



# بازگردانی آلومینیم



تیرری که دو هدف را نشانه گرفته است

ترجمه: معصومه شاه‌محمدی، معلم شیمی منطقه ۶ تهران



کلیدواژه‌ها:  
بازیافت، آلومینیم،  
بوکسیت،  
محیط‌زیست

## چکیده

بازیافت، یکی از روش‌های سودمند در جمع‌آوری مواد است. صنعت بازیافت افزون بر صرفه‌جویی در منابع اقتصادی و صنعتی، کمک شایانی به حفظ محیط‌زیست می‌کند. برای بازیافت و بهینه‌انجام شدن آن به تلاش صاحبان صنایع، سازمان‌های مرتبط و کمک مردم نیاز است. به دلیل کاربرد گسترده آلومینیم در صنعت مانند صنایع غذایی، سازه‌های مقاوم، هوانوردی و ترابری، بازیافت آن مهم و ضروری است. در برخی کشورها با جمع‌آوری آلومینیم‌های قراضه و حمل آن به کارخانه‌های بازیافت، دوباره آن را طی مراحل ذوب تا پالایش به‌دست می‌آورند.

## مقدمه

است. در هند وضعیتی کاملاً متفاوت حاکم است. در این کشور امرار معاش هزاران تن از مردم به بازگردانی مواد وابسته است و این خود راهی برای گذران زندگی به‌شمار می‌رود.

در دنیای غرب، بازگردانی مواد، عملی سخت و طاقت‌فرسا و کاری است که انجام آن همچون ورزش و داشتن رژیم غذایی، ضروری



## برای بازیافت و بهینه انجام شدن آن به تلاش صاحبان صنایع، سازمان‌های مرتبط و کمک مردم نیاز است

دولت هیچ برنامه‌ای برای بازگردانی ندارد و زباله‌ها درون ظرف‌های بزرگ، در خارج شهر ریخته می‌شوند.

هندی‌های بیکار در اطراف این ظرف‌ها پرسه می‌زنند و هر ماده قابل بازگردانی، را جست‌وجو می‌کنند. زباله‌های جمع‌آوری شده به کارخانه‌های کوچک که البته در شرایط بد و با فناوری پایه کار می‌کنند، فروخته می‌شوند. بسیاری از این کارخانه‌ها در محله‌های

کسب درآمد می‌کنند. این افراد با این کار نه تنها از خود حمایت می‌کنند، بلکه خالق اقتصادی چند میلیون دلاری هستند که اقتصاد منطقه‌ای را دچار دگرگونی کرده است و به مردم در امرار معاش یاری می‌رساند.

### بازگردانی آلومینیم

در هند بازیافت آلومینیم شامل سه مرحله است. در آغاز، فراورده‌های آلومینیمی مصرفی و دورانداخته شده، به ویژه قوطی‌های نوشابه و نوشیدنی‌های دیگر جمع‌آوری می‌شوند. سپس قوطی‌ها در اسید، شناور می‌شوند تا برچسب‌ها و نام‌های تجاری از روی آن‌ها جدا شود. در پایان، قوطی‌ها خرد و در کوره، ذوب می‌شوند. در کارخانه‌ای که مختار کار می‌کند، قوطی‌ها به‌طور کامل ذوب می‌شوند. ماده مذاب به‌دست آمده در قالب‌ها ریخته می‌شود تا پس از سرد شدن، به‌صورت میله‌های آلومینیمی، که شمش نام دارند، درآیند. سپس میله‌ها به کارخانه دیگری انتقال می‌یابند و در آنجا دوباره ذوب می‌شوند. آن‌گاه فلز مایع در دستگاهی خاص به واحدهایی تبدیل می‌شود که برای ساخت فراورده‌های آلومینیمی جدید مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مختار مسئول کوره‌ای است که در حفره‌ای به عمق ۱م در زمین قرار دارد و قطر آن به نیم متر می‌رسد. درجه‌ای که در ته حفره قرار دارد، ارتباط آن را با یک لوله به سطح زمین برقرار می‌کند. از این راه اکسیژن به کوره می‌رسد. کوره با زغال‌سنگ روشن می‌شود و دمای بیش از  $660^{\circ}\text{C}$ ، یعنی نقطه ذوب آلومینیم را تولید می‌کند. مختار یک بوته ذوب پر از ضایعات آلومینیمی خرد شده را در بالای کوره قرار می‌دهد، جنس بوته ذوب، سیلیسیم کربید است که تا دمای  $2730^{\circ}\text{C}$  ذوب نمی‌شود.

### بازگردانی آلومینیم، چرا؟

بازیافت آلومینیم کار باارزشی است؛ زیرا استخراج آن از سنگ معدنش پرهزینه است، محیط‌زیست را آلوده می‌کند و به مقدار زیادی



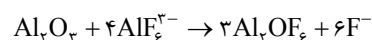
پرجمعیت بمبئی، پایتخت اقتصادی هند قرار گرفته‌اند. کارگران ساعت‌های طولانی با حقوق کم کار می‌کنند اما در کشوری که نرخ بیکاری بالایی دارد، داشتن این شغل، هم غنیمت است. مختار حامد برای بخش غیررسمی بازگردانی در هند کار می‌کند. او ۱۵ سال دارد و مخارج زندگی خود را از بازگردانی ضایعات آلومینیم تأمین می‌کند. هر روز قبل از ساعت ۷ صبح بیدار می‌شود و پس از صرف صبحانه کارش را شروع می‌کند. او یک ساعت را به ناهار اختصاص داده است و تا ساعت ۸ بعدازظهر به کار ادامه می‌دهد. کار مختار ذوب قراضه‌های آلومینیم است. او در پایان روز در رختخوابی که درست در کنار کوره است، می‌خوابد.

مختار تنها یکی از هزاران هندی است که در یکی از بزرگ‌ترین شهرهای زاغه‌نشین در جنوب آسیا زندگی می‌کنند و از بازگردانی هر جسم آلومینیمی

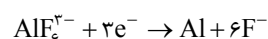
شکل ۱ چرخه زندگی یک قوطی آلومینیمی. فرایند استخراج شامل سه مرحله است: استخراج بوکسیت، پالایش آلومینیم، گداخت اولیه. در ضمن مراحل دیگر در بازگردانی آلومینیم نیز دیده می‌شود.



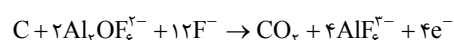
آب نامحلول است، آن را در کریولیت مذاب ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) که شامل یون‌های سدیم  $\text{Na}^+$  و  $\text{AlF}_6^{3-}$  است، حل می‌کنند. آلومینیم اکسید با برخی از یون‌های  $\text{AlF}_6^{3-}$  تولید شده از کریولیت مذاب واکنش می‌دهد و حل می‌شود:



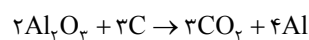
آلومینیم در الکتروود منفی که کاتد نامیده می‌شود، کاهش می‌یابد:



در الکتروود مثبت که آند نام دارد، یون‌های  $\text{Al}_2\text{OF}_6^{2-}$  با آند کربنی واکنش می‌دهند و کربن دی‌اکسید و کربن مونواکسید تولید می‌کنند.



با جمع کردن معادله تفکیک آلومینیم و واکنش‌های اکسایش و کاهش، واکنش کلی به دست می‌آید:



گام بعدی شامل ریختن آلومینیم مذاب درون قالب‌ها و دادن زمان کافی برای سرد شدن و شکل‌گیری آلومینیم است. بلوک‌های آلومینیمی یا شمش‌ها در اثر نیروی وارد شده از چند غلتک، به ورقه‌هایی با ضخامت کمتر از ۲/۵cm تبدیل می‌شوند. ورقه‌های آلومینیمی برای ساخت قوطی برش داده شده، به شرکت‌های نوشیدنی سبک (گازدار) فرستاده می‌شوند تا مهر و موم شوند.

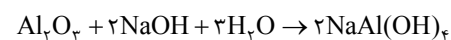
در بیشتر کشورها معمولاً قوطی‌ها جمع‌آوری و به مرکز بازیافت ارسال می‌شوند تا در آنجا تمیز، طبقه‌بندی و خرد شوند. سپس به کارخانه تولید آلومینیم برای خرید، ذوب و جامدسازی دوباره فرستاده می‌شوند.

در هند، قوطی‌ها از کیسه‌های زباله جمع‌آوری شده، به شرکت‌های خصوصی کوچک فرستاده می‌شوند. افرادی همچون مختار آن‌ها را با استفاده از اسید در دمای اتاق و فشار معمولی تمیز می‌کنند.

آن‌گاه قوطی‌های آلومینیمی را در کوره در دمای  $660^\circ\text{C}$  ذوب می‌کنند و آلومینیم مذاب

انرژی نیازمند است. برای پذیرفتن ارزش بازگردانی این فلز باید چگونگی ساخت قوطی‌های آلومینیمی را بررسی کنیم، شکل ۱. در بازیافت، مرحله استخراج حذف شده است و آلومینیم در چرخه‌ای قرار می‌گیرد که بارها عملیات روی آن تکرار می‌شود؛ بی‌آنکه خواص آلومینیم تغییر کند.

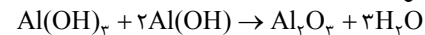
آلومینیم از سنگ معدن بوکسیت استخراج می‌شود که شامل آلومینیم اکسید،  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ، و دیگر ترکیب‌هایی است که دارای آلومینیم، سیلیسیم، تیتانیم و آهن هستند. آلومینیم اکسید از دیگر عنصرها با استفاده از فرایند بایر - که خود شامل سه مرحله است - جدا می‌شود در مرحله نخست، بوکسیت در محلولی از سدیم هیدروکسید در دما و فشار بالا حل می‌شود. مخلوط حاصل شامل محلولی از سدیم آلومینات،  $\text{NaAl(OH)}_4$ ، و باقی‌مانده بوکسیت است که آهن، سیلیسیم و تیتانیم دارد. سدیم آلومینات از واکنش شیمیایی میان آلومینیم اکسید، سدیم هیدروکسید و آب تشکیل می‌شود:



پس‌مانده‌ها به تدریج در ته ظرف ته‌نشین شده و بعداً جدا می‌شوند. در مرحله دوم، محلول سدیم آلومینات به مخزن بزرگی پمپ شده، در جریان سرد شدن، به آلومینیم هیدروکسید،  $\text{Al(OH)}_3$ ، و سدیم هیدروکسید تجزیه می‌شود:



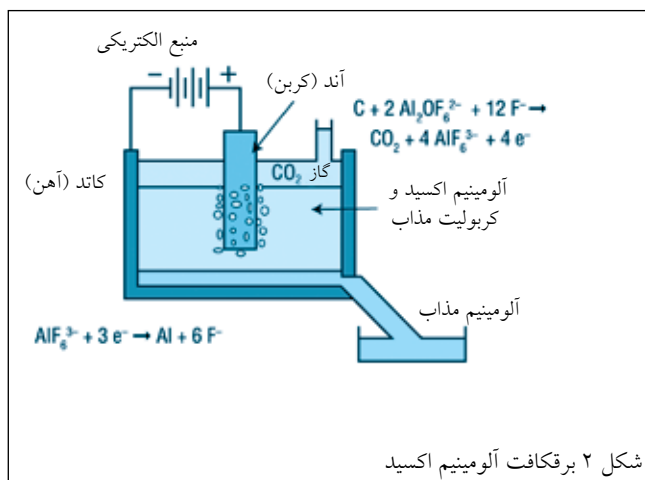
آلومینیم هیدروکسید به شکل رسوب در ته‌مخزن ته‌نشین و جدا می‌شود. در مرحله سوم، آلومینیم هیدروکسید تا دمای  $980^\circ\text{C}$  گرم می‌یابد و آلومینیم اکسید بنا به این معادله تولید می‌شود:



سپس آلومینیم از آلومینیم اکسید از روشی به نام گداختن به دست می‌آید. اساس این روش، فرایند برق‌کافت است که در جریان آن، آلومینیم اکسید به اکسیژن و آلومینیم تفکیک می‌شود، شکل ۲. برق‌کافت را می‌توان تنها برای حالت مایع به کار برد. از آنجا که آلومینیم اکسید در



**تولید پلاستیک از مواد اولیه، ارزان‌تر از بازیافت آن تمام می‌شود. بنابراین زباله‌های پلاستیکی، اغلب سوزانده یا دفن می‌شوند**



را درون قالب‌ها می‌ریزند. آلومینیم سرد می‌شود و شکل می‌گیرد. بنابراین، بازیافت آلومینیم به مراتب ارزان‌تر از استخراج آن است. استخراج آلومینیم به دمای ۱۰۰۰°C، مواد افزودنی همانند سدیم هیدروکسید و کربولیت نیاز دارد و مقدار فراوانی الکتریسیته نیز مصرف می‌کند.

**بازیافت نه تنها محیط‌زیست را بهبود می‌بخشد، بلکه می‌تواند کیفیت زندگی را تغییر دهد**

## تغییر زندگی

به لطف افرادی همچون مختار بخش بزرگی از آلومینیم در هند بازیافت می‌شود. یک تفاوت بزرگ میان هند و ایالت متحده آن است که در هند هیچ برنامه بازیافت دولتی وجود ندارد. هندی‌ها مجبور به جداسازی زباله‌هایشان نیستند؛ حال آنکه ساکنان ایالات متحده تشویق به انجام آن می‌شوند.

صدها هزار هندی سطل‌های زباله عمومی را برای مواد قابل بازیافت جست‌وجو می‌کنند. انجام‌دادن این کار، در محیطی آلوده سلامت آن‌ها را در معرض خطر قرار می‌دهد. کارگران کارخانه‌های بازیافت مانند مختار نیز با چنین خطرهایی روبه‌رو هستند. تجهیزات ایمنی برای آن‌ها فراهم نشده است؛ حتی اگر در نزدیکی یک کوره با دمای ۶۶۰°C کار کنند. مختار ۱۱ ساعت در روز کار می‌کند، زمان استراحت کمی دارد و هیچ شانس برای رفتن به مدرسه ندارد. اگرچه او و دیگران در شرایط وحشتناکی کار می‌کنند اما هیچ جایگزینی برای گذراندن زندگی ندارند. در ایالات متحده، بازیافت همانند یک عادت خوب به نظر می‌رسد که برخی از ما سعی می‌کنیم آن را بپذیریم. در هند این کار راهی برای بقای زندگی است. در آنجا بازیافت آلومینیم به دگرگونی اقتصاد محلی کمک کرده است. این رویداد به ما یادآوری می‌کند که بازیافت نه تنها محیط‌زیست را بهبود می‌بخشد بلکه می‌تواند کیفیت زندگی را تغییر دهد.

## برتری‌های بازگردانی آلومینیم

بازیافت، مقدار زباله سوزانده یا دفن شده را کاهش می‌دهد. حسن ویژه این کار در مورد آلومینیم این است که اگر قوطی‌های نوشابه قدیمی دفن شوند، باید قوطی‌های جدید را از آلومینیم نو که از سنگ معدن آن به دست می‌آید، تهیه کرد. بنابراین بازیافت آلومینیم، افزون بر اثر سودمند زیست‌محیطی آن، از دیدگاه اقتصادی نیز به صرفه است اما باید یادآوری کرد که بازیافت همه مواد از این دیدگاه، به صرفه نیست. برای نمونه، تولید پلاستیک از مواد اولیه، ارزان‌تر از بازیافت آن تمام می‌شود. بنابراین زباله‌های پلاستیکی، اغلب سوزانده یا دفن می‌شوند، از جمله محدودیت‌های دیگر این است که بازیافت شیشه‌های سبزرنگ هم مناسب نیست. نه به دلیل اینکه نمی‌توان شیشه را به‌طور نامحدود بازیافت کرد بلکه به دلیل ممکن نبودن تغییر رنگ این شیشه، چنین است؛ شیشه‌ای که یک‌بار به رنگ سبز درآمد، برای همیشه به همان رنگ باقی می‌ماند. به همین دلیل است که فرآورده‌های فراوانی با شیشه سبز، وارد ایالات متحده می‌شوند اما تولید این نوع شیشه در آنجا محدود است؛ زیرا این شیشه، قابل بازیافت نیست. باید توجه کرد که آلومینیم برخلاف فلزهایی همچون آهن زنگ نمی‌زند و به همین دلیل بازیافت آن آسان است.



1. [www.gpb.org/chemistry-physics/students/all, Aluminum recycling-A Way of Life or ALifestyle? Tom Husband](http://www.gpb.org/chemistry-physics/students/all, Aluminum recycling-A Way of Life or ALifestyle? Tom Husband)
2. Sustainability and Recycling, The International Aluminium Institute: [www.worldealuminium.org/Sustainability/Recycling](http://www.worldealuminium.org/Sustainability/Recycling) [accessed Feb 2012].
3. The Informal Recycling Sector in Developing Countries, Gridlines: [www.sustainability.ethz.ch/projects/akademie\\_som/so2011/informal\\_recycling\\_sector.pdf](http://www.sustainability.ethz.ch/projects/akademie_som/so2011/informal_recycling_sector.pdf) [accessed Feb 2012].