

耐摩耗性・耐焼付き性に優れた窒化粉末ハイス SPMXシリーズ

Nitrided P/M high-speed steels with excellent wear and seizure resistance “SPMX series”

1. はじめに

高速度鋼（ハイスピードスチール）は、優れた耐摩耗性から切削工具をはじめ、金型などの様々な工具に採用される材料として、古くから幅広い分野で使用されてきた¹⁾。原型であるW系Fe-18%W-4%Cr-1%Vから発展し、近年では価格、比重および靱性など優れた性質からMo系高速度鋼の使用が著しく伸びてきた²⁾。しかしながら、高速度鋼は、Cr、Mo、W等の炭化物形成元素を多量に含有するため、溶製法では、粗大な一次炭化物の形成および偏析などにより、靱性が低い傾向があった（一般的に溶製ハイスと呼ぶ）。

これに対して、粉末冶金による製造法が発展し、水またはガスアトマイズ法により作製した粉末を焼結して得られる粉末高速度鋼（以下、粉末ハイス）が検討され、高速度鋼の靱性を大きく向上させた³⁾。この粉末ハイスは、微細かつ均一な炭化物を有し、断続切削用工具や成形金型等のチップングが起りやすい加工において、優れた性能を発揮する。

この粉末ハイスとして、当社ではSPMシリーズを製造・販売するとともに、SPMR8を代表とする独自の研究開発によって⁴⁾、様々なニーズに対応している。さらに、鋼中に高濃度の窒素を含有させ、炭窒化物を微細分散析出させた窒化粉末ハイスSPMX4Nを開発した⁵⁾。粉末の窒化挙動を明らかにすることで⁶⁾、適正な処理を行なったSPMX4Nは、微細分散した摩擦係数の低い炭窒化物を有し、焼入焼戻処理により66HRC以上の硬さと高い靱性、高い耐摩耗性・耐焼付き性を実現している。

当社ではさらなるニーズに応えるべく、Co添加による高温強度の向上により、厳しい凝着摩耗に耐え得る新たな窒

化粉末ハイスSPMX5NおよびSPMX6Nを開発した。表1に各種物性値を示す。SPMX5Nは、Coを含有し、高い耐摩耗性と高靱性を両立した鋼種で、SPMX6Nは、一般的な粉末ハイスよりもC、N、Mo、W、Coを高濃度に含有した超硬合金代替として期待される鋼種である。以下に、SPMX4Nも含めたこれらSPMXシリーズの特長を紹介する。

2. SPMXシリーズの特長

2.1 断面マイクロ組織

図1に、焼入焼戻後のマイクロ組織を示す。粉末ハイスと同様な焼入・焼戻熱処理によって、微細なMo、W系炭化物（白色相）およびV系炭窒化物（黒色相）が得られる。

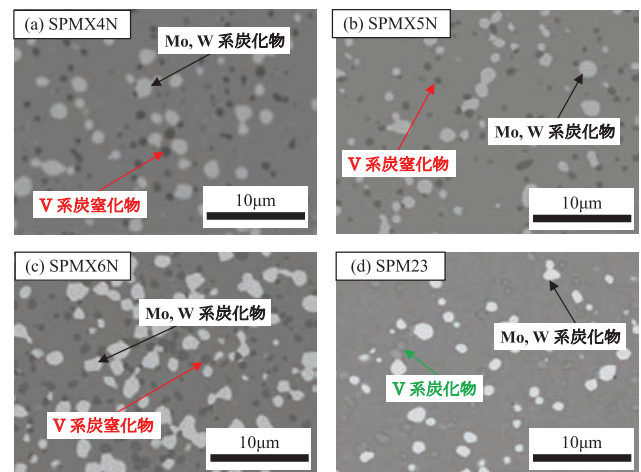


図1 各鋼種の焼入・焼戻組織
(1180℃ 6min O.Q. → 560℃ 1hr A.C. × 3回)

表1 窒化粉末ハイスSPMXシリーズの物性値

合金名	硬さ (HRC)	熱膨張率 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	熱伝導率(W/m $\cdot^{\circ}\text{C}$)	ヤング率 (GPa)	比重(g/cm 3)
SPMX4N	55~67	12.29(20-200 $^{\circ}\text{C}$)	21.20(25 $^{\circ}\text{C}$)	222	8.03
		13.70(20-500 $^{\circ}\text{C}$)	23.13(100 $^{\circ}\text{C}$)		
			28.24(500 $^{\circ}\text{C}$)		
SPMX5N	60~67	11.85(20-200 $^{\circ}\text{C}$)	19.88(25 $^{\circ}\text{C}$)	227	8.05
		13.20(20-500 $^{\circ}\text{C}$)	21.35(100 $^{\circ}\text{C}$)		
			28.25(500 $^{\circ}\text{C}$)		
SPMX6N	65~71	10.63(20-200 $^{\circ}\text{C}$)	18.31(25 $^{\circ}\text{C}$)	249	8.37
		11.79(20-500 $^{\circ}\text{C}$)	19.67(100 $^{\circ}\text{C}$)		
			25.13(500 $^{\circ}\text{C}$)		

2.2. 焼入・焼戻曲線

図2 (a) ~ (d) にSPMXシリーズの焼入硬さおよび焼入・焼戻曲線を示す。SPMX4N (b) および5N (c) は1220℃の焼入により、66HRC以上の硬さを得ることが可能である。さらに、SPMX6N (d) において、1180℃以上の高温焼入により、従来の粉末ハイスで得られる最高硬さに近い70HRC以上の硬さが得られるとともに、高い焼戻軟化抵抗を示す。

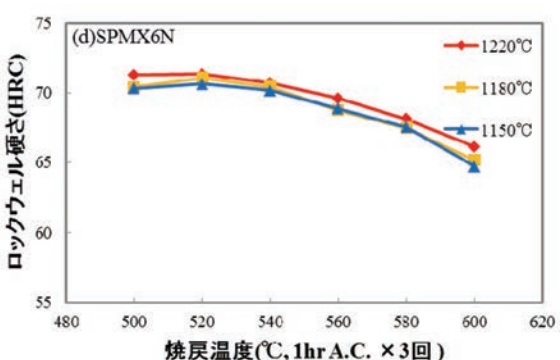
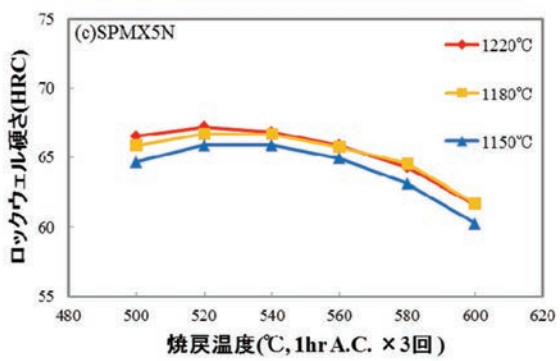
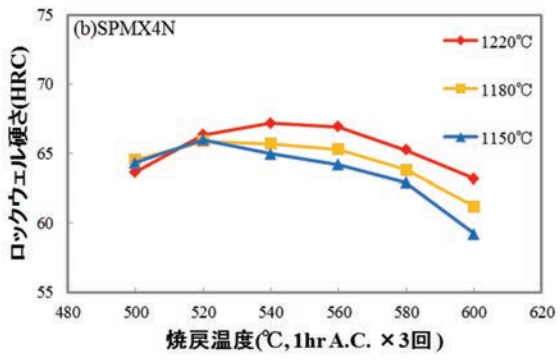
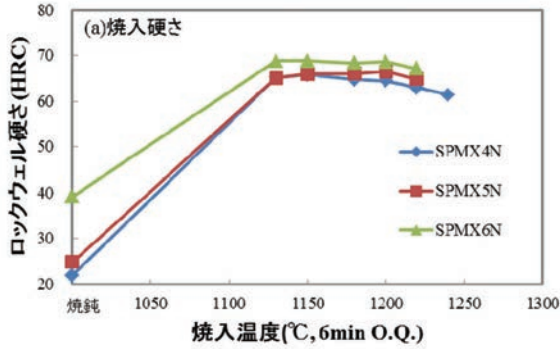


図2 焼入硬さおよび焼入・焼戻曲線

2.3. 靱性

図3および図4に、シャルピー衝撃値および抗折強度を示す。SPMX5Nは、SPMX4Nに近い衝撃値を有し、かつ同等以上の抗折強度を示す。SPMX6Nは、70HRCを超える硬度にも関わらず、3000MPa以上の高い抗折強度を示す。

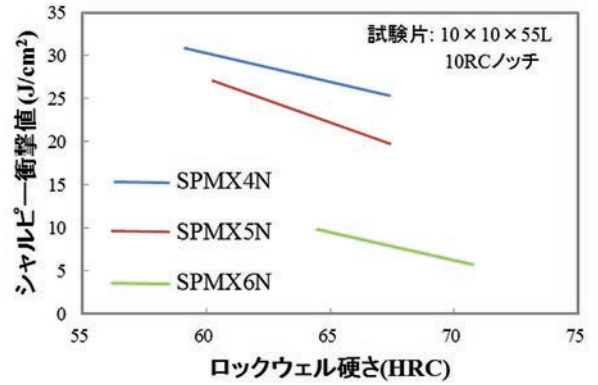


図3 シャルピー衝撃値

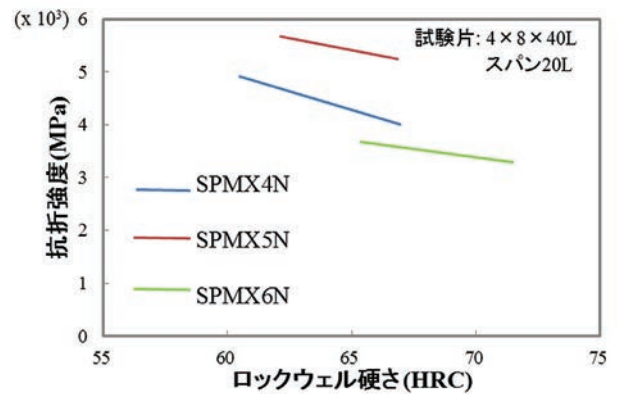


図4 抗折強度

2.4. 高温硬さ

図5に、高温硬さの測定結果を示す。Coを添加したSPMX5Nおよび6Nは、Coを含有しないSPMX4Nよりも、高い高温硬さを有しており、高温切削時の「へたり」抑制する効果が期待される。

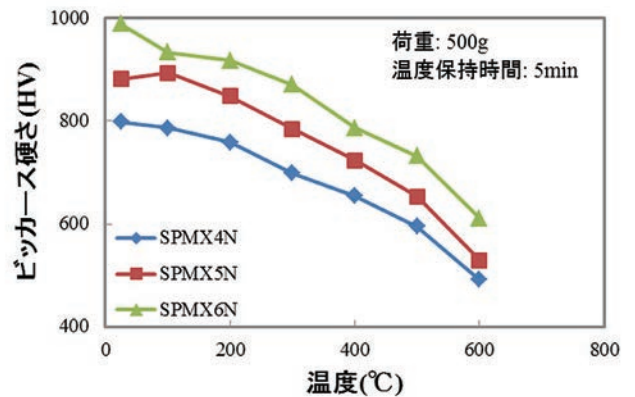


図5 高温硬さ

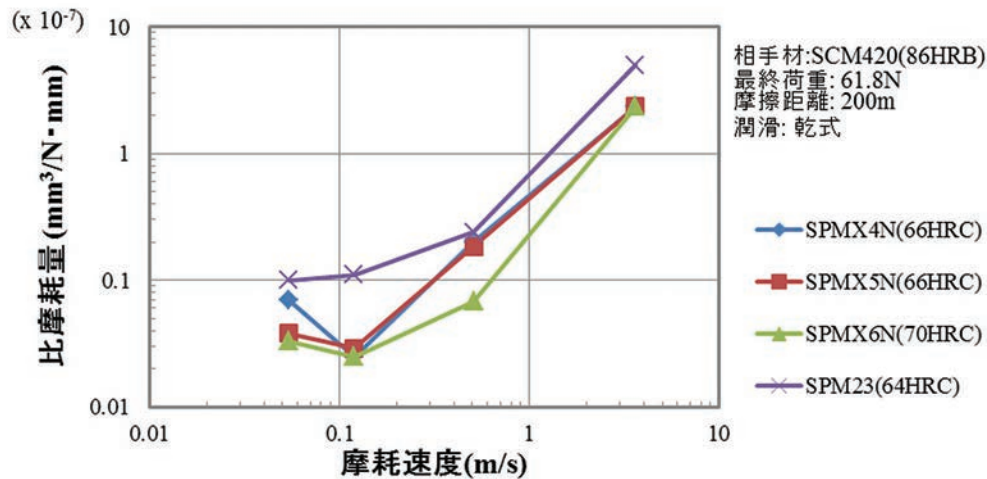


図6 耐摩耗性(大越式摩耗試験)

表2 適用例とその実績

用途	被加工材	従来加工工具材	粉末窒化ハイス製工具による 寿命向上の効果
スリッター	アルミ合金	溶製ハイス	7倍以上
打ち抜きパンチ	炭素鋼	粉末ハイス	1.3~1.6倍
ピアスパンチ	ステンレス鋼	粉末ハイス	3倍
ボタンダイ	アルミ鋼板	ダイス鋼	2.5~3倍

2.5. 耐摩耗性

図6に、大越式摩耗試験結果を示す。SPMXシリーズは、当社の標準的な粉末ハイスSPM23よりも、低速から高速側に至るまで高い耐摩耗性を示している。これは、微細分散したV系炭窒化物の分散が大きく寄与している。

3. 適用例と使用実績

表2に窒化粉末ハイスの適用例およびその実績を示す。窒化粉末ハイスを用いることで、特に凝着や焼付きの起こりやすい加工において、従来使用される溶製ハイスや粉末ハイス等よりも数倍の長寿命を実現している。

4. まとめ

窒化粉末ハイスは、一般的な粉末ハイスよりも耐摩耗性および耐焼付き性を有しており、ステンレス等の熱伝導率の低い材料の加工や凝着摩耗の生じやすい加工において、寿命向上によるコスト削減に大きく寄与することが期待される。

参考文献

- 1) 小柴定雄: 工具材料 (下), 丸善, (1956), 357.
- 2) 門間改三: 鉄鋼材料学, 実教出版, (1999), 360-367.
- 3) 新井透: 精密機械, 39 (1973) 9, 888-894.
- 4) “高靱性・高耐食性粉末ハイスSPMR8の開発”, 山陽特殊製鋼技報, 17(2010)1, 67-70.
- 5) “窒化粉末ハイスSPMX4N”, 山陽特殊製鋼技報, 20 (2013)1, 74-75.
- 6) 前田雅人: 山陽特殊製鋼技報, 21 (2014) 1, 47-53.