

超音波振動による摩擦低減効果を利用した混合粉体の分離及び分級

Separation and Classification of Mixed Powder Using Friction Reduction Effect by Ultrasonic Vibration

○畠山豊¹ 河府賢治² 三浦光³

Yutaka Hatakeyama, Kenji Kofu, Hikaru Miura

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、各因子の影響度ならびに粒子密度や粒径による低減効果差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および分離への応用を試みる。

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振動計 (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

たわみ振動および音圧による摩擦低減効果を調べる各粒子を測定前に水分計により水分を 1%未未満まで乾燥させ、粘着の影響を取り除いて測定する。Fig.1 に示す振動板上の原点付近に粒子を単層で散布する。以下の(1)~(4)の条件下で、次の方法で摩擦係数を測定する。予め装置全体を角度 α 傾けておき、振動板振幅 A_m を徐々に大きくしていく。そして粒子が滑り出す A_m を各条件で 10 回測定する。この α が摩擦係数 μ を意味する。

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

(1) たわみ振動および音圧が無い場合

振動板に超音波を適用せず、装置を徐々に傾け粒子が動き出す角度を測定した。このときの μ を μ_0 とした。つまり、 μ_0 はたわみ振動および音圧の無い粒子固有の摩擦係数を表す。

(2) 音圧のみの場合

Fig.1 において、超音波振動を上板にのみ発生させ、下板上に散布された粒子が動き出す振幅を測定し μ を

得る。これを μ_1 とする。つまりこの μ_1 は、音圧のみの影響を受けた摩擦係数を表す。

(3) たわみ振動のみの場合

Fig.3 において、容器内を 0.02MPa まで減圧し超音波振動を発生させる。粒子が動き出す角度を測定し μ を得る。これを μ_2 とする。つまりこの μ_2 は、たわみ振動のみの影響を受けた摩擦係数を表す。なお(2)~(3)の条件は粒子固有の摩擦係数 μ_0 を基準とし、これと各条件の摩擦係数 μ_i との比 μ_i/μ_0 が 0.05 刻みとなるように α を設定して測定する。

2.2 音圧による分級

粒径が異なる 4 種類のチタン粒子を 10ml ずつ混ぜる。この混合粒子群を No.0 とし、Fig.1 の下側の板上に単層で散布し装置全体を角度 α で固定する。更に上板に A_m の超音波振動を加える。振動板に振幅を与え、板上から滑り落ちた粒子群を A_m ごとにナンバリングし、1~3 の 3 種に分ける。なお板上に残ったものを No.4 と名付ける。その後、HORIBA 製レーザ一回折/散乱式粒子粒径分布測定装置[LA-950V2]を用い、各粒子群の粒度分布を測定する。

2.3 たわみ振動による分離

$80\mu\text{m}$ のアルミ粒子、鉄粒子を 10ml ずつ混ぜる。この混合粒子群を No.0 とし、Fig.3 の下側の板上に単層で散布し装置全体を角度 α で固定する。容器内を 0.02MPa まで減圧し、更に上板に A_m の超音波振動を加える。振動板に振幅を与え、板上から滑り落ちた粒子群を No.1 とし、板上に残ったものを No.2 と名付ける。その後、島津製作所製 ICPS-7000 を用いて各粒子群の元素を測定する。

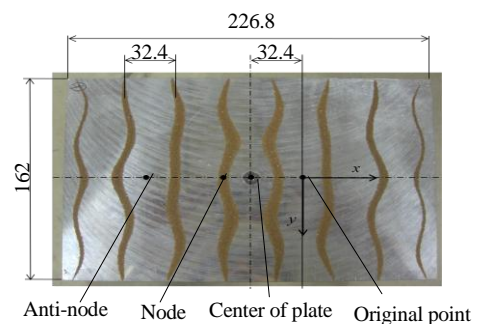


Fig.1 Vibration plate

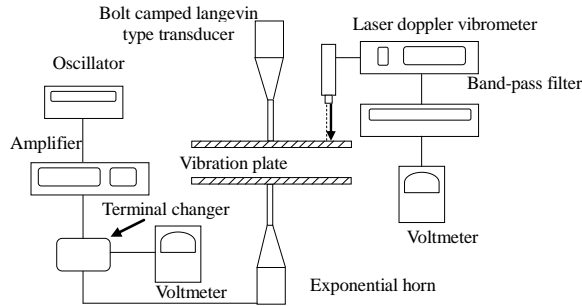


Fig.2 Experimental apparatus 1

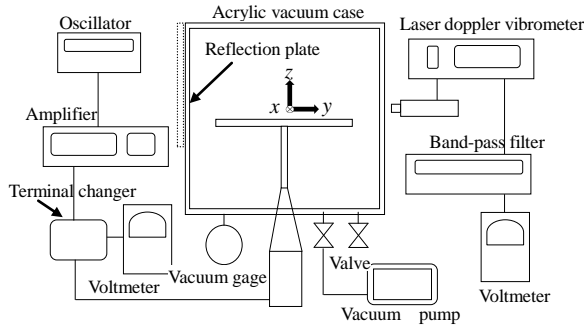


Fig.3 Experimental apparatus 2

3. 実験結果および考察

3.1 摩擦低減効果の測定

粒子径 d_p の違いによる音圧の効果に関し、チタン粒子の結果を Fig.4 に示す。これらの図から粒径が大きいほど小さい振幅で μ/μ_0 が小さくなっており、大きな摩擦低減効果が得られていることがわかる。つまり音圧による摩擦低減効果は粒径が関係していると言える。この結果から粒径による効果差を利用した分級が可能と考えられる。

密度 ρ の違いによるたわみ振動の効果に関し、結果を Fig.5 に示す。Fig.5 から密度が大きいほど摩擦低減効果を得るために必要な振幅が小さく、密度が小さいほど必要な振幅が大きくなる事が分かる。故に密度が高いほどたわみ振動による摩擦低減効果を得やすいと考えられる。この結果から密度による効果差を利用した粒子の分離が可能だと考えられる。

3.2 音圧による分級

音圧効果を利用し、チタンで分級を行った結果を Fig.6 に示す。累積通過分布曲線の立ち上がり位置が条件により異なり、分級に成功したと言える。これより、超音波音圧による摩擦低減効果を利用した分級が可能であると言える。

3.3 たわみ振動による分離

たわみ振動による分離結果を Table 1 に示す。この表より、板から落下したグループである No.1 では鉄の割合が 88%、アルミの割合が 12% となり主として鉄を混合粉体の中から抽出できたことが分かる。密度が大きいものが落下するという摩擦係数比測定の実験結果と

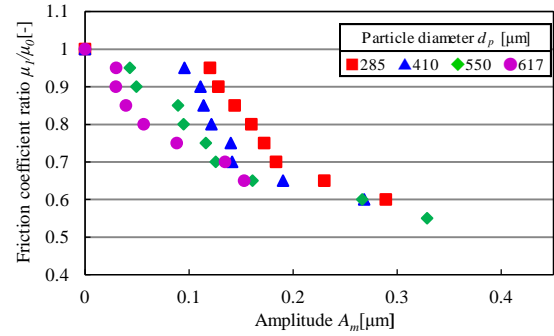


Fig.4 Influence of acoustic pressure[Titanium]

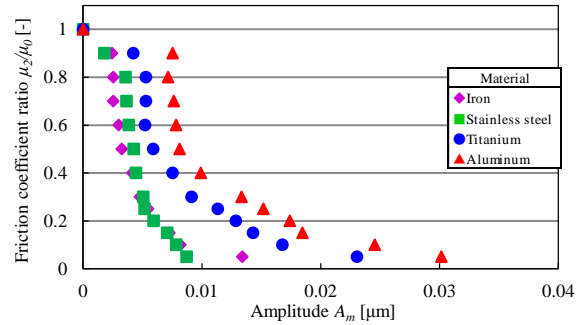


Fig.5 Influence of flexural vibration

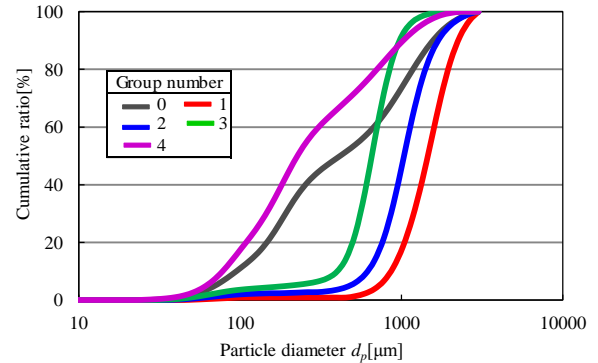


Fig.6 Result of classification[Titanium]

Table 1 Result of separation

		Fe[%]	Al[%]
Before separation		65	35
	After separation		
	1	88	12
	2	56	44

も合致しており、超音波による摩擦低減効果の相違を利用することで材料ごとに分離できると言える。

4. 結言

- (1)音圧による摩擦低減効果は粒子径により異なり、これを利用することにより、分級が可能である。
- (2)たわみ振動による摩擦低減効果は粒子密度により異なり、これを利用することで材料毎の分離が可能である。

5. 参考文献

- (1) Hideto YOSHIDA, Yuuki HAYASE, Kunihiro FUKUI, Tetsuya YAMAMOTO: "Effect of conical length on separation performance of sub-micron particles by electrical hydro-cyclone", Powder Technology, Vol.219, pp29-36(2012)