スラリーによる材料の摩耗*

高 坂 彬 夫** 柴 田 孝 雄** 西 田 吉 克**

Slurry Abrasion of Various Materials

by

Ayao TAKASAKA, Takao SHIBATA and Yoshikatu NISHIDA

(Faculty of Engineering, Yamagata University, Yonezawa)

In chemical industry and mining, slurry is being used in many ways. For example, it is not only used during thickening and separation processes by a liquid cyclone or centrifuge and wet attrition-grinding, but also applied as a filler for paper manufacturing or a coater, *etc.*

What one should be cautious about in dealing with slurry is the abrasion of various materials by slurry, which results in the deterioration of quality of slurry, the lowering of efficiency of the apparatus, the decline of productivity caused by stoppage of operation when parts are being exchanged, the increase of maintenance cost, and so on.

To avoid these demerits, we devised an experimental slurry abrasion tester and investigated slurry abrasion phenomena of various materials through several experiments. The slurry abrasion of various materials can be summarized as follows:

- (1) Slurry abrasion progresses almost linearly with time.
- (2) Slurry abrasion progresses in proportion to the concentration of slurry.
- (3) Slurry abrasion progresses in proportion to about the 2.6th power of the rotating number of the rotor.
- (4) Slurry abrasion increases with increasing the particles size in slurry.
- (5) Slurry abrasion decreases with increasing the viscosity of dispersion medium.

From these experiments it was found that as metallic materials stainless steel and nitriding steel are resistant to abrasion, and that as organic materials vinyl chloride, rubber, nylon, and polypropylene have an abrasion-resisting power.

And it was also found that the surface of the materials which had suffered from abrasion shows marks of deformation and scratch.

The present experimental method for slurry abrasion, though inconvenient because of the batch method, makes it possible for us to know in a relatively short time the progressing state of abrasion of various materials by using the actual slurry and materials.

(Received Feb. 22, 1973)

1 緒 言

化学工業、鉱業などにおいては、スラリーを取り扱うことが多い。たとえば、スラリーの輸送、液体サイクロンおよび遠心分離機によるスラリーの濃縮および分級、湿式粉砕¹⁾、製紙の際の充てん剤、塗被剤などの使用がある^{2,3)}。

スラリーを取り扱う場合に考慮しなければならないことの1つは、スラリーによる材料の摩耗である。すなわち、摩耗による処理スラリーの品質および装置の効率低下、部品交換のための稼動中止による生産の減

少、保守費の増加などがあげられる⁵⁾。

このため、つぎのようなスラリーによる材料の摩耗試験法が開発されている⁶⁾。

- (1) バーレー式摩耗試験法 (製紙用金網摩耗)
- (2) 十研式摩耗試験法 (製紙用金網摩耗)
- (3) 散弾式摩耗試験法 (製紙用散弾摩耗)
- (4) 流動式摩耗試験法⁷⁾
- (5) かく拌式摩耗試験法

これらの摩耗試験法はそれぞれ一長一短がある。その実測値は、スラリーによる材料の摩耗の目安にはなるが、工業的には実働装置の摩耗からその対策が検討されているのが実状である。また、スラリーによる材

* 原稿受理 昭和48年2月22日

** 山形大学工学部 米沢市城南4丁目

料の摩耗機構については、粉体による材料の乾式摩耗、金属間の摩耗ほど明らかにされていない。

本研究においては、スラリーによる材料の摩耗試験機を試作し、これを用いて各種の摩耗試験を行なうとともに、スラリーによる材料の摩耗現象の解明につとめた。

2 摩耗試験装置および摩耗試験法

2・1 摩耗試験装置

実験に使用した摩耗試験装置は試作したもので、Fig. 1 Aに示すようなく拌式である。①はコンテナで内径 125(mm)、高さ 180(mm) で内壁は塩化ビニル樹脂でライニングした。コンテナの内部は②のステータが固定されている。③はロータで、 $128 \times 19 \times 3$

Fig. 1. (A) Abrasion test apparatus.

Fig. 1. (B) Abrasion test parts.

(mm)の6枚の羽根を有しており、モータおよびプーリによって、670、1250、1850 (r. p. m.) の3段階に変速回転できる。なお、③のロータの羽根は、各種金属および有機材料で製作し、これを摩耗試験片とした。

Fig. 1, Bに摩耗試験部の詳細図を示した。

ロータを回転したとき、液の流れは主として試験片の取付け方向（回転軸方向）に対してほぼ直角（水平）であるが、ステータの影響も受け一部複雑な流れを生ずるものと考えられる。

2・2 摩耗試験法

金属または有機材料で製作した6枚の羽根（摩耗試験片）の重量を精秤し、③のロータに固定する。つぎに、粉体を分散媒（通常水）に懸濁して一定濃度のスラリーをつくり、その1000(g)を①のコンテナに注入する。ロータを一定回転数で一定時間回転したのち羽根を取りはずし、洗滌後シリカゲルを乾燥剤とするデシケーター中で恒量になるまで乾燥後精秤し、摩耗前後の重量差から摩耗量を計算し、 $(\text{摩耗量} / \text{摩耗前重量}) \times 100$ から摩耗度 (wt %) を算出した。

2・3 スラリーの調製

実験に使用したスラリーは、ガラス球、カオリン（国産、米国産）をそれぞれ水に懸濁して調整した。

なお、ガラス球の重量平均径はそれぞれ 40, 84, 247, 573, 1013 (μ) のものを使用した。カオリンの平均粒径は国産のもの 6.2(μ)、米国産のもの 1.1(μ) である。

実験は主として重量平均径 1031(μ) のガラス球のスラリーを使用して行なった。

3 実験結果および考察

3・1 摩耗度の経時変化

工業装置を構成する各種材料は、長期間摩耗性ふん囲気にさらされることが多いので、その耐用年数を判定するためにも摩耗度の経時変化をみることは重要である。Fig. 2は、ガラス球（粒径約 1mm）のスラリー（濃度 10 wt %）を用いて軟鉄の羽根を摩耗した際の摩耗度と摩耗時間の関係を測定した結果である。本

Fig. 2. Relation between abrasion and time.

実験の範囲内では、摩耗は時間の経過とともにほぼ直線的に進行することがわかる。

3・2 摩耗度とロータの回転数の関係

スラリーによる材料の摩耗現象を解明するためには、短時間内に摩耗を促進させ、実際の摩耗現象を再現させることが必要である。

Fig. 3は、ポリスチレン (666, 475) およびポリエチレン (5030) について摩耗度に及ぼすロータの回転数の影響を測定した結果である。Fig. 3より

摩耗度 $\propto$ (ロータの回転数)^{2.6}

の関係式が得られた。これは、L. D. A. Jackson⁷⁾が、16 mesh のシリカスラリーを使用してクロメル A 線 (80% Ni, 20% Cr) を摩耗した実験結果と傾向がほぼ一致する。このため、摩耗を促進させてその現象を解明したいときは、ロータの回転数を高くすればよい。

Fig. 3. Relation between abrasion and number of rotation.

3・3 スラリー中の粉体の粒度が摩耗度に及ぼす影響

Fig. 4は、ポリスチレン (666, 475) を各種粒度のガラス球のスラリーで摩耗した結果である。ガラス球の重量平均径が大きくなる程、材料を摩耗する度合が高くなる。

Fig. 4. Relation between abrasion and particle size of glass sphere.

3・4 スラリーの濃度と摩耗度

前述の装置、たとえば液体サイクロンは種々の濃度のスラリーを処理する。このため、スラリーの濃度と摩耗度の関係を検討した。

Fig. 5は、ポリスチレン (666, 475) をガラス球スラリーで摩耗した際のスラリー濃度と摩耗度の関係を測定した結果である。本試験装置では、スラリーの濃度が高くなる程摩耗度が増加するが、その傾向はスラリー濃度が高くなるほどゆるやかになる。

Fig. 5. Relation between abrasion and concentration of solid.

3・5 摩耗度と分散媒の粘度の関係

Fig. 6は、軟鉄の羽根を水およびグリセリンとガラス球の懸濁液中で摩耗し、摩耗に及ぼす分散媒の粘度の影響を測定した結果である。分散媒の粘度が高いほど、摩耗を減少させる傾向がある。

3・6 スラリーの種類と摩耗度

Fig. 7は、軟鉄の羽根を国産および米国産カオリン

Fig. 6. Abrasion of iron by water-glasssp here and glycerin-glass sphere systems.

Fig. 7. Relation between abrasion and time.

のスラリーで摩耗した結果である。米国産のカオリンの摩耗度は小さく、国産カオリンの摩耗度は大きい。これは、国産カオリン中に遊離の石英を含んでいるためと思われる。なお、参考のために図中にガラス球スラリーの摩耗結果も挿入しておいた。

3・7 各種材料のスラリー摩耗

スラリーを取り扱う装置で、いかなる耐摩耗性材料を選定するかはきわめて重要である。

各種の金属および有機材料を粒径約1 (mm) のガラス球のスラリー (濃度 20(wt %)) で 30(min) 摩耗した結果、金属材料としては不銹鋼 (SUS 27)、窒化鋼が摩耗しにくく、有機材料としては塩化ビニル、ゴム、ナイロン (1022) およびポリプロピレン (5056) などが耐摩耗性があることが判明した。

しかし、実際の材料の選定にあたっては、機械的性質、熱的性質、耐薬品性なども充分考慮に入れるべきである。

3・8 摩耗表面の状態

金属およびプラスチック材料の摩耗の状態を明らかにするために、ガラス球スラリーによる摩耗試験後、その表面を金属顕微鏡で観察した。材料の摩耗表面の状態は、ガラス球粒子が材料に衝突する角度によって異なり、材料面に垂直に近いときは押込傷 (月面のクレターのように中心が凹み周囲がもり上がる。)、水平に進むほど引かき傷になる。

本試験装置のようにかく拌式でステータのある場合は、粒子の羽根への衝突角度は一定でなく、あらゆる角度から衝突が起こるため、材料の表面は押込傷と引

Fig. 8. Deformation abrasion of polystyrene (475).

Fig. 9. Cutting abrasion of vinyl chloride.

かき傷の両者よりなる。また、ガラス球粒子が回転しながら材料に衝突するとスパイラル状の引かき傷を生成する場合がある。摩耗量に影響を及ぼすのは、引かき傷が支配的であると考えられる。

Fig. 8 は、ポリスチレン (475) の表面に見られる押込傷、Fig. 9 は、塩化ビニルの表面の引かき傷を示したものである。

4 結 言

かく拌式摩耗試験機を試作し、これを用いて金属および有機材料のスラリー摩耗についての基礎研究を行った。その結果、材料の摩耗は、

- (1) 経過時間とともにほぼ直線的に進行する。
- (2) スラリーの濃度が高くなるほど増加する。
- (3) ロータの回転数のほぼ 2.6 乗に比例する。
- (4) スラリー中の粉体の粒径が大きくなるほど増加する。
- (5) 分散媒の粘性が高いほど減少する。
- (6) 本実験の範囲内では、金属材料としては、不銹鋼 (SUS 27)、窒化鋼が摩耗しにくく、有機材料としては、塩化ビニル、ゴム、ナイロン (1022) およびポリプロピレン (5056) などが耐摩耗性がある。
- (7) 摩耗表面の状態の観察によると、押込傷と引かき傷よりなっている。

ことが判明した。
本摩耗試験法は、測定が回分式で不便であるなどの欠点はあるが、実際のスラリーおよび材料を使用して比較的短時間 (たとえば 120 min) の試験で材料の摩耗の進行状態を明らかにすることができる。

本研究を遂行するにあたり、摩耗試験機の試作に協力されたジークライト化学砒業株式会社、プラスチック材料を提供された大日精化工業株式会社、窒化鋼を提供された加藤鋼材株式会社に厚くお礼申し上げます。
(昭和47年10月31日 第10回粉体に関する討論会にて講演)

参 考 文 献

- 1) 高坂彬夫, 遠藤二男, 木村義行, 材料, **20**, 706 (1971).
- 2) 高坂彬夫, 大門芳雄, 材料, **21**, 514 (1972).
- 3) 高坂彬夫, 粉体と工業, **3**, 42 (1971).
- 4) 吉岡光典, 遠藤養一郎, 粘土鉱物の分類・特性および用途, 新しい工業材料の科学, A-5238 (1966) 金原出版
- 5) 橋本建次, 化学工学の進歩, **5**, 225 (1971).
- 6) 高坂彬夫, 遠藤二男, 木村義行, 化学工学協会, 第38年会要旨集, **1**, 131 (1973).
- 7) Jackson, L. D. A., The Canadian Mining and Metallurgical, **70**, 1020 (1967).