

環境負荷軽減のための研削スラッジリサイクル (研削スラッジ固形化阻害要因の分析)

中村 莞爾*・林 昭二*²

Grinding Sludge Recycling to Reduce Environmental Load
(Analysis of Disturbing Factor for Briquetting of Grinding Sludge)

Kanji NAKAMURA and Shoji HAYASHI

Synopsis : Most of grinding sludge is dumped into landfills now. It is responsible to establish recycling technology which enables to reduce environmental load and contribute to our recycle-based society. But it is very difficult to recycle grinding sludge because it contains a lot of coolant. From our previous researches, it was confirmed that it was possible to separate coolant from grinding sludge economically by pressing it in a cylinder. After squeezing coolant out, pressure rod compress grinding swarf with high pressure, then push it out as briquettes of grinding swarf.

Usually briquette can keep its shape because grinding swarf is curly and entangle each other. That helps to handle it easily as law material after transporting to steel maker, but sometimes briquette can't keep its shape just after briquetting. So grinding swarf and briquette were observed microscopically to clarify the cause. These observation found that it made difficult to keep briquette's shape if grinding sludge contained small amount of fine rusted particles. For this problem, it was proved that small additional cellulose was effective to keep briquette's shape.

Key words : recycle; grinding sludge; grinding swarf; briquette; industrial waste; cellulose.

1. 緒言

地球環境保全が叫ばれる現在、企業が環境負荷軽減のため積極的に産業廃棄物¹⁾削減に取り組むことは社会的な責任である。そこでISO14001²⁾の認証取得を機に軸受け産業の研削工程で発生し、産廃処理されている多量の研削スラッジのリサイクルをコストダウンと同時に実現して循環型社会に適応するためのリサイクル技術開発に取り組んできた。一般的に研削スラッジは研削切粉の中に多量の研削液を含んで汚泥状の物質になっているためリサイクルが非常に困難である。そのためリサイクルを実現するには研削スラッジを経済的に研削切粉と研削液に分離することが重要である。研削スラッジの固液分離試験をした結果、シリンダ状の筒に入れて加圧することで固液分離でき、研削液圧搾後の研削切粉に高圧を加えることでブリケット化することも可能であることが確認された。通常ブリケットは研削切粉が絡み合って圧縮成型されているため形状を保持して取り扱い容易であるが、多種多様な研削スラッジを試験したところブリケットが崩れ易く形状保持が困難となる問題が発生した。ブリケットが崩れ易いと製鋼所で取り扱いが困難になるばかりでなく、歩留まりも低下するため改善が必要である。そこでブリケットの形状保持を阻害する原

因を究明し、対策することを目的に研削切粉とブリケットを分析調査した。その結果を報告する。

2. 試験方法

2.1 研削スラッジの発生工程と鋼種

研削スラッジはニードルベアリングのコロ外径をセンターレス研削盤でスルーフィード研削³⁾したものをを使用した。材質は焼入れした軸受け鋼2種(SUJ2)である。

2.2 固形化試験

研削スラッジの固形化にはハンドプレス(最大加圧力98kN)と試験機(最大加圧力1,373kN)を使用し、円筒状の金型に研削スラッジを入れて研削液を圧搾後、研削切粉に最大面圧265MPaまで加えてブリケットを成型した。

2.3 研削切粉の比較調査

研削切粉を顕微鏡写真、粒度分布分析、遠心分離、走査電子顕微鏡写真で比較調査した。

2.4 ブリケット組織の比較調査

圧縮成型したブリケット断面を走査電子顕微鏡で撮影して比較調査した。

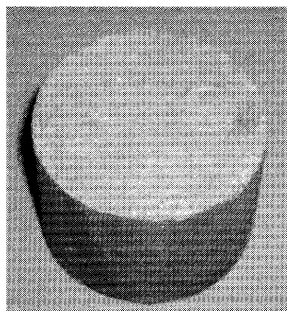
2.5 固形化困難な研削スラッジの固形化対策

アスファルト舗装の補強材として使用される植物性繊維

平成18年2月1日受付 平成18年4月17日受理 (Received on Feb. 1, 2006; Accepted on Apr. 17, 2006)

* 名古屋工業大学大学院生 (Graduate Student, Nagoya Institute of Technology, Gokiso-cho Showa-ku Nagoya 466-8555)

*² 名古屋工業大学 (Graduate School of Materials Engineering, Nagare College, Nagoya Institute of Technology)



Size : $\phi 72 \times 54$
 Weight : 687g
 Sp. Gr. : 3.13
 Pressure : 196MPa

Fig. 1A. OK briquette of needle roller grinding sludge.

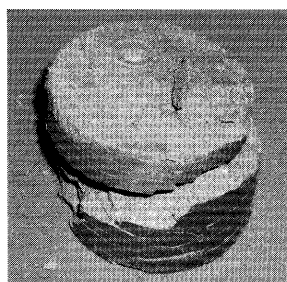


Fig. 1B. NG briquette of needle roller grinding sludge.

補強材（主成分 α セルロース）を添加してブリケットの形状保持に対する効果を確認した。

3. 試験結果

3.1 固形化困難な現象と試験結果

今回の試験には同一研削ラインで発生した採取日の異なる2種類の研削スラッジを使用した。これらの研削スラッジは同一研削ラインで発生したものであるにもかかわらず、固形化処理後のブリケットの形状保持に対する結果が大きく異なり、一方は安定してブリケット形状が保持できて固形化可能であるのに対し、他方は機械から取り出す段階で崩れが発生して形状保持できず固形化不能であった。試験機を使用して面圧196MPaで加圧した時の良品のブリケットをFig. 1Aに、不良品のブリケットをFig. 1Bに示す。

3.2 加圧面圧の影響調査結果

試験機を使用してブリケットに加えた面圧とブリケット形状保持との関係を調査した。その結果をTable 1に示す。この結果より良品の研削スラッジは面圧が127MPa以上になればブリケットは形状保持できるのに対して、不良品の研削スラッジは面圧を265MPaまで上げて効果のないことが判った。

3.3 研削切粉の顕微鏡写真の比較

良品の研削切粉の顕微鏡写真をFig. 2Aに、不良品の研削切粉の顕微鏡写真をFig. 2Bに示す。研削切粉の顕微鏡写真比較からブリケットの形状保持に対する違いとなる要因は見出せなかった。

Table 1. Relation between pressure and briquetting results.

Pressure	OK sludge	NG sludge
78MPa	NG	NG
127MPa	OK	NG
196MPa	OK	NG
265MPa	OK	NG

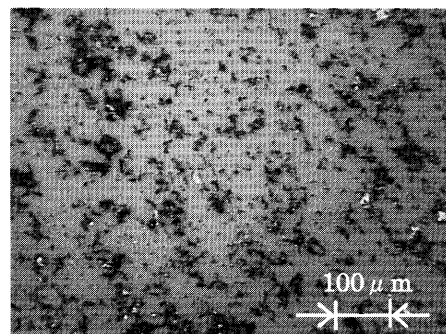


Fig. 2A. Magnified grinding swarf of briquetting OK.

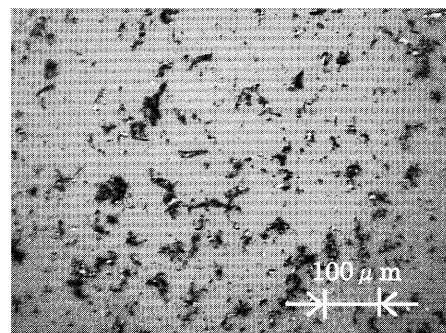


Fig. 2B. Magnified grinding swarf of briquetting NG.

3.4 研削切粉の遠心分離による比較

良品と不良品の研削切粉の粒度分布を比較するため、研削スラッジをテトラヒドロフラン⁴⁾で洗浄して油分を除去した後、遠心分離した時の良品の写真をFig. 3Aに、不良品の写真をFig. 3Bに示す。これらの写真より不良品からは茶色の切粉が分離されており酸化した鉄粉が含まれている可能性のあることが判った。

3.5 研削切粉の粒度分布比較

良品の研削切粉と不良品で茶色の部分を含まない研削切粉の粒度分布比較をFig. 4Aに示す。この結果より、ほぼ同一の粒度分布をしていることが判る。次に良品の研削切粉と不良品で茶色の部分を含む研削切粉の粒度分布比較をFig. 4Bに示す。この結果より不良品は良品より細かい粒度まで分布が伸びていることが判る。

3.6 研削切粉の走査電子顕微鏡写真による比較

良品と不良品の研削切粉の走査電子顕微鏡写真をFig. 5AとFig. 5Bに示す。これらの写真から研削切粉に違いは認められないが、不良品には微細な球状粒子（ $\phi 4 \mu\text{m}$ 以下）が含まれていることが判った。この球状粒子は、その形状から研削加工で発生したものでないことは明らかであり、他の工程で発生したものが混入したと推定される。

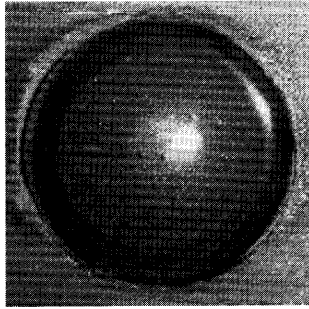


Fig. 3A. Briquetting OK grinding swarf after centrifugal separation.

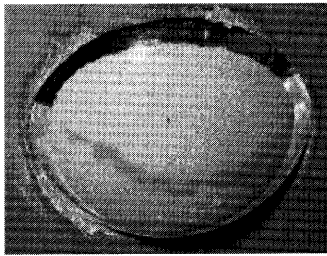


Fig. 3B. Briquetting NG grinding swarf after centrifugal separation.

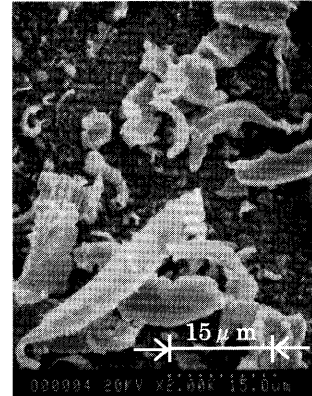


Fig. 5A. SEM of briquetting OK grinding swarf.

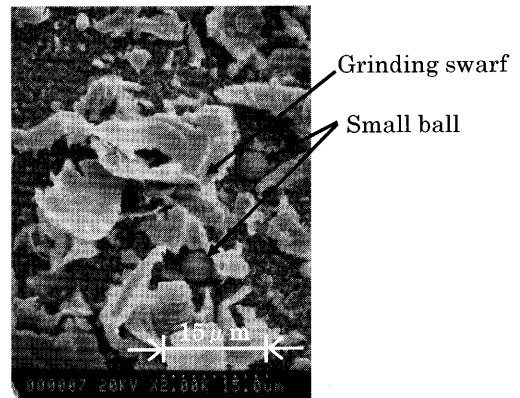


Fig. 5B. SEM of briquetting NG grinding swarf.

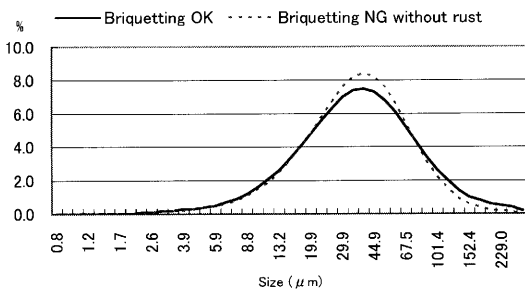


Fig. 4A. Size distribution of brquetting OK grinding swarf and NG grinding swarf without rust.

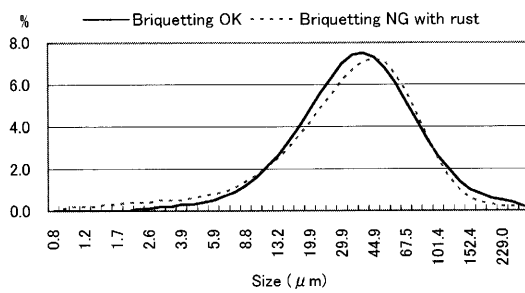


Fig. 4B. Size distribution of briquetting OK grinding swarf and NG grinding swarf with rust.

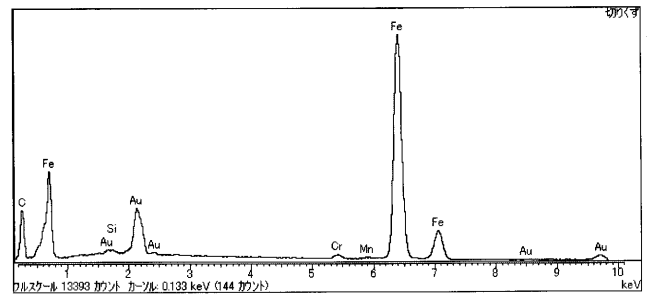


Fig. 6A. EPMA analysis of grinding swarf.

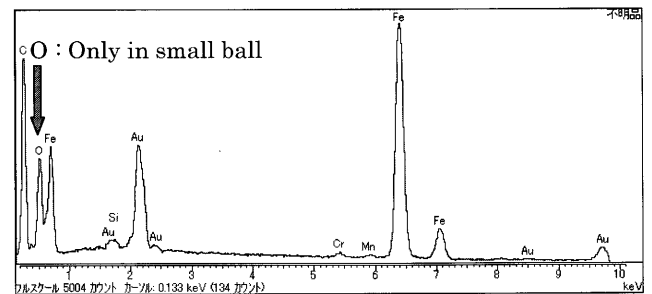


Fig. 6B. EPMA analysis of small ball.

3.7 研削切粉の電子線マイクロアナライザ (EPMA) による分析比較

Fig. 5Bの研削切粉と微細な球状粒子をEPMAで分析した。その結果を研削切粉はFig. 6Aに、球状粒子はFig. 6Bに示す。分析結果の相違点は球状粒子のみ酸素が検出されており、酸化していることが判る。この分析結果より、不良品の研削切粉で遠心分離後に検出された茶色の部分は糸層状の研削切粉と比べて液体の抵抗が少ない微細な球状粒

子が早く遠心分離されて集まり、さらに酸化しているため茶色に識別されたものと考えられる。

3.8 ブリケット組織の走査電子顕微鏡写真による比較

ハンドプレスを使用して面圧196 MPaで加圧した時の良

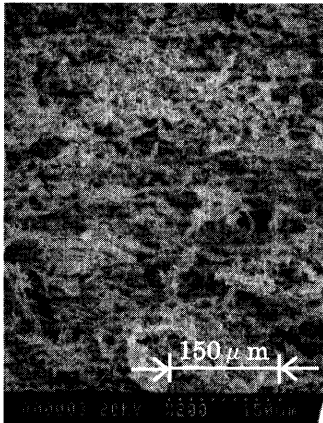


Fig. 7A. Briquette section SEM of briquetting OK grinding swarf (196 MPa).

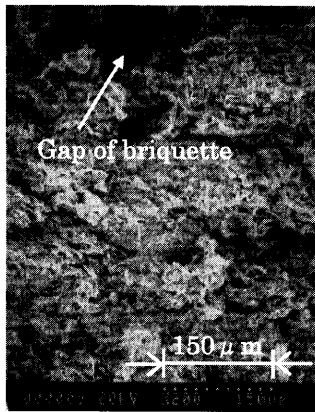


Fig. 7B. Briquette section SEM of briquetting NG grinding swarf (196 MPa).

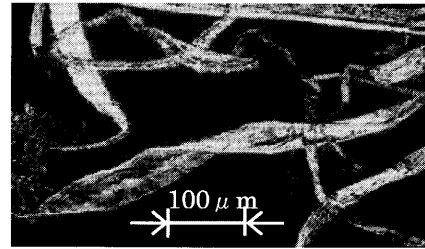
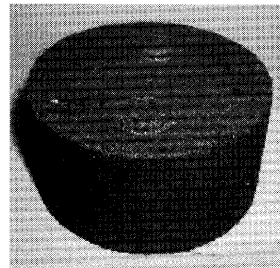


Fig. 8. Magnified cellulose.



Size : $\phi 72.1 \times 37.5$
 Weight : 455g
 Sp. Gr. : 2.97
 Pressure : 196MPa
 Cellulose % : 1.0wt%

Fig. 9. OK briquette mixed with cellulose.

Table 2. Relation between cellulose wt% and briquetting results (196 MPa).

Cellulose wt%	Briquetting results
0.2	NG
0.5	OK
1.0	OK
2.0	OK

品研削切粉と不良品研削切粉のブリケット断面の走査電子顕微鏡写真を Fig. 7A と Fig. 7B に示す。この結果を比較すると不良品は断面が均一でなく空洞部分があり、この空洞がブリケットの形状保持強度を部分的に低下させて Fig. 1B に示すようなブリケット形状崩れにつながったと考えられる。空洞ができた原因は研削切粉が互いに絡み合っただけで圧縮成型されることを微細粒子が阻害したためと推定される。

3.9 セルロースの固形化処理に対する効果

不良品の研削切粉に Fig. 8 に示す植物性繊維補強材（平均繊維長 1.1 mm，平均繊維幅 0.05 mm）を添加して試験した結果を Table 2 に示す。この結果不良品の研削切粉でも植物性繊維補強材を 0.5 wt% 以上添加すれば Fig. 9 に示すようなブリケットを作ることが可能となり、形状保持に効果のあることが判った。

4. 考察

今回の調査結果より研削スラッジのブリケットは糸屑状の研削切粉が互いに絡み合っただけで圧縮成型されることで形状が保持されており、その絡み合うことを阻害するものが微

量でも混入するとブリケット組織に空洞部が生じて形状保持が困難となることが明らかとなった。その対策として繊維補強材の添加が有効であることが確認された。しかし繊維補強材を添加することは、それ自身がコストアップになるばかりでなく、新たな作業や装置が必要になることから大幅なコストアップとなってリサイクル推進の大きな障害となる。そのため基本的には研削スラッジ発生現場での分別回収を徹底し、今回検出した他工程で発生した切粉のような固形化を阻害する要因の混入を防止して、絡みやすい研削スラッジのみで圧縮成型することが重要と考える。

5. 結言

今後多種多様な研削スラッジの固形化処理で発生する問題を調査・分析して原因を明確にし、実用的な研削スラッジリサイクル技術の開発に結びつけてリサイクルを推進することで地球環境保全に貢献したいと考える。

文 献

- 1) 中山哲夫：廃棄物処理・再資源化技術ハンドブック，(株)産業技術サービスセンター，東京，(1993)，5.
- 2) 吉澤 正：ISO14001 環境マネジメント便覧，日本規格協会，東京，(1999)，60.
- 3) 田中義信：精密工作法（上），共立出版，東京，(1955)，255.
- 4) 井口洋夫他：岩波理化学辞典 第4版，岩波書店，東京，(1992)，836.