琉球大学学術リポジトリ

二相金属の研削仕上げ面粗さのスペクトル解析

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 琉球大学工学部 公開日: 2007-09-16 キーワード (Ja): キーワード (En): Ground Surface Roughness, Binary Metal, Spectrum Analysis, Autoregression Model, Pearlite, Globullar, Lamellar, Shape, Cementite, Phase 作成者: 福本, 功, 糸村, 昌祐, 平敷, 兼貴, Fukumoto, Isao, Itomura, Shosuke, Heshiki, Kenki メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/1992

二相金属の研削仕上げ面粗さのスペクトル解析

福本　功*　糸村昌祐**　平敷兼貴*

Spectrum Analysis of Ground Surface Roughness in Dual Phase Metal

Isao FUKUMOTO, Shosuke ITOMURA and Kenki HESHIKI

When a dual phase metal is ground, which is composed of the soft matrix and the hard second phase, ground surface roughness is affected by the shape of the second phase. Ground surface roughness is characterized by autoregressive model and is analyzed by power spectrum.

Comparing power spectrum of globular pearlite with that of lamellar perlite shows that lamellar pearlite gives higher power spectrum value. It indicates that ground surface roughness of globular pearlite is better than that of lamellar pearlite. As grain size of a wheel changes from # 60 to # 120, the ground surface roughness of lamellar pearlite is considerably improved.

So the power spectrum is applicable for estimating ground surface roughness with more accuracy than the traditional method.

Key Words: Ground Surface Roughness, Binary Metal, Spectrum Analysis, Autoregression Model, Pearlite, Globullar, Lamellar, Shape, Cementite, Phase.

1. 緒　言

硬質相と軟質相から構成される二相金属を研削加工したとき，研削抵抗や加工変質層は，硬質相の形状や含有量に大きく左右される。しかし，硬質相の形状が，研削仕上げ面粗さに及ぼす影響は明らかにされていない。そこで，研削抵抗の測定や，加工変質層においては，明らかに両者には差異が生じていることより[1]，仕上げ面粗さにおいてもなんらかの差があるはずである。しかし，仕上げ面粗さにおいては，同程度のかたさや似通った金属組織をもつ材料の場合はJIS（日本工業規格）に定められた最大高さ粗さや平均粗さでは，それほど明瞭な差は見いだされない場合もある。

長谷川は[2]，仕上げ面粗さ曲線を定常な不規則変動現象と考え，定常確率過程の生成機構を時系列解析し，それを基にスペクトル解析[3]し，研削仕上げ面粗さについて検討している。

本研究においては，この手法を金属組織の分野にまで拡張し，研削加工に適した被削材の金属組織，特に硬質相の最適な形状に関する情報を得ようとするものである。そこで仕上げ面粗さ曲線を確率過程現象としてとらえ，自己回帰モデルでシミュレーションし，スペクトル解析を行うことにより，第二相の形状による仕上げ面粗さの差異を抽出しようとするものである。

2. ARモデル（自己回帰モデル）

ランダム曲線を一定間隔で離散化すると，標本過

受付　昭和63年10月31日

＊工学部機械工学科
＊＊工学部エネルギー機械工学科

程が得られるが，いま時刻 t における特性値 X_t が先に得られた特性値 X_{t-i} とどのような依存関係にあるかは次式で示される[2]。

$$X_t = \sum_{i=1}^{M} \phi_i X_{t-i} + a_t \qquad (1)$$

ここで，ϕ_i は自己回帰パラメータ，a_t は平均 0，分散 σ_a^2 の正規性白色雑音である。そこで，ϕ_i と σ^2_a が問題になるが，次数 M がわかれば，Yule-Walker 推定によって ϕ_i が計測できる。しかし，一般には次数 M は未知であるから，これを推定しなければならない。ここでは，最も有効と思われる FPE 法を採用し，予測誤差 FPE（Final Predictin Error）値が最も小さい次数を最適次数 M とした。

$$FPE = \frac{N+M+1}{N-M-1}\,\sigma^2(M) \qquad (2)$$

またこの場合のパワースペクトル密度の推定値 g (f) は次式で示される[3]。

$$g(f) = \frac{\sigma^2(M)}{\left|1-\sum_{m=1}^{M}\phi_M(m)\exp(-i2\pi f m)\right|^2} \qquad (3)$$

$$\left(-\frac{1}{2} \leqq f \leqq \frac{1}{2}\right)$$

ライトにおいては，900℃に加熱後30分保持し，その後冷却速度 1 ℃/min (L-Con)及び3.5℃/min (L-Nor)でそれぞれ炉冷を行った。また，球状パーライトにおいては，900℃で30分加熱後水焼き入れを行い，その後真空電気炉を用いて，700℃で 3 時間（G-3）及び200時間（G-200）とそれぞれ焼き戻しを行った。

ドレッシング条件は，単石ダイヤモンドドレッサーを用い，切込み10μm の 8 回，送り速度0.6m/min で行った。研削条件としては，研削砥石は WA60LmV と WA120LmV を使用し，砥石切込み20μm，工作物速度 6 m/min，研削液はユニソルブル・ソリューション CC タイプを用い湿式平面研削を行った。

仕上げ面粗さの測定は，小坂触針式粗さ計を用いて，研削方向に直角方向に行った。データ処理は図 1 に示されるように，ピックアップで検出した信号は増幅された後，AD 変換器を通し，デジタル信号に変えられ，マイクロコンピュータで演算処理を行った。

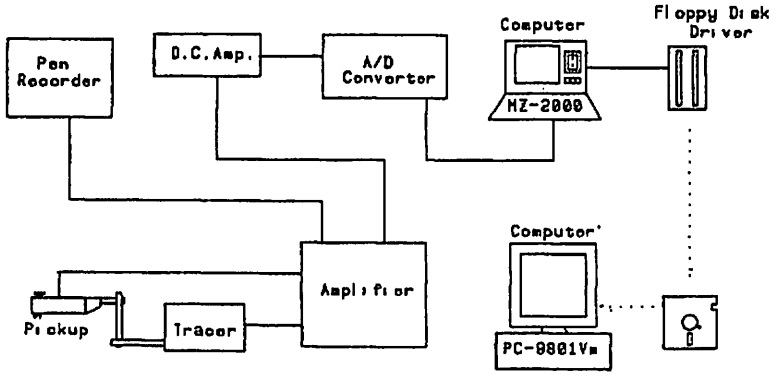

図 1　測定装置の概略

3．実験装置及び方法

供試材料は JIS SK5 を用いてパーライト組織を作成した。熱処理は 4 種類の条件を設定した。層状パー

4．実験結果と考察

4．1　データ処理におけるサンプリングタイムとデータ個数

研削仕上げ面粗さ曲線を100Hzまでフーリエ解析した結果では，パワースペクトルの最大値は，1.1～2Hzの範囲でおさまっており，その他の周波数では大きいピーク値を示さない[2]。またデータの採取に関しては，マトリックスの結晶粒や第二相の大きさを考慮し，5，10，25，50および100msの5種類，個数については256～2048個の範囲で検討を行った。その結果，データは触針の大きさ（半径5 μm）にかなり依存していることが明らかになり，それ以下のサンプリングタイムにおいては，同じ値を連続的に多数読み込んでおり，また測定場所においても中央部が安定していること[4]，また工作物の大きさまた砥石の幅など実験上の制約から，サンプリングタイムは25ms（5 μm），個数は1024個（測定長さ5.12mm）とした。

4．2　第二相粒子の形状が研削仕上げ面粗さに及ぼす影響

図2にパーライト組織を示す。パーライト組織は，フェライトとセメンタイトの二相混合組織であるが，その機械的性質を比較すると，フェライトは，Hv＝100に対し，セメンタイトはHv＝1500[5]また引張り強度はフェライトは215.6～313.6MPaに対し，セメンタイトは3920～7840MPa[6]と全く異なる複合材料である。このような材料を研削加工すると，砥粒切れ刃が，被削材へくい込む際，セメンタイトの剝離，あるいはセメンタイトの微小破砕の現象が観察される。

そこで，強化相の役割を持つセメンタイトの形状が，球状か層状であるかで仕上げ面は当然異なると思われる。図3に触針式粗さ計による記録例を示す。

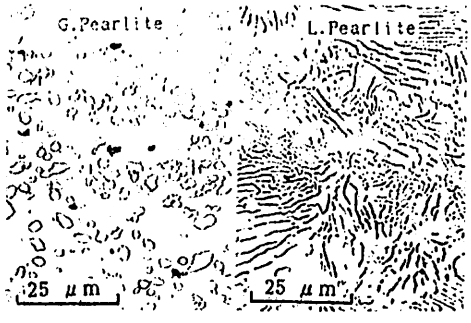

図2　金属組織

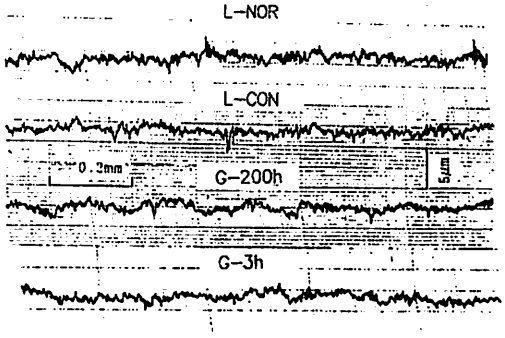

図3　触針式粗さ計による記録例

この場合は金属組織が非常に似通っているため，JISに定められた方法，例えば最大高さ粗さや平均粗さでは，その差異がなかなか抽出できなかった。そこで，仕上げ面粗さを確率過程モデルと考え，スペクトル解析で仕上げ面を解析することを試みた。

まずARモデルでシミュレーションするに際して，FPE法で最適次数を決定する。一例として，L-CONの場合の結果を図4に，また各材料における最適次数を表1に示す。このように材料により最適次数は異なり，またそれはスペクトルにも大きな影響を与えるため，次数を統一する必要がある。その様子を調べたのが図5である。図からもわかるように，いずれの材料も次数が6以上になるとパラメータは安

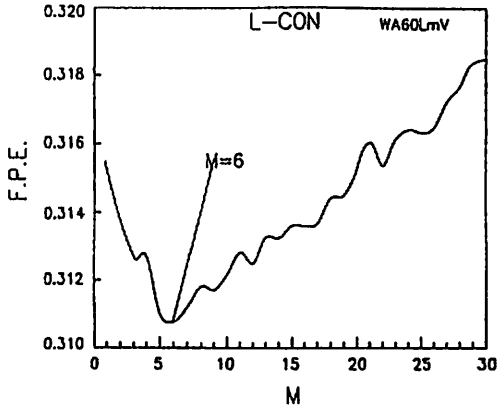

図4　FPE法による最適次数

定していることから，スペクトル解析に用いるデータは次数6によるARモデルからの計算値とした。得られた結果を表2に示す。そこで，これらの数値を基にスペクトルを描くと図6のように示される。

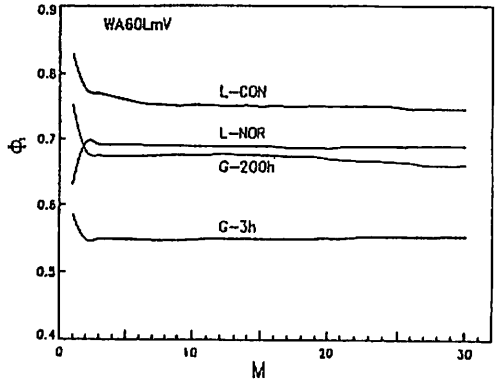

図5　ARモデルのパラメータと次数の関係

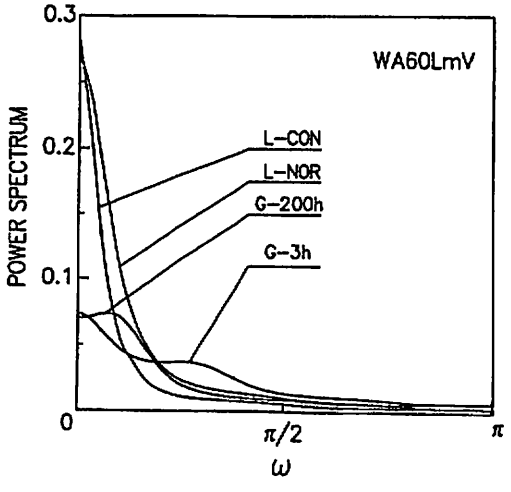

図6　スペクトル解析

表1　各材料における最適次数

	L-Normal	L-Control	G-3h	G-200h
WA60LmV	2	6	2	3

表2　ARモデルにおけるパラメータと分散

	L-Normal	L-Control	G-3h	G-200h
ϕ_i σ^2	0.594269	0.305395	0.653237	0.427678
1	0.69015	0.75506	0.54751	0.67376
2	-0.08064	-0.01644	0.07477	0.04228
3	-0.01114	0.05762	-0.01090	0.06505
4	-0.03185	-0.01756	-0.00293	0.02980
5	0.00256	0.04641	0.01550	-0.03679
6	0.02931	0.05657	-0.04960	0.02149

ϕ_i: Coefficient
σ^2: Dispersion

図からわかるように，層状パーライトにおいては，スペクトルが極めて高い値を示している。これは，層状においては，砥粒切れ刃がくい込む際，セメンタイトの微小破砕が観察されることから[11]，仕上げ面がかなり劣化しているものと思われる。それに対し，球状セメンタイトにおいては，スペクトルも低く，セメンタイトも比較的均等に分布していることから，応力が有効に分散していることが考えられ，研削仕上げ面は極めて良好な状態であると思われる。

4．3　砥石粒度が研削仕上げ面粗さに及ぼす影響

パーライト組織での粒子の形状，大きさはミクロン単位であり，さらにその分布は非常に微細な分布をもつため砥粒の粒度が大きくなると，砥粒切れ刃の間隔も狭まるため，当然仕上げ面粗さに影響を与えるものと思われる。そこで，研削砥石を60番から120番へ変更した時，研削仕上げ面粗さにどのような影響を与えるか検討を行った。そこで，ARモデルにおけるパラメータを調べた結果を図7に示す。これからいずれの材料も次数が8以上になると安定していることがわかる。そこで，8次の場合の各パラメータを表3に，さらにそれを基にスペクトル解析を行った結果を図8に示す。層状と球状パーライトとでは，L-CONの場合がスペクトルは幾分高い値を示すが，前述の60番の場合に比較するとかなり低下していることがわかる。また球状の場合においてもスペクト

ルは幾分減少しているが，層状に比べそれほど顕著な傾向は見いだせない。このことは，層状パーライトにおいては，砥石粒度が大きくなると，研削仕上げ面は大きく改善されるものと思われる。これは，球状パーライトに比べ，層状パーライトはセメンタイトの粒子間隔が極めて小なるため，砥石粒度が細かくなると，切れ刃間隔に対応した形で，相互干渉の作用で凹凸が打ち消されるため，研削仕上げ面は極めて良好になっているものと思われる。

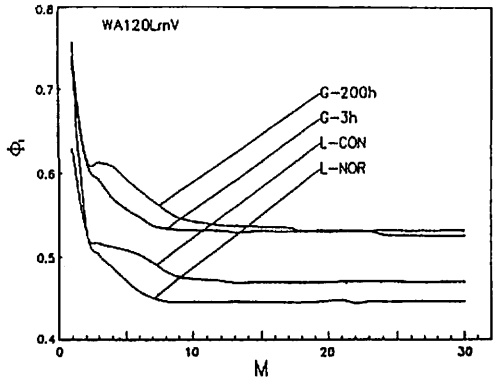

図7　AR モデルのパラメータと次数の関係

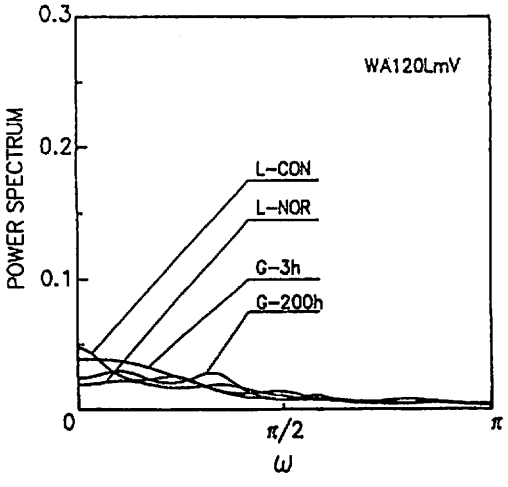

図8　スペクトル解析

表3　AR モデルにおけるパラメータと分散

	L-Normal	L-Control	G-3h	G-200h
ϕ_i σ^2	0.394387	0.565429	0.426800	0.385961
1	0.44662	0.48237	0.53364	0.55455
2	0.15639	0.09830	0.03365	0.12462
3	0.02967	0.03789	0.04438	-0.04822
4	0.03544	0.00751	0.08019	0.02223
5	0.06932	0.00700	0.02420	0.05821
6	0.05675	0.02422	0.05581	0.01887
7	0.04807	0.05265	0.07631	0.06769
8	0.05775	0.10375	0.03269	0.09796

ϕ_i: Coefficient
σ^2: Dispersion

5．結　論

炭素鋼の代表的な二相金属である共析鋼のフェライト，セメンタイト組織に着目し，硬質相のセメンタイト形状が仕上げ面粗さに及ぼす影響を検討した結果，以下のことが明らかとなった。

(1) パーライト組織におけるセメンタイトの形状が層状と球状の場合における研削仕上げ面粗さを比較すると，球状の場合がスペクトルは低く仕上げ面が良好であることがわかった。

(2) 砥石粒度を60番から120番へ細かくすると，層状パーライトにおいては，スペクトルは極めて減少し，仕上げ面がかなり改善されることがわかった。

(3) スペクトル解析を行うことにより，金属組織の異なる材料の仕上げ面粗さの微妙な差異も抽出できるようになり，極めて精度の高い手法であることが明らかとなった。

最後に本研究を進めるにあたり，実験装置及びAD変換器の作製で中山清光，野原幸則の両技官から多大の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

文　献

(1) 福本，ほか4名，精密機械，51，10(1985)，1953.
(2) 長谷川，精密機械，46，4 (1986)，4160.
(3) 赤池，ダイナミックシステムの統計的解析，サイエンス社，(1985)，54.
(4) 福本，平敷：日本機械学会論文集，53，491 (1987)，1577.
(5) Coolins, M. J. and Woodford, D. A., JISI, 2 (1965), 184.
(6) T. C. Lindley, G. Oates and C. E. Richards, Acta Met., 18 (1970), 1127.