

討21

マルテンサイト相を混在させた快削鋼の被削性

金枝 枝研

○山本重男 荒木 透 中島宏興

1. 緒言

近年、切削加工工程の自動化・無人化運転の進歩は急である。NC工作機械などの高価な設備の早期償却などの点からみて、切削加工工程はさらに高速化による生産性の向上を目指すと思われる。一方、最近の著しい耐摩耗性工具の開発もこの方向を指向しているように思われる。これらの切削加工機や工具のもてる能力を十分に引出すためにも、さらに被削性のすぐれた鋼の開発が必要である。需要の多い硫黄快削鋼や鉛快削鋼は工具摩耗におよぼす点で、必ずしも高速切削加工に適したものとは言い難い。

ここでは被削性のすぐれたミクロ組織と快削性元素の組合せ効果を検討してみた。被削性のすぐれたミクロ組織としては、例えば、低合金鋼を熱間圧延状態から空冷して得られるフェライト・ペイナイト¹⁾組織の鋼があり、工具摩耗や切りくず処理性、切削抵抗におよぼす効果のすぐれていることが示された。この原因はフェライト・パーライト組織の鋼に比べ、二相間の硬さの差が大きいことによると考えられた。すなわち、切削中にペイナイト相周辺の軟かいフェライト相は激しい変形を受けて切りくずのせん断領域を縮小させ、切りくずをせい化させることなどによると思われた。被削性の向上機構に関するこのような考えからは、さらに、二相間の硬度差を増すことで被削性の改善が予想される。

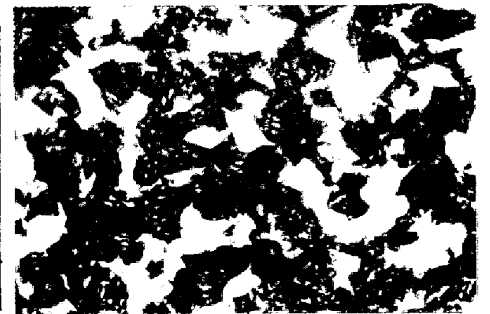
2. 供試材の熱処理および機械的性質

従来、マルテンサイト組織は硬さが大きいため、被削性の点では特に好ましくないとされていた。従もどしマルテンサイト組織にしても同様である。これら一相組織に比べ、フェライト(パーライト)・マルテンサイト組織の切削においては、軟かいフェライト(パーライト)相に切りくず生成の際の変形²⁾量が集中するなど、切削機構の点から考えて、切りくず処理性などのすぐれていることが予想された。

供試材は表1に示した組成にある市販材のSCM420とその快削鋼およびSCM435鋼である。B1, B2, B試料は基本鋼であり、この内のB試料を快削鋼であるS, L試料との比較材として用いた。S試料は硫黄系の快削鋼であって硫化物の形状を紡錘状とするために若干のテル>が添加されており、冷間

表1、供試材の化学分析値 (wt%)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Pb	Te
B1	0.21	0.34	0.86	0.013	0.008	1.20	0.15		
B2	0.36	0.28	0.71	0.018	0.011	1.05	0.15		
B	0.19	0.20	0.76	0.018	0.025	1.05	0.16		
S	0.18	0.24	0.82	0.012	0.052	1.09	0.16		0.013
L	0.23	0.20	0.73	0.014	0.026	1.04	0.15	0.17	



20μm

加工の可能な快削鋼である。

マルテンサイト相を生成させるための熱処理は種々あるが、ここでは予熱後700°Cのソルトバス中で保持時間を変化させた後に水冷することによってマルテンサイト量を調整した。写真1にこのようにして得られたフェライト(パーライト)・マルテンサイト組織を示した。B, S, L試料についてはマルテンサイト量を調整して硬さHV260に揃えた試料を被削材などとして用いたが、こ

写真1、フェライト(パーライト)・マルテンサイト組織

こ

これらの試料の記号はそれぞれ BM, SM, LM として表わした。さらに、各温度で焼もどしを行ってゐるが、例之は、BM 試料を 600°C で焼もどした場合には BM-6 の記号で表わした。なお、焼ならし状態の試料はそれぞれ BN, SN, LN として表わしたが、その硬さは炭素量のバラツキにより、HV 150~160 ぐらいで、パーライト量も 30~40% 範囲となつてゐる。

図1は B, S, L 試料の昇温域における引張試験結果を示したものである。各試験温度における保持時間は昇温後 20 分とし、引張速度は 1.0 mm/min で行った。常温における引張強さは BM, SM, LM とともに 90 kg/mm² 前後であり、350°C においては 80 kg/mm² である。しかし、これ以上の温度域では急激に軟化し、600°C では焼ならし材と同様な値を示している。そして、これらの伸び、絞り値は靭性領域を過ぎた 350°C ぐらいから急に回復し、600°C においては焼ならし材を上回つてゐる。なお、鉛を添加した L 試料の 300~350°C を中心としたぜい化はマルテンサイト相を混在する場合、350°C において伸びで 10%、絞りで 30% 以上の低下を示している。

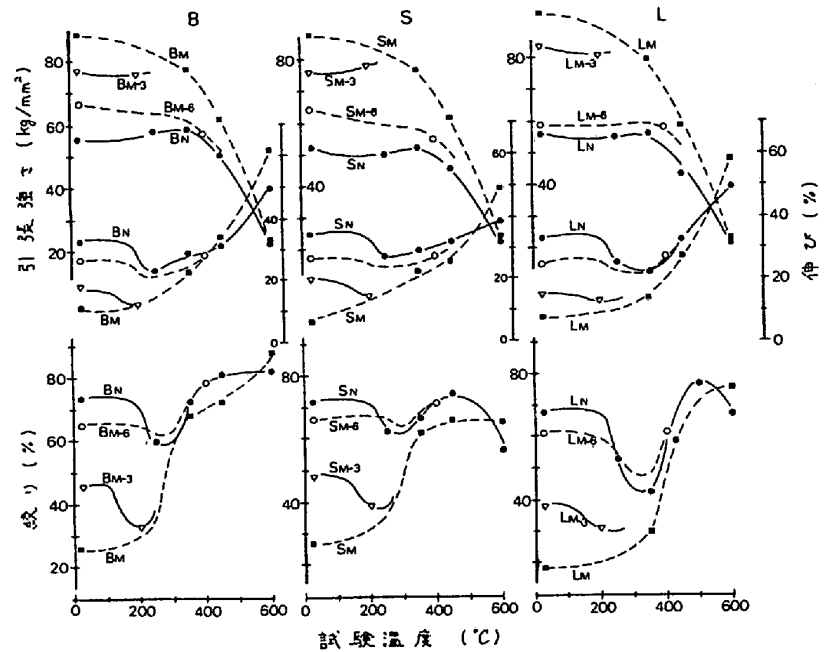


図1. マルテンサイト相を混在した試料の引張試験結果

3. 被削性試験結果

被削性試験は旋盤を用いて切りくず処理性、切削抵抗、工具摩耗について行った。図2は B1 および B2 試料中のマルテンサイト量を変化させて切りくず処理性への影響を示したものであり、300°C で焼もどし処理を行つてゐる。通常、硬い鋼の切削時ほど処理性の悪い連続した切りくずが生成する。加えて、ここに示した様な高速切削時ほど生成する切りくずは連続したものとなる。しかし、マルテンサイト相を多く混在させた硬い試料の切削時ほど処理性のすぐれた切りくずが生成している。この様な傾向は切削速度、工具送り量、チップブレイク幅を変えた条件においても認められた。

図3はマルテンサイト相を混在させた鋼を切削した時の超硬工具の摩耗と切りくずの生成状態を示したものである。被削材は 300°C 前後で焼もどしを行つてゐる。比較材として示した球状化材と比べ、マルテンサイト相を混在した鋼は硬さが増しているにもかかわらず、摩耗量は同程度である。そして、切りくずの処理性はむしろ球状化材よりすぐれている。これに対して、

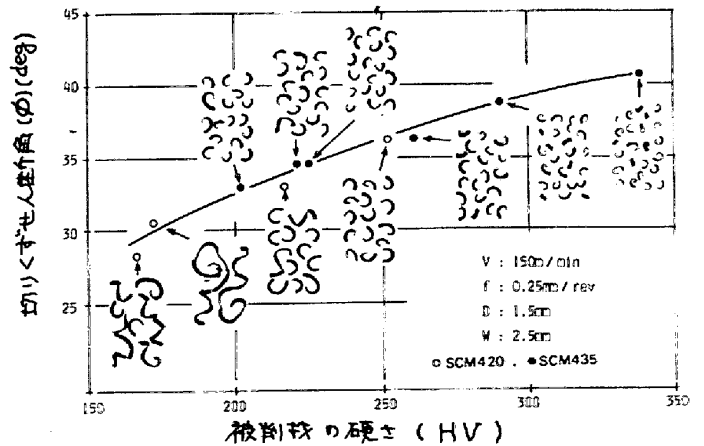


図2. マルテンサイト相を混在した鋼の硬さと切りくず形状

通常の焼もどしマルテンサイト組織の鋼は、連続した切りくずが生成し、被削材や工具に巻きついて摩耗試験を行うことは出来なかつた。

図4はB2試料のマルテンサイト量を変化させて、切削中の切りくずせん断角(ϕ)、工具-切りくず面の見かけ上の摩擦係数(μ)、切りくずせん断域におけるせん断応力(τ)と圧縮応力(σ)について示したものである。 σ はマルテンサイト量が増すに従って増大している。しかし、 ϕ も増して薄い切りくずが生成している。これらの関係から工具に加わる切削抵抗値は、マルテンサイト量が増すほど減少傾向を示す。 μ はマルテンサイト量が増すほど減少しており、工具-切りくず面の接触面積が減少していることによると思われる。

マルテンサイト相を混在させた快削鋼の切削抵抗分力を図5として示した。主分力は焼ならし材およびマルテンサイト相を混在させた試料間で差はない。しかし、送り分力ではマルテンサイト相の焼もどし温度を変えることによる変化が認められた。例えば、B試料については焼もどし温度が増すに従って、中速から高速切削域にかけてFsが増し、600℃で焼もどした場合にはBN試料の値に近づく。L試料の切削においては工具-切りくず面で行われる鉛の潤滑作用に原因してか、LNとLM試料の送り分力の差は縮小されたものとなっている。

マルテンサイト相と快削性元素の切削挙動におよぼす効果を示したのが図6である。まず、B試料については切りくずせん断角(ϕ)、工具-切りくず面の見かけ上の摩擦係数(μ)、切りくずせん断域におけるせん断応力(τ)および圧縮応力(σ)について、BN試料とBM-6試料は類似した挙動を示していることが分かる。これは図1で示した機械的性質に見られるごとく、BNとBM-6試料の挙動が似ていることと関連して説明出来る。なお、ここでは省略しているが、BM-2およびBM-4試料の値はBNとBMの間に位置することが多い。

B1	Spheroidizing						Tempering (250°C) (ferrite-pearlite-martensite)					
	VB: 0.05mm Hv: 145	0.04~0.05 275	0.03 260	0.03~0.04 195	0.03 210	0.04 180						
B2	Spheroidizing				Tempering (350°C) (ferrite-pearlite-martensite)		Tempering (martensite) 650°C		550°C			
	VB: 0.04mm Hv: 150	0.03~0.04 280	0.03 265	0.04~0.05 240	250	325						

(V: 100m/min, Cutting time: 8min, f: 0.25mm/rev, Tool: P10 8,10,6,6,15,15,0.3)

図3. マルテンサイト相を混在した鋼の工具磨耗量と切りくず形状

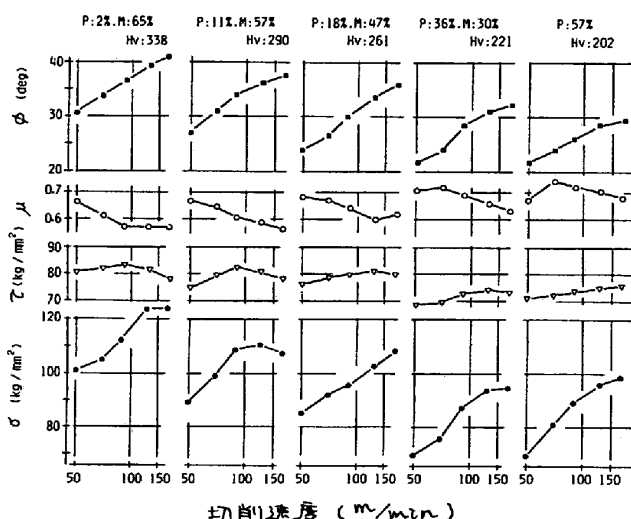


図4. マルテンサイト量の異なる鋼を切削時の切削部の諸挙動 (焼もどし温度300℃)

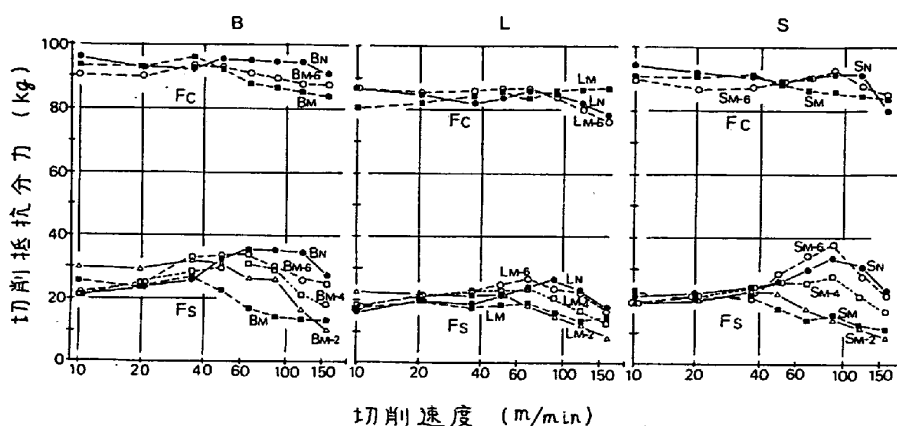


図5. マルテンサイト相を混在させた快削鋼の切削抵抗分力 (切削条件, D: 1.5mm, f: 0.3mm/rev, P10工具 [8, 10, 6, 6, 15, 15, 0.3])

L 試料においては α についてLM 試料が減少しており、マルテンサイト相によるせん断応力の増大が、溶融鉛の切欠き感受性に原因して軽減されていることが示唆された。しかし、 μ についてはLN とLM 試料間の差が縮小しており、鉛の潤滑作用は鋼の硬さに影響される工具-切りくず間の摩擦係数を均一化する作用があると思われた。S 試料については σ の低下がSM 試料で認められることから、マルテンサイト相の混在は硫化物のもつマイクロクラックの発生と伝播作用を促進することなどが予想された。

TiN 系のサーメット工具の磨耗におよぼす影響を表2として示した。そして、工具磨耗試験中に生成した切りくず形状を写真2として示した。なお、クレータ磨耗は切削距離が短かいためか、殆んど生成しなかった。工具磨耗量はLM 試料

表2. サーマット工具を用いた工具磨耗試験 (VB 磨耗 (mm), 切削距離 1500 m)

切削速度	BN	BM	LM	SM
100m/min	0.04	0.03	0.17	0.05
200m/min	0.06	0.11	0.26	0.15

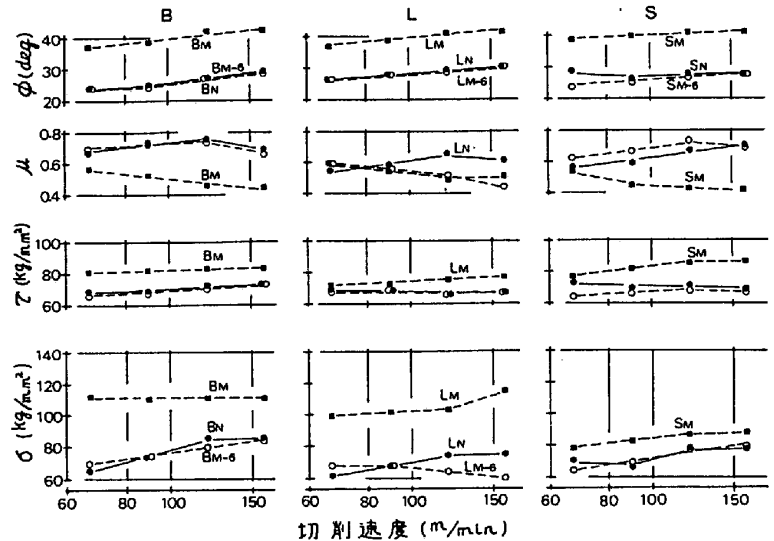


図6. マルテンサイト相を混在した快削鋼の切削挙動におよぼす影響 (D=1.5mm, f=0.2mm/rev, 工具P10[8,10,6,6,15,15,0,3])

を切削時に増大しており、酸化鉛の工具への腐食作用として予想されたものであった³⁾。切削速度 100 m/min においては BM 試料の磨耗量が少ないが、200 m/min では BN 試料を上回っており、工具-切りくず間の接触長さなどとの関連でも検討する必要がある。BN 試料を切削中には工具に巻き付き易い切りくずが生成するため、しばしば実験を中断して切りくずの除去を行わなければならなかった。

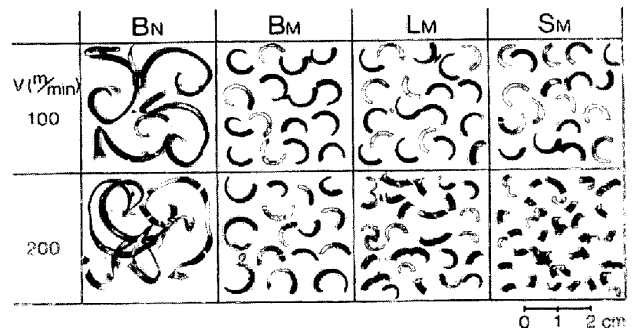


写真2. マルテンサイト相を混在した快削鋼の切りくず形状 (D=1.5mm, f=0.2mm/rev, 工具:TiN系サーメット[-6,-6,6,6,30,0,0,8], W=2.5mm)

4. 結言

マルテンサイト相を混在した快削鋼の被削性に先だって、フェライト・(パーライト)・マルテンサイト組織の鋼の被削性について述べた。この鋼は従来の著しい耐磨耗性工具に対応して出現した面が強い。硫酸快削鋼や鉛快削鋼にしても、当時の工具や切削自動機を対称として改善されて来た経緯があり、脱酸調整快削鋼も TiC を含む超硬工具との関連がある。このように、鋼の被削性はその時点における切削加工工程と密着しており、この様な関連は今後一層強まるものであろう。

マルテンサイト相を混在した鋼の被削性は必ずしも快削性元素のもつ向上機構と相乘的な面だけを見てはくれない。しかし、切削残滓の点から検討することでは新たな展開が期待出来る。

文献. 1). 被削性小委員会報告: 精密機械, 46, 7 (1980) p. 898, 2). 山本, 荻木, 中島: 鉄と鋼, 66 (1980), 51264, 3). 伊藤: 金属材料, 10 (1970) 10, p. 9.