

1 緒言

スナッキング研削における振動は、通常、砥石跳躍が生ずる程大きく、研削は砥石回転数毎の打撃研削の状況を呈する。当然偏心摩耗が発達し、それによって振動の状況も変化する。従って、砥石摩耗の説明やデータの再現性、寿命予測等は振動を考慮してなされねばならない。

砥石に対して、摩耗モデル(後述)を与え、これを基本にして砥石摩耗進行を模擬できる。これまで筆者等はスナッキング研削のシミュレーションを研究してきた。砥石の跳躍振動の状況及び研削機構を明らかにするものをシミュレーションSPSとし、それを含んで砥石摩耗経過を追うものをLPSとしている。

この研究の現在の目標はLPSにおけるSPS修正頻度を適正化することである。LPSにおいて振動や研削の状況の固定される期間を状態固定期間ASS(回転数で表示)としている。この報告はASSに関する若干の調査と検討を述べるものである。

2 状態固定期間ASS

SPSによって得られた状態をある期間凍結すれば、その期間に対応した摩耗が得られる。これを次々と継続するのがLPSであるが、実際の研削においては回転毎に生じた摩耗により、刻々と振動の状況は変わる。つまりASS=1であるが、シミュレーションではあまりに真正直で途方もない計算量となる。実研削よりも早く計算が進むことがひとまずの目安であり、これまではASS=500~1000程度であった。ASSは初期値問題の数値計算における刻み幅に相当するものと考えることができ、これまではASSをあまり大きくとると計算途上で発散することが知られていた。しかしASSはどこまで大きくできるか、ASSは何をモニタリングして、変更すれば良いかなどに関しては何も知られてはいない。

3 長期間シミュレーションLPS

LPSの処理のフローチャートを図1に示す。打撃研削機構サブルーチン(M3)及び砥石跳躍振動シミュレーション(SPS)をサブルーチンとして含んでいる。砥石円周を36等分に区分して番地を付し、その区分が研削に参与している場合には摩耗は番地毎の半径の変化分 ΔR によって評価する。

LPSの初期条件はデータ群として、あらかじめ

あたえられる。すなわち番地毎の半径初期値、砥石平均半径、砥石偏心摩耗 ϵ_0 (砥石作業面うねりの片振幅)とその位置(番地)、また砥石不釣り合い量 m_e 及びその位置などである。ただちにSPSに向かう。ここでは跳躍振動解析を行う。空転状態(跳躍状態)と実研削状態(打撃状態)のそれぞれに振動モデルがあり、これを交番してルンゲ-クッタ-ギル法による非定常振動解析する。また振動の様式は回転体の振れ回り振動即ち連成二次元として扱う¹⁾(SPS2としている)。モデル定数はLPSから与えられるが、砥石加工物接触剛性 K_{2inst} のみはサブルーチンM3²⁾内で計算される。これは定常空転ルーチンで計算した砥石衝突初速を用いて一打撃研削の数値計算を行い定常状態研削痕の幾何学及び打撃研削時間、打撃研削抵抗の定常値を得て K_{2inst} を求めるものである。M3は最初と、幾何学適合判定で帰って来る場合だけ実行される。

SPSにおける振動解析が定常と判断された後更に幾何学適合の判定を通過すれば、砥石円周の研削に参与している範囲をLPSに送る。また研削機構解析を行い未変形切り屑断面積 a_m の平均値、砥石接触弧長さ l_c の平均値もまたLPSに送り込む。

SPSは、打撃研削される加工物の鉛直方向研削抵抗の挙動が等価な線形バネ K_{2inst} に置き換え得る²⁾ことにもとづいている。このバネは研削開始深さの位置で自由長であり、非常に剛である。砥石接触深さ d 、研削痕深さ d 、砥石空転時加工物送り w_1 の間には単純な幾何学適合条件がある。

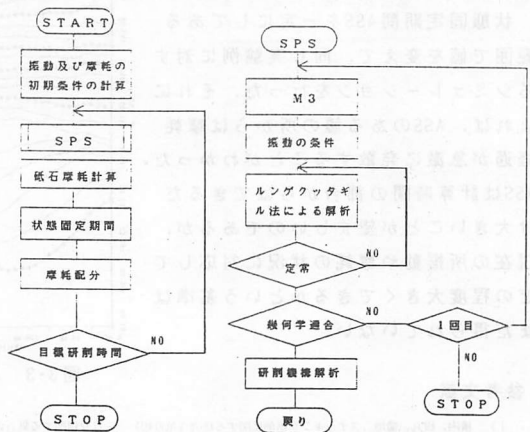


図 1 フローチャート(LPS)

バネの等価性が良ければこの条件は満足され、最も圧縮される位置と研削痕深さは一致しかつ圧縮時間が実際の研削時間と一致することを意味する。もし適合が得られなければSPSで得られた砥石研削初速をもってM3に戻って $K_{2,inst}$ を再計算する。

摩耗計算はLPSで行う。現在は状態固定期間ASSは計算前に与えている。摩耗モデルは砥粒研削抵抗 f_g 砥粒接触時間 t_c によって砥粒またはボンドの破壊確率が求められ単位の摩耗体積（一砥粒相当分の砥石体積）の摩耗が生ずるとするものである³⁾。この単位摩耗体積と摩耗確率との積は作業切れ刃の摩耗体積期待値である。これと一回の打撃研削に関与した作業砥粒数との積は砥石一打撃の摩耗体積である。この摩耗は振動の大きさに依存させて砥石円周に配分される。

4 計算例及び考察

計算は砥石A20MB、砥石回転数3140rpmについてASS=1000~4500で行った。図2は実験によって得られた摩耗経過を示したものである。この図は砥石が平行摩耗した後、研削作業位置の180度反転が起き、その後また平行摩耗していることを示している。図3-1~図3-4はそれぞれASS=2000, ASS=3000, ASS=4000, ASS=4500の計算例である。シミュレーションは実験に比べて、概して平均的な摩耗進行速度が小さい。図3-3, 図3-4はある回転数までは共に平行摩耗を再現しているが、それ以後は発散している。ASSは大きい値をとるほど発散は早い時期に生ずるといえる。

ASSが小さければ小さい程良いはずであるが、ASS=1000の場合でも、必ずしも実験とより良く合っていない。

5 結果

状態固定期間ASSを一定にしてある範囲で値を変えて、同じ実験例に対するシミュレーションを行った。それによれば、ASSのある値の所からは摩耗経過が急激に発散することがわかった。ASSは計算時間の都合からにはできるだけ大きいことが望ましいのであるが、現在の所振動や摩耗の状況に対応してどの程度大きくできるかという基準はまだ得られていない。

参考文献

- 1) 横内, 田丸, 菊地 スナッキング研削に関する研究 (第9報)
- 2) 横内, 小野内, 他 スナッキング研削に関する研究 (第7報)
- 3) 横内, 菊地 スナッキング研削に関する研究 (第8報)

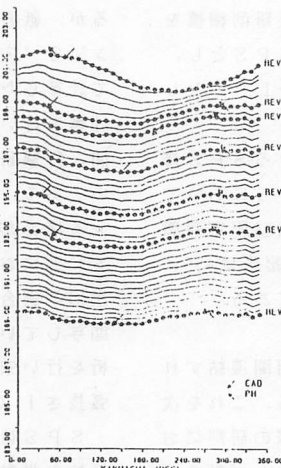


図3-1 ASS=2000の場合

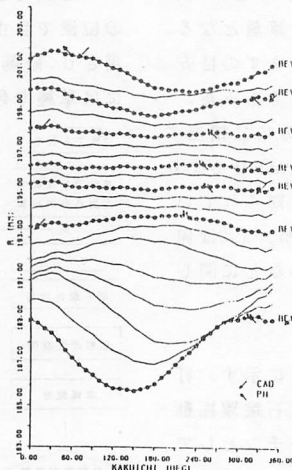


図3-3 ASS=4000の場合

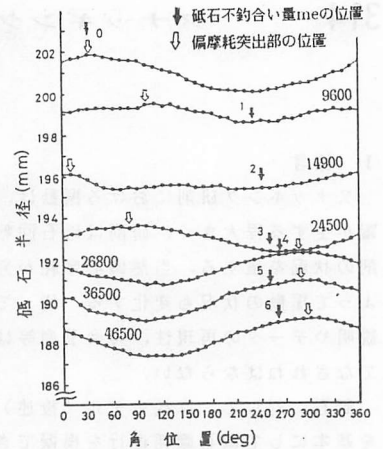


図2 実験の摩耗経過

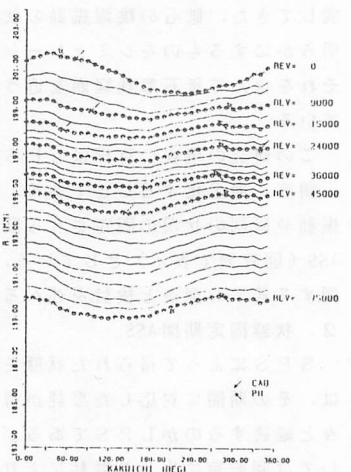


図3-2 ASS=3000の場合

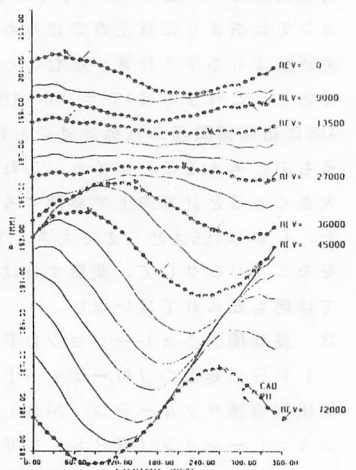


図3-4 ASS=4500の場合

~打撃研削する砥石の振れまわり挙動の数値解析~
~跳躍研削時の垂直研削抵抗の解析~
~跳躍振動する砥石の厚耗経過解析~

昭和62年9月精密工学会北海道支部講演会前刷
昭和57年3月精密工学会講演会前刷
昭和58年3月精密工学会講演会前刷