

(論文)

アルミニウム溶湯からの非金属介在物除去用新フィルタの開発

大隅研治(工博)*・永倉 豊*・増田隆平*

*アルミ・鋼カンパニー・技術部

Development of New Filter for Removal of Non-metallic Inclusions from the Molten Aluminum

Dr. Kenji Oosumi・Yutaka Nagakura・Ryuhei Masuda

In order to promote recycling of aluminum scrap, it is required to remove inclusions that have a remarkable influence upon the product quality. An internal filtration technology using a new filter, which is made by coating an adhesive on the surface of the conventional filter, has been developed as a new removing technology of inclusions. The technology has made it possible to remove inclusions as small as 10-20 μm in the molten metal, which have been impossible to be removed by the surface filtration technology using conventional filter, and the inclusion removing rate of up to 90% has been attained. The technology will contribute not only to recycling of aluminum products but also to the improvement in the quality of current products.

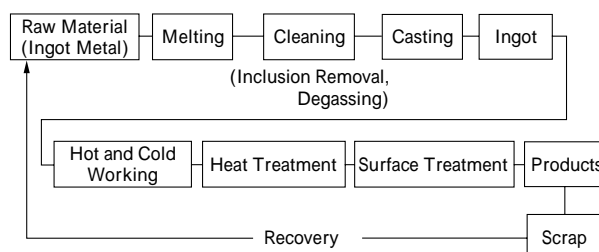
まえばき = 資源、環境保護の観点より、アルミニウム製品のリサイクル促進が強く求められている。第1図にアルミニウム製品の製造工程概略を示す。原料であるアルミニウム地金を溶解し、溶湯を脱ガス、脱介在物処理(フィルタ濾過)により清浄化した後、鋳塊をえる。そのうち、鋳塊を圧延、押し出しなどの展伸加工、熱処理、表面処理などを施し製品とする。これら製品は使用された後、スクラップとして、回収、再溶解され2次地金を経た後、展伸材料用原料にもちいるか、もしくは、そのまま鋳物として溶解する。溶解の後には地金をもちいた場合と同一の工程により再び製品となる。

アルミニウムリサイクルの特徴としては、ポーキサイトより新たに地金を製造する場合と比較して、これらスクラップより2次地金を製造するのに要するエネルギーは約3%、また、排出するCO₂も同様に約3%で済む。すなわち、アルミニウムのリサイクルは資源保護のみならず、省エネルギー、環境保護などに大きく貢献する。

ここでアルミニウムのリサイクルにおける技術課題として製品品質が挙げられ、関与する因子としては化学成分、介在物、水素ガスなどがあり、本報ではこれらのうち介在物について検討した。

介在物はAl₂O₃あるいはMgAl₂O₄などの酸化物として溶湯中に混在し、製品の表面状態、材料特性などを著しく劣化させる。介在物は、スクラップを配合、溶解すると、表面に残留しているアルマイト、塗料などの表面処理層およびその燃焼生成物(例えば酸化物など)からくる。展伸材スクラップは表面積が大きいため酸化が促進され、介在物含有率が著しく増加する。

しかし、これら介在物は溶湯状態でしか除去できないため、現在は耐火性多孔体フィルタ(以下フィルタ)をもちいた濾過法により除去している。この機構は表面濾過機構である。すなわち、溶湯中に存在する介在物のうち、フィルタメッシュより著しく粗大な酸化物などは、フィルタ表面にて捕集されるとともに、これら介在物自体がフィルタメッシュを目詰まりさせ、見かけ上のフィ



第1図 アルミニウム製造工程の概略

Fig. 1 Outline of aluminum manufacturing process

ルタメッシュをより微細とし、本来のフィルタメッシュでは粗すぎて寸法的に捕集困難な、きわめて微細な介在物をも捕集可能とする機構である。

しかし、この表面濾過機構が、これらスクラップをもちいてえられた溶湯の品質保証に関し十分か否かは現在不明である。このため本報ではスクラップを溶解してえられた溶湯の介在物の状態と、フィルタをもちいたこれら介在物除去における現状の表面濾過法の課題とその解決策について検討した。

1. 試験方法

1.1 原料

各種のスクラップをもちいた溶湯清浄度を比較するため、各スクラップ100%を原料にもちいて溶解した。ここでは表面処理されていないスクラップとして電線屑とJIS3004打抜き屑(厚み0.5mm)をもちいた。また表面処理されたスクラップとしては、UBC(使用済アルミニウム缶、入手のまま)、UBC(ばい焼品:低温燃焼して塗膜除去したもの)、サッシ屑およびアルミ製自動車ボンネット屑をもちいた。なお、比較材として地金および2次地金をもちいた。また、溶湯の濾過試験に関しては、スクラップの代表としてUBCをもちい、地金(99.7%)との配合率を各50%とした。

1.2 溶解

100kg/ch.の黒鉛るつぼ型電気抵抗加熱式溶解炉をもちい、大気溶解した。とくにスクラップ配合の場合は、

まず地金を溶解し下湯を造った後、スクラップを押込み溶解した。

1.3 精練

本試験においてはスクラップそのものの影響を把握するため、塩素ガスなどによる精練はもちいなかった。

1.4 濾過

濾過試験は、系径 1.5mm、150×150×15mm^z のコージライト製系集合型板状フィルタをもちいた。濾過後の溶湯酸化による新たな酸化物の発生を防止するために、第2図に示すようにフィルタに対し溶湯を反重力方向に通した。

もちいたフィルタの外観を第3図に示す。

1.5 溶湯の清浄度評価法

溶湯中に存在する介在物の状態、すなわち、溶湯清浄度の評価には次の方法をもちいた。

1) 酸化物抽出法

ヨウソメタノール溶液をもちいアルミニウムを溶解させ、本液に不溶酸化物を分別、抽出し定量化した。これにより溶湯中のミクロ的な清浄度を求めた。

2) 加圧型介在物サンブラ法

溶湯を80~100 μ mのメッシュを有するフィルタ(20mm)を1kgf/cm²の圧力にて加圧濾過し、溶湯1kgがこのフィルタを通過するのに要した時間を比較した。なお上述1)と本方法2)とは、その原理が異なるため、えられた溶湯清浄度は一致しない。

3) 介在物の粒度分布測定法

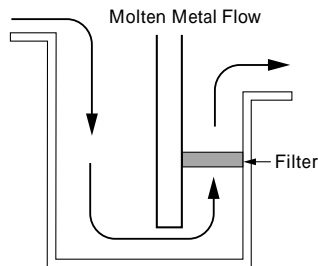
上記酸化物抽出法にてえられたサンプルをコールタカウタをもちい粒度分布を測定した。

2. 試験結果

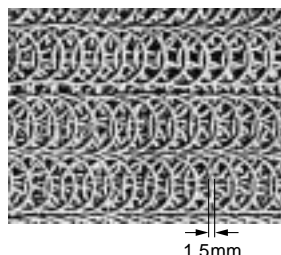
2.1 スクラップをもちいた溶湯の清浄度

第4図および第5図に、各種スクラップをもちいた場合の溶湯の清浄度を、加圧型サンブラ法(溶湯量1kg)および酸化物抽出法にて求めた結果を示す。両方法は傾向として一致し、共通して、表面処理されたスクラップをもちいた場合には溶湯の清浄度が低下することがわかる。

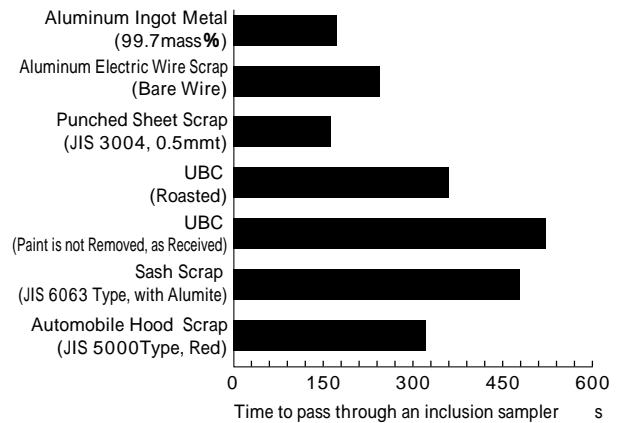
次に、第6図に各種スクラップをもちいた溶湯中の介在物粒径分布を示す¹⁾。スクラップをもちいた場合の特徴としては、溶湯中の介在物量が著しく増大するのみならず、現在の介在物除去法である表面濾過フィルタの捕集限界の20 μ m付近およびそれ以下の寸法の粒子が



第2図 フィルタボックス中の溶湯の流れ
Fig. 2 Molten metal flow in a filter box

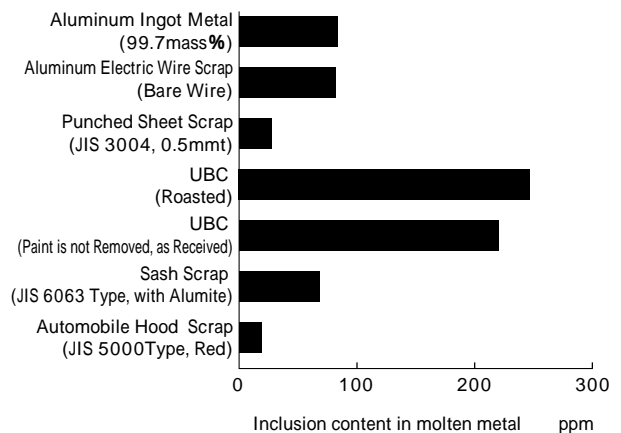


第3図 もちいた板状フィルタの外観
Fig. 3 External appearance of tabular filter as used



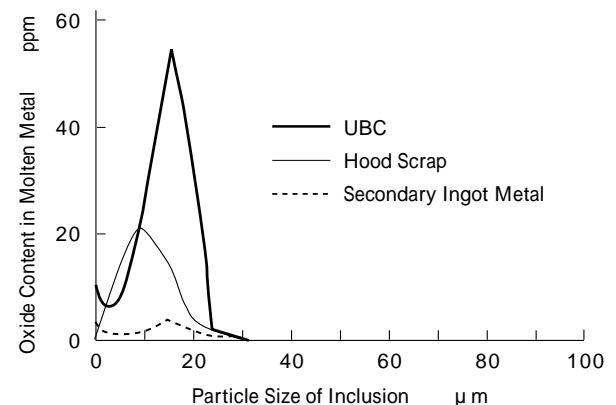
第4図 加圧型介在物サンブラ法による各種スクラップをもちいた溶湯清浄度比較

Fig. 4 Comparison of cleanliness of molten metals made from various types of scrap using a pressurized inclusion sampler



第5図 酸化物抽出法による各種スクラップをもちいた溶湯清浄度比較

Fig. 5 Comparison of cleanliness of molten metals from various types of scraps using oxide extraction method



第6図 各種スクラップをもちいた溶湯の介在物粒径分布

Fig. 6 Distribution of inclusion particle size in molten metals made from various types of scrap

わめて大量に存在することである。なお、本測定においては、酸化膜などの粗大な介在物は完全に除去されるため、測定対象外とした。

製品の介在物欠陥は、経験的に、10 μ m以上の寸法の複数個の介在物粒子が集合している場合が多い。このためとくにスクラップを配合した場合は、製品品質の面から10~20 μ mの寸法の介在物粒を除去する必要がある。

2.2 現状の表面濾過機構による介在物除去状況

第7図にUBC50%と地金50%を配合、溶解してえられた溶湯をもちい、現状のフィルタにて濾過した場合の溶湯中の介在物の粒度分布を示す。これより、約25 μm 以上の領域はほぼ完全に除去されているが、介在物総量の著しい低減は認められない。すなわち本条件下においては、スクラップ溶湯中の介在物除去に対しては、現状の表面濾過機構によるフィルタでは不十分なことがわかる。

2.3 内部濾過フィルタの開発

上述の結果より、20 μm 以下の介在物粒子は、表面濾過フィルタでは捕集されずフィルタを通過すると考えられる。この対策として、これらの介在物粒子をフィルタ骨格に衝突、吸着させ捕集することに着眼した。具体的な方法としては、表面濾過用のフィルタの骨格表面に、粘着剤を塗布し、表面濾過機構にて捕集されなかった介在物粒子を、これら粘着剤に衝突させ、吸着により捕集する、いわゆる内部濾過機構を考案した。しかし、アルミニウム溶湯では、存在する介在物の融点がすべて溶湯温度より著しく高温のため、これら粘着剤として作用する化合物が溶湯中に存在しない。ゆえに人工的にこれら粘着剤を選定、加工処理する必要がある。

2.3.1 粘着剤の選定

アルミニウム溶湯温度において粘着性を示す化合物を選定するため、まず溶湯温度と類似した融点を持つ化合物を抽出し、これら化合物をフィルタ骨格の全表面に塗布し、予備的に少量の溶湯を濾過させ、この時の介在物除去率を求めた。第8図に介在物除去率と粘着剤にもちいた化合物融点との関係を示す²⁾。これより、溶湯温度範囲内で優れた除去率を發揮する臭化ナトリウムを選定した。

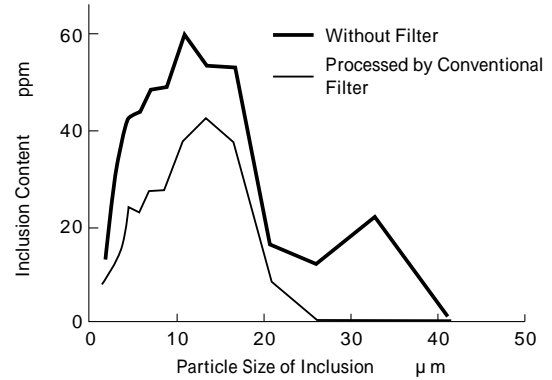
以下この新しく開発したフィルタを現状の表面濾過フィルタと区別するため、内部濾過フィルタと称す。

2.3.2 内部濾過効果の確認

第9図に溶湯中の介在物の含有率に及ぼす各種濾過機構の効果を示す³⁾。溶解直後に約550ppmであった介在物含有率は、現状の表面濾過フィルタにより濾過後には約300ppmまで低減し、さらに新しく考案した内部濾過機構により約60ppmまで低減できる。すなわち、内部濾過フィルタをもちいることにより、溶湯中の介在物を約90%除去できる。

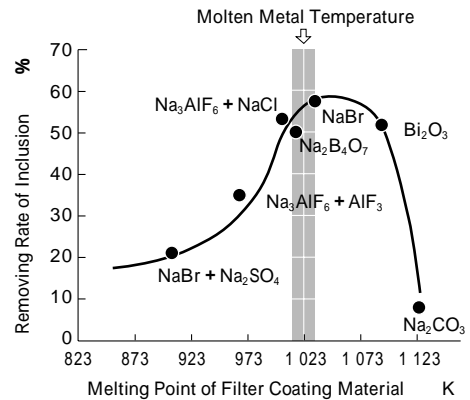
次に第10図に溶湯中の介在物の粒度分布に及ぼす各種濾過機構の効果を示す⁴⁾。これより、現状の表面濾過では約25 μm 以上の介在物粒子は除去されるが、20-数 μm の領域に存在するスクラップ固有の寸法の介在物粒子に対しては除去効果があまり認められない。しかし、続く内部濾過により、これら領域の介在物をきわめて良く除去していることがわかる。

以上の結果より、新しく開発したアルミニウム溶湯の内部濾過フィルタは、これらスクラップ溶湯中存在する介在物の除去にきわめて有効なこと、また、このフィルタはきわめて良好な介在物捕集能力を有していることがわかった。



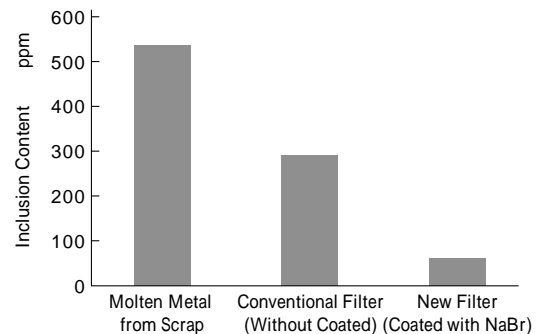
第7図 UBC50%配合溶湯の現状の表面濾過フィルタをもちいた場合の介在物粒径分布

Fig. 7 Distribution of inclusion particle size of molten metals made by blending 50% UBC when using surface filtration filter



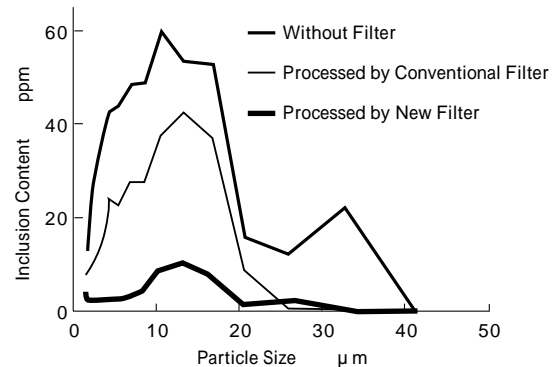
第8図 介在物除去率と粘着剤にもちいる化合物融点の関係

Fig. 8 Effect of type of compound used as adhesive on removing rate of inclusion



第9図 溶湯中の介在物含有率に及ぼす各濾過機構の効果

Fig. 9 Effect of each filtration system upon the inclusion content in molten metals



第10図 溶湯中の介在物粒度分布に及ぼす各種濾過機構の効果

Fig. 10 Effect of type of filtration system upon distribution of inclusion particle size in molten metals

2.3.3 粘着剤による溶湯汚染

第1表に内部濾過フィルタ前後の溶湯中のナトリウムの化学分析値を示す。これより、内部濾過フィルタの表面に塗布した粘着剤臭化ナトリウムによる溶湯汚染は認められないことがわかる。

3. 考察

3.1 新しく開発した内部濾過フィルタの濾過機構

第11図に新しく開発した本アルミニウム溶湯濾過用内部濾過フィルタの介在物補集機構について示す。本内部濾過フィルタは、新たにもう1枚フィルタを追加することなく、従来の表面濾過フィルタをそのままもちい、フィルタ骨格の表面に粘着剤として臭化ナトリウムを塗布したものである。すなわち、1枚のフィルタにより表面および内部濾過機構の両方の機能を同時に発揮させたものである。

介在物を含む溶湯がフィルタ表面に達すると、まず従来の濾過機構である表面濾過機構が作用する。すなわち、溶湯中に存在するフィルタメッシュよりも粗大な、例えばmmオーダ以上の酸化膜などがフィルタ表面に補集され、この結果フィルタの入湯側表面のメッシュを目詰まりさせ、見かけのフィルタメッシュを細かくする。このため本来のフィルタメッシュでは補集が不可能な微細な介在物までも補集可能とする。しかしスクラップリサイクルにおける課題である20 μm 以下の介在物粒子は、これら表面濾過のメッシュでは寸法的に補集できないため、そのままフィルタを通過して鋳塊、すなわち製品に混入して欠陥の原因となる。

しかし本内部濾過フィルタにおいては、これら補集漏れした微細な介在物粒子が粘着剤を塗布したフィルタ骨格に衝突することにより、これら粘着剤に吸着され補集される。

すなわち、本内部濾過フィルタにおいては、フィルタ表面では従来通りの表面濾過機構が作用し、また、フィルタ内部においては上述の内部濾過機構が作用する。この両機構の組み合わせにより、従来の表面濾過フィルタのみでは不可能であった約20 μm 以下の微細な介在物粒子を数 μm までも補集可能とした。

3.2 アルミニウム溶湯濾過における介在物除去に対する表面および内部濾過機構の寄与割合

アルミニウムの濾過において、新しく内部濾過機構を開発した。このため、これら表面および内部の濾過機構が介在物除去に及ぼす寄与割合について考察する。

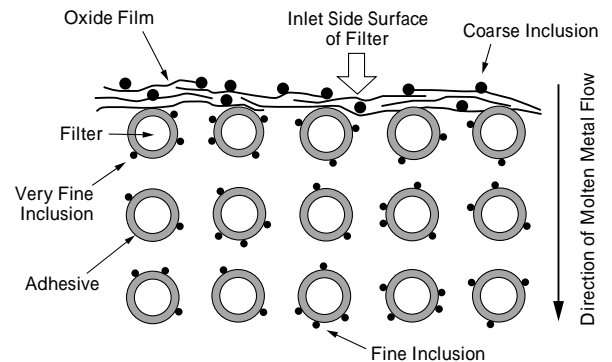
上述の第9図より計算した結果を第12図に示す。これより介在物除去への寄与としては、表面濾過機構および内部濾過機構の寄与がほぼ同等である。ゆえに、介在物除去率は、従来の表面濾過フィルタ単独の場合と比較して、新しく開発した内部濾過フィルタの場合は、相対値で約2倍、絶対値で約90%の介在物除去率となり、顕著な効果を示す。

むすび=アルミニウムのリサイクル促進のため、溶湯の

第1表 内部濾過フィルタの前後の溶湯中のナトリウム分析値

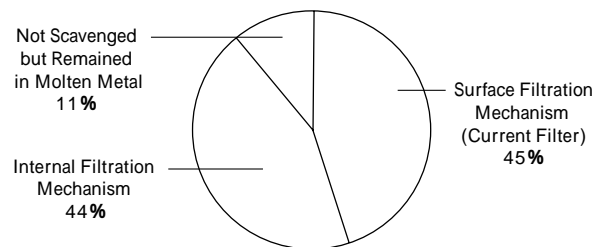
Table 1 Na content in the molten metals before and after the internal filtration

Sampling Position	Before Internal Filtration Filter	After Internal Filtration Filter
Na Content	4	4



第11図 アルミニウム溶湯用内部濾過フィルタによる介在物補集機構（フィルタ断面）

Fig. 11 Mechanism of scavenging inclusions by internal filtration filter for aluminum molten metals (Filter cross section)



第12図 スクラップ溶湯中の介在物除去に及ぼす各濾過機構の寄与割合

Fig. 12 Ratio of contribution of each filtration mechanism to removing inclusions in scrap molten metals

清浄化を目的とし、新しく内部濾過フィルタを開発した。本フィルタをもちいることにより、溶湯中の介在物は約20-数 μm 以下の寸法まで、約90%が除去可能となった。これによりアルミニウムのリサイクルに対し品質面より大きな貢献が可能である。さらに、本技術はリサイクルのみならず、地金をもちいた現状の工程においても品質向上に大きく寄与するものである。

参考文献

- 1) 増田隆平ほか: 軽金属学会第90回春期大会公演概要(1996), p.33.
- 2) 西 誠治ほか: 軽金属学会第94回春期大会公演概要(1998), p.101.
- 3) 増田隆平ほか: 軽金属学会第92回春期大会公演概要(1997), p.35.
- 4) 永倉 豊ほか: 軽金属学会第95回秋期大会公演概要(1998), p.1.