

1. まえがき

軽量化、省力化の観点から機械構造用材の高強度化がはかられている。焼き入れ、焼き戻し処理による調質強化鋼は最も簡便な材料として今後益々その需要が拡大するものと思われる。反面これらの材料は一般に切削加工性が悪く加工能率の低下を招きやすい。本研究では被削性の要素である工具摩耗、仕上げ面性状に大きな影響を及ぼす工具面の切削温度に着目し、強度の異なる鋼の高速切削時の切削温度数値計算を行なって実測値との比較検討を試みた。

2. 被削材と切削条件

解析の対象とした被削材は強度の異なる調質SCM4 (123 kg/mm<sup>2</sup>)、調質S55C (89 kg/mm<sup>2</sup>)、比較のための標準鋼として、非調質S45C (56 kg/mm<sup>2</sup>)でこれらの諸性質と計算に用いた切削データ及び熱定数を表1に示す。工具及び切削条件は超硬P20 (すくい角0°)による切削速度200 m/min、切削厚さ0.2 mmの二次元切削である。

3. 解析の方法:

二次元塑性流れの面内で解くべき微分方程式を式(1)に示す。<sup>(1)</sup>

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

ただし、 $\theta$ : 温度、 $t$ : 時間、 $u$ 、 $v$ :  $x$ 及び $y$ 方向の速度。 $q$ : 単位体積当りの熱源強さ、 $a$ : 熱拡散率、 $\rho$ 、 $c$ : 被削材または工具の密度、比熱である。右辺第1項は熱伝導率、2、3項は熱伝達項、第4項は発熱項である。境界条件として工具と切りくず接触面は異媒質境界、空気との接触面を断熱境界とし、各境界でそれぞれ次式をみたすように解けば良い。

$$\left. \begin{aligned} \text{断熱境界: } \frac{\partial \theta}{\partial n} &= 0 \\ \text{異媒質境界: } k_1 \frac{\partial \theta}{\partial n} &= k_2 \frac{\partial \theta}{\partial n} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ただし、 $n$ は境界面の法線、 $k_1$ 、 $k_2$ は境界両側の熱伝導率である。なお解析においては、せん断面仕事および摩擦仕事は全量が熱に変換され、被削材切りくず及び工具材は熱的に等方であると仮定する。

式(1)は、このままでは解けないので差分化し、図2に示す $h = 0.02$  mmの正方差分格子網について、初期温度を室温とし温度 $\theta$ が定常になるまで $\Delta t$ 時間刻みに繰り返し計算を行なえばよい。また、せん断面及びすくい面摩擦発熱による温度上昇 $\Delta \theta_s$ 、 $\Delta \theta_t$ はそれぞれ式(3)によって与えられる。

$$\left. \begin{aligned} \Delta \theta_s &= \tau_s V_s \Delta t / (J \rho c h) \\ \Delta \theta_t &= \tau_t V_c \Delta t / (J \rho c h) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここで、 $\tau_s$ 、 $\tau_t$ はせん断及び摩擦応力、 $V_s$ 、 $V_c$ は切削速度のせん断面及びすくい面分速度、 $\rho c$ は切りくずと工具の平均の密度、比熱である。なお、応力分布については $\tau_s$ はせん断面で一様分布、 $\tau_t$ は図2に示すように $\tau_s$ の約65%を一様分布とする台形分布で近似

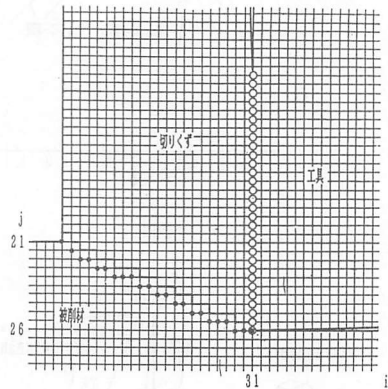


図1

表1

	ヒッカース硬度HV	JIS換算引張強度	単位切削幅当たり切削力		せん断角 $\phi$	せん断応力 $\tau_s$	比熱	密度	熱伝導率
		(kg/mm <sup>2</sup> )	(kg/mm)	(kg/mm)	(deg)	(kg/mm <sup>2</sup> )			
SCM4 (調質)	380	123	46	18	34	77.5	0.16	7.84×10 <sup>-6</sup>	0.9×10 <sup>-5</sup>
S55C (調質)	275	89	50	23	25	75.0	0.16	7.84×10 <sup>-6</sup>	0.9×10 <sup>-5</sup>
S45C (非調質)	176	56	48	28	20	60.0	0.16	7.84×10 <sup>-6</sup>	0.9×10 <sup>-5</sup>
超硬P20							0.095	1.18×10 <sup>-5</sup>	1.6×10 <sup>-5</sup>

した。図1差分格子網における発熱点を●、○印で示してある。

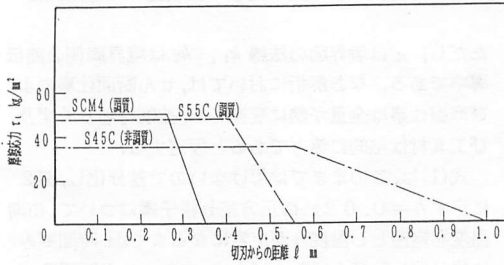


図2

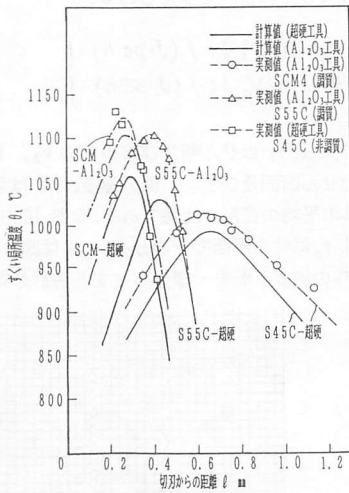


図3

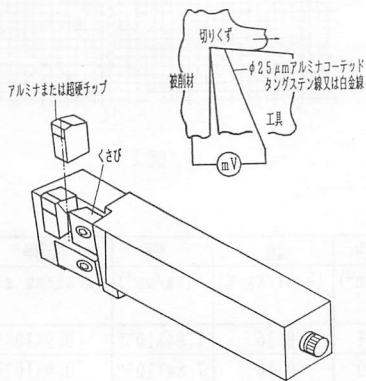


図4

#### 4. 解析結果と検討

図3は各種強度材について得られた計算結果(実線)と図4の熱電対素線理込二次元切削バイトにより測定された実測値(破線とプロット)を比較して示した。高強度材ほど切りくず接触長さが短いため、すくい面局部温度の最高温度位置は切刃測に接近して現われている。調質SCM4、S55C切削での計算値と実測値に大きな差異が見られるのは、これに用いた温度測定工具が熱伝導率が低いアルミナセミック工具によるためで、SCM材についてアルミナの熱伝導率を超硬の1/3で試算した結果は、一点鎖線に示すよう計算値において超硬工具より約50°Cの温度上昇が見られ実測値に接近することがわかり、計算値と実測値の対応も良好と思われる。

図5は、同様に各種材切削の工具、切りくず断面の計算温度分布を示し、高強度材ほど局所最高温度が切刃側に接近し、温度勾配も急になっていることがわかる、これは短い切りくず接触長さと同じせん断応力及び摩擦応力によるものと判断される。

#### 5. まとめ

差分数値計算による高強度鋼の温度計算を行ない、計算による温度分布が実測値と良好な対応を示すことが知られた。また、高強度鋼の特徴として、短い切りくず接触長さ、高いせん断応力と摩擦応力により最高温度域が切刃側に接近して現れることを確認できた。

参考文献

- (1) 白井ほか：精密機械，38巻6号 昭47

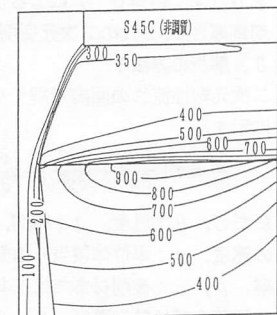
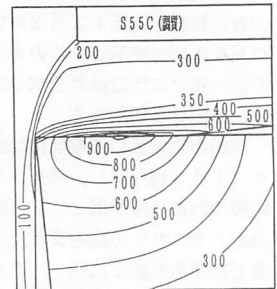
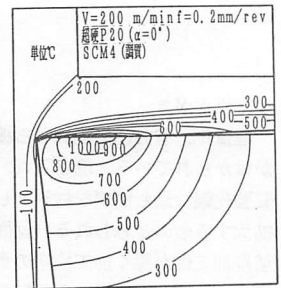


図5