

1 はじめに

機械構造用炭素鋼あるいは合金鋼を熱処理強化した調質鋼の使用は, 機械構造設計の上で軽量化, 省力化の最も簡便, 安価な手法といえる。しかし, 切削加工の面からは, 被削性が極めて悪く加工能率の低下を招く。本研究では, このような目的で開発された調質鋼について, 強度と被削性の関係を明らかにすべく, 切削抵抗, 工具面応力, 温度及び工具摩擦について実験的に測定し, 比較検討を行なった。

2 供試材及び実験方法

供試材として, $\phi 70\text{mm}$ の調質クロムモリブデン鋼(SCM4), 調質S55C及び比較のための標準鋼に非調質S45Cを用い, P20超硬工具(すくい角 0°)による切削速度 200m/min , 送り 0.2mm/rev の半径方向2次元切削によった。ただし, 工具摩擦については, 形状(0, 0, 6, 6, 15, 15, 0.8)による切り込み 2.0mm , 送り 0.2mm/rev の半径方向3次元NC旋削に従った。

3 実験結果と検討

3.1 材料の機械的性質と切削データ

図1は, ホプキンソン棒法による常温, $10^3/\text{sec}$ ひずみ速度における測定流動応力-ひずみ線図である。このような材料について得られた切削データを過去の資料S25Cを含めてピッカース硬度と対比して図2に示した。ピッカース硬度によるJIS換算引張り強度は, 調質SCM4, 調質S55C, 非調質S45C, S25Cの順にそれぞれ123, 89, 58, 46 kg/mm^2 である。

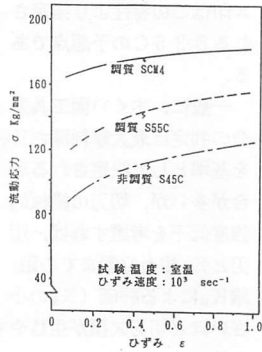


図1

切削抵抗の比較では, 主成分力 F_c は強度の増大に応じて増加するが, 調質S55C(ピッカース硬度275)でピーク値を示しそれ以上の硬度では逆に減少, 必ずしも切削動力の増大につながらない。背成分力 F_t については, 硬さの増大に伴って一方的に減少するが, これは脆化に伴うせん断角 ϕ の上昇による切りくず接触長さ l_c の減少に起因していると思われる。

切削抵抗, せん断角から計算されるせん断応力 τ_s は当然ながら硬度の増大に伴って大きく現れ, 一方せん断角 ϕ は増大するが, 摩擦角 β は減少している。

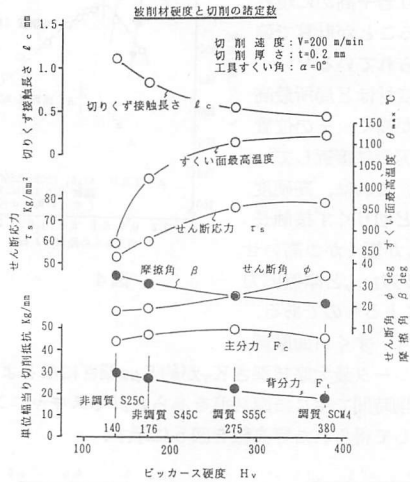


図2

工具すくい面の局所最高温度 θ_m は後述する切削温度の実測値であるが, 硬度の大なるほど高い。なお, 図示の切りくず接触長さ l_c はクレータ摩耗痕に現れる値で実際の値は図3の応力分布にも見られるようにこれより大きくなっている。

3.2 すくい面応力分布

図3は, 分割型

工具動力計により測定解析されたすくい面垂直応力 σ_t と摩擦応力 τ_t の分布である。いずれの材料についても, σ_t は刃先で最高値を持つ指数曲線的分布で, τ_t は刃先側で飽和した一様の台形的分布となり, 短い切りくず接触長さ l_c と切刃に

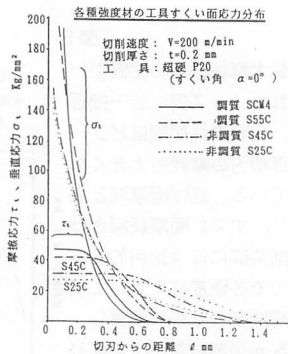


図3

接近した位置での応力がいずれも高い値をとることが

高硬度材の特徴といえる。

3. 3 すくい面温度分布

前報で述べた方法で実測された切削幅中心切りくず流出方向温度分布を図4に示す。ただしSCM4, S55Cについてはアルミナセラミック工具を用いた場合で、超硬工具より若干高めに現れていることが計算で確かめられている⁽¹⁾。高硬度材ほど局所最高温度が高く、その位置は切刃側に接近しているが、これは、高硬度材ほど切りくず接触長さ l_c が短くかつ高いせん断応力 τ_s と摩擦応力 τ_t によるものである。

3. 4 すくい面摩擦

クレータ最大摩擦深さ K_T が約5 μ m深さになるような切削時間で生じた摩擦痕をあらさ計でスキヤニング測定して得られた等高線を図5に示す。

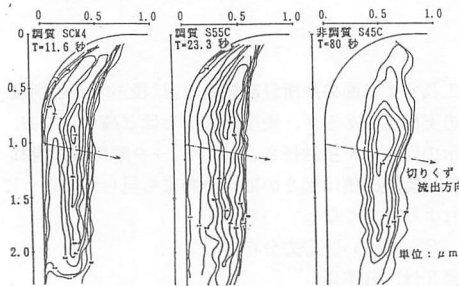


図5

最大摩擦深さの位置がいずれもノーズ側に若干接近し、高硬度材切削ほどノーズ部切刃の摩擦も大きくなっている。逃げ面摩擦と異なり、すくい面摩擦深さは切削時間にほぼ比例的であるので各硬度材について切削時間を20秒に換算し、2次元切削に対応する切り込み中央部、切りくず流出方向の図示の矢印方向摩擦痕断面を比較して図6に示

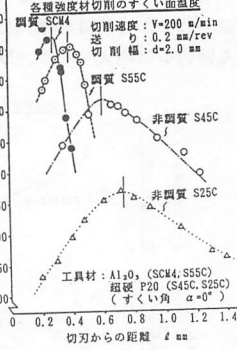


図4

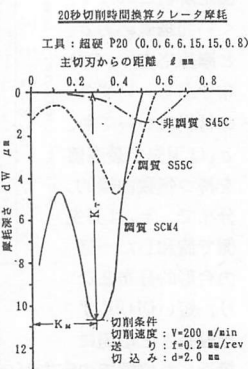


図6

した。

摩擦過程を凝着モデルと熱活性化過程に従うとして、超硬工具の摩擦特性式は次式が与えられている⁽²⁾。

$$\frac{dW}{\sigma_t dL} = c \exp\left(\frac{-\lambda}{\theta}\right) \quad (1)$$

ただし、 dW : 微小部摩擦体積、 dL : 摩擦距離、 σ_t : 垂直応力、 θ : 摩擦面温度 K 、 c 、 λ : 被削材と工具材の組み合わせで決まる摩擦特性定数である。

摩擦特性定数 c 、 λ は、工具材が同じならば炭素鋼系材では炭素含有量の多少、合金鋼にかかわらず、また切削条件、工具形状にもかかわらず同じ値をとることが知られている。式(1)によれば、摩擦量 dW は dL 、 σ_t 、 θ により定まり、高強力鋼の切削に接近した異常な摩擦は、前述の大きな σ_t 、 θ と高いせん断角 ϕ による長い摩擦距離 L によるものと思われる。なお、最大摩擦深さ K_T の位置は図4の θ_{max} 相当の位置にはほぼ一致して現れている。いま、この位置における θ 、 K_T 、 σ_t を用いて式(1)を図式に表現すると図7の様になる。図中の破線は、過去の実験による超硬P20と各種炭素鋼、高マンガン鋼、ステンレス鋼との組み合わせで得られた摩擦特性で、直線の勾配 λ は、実線、破線ともよく一致している。Cのずれは工具材のメーカーが異なっているためと思われる。図中×印はこの特性より推定されるS25Cの予想点である。

一般に、すくい面工具寿命の判定は最大摩擦深さ K_T を基準として決定される場合が多いが、切刃の機械的強度低下を考慮すれば、切刃と K_t 相当位置までの距離 K_M による評価(K_M の小さいほど切刃欠損が生じやすい)も必要のように思われる。

4 まとめ

高強力鋼の工具摩擦に関する被削性の悪化は異常に短い切りくず接触長さ l_c 、高いせん断応力 τ_s とすくい面摩擦応力 τ_t 及び局所最高温度さらに大きな切りくず速度 V_c 。(すべり長さ $L=V_c \cdot T$)によるものであることを明らかにした。

参考文献

- (1) 叶ほか : 1993年度精密工学会 北海道支部學術講演論文集
- (2) 北川ほか : 精密機械, 42巻12号, 昭51

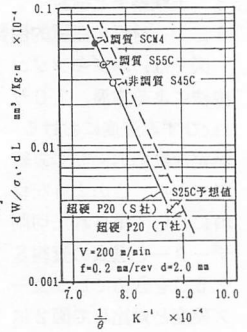


図7