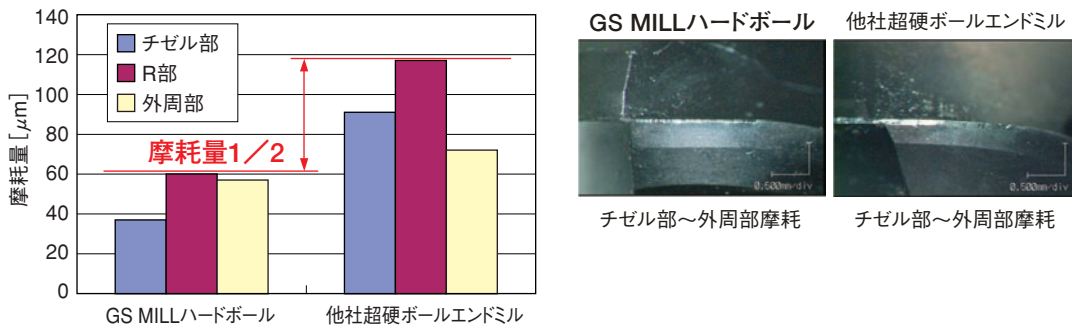
図11にSTAVAX (53HRC) の切削性能を示す。R3 (φ6) のボールエンドミルで、STAVAX (53HRC) を切削速度80m/min、送り速度840mm/min、切り込み量aa、pfとも0.6mmで切削長55m加工後の摩耗量の比較事例である。他社の超硬ボールエンドミルは、チゼル近傍からR部が大きく摩耗しているのに対し、GS MILLハードボールは均一な摩耗形態であり、摩耗量も約1/2と軽微であった。

図12に、SKD11 (60HRC) の底面加工における切削性能を示す。R3 (φ6) ボールエンドミルで、SKD11 (60HRC) を切削速度65m/min、送り速度414mm/min、切り込み量aa、pf0.3mmで切削長60m加工後の摩耗量の比較事例である。他社の超硬ボールエンドミルは境界摩耗が0.1mm以上であるのに対し、GS MILLハードボールは0.05mm以下と損傷が軽微である。



超硬エンドミル	寸法	被削材	切削速度	送り速度	切り込み	備考
GS MILLハードボール	R3	SKD61 (53HRC)	314m/min (16660min ⁻¹)	2,000mm/min (0.06mm/刃)	aa=0.3mm pf=1.8mm	DRY 縦形MC
他社超硬ボールエンドミル						

図10 GS MILLハードボールの切削性能 (SKD61)



超硬エンドミル	寸法	被削材	切削速度	送り速度	切り込み	備考
GS MILLハードボール	R3	STAVAX (53HRC)	80m/min (7000min ⁻¹)	840mm/min (0.06mm/刃)	aa=0.6mm pf=0.6mm	水溶性 縦型MC
他社超硬ボールエンドミル						

図11 GS MILLハードボールの切削性能 (STAVAX)

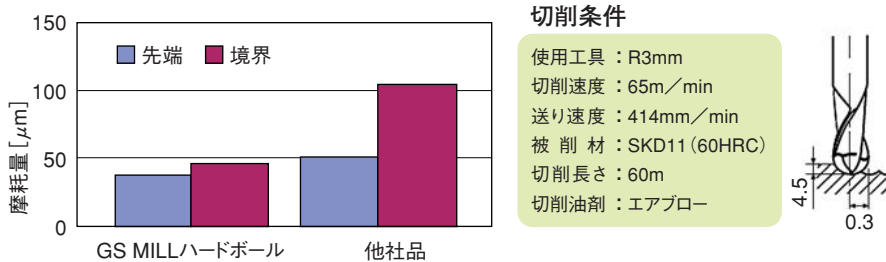
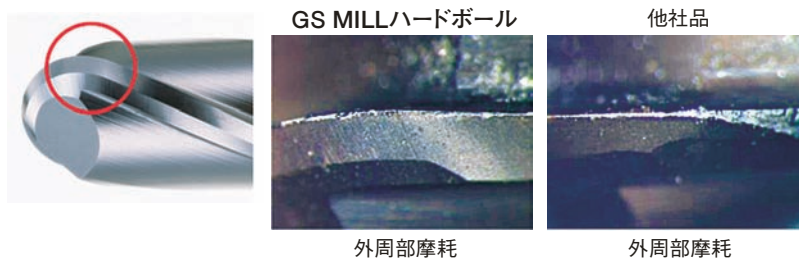


図12 GS MILLハードボールの切削性能 (SKD11)

4. 付加価値の高い金型製作のために

新ブランド“Symbio／シンビオ”を冠した新商品、「GS MILL ロングネックボール」と「GS MILL ハードボール」は、いずれも生産性と環境対応を両立するエンドミルである。

切削性能を決める3要素、材料、コーティング、形状をそれぞれ最適設計することで、焼入れ金型材

の加工において、抜群の長寿命と信頼性、および、高品位な加工精度が可能となった。

金型のあらゆるシーンに対応し、高精度、高能率、高いコストパフォーマンスを実現する。

NACHIから新ブランド“Symbio”
人、環境と“共生”し、工作機械とコラボレーション。

NACHI独自の材料・コーティング・機械加工技術を活かした高機能ラウンドツールに対して、人と環境との“共生”と加工技術とのコラボレーションをめざします。

新ブランド“Symbio”は、「AQUADリル」、「X'sミルGEO」、「GSミル」、「DLCドリル・エンドミル」、「モールドマイスターボール」、「AGミル」という優位性の高い6つの商品群。

幅広い分野で最適な工具を提供して、高精度、高能率、高いコストパフォーマンスを実現します。

用語解説

※1 深リブ溝

プラスチック製品の補強部分のことをリブといい、細い帯状のものが一般的である。このリブに対応する金型側の溝のことを指す。

※2 バックテーパ

先端部から刃部の後方に向かって外径を細くするテーパ。

※3 凝着

固体同士の接触面で、お互いの表面の原子が及ぼし合う結合力により固体同士がくっつく現象。

関連記事

五島 康：高速高能率加工用エンドミル「GS MILLハード」
NACHI-BUSINESS news Vol.4 B1、August/2004