

討20

鋼材の被削性改善

神鋼製鋼所 条鋼開発部 川上平次郎 ○古沢貞良
竹下秀男

1. 緒言

機械部品の多くは切削加工により生産されているが、その加工費の占める割合が大きいため機械工業界においては生産性を向上し、トータルコストを低減させる努力がなされている。これを裏書きするよう、生産性の向上に寄与できる快削鋼の生産量は年々増加するとともに、品質向上および安定化への要求も厳しくなっている。従来、快削鋼はSやPbなど脆化元素を多量に添加された鋼で代表されていたが、最近では機械的性質に重きをおいた快削鋼も開発され、種類も多くなっている。

本報では鋼材メーカーの立場から切削加工能率を上げるには鋼の冶金的性質をどのようにすればよいかその考え方および実施例について述べる。

2. 被削性改善の考え方

切削加工を行う時の、鋼の削り易さを被削性(machinability)という言葉で表現するが、引張強さのように一義的に評価することは困難であり、図1に示すような工具摩耗、仕上げ面あらさ、切りくず処理性で評価される。鋼材の材質面からの被削性改善方法を評価基準のそれぞれについて整理する。

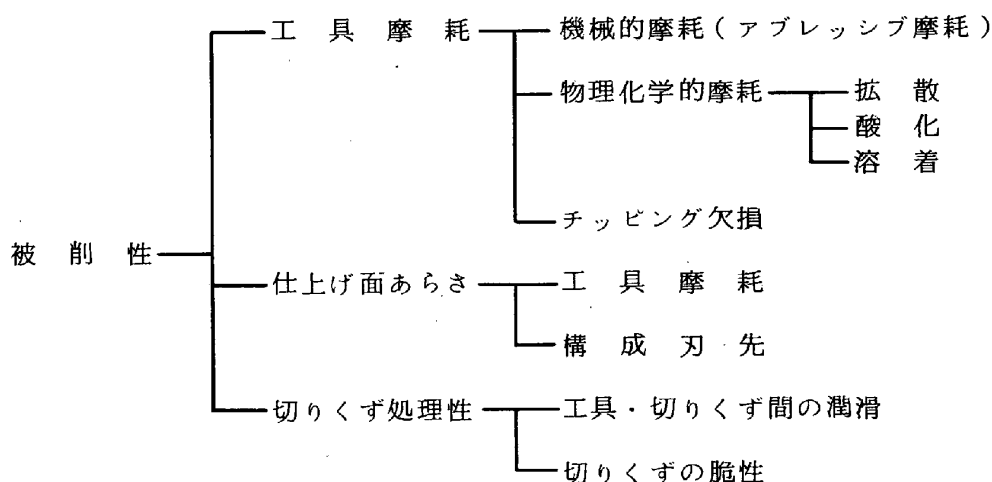


図1 被削性の評価基準と被削性に及ぼす要因

(1) 工具摩耗の抑制

機械的摩耗；この摩耗は被削材の擦過によって生じ、被削材と工具の相対かたさの程度と被削材中の硬質な介在物の存在によって変ると考えられている。そこで、後者の影響についてもう少し詳しく調査した。被削材は図2に示すように、 Al_2O_3 と鉄粉および黒鉛を混合しそれを真空加熱下で酸素を除去した後、熱間静水圧プレス(HIP)で成形した。添加した Al_2O_3 は $\alpha-Al_2O_3$ で約 $15\mu m$ サイズのものと同約 $210\mu m$ サイズのものを用いた。鉄粉は電解鉄粉を用い、黒鉛は鉄粉中の酸素を除去しさらに純鉄に0.48%加炭するのに必要な量を添加した。高温高圧で成形した後焼ならし処理を行い超硬工具で旋削した。その結果を図3に示す。 $15\mu m$ サイズの Al_2O_3 の量が多くなるとともに逃げ面摩耗はいちじるしく大きくなり、クレータ深さはやや大きくなる。 $210\mu m$ の Al_2O_3 を添加した被削材を $150m/min$ で3分間切削した時の逃げ面摩耗は $0.45mm$ にも達し、 $15\mu m Al_2O_3$ を同量添加した被削材で

は0.095mmであったことから逃げ面摩耗にAl₂O₃の大きさも影響することがわかった。このように硬質な介在物であるAl₂O₃はアブレッシブ作用により逃げ面摩耗を促進するので鋼中のAl₂O₃介在物を減少することが工具寿命の延長につながることになると思われる。

物理化学的摩耗；この摩耗は主として切削時に発生する熱により生じる。切削時に高温になると、ハイス工具は強度が低下し溶損する。超硬工具は熱拡散、酸化により摩耗が促進する。このような熱的摩耗を抑制するには、切削時の発熱量が少ないすなわち切削抵抗の小さい材料にするか、あるいは発熱量が同じでも工具と被削材、切りくず間の相互拡散を少なくする。

前者の方法としては鋼中にSかPbを添加し被削材を脆化させたり、熱処理組織を変えることである。後者の方法の一つにはTi, Ca 脱酸鋼のように酸化物を工具面にBelagとして付着させることが考えられる。

(2) 仕上げ面あらしの改善

仕上げ面あらしは主として工具摩耗と構成刃先に左右される。超硬工具やサーメット工具での高速切削では工具摩耗の影響が大きいので工具摩耗を抑制することが仕上げ面あらしの改善につながる。ハイス工具によって比較的低速切削する場合、構成刃先の影響が大となる。図4に1117の鋼を単軸自動盤でフォーミング加工した際の構成刃先と仕上げ面あらしの関係を示す。構成刃先が大きくなれば仕上げ面あらしは悪くなる（粗くなる）ことがわかる。構成刃先の影響を少なくするには鋼中にSやPbなどの脆化元素を添加すればよい²⁾。いおう複合快削鋼では同一成分であってもMnS形状の差で構成刃先の大きさが異なり仕上げ面あらしが変化する。また冷間加工を施すことによっても構成刃先は小さくなる。

(3) 切りくず処理性の改善

切りくず処理性を改善するのに最も有効な手段はPbかSを添加することである。PbかSは被削材、切りくずを脆化させ、さらに工具・切りくず間の潤滑作用によりカール半径を小さくさせることにより分断し易くする。

3. 実施例

上述のような考え方をもとに、実施した例について述べる。

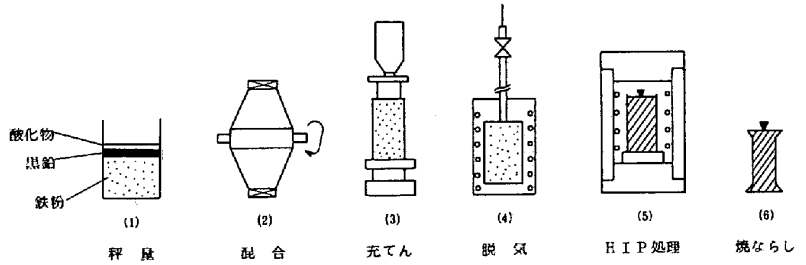


図2 被削材の作成

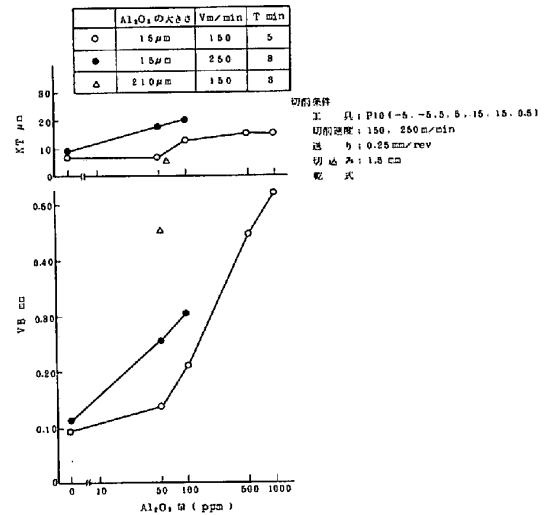


図3 超硬工具摩耗に及ぼす鋼中のAl₂O₃量の影響

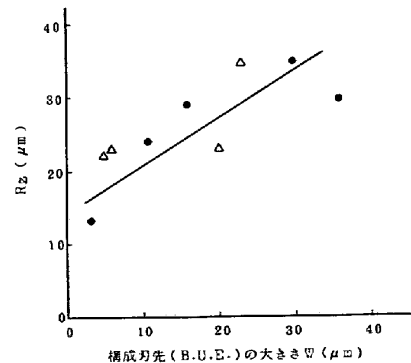
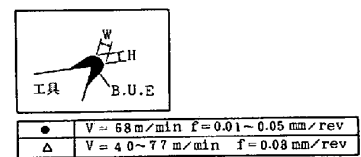


図4 仕上げ面あらしに及ぼす構成刃先の影響

(1) 溶鋼の真空脱ガス処理による工具寿命改善

Al_2O_3, SiO_2 などの酸化物や窒化物のような硬くてアブレッシブ摩耗を促進させる介在物を極力減少させることを目的に、製鋼工程で溶鋼の脱ガス処理を実施した。S30CS2 について、脱ガス処理材と非脱ガス処理材を製造し、切削時の超硬工具摩耗を比較した。脱ガス処理材の酸素量は 15 ppm、非脱ガス処理材は 28 ppm であった。逃げ面摩耗幅基準の V-T 線図を図 5 に示す。脱ガス処理材の工具寿命が非脱ガス処理材より長く優れている。すくい面摩耗基準では両材間に差は認められなかった。

(2) 介在物の形態制御による工具寿命改善

S45C について製鋼工程の溶鋼処理段階で Ca を添加し介在物の組成と形態を制御した。A 鋼は通常工程材で取鍋内で FeSi+Al 合金により脱酸した。CA 鋼は取鍋内で Ca-Al 合金をワイヤで連続添加したもの、K 鋼は Ca 合金を Ar ガスとともに取鍋内の溶鋼に強制的に吹込んだ (KAT 法²⁾) ものである。Ca 添加により脱硫されるので CA 鋼と K 鋼は A 鋼のレベルになるように S を添加している。A 鋼は MnS と Al_2O_3 介在物、CA 鋼では MnS と (Ca, Mn) S に包まれた $nCaO \cdot mAl_2O_3$ を、K 鋼では Al_2O_3 介在物が皆無で MnS と (Ca, Mn) S 介在物を含有していた。超硬工具切削での V-T 線図を図 6 に示す。逃げ面摩耗幅基準の場合、最も寿命の長いものは K 鋼で、次に CA 鋼、A 鋼が最も短い。クレータ深さ基準の場合もほぼ同じような傾向を示すが、逃げ面摩耗幅基準より被削材間の差が小さい。

(3) Ti, Ca 脱酸調整による工具寿命改善

溶鋼の脱酸過程で、Ti と Ca 合金を添加し比較的融点の酸化物を生成させる。その結果、超硬工具カサメット工具での切削時、工具面にベラージとして付着し拡散摩耗を抑制する。図 7 は S53CS1TC と S53C の焼入焼もどし材について超硬工具で切削した結果である。S53CS1TC は S53C に比し、逃げ面摩耗幅基準で約 10 倍の寿命を示している。

(4) 非調質化による工具寿命改善

機械構造用鋼は一般に焼入焼もどしの調質を行って使用されるが、熱処理のコストダウンを図るために、V による炭窒化物析出強化を利用した非調質鋼が最近開発された。写真 1 に示すように、調質鋼は微細なフェライトパーライト組織であるのに対し、非調質鋼は大きなパーライト粒からなるフェライト・パーライト組織である。非調質鋼のハイス工具寿命を図 8 に示す。非調質鋼のハ

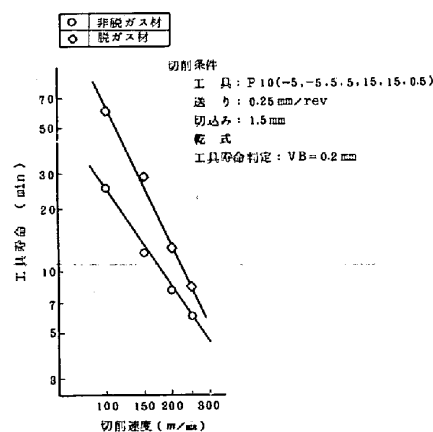


図 5 超硬工具寿命に及ぼす脱ガスの影響 (S30CS2)

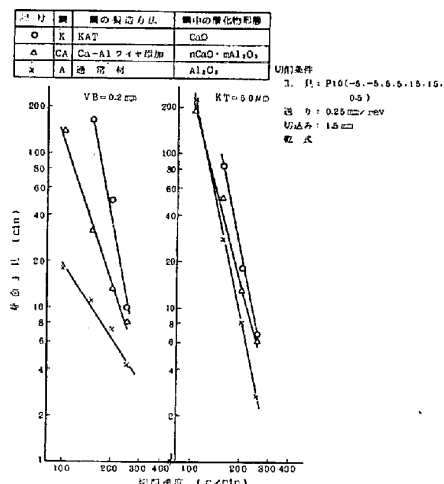


図 6 鋼中の酸化物形態と超硬工具寿命の関係

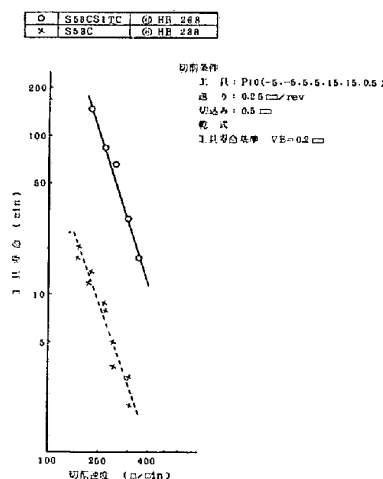


図 7 Ti-Ca 脱酸鋼の超硬工具寿命

イス工具寿命は従来の調質鋼より長く、また非調質鋼のS添加材はさらに優れている。

(5) MnS形状改善による仕上げ面あらしの向上

いおう複合快削鋼のMnSは鋼中の〔O〕を高めたり〔Si〕を減少することにより、圧延後も大きくてオーバル状になることが知られている。1215について、SiO₂含有量の異なる内張材を使用した取鍋に受鋼し、溶鋼中の〔Si〕と〔O〕の挙動を調査した。添加されるSi量が少ない場合、取鍋内レンガ材質の影響を受けSiO₂含有量の低い耐火物では鋼中〔Si〕は低くなり鋼中の〔O〕は高くなる。その結果、MnSも大きくオーバル状になる。このような鋼は切削時の工具摩耗が少なく、しかも構成刃先が小さくて図9に示すように仕上げ面あらしも改善される。

(6) 硫化物の形態制御による被削性と冷鍛性の向上

冷間鍛造技術の進歩に伴い生産性向上を図るため、まず冷間加工を行いその後切削加工を行うという部品が多くなりつつあり、鋼材に対して冷鍛性と被削性の両特性の良好なことが要求される。ジルコニウム快削鋼はこのような要求に応える鋼の一つである。被削性向上のためSを添加すれば生成したMnSが圧延時に展伸し、部品での冷間鍛造時割れ易い。そこでZrを添加し変形抵抗の大きい(Mn,Zr)Sを生成させれば圧延時の展伸は抑制される。このような鋼は異方性が改善され、冷鍛性が向上するとともに切削時の切削抵抗が減少し工具寿命も改善される。

4. 今後の課題

自動車工業界をはじめとする機械工業界では今後ますます生産工程の省力化とコストダウンを指向していくものと思われる。それに伴い切削加工工程では工具寿命の延長や高切削速度といった被削性そのものの向上とともに、他の成形技術とくに冷温間時の塑性加工技術との組み合わせが重要になってくる。冷温間時の塑性加工性は一般には被削性と相反する特性のため、いかにしてこれらを両立させるかが問題で、上述したような介在物の形態制御とは異なった新しい観点に立つ探究が今後重要な課題となろう。

参考文献

- 1) Nagai, Kaneda, Furusawa, Takeshita, Yamamoto ; International Symposium on influence of metallurgy on machinability of steel, 9(1977) in Tokyo, p57
- 2) 大西, 中村, 佐原, 小新井, 今府 ; 神戸製鋼技報 Vol.31(1981) No.3, p55
- 3) 中村, 前田 ; 神戸製鋼技報 Vol.31(1981) No.2, p95

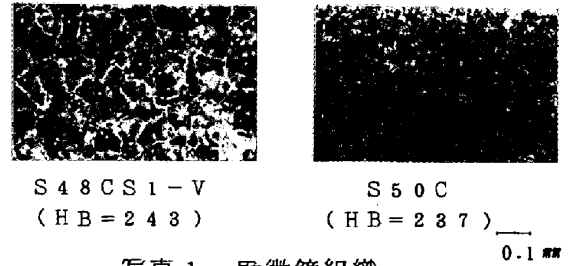


写真1 顕微鏡組織

280号	
○	S48CS1-V 1200°C×15min 加熱後冷却
■	S48C-V
×	S50C 800°C×80min, Q-5250r500°C-120min WC

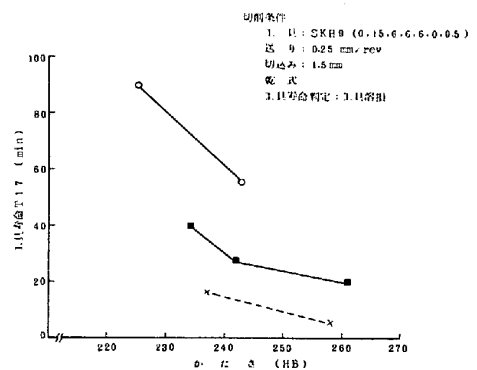


図8 非調質鋼のハイス工具寿命

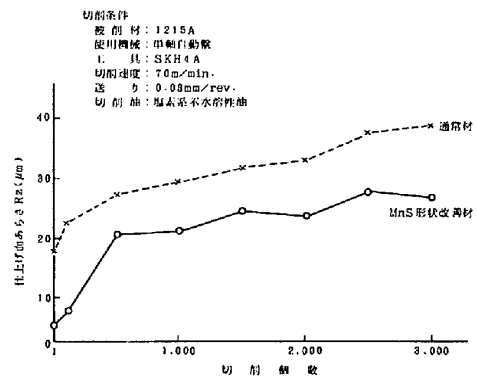


図9 鋼中のMnS形状と仕上げ面あらしの関係