

1. はじめに 前報では、18Mn18Cr高マンガン鋼は非磁性、高強度および高靱性の優れた諸性質を有するが、反面低熱伝導率と高加工硬化性をもち被削性は極めて悪いことから、切削抵抗および切削温度を高め、切削工具のすくい面、逃げ面摩耗を促進し強い温度依存性の摩耗形態をとることを報告した¹⁾。本研究では、被削性向上の観点から工具刃形に的を絞る、ノーズ半径及び三次元切りくず接触面積拘束工具の考慮による工具摩耗に関して、二、三の検討を試みた。

2. 供試材と切削条件 切削と類似の条件下でのホブキンソン棒法による高ひずみ速度、温度について求めた流動応力特性の一例を図1に示す。18Mn5Cr鋼(水靱)に比べて全体的に高い流動応力を示す。切削条件は、切削速度 $V=60\text{m/min}$ 、送り $f=0.2\text{mm/rev}$ 、切込み $d=2.0\text{mm}$ 一定で、長手方向旋削試験によった。工具材には超硬P20を用い、工具形状は通常工具 $[0,0,6,6,15,15,1.0]$ 、拘束工具 $[0,0(15),6,6,15,15,1.0]$ に従った。

3. ノーズ半径の影響 同一切込み d に対して、ノーズ半径が大きくなると切刃長さが増大し、切りくず流出方向の切刃各点での切削厚さは減少する。その結果切削温度も低下する。高マンガン鋼の旋削において、工具摩耗は強い温度依存性をもつことから、ノーズ半径の増大により特にノーズ部の摩耗軽減にその効果が期待できる。図2にノーズ半径 R を0.5, 1.0, 1.5mmとし切削速度 $V=60\text{m/min}$ 、10分間切削後のクレータ摩耗痕形状を示す。 $R=0.5\text{mm}$ の工具では、最大摩耗深さがノーズ部側に位置し、ノーズ部切刃の“だれ”が著しいが、ノーズ半径の増大に伴って最大摩耗深さの位置が前切刃より後退し、ノーズ部切刃の“だれ”も少なくなっている。また切刃付近の摩耗は、温度だけでなく大きな垂直応力による塑性変形も関係するものと思われるが、これについても大きなノーズ半径の工具の採用は工具損傷の観点から寿命延長に効果がある。図3は同様に逃げ面摩耗の経過曲線を示す。逃げ面についてもノーズ半径の増大による摩耗軽減の効果が現われている。

4. 旋削用切りくず接触面積拘束工具の設計 実用的拘束工具では、コレソフバイト²⁾、クロップストックバイト³⁾、星のSWCバイト²⁾があり、コレソフバイトは荒、仕上兼用バイトを目的とし、SWCバイトは構成刃先の積極的利用と断続切削に効果のあること

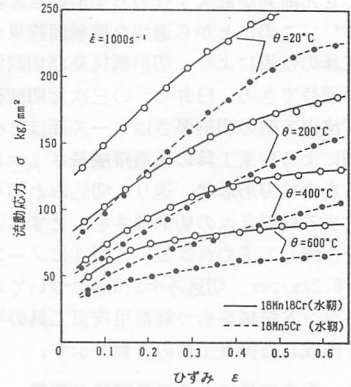


図1 流動応力特性

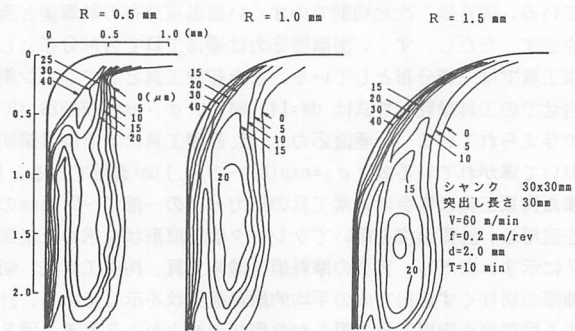


図2 すくい面摩耗痕形状の比較

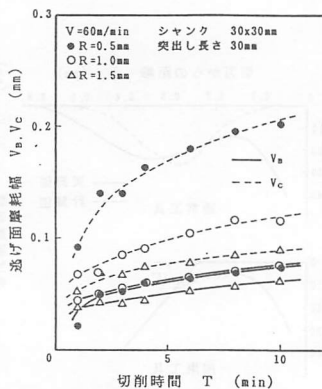


図3 逃げ面摩耗経過曲線

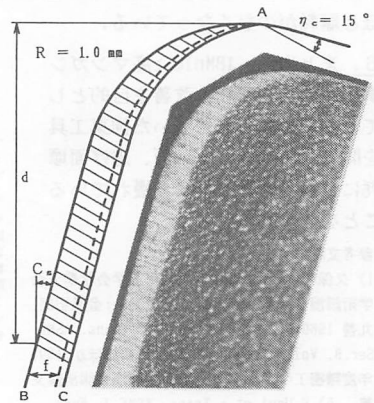


図4 切りくず接触面積拘束工具

で知られている。高マンガン鋼は、切削温度が高いため構成刃先は発生し難く、低切削速度域での切削抵抗は著しく高くなる。また切りくず接触面積拘束工具による準二次元切削では、切りくず接触長さ l_c が送り f の約1.2倍で切削抵抗、切削温度、工具面摩擦係数が最小値を示し、切りくず厚さも薄く、せん断角が最大すなわち切削のせん断ひずみが最小値を示す⁴⁾。このことから適切な接触面拘束ランド形状をもつ拘束工具の使用により、切削抵抗及び切削温度と工具摩耗の減少が期待できる。臼井ら⁵⁾の三次元切削模型によれば、切りくず流出方向の切削厚さはノーズ部ほど小さくなる。二次元切削による拘束工具の最適接触長さ $l_c=1.2 \cdot f$ をこれに適用するために刃形形状、送り、切込みと切りくず流出方向により定まる切刃各点の切削厚さを t_i とすれば、 $1.2t_i$ なる接触長さを作図して求めれば良い。図4にノーズ半径 $R=1.0\text{mm}$ 、送り $f=0.2\text{mm/rev}$ 、切込み $d=2.0\text{mm}$ について求めたAB、ACで囲まれるランド領域をもつ旋削用拘束工具の平面図と放電加工により作成した拘束工具の写真を示す。

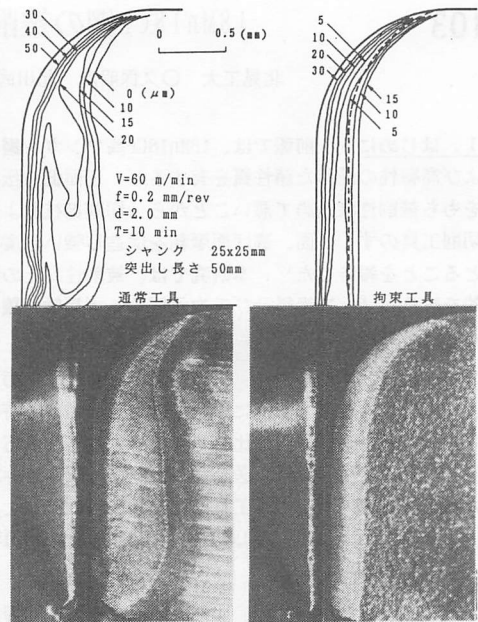


図5 摩耗痕の比較

5. 拘束工具による工具摩耗の改善 図5は切削速度 $V=60\text{m/min}$ 、10分間切削後の通常工具、拘束工具摩耗痕の比較である。ノーズ部、切刃直線部いずれも通常工具に比べて減少している。図6は二次元切削でのすくい面温度分布の計算値と実測値を示す。ただし、すくい面摩擦応力は通常工具で台形分布とし、拘束工具では一様分布としている。また超硬工具と高マンガン鋼の組合せでの工具摩耗特性は $dW=143.94 \cdot d \cdot L \cdot \sigma_c \cdot \exp(-21929.38/\theta_c)$ で与えられている¹⁾。垂直応力 σ_c は、超硬工具による炭素鋼切削において導かれている式⁵⁾ $\sigma_c = \exp[B(1-l/l_c)]$ が適用できるとして、また拘束工具の場合は通常工具の応力分布の一部(0~0.25mmの値)を適用し、計算温度を用いてクレータ摩耗痕形状を求めた結果を図7に示す。ただし、実測の摩耗痕は通常工具、拘束工具共、切刃直線部の切りくず流出方向の平均的摩耗痕形状を示している。計算による摩耗痕も拘束工具で明らかな摩耗の減少がみられる。図8に逃げ面摩耗経過曲線を示す。工具剛性を低下させ、びびり振動を伴う切削にもかかわらず逃げ面摩耗幅 V_B は、拘束工具で通常工具の4割ほど摩耗が少なくなっている。

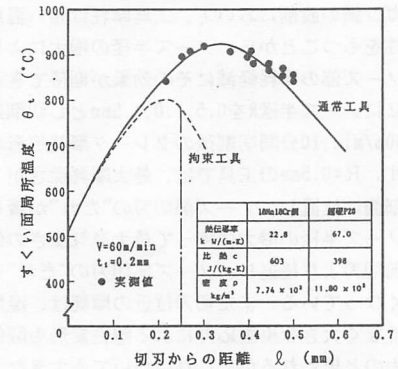


図6 すくい面温度分布

6. まとめ 18Mn18Cr高マンガン鋼旋削の工具摩耗の改善を目的として、切削理論にもとづいた拘束工具を開発し、工具すくい面、逃げ面摩耗について通常工具より優れていることを確かめた。

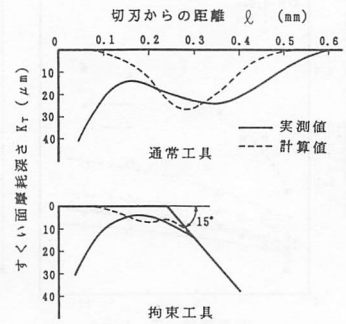


図7 すくい面摩耗痕の比較

- 参考文献
 1) 久保明彦ほか: 1990年度精密工学会秋季大会 学術講演会講演論文集、2) 星光一: 金属切削、丸善 1960年、3) BT.Chao et.: Trans. ASME Ser. B, Vol.81, 1959、4) 北川武揚ほか: 1991年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集、5) E.Usui et.: Trans. ASME J. Engg. Ind., Vol.100, No.2, 1978.

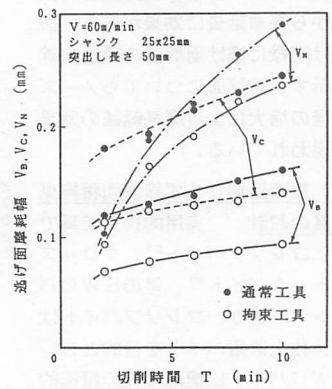


図8 逃げ面摩耗経過曲線