

1. はじめに

球状黒鉛鋳鉄を切削したとき、高速切削ではクレータ摩耗、低速切削ではフランク摩耗がより進行する。このため、送りあるいは切込みを変化させた場合のクレータ摩耗、フランク摩耗から、工具寿命の短い値をとった統一工具寿命方程式 $V F^n T^m = C$ 、 $V D^l T^p = C$ をつくり、最小加工費用を求めた。また、両者の統一工具寿命方程式から同一切削面積において、送りあるいは切込みのいずれを増した方が有利か、最小加工費用から検討した。

2. 実験方法

被削材は鋳放しの丸棒材 (φ150×300) で、使用量が多いため、ロットの異なるものを用いた。表1に機械的性質を示すが、切削に最も影響すると思われる硬度は平均±2%以内である。また、工具は2層コーティング (Al₂O₃+TiC) 超硬 (T841-M) を使用した。次に切削条件を示す。

- ① 送り変化 $V = 200, 300, 400 \text{ m/min}$
 $F = 0.15, 0.30, 0.45 \text{ mm/rev}$
 $D = 2.0 \text{ mm}$
- ② 切込み変化 $V = 200, 300, 400 \text{ m/min}$
 $F = 0.15 \text{ mm/rev}$
 $D = 1.0, 2.0, 3.0 \text{ mm}$

切削実験はCNC旋盤 (日立精機 NR15 型) に被削材を取り付け乾式切削を行った。

3. 実験結果

図1に、実用的な工具寿命、すなわちクレータ摩耗 50μm、フランク摩耗 0.7mm としたときの寿命曲線を示す。速度 300m/min を境に、高速側ではクレータ摩耗の寿命が、低速側ではフランク摩耗の寿命が短くなっている。

図2に、送り一定・切込み変化、送り変化・切込み一定の統一寿命曲線を示す。切込み変化の場合、いずれの速度においても切込みが増すと、わずかに寿命が短くなる。測定値から求めた工具寿命方程式は、

$$V D^{0.05} T^{0.38} = 774$$

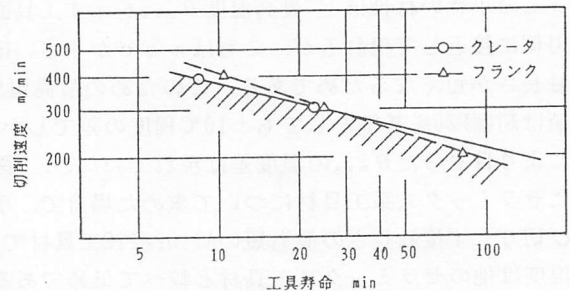
この式から工具寿命を計算したところ、測定寿命と計算寿命はほぼ一致した。次に送り変化の場合であるが、いずれの速度においても送りが増すと大幅に寿命が短くなる。工具寿命方程式は、

$$V F^{0.44} T^{0.31} = 343$$

この式から工具寿命を計算したところ、測定寿命と計算寿命との間に、比較的近い値がえられた。

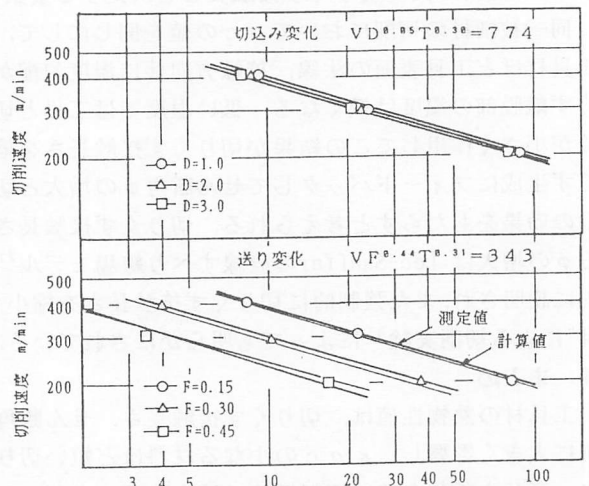
表1 被削材の機械的性質

被削材番号	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)	硬度 (HB)
FCD-2	42.6	26.0	147
FCD-3	43.5	28.1	141
参考FCD45	45以上	10以上	143~217



NW:FCD-2-3 CT:T841-M DRY V=200-300-400m/min F=0.15mm/rev D=2.0mm

図1 寿命曲線



NW:FCD-2-3 CT:T841-M DRY V=200-300-400m/min F=0.15mm/rev D=1.0-2.0-3.0mm
 NW:FCD-2-3 CT:T841-M DRY V=200-300-400m/min F=0.15-0.30-0.45mm/rev D=2.0mm

図2 統一寿命曲線

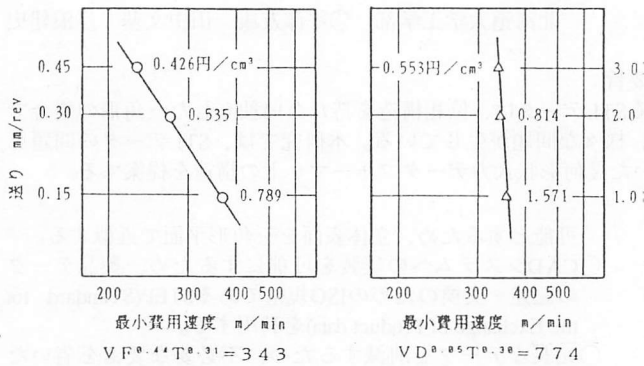


図3 最小費用速度と最小加工費用

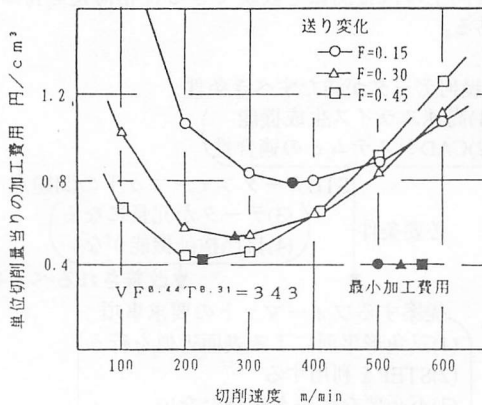


図4 最小加工費用と切削速度

図3に、送り変化、切込み変化の統一工具寿命方程式から求めた加工費用を最小にする速度（最小費用速度）と、単位切削量当りの加工費用（最小加工費用）の関係を示す。ここで、送り変化の場合の速度と費用の式は、次の様に表される。

$$\text{速度 } V = \frac{C}{\{(1/n-1)(t_0+k_2/k_1)\}^n} \cdot \frac{1}{F^m}$$

$$\text{費用 } e = \frac{1}{V \cdot F \cdot D} \{k_1 + (k_1 \cdot t_0 + k_2) (V/C)^{1/n} \cdot F^{m/n}\}$$

t_0 : 工具交換時間 (3分)、 k_1 : 設備人件費 (60分)
 k_2 : 工具費用 (168円/切刃)

送り変化の場合、送りを 0.15mm/rev から 0.45mm/revに増すことにより、費用は 0.789円/cm³ から 0.426円/cm³ と、約 1/2になる。また、切込み変化の場合、切込みを 1.0mm から 3.0mmに増すことにより、費用は 1.571円/cm³ から 0.553円/cm³と、約 1/3になる。

図4に、送りを変化させたときの最小加工費用と切削速度の関係を示す。当然ではあるが、それぞれの送りの最小費用速度より低速側、高速側では最小加工費

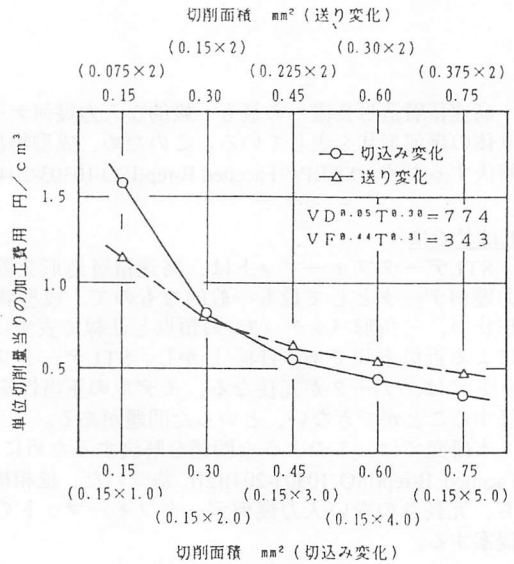


図5 最小加工費用と切削面積

用は高くなっている。こうした傾向は切込みを変化させたときも同様である。

図5に、送り変化、切込み変化の切削において、切削面積（切込み×送り）が同一であるときの最小加工費用と切削面積の関係を示す。切削面積 0.3mm² (0.15mm/rev×2.0mm)を境に、それよりも切削面積の小さい方では送りを変化させた方が費用が安く（面積 0.15mm²では 1.571円/cm³ と 1.158円/cm³）、切削面積の大きい方は切込みを変化させた方が費用が安い（面積 0.45mm²では 0.553円/cm³ と 0.628円/cm³）ことが分かった。

4. まとめ

同一切削面積では、切込みを増すより送りを増した方が、比切削抵抗が小さくなり切削抵抗が減少する。このため、送りを増した方が工具摩耗に対して有利と考えられるが、実際には切込みを増した方が、単位切削刃長さ当りの主分力、送分力は小さく表れる。

このため、切込みを増した方が有利かといえば、必ずしもそうではなく、比較的切削面積が大きいときに切込みを増すと、最小加工費用が安いという結果を得た。