

(技術資料)

MnSプレアロイ型快削鋼粉と酸化物添加型快削鋼粉による被削性改善

Improvement of Machinability by MnS Pre-alloyed Free Cutting Steel Powder and Free Cutting Steel Powder with Oxide Added



田中浩之*

Hiroyuki TANAKA



古田智之*

Satoshi FURUTA



谷口祐司*

Yuji TANIGUCHI

KOBE STEEL has two types of free cutting steel powder, MnS pre-alloyed free cutting steel powder and free cutting steel powder mixture with oxide added. The machinability of MnS pre-alloyed free cutting steel powder is improved by using solid lubrication to prevent tool wear. The effect of uniform MnS particle dispersion results in a remarkable improvement in machinability when using a small diameter drill. The Free cutting steel powder mixtures with oxide added have been given the names KSX and KSX-II. KSX is a compound oxide containing calcium oxide, and KSX forms a protective film called belag on tools during machining. The belag protects against tool wear. KSX-II contains an addition of oxide with a low melting point and reduces tool wear by the stabilization of a built-up edge and its restraining effect on plastic deformation. We have three types of free cutting steel powder, and they have different mechanisms. Each type of free cutting steel has its own machining condition requirements. The type should be selected with reference to tool materials, the shapes of the parts, and machining conditions.

まえがき=エンジンの燃費向上設計技術の進歩に伴い、エンジンに搭載される粉末冶金による自動車部品点数が増加し、適用拡大の一途をたどっている。これらの部品は粉末冶金の特徴を生かしてネット形状に近づけた設計がなされているものの、プレスでは成形困難な形状や、必要な精度を機械加工に頼る事例が多く、低コストでの機械加工のニーズはますます強まっている。しかし、一般的に鉄系焼結部品の加工は焼結組織に空孔が存在するため断続切削になり、溶製材に比して工具寿命が低下するといわれている。

これまで当社では、鉄系焼結材の被削性改善の手法として、MnS プレアロイ型快削鋼粉¹⁾ および酸化物系被削性改善材 KSX²⁾、KSX-II³⁾ を開発してきた。これらはそれぞれ、対象材料や加工条件の違いにより特徴を發揮する。本稿では、それぞれの被削性改善材の特徴を述べ、対象とする焼結部品への適用状況を解説する。

1. MnS プレアロイ型快削鋼粉

焼結材で一般的に使われている MnS 粉を添加した鋼粉は、焼結時に雰囲気水素と反応して脱硫し、被削性の改善効果が低下してしまう問題があった。本 MnS プレアロイ型快削鋼粉は、従来材の脱硫影響を低減するため、溶製中に Mn および S を添加し、凝固時に MnS を鉄粉中に均質に分散させることを特徴としている。

当社は、Mn および S の添加量や成形性の違いにより、400MS-A、250MS-A などをメニュー化している。400MS-A および 250MS-A は Mn を化学量論組成より

も高めに添加しており、鉄粉粒子内に MnS が均一に分散した組織となっている。このため、脱硫が少なく被削性に優れている。それらの鋼粉の化学成分および粉体特性を表 1 に、快削鋼粉のマイクロ組織を図 1 に、400MS-A および 250MS-A の粒子 SEM 像を図 2 に、被削性(工具

表 1 化学成分
Table 1 Chemical composition

Chemical composition	C	Si	Mn	P	S	O
400MS-A	0.001	0.012	0.65	0.038	0.30	0.15
250MS-A	0.002	0.017	0.63	0.040	0.31	0.17
Conventional reduced powder	0.001	0.055	0.34	0.007	0.01	0.27

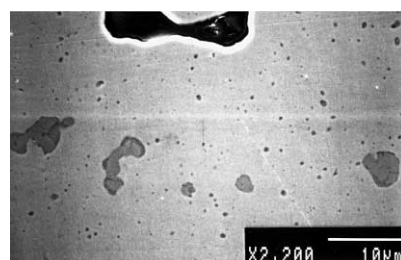


図 1 MnS プレアロイ型快削鋼粉のマイクロ組織
Fig. 1 Microstructure of MnS pre-alloyed steel powder

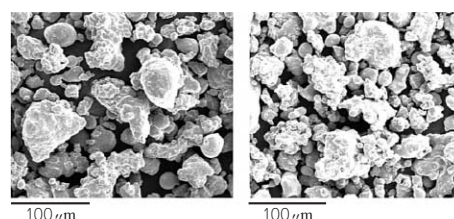


図 2 400MS-A および 250MS-A の粒子 SEM 像
Fig. 2 SEM micrograph of 400MS-A and 250MS-A+A22

*鉄鋼事業部門 鉄粉本部 鉄粉工場

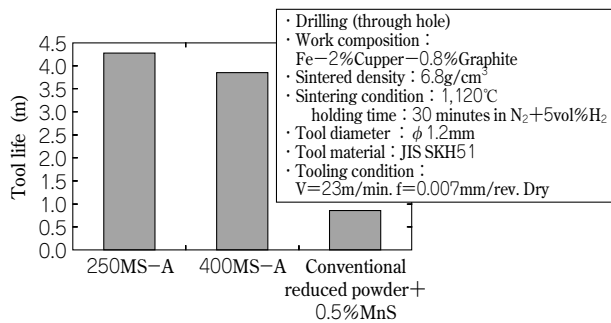


図3 被削性の比較
Fig. 3 Comparison of machinability

寿命)を図3に示す。

MnS プレアロイ型快削鋼粉はφ1mm程度の細物のドリルでは外周切削速度は30m/分であり、MnS プレアロイ系で十分な効果が得られる。理由としては、本鋼快削鋼粉中に MnS が均一に分散している効果が現れていると考えられる。

2. KSX 添加型快削鋼粉

KSXはカルシウムを含有する添加物で、MnS プレアロイ型快削鋼粉とは被削性改善のメカニズムが異なる。MnS プレアロイ型快削鋼粉は、工具とワークの間に MnS が存在して固体潤滑の効果が生じることによって工具摩耗を低減する。これに対して KSX は、工具の表面に保護膜を形成することによって工具寿命の延長、すなわち被削性向上を図っている。

それらの試験結果の概要を説明する。表2に被削性改

表3 焼結条件
Table 3 Sintering condition of test piece

Green density	6.90g/cm ³
Sintering temperature	1,120°C
Holding time	30 minutes
Sintering atmosphere	N ₂ -10%Vol H ₂

表4 被削性評価条件
Table 4 Evaluation conditions for machinability

Methods	Tool materials	Cutting speed (m/min)	Depth of cut /Dia. (mm)	Feed per revolution (mm/rev.)	Coolant
Turning	Carbide (K10)	100 ~ 120	0.5	0.1	None
	Carbide (P10)	100 ~ 200			
	Cermet (P20)	100 ~ 120		0.07	
	cBN	400			
Boring	Cermet (P10)	180	0.1	0.05	Aqueous coolant
	HSS (HS 6-5-2)	<100			
Drilling	(Ti-Al)N coated carbide (K20)	110	5 (Dia.)	0.1	None

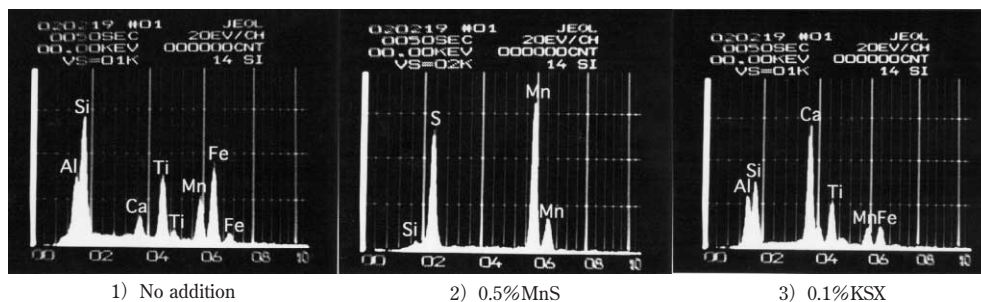


図5 (Ti-Al)N コートドリル逃げ面の X線スペクトル
Fig. 5 X-ray spectrum on flank wear of (Ti-Al)N coated drill

善材の混合組成を、表3に示す焼結条件にて外径64mm、内径24mm、厚さ20mmのテストピースを作成した。これらのテストピース10個をマンドレルで束ね、表4に示す条件で切削加工を行うことによって被削性の評価を行った。表5に被削性評価材料の機械的性質を示す。KSX添加材の機械的性質は、MnS添加材や無添加材と同等である。図4にターニングによる被削性試験結果を示す。切削速度が200~400m/分ではKSX添加材の工具摩耗量はMnS添加材と比べて非常に少なくなっている。KSX添加材をドリル切削した後の工具のX線観察結果を図5に示す。無添加材ではFe、Al、およびSiが、MnS粉添加材ではMnとSが検出された。一方、KSX添加材ではCaが主要な元素として検出された。これは、切削中の温度や圧力によってKSXが軟化、あるいは溶融してKSX添加材が工具に付着したことを示す。KSX添加材で観察された工具付着物は一一般的にベラーク (belag) と呼ばれるもので、工具への鉄の拡散を防止する効果がある。ベラークは工具中にTiCやTaCに多く含有するほ

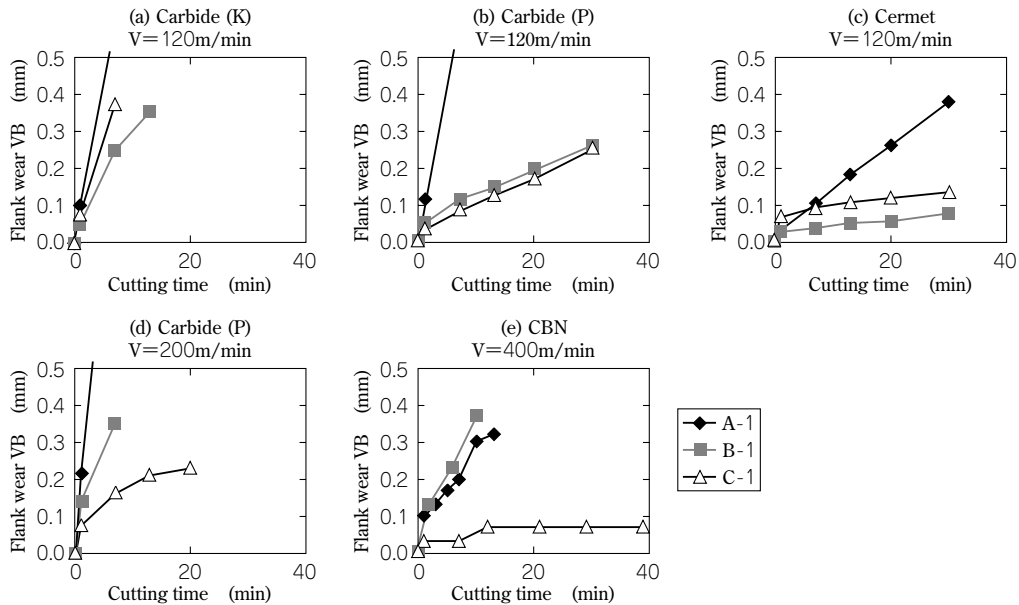
表2 配合表
Table 2 Mix composition

Base powder	Composition (wt%)	Free-machining agent (wt%)
		No addition
300M (Pure)	Fe-2Cu-0.6Gr (FC0205)	0.3MnS(PF)
		0.5MnS(PM)
		0.1KSX

表5 被削性評価材料の機械的特性
Table 5 Mechanical properties of test pieces for machinability test

Composition	Density (g/m ³)	Apparent hardness HRB	Radial crushing strength (Mpa)
			666
FC0205 for sintered GD=6.9(g/m ³)	No addition	63.4	666
	0.5MnS	63.8	655
	0.1KSX	66.5	693

Turning : No-coolant ; (a)-(e)



Drilling : No-coolant ; (f), (g)

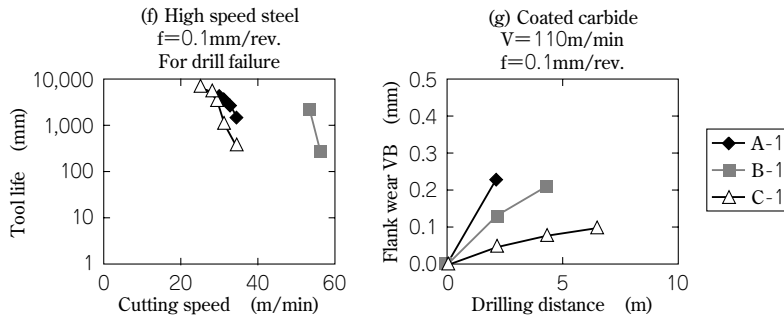


図4 FC2025 配合の被削性
Fig. 4 Machinability of sintered parts of FC2025 composition

ど、また、切削温度が上昇するほど工具に付着しやすいことが知られている⁴⁾。このことがTiCやTaCを多く含有するP種超硬、およびそれ以上の高級工具での切削、または切削温度上昇を引起す高速切削や硬い材料での切削でK SX が効果的である理由である。

焼結部品の切削コスト低減のためには、高効率で切削できる高速切削が前提となる。このため、K SX は現在の被削性改善の要求に適した添加材となっている。

3. K SX-Ⅱ 添加型快削鋼粉

K SX-Ⅱは、K SX が適用できない低速切削や、ベラーグの生成しにくいK種超硬での被削性改善を主眼に開発した。

K種超硬工具での工具摩耗抑制のためには被削材の変形を抑制し、構成刃先を生成することが有効であることを見いだした。さらに構成刃先安定化のために、構成刃先と被削材間の潤滑性が必要と判断した。

この条件に適した酸化物を粘度などから選定し³⁾、工具摩耗量が少なく十分な焼結体強度が確保できる複合酸化物をK SX-Ⅱと名付けた。K SX-Ⅱの評価内容および評価結果を以下に述べる。

試験材として、K SX-Ⅱを0.3mass%添加したものとMnS粉(MnS)を0.5mass%添加したものの2種類の材

料を準備した。

なお、K SX-Ⅱは遊離Cを生じやすいため、MnS添加材に機械的性質を合わせる目的で黒鉛粉添加量を0.8mass%から0.1mass%増加させて0.9mass%とした。使用原料、混合成形、および焼結条件を表6に示す。なお、被削性試験に用いるMnS添加材ならびにK SX-Ⅱ添加材の焼結体特性は、図6に示すように同等であった。

切削試験はK種超硬工具を用い、切削速度は一般に使用される速度域である100、150、200m/分の3水準で2,000mの切削距離まで乾式旋削を実施した。切削速度および距離以外の切削条件は表7に示す。被削性評価として、任意の距離を切削したときの工具逃げ面摩耗量および切削抵抗を測定した。また、被削材特性として見掛け硬さと圧環強さを測定した。

図7に、K SX-Ⅱの被削性試験結果を示す。工具寿命を仕上げ切削での逃げ面摩耗量0.2mm(JIS B 4011:1971)を基準としたとき、MnSの工具寿命は切削速度100m/分で1,000m、150、200m/分で400mであった。K SX-Ⅱの工具寿命は切削速度200m/分では1,000mを示し、100、150m/分では切削距離2,000mでは寿命に達しなかった。したがって、K SX-ⅡのMnS比工具寿命は切削速度100m/分で少なくとも2倍、150m/分で少なくとも5倍、200m/分で2.5倍であった。

表 6 KSX の評価条件

Table 6 Condition of machinability test piece

Composition	Fe-2mass%Cu-0.8mass%Gr+0.75mass%Lub Fe : 300M (KOBÉ STEEL) Cu : Atomized Copper Gr : Natural Graphite Lub : Ethylen bis stearate
Green Density	6.9g/cm ³
Sintering condition	1,120°C Holding time 30minutes

表 7 切削試験条件

Table 7 Machinability evaluation condition

Tool material	Tungsten carbide(K10)
Cutting speed	100, 150, 200m/min
Cutting distance	2,000m
Coolant	None(Dry)
Cutting way	Turning

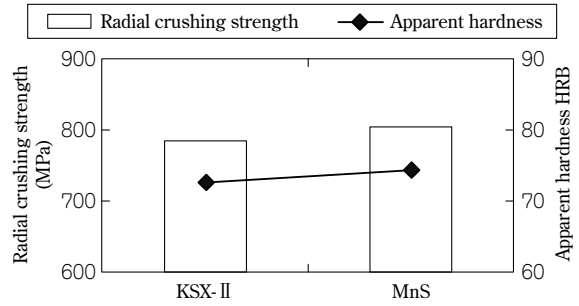


図 6 KSX-II と MnS 混合材の圧環強さ、見掛け硬さの比較
Fig. 6 Comparison between material with KSX-II and MnS on radial crushing strength and apparent hardness

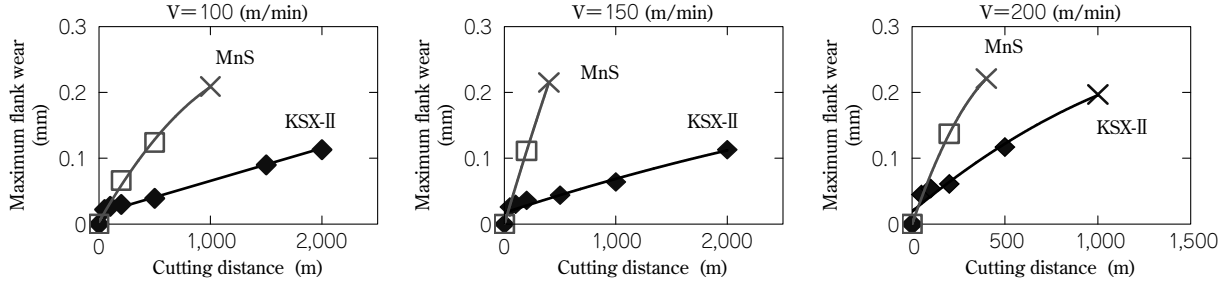


図 7 種々の切削速度での切削距離と逃げ面摩耗量との関係

Fig. 7 Relationship between cutting distance and maximum flank wear with each cutting speeds

4. MnS プレアロイ型快削鋼粉と酸化物添加型快削鋼粉の適用事例

当社は、MnS プレアロイ型鋼粉 (400MS-A, 250MS-A), KSX, および KSX-II の 3 種類の被削性改善材を商品化している。それぞれ特徴があり、用途によって材料選定を推奨している。

旋削加工でのワークの直径と切削速度で整理した例を図 8 に示す。KSX-II と MnS プレアロイ型鋼粉は低速切削領域に適しており、MnS プレアロイ型鋼粉はワーク直径が小さい加工まで適用できる。これは、1 章で述べたように、MnS プレアロイ型鋼粉は MnS が鉄粉粒子中に均質に分散しているためと考えられる。

MnS プレアロイ型鋼粉ならびに KSX 添加粉について、おのおの適した推奨工具を表 8 に示す。KSX-II については、これまでの当社試験結果から推奨工具を示した。表 8 の適用部品事例は、今後の適用拡大に伴って充実させてゆく予定である。

むすび＝当社では、MnS プレアロイ型快削鋼粉ならびに酸化物系被削性改善添加材 KSX および KSX-II を開発してきた。MnS プレアロイ型快削鋼粉は固体潤滑の効果により被削性改善を図っており、KSX はベラーク生成により工具摩耗を抑制する。また、KSX-II は構成刃先による保護作用とせん断抵抗抑制による切削抵抗低減により工具摩耗を抑制する。これらメカニズムの異なる 3 種類の被削性改善材のなかから、適用部品の切削様式などに合せて最適な材料を選択することができる。

KSX ならびに MnS プレアロイ型快削鋼粉は、それぞれ 2006 年、2009 年に技術的な特徴ならびに豊富な使用

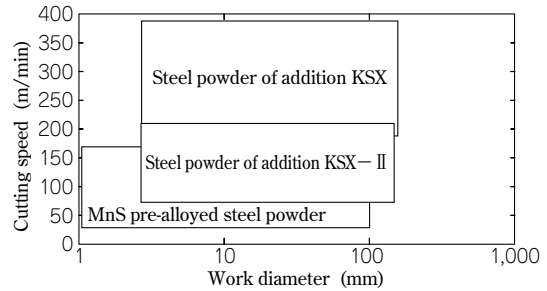


図 8 外周旋削での各快削鋼粉の推奨切削速度

Fig. 8 Recommend turning cutting speed for each free cutting steel powder

表 8 各被削性改善材の推奨工具

Table 8 Suitable combination of material and tool type for each objective parts

Type	Tool	Applied parts (example)
MnS pre-alloyed steel powder	high speed steel, cabide (K10~K40)	shock absorber parts, sliding parts (small diameter)
addition KSX	carbide (P10~P40), cermet, cBN	parts for valve timing, sprocket, synchronizer Hub
addition KSX-II	high speed steel, cabide (K10~K40)	sliding parts (high graphahite contents)

実績が認められて日本粉末冶金工業会原料賞を受賞している。今後、KSX-II と共に市場に提供し、機械加工費低減を通じて粉末冶金部品のコストダウンならびに競争力強化、適用拡大に貢献していきたい。

参考文献

- 1) 佐藤正昭ほか：R&D 神戸製鋼技報, Vol.44, No.2(1994), pp.14-17.
- 2) 古田智之ほか：R&D 神戸製鋼技報, Vol.55, No.3(2005), pp.72-75.
- 3) 古田智之ほか：R&D 神戸製鋼技報, Vol.59, No.1(2009), pp.76-80.
- 4) 鉄鋼便覧：Vol.4, No.4 (2002), p.66.