

水砕スラグ製造設備の再利用水処理について

Water Treatment for Reuse of Slag Granulation Plant



技術開発本部
佐藤 栄 祐
Eisuke Sato

The granulation slag is produced by spraying a large amount of pressurized water to molten slag discharged from blast furnace. This spraying water has been reused by separating granulated slag at granulated slag basin, fine wooly slag at settling tank and cooling down. Since fine wooly slag cannot be separated sufficiently by sedimentation, it requires large area or causes wear and heap problems to the equipment.

Rasman Filter is a drum type filter developed for separating efficiently fine wooly slag from reused water with Nakayama Steel and Rasa Corporation.

This report describes an outline and operation data of Rasman Filter.

まえがき

水砕スラグは、高炉で生成される溶融状のスラグに大量の圧力水を噴射することにより吹製される。吹製水は従来、水砕槽で粗粒を分級した後、沈降槽で微粒子を沈降分離し、冷却、再利用していたが、この沈降槽には大きな敷地面積が必要であった。また沈降法ではウールと呼ばれる微粒子状の水砕の除去が難しく、系内を循環し設備の摩耗、堆積などを生じていた。

これらの問題を解決するために、再利用水中に含まれる微粒子状の水砕を処理するドラム型フィルター（ラスマンフィルター）を（株）中山製鋼所、ラサ商事（株）と共同で開発し（株）中山製鋼所において運転実績を得たので報告する。

1. 水砕製造設備の概要

高炉に、鉄鉱石、コークス、石灰石などを装入し吹錬すると、銑鉄とスラグが炉底にたまる。これを取り出し、比重差により分離すると溶融スラグが得られる。スラグは銑鉄1トン当たり約300kg生成する。

第1図にスクリーコンベアシステムによる水砕製造設備を示す。

高炉の出鉄口より取り出された約1500°Cの溶融スラグを吹製ボックス①に導入し、1~3kg/cm²の圧力水を噴射、急冷粒状化し水砕スラグを製造する。

吹製水と混合された粒状スラグは、水砕槽②で沈降分離され、スクリーコンベア③で水切り排出された後、ホッパー④に貯留される。噴射水はラスマンフィルター

⑤で微粒子状の水砕を除去された後排熱塔⑧で冷却され、再利用される。この水は、水砕設備の蒸発水量が大きいため補給水が多量に必要で、またSSなど汚濁量も比較的多いので、全量再利用し系外には排出しないようになっている。

水砕槽よりオーバーフローする微粒子状の水砕は、従来は沈降槽で分離していたが、比重が比較的小さいために重力だけで沈降させるのは困難であった。ラスマンフィルターはこの微粒子を、フィルターの濾過面に堆積した水砕のケーキ層でケーキ濾過を行うので微粒子の除去が可能となる。これにより極めて少ない設置場所で微細粒子の除去が可能となり、SS分の少ない高品質の循環水を製造することができる。

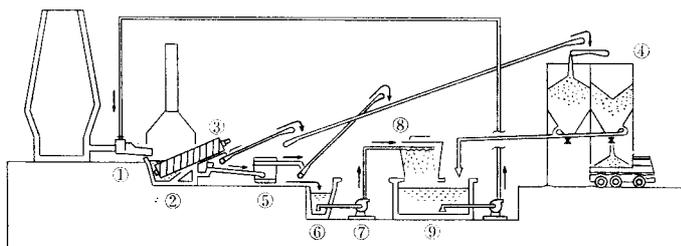
2. ラスマンフィルター

2.1 ラスマンフィルターの概要

ラスマンフィルターは第2図に示すように、原水はドラムの外側から内部方向に入り、円筒面に設置した濾過網で濾過を行う。処理水はドラム内部より外部に流出する。濾過網に捕捉された微粒子状の水砕は、ドラムの回転によって上部に持ち上げられエアースプレーにより濾過網から剥離し、ドラムの中心部を軸方向に走るスクリーコンベアの上に落下しドラム外に搬出される。ドラムは両端を車輪で支持されており、チェーンを介して可変減速機で駆動される。

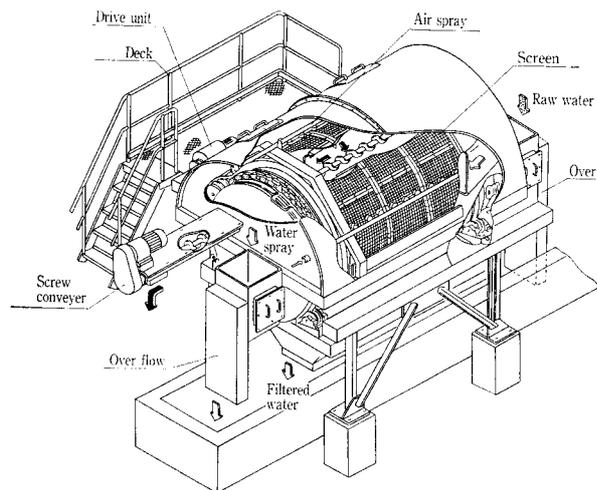
2.2 ルースの濾過式

ラスマンフィルターは濾過面に形成されたケーキ層によ



第1図 スクリューコンベアによる水砕製造設備
Fig. 1 Slag granulation plant associated with screw conveyor system

- ① Granulation box
- ② Granulation slag basin
- ③ Screw conveyor
- ④ Product silo
- ⑤ Rasman Filter
- ⑥ Hot water reservoir
- ⑦ Cooling tower pump
- ⑧ Cooling tower
- ⑨ Water reservoir
- ⑩ Water supply pump



第2図 ラスマンフィルター
Fig. 2 Rasman Filter

り濾過が行われるのでルースの濾過式が成立する。¹⁾

$$\frac{dV}{Adt} = \frac{P}{\mu(\alpha W/A + K_m)} \quad (1)$$

ここに V: 濾液量 (m³/s)
t: 時間 (s)
A: 濾過面積 (m²)
P: 濾過圧力 (P_a)
μ: 液粘度 (P_a・s)
α: ケーキ比抵抗 (m/kg)
K_m: 濾過網抵抗 (1/m)
W: ケーキ量 (kg)

ケーキ量Wは、濾液に含まれていた固形物で、原液の濃度を S (kg/kg)、濾液密度を ρ (kg/m³) とすると、次のようになる。

$$S = \frac{W}{W + \rho V} \quad \text{より} \quad W = \frac{\rho S V}{1 - S} \quad (2)$$

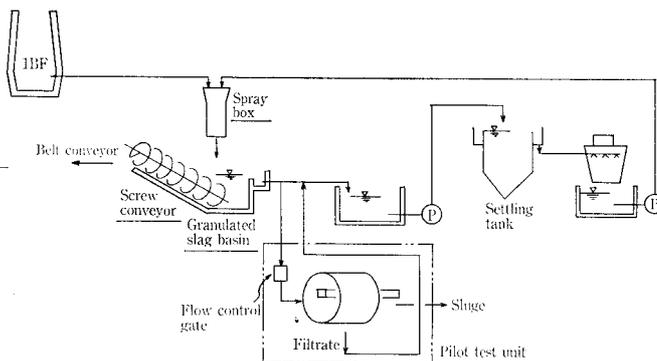
濾過網の抵抗はケーキ層の抵抗より小さいので αW/A ≫ K_m より、αW/A + K_m = αW/A、また S は最大でも 5000 mg/l (0.005 kg/kg) なので 1 ≫ S より 1 - S = 1 とみなせる。(2)式を(1)式に代入し、境界条件 t = 0 のとき V = 0 で積分すると(3)式が得られる。

$$\left(\frac{V}{A}\right)^2 = \frac{2Pt}{\alpha \rho \mu S} \quad (3)$$

2.3 ラスマンフィルター濾過式

ラスマンフィルターはドラムの回転により新しい濾過面が供給され、ドラム内部に流入した原水に接触している間濾過が行われる。

見掛けの濾過面積 A_a (m²/s) は、



第3図 テスト装置フローシート
Fig. 3 Schematic flow sheet of pilot test unit

第1表

テスト用ラスマンフィルター概要

Table 1
Specification of Rasman Filter for test unit

Item	Specification
Diameter × Width	φ1.2 m × 0.3 m W
Screen	30 mesh, 40 mesh
Revolution	0.86 ~ 5.0 rpm

$$A_a = \pi D L N \quad (4)$$

濾過時間 t (s) は、

$$t = \frac{\phi}{N} = \frac{\pi \phi D}{v_t} \quad (5)$$

ここに D: ドラム濾過面直径 (m)
L: ドラム濾過面有効幅 (m)
N: ドラム回転数 (1/s)
φ: 浸液比 (ドラム円周長さに対する濾過部分の長さの比)
v_t: 濾過面周速 (= πDN) (m/s)

処理量 Q (m³/s) は、

$$Q = A_a \frac{V}{A} \quad (6)$$

(6)式に(3)(4)(5)式を代入し、変形すると

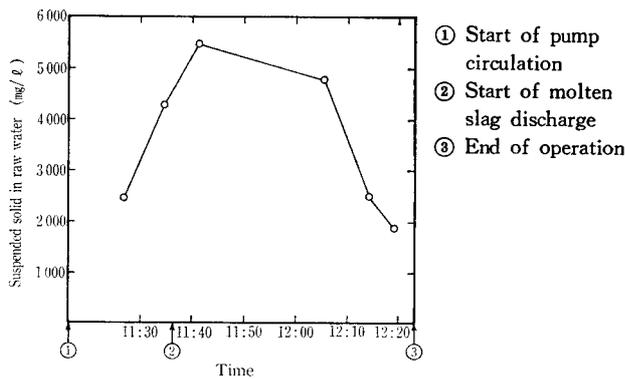
$$\frac{Q}{\pi D L} = K \left(\frac{v_t}{\alpha S}\right)^{1/2} \quad (7)$$

濾過面単位面積当たりの処理量が得られる。ここでKは、濾過水位 (濾過圧力、浸液比) 一定の条件で、装置定数である。

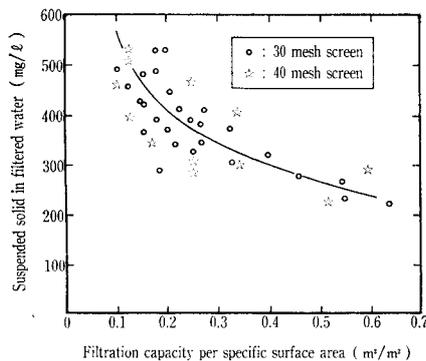
3. パイロットテスト

3.1 テスト方法

実装置の製作に先立ちパイロットユニットで性能を確認した。テストに用いた原水は、従来型の沈降槽を持つスクリーンコンベア方式の1BF水砕設備の水砕槽オーバーフロー水を分岐して用いた。第3図にテストユニットのフロー



第4図 水砕設備の運転開始から終了までの経時変化
Fig. 4 Time chart of concentration of raw water



第5図 運転条件による処理水質の変化
Fig. 5 Filtered water quality vs operation condition

の概要を示す。第1表にテストユニットの仕様を示す。

原水流量の設定は、テストユニットの入口ゲートの開度を調節することにより行い、また回転数を変化させその時の沝過水位を測定した。

3.2 分析方法

原水および処理水のSS濃度およびSSの粒度分布、また、回収した微粒子水砕の水分をそれぞれ測定した。

SS濃度はJIS K0102のGFP法、水分はJIS K0102の全蒸発残留物よりの換算法によった。粒度分布は、粒径44 μm～数mmの範囲は湿式ふるい法、粒径3～100 μmの範囲はコールターカウンター法により測定した。

3.3 テスト結果

3.3.1 原水水質

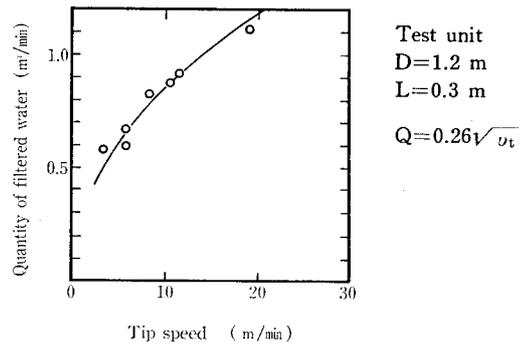
原水SS濃度についての、水砕設備の運転開始から終了までの経時変化の例を第4図に示す。

溶融スラグが導入される前の水循環運転時のSS濃度が約2000 mg/lとなっているが、これは沈降槽でオーバーフローし系内に循環している微粒子水砕の影響によるものと考えられる。

更に、吹製が始まると製造された水砕の1部が水砕槽をオーバーフローするので、その分が付加され、原水のSS濃度が5000 mg/l前後まで上昇している。

3.3.2 処理水質

同じ処理量であってもドラムの回転数により処理水質は変化する。これは、沝過の初期には網目より細かい粒子は



第6図 テストユニットでの周速と処理量の関係
Fig. 6 Tip speed vs quantity of filtered water of test unit

第2表 水砕設備概要

Table 2 Specification of slag granulation plant

Item	Specification
Slag quantity	Nor. 1.0 ton/min, max. 1.3 ton/min
Water quantity	13 m³/min
Rasman filter	φ2 040 × 2 000 L (Effective 1 800 L) 5.5 kW × 440 V × 60 Hz
Rolling screen	φ600 × 2 400 L 0.75 kW × 440 V × 60 Hz

漏れるが、網目にケーキ層が形成されるに従い微細な粒子も捕捉されるようになるためである。

沝過単位面積当りの沝液量 Q_a (m³/m²) を(8)式で定義した場合、単位面積当りの沝液量と処理水濃度の関係を第5図に示す。

$$Q_a = \frac{Q}{\pi D L N} \quad (8)$$

第5図より回転数を小さくし単位面積当りの沝液量 Q_a を多くすると、処理水中のSS濃度が低下していることがわかる。

また、今回のテストでは30メッシュの網と40メッシュの網をテストしたが、両者の間に顕著な処理水質の差はなかった。

3.3.3 処理性能

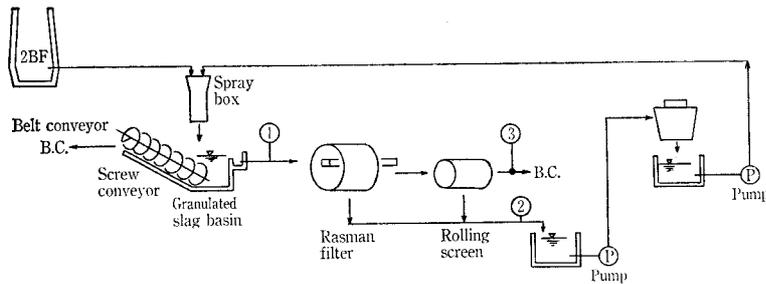
水砕の製造中の、周速と処理量の関係を第6図に示す。この時の原水SS濃度は2000～5000 mg/l、沝過水位は0.6 m (= D/2) 付近に維持したものである。

スクリーコンベアから排出される微粒子状の水砕の水分は65～80%であった。この濃度の変動幅はサンプリング個所による差が主で、運転条件との相関はなかった。

4. 実装置への適用

4.1 設備概要

以上のテスト結果をもとに、2BF水砕設備にラスマンフィルターを適用した。第2表に設備概要を示す。回収した微粒子状の水砕は水分が75%より高くなると勾配のついたベルトコンベアでの搬送が困難になるので、搬送途中



Item	①	②	③
Quantity (m ³ /min)	13	13	0.018
Concentration(mg/ℓ)	670	285	27.4(%)
Solid (kg/min)	8.7	3.7	5.0

第7図 水砕設備フローシート
Fig. 7 Schematic flow sheet of slag granulation plant

で更に水切りができるようにローリングスクリーンを設置した。

第7図に水砕設備のフローとマテリアルバランスを示す。運転開始3週間後に、2回分の出滓の時間帯を15分ごとにサンプリングし平均したものである。フィルターおよびスクリーンの洗浄水量はごくわずかであるのでマテリアルバランスには含んでいない。

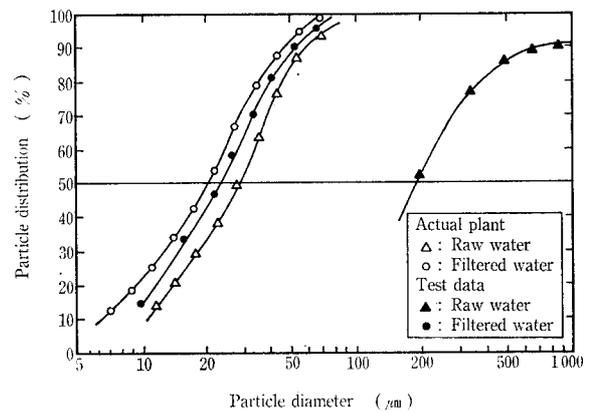
4. 2 運転結果

ラスマンフィルターの運転は、原水SS濃度が590~800 mg/ℓの時に、処理水平均SS濃度290 mg/ℓを得て、所期の目的を達している。

原水濃度がテスト時より低い値となったのは、2BFにラスマンフィルターを設置し長時間に渡る運転を行ったために、常時系内を循環している微粒子の量が低減したことによる。

第8図にテスト時と実運転時の原水および処理水の粒度分布を示す。測定はコールターカウンターで行ったが、1BFでのテスト時の原水は粒子径が大きいために湿式ふるい法によった。但し湿式ふるい法は針状の粒子が網に絡まって捕捉されるために、実際の粒子径より約2倍位大きく計測される傾向があった。処理水SSの平均粒子径は、25 μm前後で、フィルターの性能はテスト時と実運転時とほぼ同じであった。

25 μm以上の粒子を沈降させるためには直径28mの沈降槽が必要であったが、ラスマンフィルターに置き換えることにより必要面積が20分の1以下になり、敷地面積を



第8図 水砕スラグ粒度分布曲線
Fig. 8 Distribution curve of slag particle

大きく低減することができた。

むすび

水砕製造設備における再利用水のラスマンフィルターによる処理について紹介した。フィルターで微粒子状の水砕を効果的に除去することにより、コンパクトな設備で、循環水質が改善されるので、今後、各方面の水砕プラントにご利用いただけるものと確信している。

最後に、本装置の建設、運転に際し多大なご協力、ご助言をいただきました(株)中山製鋼所およびラサ商事(株)の関係各位殿に深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 白戸紋平:「化学工学の進歩8・河過工学」化学工学協会編, p. 121, 1974, 楨書店。