

超音波による粉体摩擦低減および分級

Friction reduction and classification of powder by ultrasonic

○新井一弘¹ 越智光昭² 河府賢治²

Kazuhiro Arai, Mitsuaki Ochi, Kenji Kofu

Abstract: The influence of acoustic pressure and flexural vibration on friction reduction effect by ultrasonic has been investigated in this study. It was found that the influence of acoustic pressure is varies with the particle size, And the particle density is related to the effects of flexural vibration. Then the classification by making use of acoustic pressure effect was examined. As a result, each particle size was able to separate clearly.

1. 緒言

現在、超音波は様々な分野で使用されており、著者らは超音波による粉粒体の摩擦低減を利用した新しいレアメタルの回収方法の確立を最終目標として研究している。この摩擦低減の要因としてたわみ振動と音圧が考えられるが、それぞれの因子の影響度ならびに粒子の密度及び粒径による影響は明らかにされていない。本研究では音圧およびたわみ振動による摩擦低減効果の影響を調べ、粒子密度、粒径による相違を明らかにすることで分級に応用していく。

2. 実験装置及び方法

Fig.1 に実験で使用した共振周波数 $f=20.5\text{kHz}$ の振動板およびその振動モードを示す。Fig.2 は超音波発生装置である。発振器により所定の周波数 f の電圧 V を発生させ板に超音波振動を発生させる。また、振動板振幅はレーザードップラー計 (LDV) により測定する。Fig.3 は真空容器である。アクリルケース内を 0.02MPa まで減圧することにより音圧の影響を取り除くことができる。

2.1 摩擦低減効果の測定

音圧及びたわみ振動による摩擦低減効果を Table1 に示した粒子を用いて評価する。Fig.2 に示す振動板の上板にのみ超音波を与える事で粒子には音圧のみの影響を与えることができ、その測定の妥当性は既に示されている¹⁾。またたわみ振動による摩擦低減効果の測定には Fig.3 に示す真空容器によって評価する。この妥当性も既に示されている¹⁾。

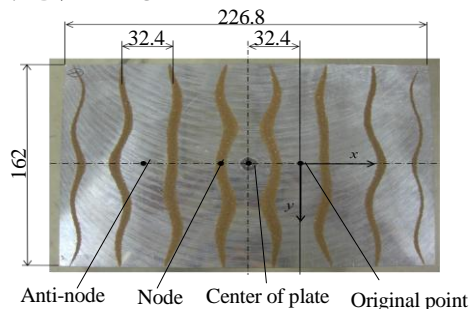


Fig.1 Vibration plate

それぞれの実験は粒子そのものの摩擦係数を基準とし、摩擦係数比が 0.05 刻みとなるように固定角度を設定し、発振器の電圧を上げていき滑り出す電圧を測定する。またそれぞれの摩擦係数を(1)式より求め、各条件の摩擦係数を以下のように設定する。

- (a)粒子固有の摩擦係数： μ_1
- (b)たわみ振動と音圧ともに受けた場合の摩擦係数： μ_2
- (c)音圧の影響のみ受けた場合の摩擦係数： μ_3
- (d)たわみ振動の影響のみ受けた場合の摩擦係数： μ_4

$$\mu = \tan \alpha \quad (1)$$

2.2 音圧での分級

分級するために粒径が異なる 3 種類のガラス粒子を混ぜた混合粒子群を用いて Fig.4 のデータをもとに角度と電圧 (振幅) を設定し三条件に分級する。その後、分級した粒子を顕微鏡を用いて各粒径データを 30 回取り平均粒径を示す。

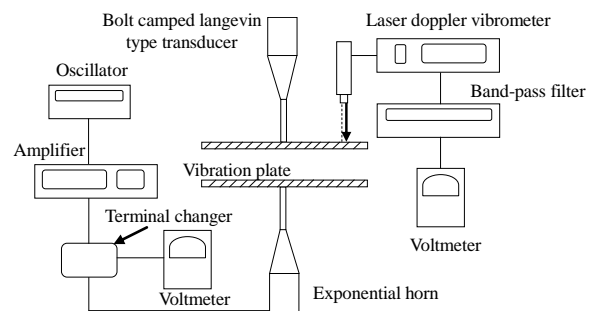


Fig.2 Experimental apparatus

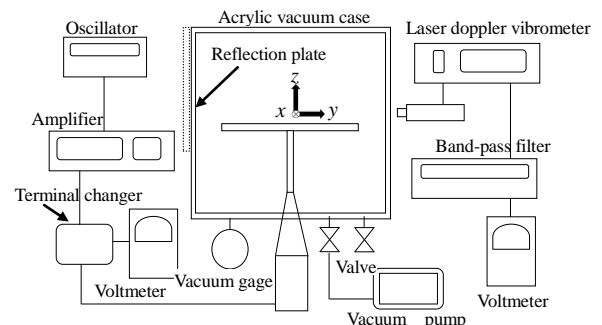


Fig.3 Experimental apparatus 2

1 : 日大理工・院(前)・機械

2 : 日大理工・教員・機械

3. 実験結果および考察

3.1 音圧による摩擦低減効果の測定

ガラス粒子の粒径の違いによる音圧の影響を Fig.4 に、チタン粒子の粒径の違いによる音圧の影響を Fig.5 に示す. これらの図から粒径が大きいほど摩擦低減効果が起こる振幅が小さいことが分かる. つまり音圧による影響には粒径が関係しているといえる. これは, 粒子の表面積が大きい程音圧の影響を受ける面が大きいためと考えられる. また, この差を利用し分級をすることが可能である.

3.2 ガラス粒子の分級

音圧によるガラス粒子の分級結果を Fig.6 に示す. この図より実験条件ごとに平均粒径が大きく異なるため粒子が分級出来たとと言える. ただし, 平均粒径ではなく標準偏差を考えると条件 1 と条件 2 は重なる部分があるため, 実験方法を工夫する必要があると考えられる.

3.3 たわみ振動による摩擦低減効果の測定

密度の違いによるたわみ振動の影響を Fig.7 に示す. この図より密度が大きいものほど摩擦低減効果を得るために必要な振幅が小さいことがわかる. つまりたわみ振動による影響は粒子の密度に関係していると言える. この実験は同じ粒径の粒子を用いているので, 密度が高ければ粒子自体の重さが大きくなるため滑り出しやすくなり, 真空中のため湿度が低くなるため付着が少なくなるためと考えられる.

4. 結言

- (1) 分級は音圧による影響を利用することにより可能であることを示した.
- (2) 密度による分離はたわみ振動のみの影響を利用することで出来る可能性を示した.

5. 参考文献

- (1) Kenji KOFU, Hikaru MIURA and Mitsuaki OCHI: Influence of Acoustic Pressure and Flexural Vibration on Friction Reduction Effect by Ultrasonic -Experimental Analysis-, Proceedings of the 5th Asian Particle Technology Symposium, USB Memory, pp.380-387 (2012)

Table1 Particle property

Type of particle	Diameter d[μm]	Density ρ [g/cm^3]
Titanium	285	4.48
	410	
	550	
	617	
Glass	60	2.45
	180	
	300	
	810	
Iron	80	7.83
Stainless steel		7.65
Titanium		4.48
Aluminum		2.76

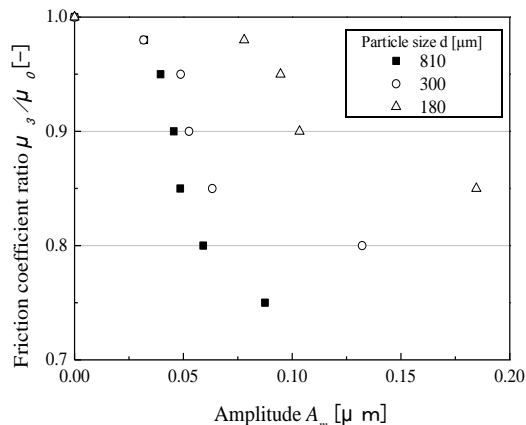


Fig.4 Effect of acoustic pressure difference by difference of particle size(Glass)

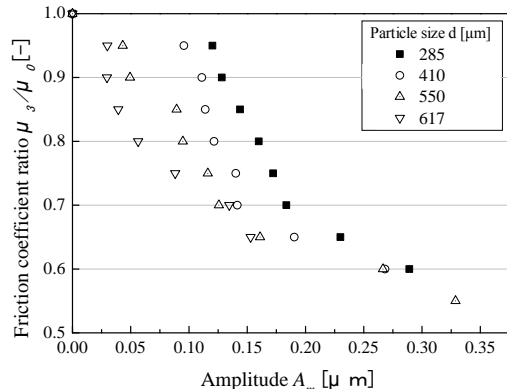


Fig.5 Effect of acoustic pressure difference by difference of particle size(Titanium)

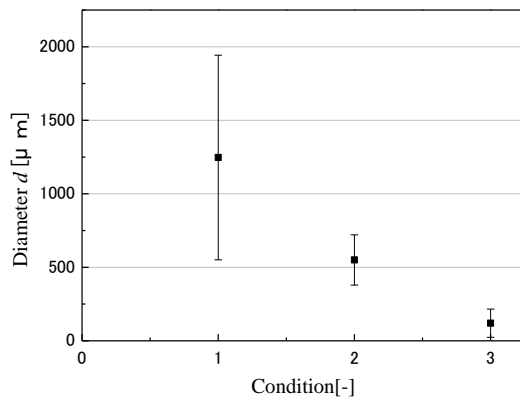


Fig.6 Result of classification

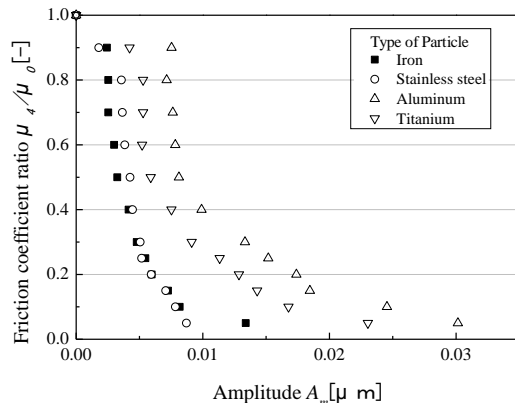


Fig.7 Effect of flexural vibration difference by difference of particle density