

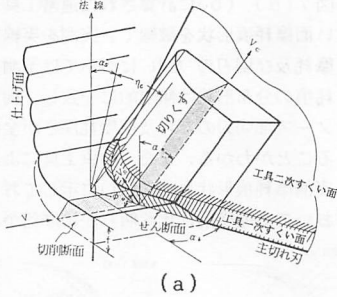
北見工大 ○小林弘晃 北川武揚 田牧純一 日本製鋼所 野村英雄 日本工学院 菊地千之

1. はじめに

前報<sup>1)</sup>では、典型的難削材といわれている18Mn18Cr水靱マンガン鋼について適当な切りくず接触面形状の拘束工具を採用すれば工具摩耗が軽減できることを報告した。本報では、このような拘束工具について実用切削速度域での旋削工具面温度がどのような分布状態であるかを解析的に示し、実測値との比較さらに工具すくい面摩耗予測の可能性について検討を行った。

2. 切削モデルと計算手法

図1(a)は、臼井ら<sup>2)</sup>により提案された三次元切削モデルを二段すくい角を有する拘束工具による切削に置き換えたものである。切りくずは、切削速度Vと切りくず速度V<sub>c</sub>を含む面で二次元的であり、切りくずと二次すくい面との接触はないものとする。このモデルに従えば切削各点での切りくず流出方向切削厚さt<sub>1</sub>は工具ノーズ半径R、送りfと切込みdにより定まる切削面積及びエネルギー解法により求める切りくず流出



角η<sub>c</sub>によって幾何学的に計算できる。同図(b)に計算された三次元拘束工具の平面図を示す。三次元旋削でのすくい面温度分布は、式(1)の熱伝導、熱伝達及び発熱項からなる微分方程式を差分化し境界条件を満たすよう解けば求まる<sup>3)</sup>

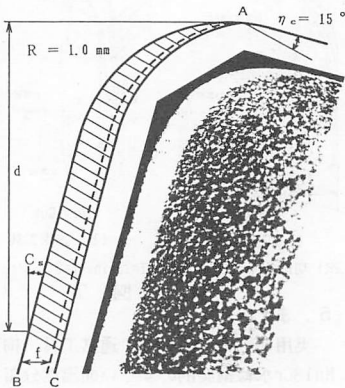


図1 (b)

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) - \left( \dot{u} \frac{\partial \theta}{\partial x} + v \frac{\partial \theta}{\partial y} + w \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + \frac{q}{\rho c} \quad (1)$$

図2は、計算に用いた立方差格子断面について示す。図3は、種々の拘束長さℓについて測定した二次元切削抵抗F<sub>c</sub>、F<sub>t</sub>、せん断角φの変化で、これによればせん断角を最大に、また切削抵抗を最小にするℓの適値が存在する。この値は送りfの約1.25倍であるため解析には切りくず流出方向切削厚さt<sub>1</sub>の1.25倍のℓ'をもつ差格子モデルを用いることにした。その他、計算に必要な諸量を表1に示した。

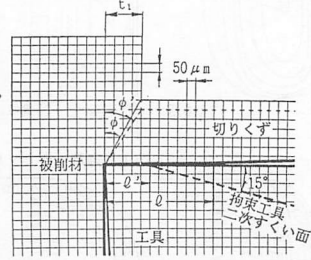


図2

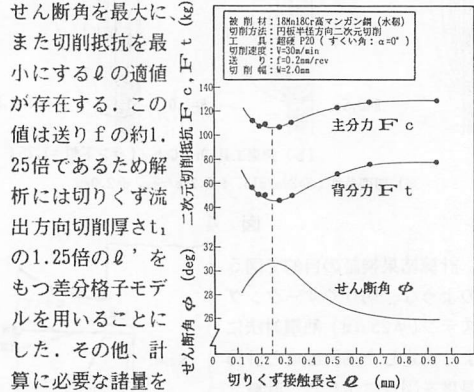


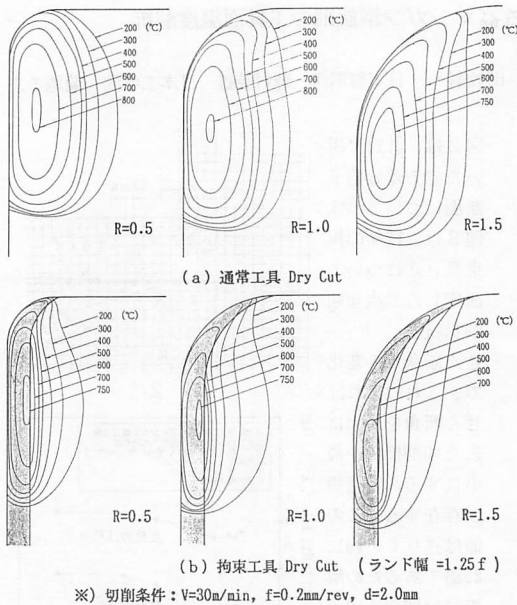
図3

表1

二次元切削データ (V=30m/min)			
	切りくず接触長さ ℓ <sub>c</sub> (mm)	せん断応力 τ <sub>s</sub> (kg/mm <sup>2</sup> )	平均摩擦応力 τ <sub>r</sub> (kg/mm <sup>2</sup> )
通常工具	0.70	88.5	26.50
拘束工具	0.25		30.75
各種 物性 (室温)			
	熱伝導率 k (kcal/(s·m·°C))	比熱 C (kcal/(kg·°C))	密度 ρ (kg/m <sup>3</sup> )
18Mn18Cr鋼	0.00365	0.112	7740
超硬 P20	0.01600	0.095	11800

3. 計算結果と検討

対象とした工具及び切削条件は、特にことわりのない限り、超硬工具P20 [0,0(15),6,6,15,15,R]で、(15)は拘束工具の場合の二次すくい角、切削速度V=30m/min、送りf=0.2mm/rev、切込みd=2mmの長手方向乾切削とした。種々のノーズ半径Rについて求めたすくい面計算温度分布を図4に示す。通常工具、拘束工具ともRの増大により高温域がノーズ側刃先より後退している。通常工具において、大きなノーズ半径の付与によりノーズ部摩耗が軽減するのはこのような温度分布の変化によるものと思われる。また拘束工具では通常工具より最高温度で50~60°Cほどの低下が見られる。



※) 切削条件: V=30m/min, f=0.2mm/rev, d=2.0mm

図 4

計算結果検証の目的で図5のような、切りくずータングステン(φ25μm)熱電対法により測定した局所温度と計算温度を図6に示した。計算、実測ともに二次元切削の結果であるが、実測値との対応は良好であることから三次元計算温度も妥当のものと判断される。なお、計算はしていないが、同図に切削液を使用した場合の実測温度も参考までに併記してある。

一般に拘束工具の使用に対し切削液による潤滑効果はないと言われているが、実測温度による比較では通常工具ほどではないものの切削液による冷却効果が十分認められた。

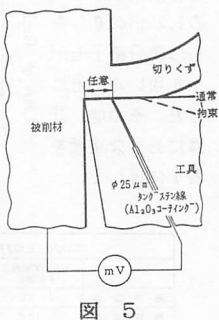


図 5

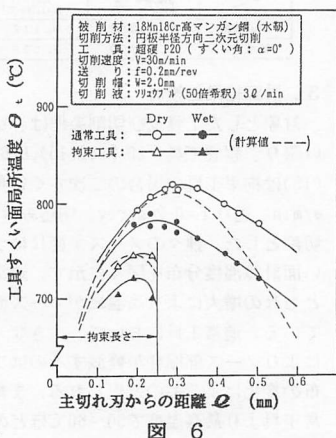


図 6

#### 4. すくい面摩擦の予測

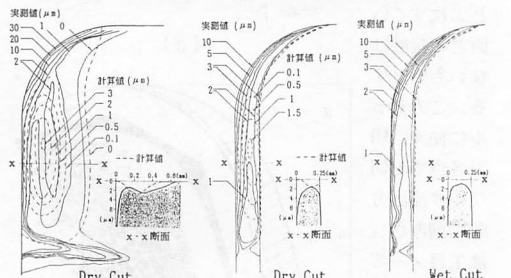
超硬工具による高マンガン鋼の低速切削についても、凝着型の摩擦特性式が適用できるとして式(2)<sup>4)</sup>を用いてクレータ摩擦痕の計算を試みた。

$$\frac{dW}{\sigma_t dL} = c \exp\left(-\frac{\lambda}{\theta}\right) \quad (2)$$

摩擦特性定数  $c$ ,  $\lambda$  の値は既報<sup>5)</sup>を一部修正して用いた。拘束工具によるすくい面垂直応力  $\sigma_t$  の分布は不明であるが、切刃から切りくず拘束長さまでの分布を通常工具について定式化されている式(3)<sup>4)</sup>で近似し、さらに切刃各点での最大垂直応力を、一定と仮定して用いた。

$$\sigma_t = \exp\{B(1-l/l_c)\} \quad (3)$$

図7(a)、(b)に計算された通常工具、拘束工具すくい面摩擦痕形状を破線で、実測を実線で示した。境界摩擦及び切刃の「だれ」については予測できないが、摩擦痕の分布形状は傾向的に一致し、拘束工具においてノーズ部切刃のだれ及び摩擦深さが全体に減少していることがわかる。また、拘束工具による切削液使用の実測摩擦痕形状も同図(b)に示しており、拘束工具においても乾切削に比べ明らかに摩擦が減少した。



(a) 通常工具

(b) 拘束工具 (ランド幅 = 1.25f)

※) 切削条件: V=30m/min, T=20min, f=0.2mm/rev, d=2.0mm, R=1.0mm

図 7

#### 5. まとめ

実用切削条件のもとで通常工具、拘束工具による18Mn18Cr水靱鋼旋削のすくい面温度分布を計算より求めた。さらにすくい面の摩擦計算も行い、計算、実測とも拘束工具による摩擦軽減効果のあることを確認した。

最後に、本研究に際し材料を提供いただいた日本製鋼所並びに現場上の貴重なアドバイスをいただいた三和工業 岩田、中道両氏に感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 久保ほか : 精密工学会北海道支部学術講演会論文集, 平3.9
- 2) E.usui et. : Trans. ASME J. Engg. Ind., Vol.100, No2, 1978
- 3) 北川ほか : 精密工学会北海道支部学術講演会論文集, 平3.9
- 4) 北川ほか : 精密機械, 42巻12号, 昭51.12
- 5) 久保ほか : 1990年度精密工学会秋季全国大会論文集, 平2.9