

反射光による表面形状の測定

加藤 正

伊藤 紀男

Measurement of Surface Profile Using the Diffuse Reflecting Light.

If one tries precisely to know the relations existing between the surface profile of the metal worked surface and the physical or mechanical function of surface, it is insufficient to investigate only the information about amplitude, for example, the maximum height H_{max} , etc., which is included in the profile curve. Accordingly, the characteristics of worked surface roughness have recently been investigated by many research workers with various methods. We measured the distribution of the diffuse reflection from the shaper worked surface by the 3-dimensional goniophotometer. In this report, the distribution of the inclination angle in the surface profile is mainly described.

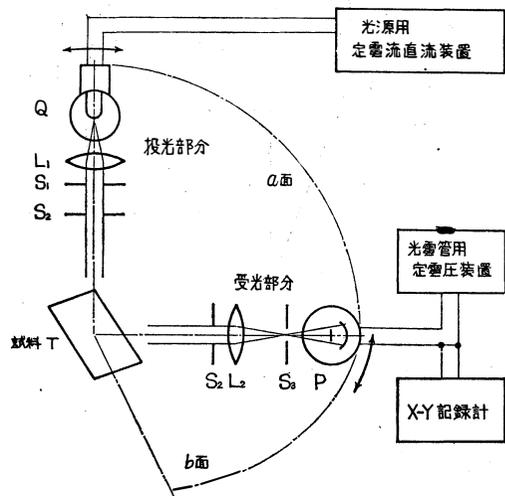
1. 緒言

金属加工面の表面形状をその物理的、機械的機能と結びつけて考えるとき、従来のような表面の凹凸の高さ、即ち断面曲線の中に含まれている振幅に関する情報だけでは十分説明できない事項が多い。そのため表面あらかさの研究においてはその凹凸の傾斜角の分布またはその平均値、曲線の中に存在する極大値の分布などが重要な要素であるといわれている。

加工面の傾斜の分布についてはすでに各方面で色々な方法により研究されているが、中でも反射光の分布による測定はそのほとんどが入射面内での反射曲線の形から求められている。こうした加工面からの反射光を二次元的ではなく、三次元的にとらえ、立体的にその分布の状態を測定することができれば、より厳密な表面の形状を把握できるものと思われる。こうした目的のために、当研究室において新たに試作された装置で、規則的な凹凸面をもつと思われる形削り加工面の三次元反射曲線の形から、その平均的な傾斜角および分布の状態を測定し、合せて装置の動作と性能について調べた結果について報告する。

2. 測定方法

使用した装置の原理を図一に示す。



図一 実験装置の概略図

投光部分はNF粗度計(理学電機)の光源とレンズ系を持った投光筒を使用し、受光部分はレンズ系と光電管よりなっている。光源ランプQはレンズL₁の焦点にあって試料面上に平行光線を投射する。スリット

S₃もレンズL₂の焦点上にある。投光部分および受光部分の光軸はつねに試料Tの上で交わり、その交点を中心として互いに直角方向に回転させることができる。試料面も試料台を回転、傾斜させることにより自由にその向きを変えることができる。

実験では形削り加工面の切削方向を入射面に対して平行に置き、試料台はb面と45°なすよう固定された。光源はb面と垂直な方向を中心にして30°あるいは1°ずつα面内で傾け、そのときの反射光の強度をb面内の各方向から測定した。

用いた試料は普通アルミ板と四六黄銅板で、約50×50×10mmの大きさのものを形削り盤にて最大高さH_{max} 5~35μの表面あらさ値に加工した。

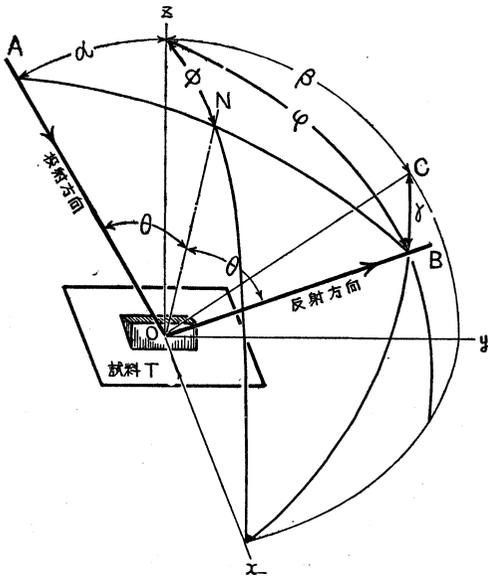


図-2 反射方向と座標軸の関係

3. 測定方法の解析

図-2のように試料表面の平均平面上にx-y軸をとり、それと直角上方にz軸をとる。入射光線AOをy-z面内にとり、z軸とのなす角をαとする。試料面内の一つの微小傾斜面Oの法線をONとすると、ONはx-z面内にあって、ONとz軸とのなす角は平均平面からの傾斜面の傾きに等しい。これをφとする。面Oで反射した光の方向をOBとすると、∠AONと∠BONとは等しく、これをθとおく。ρはz軸とOBとのなす角であり、直線OBのy-z面への射影をOCと

すれば、βはz軸とOCとのなす角である。OBとOCとのなす角をγとする。

ここで、これらα, β, γ, φの関係を求めるために、OA, OB, ONなる方向をもち、大きき1なるベクトルOA, OB, ONを考えてみると、ONはOAとOBで定められる面内にあって、かつOAとOBの方向を2等分するものであるから、 $\vec{OA} + \vec{OB} = 2 \cos\theta \cdot \vec{ON}$ なる関係がある。したがってこのベクトル方程式をその成分に分けて考えれば、次のような関係式が得られる。

$$\begin{cases} \cos\alpha \cdot \sin 2\phi = \sin\gamma & \text{..... ①} \\ \sin\alpha = \cos\gamma \cdot \sin\beta & \text{..... ②} \end{cases}$$

実験ではβ=45°にセットし、任意のαの値に対して、γを変化させたときの反射光の強度を測定すれば、形削り加工面の場合②式で決定されるある一つのγの値で反射強度が最大になることが予想される。そのときのγの値に対する傾斜角の傾きφが①式より求められる。

次に、平均面よりφだけ傾いた面の存在確率密度をΦ(φ)、受光部分の開き角をdωとすると、単位面積中の傾きφの面の面積の総和は

$$\frac{\Phi(\phi) \cdot d\omega}{\cos\phi}$$

となり、入射光の強さをI₀、面の反射率をρ(θ)とすると、B方向の単位立体角内に放射される光は

$$\frac{I_0 \rho(\theta) \Phi(\phi)}{4 \cos\phi}$$

で表わされる。これより反射面の輝度B(φ)は

$$B(\phi) = \frac{I_0 \rho(\theta) \Phi(\phi)}{4 \cos\phi \cdot \cos\phi}$$

となり、結局受光部分の受ける光量I(φ)は

$$I(\phi) = \frac{I_0 \rho(\theta) \Phi(\phi)}{4 \cos\phi \cdot \cos\phi} d\omega$$

となる。ただし、 $\cos\phi = \cos\gamma \cdot \cos\beta$ である。

このことから試料の材質により反射率を略々一定と考えば、多くの微小平面からの正反射光を加えたものの分布は、面の傾斜の統計的分布に関係することがいえる。

4. 測定結果

前述までの方法と解析により、表面色の異なる普通アルミと四六黄銅各々4個の試料について測定した結果をまとめる。

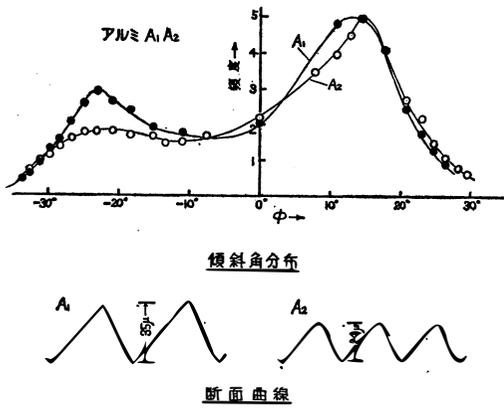


図-3

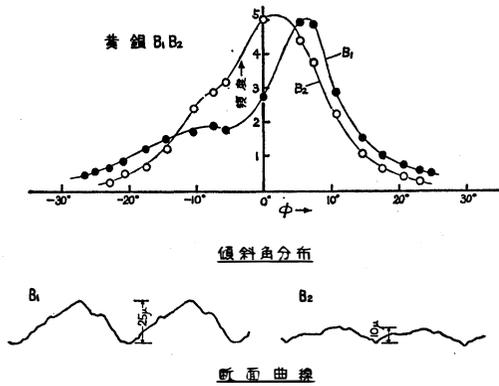


図-4

図-3にアルミ試料 A₁, A₂, 図-4には黄銅試料 B₁, B₂ のそれぞれ平均面からの傾き角が φ であるような面の分布と触針式表面検査機から得られた断面曲線が示してある。

試料 A₁, A₂ については, 正反射方向, 即ち傾き角 φ = 0 に関して曲線は対称形とならず, ある二つの傾斜角付近に分布が集中している。

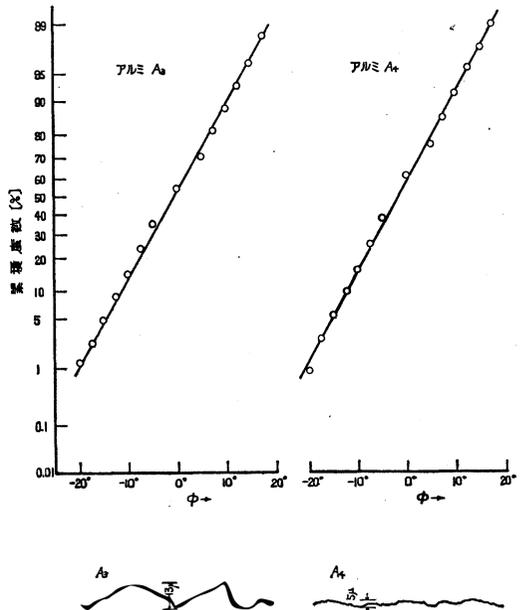
表-1にはそれらの値が示してある。このことはその表面形状が主として二つの傾き角をもった面により構成されていると推測されるが, 実際その断面曲線を見てみるとかなり規則的に並んだ二面からできていることが分る。これは断面曲線の縦, 横の倍率比をできるだけ小さくして, その山と谷との間の平均傾斜角を直接はかる方法によって求められた値ともほぼ同じであることが確かめられている。また, あらさ曲線の山のいたadaki平均間隔 T は Hmax および φ を用いて, 式 $T = Hmax (\cot\phi_1 + \cot\phi_2)$ から推定されるが, これ

材質	試料記号	Hmax	傾斜角 φ		平均間隔 T (測定値)
Al	A ₁	35μ	-13°	+26°	245μ
	A ₂	24	-15	+21	164
黄銅	B ₁	25	-7	+10	327
	B ₂	10	-2	+8	235

表 - 1

も金属顕微鏡によって直接求められたものとはほぼ一致している。表にはその測定値が示してある。

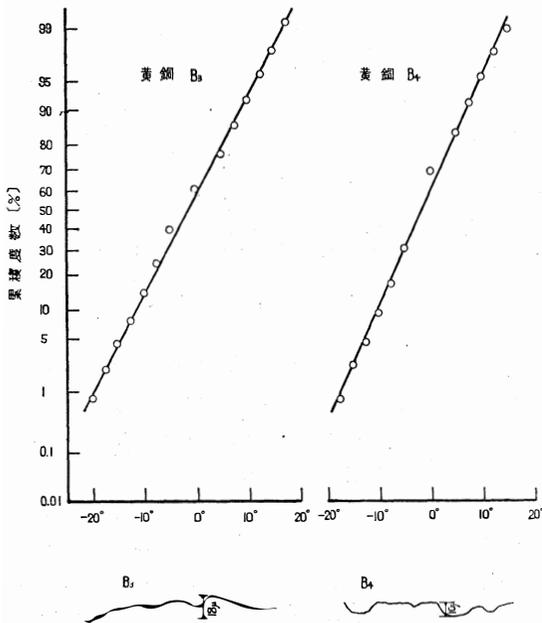
試料 B₁ については A₁, A₂ と同様のことがいえるが, B₂ になると正反射方向の強度が強くなり, わずかに φ が数度の点でくびれが見られる程度である。これはその断面曲線の形からも推察されるが, あらさ値が小さい上に, 表面の顕微鏡観察によると, いたるところに面の荒れがみられるため, これは規則的な凹凸のある面と, 不規則な凹凸面との中間的な位置をしめる表面形状であるといえる。



傾斜角分布と断面曲線

図-5 傾斜角分布と断面曲線

次に, 試料 A₃, A₄ および B₃, B₄ についても同様な傾斜角の分布曲線を描いてみると, これらは φ = 0 で最大の反射強度をもつ一山の左右対称の曲線とな



傾斜角分布と断面曲線

図-6 傾斜角分布と断面曲線

る。これらを正規確率紙上に移してみると、図-5、6のようになり、正規分布で近似できることが解る。測定値より平均値および標準偏差の計算結果を表-2に示す。砥粒加工面のようにランダムな凹凸面からなる傾斜角の分布も正規分布であることが知られている

材 質	試料記号	Hmax	傾 斜 角 分 布	
			平均値 $\bar{\phi}$	標準偏差 δ
Al	A ₃	13 μ	+0.84°	8.9°
	A ₄	5	-0.12	8.4
黄 銅	B ₃	18	-0.23	8.2
	B ₄	10	-0.08	6.6

表 - 2

が、これらもその図から分るように、その断面曲線は不規則な凹凸面からできている。試料 A₄ はあらし値が Hmax 5 μ と小さいにもかかわらず、A₃、B₃、B₄ と比較して大きな標準偏差値をもつが、これは表面のいたるところに存在するむしれによるものであると思われる。

5. 結論と考察

三次元的に変角できる光度計により、形削り加工面

の反射特性を調べ、その傾斜角の分布を測定した結果、傾斜角は切削時の状況により、あらし値とは関係なく規則的であったり、不規則的であったりする。不規則的である場合には正規分布で近似できた。

新しく試作した装置については、実際の断面形状と比較して満足すべき結果が得られるとともに、広い範囲の表面あらし値のものに適用できることが分った。今後は更に装置の改良を重ね、他の仕上加工面についても三次元的な反射特性を測定することにより、より精密な表面形状の測定と解析を進めていきたいと思ふ。

昭和17年度精機学会秋季大会学術講演会（昭和44年10月11日）にて発表