

連携記事

特殊溶解ハイス (FMハイス) High Speed Steel by Special Melting Processes

吉田直純 (株) 不二越
Naozumi Yoshida マテリアル事業部
チーフ

1 はじめに

近年、グローバルな環境問題に対する意識が高まる中、機械加工の分野においても変化が起きている。一部切削工具においては、従来の切削液を用いる湿式加工から、環境や人に優しいドライ加工への移行が進み、また、生産性を追求するための高速切削や部品の軽量化等を狙って使用される難削材の増加も同時進行している。そのため、切削工具の使用環境は、より過酷なものとなり、その素材となる工具材料に対しても従来材以上の性能が求められている。

2 高速度工具鋼とは

切削工具の素材には、その用途に応じて、工具鋼、超硬、セラミック、CBN、ダイヤモンド等が使用されているが、工具鋼の中でも、高速度工具鋼 (以下、ハイスと記す) は、多くの鋼種が市販され、また、熱処理や表面処理との組み合わせによって多様な性能を持たせることができるため、切削工具の分野で幅広く使用されている。現在、JISにおいては、ハイスの代表的鋼種であるSKH51を初め、コバルト含有ハイスのSKH55やSKH59、粉末ハイスのSKH40などが規定されている (表1) が、それ以外にも各ハイスメーカー独自の改良鋼が開発されて、工具性能のレベルアップを支えている。切削工具の中で

も汎用的な用途には、SKH51が使用され、難削材対応などハイエンドの製品には、コバルトを含んだハイスが使用される傾向にある。

ハイスの基本的性能を支えるのが、その成分であり、クロム、モリブデン、タングステン、バナジウム、コバルト (以下、それぞれCr、Mo、W、V、Coと記す) など、多くのレアメタルを含有している。これにより、材料内部に多くの炭化物が形成され、高い耐摩耗性を発揮するとともに、600℃程度の高温に耐えうる耐熱性を持つことが出来る。

一般に、ハイスは、電気アーク炉にて溶解された後、高温下で鍛造、圧延することにより所定の寸法まで加工される (図1)。寸法によってはさらに、冷間での引き抜き加工や圧延加工などの二次加工が追加される。

加工されたハイスの内部組織を見ると、炭化物が加工方向に縞状に分布している (図2)。この炭化物は数種類の複合炭

表1 JIS 鋼種と化学成分 (%)

JIS記号	C	Cr	Mo	W	V	Co
SKH2	0.73~0.83	3.80~4.50	—	17.20~18.70	1.00~1.20	—
SKH40	1.23~1.33	3.80~4.50	4.70~5.30	5.70~6.70	2.70~3.20	8.00~8.80
SKH51	0.80~0.88	3.80~4.50	4.70~5.20	5.90~6.70	1.70~2.10	—
SKH55	0.87~0.95	3.80~4.50	4.70~5.20	5.90~6.70	1.70~2.10	4.50~5.00
SKH57	1.20~1.35	3.80~4.50	3.20~3.90	9.00~10.00	3.00~3.50	9.50~10.50
SKH59	1.05~1.15	3.50~4.50	9.00~10.00	1.20~1.90	0.90~1.30	7.50~8.50

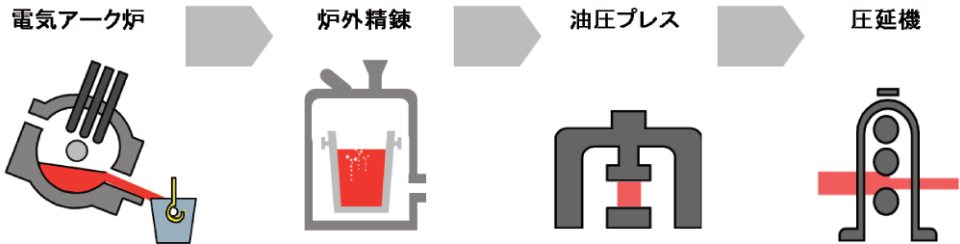


図1 ハイスの製造工程

化物であり (図3)、Mo, W, Vの含有量が増えるほど多く分布し、そのサイズも大きくなる。そのため、レアメタルの増大は、耐摩耗性の向上に寄与する一方、靱性は低下する傾向にある。この相反する特性をカバーするため開発されたのが、粉末ハイスである。

粉末ハイスは、文字通り、粉末をHIP (熱間等方圧加圧) 加工された鋼塊から製造されるものであり、その製法上、炭化物が $2\mu\text{m}$ 前後と著しく微細なものとなる (図4)。結果、通常の溶解ハイスに比べ、レアメタル成分を多く含んでも靱性の低下が少なく、被加工性 (特に被研削性) が良好という長所を持つ。そのため、難削材対応などハイエンドの切削工具には、粉末ハイスが使用されることも多い。しかしながら、価格が高いことを除けば、万能のような粉末ハイスにも弱点がある。それは、炭化物が極めて微細なことにより、硬さの割には耐摩耗性が低いこと、また、一旦微細な亀裂が入った後の靱性低下が大きいという点である。そのため、例えば、高速ドライ加工に使用すると工具刃先にチッピングが発生し、工具が短寿命となるケースが見られる。

3 特殊溶解ハイス (FMハイス)

3.1 FMハイスの製造工程

切削工具の使用環境がますます過酷化する中、工具性能を確保する1つの手段として新しいハイスが開発され使用さ

れている。このハイスは、従来の溶解ハイスより炭化物を小さく、かつ粉末ハイスより大きくなるよう制御されたもので (図5)、不二越では、これを「FMハイス」と呼び、従来の溶解ハイスや粉末ハイスとは異なる特性バランスを持った新材料として位置づけ、各種切削工具に適用している。製造工程の詳細は公開できないが、微量不純物元素の低減と鋼塊凝固速度の向上、組織の均一化を目的に、溶解工程において特殊溶解炉を用いているのが製造工程上の特徴である (表2)。

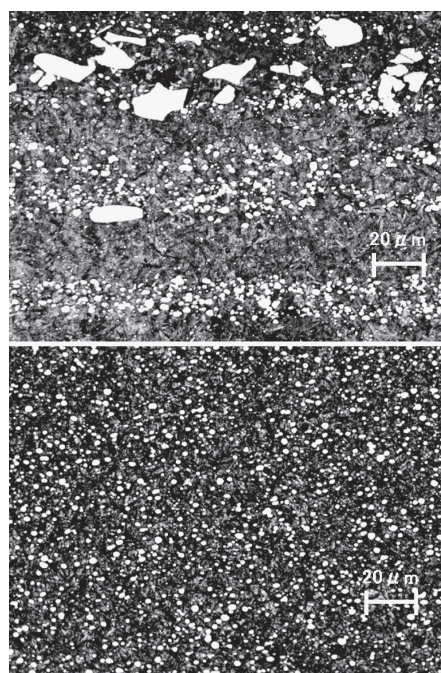


図4 溶解ハイスと粉末ハイスのマイクロ組織
(上：溶解ハイス、下：粉末ハイス)

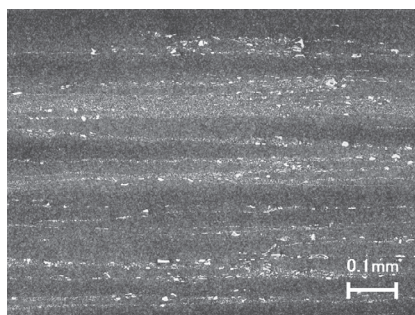


図2 溶解ハイスのマイクロ組織

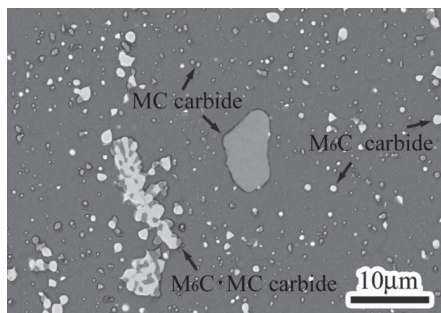


図3 ハイスの炭化物

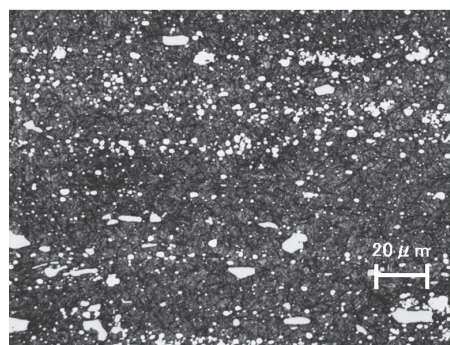


図5 FMハイスのマイクロ組織

表2 FMハイス製造条件のポイント

因子	方策
成分	・炭化物晶出の核となる微量不純物元素の低減
溶解	・鋼塊凝固速度の向上 ・鋼塊サイズの最適化 ・再溶解による炭化物形成元素の均一化

3.2 FMハイスの特徴

これにより、ミクロ組織中の炭化物サイズを一般の溶解ハイスと粉末ハイスの中間的なレベルに制御でき、溶解ハイスに比して靱性が高く、一方で粉末ハイスより耐摩耗性があり、一旦微小な亀裂が入った後の靱性低下も少ないという粉末ハイスの弱点をカバーした特性を有する材料となる。以下に、FMハイスの代表的な特性について紹介する。

3.2.1 耐摩耗性

FMハイスの特徴の一つである、耐摩耗性のデータを図6に示す。

データは、大越式摩耗試験機によるもので、FMハイスは、粉末ハイスのSKH40に比べ、とりわけ摩擦速度の高い領域で優れた耐摩耗性を示す。本試験の高摩擦速度下では、ワークの凝着が起こりやすく、付着域（溶着域）での摩耗現象¹⁾となっており、高速切削工具への適性を示している。

3.2.2 靱性

FMハイスのもう一つの特徴である、靱性のデータを図7に示す。

データは、3点曲げによる抗折力を示したもので、グラフの左側が通常の試験片で行ったもの、右側が、試験片の一边を放電加工肌の状態で行ったものである。放電加工肌の表層部には、変質層（いわゆる白層）が見られ、白層内には非常に微小なクラックが存在している。そのため、通常の試験片での抗折力に比べ、放電加工肌での抗折力は、低いものになってしまうが、その低下度はFMハイスの方が小さく、粉末ハイスに対し、同等以上の靱性を示している。切削工具の刃先においては、微小なクラックの発生からチッピングに至る現象がまま見られるが、本データは、FMハイスの耐チッピング性の高さを裏付けているものである。

4 切削工具への適用

FMハイスの特性が発揮される代表的な用途が、ドライカットホブである。

使用されたFMハイス製ホブおよび粉末ハイス製ホブの刃先部の断面写真を、図8に示す²⁾。通常、ホブ刃先のすくい面には高温の切屑によってえぐられたクレータ摩耗と呼ばれる痕が見られるが、このクレータ摩耗部の断面を走査型電子顕

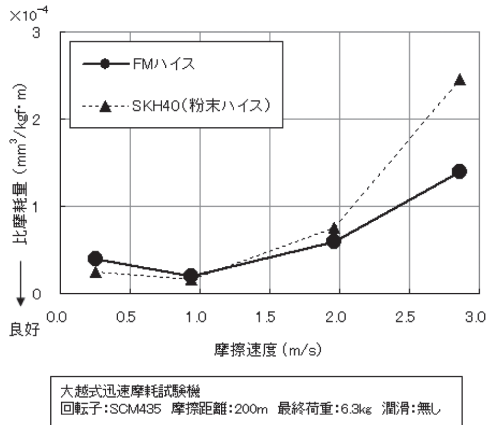


図6 FMハイスの耐摩耗性

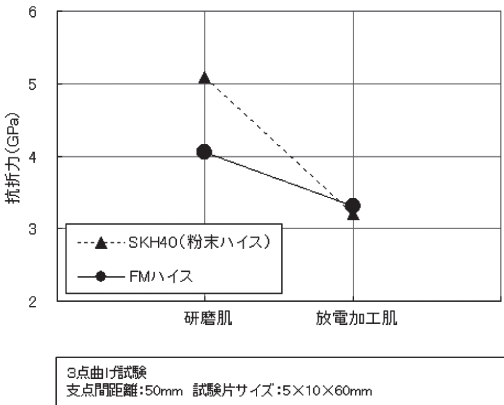


図7 FMハイスの靱性

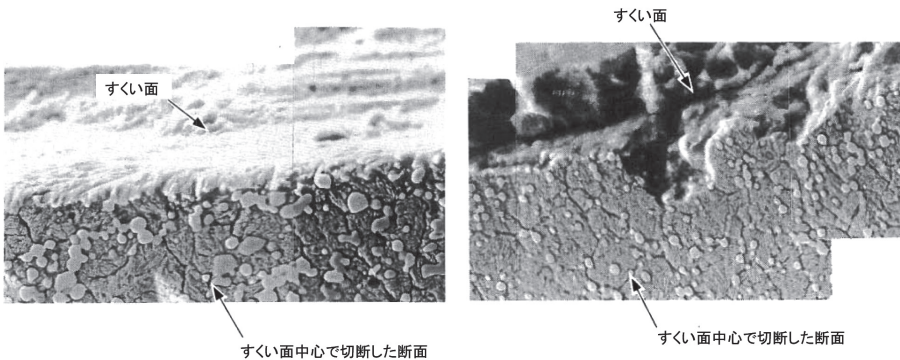


図8 ホブ刃先の断面写真（左：FMハイス、右：粉末ハイス）

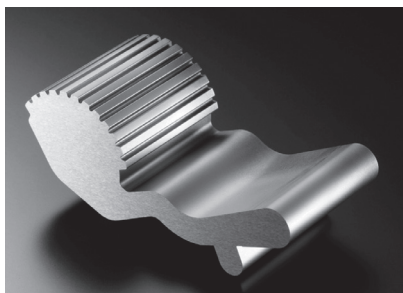


図9 精密打ち抜きパンチ

微鏡で観察すると、粉末ハイス製ホブの方には、結晶粒界ごと脱落している箇所が確認できる。一方、FMハイス製ホブの方にはそのような脱落は存在せず、粒界におけるミクロクラックの発生、進展が抑制されていることが分かる。この違いが、クレータ摩耗の進行を遅らせ、さらには、逃げ面との間の肉厚（切れ刃エッジ）が極端に薄くなることにより発生するチッピングを抑えることにつながる。

FMハイスの特性は、このような損傷プロセスに対し非常に有効なものであり、ドライカットホブへの適用が先行している。また、母材の特性を本用途にマッチさせるための熱処理条件のチューニングやTiAlN系をベースとした耐熱コーティング膜の採用が、FMハイスの性能を発揮する支えとなっている。

現在、ホブ以外の切削工具（例：シェーピングカッター、タップ）にもFMハイスの適用が行われており、各工具のパフォーマンス向上に寄与している。

5 他用途への展開

FMハイスは、その優れた特性バランスから、切削工具以外の用途への展開も徐々にではあるが行われている。ここでは、2つの例を紹介する。

5.1 金型

FMハイスの主要な用途の一つとして、ファインブランピングに代表される精密打ち抜き用の金型が挙げられる（図9）。とりわけ、ファインブランピング用のメインパンチは、その刃先が非常に鋭利な形状であり、また表面処理をせずに使用されることも多いため、高い耐摩耗性と耐チッピング性が要求される金型である。近年、自動車部品においては、高張力鋼板が使用されるケースが増えており、FMハイスが力を発揮する分野が増えている。

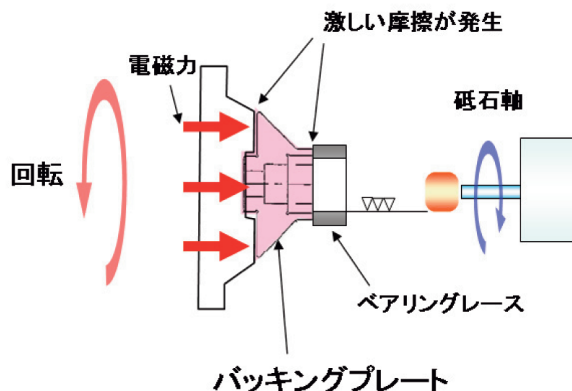


図10 耐摩耗部品（バックングプレート）

5.2 耐摩耗部品

FMハイスは、その高い耐摩耗性を生かし、耐摩耗部品として使用されるケースがある。例えば、ベアリングの外周研削時に使用される研削盤のバックングプレートと呼ばれる部品では、従来使用されていた軸受鋼に比べ、研削スラッジに対して非常に高い耐摩耗性を示し、消耗による部品交換周期を大幅に延長することができる（図10）。

6 最後に

ものづくりの世界において、地球環境の保全や生産性向上、コスト低減が追求される中、切削工具の使用環境は、将来的にもさらに過酷なものとなり、現在使用されているFMハイスの性能も、いずれ不十分なものとなっていくと思われる。これに対応できる新しいハイスを産み出すには、耐摩耗性と耐熱性のさらなるレベルアップが必要不可欠であるが、材料自体の被加工性を確保しながらの開発となっていく難しさがある。現実的には、母材性能だけではなく、熱処理や表面処理技術に工具形状や切削条件を組み合わせるの対応となることが予想される。

参考文献

- 1) 新井透, 小松登: 鉄と鋼, 59 (1973) 6, 738.
- 2) 島谷祐司, 加藤武志, 藤縄市ゆき, 塚本裕, 天野宏地: 不二越技報, 55 (1999) 1, 8.

(2016年11月11日受付)