

# 硫黄・鉛複合快削鋼の高速切削領域における被削性に関する研究

建設，機械系（機械システム工学科） 山森 英明

## 1. 緒言

硫黄快削鋼と鉛快削鋼とでは，快削成分による被削性の特性と機構は異なる。低速度切削域の場合，硫黄はせん断面における応力集中源となりせん断域を脆化し，鉛は切屑とすくい面の間に絞り出され直接潤滑を行うといわれている。これらの快削成分を複合すれば両者の効果により，一層の被削性向上が期待される。しかし高速切削域における硫黄鉛複合快削鋼の切削機構は不明な点が多い。

そこで本研究では硫黄鉛複合快削鋼の高速切削領域における被削性を研究した。

## 2. 実験方法

表1に供試材の化学成分を示す。

超硬工具(P20)を使用してすくい角 $(-10, -5, 0, 5, 10^\circ)$ ，切削速度 $(25\sim 300\text{m/min})$ を変化させ，送り $0.25\text{mm/r}$ ，切り込み $2\text{mm}$ で切削し，切削抵抗を測定し，すくい面摩擦力を算出した。その際生じた切屑のすくい面をSEM観察した。また各母材をEDS(エネルギー分散型X線分析装置)により分析した。

表1 供試材の化学成分

	C	Si	Mn	P	S	Pb	Al
No.1	0.54	0.19	0.68	0.014	0.019	0	0.034
No.2	0.54	0.20	0.97	0.022	0.048	0	0.030
No.3	0.56	0.18	0.63	0.028	0.028	0.075	0.023

## 3. 実験結果及び考察

### 3-1 切削抵抗の測定

図1に各材料のすくい角 $\alpha = 0^\circ$ での切削速度に対する切削抵抗を示す。図1からすべての切削速度において鉛の効果は顕著に現れない。佐藤，中島<sup>1)</sup>によると，硫黄鉛複合快削鋼(0.1, 0.3% Pb)の切削抵抗は鉛の直接潤滑効果のため鉛無添加鋼より低くなり，ある一定の速度を超えると鉛無添加鋼と同程度になることが

報告されている。これは No.3 試料に含まれる鉛の含有量が 0.075% と少なく、切削抵抗にその効果を現すほどの量ではないと考えられる。

なお切削速度の増加に対する切削抵抗の上昇も明確には現れなかった。

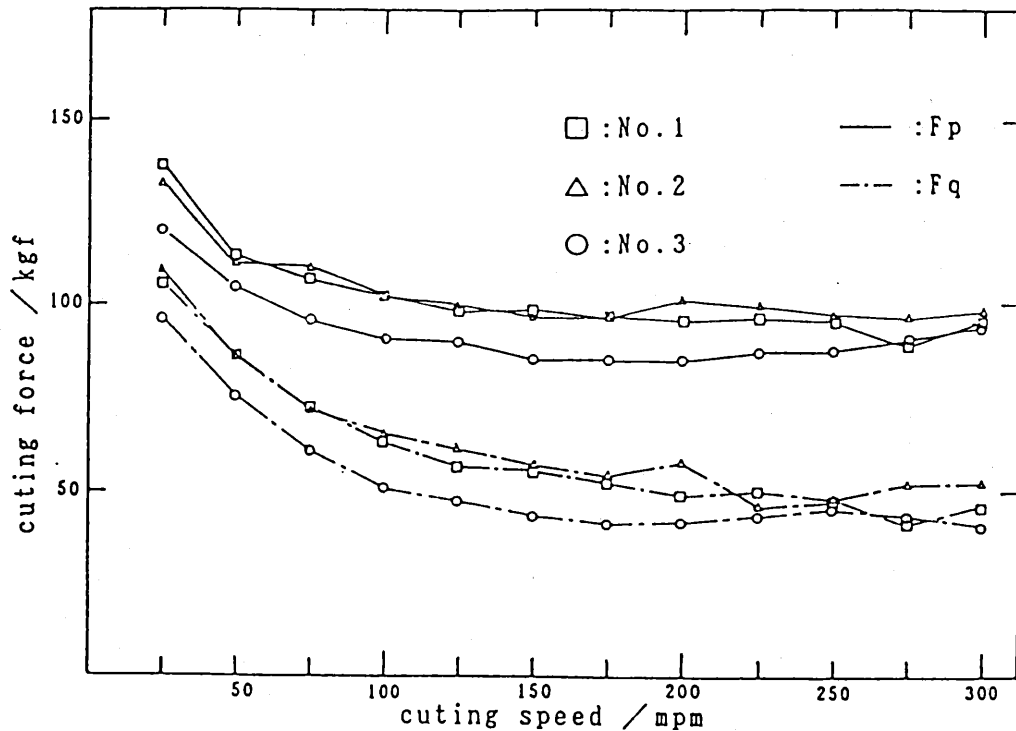


図1 切削速度と切削抵抗の関係

### 3-2 すくい面摩擦係数の算出

図2に  $\alpha = 0^\circ$  における切削速度に対するすくい面摩擦係数を示す。図2からもし鉛の直接潤滑効果により切削抵抗が減少するのならば切削抵抗とすくい面摩擦係数は速度に対し同様の挙動を示すはずである。しかし全ての速度域で鉛添加鋼と無添加鋼に顕著な差は現れていない。この点からも鉛の直接潤滑による切削抵抗への影響はほとんど無いものと考えられる。

### 3-3 SEMによる切屑すくい面の観察

写真1に No.3 試料の切屑すくい面の SEM 写真を示す。No.3 試料において切削抵抗の測定実験と同様に、鉛の直接潤滑効果の痕跡として球形の鉛が観察されると予想された。しかし、低速度域 (25 mpm ~ 100 mpm) においても鉛粒子は観察されず直接潤滑は確認できなかった。ただ写真2に示すように高倍率での観察で  $\alpha = 10^\circ$ ,  $V = 150$  mpm のとき、直径約  $1 \mu\text{m}$  の鉛が観察された。

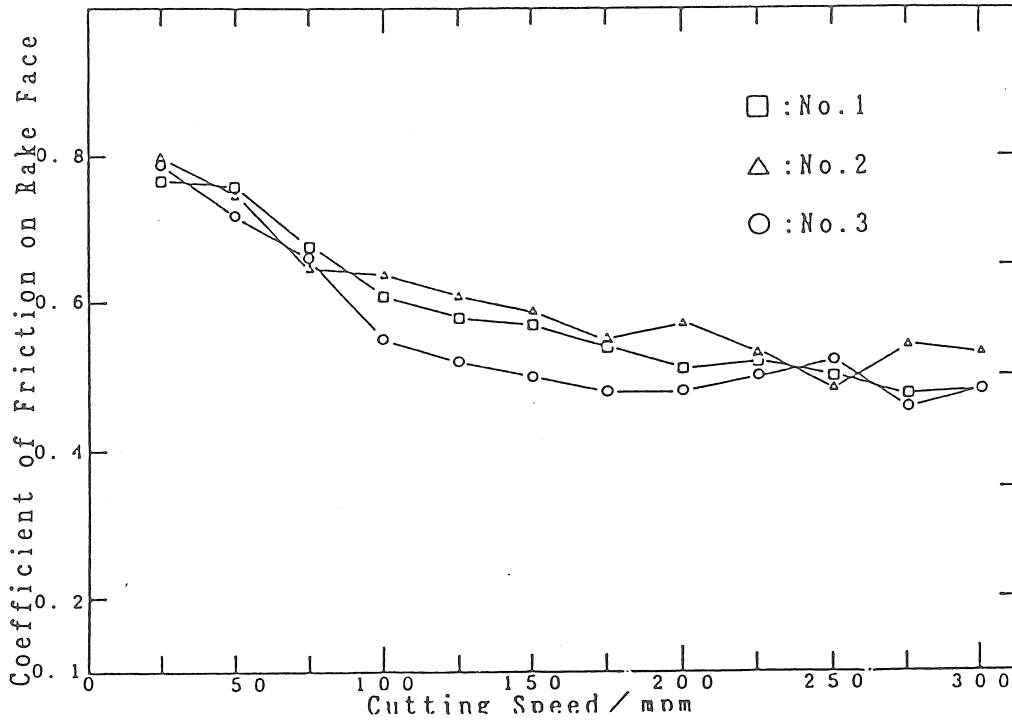


図2 切削速度とすくい面摩擦係数の関係

### 3-4 EDSによる母材分析

写真3,4にEDS写真を示す。試料はバフ研磨を行ったが、その際粒子が脱落したと思われる脱落痕が観察された。痕跡の密度は以下の通りである。

- No.1試料 300個/mm<sup>2</sup>
- No.2試料 1900個/mm<sup>2</sup>
- No.3試料 1900個/mm<sup>2</sup>

No.2試料の脱落痕はSi, MnS, Al粒子の脱落, No.3についてはSi, MnS, Alそして鉛の脱落が見られる中, Si粒子が脱落せず付着している現象が目立った。

No.3試料において確認された鉛は、貫田、渡辺<sup>2)</sup>の報告にあるように、MnS粒子周囲に存在するものは少なく、ほとんどが直径1~2μm程度で鉛単体で存在していた。また、MnS粒子も直径2~5μm程度の大きさであった。この場合切削時にMnSのみならず、Al, Si粒子も応力集中源となるため鉛は本来応力集中源となるMnSによって発生したクラック中に絞り出され、さらにすくい面に絞り出される事が困難になっていることが分かる。このため直接潤滑による切削抵抗の低下が顕著に現れないものと思われる。

### 3-5 切屑の観察

写真5に切屑の写真を示す。Mnの添加により切屑のカール半径が小さくなり、鉛の添加により切屑破碎性が向上することが確認された。これは200mpm以上の

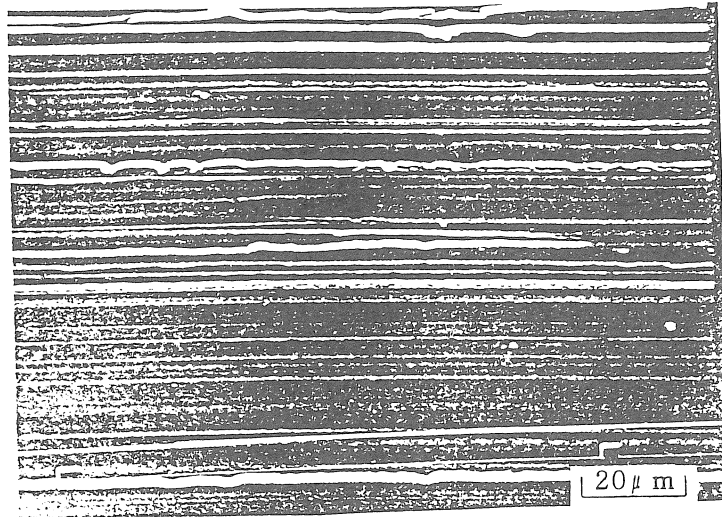


写真1 V=100mpm の切屑すくい面

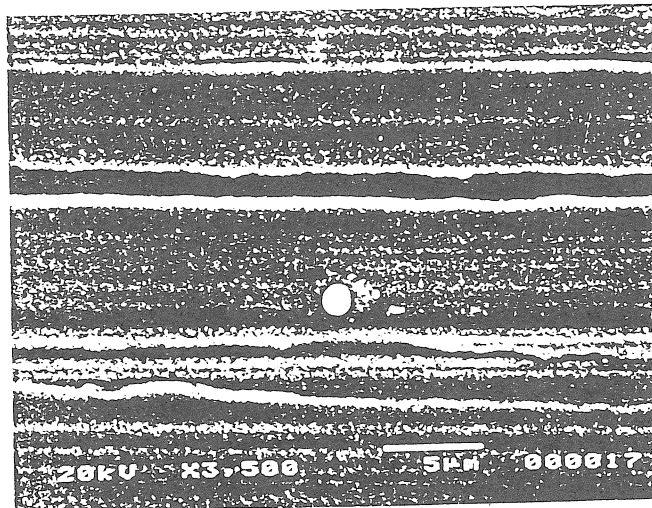


写真2 V=150mpm の切屑すくい面

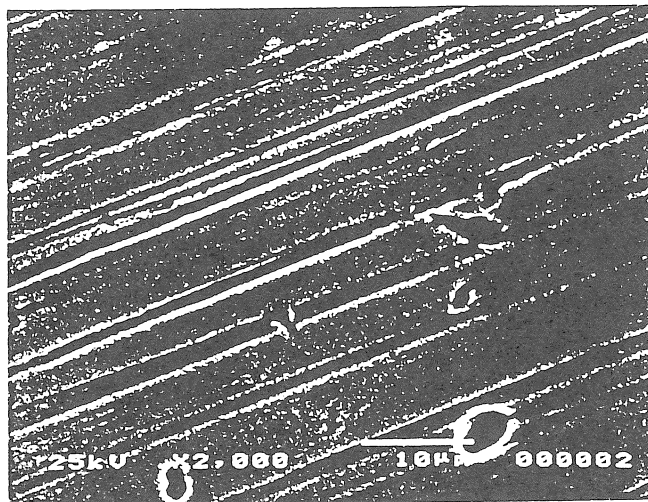


写真3 No.2試料母材

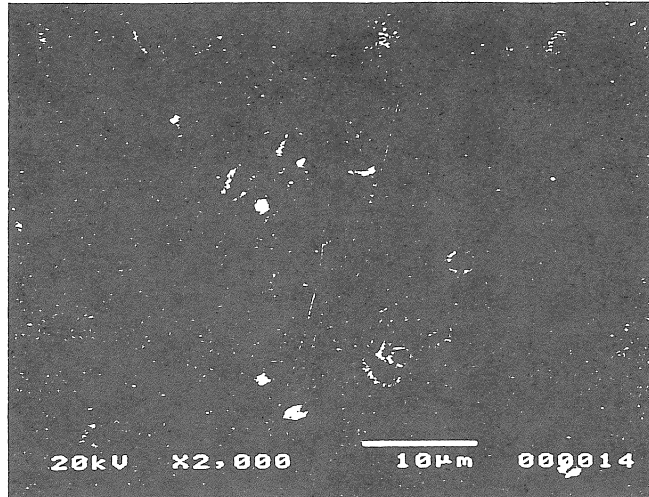


写真4 No.3試料母材

	cuting speed / mpm					
	175	200	225	250	275	300
No.1						
No.2						
No.3						

写真5 切屑の形状

速度でも同様の効果を示す。

#### 4. 結言

- 1) 0.075% 程度の鉛を添加した複合快削鋼では、鉛は300mpm以下の切削速度において工具との接触面に絞り出されにくく、直接潤滑効果は期待できない。
- 2) 鉛の添加により、切屑破碎性は向上され切屑は無添加鋼や硫黄快削鋼のそれに比べ小さく処理性が良い。これは250mpm以上の高速切削に対しても有効である。

#### 参考文献

- 1) 佐藤英俊, 中島了: 硫黄-鉛複合快削鋼の被削性に関する研究  
昭和60年本学卒業論文
- 2) 貫田邦彦, 渡辺俊彦: 硫黄・鉛複合快削鋼の被削性及び  
切削機構に関する研究  
昭和62年本学卒業論文