

# 炭化物微細均一化高速度工具鋼 -FM38V-の特性

Characteristics of Fine-Melting High Speed Tool Steel FM38V

## キーワード

ハイス、炭化物微細均一化高速度工具鋼、切削工具、溶解ハイス、粉末ハイス、靱性、耐摩耗性、被研削性、ホブ、ドライ加工

東富山製鋼所技術部

島谷祐司

加藤武志

機械工具事業部工具技術部

藤縄市氏

塚本 裕

東富山製鋼所

天野宏地

## ■ 摘要

切削工具の使用条件は加工の高速、高精度、高能率化とともに年々厳しくなっており、超硬合金や高速度工具鋼などの素材やコーティング膜にもそれらに対応した特性の改善が求められている。

高速度工具鋼については、靱性、耐摩耗性、耐熱性の改善が求められており、我々は、これらの要求を満たすべく、微細な炭化物を均一に分散させた高速度工具鋼-FM38V-を開発した。

本報では、その材料についてのマイクロ組織、靱性、耐摩耗性について述べるとともにホブへ適用した事例について紹介する。

## ■ Abstract

Requirements for high speed, high precision and high efficiency production have been made processing condition of cutting tools severe year by year, and accordingly both of cutting tool materials such as a cemented carbide or a high speed tool steel and coating films have been required to improve the properties for severe conditions. To respond these needs, we developed a new high speed tool steel FM38V with homogeneously dispersed fine grained carbide. In this report, microstructure, toughness and wear resistance of FM38V were evaluated. The performance of it was also excellently confirmed by the cutting test with segmented gear hobs.

## 1. はじめに

近年、世界的な環境問題意識の高まりから、切削工具の加工条件についての見直しが行われ、従来の油性切削液を用いる湿式加工から、環境や人にやさしいドライ加工や水溶性切削液への移行が進行する

とともに、高速切削や高硬度材切削などの要求も増加している。さらに、グローバル化の中、低コスト化も要求されている。

このニーズに応えるため、工具材料には耐摩耗性に加え耐熱性が要求されるようになり、超硬合金化の流れも起きている。しかし、高速度工具鋼（以下

ハイスと記す)はコスト、耐チップング性、靱性、加工性の点で超合金より優れ、依然としてそのニーズが強い。当社工具部門では、加工のキーワードとしてのSPIRT (Speed:高速度, Precision:高精度, Improvement:高能率, Reliability:信頼性, Tool life:長寿命, 低コスト)に対応すべく開発を行っており、素材となるハイスに対しては、特に耐摩耗性と耐熱性の改善が要求されている。参考までに、ハイスに対する要求特性を図1に示す。工具用には溶解ハイスと粉末ハイスの2種類のハイスが使われているが、粉末ハイスは靱性は高いが炭化物が細かすぎる(全炭化物粒径3μm以下)ので耐摩耗性が低く、溶解ハイス、特に、バナジウム(以下Vと記す)を2%以上含有させたものでは炭化物の粒径が大きい(炭化物最大粒径20μm以上)ので適度の耐摩耗性はあるが靱性が不足している。

そこで、我々は製造工程を改善し、両方の性能を満たすような新しいハイスを開発した。新しいハイスは、耐摩耗性を高めるためにV成分を増すとともに、耐熱性を高めるため、コバルト(以下Coと記す)成分も増した。また、組織的には従来より炭化物粒径を小さくし、より均一に分散するようにした。このハイスを炭化物微細均一化高速度工具鋼 FM (Fine Melting) ハイスと呼ぶ。

FMハイス FM38V (3%V-8%Co)については、マイクロ組織を調べるとともに、靱性及び耐摩耗性について評価し、実際の工具への適用としてホブによる切削試験を行った。

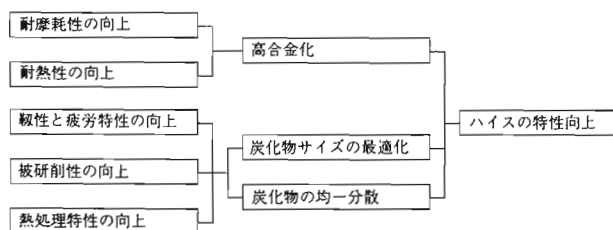


図1 高性能ハイスに対する要求特性と改良方策

## 2. 新鋼種 FM38V の成分設計

表1にFM38Vの化学成分を示す。また、比較のために、代表的な切削工具用溶解ハイスおよび粉末ハイスの化学成分も併せて示す。ここで、SKH55 (2.4%V-5%Co)は耐摩耗性、耐チップング性が良好なハイスであり、ホブやブローチ材として用いられている。SKH57 (3.3%V-9.5%Co)は代表的な高合金ハイスであり、SKH55より耐摩耗性、耐熱性を高めた材料である。一方、FAX38 (3%V-8%Co)は粉末ハイスであり、靱性が高く、耐摩耗性、耐熱性が良好なことから、ドリル、エンドミル、ブローチなどに幅広く使われている。

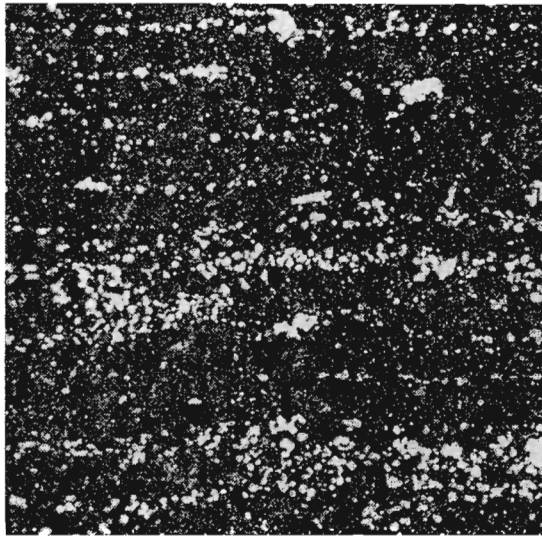
ハイスの耐摩耗性は、V成分を増すことによって高めることができるが、炭化物が粗大化し易くなり<sup>①</sup>、靱性が低下するとともに加工性も悪くなる。また、粉末ハイスは炭化物が細かすぎるため、V成分を増しても耐摩耗性がやや低いという問題がある。そこで、従来のデータから、3%を上限として、Vを添加した。Coは高温硬さと耐熱性を高めるのに有効であり<sup>②</sup>、従来の耐熱性の高い粉末ハイスFAX38の合金量にあわせて8%とした。また、炭化物の微細化や均一化は製造工程を改善することにより行った。

FM38Vおよび同3鋼種のマイクロ組織を図2に、また硬質のバナジウム炭化物のサイズ分布を図3に示す。これらより下記のことからわかる。マイクロ組織写真中の白い部分が全て炭化物であるが、FM38Vの炭化物は、粒径10μm以下で角部にRを持つ球に近い形状であり、炭化物均一分散性が確認できる。一方、従来の溶解ハイスSKH55、SKH57には粒径20μm以上の粗大で長径な炭化物が存在し、粉末ハイスFAX38には粒径3μm以下の微細炭化物のみが存在することが確認できる。

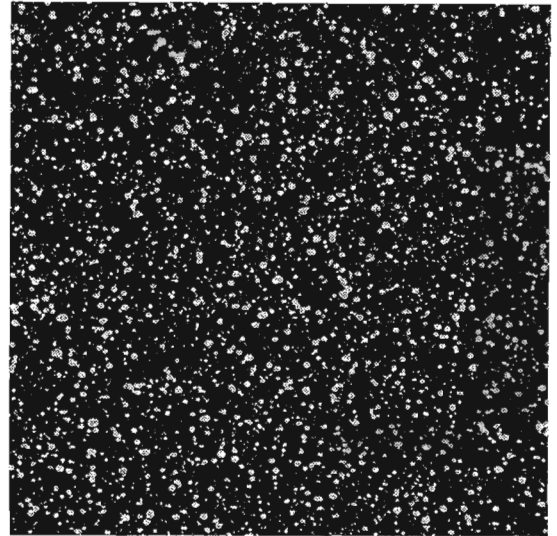
これより、FM38Vは炭化物サイズと分散性の両方について、溶解ハイスと粉末ハイスの中間の値を持っていることがわかる。このマイクロ組織上の特徴により、FM38Vは強靱性と耐摩耗性を併せ持つことが期待される。

表1 FM38V および従来ハイスの化学成分

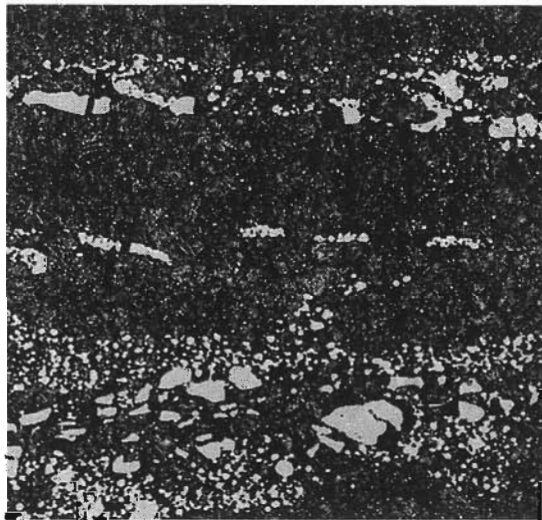
製法分類	鋼種					主要化学成分 (%)					
	NACHI 記号	該当規格記号				C	W	Mo	Cr	V	Co
		AISI	VDEh	DIN	JIS						
通常溶解法	FM38V	—	—	—	—	1.30	6	5	4	3	8
	HS53M	M35	S6-5-2-5	3243	SKH55	1.05	6	5.5	4	2.4	5
	HS93R	T42	S10-4-3-10	3207	SKH57	1.30	10	3.5	4	3.5	10
粉末冶金法	FAX38	—	—	—	—	1.30	6	5	4	3	8



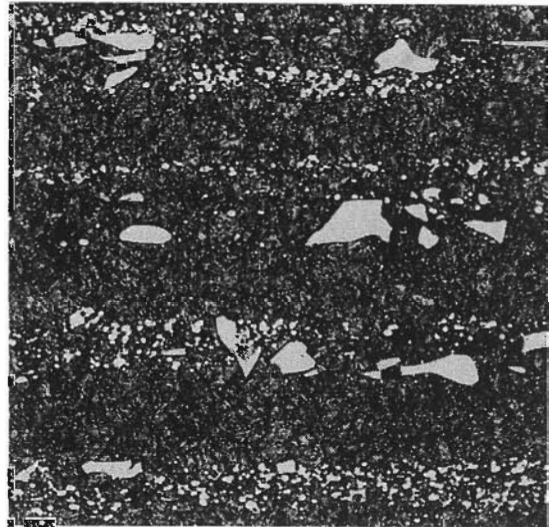
FM38V



FAX38  
(粉末ハイス)



SKH55  
(従来溶解ハイス)



SKH57  
(従来溶解ハイス)

図2 FM38V および従来ハイスの組織写真 (×500)

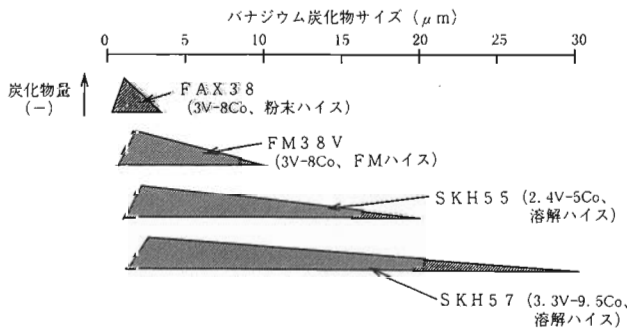


図3 FM38V および従来ハイスのバナジウム炭化物  
サイズ分布模式図

一般的な3点曲げ試験による抗折力にて評価した。なお、試験条件は、試験速度1mm/min., 支点間距離60mmとした。また、試料はFM38V, SKH55, SKH57および粉末ハイスFAX38の全4鋼種にて厚さ5mm, 幅10mm, 長さ75mmの板とした。これらの試料を、焼入温度1160~1240℃, 焼もどし温度540~580℃の種々な条件にて熱処理し、66.5~69HRCの広範囲の硬さを持たせた。これら全試料にて3点曲げ試験を行い、各試料硬さに対する抗折力の値を線図として図4に示す。

これより、FM38Vの靱性は従来溶解ハイスより優れ、粉末ハイスとの中間的位置にあることがわかる。

### 3. 新鋼種 FM38V の特性

#### 3.1 靱性

靱性は工具材料に要求される代表的な性能であり、

#### 3.2 耐摩耗性

耐摩耗性も工具材料に要求される代表的な特性で

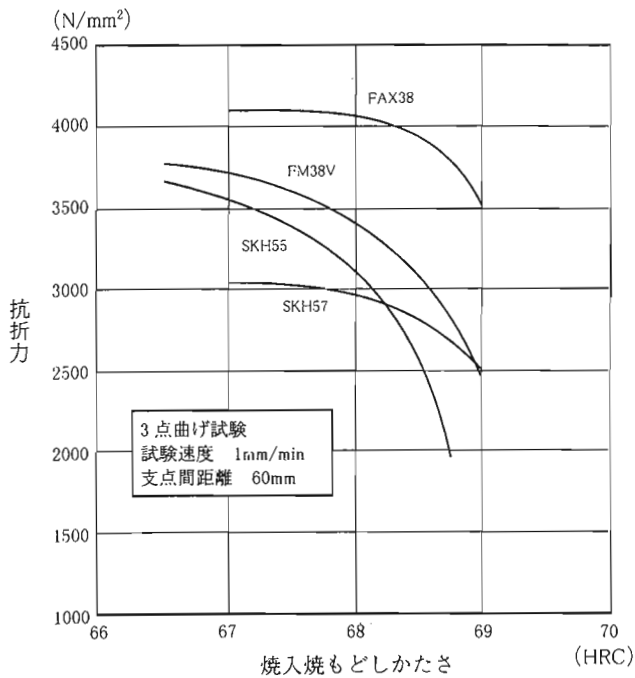


図4 FM38V および従来ハイスの韌性

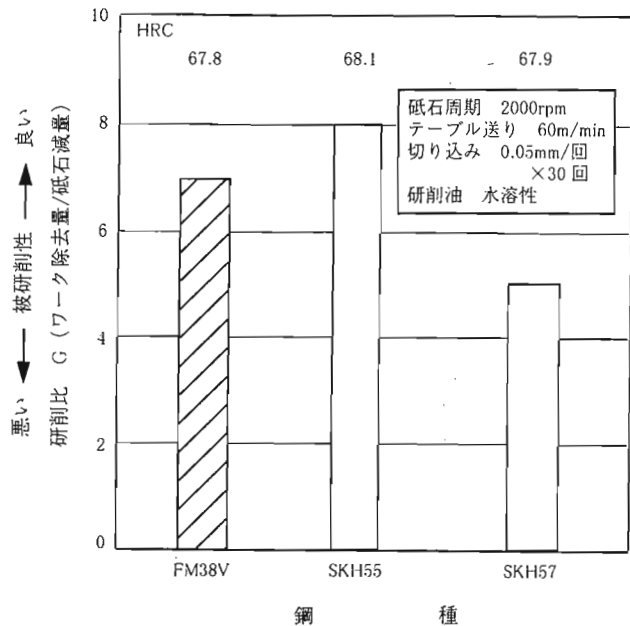


図6 FM38V および従来ハイスの被研削性 (試料硬さ 68±0.5HRC)

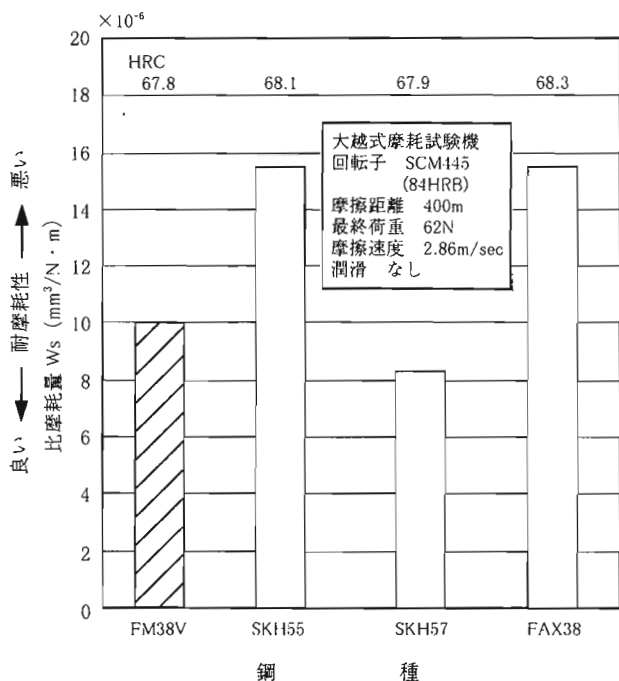


図5 FM38V および従来ハイスの耐摩耗性 (試料硬さ 68±0.5HRC)

あり、一般的な大越式摩耗試験機による比摩耗量にて評価した。試験条件は、回転子材質 SCM445 (84HRB)、摩擦距離 400m、最終荷重 62N、摩擦速度 2.86m/sec、潤滑なしとした。試料寸法は、厚さ 10mm、幅 32mm、長さ 85mm とし、全鋼種とも硬さが 68±0.5HRC となるよう、あらかじめ焼入焼もどしを行った。FM38V、SKH55、SKH57 および粉末ハイス FAX38 の 4 鋼種について比摩耗量の測定結果を

図5に示す。なお、比摩耗量の値が小さい程、耐摩耗性は良好である。これより、FM38Vの耐摩耗性は粉末ハイス FAX38 の 1.5 倍であり、従来のものより優れていることがわかる。

### 3.3 被研削性

顧客が安心して使うためには、耐摩耗性が高いだけでは駄目で、再研削の容易さも重要な要素となる。そこで、被研削性を、平面研削盤による研削比 (=ワーク除去量/砥石減量) にて評価した。なお、試験条件は、砥石回転数 2000rpm、テーブル送り 60m/min、切り込み 0.05mm/回×30回 (全研削深さ 1.5mm) とした。試料寸法は、厚さ 10mm、幅 32mm、長さ 85mm とし、試料硬さは、全鋼種とも 68±0.5HRC となるよう、焼入焼もどしを行った。本試験の結果を図6に示す。なお、研削比の値が大きい程、被研削性は良好である。これより、FM38Vの被研削性は従来から使われている SKH57 より優れ、また SKH55 とほぼ同等であることから被研削性の面では十分使用可能であることがわかる。なお、FAX38 は SKH55 や SKH57 より被研削性が良いことがわかっているため、比較の対象に加えなかった。

## 4. FM38V のホブへの適用例

FM38V の切削工具材料としての評価を行うため、FM38V、SKH55、粉末ハイス FAX38 および市販ホブ

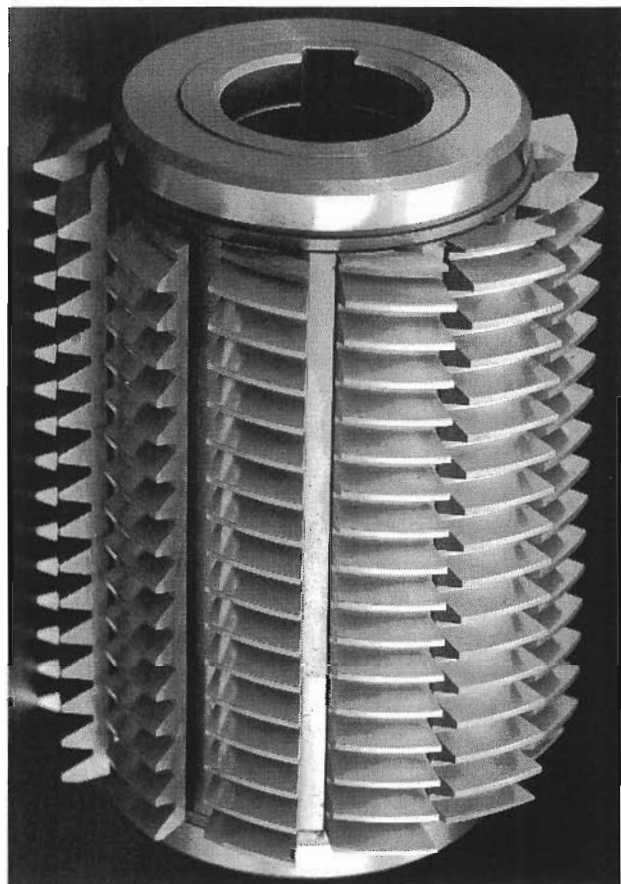


図7 ホブの外観

用ハイスの4鋼種にてホブを製作し、湿式加工による切削試験を行った。ホブの外観写真を図7に示す。

なお、試験条件は、切削速度 111m/min., 送り 1.26mm<sup>-1</sup>, 切込み 5.625mm, 切削距離 30m, 切削方法 クライムカット, 被削材 S45C (175HB), 切削液 HS-4M (出光, 不水性) とした。切削試験後のホブ刃先部の摩耗量を図8に示す。クレータ摩耗量, 逃げ面摩耗量とも, FM38V が最も優れていることがわかる。

各鋼種のホブ刃先部の走査型電子顕微鏡写真を図9に示す。切削速度が 111m/min. と過酷であるため, SKH55 の刃先にはチッピングが, FAX38 の刃先には大きな摩耗が認められるが, FM38V の刃先にはそれらは認められずホブ材として優れていることが確認できた。

また, クレータ摩耗の状態を詳細に調べるため, すくい面中心で切断した断面を走査型電子顕微鏡で観察した。FM38V の写真を FAX38 と比較し図10に示す。これより, FAX38 のクレータ摩耗部には結晶粒界ごと脱落している箇所が確認できる。このことから, FAX38 の刃先劣化のメカニズムとして, ①炭化物が丸形で微細すぎるため素地ごと摩耗, 除去さ

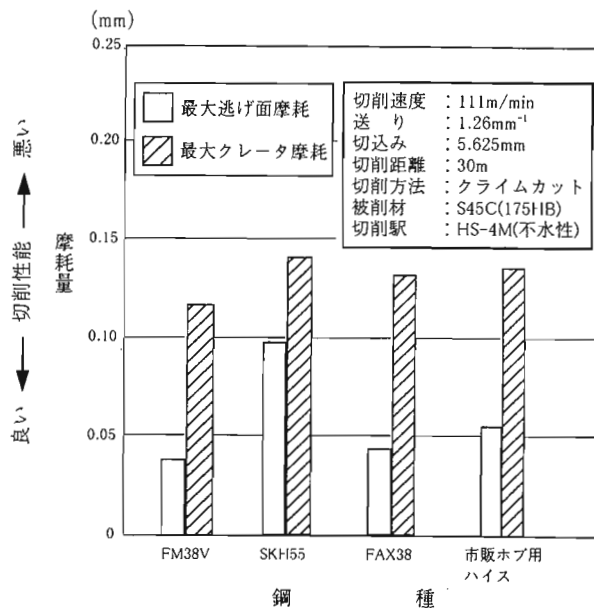
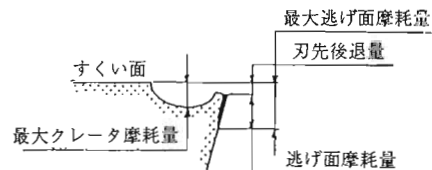


図8 FM38V および従来ホブ用ハイスのホブ性能評価結果

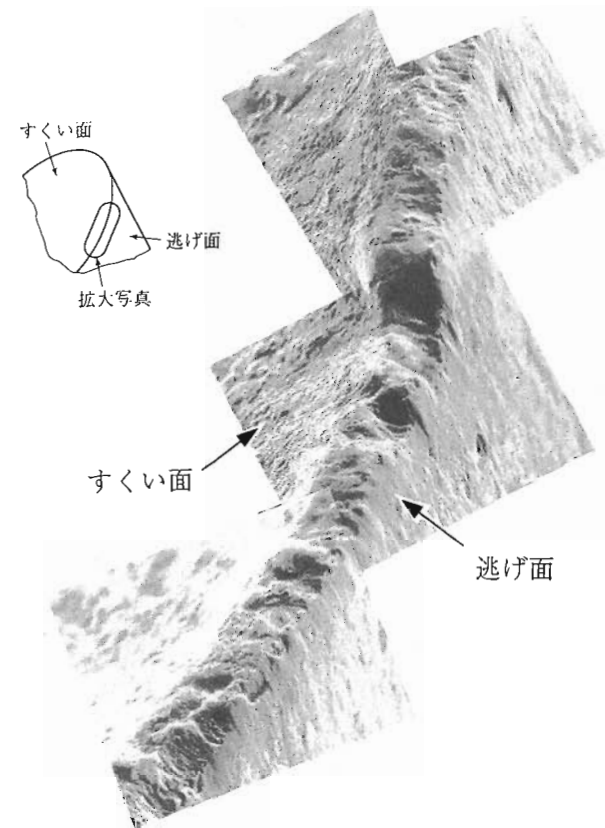
れる。②不純物が結晶粒界に偏析しこれが原因で結晶粒界ごと脱落する(図10下図参照), いわゆる, 粒界強度不足による劣化が起きていることがわかった。一方, FM38V のクレータ摩耗部には結晶粒界の脱落痕が存在せず, 粒界強度が十分あることを確認できた。(図10上図参照) また, 類似のドライ加工によるホブ切削試験においても, FM38V 製ホブは十分な性能であることを検証している。

## 5. おわりに

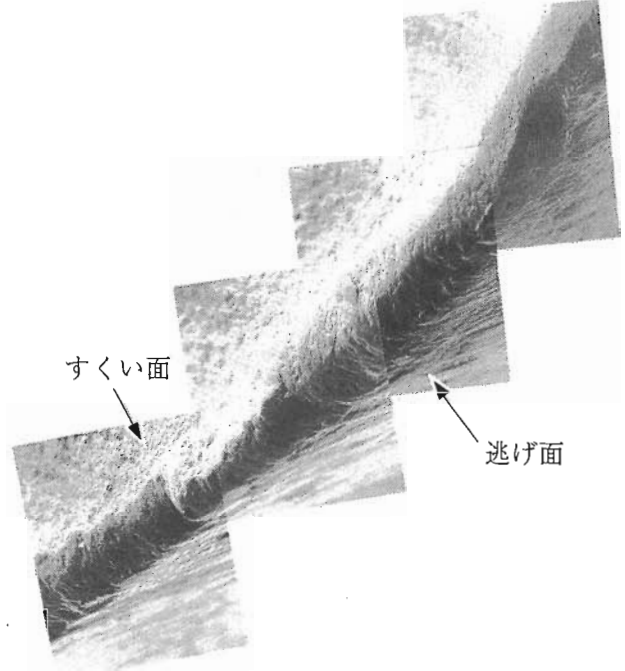
従来ハイスの性能改善を狙いとして, 3%V-8%Co 成分にて, 微細で均一な炭化物分布を持つ, 工用具用ハイス FM38V を開発した。FM38V は, 靱性面では SKH55 (2.4%V-5%Co 系) の 1.1 倍, SKH57 (3.3%V-9.5%Co 系) の 1.2 倍優れ, FAX38 (3%V-8%Co 系粉末ハイス) に近い値を示した。また, 耐摩耗性では粉末ハイス FAX38 より 1.5 倍優れ, 高耐摩耗性溶解ハイス SKH57 なみの値を示した。被研削性の面でも SKH55 とほぼ同等で, SKH57 より優れていることがわかった。実際にホブへ適用し, クレータ摩耗量, 逃げ面摩耗量とも従来材や市販ホブ材より小さく切削工具材として優れていることがわかった。さらに, 従来の粉末ハイスに比較して, 低コスト化を

実現した。

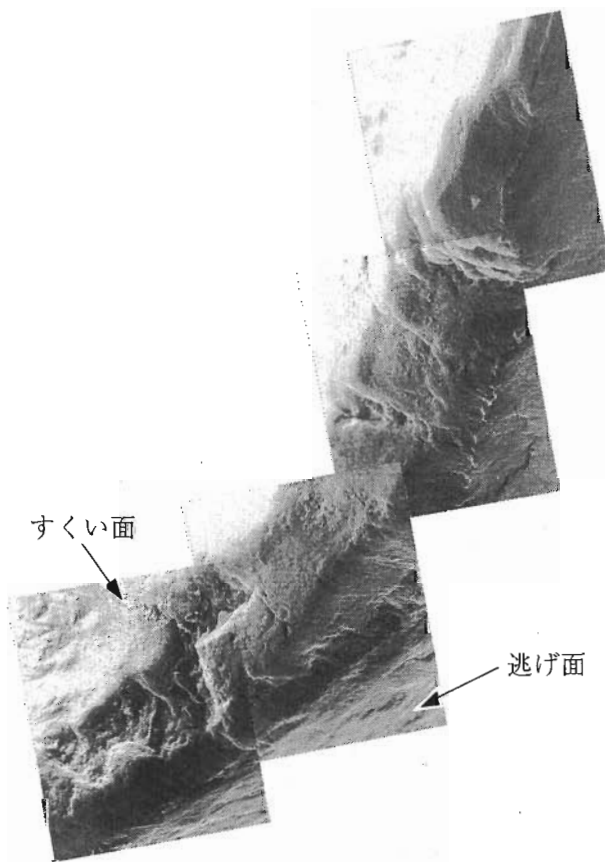
[FM38V]



[FAX38]



[SKH55]



[市販ホブ用ハイス]

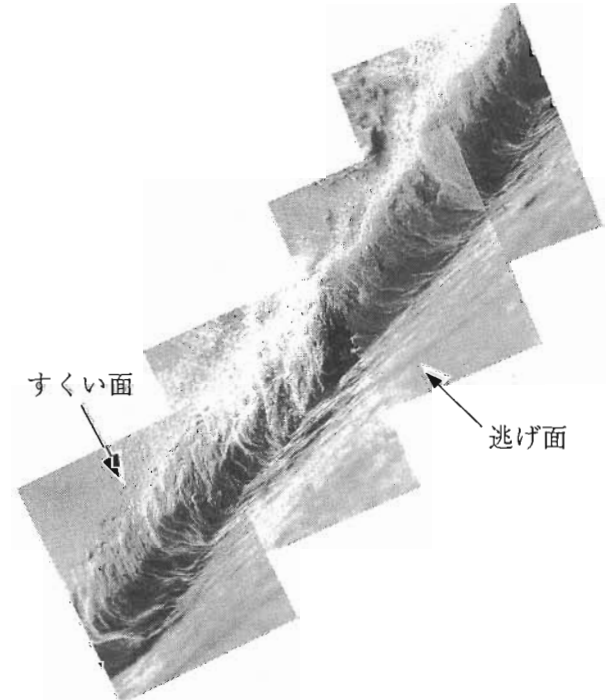
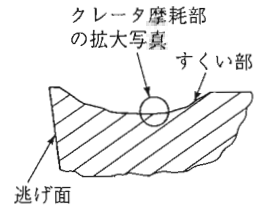
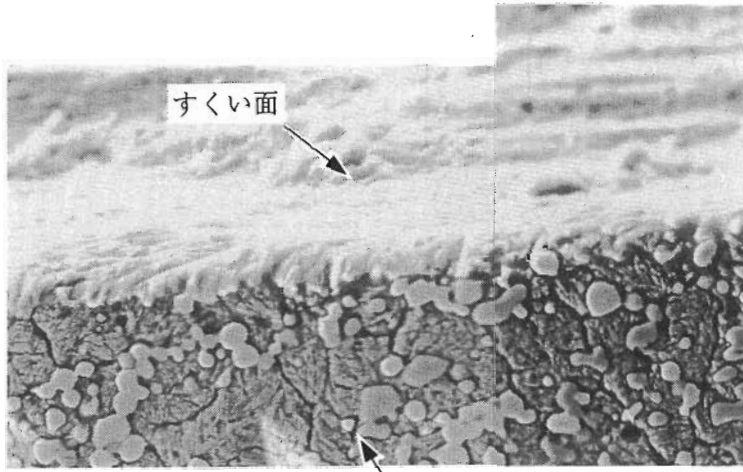


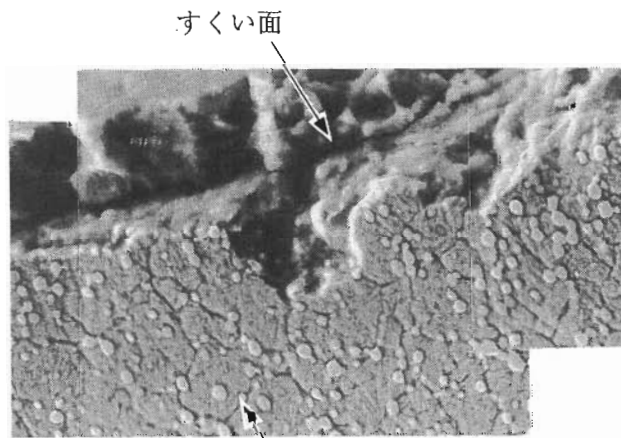
図9 FM38V および従来ホブ用ハイスのホブ刃先摩耗状況

[FM38V]



すくい面中心で切断した断面

[FAX38]



すくい面中心で切断した断面

図 10 FM38V および粉末ハイス FAX38 の切削試験後のホブ刃先断面

## 文献

- (1) 水野博司, 須藤興一, 柳澤民樹; 電気製鋼, 55(4), p225-236(1984)
- (2) 日本学術振興会 製鋼第 19 委員会編; 鉄鋼と合金元素, P249(1965)



島谷祐司

1985年 入社  
技術開発部・商品開発部にてダイヤモンド電着工具(ダイヤモンド等)の開発に従事。  
1996年 技術開発部・材料開発部にてFMハイスの開発、商品化に従事。  
1999年より東富士製鋼所・技術部に主として切削工具用ハイスの開発、商品化を担当、現在に至る。



塚本 裕

1984年 入社  
生産技術にて設備立上げに従事  
1985年 歯切工具の設計業務に従事  
1988年 東京支店にて工具営業技研に従事  
1995年より歯切工具の開発・設計に従事  
現在に至る



加藤武志

1998年 入社  
技術開発部・材料開発部にてFMハイスの開発、商品化に従事。  
1999年より東富士製鋼所・技術部に主として切削工具用ハイスの開発、商品化を担当、現在に至る。



天野宏地

1971年 入社  
鋼材部門の事業部、製造、技術管理、技術開発に従事  
1996年 技術開発部 材料開発部  
1998年より東富士製鋼所長