

TODAY

アルミニウムのリサイクル 冶金技術者の夢と現実解



東北大学多元物質科学研究所

教授 中村 崇

アルミニウム材料のリサイクル技術開発は、冶金技術者の夢の一つである。よく知られるようにアルミニウムは溶融塩電解で製造される。その開発は1886年同時期にホールとエルーによりフランスと米国で別に開発された。現在は、両者の名前を取ってホール・エルー法と呼ばれる。他の金属と異なるのは、ホール・エルー法が開発された2年後に原料であるボーキサイトから不純物を除去し、高純度のアルミナを製造するバイヤー法が開発されたことである。このことは、高純度のアルミニウムを製造するには、原料である酸化物の状態で高純度化しておく必要があることを意味する。簡単に言えば、活性な金属であるアルミニウムは鉄や銅と異なり、金属になってからは不純物を除去しにくい。これは、溶湯状態のアルミニウム合金から不純物を除くことが困難であること、従って商用レベルで不純物除去を中心としたアルミニウムのリサイクルプロセスが成立しにくいことにつながっている。

私は、約23年前に文部科学省の在外研究員としてカナダのトロントに1年間滞在した。当時私がお世話になったトロント大学のトグリ教授から与えられたテーマの一つがアルミニウムのリサイクルプロセスの開発だった。もちろんアイデアはいくつか出したが、どれも商用になるレベルではなく、

ほぼ半年でそちらの研究は中止となった。そこで主に検討したのは、凝固による高純度アルミニウムの析出物の高効率回収法である。当然であるが、化学反応や真空を使用する方法では、除去の対象はアルミニウムより活性なマグネシウムと蒸気圧の高い亜鉛ぐらいで、除去すべき不純物の本命である鉄、シリコンは困難である。その議論中の言葉は今でも忘れられない。トグリ先生は「もし、鉄とシリコンを除去できる実用プロセスを開発できれば、後は左うちわである」。もちろん英語で左うちわという表現ではなかったが。

以後、わが国でも環境意識の高まりからリサイクルが要求され、本財団(JRCM)においても2度のリサイクルプロジェクトが行われた。一度目が不純物の除去を図るタイプのリサイクルプロセス開発で、二度目は昨年終了した不純物を残したまま使いこなす技術開発である。実際に開発を担当された方々は大変な努力をされたものと思うが、やはり不純物除去は当時の市場状況では商用化には届かなかった。昨年終了した使いこなし技術は、もう一步踏み込めば数年で商用化になるのではないかと期待をもたせる状況にまでなっている。やはり現実解としては、不純物である鉄やシリコンが少し高くても使いこなすことしかないようである。当方はどちらのプロジェクトにも直接開発にかかわることがなく、多少評価に関与しただけですんだのは幸いであった。なにせ技術開発のターゲットが非常に高いのを知っていたし、残念ながら当時も今もすぐに実用化できるようなアイデアはもち合わせていない。もし、もっていたなら左うちわである。ただ、アルミニウム地金の価格は高水準を維持しており、リサイクルプロセスの必要性はますます高まっている。研究者として開発の夢はまだ捨てたわけではなく、いつか左うちわを使いたいものだと思っている。

3Rプログラム 「アルミニウムの不純物無害化・マテリアルリサイクル技術開発助成事業」成果報告

住友軽金属工業(株) 研究開発センター 渋江和久

1 はじめに

アルミニウムは軽量であることから、近年自動車等を中心として適用範囲が広がっている。経済産業省及び(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO技術開発機構)では、将来のアルミニウムの適用拡大を見据え、平成9年度から、より高強度・高耐食性・省資源性を有するアルミニウム系スーパーメタルの基盤研究に取り組んできた。革新的温暖化対策技術プログラムでは、この成果を活用し、平成14年度から「自動車軽量化のためのアルミニウム合金高度加工・成形技術」の研究開発が実施されている。

一方、環境・資源制約は21世紀におけるわが国の持続的発展の最大の課題であり、3R技術(廃棄物の発生抑制(Reduce)製品・部品の再使用(Reuse)現材料としての再利用(Recycle))の高度化を図ることが要求され、3Rプログラム基本計画として実施されている。本開発は、そのなかの自動車リサイクル等技術開発の課題の一つとして平成14年度から3年間実施した。

2 研究開発の目的

自動車スクラップについては、鋳物等の低位な再生地金として資源化されているが、アルミニウム需要の拡大に伴い鋳物等への利用も余剰になることが予測されている。そこで、本開発では、自動車スクラップからアルミニウムと他の有益な素材とを選別し、再度、自動車用素材(展伸材)として利用可能な再資源化技術を早期に確立することでエネルギーの使用の合理化及び循環型社会の構築に資することを目的として、再生材中の除去困難な鉄を無害化する技術(アルミニウム再生材中の鉄の許容量の極大化)の開発を実施した。

3 研究開発の実施項目

本開発では、アルミニウム再生材中の鉄の無害化技術とアルミリサイクルのビジネスモデルの構築について実施した。前者では、アルミニウム再生材中の鉄の許容量を極大化する技術を実用化するため、鉄が材料特性に及ぼす影響についての基盤データを系統的に

蓄積するとともに、急冷凝固により晶出物の量を低減し均一微細に分散させること等で、鉄の影響を極小化する技術を開発した。後者では、アルミニウムスクラップの展伸材への再利用を可能とするため、その実現に向けた課題の整理を行い、アルミニウムリサイクルのビジネスモデルを確立する。また、併せてライフサイクルアセスメントを実施した。

なお、アルミニウム再生材中の鉄の無害化技術については、住友軽金属工業(株)が、アルミリサイクルのビジネスモデルの構築については、(株)神戸製鋼所、昭和電工(株)、スカイアルミニウム(株)、住友軽金属工業(株)、日本軽金属(株)、古河電気工業(株)、三菱アルミニウム(株)と(社)日本アルミニウム協会が担当し、JRCMが推進・研究管理した。研究開発体制図を図-1に示す。

4 研究成果の概要

現行、国内で適用されている代表的なボディパネル板を対象にし、6000系合金の溶湯圧延製造技術を開発し、得られた開発材について、成形性、機械的性質、塗装焼付け硬化性、耐食性、曲げ加工性等を評価し、鉄許容量0.4%まで適用可能なことを明確にした。さらに、スクラップ利用のための課題調査を実施し、塗装付パネルからアルミ回収方法を検討し、塗料除去に有効なシュレッド+キルン加熱方法を開発するとともに、新地金使用及びリサイクルアルミ使用のアルミ化車のLCA評価を実施し、CO₂削減の効果を算出した。さらに、スクラップ回収量に応じたりサイクルビジネスモデルを提案した。

対象としたボディパネル用6000系ア

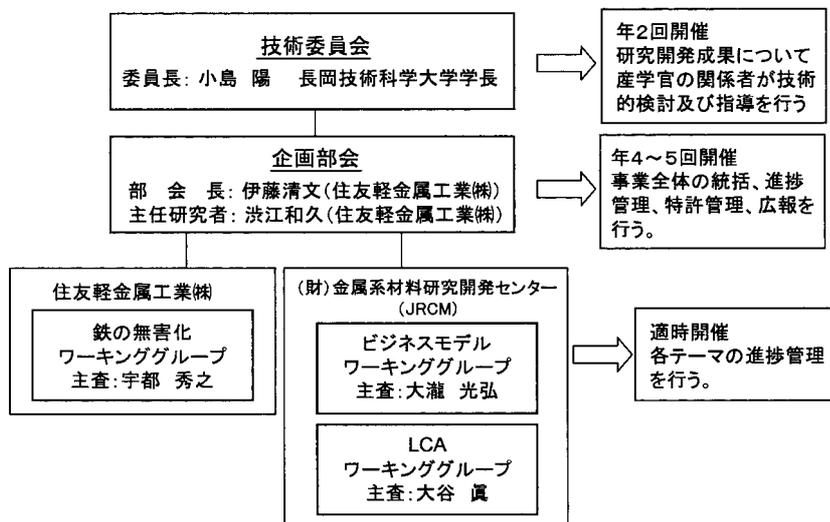


図-1 研究開発体制

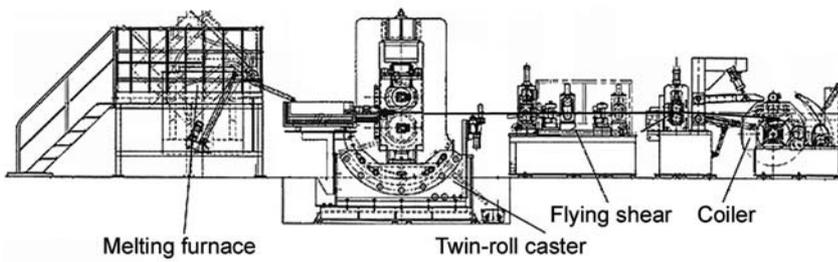


図-2 TRC装置模式図

ルミ合金においては鉄は不純物元素であり、鉄量が増加すると曲げ加工性や耐食性等が低下するため、現状、0.2%以下である。そこで、本開発では、急冷効果が大きい双ロール式の溶湯圧延(Twin Roll Casting; TRC)法による6000系合金の開発を実施した。TRC法では、溶湯から直接厚さ6mmの板を製造し、その後、1mm程度まで圧延しパネル素材とする。一方、現行のアルミ板の製造は厚さ500-600mmのスラブを鋳造しその表面を削り、圧延に供されている。つまり、TRC法では、鋳造肌をそのまま圧延し製品とするため、TRC製造時の表面品質がキープポイントとなる。6000系TRC材では、表面偏析と中心線偏析とが観察され、これらの程度が大きいと耐食性の低下や表面欠陥の発生となることが本開発で判明した。Al-Mg-Si系6000合金では、MgやSi及び不純物Feの偏析を低減することが課題であった。表面偏析はリップルマークと呼ばれる板幅方向の縞模様であり、Si、Mg、Feの濃度差が濃淡模様となって観察されるもので、濃度の高い領域から系錆が優先的に発生した。また、板厚の中心部にAl-Fe-Si系化合物が偏析し、これはプレス成



図-3 TRC法による6000系アルミ合金の試験状況

形後の板表面に凹凸の縞模様となることが判明した。これらの偏析を低減するため、幅300mmのTRC装置を製作(図-2、3)し、双ロールの噛み込み部における凝固の制御技術-鋳造速度、温度等の鋳造条件及び双ロールへの注湯ノズルの形状、材質-を開発した。その結果、図-4に示すように晶出物が微細化されるとともに、プレス成形性、機械的性質、耐食性等のボディパネルに要求される特性を評価し、不純物鉄量0.4%まで許容できることを明らかにし、目標を達成した。図-5に170 × 20分保持後(塗装焼付け相当)の耐力に及ぼす不純物鉄量の影響を示す。TRC(開発材)では、1%鉄量まで耐力の低下はないが、DC(現行材)では、0.4%を超えると耐力が低下した。これは、現行材では不純物鉄が

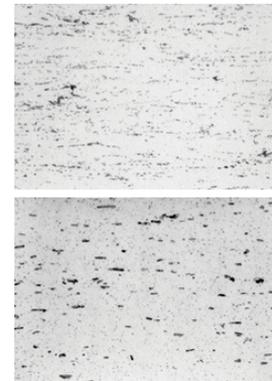


図-4 TRC(開発材)とDC(現行材)の鋳造ミクロ組織の比較

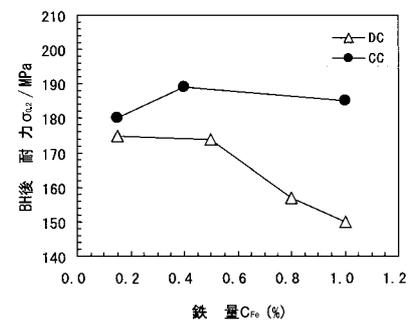


図-5 170 × 20分保持(塗装焼付け相当)後の耐力に及ぼす不純物鉄量の影響

Al-Fe-Si系化合物として晶出したため、析出強化に有効な固溶Si量が少なくなり、一方、TRCでは急冷凝固により、鉄が強制固溶し晶出物をあまり形成しなかったためとみられる。

5 おわりに

TRC法を用いて、6000系リサイクル材の製造技術を確立した。今後、自動車ボディパネルへのアルミ材の適用が増しリサイクル量が増加した場合、資源を有効利用する生産技術として本TRC法は有望な技術であり、今後も早期の実用化に向けてさらなる技術開発を推進させていく予定である。

セミナー案内

アジアスチール国際会議2006
(Asia steel 06)

主催：(社)日本鉄鋼協会

日時：5月9日(火)～11日(木)

場所：北九州国際会議場

北九州市小倉北区浅野3-9-30

問い合わせ先：(社)日本鉄鋼協会

学会・生産技術部門

事務局

学術企画Gr. 大島

TEL：03-5209-7013

SMAM-2「ナノテクノロジーの展開に
向けた極微スケール標準物質と計測技術」
第2回国際シンポジウム

主催：(独)産業技術総合研究所

日時：5月25日(木)～26日(金)

場所：秋葉原コンベンションホール

千代田区外神田1-18-13

秋葉原ダイビル2階

問い合わせ先：SMAM-2事務局

高辻、藤本

E-mail: smam2-sec@m.aist.go.jp

The Japan Research and Development Center for Metals
JRCM NEWS / 第235号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM 総務企画部までお寄せください。
本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。
本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2006年5月1日
発行人 小島 彰
発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター
〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階
TEL (03)3592-1282(代)/FAX (03)3592-1285
ホームページURL <http://www.jrcm.or.jp/>
E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp