بررسی راهبردهای ایجاد ظرفیت آلومینیم در کشور براساس زیرساخت‌های موجود و مزیت نسبی در حلقه‌های مختلف زنجیره ارزش

کد موضوعی: ۳۱۰
شماره مسلسل: ۱۶۵۲۱
تیرماه ۱۳۹۸

معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی
دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن

به‌نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۳
۱. بررسی وضعیت جهانی صنعت آلومینیم و تحولات آن ۴
۲. زنجیره ارزش آلومینیم در ایران ۲۰
۳. واردات و صادرات در زنجیره ارزش آلومینیم ۳۳
۴. بازیافت پسماندها و ضایعات در زنجیره ارزش آلومینیم ۳۷
۵. جمع‌بندی صنعت بازیافت پسماندهای آلومینیم و ارائه راهکارهای پیشنهادی ۴۷
۶. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۵۰
منابع و مآخذ ۵۳

بررسی راهبردهای ایجاد ظرفیت آلومینیم در کشور براساس زیرساخت‌های موجود و مزیت نسبی در حلقه‌های مختلف زنجیره ارزش

چکیده

آلومینیم یکی از فلزات اساسی محسوب می‌شود که کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف از جمله صنعت ساختمان، خودروسازی، حمل‌ونقل، صنایع نظامی، دفاعی، بسته‌بندی، الکترونیک و انتقال برق دارد. سنگ معدن بوکسیت مهم‌ترین ماده اولیه تولید آلومینیم است که پودر آلومینای حاصل از فراوری بوکسیت در روش الکترولیز برای تولید شمش آلومینیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بخش بالادستی، شرکت آلومینیم ایران (ایرالکو) در استان مرکزی، شرکت آلومینیم المهدی و هرمزال در استان هرمزگان و شرکت آلومینای ایران در استان خراسان شمالی تولیدکنندگان عمده شمش آلومینیم خالص و آلیاژی کشور هستند که در مجموع ظرفیتی قریب به ۵۰۰ هزار تن دارند. شرکت مجتمع صنایع آلومینیم جنوب (سالکو) در استان فارس نیز که در حال ساخت و راه‌اندازی است مشتمل بر سه فاز است که ظرفیتی بالغ بر ۱ میلیون تن دارد. چشم‌انداز افق ۱۴۰۴ کشور، ایجاد ظرفیت تولید ۱/۵ میلیون تن آلومینیم را هدف‌گذاری کرده است که با راه‌اندازی مجتمع صنایع آلومینیم جنوب، ظرفیت تولید آلومینیم کشور به ۱/۵ میلیون تن خواهد رسید. در بخش صنایع پایین‌دستی نیز بیش از ۱۱۰۰۰ واحد تولیدی وجود دارد که شمش آلومینیم خالص و آلیاژی تولید شده در بخش بالادست، مواد اولیه این صنایع را تأمین می‌کند. براساس آمارهای اعلام شده از سوی سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران و گمرک جمهوری اسلامی ایران، مصرف ظاهری شمش آلومینیم در کشور در بازه ۳۵۰ – ۳۰۰ هزار تن در سال است. میزان تولید واقعی شمش آلومینیم خالص و آلیاژی کشور در سال ۱۳۹۶ حدود ۳۳۷ هزار تن و در سال ۱۳۹۷ حدود ۲۹۷ هزار تن بوده است.

پودر آلومینا و پترولیوم کک اسفنجی مهم‌ترین مواد اولیه و مصرفی صنعت آلومینیم هستند که به طور عمده از خارج کشور تأمین می‌شوند. برای تولید هر تن شمش آلومینیم حدود ۲ تن پودرآلومینا و ۴۵۰ کیلوگرم پترولیوم کک اسفنجی (برای تولید آند) مورد نیاز است. میزان تولید پودر آلومینای کشور که در تنها واحد فعال شرکت آلومینای ایران در استان خراسان شمالی تولید می‌شود، حدود ۲۵۰ هزار تن در سال است که کمتر از ۴۰ درصد نیاز فعلی کشور را به این ماده تأمین می‌کند. همچنین به دلیل عدم تولید پترولیوم کک اسفنجی، تمام کک مورد نیاز برای آندسازی در این صنعت از طریق واردات تأمین می‌شود.

با توجه به قرار گرفتن فلز آلومینیم در لیست اقلام تحریمی، انتقال پول و بیمه کشتی برای حمل‌ونقل با چالش‌های جدی روبه‌رو شده است و عموماً مواد اولیه و مصرفی این صنعت به صورت تهاتر با شمش آلومینیم یا سایر کالاها از کشورهایی مانند هند، چین، استرالیا و سایر کشورها تأمین می‌شود.

زیرساخت‌های صنعت آلومینیم کشور با اهداف چشم‌انداز این صنعت همخوانی ندارد به طوری که به دلیل عدم وجود ذخایر کافی بوکسیت عیار بالا در ایران، تأمین ماده اولیه مورد نیاز این صنعت باید از طریق بهره‌برداری از معادن با عیار پایین، معادن بوکسیت سایر کشورها و یا واردات پودر آلومینا صورت گیرد. تنها طرح تولید پترولیوم کک اسفنجی در منطقه آزاد اروند نیز که نیاز به سرمایه‌گذاری بیش از ۱ میلیارد دلار دارد، پیشرفت فیزیکی ناچیزی داشته است و نیاز کشور به این ماده با واردات تأمین می‌شود. ظرفیت حمل‌ونقل ریلی، بنادر و تجهیزات مورد نیاز برای بارگیری مواد اولیه نیز با اهداف پیش‌بینی شده برای این صنعت همخوانی ندارد. تأمین انرژی برق یکی دیگر از نیازهای اساسی صنعت آلومینیم کشور است که به دلیل عدم سرمایه‌گذاری متناسب با نیاز کشور با چالش جدی روبه‌رو است. بنابراین تحقق چشم‌انداز کشور در صنعت آلومینیم مستلزم توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز برای انرژی، تأمین مواد اولیه و مصرفی و توسعه بازارهای داخلی و صادراتی است به طوری که در صورت عدم توجه به توسعه زیرساخت‌ها، این صنعت با چالش‌های اساسی و کاهش چشمگیر حاشیه سود مواجه خواهد شد. صنایع پایین‌دست آلومینیم نیز با چالش اصلی تأمین ماده اولیه مواجه‌اند و سیاست‌های دولت در زمینه تنظیم بازار به دلیل تمرکز بیش از حد بر کنترل قیمت‌ها موجب شده است تا مکانیزم‌های عرضه و تقاضا عمل نکنند و واسطه‌گری رونق پیدا کند.

در زنجیره ارزش آلومینیم، پسماندهای مختلفی تولید می‌شود که توجه به روش‌های کنترل و بازیابی پسماندها از اهمیت بسزایی برخوردار است. گِل قرمز، ضایعات کاتدی، سرباره چدن، سرباره آلومینیم، لجن آنودایزینگ، قراضه‌های خودرو و قوطی‌های آلومینیمی پسماندهای اصلی این زنجیره را تشکیل می‌دهند. افزایش بهره‌وری تولید، استفاده مجدد از پسماندها، دفن اصولی، بازیافت و تولید محصولات جدید از جمله راهکارهای عمده برای جلوگیری از آسیب به محیط زیست و استفاده از مواد ارزشمند موجود در پسماندهای این صنعت است.

مقدمه

در این گزارش ابتدا وضعیت جهانی صنعت آلومینیم و تحولات آن مورد بررسی قرار گرفته است. چین بازیگر اصلی بازار آلومینیم دنیاست و در صورتی که عرضه این کشور دچار تغییر شود، بازار از این مسئله به شدت متأثر خواهد شد. در زمینه تقاضای جهانی برای آلومینیم نیز، چین با سهم حدود ۵۵ درصدی در رتبه اول دنیا قرار دارد. در میان صادرکنندگان عمده آلومینیم نیز کشورهایی چون کانادا، امارات، هلند، روسیه، نروژ و استرالیا حدود ۵۰ درصد بازار دنیا را در اختیار دارند. در این میان آمریکا، آلمان، هلند، ژاپن، فرانسه و چین نیز از بزرگ‌ترین واردکنندگان این محصول به‌شمار می‌روند. در منطقه خاورمیانه نیز عربستان سعودی و امارات متحده عربی سهم عمده‌ای در واردات آلومینیم دارند. در ماه‌های اخیر، جنگ تجاری میان آمریکا و چین، و اعمال تحریم‌های ایالات متحده آمریکا علیه شرکت روسال روسیه موجب تغییرات غیرقابل پیش‌بینی در قیمت این فلز شده است.

در بخش دوم این گزارش به بررسی زنجیره ارزش آلومینیم در ایران پرداخته شده است. حلقه‌های مختلف این زنجیره اعم از استخراج معادن بوکسیت و نفلین سینیت، فراوری بوکسیت و تولید پودر آلومینا، تولید شمش آلومینیم خالص و آلیاژی و تولید محصولات آلومینیمی در صنایع پایین‌دستی مورد بررسی قرار گرفته است.

بررسی تجارت آلومینیم و محصولات مرتبط در کشور بخش دیگری از این گزارش را تشکیل می‌دهد. ایجاد یک نظام تعرفه‌ای مناسب برای تأمین مواد اولیه صنایع پایین‌دستی و بالادستی زنجیره ارزش آلومینیم و اتخاذ سیاست‌های فنی و اجرایی مناسب برای تأمین پایدار نیازهای این زنجیره از ضروریات این موضوع است.

بخش پایانی این گزارش به بازیافت پسماندها و ضایعات در زنجیره ارزش آلومینیم کشور پرداخته است. با توجه به فقدان اطلاعات و آمار شفاف در زمینه تولید پسماندها و ضایعات در زنجیره ارزش آلومینیم، عمده اطلاعات بازیافت پسماندها از طریق مشاهده‌ها و جمع‌آوری اطلاعات میدانی پژوهشگر گردآوری شده است و از آمار مربوط به صادرات و واردات ضایعات آلومینیمی نیز برای رسیدن به یک تحلیل درست کمک گرفته شده است. درنهایت اولویت‌ها و راهکارهای رفع چالش‌ها و مشکلات صنعت آلومینیم و توسعه این زنجیره در کشور مورد بررسی قرار گرفته است.

۱. بررسی وضعیت جهانی صنعت آلومینیم و تحولات آن

بررسی وضعیت تولید آلومینیم دنیا نشان می‌دهد در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال قبل از آن، ۳/۴ درصد رشد داشته است. کشورهای چین، روسیه، کانادا و امارات بالاترین میزان تولید را به خود اختصاص داده‌اند. درمجموع سال ۲۰۱۷ بالغ بر ۶۰ میلیون تن آلومینیم تولید شده است که با توجه به ظرفیت نزدیک به ۸۰ میلیون تنی آلومینیم در این سال، بیش از ۷۸ درصد ظرفیت تولید مورد استفاده قرار گرفته است. چین بازیگر اصلی تولید آلومینیم در دنیاست.

بین کشورهای تولیدکننده آلومینیم، چین با تولید ۳۱/۹ میلیون تن در سال ۲۰۱۷، رتبه نخست و بیش از نیمی از تولید جهانی را به خود اختصاص داده است. مصرف نهایی آلومینیم تولید شده در این کشور در سه حوزه ساختمان، برق و حمل‌ونقل است. سایر بخش‌ها مانند ماشین‌آلات و مواد بسته‌بندی از دیگر حوزه‌های مصرف آلومینیم در این کشور به‌حساب می‌آید. در سال ۲۰۱۷، تولید جهانی آلومینیم به بیش از ۶۰ میلیون تن افزایش یافته که چین با سهم ۵۴/۳ درصدی این میزان، بالاترین سهم از تولید را به خود اختصاص داده است. در همین سال نرخ رشد تولید این کشور ۲/۲ درصد بوده است که دلیل آن کاهش ظرفیت‌های فرسوده و غیر قابل رقابت و همچنین منع تولید واحدهای غیرقانونی از سوی دولت چین بوده است. البته باید در نظر داشت، این کشور در پنج سال آینده (تا سال ۲۰۲۱) بدون اصلاح عرضه خود، ۱۲/۲ میلیون تن پروژه تجمعی خواهد داشت. در صورتی که عرضه کشور چین کاهش پیدا کند، در سال‌های پیش رو بازار جهانی آلومینیم با کاهش عرضه مواجهه خواهد شد چرا که این کشور بازیگر اصلی عرضه‌کننده آلومینیم جهان است.

در سایر کشورها، بالاترین میزان تولید به شرکت‌های فعال در هند به‌ویژه شرکت ودانتا آلومینیم[1] بوده و این کشور در سال ۲۰۱۷ با تولید ۳/۲ میلیون تن، چهارمین کشور تولیدکننده آلومینیم در جهان بوده که رشد ۱۷/۶ درصدی نسبت به سال گذشته داشته است. دلیل اصلی این مسئله، راه‌اندازی مجتمع ۱/۲۵ میلیون تنی ودانتا بوده است. همچنین تعدادی از واحدهای تولیدی که مشکلاتی نظیر تأمین انرژی برق را طی سال ۲۰۱۶ تجربه کرده بودند مورد بازسازی قرار گرفته و درنتیجه تولید سال ۲۰۱۷ در این کشور روندی صعودی داشته است. کشور استرالیا با کاهش ۸/۶ درصدی به تولید ۱/۴۹۰ میلیون تن آلومینیم در سال ۲۰۱۷ رسید. دلیل این کاهش تولید، مشکلات تأمین انرژی برق در شرکت آلومینیم پورتلند[2] واقع در ویکتوریا[3] بوده است. قبل از مشکلات تأمین انرژی برق، واحد ذوب این کارخانه، نزدیک به ۸۵ درصد ظرفیت اسمی خود یعنی ۳۵۸,۰۰۰ تن تولید داشت. همچنین بالا رفتن قیمت برق مصرفی،

1. Vedanta Aluminum
2. Alcoa Portland Aluminum
3. Victoria

به کاهش تولید به میزان ۱۴ درصد در جزیره بوینه اقیانوس پاسیفیک[1] در این کشور منجر شد. همچنین برخی واحدها مانند واحد ۱۸,۰۰۰ تنی کوری کوری[2] در سال ۲۰۱۲ و واحد ۱۸۵,۰۰۰ تنی آلکوا پویت هنری[3] در سال ۲۰۱۴ به دلیل نرخ بالای مصرف برق تعطیل شده‌اند.

تولید آلومینیم آمریکا در سال ۲۰۱۷ برای پنجمین سال متوالی روند کاهشی را طی کرده است به طوری که نسبت به سال ۲۰۱۶ کاهش ۱۲ درصدی و نسبت به سال ۲۰۱۲ کاهش ۶۴ درصدی را تجربه کرده است. این کمترین میزان سطح تولید از سال ۱۹۵۱ است یعنی زمانی که این کشور تولیدی ۷۵۹ هزار تنی داشته است. در همین راستا در ۲۷ آوریل ۲۰۱۷، آقای ترامپ، رئیس‌جمهور آمریکا، سندی را امضا کرد که به موجب آن به وزیر بازرگانی آمریکا دستور داده شده بود تا تحقیقاتی در حوزه واردات آلومینیم صورت گیرد تا در صورتی که واردات، امنیت ملی کشور را به خطر می‌اندازد از طریق وضع تعرفه، ورود آلومینیم را به میزانی برسانند که این خطر مرتفع شود. این مسئله منجر شد تا رئیس‌جمهور آمریکا در تاریخ ۸ مارس ۲۰۱۸، دو ابلاغیه صادر کند که براساس آن تعرفه‌هایی به میزان ۲۵ و ۱۰ درصد، به ترتیب بر مواد فولادی و آلومینیمی وضع شود. در سال ۲۰۱۷ ارزش واردات آلومینیم و محصولات مرتبط با آن از چین بالغ بر ۳/۴ میلیارد دلار بوده است که تقریباً ۳۰ درصد کل واردات را تشکیل می‌دهد. درنتیجه وضع تعرفه بر واردات چین از طریق افزایش قیمت واردات، تأثیر منفی بر صادرات آلومینیم چین گذاشت. بررسی روند تولید آلومینیم در کشور آمریکا حاکی از روند صعودی تولید در سال‌های آینده خواهد بود. این موضوع از دو جهت قابل تأیید است:

۱. در سال ۲۰۱۷ کوره‌های ذوب آمریکا با ۳۷ درصد ظرفیت ۲ میلیون تنی در سال کار می‌کردند. در جولای ۲۰۱۷ آلکوا اعلام کرد که این شرکت قصد دارد در مورد وضعیت واحد ۲۶۹ هزار تنی وارک ویک در ایالت ایندیانا تجدید نظر کند که در سال ۲۰۱۶ به طور کامل تعطیل شده بود.

۲. پس از اجرای تعرفه‌ها از ماه مارس، شرکت آلومینیمی سنتوری[4] اعلام کرد که قادر خواهد بود تا سال ۲۰۱۹ بیش از ۱۰۰ میلیون دلار سرمایه‌گذاری برای تولید دوباره و البته ارتقای تکنولوژی‌های موجود در واحد هویز ویلی و کنتاکی[5] انجام دهد که نتیجه آن، تولیدی به میزان ۲۶۵ هزار تن محصول و بیش از ۳۰۰ شغل خواهد بود.

جدول زیر تغییرات تولید آلومینیم در سال ۲۰۱۷ را نسبت به سال ۲۰۱۶ نشان می‌دهد.

1. Pacific Aluminum’s Boyne Island
2. Kurri Kurri
3. Alcoa Point Henry
4. Century Aluminum
5. Hawesville and Kentucky

جدول ۱. تولید آلومینیم دنیا در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷

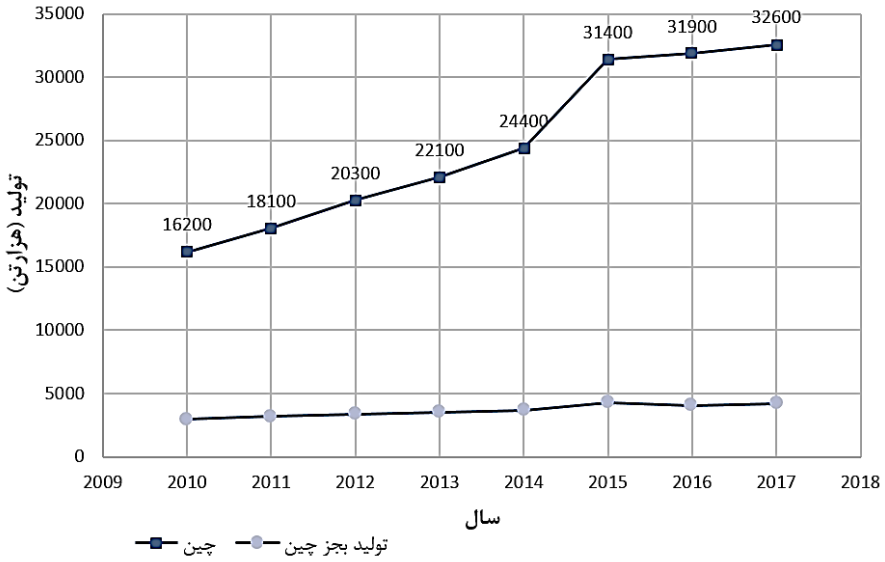
کشور	تولید (میلیون تن)		درصد تغییر تولید ۲۰۱۷ – ۲۰۱۶	سهم کشور از تولید دنیا (درصد)	ظرفیت تولید سال ۲۰۱۷	ظرفیت استفاده شده در ۲۰۱۷ (درصد)
	۲۰۱۶	۲۰۱۷				
چین	۳۱/۹	۳۲/۶	۲/۲	۵۴/۳	۴۴/۵	۷۳/۳
روسیه	۳/۵۶	۳/۷۱	۱/۱	۶	۳/۹۰	۹۲/۳
کانادا	۳/۲۱	۳/۲۱	۰	۵/۴	۳/۲۷	۹۸/۲
امارات	۲/۶۰	۲/۵۰	۴	۴/۳	۲/۶۰	۱۰۰
هند	۲/۲۷	۳/۲۰	۱۷/۶	۵/۳	۳/۶۰	۸۸/۹
استرالیا	۱/۶۳	۱/۴۹	-۸/۶	۲/۵	۱/۷۲	۸۶/۶
نروژ	۱/۲۲	۱/۲۲	۰	۲	۱/۵۵	۷۸/۷
بحرین	۰/۹۷	۰/۹۶	-۱/۱	۱/۶	۱/۰۵	۹۱/۴
ایسلند	۰/۸۵	۰/۸۷	۱/۸	۱/۵	۰/۸۷	۱۰۰
آمریکا	۰/۸۴	۰/۷۴	-۱۲	۱/۲	۲	۳۷
برزیل	۰/۷۹	۰/۸۰	۰/۹	۱/۳	۱/۴۰	۵۷/۱
عربستان	۰/۷۴	۰/۷۴	۰	۱/۳	۰/۷۴	۱۰۰
آفریقای جنوبی	۰/۶۹	۰/۷۱	۲/۴	۱/۲	۰/۷۲	۹۹/۲
مالزی	۰/۶۲	۰/۷۶	۲۲/۶	۱/۳	۰/۷۶	۱۰۰
سایر کشورها	۵/۷۴	۶/۵۰	۱۳/۱	۱۰/۸	۹/۷۰	۶۷
جمع کل	۵۸	۶۰	۳/۴	۱۰۰	۷۶/۹	۷۸

Source: https://www.worldstopexports.com

۱-۱. چین، بازیگر اصلی بازار آلومینیم دنیا

بررسی روند بلندمدت تولید آلومینیم در جهان نشان می‌دهد که عرضه‌کننده اصلی این بازار کشور چین است و با ثابت بودن تقاضای بازار در صورتی که عرضه چین دچار تغییر شود قیمت محصولات در این بازار تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بنابراین چین مهم‌ترین و اثرگذارترین بازیگر این بازار است. نمودار زیر به خوبی روند رشد بلندمدت تولید آلومینیم برای کشور چین و سایر کشورها را برای سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷ نشان می‌دهد.

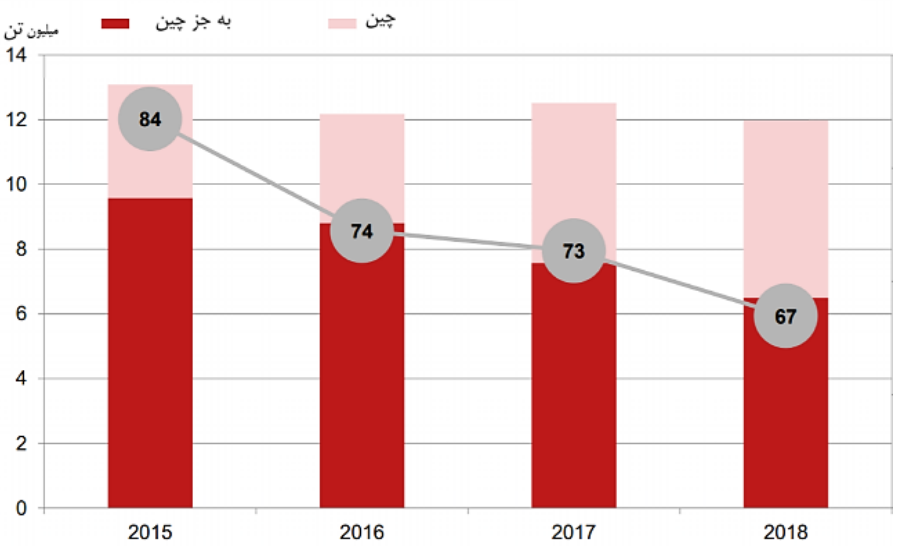
نمودار ۱. تولید آلومینیم چین و سایر کشورها در سال‌های ۲۰۱۸ – ۲۰۰۹ (هزارتن)



Source: https://www.world-aluminium.org

براساس آمار و مطالعات موجود، میزان انباشت سرمایه در کشورهای جهان به غیر از چین همواره کاهش داشته است. همان‌گونه که از نمودار ۲ مشخص است، چین در سال ۲۰۱۸ با ۱۲ میلیون تن، تقریباً دو برابر کشورهای دیگر انباشت سرمایه داشته به طوری که از ۲۷ درصد سال ۲۰۱۷ به میزان ۳۳ درصد در سال ۲۰۱۸ رسیده است. این آمار تأییدکننده این ادعاست که تولیدکننده اصلی این بازار در آینده چین خواهد بود و سیاست‌های سمت عرضه این کشور تأثیر چشمگیری بر بازار آلومینیم خواهد گذاشت.

نمودار ۲. انباشت سرمایه در چین و سایر کشورها

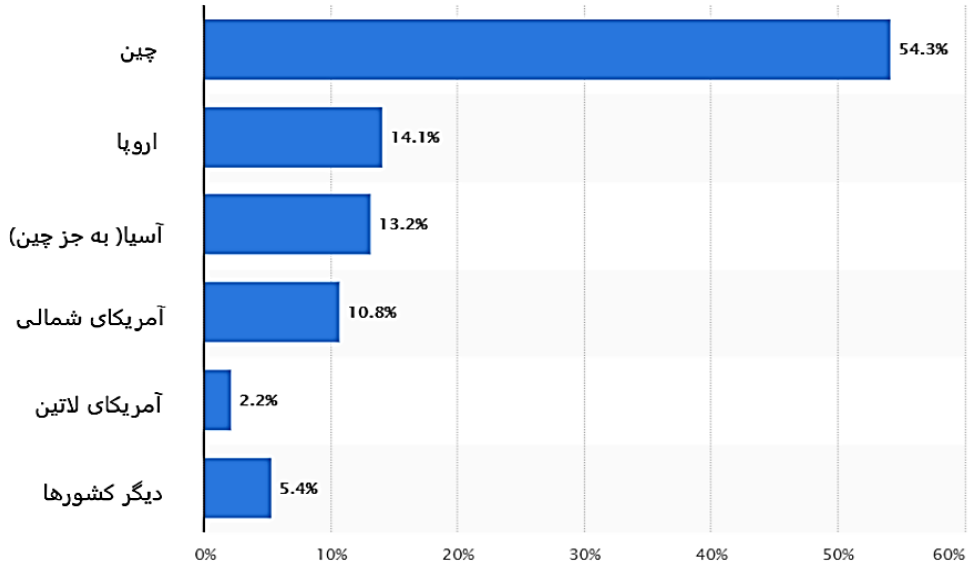


Source: Aluminium Market Outlook 2018 CRU Group North America.

۲-۱. تقاضای جهانی آلومینیم

نگاهی به آمارهای تقاضای جهانی آلومینیم نشان می‌دهد که چین با سهمی ۵۴/۳ درصدی تا سال ۲۰۱۸، بیشترین سهم را از کل تقاضای جهانی آلومینیم به خود اختصاص داده است. بعد از آن، کشورهای اروپایی و سپس آسیایی بالاترین میزان تقاضا را برای این فلز باارزش دارند.

نمودار ۳. تقاضای جهانی برای آلومینیم

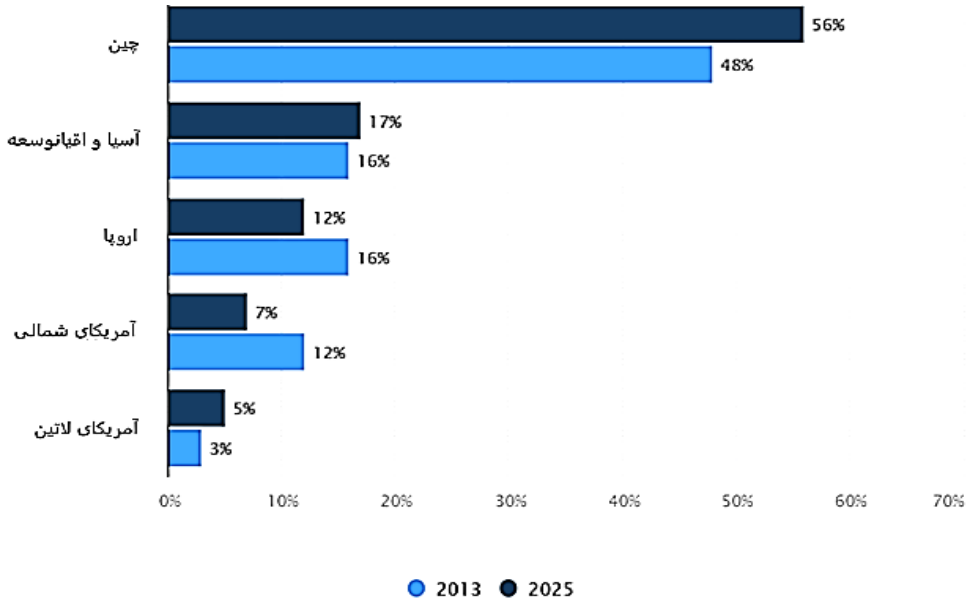


Source: https://www.Statista.com

براساس نتایج برخی آمارهای منتشر شده،[1] سهم عمده مصرف آلومینیم جهان در سال ۲۰۱۳ و ۲۰۲۵ متعلق به کشور چین خواهد بود. به طوری که سهم چین از ۴۸ درصد سال ۲۰۱۳ به میزان ۵۶ درصد در سال ۲۰۲۵ خواهد رسید. نمودار زیر نشان می‌دهد، مصرف‌کنندگان اصلی آلومینیم در جهان در سال‌های بین ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۵ چه کشورهایی بوده‌اند و خواهند بود. براساس نتایج، پیش‌بینی می‌شود اروپا در سال ۲۰۲۵ حدود ۱۲ درصد از مصرف آلومینیم جهان را به خود اختصاص دهد، درصدی که نسبت به سال ۲۰۱۳ کاهش ۴ درصدی را نشان می‌دهد. این درحالی است که تقاضای کشور چین، آسیا، اقیانوسیه و آمریکای لاتین برای مصرف آلومینیم افزایشی خواهد بود که این می‌تواند به دلیل وجود ظرفیت‌های رشد اقتصادی برای این کشورها و به تبع آن افزایش تقاضا برای آلومینیم در سال‌های آینده باشد.

1. https://www.statista.com

نمودار ۴. سهم تقاضای آلومینیم کشورها در سال ۲۰۱۳ و ۲۰۲۵



Source: Ibid.

۳-۱. روند تغییرات موارد مصرف آلومینیم

فلز آلومینیم جایگاه ویژه‌ای در صنایع پیشرفته و مدرن دارد. ساختارهای آلیاژهای مقاوم آلومینیم، اعتماد و اطمینان در استفاده از آن را در صنایع هوافضا دوچندان کرده است. قوانین کاهش آلایندگی خودروها و الزامات کاهش مصرف سوخت، خودروسازان را به استفاده از این فلز نسبتاً سبک در محصولات خود ملزم کرده است. صنایع حمل‌ونقل ریلی الکتریکی، تجهیزات مخابراتی، احداث ساختمان، ظروف غذا و بسته‌بندی از جمله دیگر موارد مصرف این فلز هستند. ازاین‌رو راهبردهای جهانی، افزایش ظرفیت‌های تولید متناسب با نیاز بازار مصرف بوده است. متناسب با افزایش ظرفیت تولید، میزان پسماند و ضایعات تولیدی نیز افزایش خواهد یافت. جدول ۲ کاربرد آلومینیم و ضایعات تولیدی در بخش‌های مختلف را نشان می‌دهد[۱].

جدول ۲. کاربرد آلومینیم و ضایعات تولیدی در بخش‌های مختلف

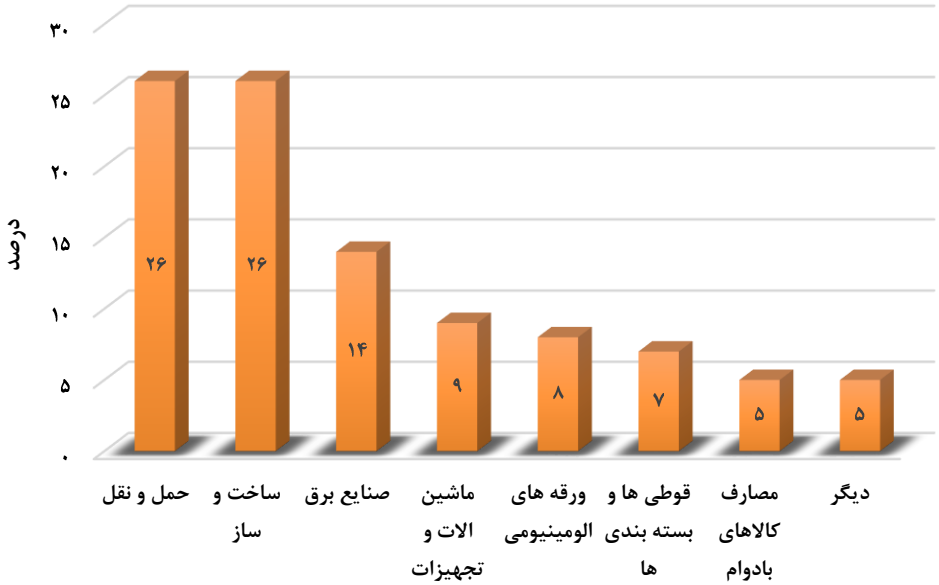
کاربردها	ضایعات و پسماندها
صنعت حمل‌ونقل	اسقاط بدنه خودرو و هواپیما
ساختمان	اسقاط درب و پنجره‌های آلومینیمی
بسته‌بندی	قوطی‌های نوشابه، آبمیوه و فویل آلومینیمی
صنعت الکترونیک	اسقاط قطعات آلومینیمی موجود در تلفن همراه، رایانه و لوازم برقی خانگی
ماشین‌آلات و تجهیزات	اسقاط شابلون لدر، کوپلینگ، راکتورها و ...
سایر مصارف	خطوط انتقال الکتریکی و صنعت آنودایزینگ

مأخذ: نوتاش (۱۳۸۴).

۱. محمدرضا نوتاش، جهان آلومینیم و جایگاه ایران در افق چشم‌انداز ۱۴۰۴، فصلنامه توسعه تکنولوژی، ۱۳۸۴.

با نگاهی به آمار موارد مصرف آلومینیم می‌توان گفت که بخش ساخت‌وساز، حمل‌ونقل و صنایع برق از مهم‌ترین بخش‌های تقاضاکننده برای مصرف و به نوعی نیروی محرک تقاضای جهانی برای آلومینیم هستند. به طوری که این بخش‌ها به ترتیب سهمی به میزان ۲۶، ۲۶ و ۱۴ درصد را به خود اختصاص داده‌اند.

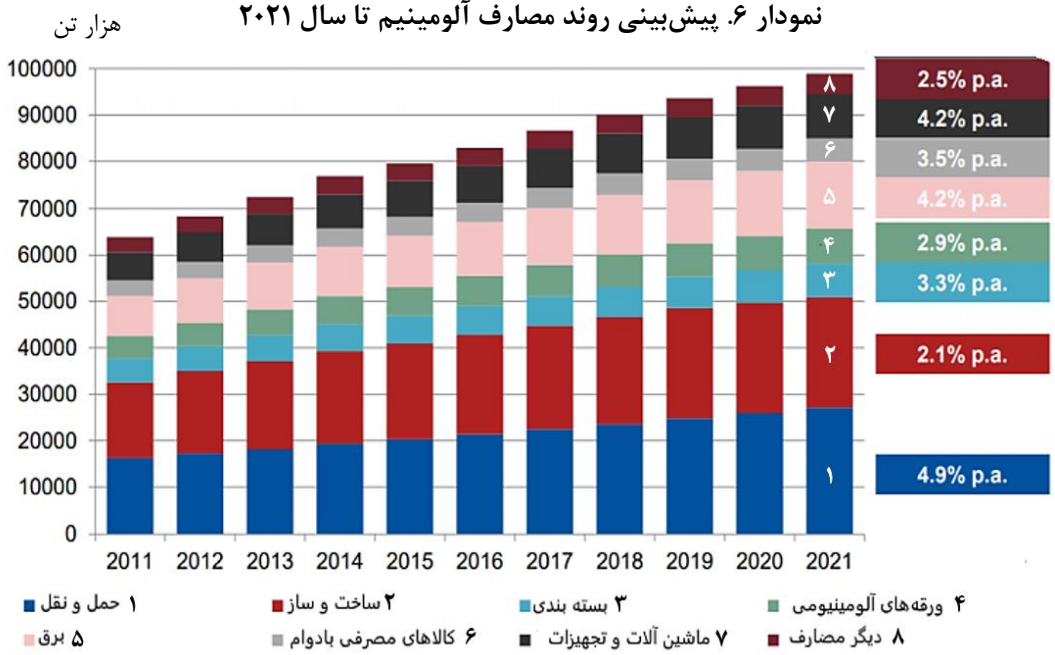
نمودار ۵. موارد مصرف آلومینیم دنیا در سال ۲۰۱۷



Source: Ibid.

براساس برخی مطالعات صورت گرفته از سوی نهادهای معتبر در جهت تخمین میزان تقاضای بخش‌های مختلف برای آلومینیم می‌توان گفت که صنعت خودرو، نیروی محرکه بخش تقاضا تا چشم‌انداز سال ۲۰۲۱ خواهد بود که البته دور از انتظار نیست، چرا که امروزه با وجود رقابت‌های جهانی، تولیدکنندگان خودرو با رقابت‌های جدیدی مواجه شده‌اند، تولیدات آنها باید آلودگی کمتری ایجاد کند و به سادگی مجدداً به چرخه تولید بازگردند، بدون اینکه امنیت و راحتی آن کاهش یابد. همچنین روند تولیدات باید با افزایش کارایی خودرو و کاهش هزینه‌های جاری همراه باشد. چرا که براساس آمارها هر ۱۰۰ کیلوگرم کاهش وزن، سبب می‌شود که سوخت مصرفی به میزان ۰/۶ لیتر در هر ۱۰۰ کیلومتر کاهش یابد. آلومینیم عامل اساسی برای کاهش وزن است. این کاهش وزن باعث افزایش بهره‌وری و مصرف کمتر سوخت در خودرو شده است.

نمودار ۶. پیش‌بینی روند مصارف آلومینیم تا سال ۲۰۲۱



Source: Aluminium Market Outlook 2018 CRU Group North America.

۴-۱. تعادل بازار جهانی

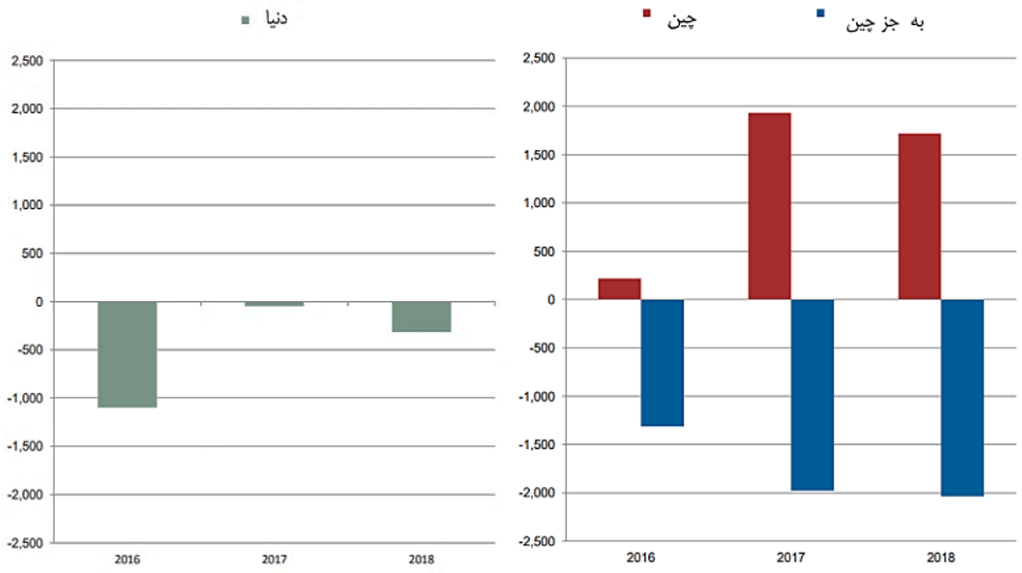
براساس گزارش آلکوا، کشور چین به دلیل مسائل زیست‌محیطی و آلودگی به دنبال کاهش ظرفیت‌های آلاینده است و دولت این کشور در این راه اقدامات جدی انجام داده است. همچنین براساس این گزارش، کشورهای آسیایی، مازاد عرضه خود را از ۱/۵ به ۱/۷ میلیون تن در سال ۲۰۱۸ خواهند رساند. هرچند اثر کاهش ظرفیت چین مهم خواهد بود اما تولیدات این کشور در سال‌های گذشته روندی افزایشی (هرچند ناچیز) داشته است که همین میزان رشد، برای رشد سالیانه ۴/۵ درصد صادرات این کشور کافی بوده است. با وجود کاهش ظرفیت‌های آلاینده در برخی شهرهای کوچک چین، گزارش‌ها حاکی از ایجاد ظرفیت در شهرهای مختلف دیگر است، به طوری که براساس گزارشی از رویترز به نقل از تحلیلگران بی‌نام، تولید آلومینیم چین در ماه دسامبر در مقایسه با نوامبر رشد داشته است و دلیل این رشد ایجاد ظرفیت‌های جدید ذوب در استان جنوبی گوانجی و مغولستان توسط شرکت آلومینیم چینی[1] بوده است که این مناطق شامل کاهش ظرفیت به دلیل آلایندگی نمی‌شوند.

آمار منتشر شده از سوی NBS، نشان می‌دهد که در پنج ماه اول سال ۲۰۱۸، تولید آلومینیم چین به میزان ۱۳/۶ میلیون تن، ۱/۴ درصد افزایش داشته است. افزایش تولید نشان از پروژه‌های جدیدی دارد که از ماه ژانویه تا ماه آوریل، در این کشور آغاز شده است. بازار چین حتی در تعطیلات تابستانی و اصلاحات طرف عرضه در سال ۲۰۱۷ بالغ بر ۱/۹ میلیون تن مازاد داشته است که این رقم برای سال

1. Chinalco

۲۰۱۸ به میزان تقریبی ۱/۶ میلیون تن پیش‌بینی شده است. بنابراین انتظار بر این است که صادرات آلومینیم چین برای ماه‌های انتهایی سال ۲۰۱۸ افزایشی باشد، چراکه میزان تقاضا در کشور چین نیز چشمگیر نیست و این درحالی است که ظرفیت‌های آلومینیم چین در وضعیت مناسبی قرار دارد. کاهش ظرفیت در چین به دلیل مسائل آلایندگی ممکن است دقیقاً چیزی باشد که کشورهای دنیا به دنبال آن، یعنی کاهش پایدار ظرفیت در چین، هستند. نمودار ۷ تعادل بازار جهانی آلومینیم برای سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد. همان‌گونه که از نمودار پیداست، کشور چین طی سال‌های گذشته همواره بیش از تقاضای خود، تولید داشته است بنابراین عموماً با مازاد عرضه روبه‌رو بوده است. این درحالی است که سایر کشورهای دنیا به جز چین، وضعیتی عکس این کشور را تجربه کرده‌اند، به طوری که برای سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸ به طور متوسط مازاد تقاضایی به میزان تقریبی یک میلیون و ۵۰۰ هزار تن داشته‌اند.

نمودار ۷. تعادل بازار جهانی آلومینیم



Source: Ibid.

درمجموع، عرضه و تقاضا در بازار جهانی آلومینیم، روند و رشدی تقریباً برابر داشته است که البته انتظار بر این است که در سال ۲۰۱۸ میزان تقاضا به اندازه ۵۳۸ هزارتن بیش از تولیدات جهانی باشد که این خود می‌تواند محرک رشد قیمت‌ها باشد.

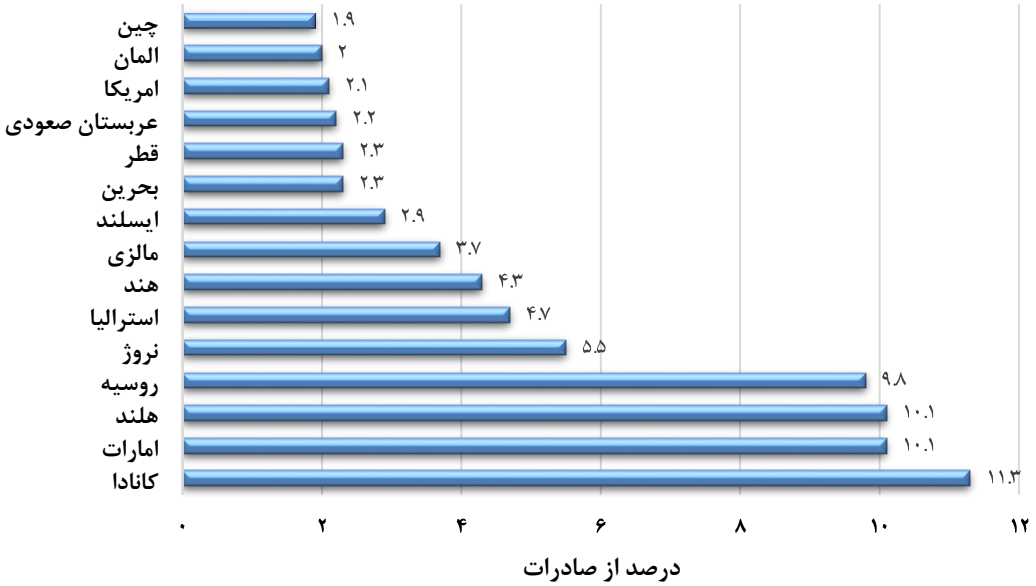
نمودار ۸. تعادل عرضه و تقاضای آلومینیم در بازار جهانی

Source: Ibid.

۵-۱. کشورهای برتر صادرکننده آلومینیم

کشورهای نشان داده شده در نمودار ۹، ۷۵ درصد صادرات آلومینیم جهان را در سال ۲۰۱۷ به خود اختصاص داده‌اند؛ یعنی سه چهارم کل صادرات این فلز با ارزش متعلق به کشورهای کانادا، هلند، نروژ، هند، ایسلند، قطر، آمریکا و چین بوده است. همان‌گونه که مشخص است کانادا با داشتن سهم ۱۱/۳ درصدی از کل صادرات، بیشترین میزان را به خود اختصاص داده است. هلند و نروژ نیز با سهمی برابر یعنی ۱۰/۱ درصد، در جایگاه دوم و سوم قرار گرفته‌اند.

نمودار ۹. سهم صادرکنندگان عمده آلومینیم در دنیا



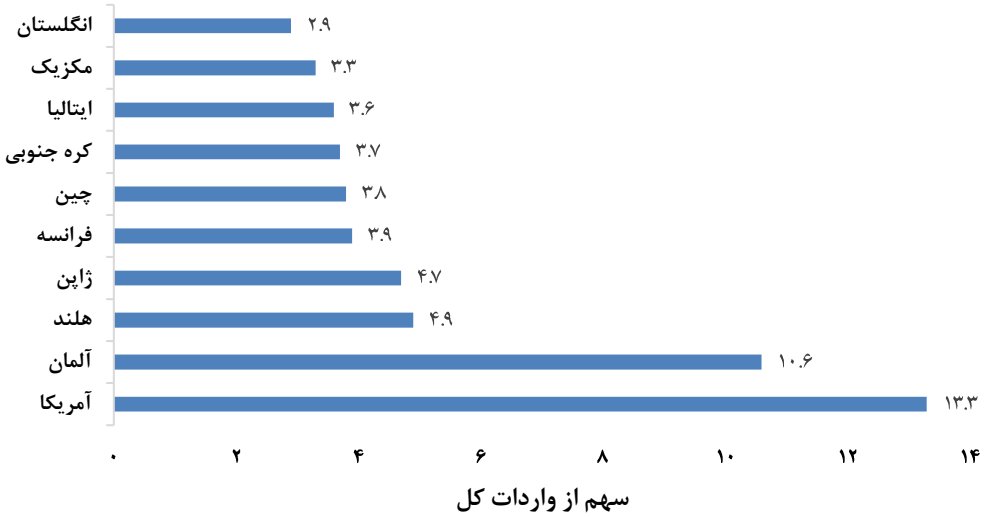
Source:worldsrichestcountries

بررسی سایر آمارها در حوزه صادرات آلومینیم نشان می‌دهند که کشورهای بحرین (رشد ۴۷۴/۱ درصدی)، امارات (رشد ۲۶۲/۵ درصدی)، عربستان سعودی (رشد ۲۴۰/۷ درصدی) و هند با (رشد ۱۵۷/۲ درصدی) بیشترین نرخ رشد صادرات را از سال ۲۰۱۳ داشته‌اند.

۶-۱. واردات جهانی آلومینیم

براساس آمارهای اعلامی ارزش دلاری واردات کل جهان در سال ۲۰۱۷ معادل ۱۷۶/۲ میلیارد دلار بوده است که کشورهای آمریکا و آلمان همانند سال ۲۰۱۶ بالاترین سهم را از کل واردات جهان داشته‌اند. به طوری که برای سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ میزان ارزش دلاری واردات آلومینیم برای کشور آمریکا از ۸/۱۶ میلیارد دلار به ۲۳/۴ میلیارد دلار رسیده است البته سهم این کشور از کل واردات جهان از ۱۷/۶ درصد سال ۲۰۱۶ به ۱۳/۳ درصد در سال ۲۰۱۷ رسیده است. انتظار بر این است که با وضع تعرفه‌های جدید بر واردات این صنعت و همچنین افزایش ظرفیت در تولیدات داخلی، روند واردات آلومینیم برای این کشور طی سال‌های پیش رو کاهشی باشد.

نمودار ۱۰. سهم واردکنندگان عمده آلومینیم در دنیا

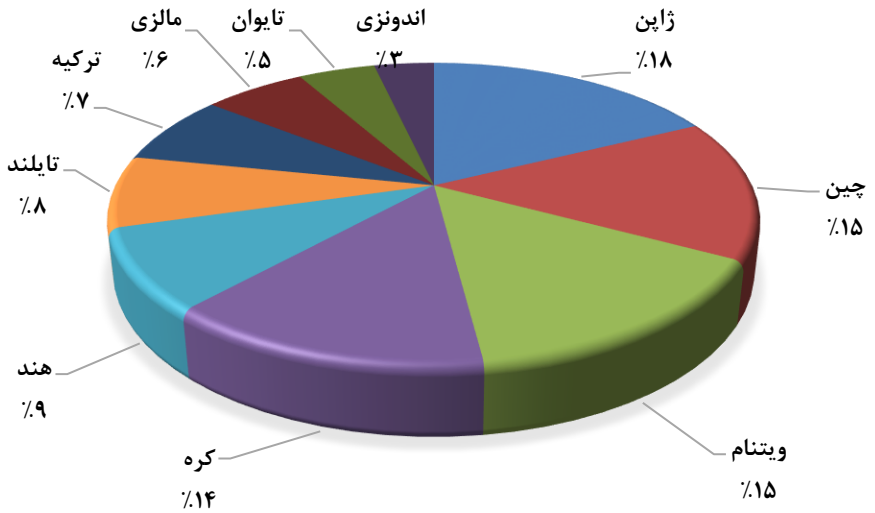


Source: Ibid.

۱-۶-۱. واردات کشورهای آسیایی

آمارها نشان می‌دهد که کشورهای آسیایی در سال ۲۰۱۷ وارداتی به ارزش ۴۳/۴ میلیارد دلار داشته‌اند که به صورتی ارزشی، سهمی برابر با ۲۵ درصد از کل ارزش واردات جهان را نشان می‌دهد.

نمودار ۱۱. توزیع واردات آلومینیم به کشورهای آسیایی



Source: worldsrichestcountries

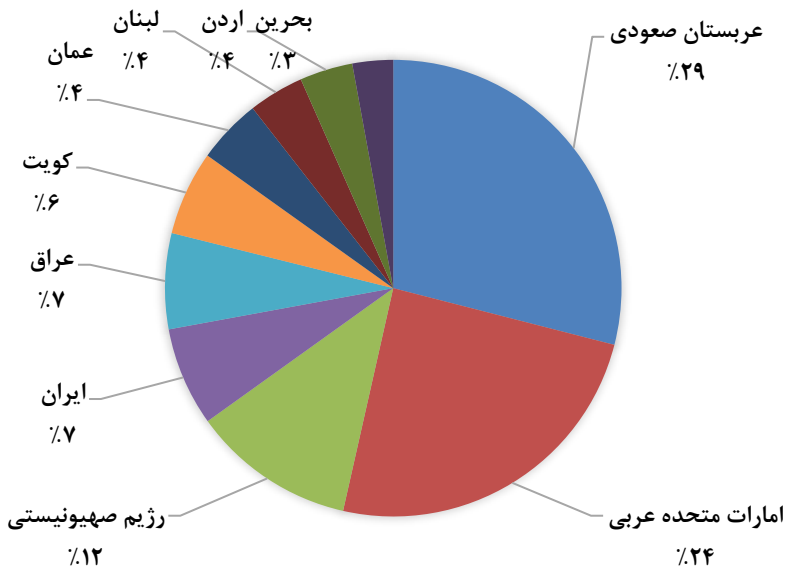
همان‌گونه که از نمودار ۱۱ مشخص است، کشورهای ژاپن، چین، ویتنام و کره‌جنوبی، بالاترین میزان واردات را از نظر ارزش دلاری به خود اختصاص داده‌اند.

۷-۱. صنعت آلومینیم در خاورمیانه

برای سال‌های متمادی اقتصاد کشورهای خاورمیانه با صنعت نفت خو گرفته است. با این حال، در دهه گذشته، به دنبال تنوع اقتصادی، منطقه بر بخش‌های غیرنفتی متمرکز شده است. صنعت آلومینیم یکی از این صنایع است. آلومینیم با حضور تعدادی از بازیگران بزرگ این صنعت که دارای رقابت جهانی هستند، به‌ویژه اعضای شورای همکاری خلیج‌فارس، به صنعتی چند میلیارد دلاری در خاورمیانه تبدیل شده است.

تولید آلومینیم کشورهای عضو شورای همکاری خلیج‌فارس (عربستان سعودی، امارات متحده عربی، بحرین، عمان و قطر)، ۱۰ درصد کل تولید جهانی را تشکیل می‌دهد که ۴۰ درصد از کل تولید آلومینیم منطقه توسط صنایع پایین‌دست آن مورد استفاده قرار می‌گیرد و ۶۰ درصد دیگر به سراسر جهان صادر می‌شود. امارات متحده عربی بزرگ‌ترین تولیدکننده آلومینیم خاورمیانه است که سرمایه‌گذاری به میزان ۲۲ میلیارد دلار در این صنعت انجام داده است. صنایع آلومینیم در خاورمیانه با گسترش دامنه و امکانات خود، به افزایش تجارت خارجی، ایجاد اشتغال بیشتر و گسترش اقتصاد منطقه‌ای کمک کرده است. امارات متحده عربی در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۲۰۱۶ رشدی به میزان ۴ درصد را تجربه کرده است و از محدود کشورهای دنیاست که همه ظرفیت تولیدی خود را به کار گرفته است. سهم این کشور از کل تولیدات جهانی آلومینیم ۴/۳ درصد است که در میان کشورهای تولیدکننده آلومینیم بعد از سه کشور چین، روسیه و کانادا در مقام چهارم جهان قرار گرفته است. آمارهای کشورهای خاورمیانه نشان می‌دهند که این منطقه در مجموعه وارداتی به ارزش ۴/۷ میلیارد دلار داشته‌اند که در این بین کشورهای عربستان سعودی و امارات متحده بالاترین میزان واردات را به خود اختصاص داده‌اند.

نمودار ۱۲. سهم کشورهای منطقه در واردات آلومینیم



Source: worldsrichestcountries

رهبران صنعتی شورای هماهنگی خلیج‌فارس دائماً در حال شناسایی فرصت‌هایی برای ورود به بازارهای جدید و معرفی محصولات آلومینیمی هستند. عوامل متعددی در رشد این صنعت در خاورمیانه با توجه به رقابت جهانی وجود دارد:

۱. طیف وسیعی از صنایع مانند ساخت‌وساز، حمل‌ونقل، هوافضا، حمل‌ونقل هوایی، بسته‌بندی و سایر صنایع در منطقه در حال رشد است که همگی به نوعی از فلز آلومینیم استفاده می‌کنند.

۲. منطقه خاورمیانه نسبت به سایر کشورهای جهان از مزیت رقابتی ذخایر عظیم مواد خام و انرژی ارزان (برق و گاز طبیعی) برخوردار است.

۳. منطقه خاورمیانه از زیرساخت‌های لازم برای حمل‌ونقل و تجارت برخوردار است.

۴. خاورمیانه دارای معادن ماده اولیه تولید آلومینیم است که از فناوری‌های پیچیده و پیش رو استفاده می‌کنند که نتیجه آن کاهش مصرف انرژی، کاهش هزینه‌های تولید و انعطاف‌پذیری قیمت‌ها در بازار جهانی است.

۵. وجود نیروی کار ماهر و ارزان.

۶. وجود پتانسیل رشد اقتصادی و به تبع آن افزایش تقاضای اقتصادهای بزرگ خاورمیانه از طریق ارتقای چشم‌انداز تقاضای صنایع بالادست، پتانسیل رشد تقاضا برای آلومینیم را به‌وجود آورده است.

۸-۱. روند تغییرات قیمت آلومینیم در جهان

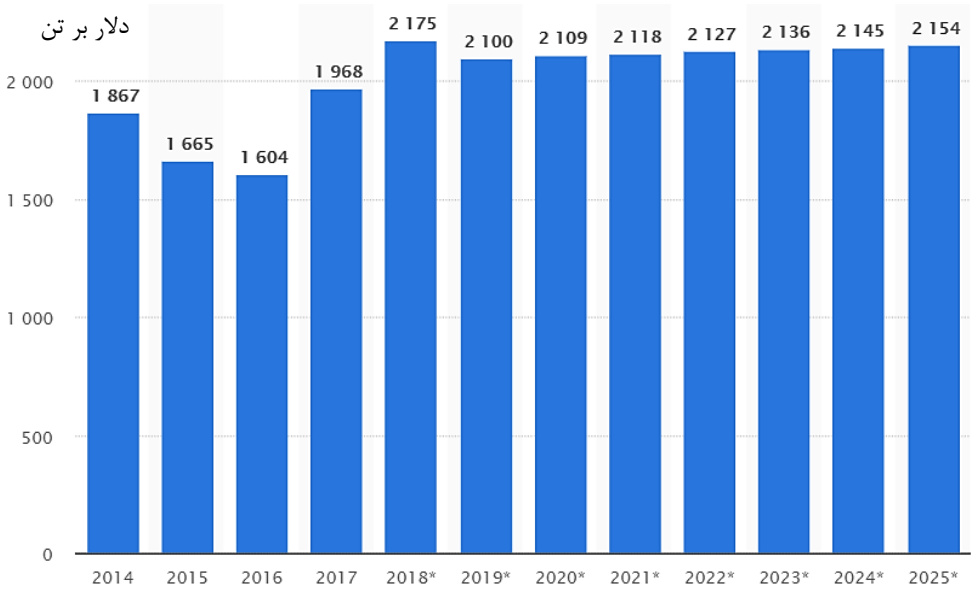
در سال ۱۹۷۸ بورس فلزات لندن، قراردادهای آلومینیم اولیه را راه‌اندازی کرد. این رویداد به استقبال شرکت‌های تازه‌وارد به این صنعت منجر شد زیرا علاوه بر تولید و تحویل شمش به مشتریان ثابت خود، امکان فروش مازاد تولید در بازار براساس نرخ منصفانه بر مبنای قوانین عرضه و تقاضا برای این شرکت‌ها فراهم شد. تا قبل از شروع بحران مالی سال ۲۰۰۸ میلادی، عملکرد انبارهای بورس فلزات لندن به صورت منطقی ادامه داشت و میزان موجودی آلومینیم آنها همواره کمتر از یک میلیون تن بود اما پس از بحران مالی به دلیل هزینه‌های پایین اجاره انبار، افزایش جذابیت‌های سرمایه‌گذاری این فلز و هزینه تمام شده بالا برای واحدهای ذوب، میزان موجودی انبارها با سرعت زیادی رو به افزایش گذاشت و به رقمی در حدود چهار میلیون تن رسید. در این زمان، فرایند ورود شمش به انبار، بسیار ساده‌تر از خروج و تحویل شمش بود؛ درضمن، قیمت آلومینیم اولیه بسیار پایین بود و در بسیاری موارد واحدهای ذوب، شمش را با نرخ‌هایی کمتر از هزینه تمام شده به فروش می‌رساندند. با توجه به هزینه‌های پایین انبارداری، بسیاری از انبارها تصمیم گرفتند که فقط به میزان حداقل تناژ تحویلی که توسط بورس فلزات لندن تعیین شده بود، نسبت به فروش شمش اقدام کنند.

درحالی که میزان تقاضای بازار به طور روزافزون در حال افزایش بود، تعداد بسیار زیادی از واحدهای ذوب در سراسر جهان به دلیل هزینه‌های بالای تولید و قیمت انرژی و قوانین زیست‌محیطی و جریمه‌های

آن، تعطیل شدند. در چنین شرایطی انبارها فقط با قیمت‌های بالاتر حاضر به عرضه مازاد می‌شدند که نتیجه آن رشد پریمیوم‌های[1] جهانی بود. در شرایط حاضر نیز تحولات سمت عرضه به خصوص در کشور چین و همچنین افزایش تعرفه‌ها می‌توانند از دلایل افزایش سطح قیمت‌ها و رشد پریمیوم‌های جهانی به شمار بروند.

براساس برخی پیش‌بینی‌ها، متوسط قیمت آلومینیم از سال ۲۰۱۸ تا سال‌های ۲۰۲۵ میزانی بیش از مقدار متوسط آن برای سال‌های قبل از ۲۰۱۸ است. یکی از دلایل این روند را می‌توان سیاست‌های سمت عرضه کشور چین به دلیل قوانین مرتبط با مسائل زیست‌محیطی و همچنین محدودیت‌ها و هزینه‌های بالای تولید و انرژی در برخی کشورها عنوان کرد که سمت عرضه بازار را با محدودیت‌هایی مواجه خواهد ساخت. از طرفی چشم‌انداز سمت تقاضا در جهان برای آلومینیم به دلیل افزاش کارایی و استفاده آلومینیم در تولید کالاها، مثبت پیش‌بینی شده است، درنتیجه برایند این دو نیرو می‌تواند در جهت افزایش قیمت‌ها عمل کند.

نمودار ۱۳. روند تغییرات قیمت جهانی آلومینیم و پیش‌بینی قیمت در سال‌های آینده



Source: https://www.statista.com

۱-۸-۱. تحولات قیمتی در سال ۲۰۱۸

در سال ۲۰۱۸، به دلیل جنگ تجاری میان آمریکا و سایر کشورها، قیمت فلزات از جمله آلومینیم تحت فشار و نوسان بوده است. تلاش‌های رئیس‌جمهور آمریکا برای کاهش کسری تجاری ایالات متحده و افزایش ظرفیت تولیدات داخلی، نگرانی از وضع تعرفه‌های جدید و یا افزایش آن، بالاتر رفته به طوری که حتی برخی کشورها شروع به جنگ تجاری با این کشور کرده‌اند. وجود نااطمینانی به آینده،

۱. پریمیوم، مازاد قیمت پرداختی بر نرخ بورس لندن است که شامل هزینه حمل، مالیات، هزینه انبارداری و صرفه اقتصادی آن است.

سرمایه‌گذاران و تولیدکنندگان این صنعت را دچار سردرگمی کرده است، به طوری که در سال ۲۰۱۸ قیمت فولاد و حق بیمه آلومینیم در ایالات متحده به دلیل تعرفه‌های وضع شده از سوی ترامپ، افزایش یافته است و همین موضوع می‌تواند تولیدات این بخش را با چالش مواجه سازد. براساس نظر برخی کارشناسان، تعرفه‌های ۱۰ درصدی برای آلومینیم صرفاً یک حمایت نمادین خواهد بود چراکه آنچه در بلندمدت تولیدات این بخش را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد، عرضه انرژی برق و قیمت آلومینیم و پریمیوم قیمتی آن است.

تحریم شرکت روسال روسیه (دومین شرکت بزرگ آلومینیم جهان) همراه با اختلالات عرضه در کشور برزیل، قیمت آلومینا را در سال ۲۰۱۸ افزایش داده است به طوری که هر تن آلومینا به قیمتی معادل ۸۰۰ دلار نیز معامله شده است. نتیجه این تغییر قیمت، افزایش هزینه‌های تولیدکنندگان از جمله آلومینا در خاک ایالات متحده بود و انگیزه‌هایی را برای شرکت‌هایی مانند آلکو (که تأمین‌کننده آلومینای خود نیز هستند) به‌وجود آورد تا به جای استفاده از آلومینا برای تولیدات خود، آن را در بازار آزاد به فروش برساند. نتیجه این افزایش قیمت‌ها کاهش تولید جهانی آلومینیم بود. با توجه به چشم‌انداز مثبت تقاضا به‌ویژه در بخش حمل‌ونقل و کاهش تولید در کشور چین به دلیل سیاست‌های زیست‌محیطی، به طوری که باید حداقل یک میلیون تن از تولید سالیانه خود را کاهش دهد می‌توان انتظار افزایش سطح قیمت‌ها را برای ادامه داشت.

نمودار ۱۴. روند تغییرات قیمت آلومینیم در دنیا در بازه ۲۰۱۹ – ۲۰۱۷[1]

مأخذ: LME (بورس فلزات لندن).

1. London Metal Exchange (LME) Prices

۲. زنجیره ارزش آلومینیم در ایران

۲-۱. حلقه اول: استخراج معادن بوکسیت و نفلین سینیت

سنگ معدن بوکسیت مهم‌ترین ماده معدنی حاوی آلومینیم است که پس از فراوری به پودر آلومینا[1] تبدیل شده و در فرایند الکترولیز به عنوان ماده اولیه اصلی برای تولید آلومینیم خالص مورد استفاده قرار می‌گیرد. ایران از نظر ذخایر بوکسیت کشوری غنی محسوب نمی‌شود و میزان ذخایر قطعی بوکسیت با عیار قابل قبول (بیش از ۴۵ درصد وزنی اکسید آلومینیم) حدود ۲۲ میلیون تن است. در جدول ۳ مهم‌ترین معادن بوکسیت کشور نشان داده شده است.

جدول ۳. معادن عمده بوکسیت ایران[2]

ردیف	معدن	ماده معدنی	استان	ذخیره (هزار تن)	دارنده پروانه بهره‌برداری
۱	جاجرم	بوکسیت	خراسان شمالی	۱۱,۳۰۰	آلومینای ایران
۲	کوه بابا	بوکسیت	خراسان شمالی	۲۷۳	آلومینای ایران
۳	گانو	بوکسیت	سمنان	۱,۹۰۰	آلومینای ایران
۴	تاش	بوکسیت	سمنان	۷۷۵	آلومینای ایران
۵	دشت‌ده غربی	بوکسیت	یزد	۹۸۰	آلومینای ایران
۶	دشت‌ده شرقی	بوکسیت	یزد	۱۵۶	آلومینای ایران
۷	سایر معادن	بوکسیت	قزوین، زنجان، تهران، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، آذربایجان‌غربی، یزد	۶,۰۶۱	بخش خصوصی
جمع کل ذخایر قطعی بوکسیت ایران (هزار تن)				۲۱,۴۴۵	

مأخذ: آمار ارائه شده از طرف دفتر بهره‌برداری معادن وزارت صنعت، معدن و تجارت.

محدوده‌های معدنی سیاه رودبار، شیرین‌آباد و افرا تخته در استان گلستان در گذشته به نام شرکت آلومینای ایران ثبت شده‌اند و در حال حاضر در حال اکتشاف هستند. معادنی در استان کرمان، یزد و کهگیلویه و بویراحمد نیز در حال اکتشاف توسط شرکت آلومینای ایران هستند که درمجموع میزان ذخیره زمین‌شناسی (احتمالی) معادن کشور را می‌توان تا ۳۵ میلیون تن تخمین زد. از معادن بوکسیت کم‌عیار (با میزان اکسید آلومینیم ۳۵ – ۲۵ درصد وزنی) نیز می‌توان با استفاده از فناوری‌های جدید جهت تولید آلومینا بهره‌برداری کرد که نیاز به سرمایه‌گذاری برای کسب دانش فنی و طراحی مهندسی خط تولید وجود دارد. شرکت آلومینای ایران در سال ۱۳۹۶ بیش از ۷۹۶,۰۰۰ تن بوکسیت از معادن در اختیار این شرکت استخراج کرده است.

---

۱. برای تولید هر تن آلومینیم، ۲ تن پودر آلومینا مورد نیاز است.

۲. آمار دفتر بهره‌برداری معادن وزارت صنعت، معدن و تجارت.

در کنار معادن بوکسیت، معادن نفلین سینیت نیز که سنگ معدن کم‌عیار محسوب می‌شود در ایران وجود دارد. معادن نفلین سینیت عمدتاً در استان آذربایجان شرقی قرار داشته و ذخیره‌ای بیش از ۱ میلیارد تن دارد.

معدن بوکسیت گینه که در اجاره ۹۹ ساله ایران قرار دارد و سالیانه حدود ۱ میلیون دلار برای آن هزینه می‌شود، فاصله حدود ۳۴۰ کیلومتری با دریا داشته و زیرساخت‌های کافی برای بهره‌برداری از آن فراهم نیست. به دلیل اکتشاف یک معدن بزرگ سنگ آهن در این منطقه، زیرساخت‌های مورد نیاز در حال راه‌اندازی است که در بلندمدت می‌تواند به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین بوکسیت برای کشور باشد. ذخیره معدن بوکسیت گینه حدود ۶۰۰ میلیون تن است.

۲-۲. حلقه دوم: فراوری بوکسیت و تولید پودر آلومینا

سنگ معدن بوکسیت براساس عیار آن به روش‌های مختلفی فراوری می‌شود. برای بوکسیت با عیار بالا از روش بایر[1] استفاده می‌شود. در روش بایر با استفاده از انحلال قلیایی در دمای نسبتاً بالا، پودر آلومینا[2] تولید می‌شود. برای بوکسیت‌های با عیار پایین (نسبت آلومینیم به سیلیسیم کمتر از ۳) از روش زینترینگ استفاده می‌شود که در این روش سنگ معدن به همراه موادی مانند آهک، زغال و سدیم کربنات در کوره در دمای بالا حرارت دیده و انحلال با آب یا قلیا انجام می‌شود. روش فراوری نفلین سینیت جهت تولید پودر آلومینا مشابه روش زینترینگ بوده اما به دلیل ترکیب شیمیایی متفاوت این سنگ معدن، محصولاتی مانند سیمان و نمک‌های پتاسیم و سدیم نیز تولید می‌شوند.

تنها واحد تولید پودر آلومینا در ایران، شرکت آلومینای ایران واقع در استان خراسان شمالی (شهرستان جاجرم) است که ظرفیت تولید ۲۵۰,۰۰۰ تن در سال پودر آلومینا به روش بایر را دارد. این واحد در سال ۱۳۹۶، بیش از ۴۰۸,۰۰۰ تن هیدرات آلومینیم و حدود ۲۴۰,۰۰۰ تن پودر آلومینا تولید کرده است. پودر آلومینای تولیدی این واحد در حال حاضر حدود ۳۵ درصد از نیاز کشور را تأمین می‌کند. بخش کوچکی از آلومینای تولید شده در این واحد (حدود ۱۰ هزار تن) به صورت خرده‌فروشی برای صنایع پایین‌دستی (نسوز، پایه کاتالیست و ...) مصرف می‌شود. طرح دیگری برای تولید آلومینا از بوکسیت در کشور تعریف نشده است.

یکی دیگر از طرح‌های نیمه‌تمام سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران طرح تولید آلومینا از نفلین سینیت در استان آذربایجان شرقی است که البته در لیست طرح‌های اولویت‌دار و نیمه‌تمام ایمیدرو که قرار است تا سال ۱۴۰۰ به بهره‌برداری برسند قرار نگرفته است[3]. درخصوص طرح

1. Bayer Process
2. Al_2O_3
۳. گزارش عملکرد سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران – ایمیدرو (۱۳۹۶).

نفلین سینیت سراب، طرح توجیهی فنی و اقتصادی این پروژه برای فراوری ۷ – ۶ میلیون تن خاک معدنی و تولید محصولات زیر تدوین شده است:

۱. انواع سیمان و کلینکر (۳-۴ میلیون تن در سال)،

۲. انواع نمک‌های کربناتی سدیم و پتاسیم (۱۶۰ هزار تن در سال)،

۳. پودر آلومینا (۲۰۰ هزار تن در سال).

تکنولوژی این طرح روسی بوده و تاکنون همکاری لازم برای انتقال دانش فنی انجام نشده است. در دهه ۷۰ یک واحد نیمه‌صنعتی در آذرشهر تبریز راه‌اندازی شده و تاکنون حدود ۱۲/۵ میلیون دلار برای آن هزینه شده است. در حال حاضر این واحد نیمه‌صنعتی با تغییر برخی پارامترها به میزان ۱ تن در روز بوهمیت تولید می‌کند که در تولید پایه کاتالیست کاربرد دارد و دانش فنی تولید پودر آلومینا هنوز کامل نشده است. یک شرکت بین‌المللی نیز مبلغ ۱ میلیارد و هشتصد میلیون دلار برای طراحی و اجرای این کارخانه پیشنهاد کرده است اما درنهایت طرح توجیهی این پروژه در سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران با هزینه سرمایه‌گذاری ۱ میلیارد و چهارصد میلیون دلار تدوین شده و با فرض تولید و فروش همه محصولات مذکور، نرخ بازگشت سرمایه پایینی دارد که از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر نیست. همچنین در صورت راه‌اندازی این طرح حدود ۲۰۰ هزار تن آلومینا تولید خواهد شد که تنها ۳۵ درصد نیاز کنونی کشور را تأمین خواهد کرد همچنین به دلیل اشباع بازار داخلی کشور از نظر نیاز به سیمان[۱] و نبود بازار جهانی برای نمک‌های تولیدی این واحد، به نظر می‌رسد بازاریابی و فروش محصولات تولیدی در این کارخانه با چالش‌های جدی روبه‌رو شود. طرح نفلین سینیت سراب برای تولید با ظرفیت ذکر شده، حدود ۶ میلیون مترمکعب در سال آب نیاز دارد که حجم بسیاری است. در سال‌های اخیر ایمیدرو به تأمین زیرساخت‌های طرح نفلین سینیت سراب اقدام کرده است به طوری که آب، برق و گاز آن تأمین شده است.[۲]

تأمین ماده اولیه به عنوان اولین حلقه از زنجیره ارزش آلومینیم در ایران با چالش‌های جدی روبه‌روست. راهکارهای عمده تأمین ماده اولیه تولید آلومینیم در ایران در جدول ۴ جمع‌بندی شده است.

---

۱. ایجاد ظرفیت جدید برای تولید سیمان در کشور به دلیل اشباع بازار داخلی و چالش‌های ایجاد شده برای صادرات فاقد توجیه بوده و تنها در صورتی امکان رقابت وجود خواهد داشت که واحدهایی برای تولید سیمان‌های خاص و با ارزش‌افزوده بالا راه‌اندازی شوند.

۲. اطلاعات اخذ شده از دفتر مدیریت صنایع معدنی سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران – ایمیدرو

جدول ۴. راهکارهای عمده تأمین ماده اولیه تولید آلومینیم در ایران

ردیف	راهکار	شرح	هدف‌گذاری
۱	واردات پودر آلومینا	واردات پودر آلومینا به دلیل تحریم‌ها همواره با چالش همراه بوده است. پودر آلومینا از کشورهایی چون هند، استرالیا، چین و برزیل وارد می‌شود. واردات پودر آلومینا به کشور به طور عمده از طریق تهاتر با شمش آلومینیم انجام می‌شود.	کوتاه‌مدت – میان‌مدت
۲	سرمایه‌گذاری مشترک با شرکت‌های بین‌المللی	سرمایه‌گذاری مشترک با شرکت‌های بین‌المللی در مناطق معدن‌خیز دنیا با تشکیل کنسرسیوم از سوی تولیدکنندگان عمده آلومینیم کشور یکی از راهکارهای تأمین پایدار نیاز کشور به پودر آلومیناست.	میان‌مدت
۳	تأمین ماده اولیه از معادن موجود بوکسیت و فراوری معادن بوکسیت کم‌عیار	در کنار این معادن عیاربالا، ذخایر بوکسیت کم‌عیار نیز وجود دارد که مدول آن (نسبت آلومینیم به سیلیسیم) کمتر از ۳ است. استفاده از فناوری‌های جدید برای تغلیظ بوکسیت کم‌عیار و تولید پودر آلومینا امکان استفاده از این منابع را ایجاد می‌کند.	میان‌مدت
۴	فعال‌سازی معدن بوکسیت گینه	بهره‌برداری از این معدن به دلیل نیاز به سرمایه‌گذاری برای فراهم کردن زیرساخت‌های مورد نیاز و فراوری بوکسیت در بلندمدت امکان‌پذیر است.	بلندمدت
۵	طرح نفلین سینیت	این پروژه با طرح تولید سیمان، نمک و آلومینا توجیه اقتصادی ندارد و دانش فنی آن تکمیل نشده است. در صورت راه‌اندازی این واحد صنعتی تنها ۳۵ درصد نیاز کشور به پودر آلومینا با سرمایه‌گذاری بیش از ۱/۵ میلیارد دلار تأمین خواهد شد. تجدید نظر در این طرح و اهداف آن ضروری است.	بلندمدت

۳-۲. حلقه سوم: تولید شمش آلومینیم خالص و آلیاژی

پودر آلومینا به عنوان ماده اولیه اصلی در فرایند هال ـ هرولت[1] مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این فرایند مذاب آلومینیوم به روش الکترولیز تولید می‌شود. درنهایت مذاب آلومینیم در واحد ذوب و ریخته‌گری به صورت شمش خالص یا آلیاژی تولید می‌شود. تولید آلومینیم در ایران با راه‌اندازی شرکت آلومینیم ایران (ایرالکو) در سال ۱۳۵۱ آغاز شد. واحدهای آلومینیم المهدی (۱۳۶۹) و هرمزال (۱۳۸۸) نیز در سال‌های بعد راه‌اندازی شدند. ظرفیت اسمی تولید کارخانه ایرالکو ۲۰۰,۰۰۰ تن در سال، کارخانه المهدی ۱۱۰,۰۰۰ تن در سال و کارخانه هرمزال ۱۴۴,۰۰۰ تن در سال است. یک واحد تولید شمش آلومینیم نیز در سال ۱۳۹۷ در شرکت آلومینای ایران (جاجرم) راه‌اندازی شد که ظرفیت تولید ۴۰,۰۰۰ تن در سال دارد. بنابراین واحدهای در حال فعالیت کشور درمجموع ظرفیت اسمی تولید ۵۰۰,۰۰۰ تن آلومینیم دارند. سه فاز شرکت صنایع آلومینیم جنوب (سالکو) نیز در حال ساخت و راه‌اندازی است که پیش‌بینی می‌شود فاز اول آن با ظرفیت ۳۰۰,۰۰۰ تن در سال، تا سال ۱۳۹۹ به بهره‌برداری برسد. براساس چشم‌انداز افق ۱۴۰۴، ایران باید به ظرفیت تولید ۱/۵ میلیون تن آلومینیم برسد که در صورت

1. Hall–Héroult process

راه‌اندازی فازهای ۲ و ۳ سالکو این هدف محقق خواهد شد. جدول زیر تصویری از واحدهای فعال و طرح‌های در دست اجرای آلومینیم کشور را نشان می‌دهد.

جدول ۵. واحدهای فعال و طرح‌های در دست اجرای آلومینیم کشور

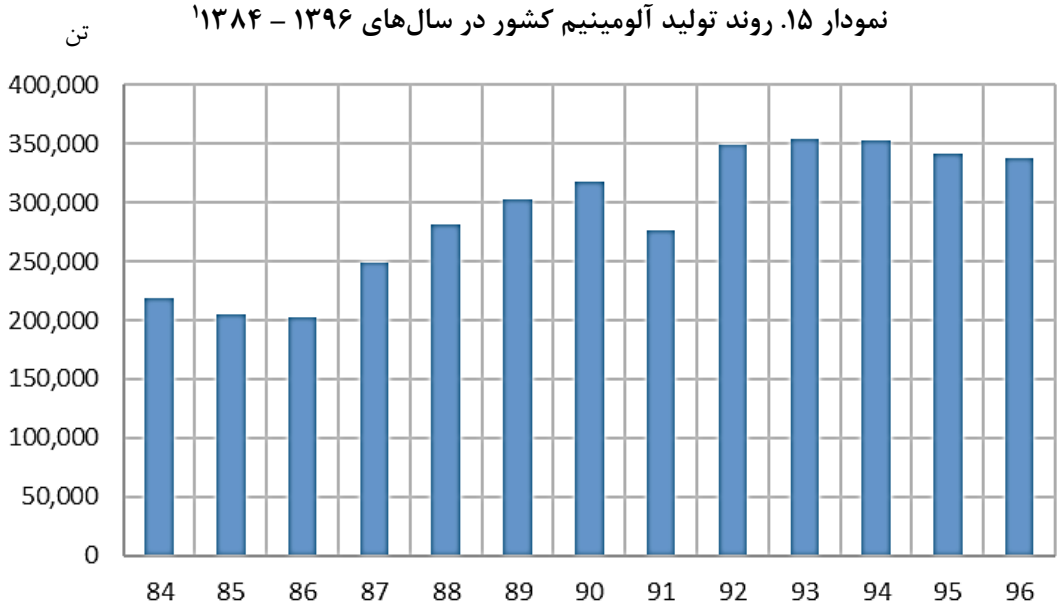
ردیف	نام واحد	استان	ظرفیت اسمی (تن)	تولید واقعی* سال ۱۳۹۶ (تن)	تولید واقعی* سال ۱۳۹۷ (تن)
۱	آلومینیم ایران	مرکزی	۲۰۰,۰۰۰	۱۳۸,۱۸۵	۱۴۶,۴۵۴
۲	آلومینیم المهدی	هرمزگان	۱۱۰,۰۰۰	۶۱,۶۶۹	۵۲,۷۹۵
۳	آلومینیم هرمزال	هرمزگان	۱۴۴,۰۰۰	۱۰۵,۶۴۷	۷۷,۳۲۶
۴	آلومینیم جنوب	فارس	۱,۰۰۰,۰۰۰	۰	۰
۵	آلومینیم جاجرم	خراسان شمالی	۴۰,۰۰۰	۰	۰
جمع کل			**۱,۴۹۴,۰۰۰**	**۳۰۵,۵۰۱**	**۲۷۶,۵۷۵**

مأخذ: آمار سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو)

* تولید شمش خالص آلومینیم در نظر گرفته شده است.

در کنار آلومینیم خالص، شرکت ایرالکو آلومینیم آلیاژی، بیلت، ئی سی و براده نیز تولید کرده است که آمار تولید آن در نمودار ۱۷ آمده است. نمودار ۱۵ روند تولید آلومینیم در کشور را در سال‌های ۱۳۹۶ – ۱۳۸۴ نشان می‌دهد.

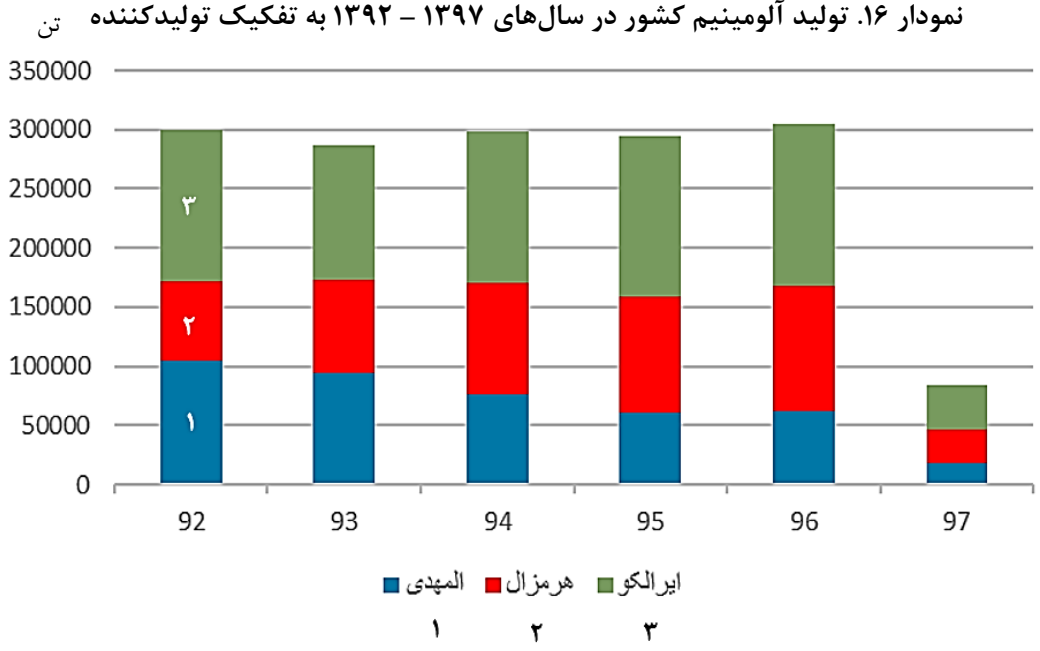
نمودار ۱۵. روند تولید آلومینیم کشور در سال‌های ۱۳۹۶ – ۱۳۸۴[1]



مأخذ: آمار تولید سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو).

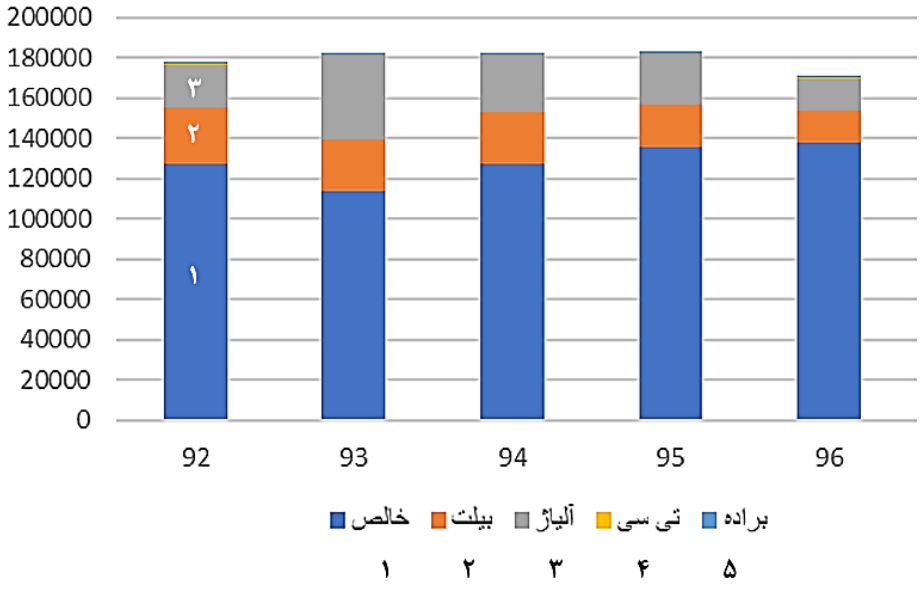
۱. آمار سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران – ایمیدرو

نمودار ۱۶. تولید آلومینیم کشور در سال‌های ۱۳۹۷ – ۱۳۹۲ به تفکیک تولیدکننده



مأخذ: همان.

نمودار ۱۷. روند تولید محصولات شرکت ایرالکو در سال‌های ۱۳۹۶ – ۱۳۹۲



مأخذ: همان.

۱-۳-۲. نیازهای ارزی تولید آلومینیم

صنعت آلومینیم یکی از وابسته‌ترین صنایع معدنی کشور به واردات مواد اولیه و مصرفی است. پودر آلومینا، پترولیوم کک اسفنجی، مواد شیمیایی و مواد نسوز از جمله مهم‌ترین نیازهای وارداتی این صنعت

است. با فرض اینکه ۲۴۰ هزار تن پودر آلومینای تولیدی در واحد جاجرم به طور مساوی بین سه تولیدکننده آلومینیم در کشور تقسیم شود، شرکت ایرالکو باید ۲۶۰ هزار تن، شرکت المهدی ۴۴ هزار تن و هرمزال ۱۳۰ هزار تن سالیانه پودر آلومینا وارد کنند که درمجموع کشور به واردات نزدیک به ۴۵۰ هزار تن پودر آلومینا نیاز دارد.

جدول ۶. نیازهای عمده ارزی تولید آلومینیم در ایران[1]

شرح	مقدار مورد نیاز (ton/ton Al)	تأمین از داخل کشور (ton/ton Al)	تأمین از طریق واردات (ton/ton Al)	ارزش واردات (بیشترین – کمترین) ($/ton Al)
پودر آلومینا	۲/۰۳۰	۰/۴۰۶	۱/۶۲۴	۵۶۸/۴ – ۷۳۰/۸
پترولیوم کک	۰/۵۰	۰	۰/۵۰	۱۷۵ – ۲۰۰
AlF_3	۰/۰۲۵	۰	۰/۰۲۵	۳۷/۵ – ۴۵
کریولیت	۰/۰۲۵	۰	۰/۰۲۵	۲۵ – ۳۷/۵
نیاز ارزی برای تولید هر تن آلومینیم (دلار)				۸۰۵/۹ – ۱,۰۱۳/۳

با راه‌اندازی واحد تولید آلومینیم جاجرم از سال ۱۳۹۷، میزان نیاز به واردات پودر آلومینا به بیش از ۵۰۰ هزار تن در سال خواهد رسید. همچنین با توجه به مصرف متوسط ۵۰۰ کیلوگرم پترولیوم کک اسفنجی برای تولید هر تن آلومینیم، سالیانه بیش از ۱۶۰ هزار تن از این ماده به کشور وارد می‌شود.

۲-۳-۲. نیروی انسانی

چالش نیروی انسانی یکی دیگر از مسائلی است که واحدهای تولیدکننده آلومینیم کشور با آن روبه‌رو هستند. استاندارد جهانی برای تعداد نیروی انسانی مورد نیاز برای تولید آلومینیم به روش الکترولیز، ۱ نفر به ازای هر ۲۰۰ تن آلومینیم تولیدی است. بنابراین برای کارخانه‌ای مانند ایرالکو که دارای ظرفیت اسمی تولید ۲۰۰ هزار تن در سال است، ۱۰۰۰ نفر نیروی انسانی لازم است. در صورتی که کارخانه ایرالکو در حال حاضر با میزان تولید واقعی ۱۸۰,۰۰۰ تن در سال، ۴۷۰۰ نفر پرسنل دارد. کارخانه‌های المهدی و هرمزال نیز تا حدی با همین چالش مواجه‌اند و حدود ۲۲۰۰ نفر پرسنل دارند.

۱. قیمت هر تن پودر آلومینای وارداتی ٤٥٠ – ۳۵۰ دلار، قیمت هر تن پترولیوم کك وارداتی ٤٠٠ – ۳۵۰ دلار، قیمت هر تن آلومینیم فلوراید ۱۸۰۰ – ۱۵۰۰ دلار و قیمت هر تن کریولیت ۱۵۰۰ – ۱۰۰۰ دلار در نظر گرفته شده است، همچنین فرض شده است که به طور متوسط ۲۰ درصد از نیاز پودر آلومینای کارخانه‌های تولید آلومینیم از داخل کشور تأمین می‌شود.

۳-۳-۲. تأمین انرژی الکتریکی[1]

صنعت آلومینیم به انرژی بسته‌بندی شده یا انرژی جامد معروف است، درواقع تولید و صادرات آلومینیم مانند تولید و صادرات انرژی است. با وجود پیشرفت‌هایی که در جهان درباره تکنولوژی تولید صورت گرفته، درحال حاضر توانسته‌اند مصرف انرژی را تا ۱۳/۵ کیلووات ساعت برای هـر کیلو کاهش دهند. به این دلیل در کشورهایی که صنعتی شدن را در رأس برنامه‌هـای توسـعه خـود قرار داده‌اند، تمهیداتی برای کاهش مصرف انرژی از یک طرف و بهینه‌سـازی تکنولـوژی و کـاهش هزینه‌های فروش هر کیلووات ساعت بـرق مصـرفی از طـرف دیگـر بـرای حمایـت از صـنایعی کـه مصرف برق زیاد دارند به منظور افزایش قدرت رقابت‌پذیری در نظر گرفته می‌شود. متوسط مصرف انرژی برای تولید هر کیلوگرم آلومینیم در دنیا ۱۵/۱ کیلووات سـاعت اسـت. در بعضی از کشورها با وجود عمر بالای کارخانه و تجهیزات، بهینه‌سازی در میزان مصرف انرژی به عمل آمده و آن را کاهش داده‌اند.

بنابراین یکی دیگر از چالش‌های اساسی توسعه صنعت آلومینیم در کشور تأمین انرژی اصلی مصرفی این واحدها یعنی انرژی الکتریکی است. در صنعت آلومینیم نوع تکنولوژی، عامل مهم در کاهش مصرف انرژی، افزایش بـازدهی و کـاهش هزینه‌های تولید و رفع مسائل زیست‌محیطی است. تقریباً تمام آلومینیم اولیه جهان با فرایند الکترولیز تولید می‌شود. تمام تحولات تکنولوژی دنیا در صنعت آلومینیم برای کاهش مصـرف مـواد اولیه، انرژی برق، کاهش نیروی انسانی، افزایش راندمان و بهبود فرایندهای کنترل آلودگی است.

مصرف انرژی الکتریکی ویژه[2] در فرایند تولید شمش آلومینیم، عبارت است از نسبت میزان مصرف انرژی الکتریکی بر میزان محصول آلومینیم تولیدی. این مقدار با استفاده از رابطه زیر به‌دست می‌آید و واحد آن برحسب کیلووات ساعت بر کیلوگرم آلومینیم تولیدی بیان می‌شود.

$$(SEC_e) = \frac{\text{انرژی الکتریکی مصرفی } (KWh)}{\text{محصول آلومینیم تولیدی } (Kg)} \; KWh/Kg$$

فرایندهای تولید شمش آلومینیم موجود در کشور، در چهار گروه به شرح زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- فرایند با تکنولوژی ۷۰ کیلو آمپر،
- فرایند با تکنولوژی ۱۷۰ کیلو آمپر،
- فرایند با تکنولوژی ۲۰۰ کیلو آمپر،
- فرایند با تکنولوژی ۴۰۰ کیلو آمپر (تنها آلومینیم جنوب که در حال راه‌اندازی است، دارای این تکنولوژی است).

---

۱. علی‌اصغر اژدری و هاشم خویی، مروری گذرا بر چالش‌های فراروی صنایع فولاد و آلومینیم و سهم عوامل مؤثر در قیمت تمام شده آنها در ایران، مرکز پژوهش‌های مجلس (۱۳۸٤) و فرید دهقانی و محمد جباری، بررسی اصلاح الگو در صنایع منتخب انرژی، بخش معدن، صنایع معدنی، مرکز پژوهش‌های مجلس (۱۳۸۸).

2. SECe

در هر یک از گروه‌های فوق دو معیار مصرف انرژی به‌صورت زیر ارائه می‌شود:

الف) معیار مصرف انرژی برای مجموع دو بخش احیا و ریخته‌گری،

ب) معیار مصرف انرژی برای کل فرایند (شامل همه بخش‌های مصرف‌کننده انرژی فرایند).

معیارهای مصرف انرژی الکتریکی برای فرایندهای تولید شمش آلومینیم با تکنولوژی ۷۰ و ۱۷۰ کیلوآمپر موجود در کشور به صورت جدول ۶ است. مصرف انرژی الکتریکی ویژه، بیشتر از مقدار حداکثر در جدول ۶ مجاز نیست.

جدول ۷. معیار مصرف انرژی الکتریکی در انواع فرایندهای تولید شمش آلومینیم کشور[۱]

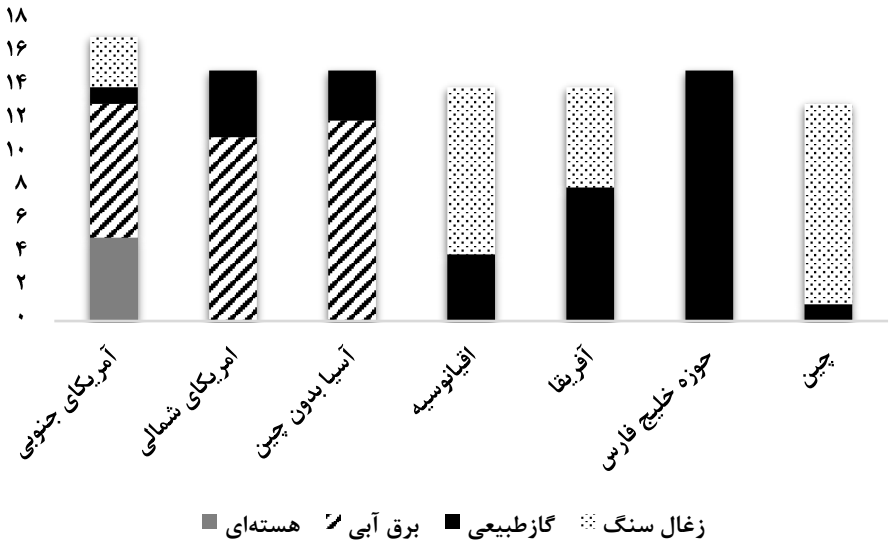
گروه	نوع فرایند		معیار مصرف انرژی الکتریکی (KWh/kg)		
			۱۳۸۵ – ۱۳۸۶	۱۳۸۷ – ۱۳۸۹	۱۳۹۰ به بعد
۱	تکنولوژی ۷۰ کیلوآمپر	الف) مجموع دو بخش احیا و ریخته‌گری	$SEC_e \leq ۱۸/۲$	$SEC_e \leq ۱۸$	$SEC_e \leq ۱۶/۵$
		ب) کل فرایند (شامل همه بخش‌های مصرف‌کننده انرژی)	$SEC_e \leq ۱۸/۵$	$SEC_e \leq ۱۸/۲$	$SEC_e \leq ۱۶/۸$
۲	تکنولوژی ۱۷۰ کیلوآمپر	الف) مجموع دو بخش احیا و ریخته‌گری	$SEC_e \leq ۱۸$	$SEC_e \leq ۱۷/۵$	$SEC_e \leq ۱۵/۵$
		ب) کل فرایند (شامل همه بخش‌های مصرف‌کننده انرژی)	$SEC_e \leq ۱۸/۵$	$SEC_e \leq ۱۷/۸$	$SEC_e \leq ۱۵/۸$

مأخذ: استاندارد ملی ایران (۸۶۶۴).

با توجه به اینکه بین ۳۰ تا ۳۵ درصد هزینه‌های کل تولید آلومینیم به هزینه‌های تأمین انرژی الکتریکی اختصاص دارد، تولید ارزان قیمت انرژی الکتریکی و درعین‌حال بازدهی بالا، یکی از مهم‌ترین پارامترها برای توسعه این صنعت بوده و همواره مورد توجه قرار گرفته است. منطقه خلیج فارس، همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، به‌دلیل دسترسی عظیم به منابع گاز طبیعی، به عنوان منبع پرانرژی برای تولید برق، از نیروگاه‌های حرارتی گازی برای تأمین انرژی الکتریکی واحدهای تولید آلومینیم استفاده می‌کند. در همین راستا، نمودار ۱۸، سهم منابع مختلف در تأمین انرژی واحدهای ذوب آلومینیم را برای مناطق مختلف جهان نشان می‌دهد.

۱. استاندارد ملی ایران، معیارها و مشخصات فنی مصرف انرژی الکتریکی در فرایندهای تولید آلومینیم، شماره ۸٦٦٤، چاپ اول.

نمودار ۱۸. سهم منابع مختلف در تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز در صنعت آلومینیم



مأخذ: مرکز پژوهش‌های مجلس

واحدهای ذوب آلومینیم منطقه خاورمیانه عمدتاً از نیروگاه‌های سیکل ترکیبی که بازدهی بسیار بیشتری در قیاس با نیروگاه‌های گازی سنتی دارند، برای تأمین انرژی خود استفاده می‌کنند. این امر در کنار استفاده از به‌روزترین تکنولوژی‌های تولید آلومینیم سبب مصرف انرژی پایین این منطقه برای تولید هر واحد آلومینیم در سال ۲۰۱۷ شده است. جدول زیر، تکنولوژی و ظرفیت تولید واحدهای ذوب آلومینیم حوزه خلیج فارس را با هم مقایسه می‌کند.

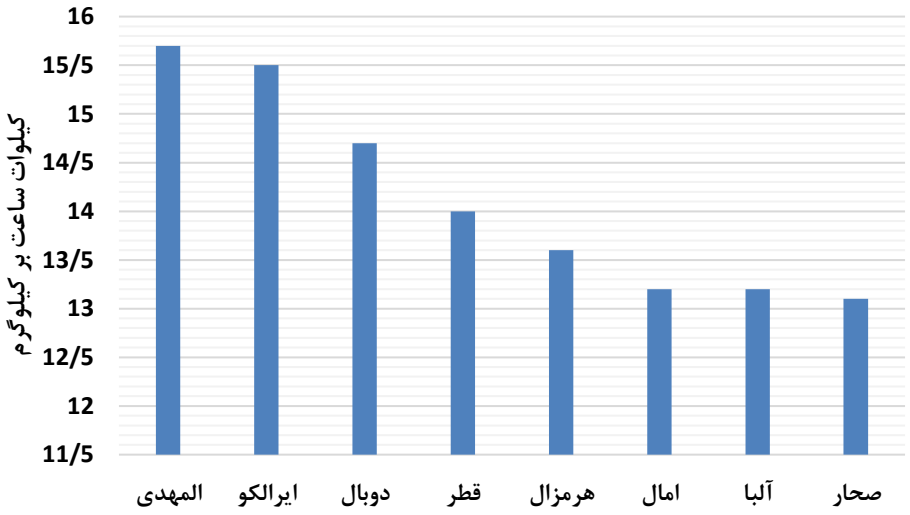
جدول ۸. تکنولوژی و ظرفیت تولید واحدهای ذوب آلومینیم حوزه خلیج فارس

واحد تولیدی	تکنولوژی مورد استفاده	ظرفیت تولید (تن)
آلومینیم ایران (ایرالکو)	SY200	۲۰۰ هزار
المهدی	D18	۱۱۰ هزار
هرمزال	CD20	۱۴۸ هزار
دوبال امارات	DX+ و DX	۱ میلیون
امال عربستان	DX+ و DX	۱/۳ میلیون
آلبای بحرین	AP30	۹۷۰ هزار
معادن عربستان	AP37	۷۴۰ هزار
صحار عمان	AP40	۳۷۵ هزار
آلومینیم قطر	HAL275	۶۴۰ هزار

مأخذ: مرکز پژوهش‌های مجلس.

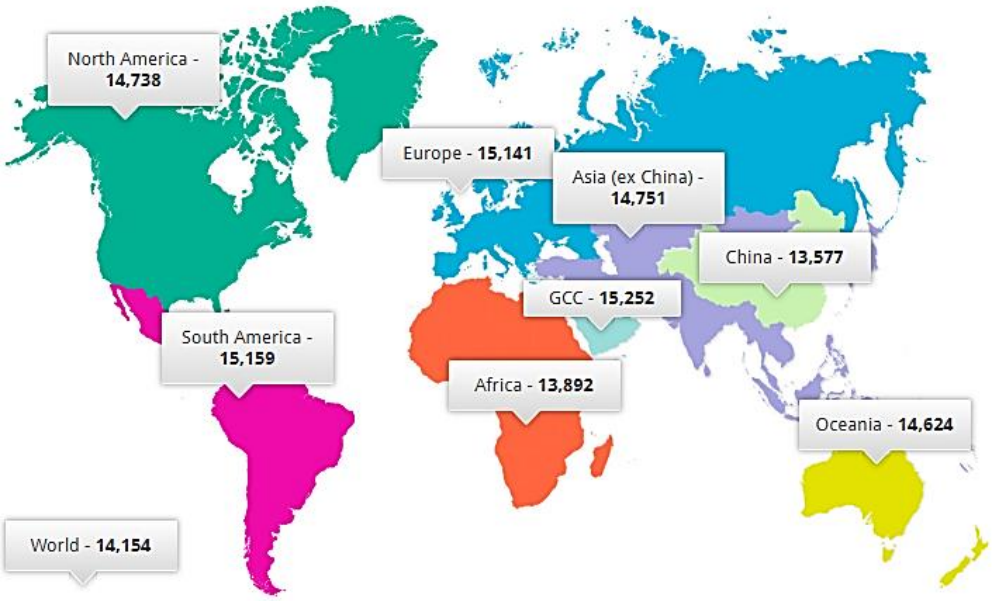
در میان تکنولوژی‌های مشخص شده در جدول، تکنولوژی DX در حال حاضر در انحصار شرکت EGA امارات متحده عربی است. تکنولوژی‌های AP و سری HAL نیز به ترتیب در انحصار شرکت‌های اروپایی ریوتینتو و هیدرو هستند. با توجه به نوع تکنولوژی مورد استفاده در واحدهای تولیدی آلومینیم ذکر شده در جدول و همچنین نحوه عملکرد آنها در نمودار ۱۹ میزان مصرف انرژی برای تولید هر کیلوگرم آلومینیم با یکدیگر مقایسه شده است. شکل ۱ نیز متوسط مصرف انرژی الکتریکی برای تولید هر تن آلومینیم را در نقاط مختلف دنیا با یکدیگر مقایسه کرده است. همان‌طور که مشخص است، متوسط مصرف انرژی الکتریکی در دنیا برای تولید هر تن آلومینیم، ۱۴۱۵۴ کیلووات ساعت بر تن است.

نمودار ۱۹. میزان مصرف انرژی بین کارخانجات آلومینیم حوزه خلیج‌فارس



مأخذ: همان.

شکل ۱. متوسط مصرف انرژی الکتریکی در مناطق مختلف دنیا برای تولید هر تن آلومینیم (کیلووات ساعت)



Source: World-Aluminium

در تکنولوژی جدید با نصب تجهیزات کنترل آلودگی و درپوش‌گذاری دیگ‌های احیا و سیستم‌های کنترل مکانیزه، از آلودگی زیست‌محیطی این صنعت جلوگیری می‌شود. تکنولوژی کارخانه ایرالکو (خط قدیم) دارای بازدهی جریان برق پایین، مصرف انرژی بالا و مشکلات زیست‌محیطی است و به همین دلیل تکنولوژی جدید (۲۰۰ کیلوآمپر NFC) از چین خریداری و ساخت شده است.

در ایران میانگین مصرف انرژی ۱۶/۵ کیلووات ساعت بر کیلوگرم آلومینیم تولیدی است که به اصلاح ساختار کارخانجات موجود برای کاهش مصرف از یک طرف و تجدیدنظر در قیمت فروش برق صنعتی از طرف دیگر نیاز دارد. تولید برق ارزان‌قیمت با استفاده از منابع گاز طبیعی در کشور از جمله چالش‌هایی است که نیاز به برنامه‌ریزی دارد. بنابراین همان‌طور که در قانون برنامه ششم توسعه کشور دولت مکلف به اصلاح قیمت حامل‌های انرژی شده است، این اختیار برای دولت وجود دارد که با اصلاح برنامه‌ریزی شده قیمت حامل‌های انرژی، صنایع انرژی‌بر را در جهت افزایش بهره‌وری سوق دهد. راهکارهای فنی زیر برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در این صنعت ارائه شده است:

- تنظیم میزان سوخت و هوا در مشعل کوره‌ها؛
- کنترل دمای کوره با استفاده از نصب ترموستات در کوره؛
- بازیافت حرارت از گازهای خروجی دیزل ژنراتور؛
- عایق‌کاری مناسب لوله‌های بخار و آب داغ؛

- جایگزینی کوره‌های القایی و المنتی به کوره‌های حرارتی؛
- استفاده از موتورهای الکتریکی با بازدهی بالا و متناسب با بار؛
- تدوین برنامه منظم تعمیرات و نگهداری دستگاه‌ها؛
- پیش گرمایش مواد و ضایعات ورودی به کوره ذوب با استفاده از گازهای خروجی؛
- بازیافت حرارت گازهای داغ خروجی از دودکش کوره ذوب به منظور تهیه آب گرم و پیش گرمایش هوای احتراقی؛
- کنترل دمای ذوب در کوره‌های ذوب؛
- انتخاب بهینه دبی هوای ورودی به کوره‌های ذوب؛
- طراحی مکش طبیعی گازهای خروجی حاصل از احتراق؛
- تبدیل کوره‌های پیش‌گرم قالب الکتریکی به حرارتی؛
- تبدیل کوره‌های پیش‌گرم بیلت الکتریکی به حرارتی؛
- عایق‌بندی جداره و درب کوره‌های پیش‌گرم بیلت؛
- بازیافت حرارت از گازهای خروجی کوره‌های پیش‌گرم و عملیات حرارتی و نصب پیش‌گرمکن هوای احتراق؛
- افزایش کیفیت و طراحی مناسب قالب‌های اکستروژن؛
- استفاده از الکتروموتورهای با بازدهی بالا؛
- راه‌اندازی سیستم تولید ترکیبی برق و گرما (CHP) به منظور تأمین برق و بخار مورد نیاز؛
- تولید برق از حرارت مازاد دودکش کوره‌ها.

۴-۲. حلقه چهارم: تولید محصولات آلومینیمی (صنایع پایین‌دستی)

محصولات آلومینیمی که در صنایع پایین‌دستی آلومینیم تولید می‌شوند عمدتاً در صنعت خودرو، صنعت ساختمان، لوازم خانگی، بسته‌بندی، صنایع هوایی، نظامی و دفاعی کاربرد دارند. این محصولات شامل: انواع ورق خام و پوشش داده شده، پروفیل، گرده، مفتول، فویل و سایر محصولات است که به روش‌های نورد، ریخته‌گری، فورج و اکستروژن تولید می‌شوند. ماده اولیه تولید محصولات آلومینیمی به صورت شمش خالص، آلیاژی و بیلت از صنایع بالادستی تأمین می‌شود. بررسی آمار واردات و صادرات شمش آلومینیم در سال‌های گذشته نشان می‌دهد که متوسط مصرف آلومینیم کشور ۳۵۰ – ۲۵۰ هزار تن در سال متغیر است. مهم‌ترین چالش‌های صنایع پایین‌دستی آلومینیم که بیش از ۱۱ هزار واحد صنعتی را در کل کشور شامل می‌شوند، تأمین ماده اولیه لازم برای تولید محصولات آلومینیمی است که سیاستگذاری برای کنترل عرضه و تنظیم‌گری دولت در این زمینه به اصلاح و استفاده از روش‌هایی نیاز دارد که ضمن تنظیم بازار، موجب ایجاد رانت و کمبود کالا در بازار نشود.

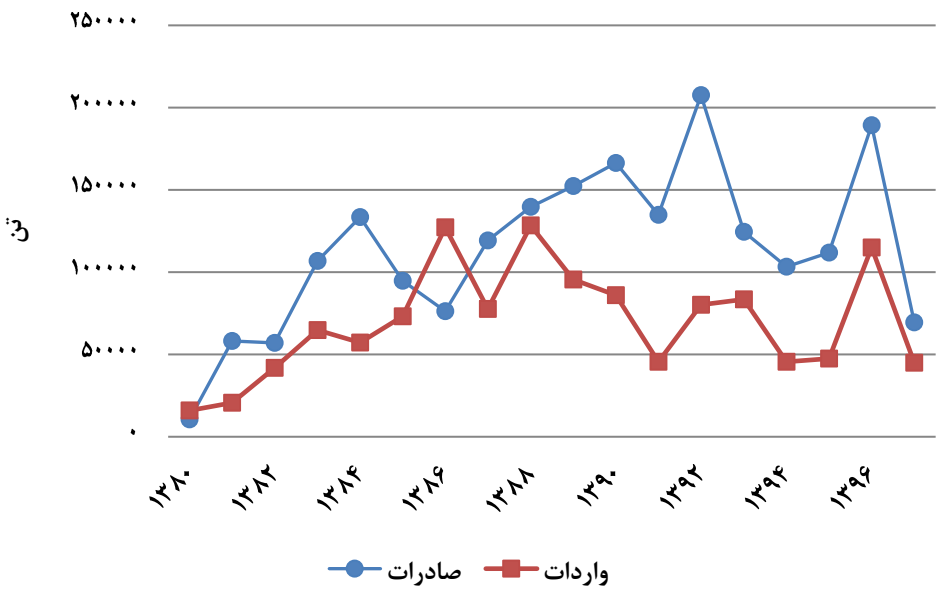
۳. واردات و صادرات در زنجیره ارزش آلومینیم

کد تعرفه‌های تجارت آلومینیم و محصولات مرتبط با آن شامل: آلومینیم غیرممزوج (خالص)، آلیاژهای آلومینیم، آلومینیم غیرممزوج (میله و پروفیل)، آلومینیم غیرممزوج (صفحه، ورق و نوار)، آلومینیم غیرممزوج (لوله) و آلیاژهای آلومینیم (لوله) است. سایر محصولات زنجیره نیز عبارتند از: سنگ آلومینیم و کنسانتره‌های آن، اکسید آلومینیم غیر از کوروندوم مصنوعی، قراضه و ضایعات آلومینیم.

بررسی آمار تولید، صادرات و واردات آلومینیم در سال ۱۳۹۶ نشان می‌دهد که از مجموع ۳۲۱,۸۲۴ تن آلومینیم خالص (شمش و بیلت) تولید شده در کشور، ۱۸۹,۲۷۱ تن صادر شده است. در برابر این میزان صادرات در همان سال ۱۱۵,۰۵۰ تن آلومینیم خالص وارد کشور شده است بنابراین مصرف ظاهری آلومینیم خالص در سال ۱۳۹۶ حدود ۲۴۷,۶۰۳ تن بوده است. درخصوص شمش آلیاژی نیز در سال ۱۳۹۶ از مجموع تولید ۱۶,۳۳۴ تنی کشور، ۴۸۷ تن صادرات انجام شده و ۴۰,۲۴۰ تن واردات به کشور صورت گرفته است. بنابراین مصرف ظاهری آلومینیم آلیاژی کشور در سال ۱۳۹۶ حدود ۵۶,۰۰۰ تن بوده است. بنابراین مصرف ظاهری شمش آلومینیم خالص و آلیاژی در کشور در سال ۱۳۹۶ در حدود ۳۰۳,۶۰۳ تن محاسبه می‌شود. پودر آلومینا یکی دیگر از مواد معدنی این زنجیره است که حجم بالایی از تجارت را به خود اختصاص داده است به طوری که در سال ۱۳۹۶ نزدیک به ۶۰۰,۰۰۰ تن ماده اولیه تولید آلومینیم به کشور وارد شده است. نمودارهای زیر وضعیت تجارت محصولات مختلف در زنجیره ارزش آلومینیم را نشان می‌دهند. آمار مربوط به سال ۱۳۹۷ مربوط به ۱۱ ماه است.

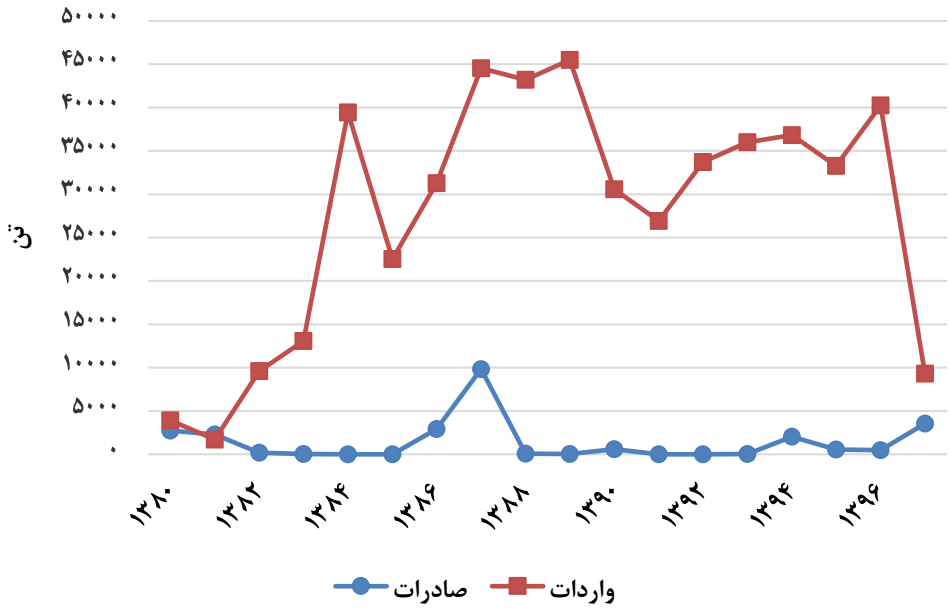
نمودار۲۰. صادرات و واردات شمش آلومینیم خالص در سال‌های ۱۳۹۷ – ۱۳۸۰

با کد تعرفه ۷۶۰۱۱۰۰۰



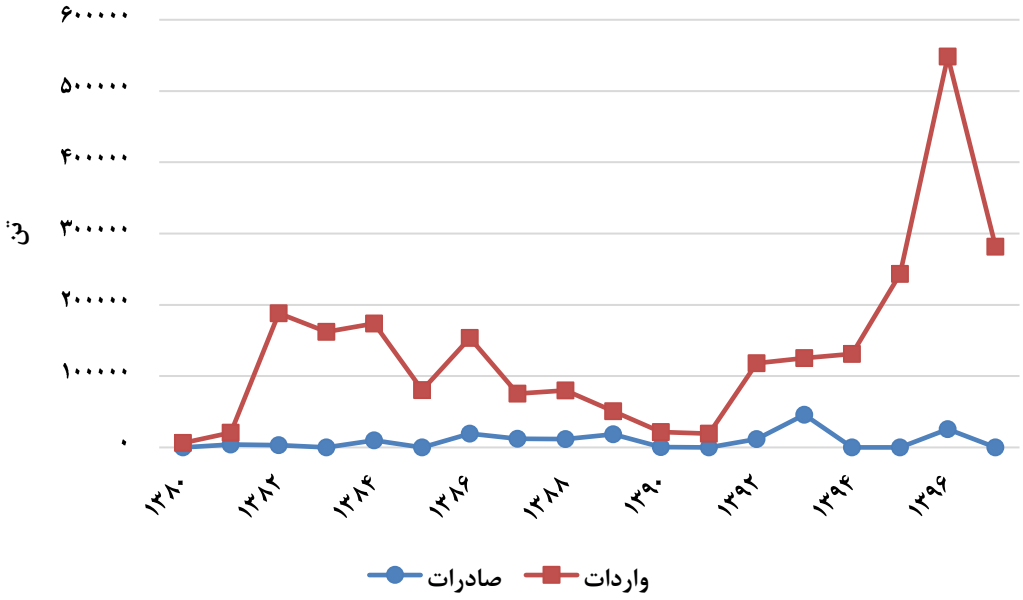
مأخذ: گمرک جمهوری اسلامی ایران.

نمودار ۲۱. صادرات و واردات شمش آلومینیم آلیاژی در سال‌های ۱۳۹۷ – ۱۳۸۰ با کد تعرفه ۷۶۰۱۲۰۰۰



مأخذ: همان.

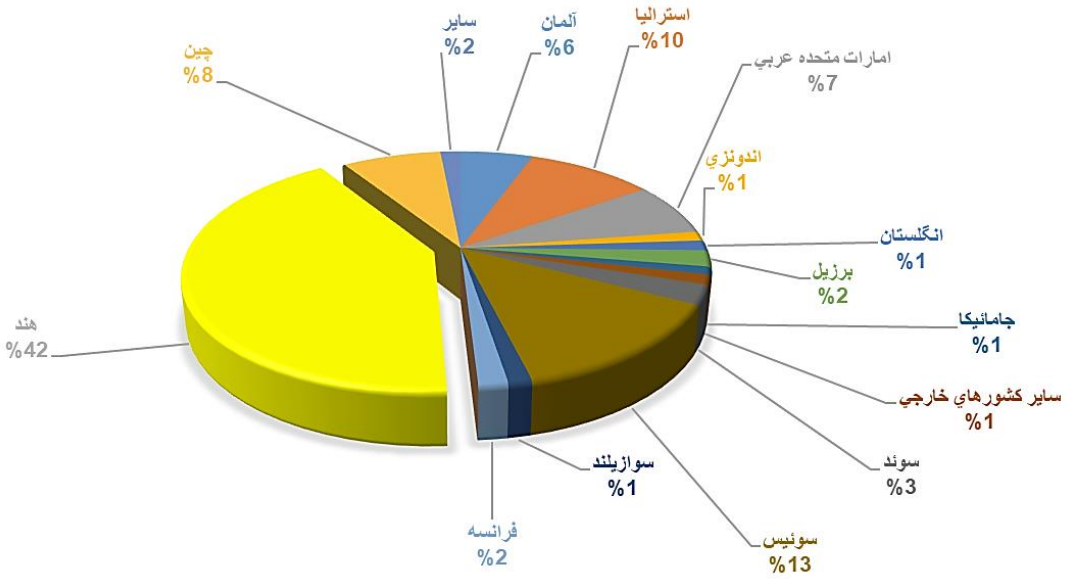
نمودار ۲۲. صادرات و واردات آلومینا در سال‌های ۱۳۹۷ – ۱۳۸۰ با کد تعرفه ۲۸۱۸۲۰۰۰



مأخذ: همان.

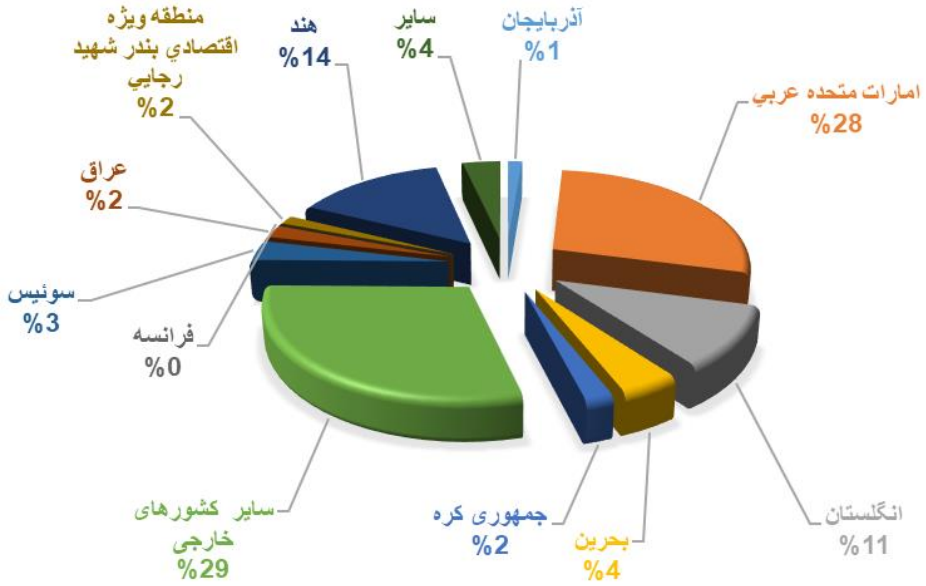
کشورهای مبدأ و مقصد تجارت سه محصول عمده زنجیره ارزش آلومینیم در نمودارهای زیر نشان داده شده است. عمده واردات پودر آلومینا از کشورهای هند، چین، استرالیا و سوئیس، عمده واردات آلومینیم خالص از امارات و هند و واردات آلومینیم آلیاژی نیز از کشورهای عراق و امارات انجام می‌شود.

نمودار ۲۳. مبادی واردات اکسید آلومینیم غیر از کوروندوم مصنوعی با کد تعرفه ۲۸۱۸۲۰۰۰



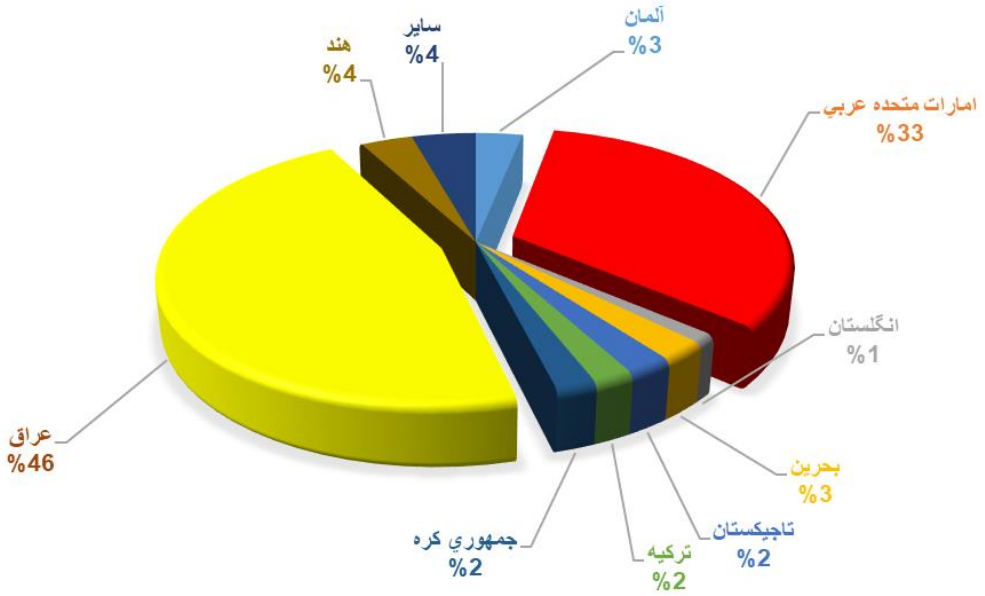
مأخذ: همان.

نمودار ۲۴. مبادی واردات آلومینیم به صورت کارنشده غیرممزوج (خالص) با کد تعرفه ۷۶۰۱۱۰۰۰



مأخذ: همان.

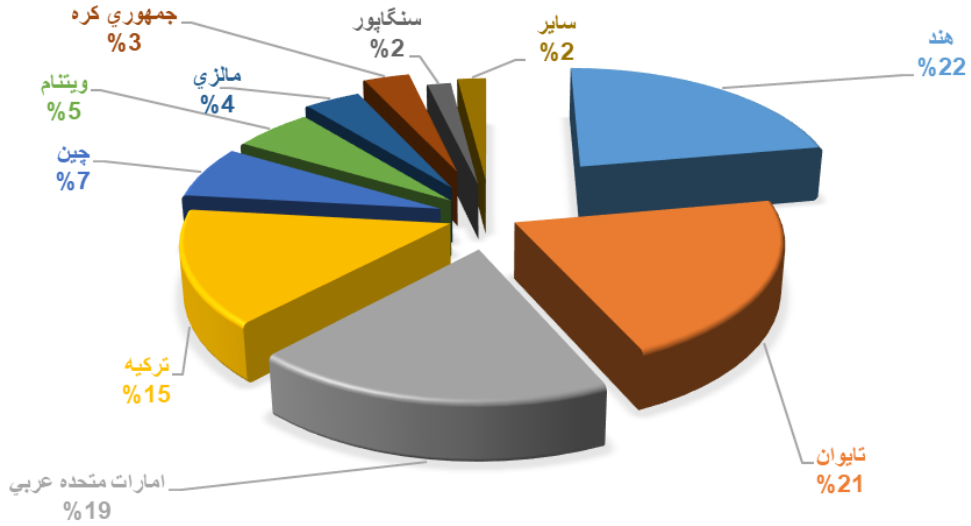
نمودار ۲۵. مبادی واردات آلیاژهای آلومینیم کارنشده با کد تعرفه ۷۶۰۱۲۰۰۰



مأخذ: همان.

در زنجیره ارزش آلومینیم محصول عمده صادراتی، شمش آلومینیم خالص (غیرممزوج) با کد تعرفه ۷۶۰۱۱۰۰۰ است که بیشتر صادرات آن به کشورهایی چون هند، تایوان، ترکیه و امارات است. بخشی از شمش آلومینیمی که به هند صادر می‌شود به منظور تهاتر آن با پودر آلومیناست.

نمودار ۲۶. مقاصد صادراتی آلومینیم به صورت کارنشده غیرممزوج (خالص) با کد تعرفه ۷۶۰۱۱۰۰۰



مأخذ: همان.

۴. بازیافت پسماندها و ضایعات در زنجیره ارزش آلومینیم

۴-۱. تولید آلومینیم ثانویه

بازیافت آلومینیم فرایندی است که در آن پسماندها و ضایعات در زنجیره ارزش آلومینیم را می‌توان در محصولات جدید مورد استفاده مجدد قرار داد. این فرایند به مراتب ارزان‌تر از استخراج آلومینیم جدید از طریق عمل الکترولیز اکسید آلومینیم است که ابتدا باید سنگ معدن بوکسیت از معادن استخراج شود و پس از آن با استفاده از فرایند بایر تصفیه شده و مورد استفاده قرار گیرد. بازیافت ضایعات آلومینیم تنها نیاز به ۵ درصد از انرژی تولید آلومینیم جدید را دارد. به همین دلیل، حدود ۳۱ درصد از تمام آلومینیم تولید شده در ایالات متحده آمریکا از قراضه بازیافت می‌شود. بزرگ‌ترین بخش ضایعات آلومینیم فراوری شده در ظروف نوشیدنی استفاده می‌شود و بیشتر آن دوباره به قوطی‌های آلومینیمی تبدیل می‌شود. جایگزین کردن حتی بخش کوچکی از آلومینیم اولیه در آلیاژهای کارپذیر به‌وسیله قراضه‌های بی‌ارزش (که معمولاً این قراضه‌ها دارای ناخالصی‌های مختلف غیرفلزی هستند) بدون اینکه این ناخالصی‌ها تأثیری در کیفیت آلیاژ بگذارد، از نقطه نظر متالورژی بسیار باارزش است. بازیافت آلومینیم بسیاری از مزایای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی را فراهم می‌کند این فرایند موجب ذخیره کردن انرژی، زمان، کاهش هزینه‌ها و حفظ منابع طبیعی ارزشمند می‌شود. آلومینیم اولیه از معادن بوکسیت و آلومینیم ثانویه از قراضه‌های آلومینیم تولید می‌شود. حجم زیاد قراضه‌های آلومینیم همواره انگیزه‌ای برای بازیافت آن بوده است و از منظر بُعد اقتصادی، نگرانی‌های زیست‌محیطی، وظایف اجتماعی و حفظ ذخایر آلومینیم در قرن اخیر مزید بر علت شده است.[۱]

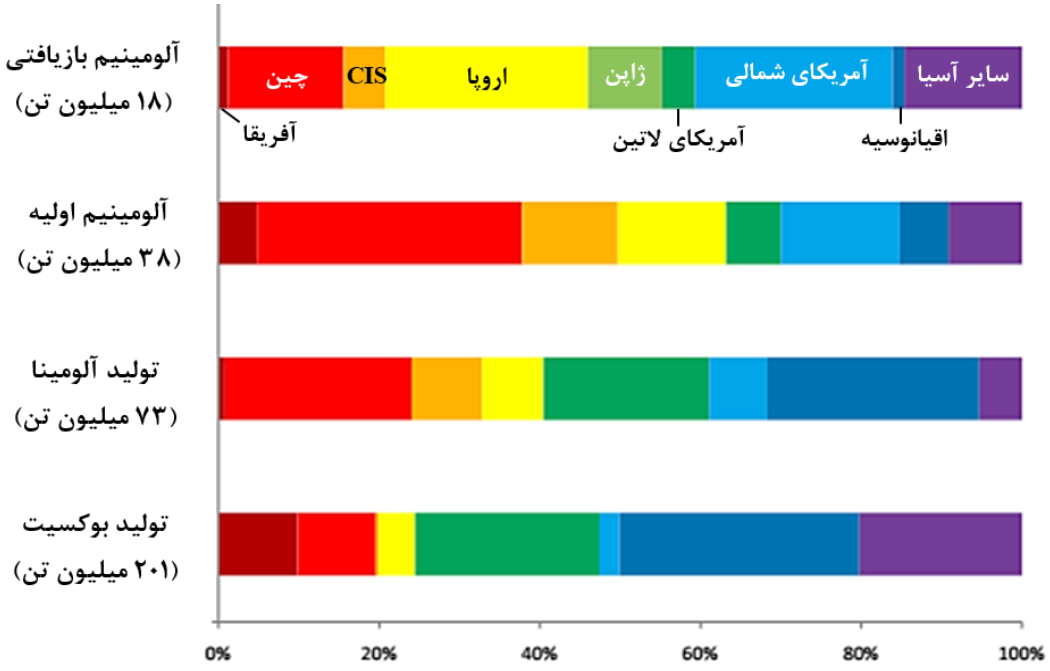
در سال ۱۹۹۰ میلادی میزان تولید جهانی آلومینیم حدود ۲۸ میلیون تن بود که تنها ۸ میلیون تن از بازیافت قراضه‌ها تولید می‌شد. پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۰ میلادی نیاز به آلومینیم به ۹۷ میلیون تن افزایش یابد که ۳۱ میلیون تن از بازیابی قراضه‌ها تأمین خواهد شد. قراضه‌های آلومینیم در هر نقطه از کره خاکی جمع‌آوری شده و در بسیاری از کشورهای دنیا امکان بازیافت آن وجود دارد اما اروپا، آمریکای شمالی و ژاپن در این حوزه پیشرو هستند. آمریکای لاتین، خاورمیانه، اقیانوسیه و آفریقا روی تولید آلومینیم اولیه تمرکز دارند و بازیافت پسماندها در این مناطق نقش کم‌رنگ‌تری دارند. گفتنی است در برخی از کشورها نظیر استرالیا و کانادا، بخش بسیاری از قراضه‌های آلومینیمی به سایر کشورهای پیشتاز در صنعت بازیافت صادر می‌شود.[۲]

---

۱. زینکلز، مارک. بازیابی آلومینیم، ۲۰۰۶.

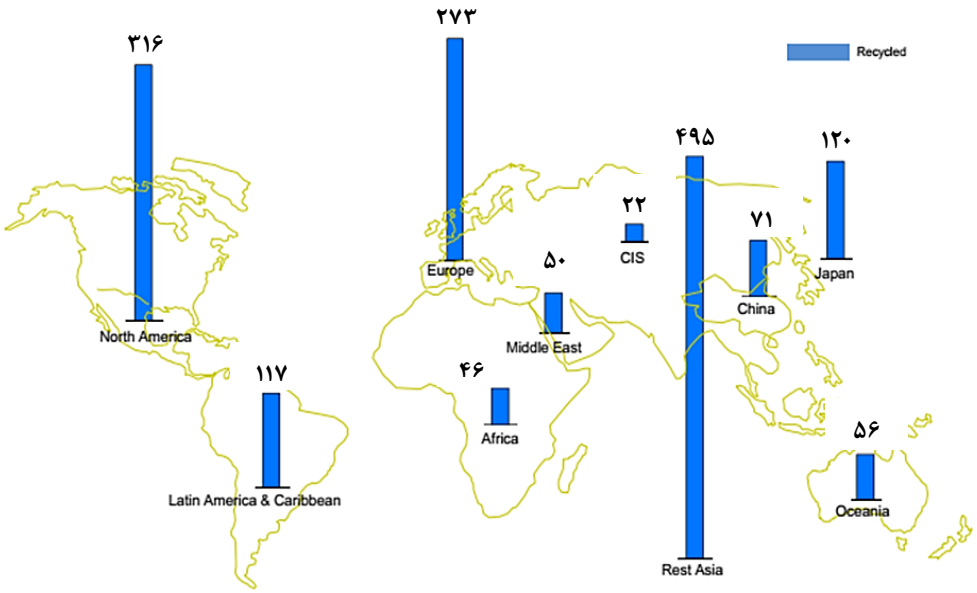
2. Global Aluminium Recycling International Journal: A Cornerstone of Sustainable Development

نمودار ۲۷. سهم تولیدکنندگان بوکسیت، آلومینا، آلومینیم اولیه و آلومینیم ثانویه در جهان[1]



مأخذ: زینکلر (۲۰۰۶).

نمودار ۲۸. توزیع واحدهای بازیافت آلومینیم در جهان[1]



Source: Global Aluminium Recycling International Journal.

1. Global Aluminium Recycling International Journal: A Cornerstone of Sustainable Development

جدول ۹. نمودار میزان تولید آلومینیم ثانویه (تولید شده از قراضه) در جهان[1] (هزار تن)

	Europe	Africa	China	Other Asia	USA	Other America	Oceania	World Total
2000	2 588	43	145	999	3 413	748	110	8 046
2001	2 575	32	287	1 238	2 965	697	127	7 921
2002	2 590	32	1 300	1 329	2 958	689	127	9 025
2003	2 532	32	1 450	1 316	3 210	737	76	9 353
2004	2 669	32	1 660	1 100	3 329	719	88	9 597
2005	2 775	32	1 940	1 128	3 334	763	73	10 045
2006	2 863	32	2 350	1 129	3 368	835	78	10 655
2007	2 933	32	2 750	1 194	3 888	813	102	11 712
2008	2 650	32	2 600	1 162	3 264	885	115	10 708
2009	2 063	32	3 100	738	3 090	870	84	9 977
2010	2 390	32	4 000	915	2 682	965	77	11 061
2011	2 837	32	4 400	827	3 044	966	80	12 186
2012	2 772	32	4 800	2 010	3 431	951	79	14 075
2013	2 783	32	5 200	2 089	3 482	945	127	14 658
2014	2 873	32	5 650	2 141	3 637	975	20	15 328
2015	2 906	32	6 200	2 075	3 456	945	0	15 614

Source: Global Nonferrous Scrap Flow International Journal**.**

۲-۴. پسماندهای تولیدشده از فراوری سنگ معدن بوکسیت

بوکسیت، سنگ معدن و منبع عمده فلز آلومینیم است. کانسارهای بوکسیت ایران از نظر جغرافیایی در شمال شرق، شمال، شمال غرب، مرکز و جنوب غرب کشور پراکنده‌اند. این کانسارها در البرز، ایران مرکزی و زاگرس واقع شده‌اند. ذخایر بوکسیت در ایران چندان چشمگیر نیست و با توجه به شرایط تشکیل بوکسیت و در نظر گرفتن ویژگی‌های زمین‌شناسی ایران، به نظر نمی‌رسد ذخایر قابل توجهی در ایران اکتشاف شود. با این حال ذخایری در مناطق جاجرم، بوکان، سقز و آبگرم قزوین قرار دارند.[2]

گل قرمز یا باطله بوکسیت یکی از مهم‌ترین پسماند/ محصول جانبی تولید شده در شرکت آلومینای ایران (مجتمع جاجرم) است. ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی گل قرمز به منبع مورد استفاده بوکسیت و پارامترهای فراوری آن وابسته است. گل قرمز به صورت عمده محتوی اکسیدهای فلزی مانند Al_2O_3، Fe_2O_3، TiO_2، SiO_2، Na_2O و CaO و به صورت جزئی شامل فلزاتی مانند Mg، Nb، Zr، Cr و K است. در شرایط نرمال حدود ۲-۱ تن باطله گل قرمز (وزن خشک) برای هر تن آلومینای تولید شده حاصل می‌شود. درحال حاضر، سالیانه باید بیش از ۹۰ میلیون تن گل قرمز قلیایی در تمام دنیا مدیریت شود. دفع این مقدار از پسماند قلیایی هزینه بالایی دارد (بیش از ۲-۱ درصد قیمت آلومینا) و به ناحیه دفعی وسیعی نیاز دارد (تقریباً ۱ کیلومتر مربع به ازای هر تن تولید کارخانه).[3]

1. Global Nonferrous Scrap Flow International Journal, Bureau of International Recycling (Nonferrous Division), 2015.

۲. فرزانه طهرانچی، «بررسی جامع صنعت آلومینیم در ایران و جهان»، واحد خدمات سرمایه‌گذاری کارگزاری تأمین سرمایه نوین، ۱۳۹٤.

۳. اعظم قربانی و علی فخاریان، «استخراج فلزات باارزش پسماند تولید آلومینا (گل قرمز) به عنوان یکی از آلاینده‌های خطرناک محیط زیستی با استفاده از روش‌های هیدرومتالورژی»، ۱۳۹٤.

غیر از مواردی که به‌درستی مدیریت شده، گل قرمز به دلیل قلیایی بودن و آثار بالقوه آن روی کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی، محیط زیست را در معرض خطرات بسیار قرار می‌دهد. روش‌های مختلفی در دنیا برای ذخیره و نگهداری گل قرمز مورد استفاده قرار گرفته است اما هیچ‌یک از آنها از دیدگاه زیست‌محیطی مطلوب نیست. برای نمونه در آلمان و فرانسه بسیاری از کارخانه‌های آلومینیم، گل قرمز را مستقیماً به دریا می‌ریزند. روش دیگر برای ذخیره گل قرمز، انتقال آن به حوضچه‌های بزرگی است که به اصطلاح دریاچه قرمز نامیده می‌شوند. تا به حال کاربردهای مختلفی برای استفاده از گل قرمز عنوان شده است و هنوز تحقیقات گسترده برای حل این مشکلات در دنیا ادامه دارد. برای مثال کاربردهای محدودی در صنعت رنگ و تولید ضدزنگ به‌منظور جلوگیری از خوردگی آهن، تولید مواد ساختمانی و سرامیکی مانند سیمان و آجرنسوز، استفاده به عنوان کاتالیست، برای جذب شیمیایی آلاینده‌های صنعتی مانند روی، فسفات، فنول و مس و یا حذف آنها از پساب کارخانه‌ها، اصلاح گل قرمز با پلیمر به صورت کامپوزیت و جداسازی برخی گازها مانند CO_2 با استفاده از گل قرمز و حتی امکان بازیابی تیتانیم از گل قرمز با اسید سولفوریک بررسی شده است.[۱]

در حال حاضر بیشتر کاربردهای ذکر شده برای گل قرمز امکان تحقق در مقیاس گسترده و صنعتی را پیدا نکرده‌اند و تنها در مقیاس آزمایشگاهی امتحان شده‌اند. پسماند گل قرمز به یک معضل جهانی تبدیل شده و دولت‌ها به دنبال راهی برای رهایی از آثار نامطلوب زیست‌محیطی این پسماند هستند.

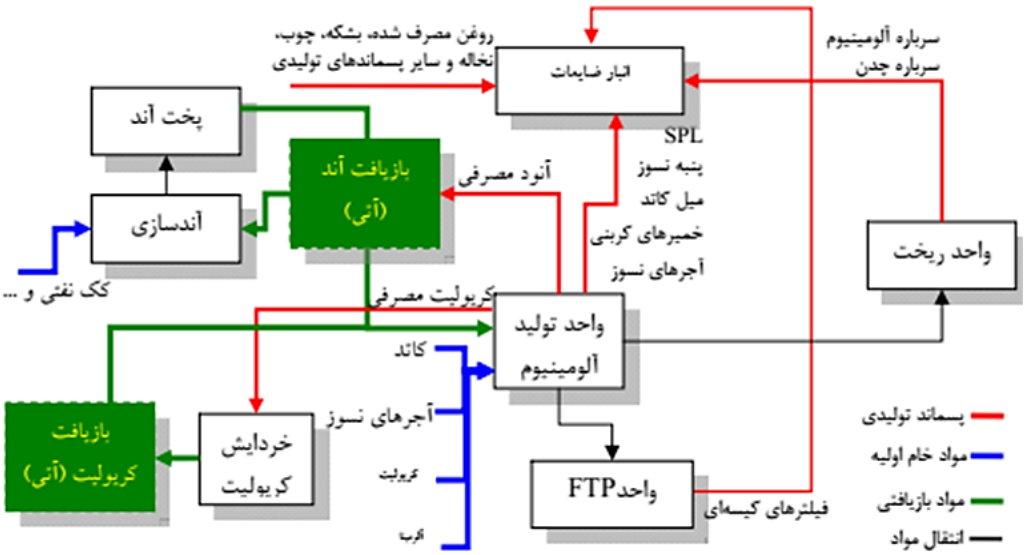
شکل ۲. سد باطله گل قرمز در مجتمع آلومینای ایران (جاجرم)

۱. مهیاز مشتاق و احمد خدادادی، «بررسی انتقال فلزات سمی از سد باطله کارخانه بوکسیت جاجرم و کاهش فلزات به کمک کربن فعال»، ۱۳۹٤.

۳-۴. پسماندهای تولید شده در فرایند تولید آلومینیم از آلومینا

یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی صنعت تولید آلومینیم، پسماندهایی است که در فرایند الکترولیز، تولید می‌شود. پسماندهای تولیدی در این صنعت با توجه به وجود مواد خطرناک از جمله فلوراید، سیانید و فلزات سنگین، براساس طبقه‌بندی‌های رایج، جزء پسماندهای خطرناک هستند. به همین دلیل انتخاب روش مناسب مدیریت این پسماندها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مهم‌ترین پسماندهای تولیدی در این کارخانه مقادیر چشمگیر ضایعات کاتدی، دم اره، شراکه، سرباره، ضایعات چدن و سرباره آلومینیم است. میزان ضایعات متناسب با ظرفیت تولید کارخانه‌ها متفاوت خواهد بود. استخراج مجدد آلومینیم از شراکه و سرباره (هرچند خلوص پایینی دارند) در کارگاه‌های سنتی و کوچک انجام می‌شود. بخش عمده پسماندها مجموعه ضایعاتی هستند که پس از پایان عمر مفید دیگ‌ها از کف دیگ‌ها جدا شده و تحت عنوان ضایعات کاتدی[1] دیگ‌های احیای آلومینیم شناخته می‌شوند. به عنوان نمونه کارخانه آلومینیم المهدی دارای ۲۴۰ دیگ احیاست. عمر هر دیگ حدود ۱۵۰۰ روز (به طور میانگین بیش از چهار سال) بوده و جِرم هر کاتد حدود ۷۰۰ کیلوگرم است. میزان کل ضایعات کاتدی را پس از تخریب دیگ می‌توان حدود ۵ تا ۱۰ کیلوگرم به ازای هر تن آلومینیم تولیدی برآورد کرد. همچنین براساس برآوردهای انجام شده به ازای هر ۳۰۰ تن آلومینیم تولیدی، حدود یک تن ضایعات و سرباره چدن تولید می‌شود. عناصر و ترکیبات خطرناک موجود در پسماندهای این فرایند براساس توضیحات ارائه شده و تجارب سایر کشورها شامل فلوراید، سیانید و فلزات سنگین است.[2]

شکل ۳. شماتیک فرایند و پسماندهای تولیدی در کارخانه‌های تولید آلومینیم



مأخذ: صفری، قاضی‌زاده و فرحناک (۱۳۹۱).

1. Spent Pot Lining (SPL)

۲. ادوین صفری، مهدی جلیلی قاضی‌زاده و مسعود فرحناک، «بررسی روش‌های مختلف مدیریت پسماندهای تولیدی در صنایع آلومینیم‌سازی و انتخاب گزینه برتر»، ۱۳۹۱.

از میان روش‌های مورد نظر برای دفع یا بازیافت ضایعات کاتدی نظیر بی‌خطرسازی این ضایعات با سیمان و استفاده از بلوک‌های حاصل در سازه‌های ساختمانی، بازیافت فلوراید و سیانید به کمک اسید و آب، سوزاندن در کوره‌های زباله‌سوز و دفن اصولی؛ روش دفن اصولی در زمین نسبت به سایر روش‌ها ساده‌تر است. دفن در زمین اساساً ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش دفع هرگونه پسماندی از جمله ضایعات کاتدی است. دفن در زمین به شکل اصولی و منطبق بر استانداردها و ضوابط مربوطه در هر حالت اجتناب‌ناپذیر است.

ضایعات سرباره آلومینیم هرچند به دلیل دارا بودن فلزات سنگین در ترکیب خود در گروه پسماندهای خطرناک قرار می‌گیرند، اما از آنجا که قابلیت استفاده برای صنایع دیگر که از نظر خلوص آلومینیم تولیدی حساسیت کمتری دارند و حتی ذوب مجدد در فرایند تولید آلومینیم را دارند، از طریق فروش به صنایع علاقه‌مند بازیافت می‌شوند و در صورت عدم امکان فروش و بازیافت به همراه ضایعات کاتدی دفن می‌شوند.

از جمله سایر پسماندها که به توجه نیاز دارند، فیلترهای پلی‌استر واحد FTP، روغن‌های ضایعاتی، خاک‌های ته‌کوره‌های ریخته‌گری و نیز موادی را می‌توان نام برد که به عنوان خمیر و آجر نسوز در دیگ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. آند و کریولیت مصرف شده در فرایند تولید آلومینیم نیز یکی دیگر از پسماندهای تولیدی است که قابلیت بازچرخش به سیستم و استفاده مجدد دارند.

۴-۴. پسماند کارخانجات آنودایزینگ (صنایع پایین‌دستی)

یکی از مهم‌ترین چالش‌های کارخانه‌های آنودایزینگ پروفیل آلومینیمی، وجود لجن با حجم بالاست. در صورتی که بتوان لجن حاصل را تبدیل به مواد قابل بازیابی کرد، علاوه بر حذف هزینه انتقال لجن از کارخانه، فروش مواد بازیابی شده از لجن نیز می‌تواند از نظر اقتصادی به نفع تولیدکنندگان باشد. لجن تصفیه پساب آنودایزینگ دارای غلظت‌های بالایی از یون آلومینیم است که می‌تواند به عنوان یک منبع مفید از مواد منعقدکننده باشد که به حذف فسفر در واحد تصفیه پساب شهری کمک کند. همچنین به دلیل داشتن درصد بالایی از سیلیس و اکسید آلومینیم و ترکیبات دیگری مانند تری‌اکسید گوگرد و اکسید کلسیم در تهیه مصالح ساختمانی نظیر تولید پوکه معدنی (به علت شباهت فرمول لجن به ورمیکولیت)، آجر، آجر نسوز، مصالح ساختمانی و صنایع رنگ‌سازی مورد استفاده قرار گیرد. برخلاف روش‌های تصفیه رایج که از سولفات آلومینیم استفاده می‌شود، میزان اسیدی بودن فاضلاب تصفیه شده با لجن آنودایزینگ، با قوانین محیط زیستی مطابقت دارد و به مرحله خنثی‌سازی نیاز نیست. بنابراین کاربرد لجن آنودایزینگ به عنوان منعقدکننده در تصفیه فاضلاب‌های شهری، به علت راندمان بالای مطلوب است.

استفاده از لجن آنودایزینگ به عنوان مصالح ساختمانی دیرگداز دارای مزایای اقتصادی است. آجرهای تولید شده از لجن آنودایزینگ، نسبت به آجرهای نسوز معمولی بسیار سبک‌تر هستند که این مسئله در کاهش هزینه‌ها مؤثر است. این آجرهای حرارتی حدود ۱۳۰۰درجه سانتی‌گراد را تحمل می‌کنند. هر آجر دیرگداز معمولی جرمی معادل ۴-۳ کیلوگرم دارد و این در حالی است که آجر ساخته شده از لجن آنودایزینگ با ترکیب حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد از این لجن، در ابعاد آجر نسوز حدود ۱/۸ تا ۲ کیلوگرم جرم دارد. به این ترتیب با این روش آسیب‌های وارد شده به محیط زیست کاهش یافته و از مصرف بی‌رویه خاک که ماده با ارزشی در تولید و کشاورزی است نیز جلوگیری می‌شود. بنابراین آجر نسوز و سایر مواد دیرگداز می‌تواند به عنوان یک محصول جانبی واحدهای آنودایزینگ بوده یا به عنوان ماده اولیه تولید به واحدهای صنعتی مرتبط انتقال داده شود.

۴-۵. پسماندهای شهری آلومینیم

۴-۵-۱. صنعت بازیافت خودرو

با توجه به ابعاد و حجم بازار صنعت خودروسازی در دنیا، بازیابی مواد فلزی مورد استفاده در خودروها نیز به همان اندازه اهمیت دارد. سالیانه حدود ۱۱ میلیون دستگاه انواع خودرو در سراسر جهان جمع‌آوری و بازیافت می‌شود. پس از پایان عمر مفید انواع خودروهای سبک و سنگین و جایگزینی با محصولات جدید، منطقی‌ترین روش، جمع‌آوری و بازیافت این خودروهاست. این کار علاوه بر منافع اقتصادی و صنعتی، به حفظ محیط زیست نیز کمک می‌کند. به عنوان نمونه حدود هفت هزار مرکز اسقاط و بازیافت خودروهای فرسوده در سراسر خاک ایالات متحده آمریکا فعالیت می‌کنند که موجب اشتغال بیش از ۴۰ هزار نفر شده است.

صنعت خودروی ایران در سال‌های اخیر رشد چشمگیری داشته است و تولید کمتر از ۱۰۰ هزار دستگاه در سال ۱۳۷۳ به تولید حدود یک میلیون و سیصد هزار دستگاه در سال ۱۳۹۶ افزایش یافته است، بنابراین برنامه‌ریزی برای بازیافت فلزات و سایر مواد به‌کار رفته در خودروها نیز اهمیتی برابر با تلاش برای توسعه این صنعت دارد.[1]

خودروهای فرسوده در دسته زباله‌های صنعتی طبقه‌بندی می‌شوند و طبق قانون مسئولیت زباله‌های صنعتی برعهده تولیدکننده است، بنابراین مسئولیت بازیافت خودروهای فرسوده که جمع‌آوری می‌شود، متوجه صنایع خودروسازی است و شهرداری یا سازمان بازیافت متولی این کار نیست. یک خودرو به طور متوسط شامل ۱۵ هزار قطعه است که از مواد مختلف نظیر فولاد، آهن، آلومینیم، شیشه، الیاف، پلاستیک، آلیاژها و فلزات غیرآهنی ساخته شده‌اند. مرحله اول در بازیافت یک خودروی فرسوده، تفکیک اجزای آن است. در ایران تجهیزات پیشرفته‌ای برای تفکیک اجزای خودروهای فرسوده وجود ندارد و عملیات تفکیک در گاراژهای اوراقی به صورت دستی انجام می‌شود. در کشورهای پیشرفته تجهیزات مکانیزه و فناوری پیشرفته

1. http://www.nosazi.org

برای تفکیک خودروهای فرسوده وجود دارد، به طور مثال در ایالات متحده سیستم‌هایی طراحی شده است که قبل از تفکیک اجزایی نظیر رادیاتور، باک، باتری و پلاستیک‌ها جدا می‌شود، سپس خودرو با جرثقیل به خردکننده‌های آسیاب مانند منتقل و به اجزای ریز تبدیل می‌شود. پس از خرد شدن اجزا به سیستم‌های جداکننده منتقل می‌شود و فلزات آهنی به کمک جداکننده‌های مغناطیسی جدا می‌شوند و سپس مواد سبک موجود با فشار باد جداسازی می‌شود. درحال حاضر حدود صد درصد فلزات موجود در قراضه خودرو قابل بازیافت است و انرژی لازم برای تولید یک تن فلز از فلزات بازیافت شده بسیار کمتر از انرژی مورد نیاز برای تولید یک تن فلز از سنگ معدن است. فلزات که حدود ۷۵ درصد وزن خودرو را تشکیل می‌دهند، درحال حاضر با نوعی زیرساخت بازار محور متشکل از دمونتاژکاران، خردکنندگان و فولادسازان، بازیافت می‌شوند. درحال حاضر بخش چشمگیری از فولادی که در خودروهای قدیمی به‌کار گرفته می‌شد، با مواد سبک‌تر مانند فولادهای با استحکام بالا، آلومینیم، پلیمرها و کامپوزیت‌های پلیمری جایگزین شده است.[1]

جدول ۱۰. متوسط سهم وزنی مواد فلزی و غیرفلزی به‌کار رفته در خودروها

ماده	کیلوگرم
فولاد	۱۰۰۰
آلومینیم	۱۳۰
منیزیم	۵
پلاستیک	۱۱۸
پلیمر کامپوزیت	۴۰
الیاف کربن استاندارد	۵۰

Source: Nosazi.org

۲-۵-۴. بازیافت قوطی‌های آلومینیمی

پسماندهای آلومینیمی شهری دسته بسیار بزرگی از انواع ضایعات فلزی را شامل می‌شود که توسط بنگاه‌های زباله‌های فلزی از سطح شهرها جمع‌آوری می‌شود و سپس به صورت کاملاً دستی طبقه‌بندی می‌شود تا متناسب با ارزش و کاربردهای آنها به کارخانجات و کارگاه‌های ذوب و ریخته‌گری ارسال شوند. پسماندهای آلومینیمی شهری به دسته‌های: ظرفی، موتوری، شوفاژ و رادیاتور، پروفیل، رینگ خودرو، قابلمه و ظروف آشپزخانه، قوطی و بطری نوشیدنی‌ها تقسیم می‌شود. استفاده مجدد از این نوع ضایعات از سال ۱۳۷۲ برای تولید شمش‌های آلیاژی آغاز شده است و بیش از ۲۰۰ واحد از این ضایعات به عنوان خوراک خود استفاده می‌کنند. نظارت سیستماتیکی روی محصولات این واحدها وجود ندارد و حتی

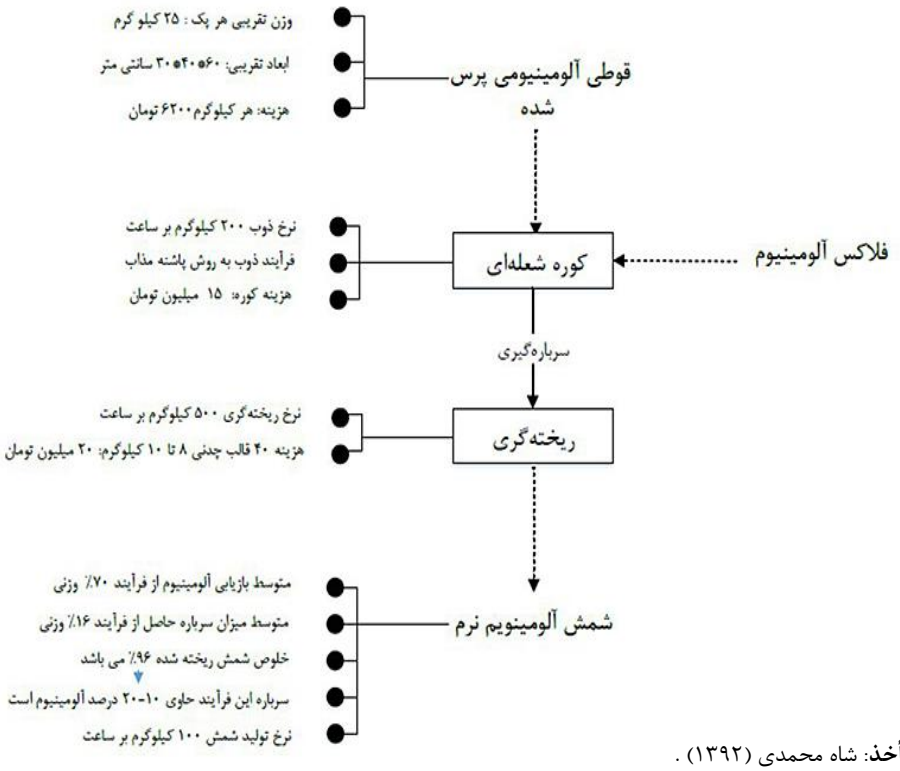
1. http://www.nosazi.org

برخی از این کارگاه‌ها ثبت رسمی نشده و مجوز وزارت صنعت، معدن و تجارت را ندارند.

در سال‌های اخیر قوطی‌ها و بطری‌های آلومینیمی مورد توجه بسیاری از کارخانجات بزرگ تولید آلومینیم ثانویه قرار گرفته است و برخی کشورهای پیشرو در عرصه بازیافت آلومینیم ثانویه مانند برزیل اقدام به وارد کردن این نوع پسماند کرده‌اند.

در سطح جهانی هرساله صنعت آلومینیم میلیون‌ها تن گازهای گلخانه‌ای مانند دی اکسید کربن منتشر می‌کند که باعث گرم شدن زمین می‌شود. اگرچه قوطی‌های آلومینیمی از لحاظ وزن به طور متوسط ۱/۴ درصد از یک تن زباله شهری را تشکیل می‌دهند، کمیته جهانی بازیافت آلومینیم[1] اعلام کرده است که فرایندهای بازیافت قوطی‌های آلومینیمی تنها ۱۴/۱ درصد از گازهای گلخانه‌ای را شامل می‌شود که در تولید محصولات آلومینیمی از آلومینیم اولیه تولید می‌شود. برای تولید هر تن قوطی آلومینیمی جدید به‌جای قوطی‌هایی که بازیافت نشدند به پنج تن از سنگ معدن بوکسیت نیاز است که باید تصفیه معدنی شود، خرد شود، شسته و تصفیه شده و به آلومینا تبدیل شود.[2] فرایند بازیافت حدود ۹۰ الی ۹۵ درصد انرژی مورد نیاز برای تولید آلومینیم از سنگ معدن را ذخیره می‌کند.

شکل ۴. شماتیک خط تولید شمش آلومینیم از بازیافت قوطی



مأخذ: شاه محمدی (۱۳۹۲) .

1. GARC (Global Aluminum Recycle Commite)

۲. معصومه شاه‌محمدی، «بازگردانی آلومینیم»، ۱۳۹۲.

براساس آمار رسمی گمرک جمهوری اسلامی ایران، به طور متوسط سالیانه ۱۰,۵۰۰ تن انواع محصولات آلومینیمی مصرفی و قابل بازیافت وارد کشور می‌شود. همچنین به میزان ۸۲۰ تن صادرات این نوع محصولات صورت می‌گیرد. بنابراین می‌توان تخمین زد که سالیانه حدود ۹,۷۰۰ تن محصولات آلومینیمی اعم از قراضه، قوطی بدون درز به همراه درب آن و درب آلومینیمی شیشه دارو در کشور مصرف می‌شود. در صورتی که راندمان فرایندهای بازیافت ضایعات و پسماندهای آلومینیمی ۸۵ درصد در نظر گرفته شود، سالیانه به طور متوسط امکان تولید ۸,۲۵۰ تن شمش آلومینیم از طریق بازیافت وجود دارد که این میزان حدود ۲/۵ درصد از تولید آلومینیم اولیه کشور را تشکیل می‌دهد.

جدول ۱۱. آمار صادرات و واردات برخی محصولات آلومینیمی قابل بازیافت

شرح	کد تعرفه	صادرات (تن)		واردات (تن)	
		۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۷
قراضه و ضایعات آلومینیم	۷۶۰۲۰۰۰۰	۰	۰	۹۱۷	۱,۷۲۱
قوطی بدون درز آلومینیمی برای انواع نوشابه و نوشیدنی	۷۶۱۲۹۰۲۰	۵۲۹	۱,۰۴۲	۶,۵۰۰	۶,۱۷۱
ظروف آلومینیمی برای گازهای فشرده یا مایع شده	۷۶۱۳۰۰۰۰	۰	۰	۱۵/۵	۰
درب آسان بازشوی آلومینیمی برای قوطی‌های آلومینیمی	۸۳۰۹۹۰۲۰	۱۲۴	۲۱۷	۳,۶۱۰	۳,۱۸۴
درب آلومینیمی شیشه دارو	۸۳۰۹۹۰۱۰	۰/۶	۱/۸	۳۲	۱۰
جمع کل		۶۵۳/۶	۱,۲۶۰/۸	۱۱,۰۷۴/۵	۱۱,۰۸۶

مأخذ: گمرک جمهوری اسلامی ایران.

بسیاری از واحدهای بازیافت آلومینیم در کشور به صورت واحدهای تولیدی کوچک و پراکنده هستند و سازماندهی مشخصی برای جمع‌آوری و بازیافت آلومینیم ثانویه در کشور وجود ندارد و به همین دلیل اطلاعات رسمی و دقیق نیز در خصوص این واحدها موجود نیست.

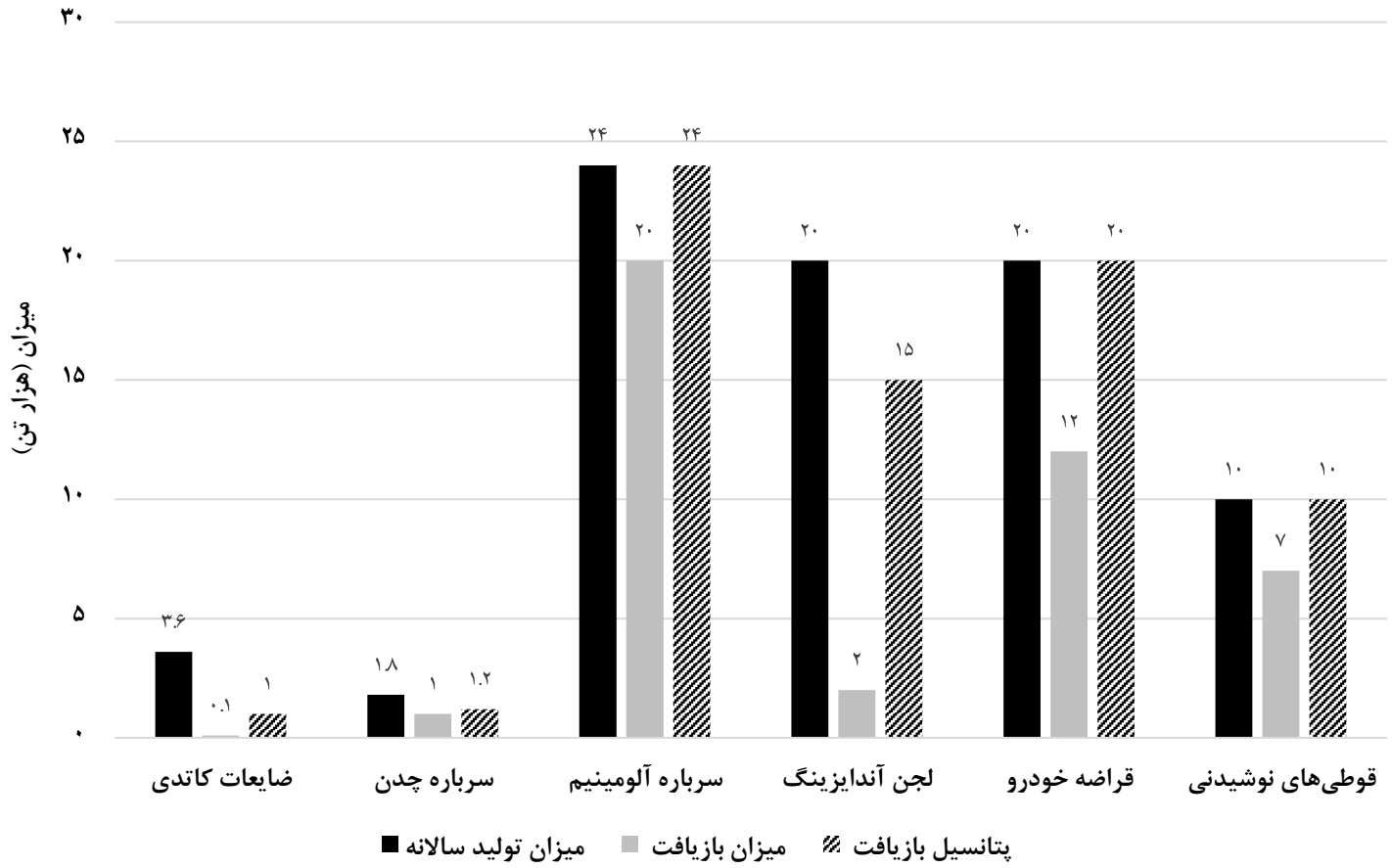
۵. جمع‌بندی صنعت بازیافت پسماندهای آلومینیم و ارائه راهکارهای پیشنهادی

جدول ۱۲. جمع‌بندی صنعت بازیافت پسماندهای آلومینیم

نام پسماند	پیش‌فرض‌ها	وضعیت فعلی	امکان‌سنجی فنی	امکان‌سنجی	ناکارآمدی‌ها	راهکارهای پیشنهادی
گل قرمز (سالیانه ۵۰۰ هزار تن)	به ازای هر تن تولید آلومینیم ۲-۱ تن گل قرمز تولید می‌شود	دپو یا دفن	قابلیت استفاده در تولید مصالح ساختمانی مثل آجر نسوز و بتن - استخراج فلزات مختلف مثل Ti	عدم آشنایی و استقبال کارخانجات تولیدی مصالح ساختمانی عدم صرفه اقتصادی جهت بازیابی فلزات از گل قرمز در مقیاس صنعتی (تنها ۱ درصد معادل ۵ هزارتن گل قرمز در سال قابلیت بازیافت دارد که صرفه اقتصادی ندارد)	عدم توجه شرکت‌های مصالح ساختمانی به اهمیت این پسماند	تشویق کارخانجات مصالح ساختمانی به استفاده از گل قرمز به‌عنوان ماده اولیه استفاده از مراکز پژوهشی جهت مطالعه روش‌های بهینه در استخراج فلزات از گل قرمز
ضایعات کاتدی (سالیانه ۳۶۰۰ تن)	به ازای هر تن تولید آلومینیم حدود ۱۰ کیلوگرم ضایعات کاتدی تولید می‌شود	دفن	قابلیت بازیافت و استفاده به‌عنوان کاتالیست	امکان استفاده مجدد این ضایعات در تولید کاتدهای جدید وجود دارد	هزینه واردات کاتد بسیار ارزان است	ایجاد واحدهای تولید کاتد و تشویق آنها به استفاده مجدد از ضایعات کاتدی
سرباره چدن (سالیانه ۱۸۰۰ تن)	به ازای هر تن تولید آلومینیم حدود ۵ کیلوگرم سرباره چدن تولید می‌شود	فروش	قابلیت بازیافت چدن از این سرباره	بازیافت این فلز از سرباره دارای صرفه اقتصادی است	عدم سازماندهی مصارف این سرباره و نداشتن متولی	حمایت کارگاه‌های بازیافت چدن از سرباره

نام پسماند	پیش‌فرض‌ها	وضعیت فعلی	امکان‌سنجی فنی	امکان‌سنجی	ناکارآمدی‌ها	راهکارهای پیشنهادی
سرباره آلومینیم (سالیانه ۲۴ هزار تن)	به ازای هر تن تولید آلومینیم حدود ۱۵۰ کیلوگرم سرباره تولید می‌شود	فروش و دفن	قابلیت استخراج آلومینیم با درصد خلوص بالا	صرفه اقتصادی در صورت استفاده از روش‌های بروز و نوین	هزینه سرمایه‌گذاری بالا و استفاده از روش‌های سنتی	حمایت از ایجاد واحدهای استخراج آلومینیم از سرباره و نظارت بر فرایند بازیافت
لجن آنودایزینگ (سالیانه ۲۰ هزار تن)	-	دفن و دپو	قابلیت استفاده در تصفیه آب و استفاده در ساخت آجر نسوز	کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و صرفه اقتصادی برای کارخانجات آنودایزینگ	عدم شناخت کافی شرکت‌های آجر نسوز و واحدهای تصفیه آب و فاضلاب در خصوص استفاده از این پسماند	تشویق شرکت‌های سازنده آجر نسوز و واحدهای تصفیه آب و فاضلاب به استفاده از این پسماند
قراضه‌های خودرو (سالیانه ۲۰ هزار تن)	اسقاط خودرو در کشور ۱۵۰ هزار دستگاه و میزان مصرف آلومینیم در هر دستگاه ۱۳۰ کیلوگرم است	ذوب مجدد و ساخت آلیاژهای آلومینیمی	امکان استفاده مجدد از آلیاژهای آلومینیمی در سایر صنایع	استفاده مجدد از قراضه‌های آلومینیمی علاوه بر کاهش ضایعات باعث حفظ ذخایر اولیه آلومینیم می‌شود.	افزایش بهره‌وری با استفاده از تکنولوژی نوین	وضع قوانین درخصوص اسقاط وسایل نقلیه فرسوده و ساماندهی مراکز اسقاط خودرو
قوطی‌های نوشیدنی (سالیانه ۱۰ هزار تن)	این آمار شامل واردات قوطی‌های بدون درز آلومینیمی و درب آنهاست	ذوب مجدد و ساخت آلیاژهای آلومینیمی	امکان استفاده مجدد از آلیاژهای آلومینیمی در سایر صنایع	استفاده از این نوع پسماند یکی از عمده‌ترین بازارهای مربوط به آلیاژ آلومینیمی و دارای صرفه اقتصادی است.	عدم استفاده تکنولوژی نوین و عدم نظارت برکیفیت آلیاژهای تولیدی در بنگاه‌های سنتی و راندمان پایین	ساماندهی واحدهای بازیافت و وضع استاندارد برای تولید محصولات باکیفیت

نمودار ۲۹. وضعیت پسماندهای آلومینیم در ایران



۶. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

بررسی زنجیره ارزش آلومینیم در کشور نشان می‌دهد که چالش تأمین مواد اولیه مهم‌ترین چالش صنایع بالادستی و پایین‌دستی این زنجیره است. سیاستگذاری و برنامه‌ریزی به منظور تأمین مواد اولیه مورد نیاز در این زنجیره باید به اولویت اصلی وزارت صنعت، معدن و تجارت و سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران در توسعه زنجیره ارزش آلومینیم کشور تبدیل شود. راهکارهای زیر در حوزه‌های مختلف پیشنهاد می‌شود:

الف) سیاستگذاری و برنامه‌ریزی برای تأمین مواد اولیه و مصرفی زنجیره ارزش آلومینیم

۱. تعیین تکلیف طرح تولید پودر آلومینا از نفلین سینیت و بوکسیت‌های کم‌عیار

بررسی‌های فنی، اقتصادی و مطالعات بازار نشان می‌دهد که طرح موجود برای بهره‌برداری از معادن نفلین سینیت استان آذربایجان شرقی (سراب) بر مبنای تولید محصولاتی چون سیمان، پودر آلومینا و انواع نمک، طرحی غیراقتصادی بوده و نیازمند بازنگری است. اجرای این طرح با سرمایه‌گذاری بیش از ۱/۴ میلیارد دلار، بدون بازنگری در محصولات و بازارهای هدفِ آن می‌تواند موجب ایجاد چالش‌های جدی در کشور و اتلاف منابع شود. به طوری که با راه‌اندازی این واحد، تنها ۲۰۰,۰۰۰ تن پودر آلومینا (۳۰ درصد نیاز فعلی کشور به این ماده اولیه) تأمین خواهد شد. همچنین امکان استفاده از معادن بوکسیت کم‌عیار برای تولید پودر آلومینا به روش زینترینگ وجود دارد که نیازمند انجام مطالعات فنی، اقتصادی و توسعه فناوری است و نسبت به طرح نفلین سینیت اولویت بالاتری دارد. در حال حاضر طرح تولید پودر آلومینا از نفلین سینیت از لیست طرح‌های اولویت‌دار سازمان ایمیدرو تا سال ۱۴۰۰ خارج شده است و نیازمند بازنگری و تعیین تکلیف نهایی است.

۲. بهره‌برداری از معادن بوکسیت گینه

با توجه به اکتشاف معادن جدید در گینه و ایجاد زیرساخت‌های مورد نیاز برای بهره‌برداری از معادن این منطقه، برنامه‌ریزی به منظور بهره‌برداری از معادن یا ایجاد واحدهای فراوری در کشور گینه برای تولید پودر آلومینا از راهکارهای تأمین ماده اولیه تولید آلومینیم کشور است. با توجه به هزینه‌کرد سالیانه بیش از ۱ میلیون دلار[۱] برای اجاره معادن بوکسیت در کشور گینه توسط ایران، برنامه‌ریزی فوری برای بهره‌برداری از این معادن ضروری است.

۳. سرمایه‌گذاری مشترک با شرکت‌های بزرگ تولیدکننده پودر آلومینا و آلومینیم

سرمایه‌گذاری مشترک با شرکت‌های بین‌المللی بزرگ در مناطق معدن‌خیز دنیا از طریق تشکیل کنسرسیوم از سوی تولیدکنندگان عمده آلومینیم کشور یکی از راهکارهای تأمین پایدار نیاز کشور به پودر آلومیناست. همچنین امکان استفاده از ظرفیت سرمایه‌گذاری مشترک با تولیدکنندگان عمده پودر آلومینا برای توسعه فازهای آلومینیم جنوب، امکان تأمین پایدار ماده اولیه تولید آلومینیم را فراهم خواهد ساخت.

---

۱. اطلاعات اخذ شده از دفتر صنایع معدنی سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو)

۴. تهاتر پودر آلومینا با سایر کالاها

تهاتر پودر آلومینا با سایر کالاها یکی از راهکارهای تأمین مواد اولیه مورد نیاز واحدهای تولید آلومینیم در شرایط تحریم است و راهکاری کوتاه‌مدت محسوب می‌شود. طراحی روشِ کاریِ مشخص برای تهاتر و هماهنگی وزارت صمت، بانک مرکزی و گمرک برای کاهش بوروکراسی اداری از جمله راهکارهای تسریع فرایندهای تهاتر کالا با کالاست.

۵. رفع مشکلات زیست‌محیطی و اجتماعی معدن بوکسیت تاش

با توجه به ایجاد چالش‌های زیست‌محیطی و اجتماعی در معدن بوکسیت تاش و تعطیلی موقت این معدن با رأی شورای معادن استان، تهیه برنامه جامع توسعه پایدار و رفع مشکلات زیست‌محیطی و اجتماعی این معدن می‌تواند امکان بهره‌برداری از حدود ۸ میلیون تن ذخیره بوکسیت با عیار بالای این معدن را فراهم کند و بهره‌وری واحد تولید پودر آلومینای شرکت آلومینای ایران را افزایش دهد.

۶. تأمین پایدار شمش آلومینیم خالص و آلیاژی مورد نیاز صنایع پایین‌دستی

صنایع پایین‌دستی تولیدکننده محصولات آلومینیمی مانند تولیدکنندگان پروفیل، محصولات ریخته‌گری، دایکست، قطعات خودرو، ظروف و درب و پنجره و یراق‌آلات آلومینیمی، انواع ورق، رادیاتور و سایر محصولات، چالش‌های جدی در زمینه تأمین شمش خالص و آلیاژی آلومینیمی دارند. کنترل و نظارت بر کف عرضه در بورس کالا و خودداری از قیمت‌گذاری دستوری، فراهم کردن امکان عرضه شمش در درب کارخانه به قیمت کشف شده در بورس کالا، ساماندهی تعاونی‌های توزیعی برای جلوگیری از رونق واسطه‌گری از جمله راهکارهای تأمین پایدار مواد اولیه مورد نیاز صنایع پایین‌دستی زنجیره ارزش آلومینیم است.

۷. تأمین سرمایه احداث واحد تولید پترولیوم کک

پترولیوم کک به عنوان ماده اولیه تولید آندهای مورد استفاده در صنعت آلومینیم در حال حاضر از خارج از کشور تأمین می‌شود. با توجه به ظرفیت موجود برای استفاده از محصولات پالایشگاه‌ها، کک‌سازی‌ها و پتروشیمی‌ها برای تولید پترولیوم کک اسفنجی و سوزنی مورد استفاده برای ساخت آند و الکترود گرافیتی، ایجاد کنسرسیوم‌های مشترک تولیدکنندگان بزرگ فولاد و آلومینیم کشور می‌تواند امکان تأمین مالی طرح نیمه‌تمام پترولیوم کک اروند (از طرح‌های نیمه‌تمام ایمیدرو) را فراهم سازد. تا امکان تأمین ماده مصرفی مورد نیاز آندسازی‌ها و تولیدکنندگان الکترود گرافیتی را فراهم سازد.

ب) افزایش بهره‌وری و ارتقای فناوری واحدهای تولیدکننده آلومینیم برای کاهش مصرف انرژی الکتریکی

بررسی میزان مصرف انرژی الکتریکی در واحدهای تولید آلومینیم کشور نشان‌دهنده فاصله معنادار مصرف انرژی با تولیدکننده‌های بزرگ دنیاست. بدین منظور سرمایه‌گذاری برای ارتقای فناوری تولید و کاهش مصرف انرژی از اولویت‌های این صنعت است. صنایع بالادستی (تولیدکنندگان شمش آلومینیم) و صنایع پایین‌دستی باید ضمن ارائه

برنامه جامع افزایش بهره‌وری و تعیین زمانبندی، نسبت به ارتقای فناوری و کاهش مصرف انرژی واحدها اقدام کنند. وزارت صنعت، معدن و تجارت می‌تواند ضمن الزام واحدها برای نوسازی، بازسازی و کاهش مصرف انرژی، براساس بند «ح» ماده (۴۶) برنامه ششم از صنایعی حمایت کند که اقدام به افزایش بهره‌وری و کاهش مصرف انرژی کرده‌اند.

ج) اصلاح نظام عرضه شمش آلومینیم در بورس کالا

صنایع بالادستی تولید شمش آلومینیم بیشترین وابستگی را به واردات مواد اولیه و مصرفی دارند و اقلام مورد نیاز خود را با ارز آزاد تأمین می‌کنند. همچنین چالش‌های ایجاد شده در اثر تحریم‌های بین‌المللی در زمینه انتقال پول و بیمه کشتیرانی نیز موجب بالا رفتن هزینه‌های تولید آلومینیم در کشور شده است. وزارت صنعت، معدن و تجارت باید ضمن خودداری از قیمت‌گذاری دستوری، نسبت به سامان‌دهی خریداران از بورس کالا اقدام کند تا از رونق واسطه‌گری جلوگیری شود. وزارت صمت با همکاری انجمن‌ها و تشکل‌های غیردولتی این حوزه می‌تواند ضمن ساماندهی خریداران از بورس کالا، با حمایت از ایجاد تعاونی‌های توزیعی متشکل از مصرف‌کنندگان عمده شمش آلومینیم کشور، امکان خرید شمش آلومینیم به قیمت کشف شده در بورس کالا را برای همه مصرف‌کنندگان فراهم کند تا تعداد محدودی از خریداران نتوانند از فاصله قیمتی میان بورس کالا و بازار آزاد و همچنین کمبود شمش در داخل کشور، سوء استفاده کنند.

د) توسعه صنایع پایین‌دستی تولید آلیاژهای خاص آلومینیمی و ایجاد فرصت‌های صادراتی

با توجه به کاربرد آلیاژهای آلومینیمی در صنایع مختلف به‌ویژه صنایع الکترونیک، هوافضا، نظامی و دفاعی، توسعه صنایع پایین‌دستی آلومینیم برای تولید محصولات، قطعات و آلیاژهای خاص آلومینیمی و ایجاد فرصت‌های صادراتی می‌تواند نقش مهمی در توسعه زنجیره ارزش آلومینیم کشور داشته باشد. این مهم نیازمند گسترش روابط اقتصادی با کشورهای پیشرو در صنایعی مانند الکترونیک، هوافضا، آی تی و ... است که ضمن خلق بازارهای صادراتی جدید، امکان توسعه فناوری‌های روز دنیا را در کشور فراهم خواهد کرد.

هـ) تدوین برنامه جامع برای کنترل و بازیافت پسماندهای زنجیره ارزش آلومینیم

به دلیل فقدان برنامه جامع برای کنترل و بازیافت پسماندهای زنجیره ارزش آلومینیم، واحدهای بازیافت به صورت غیراصولی و خارج از استانداردهای ملی و بین‌المللی فعالیت می‌کنند. ساماندهی و استانداردسازی واحدهای فعال بازیافت می‌تواند گام مؤثری در تأمین بخشی از آلومینیم مورد نیاز کشور از طریق بازیافت (آلومینیم ثانویه) باشد. درحال حاضر ظرفیت بازیافت بیش از ۳۰ هزار تن (بیش از ۸ درصد تولید آلومینیم اولیه) کشور وجود دارد که به دلیل عدم ساماندهی و استانداردسازی بهره‌وری پایینی دارند. همچنین ساماندهی استفاده از سایر پسماندهای این زنجیره مانند گل قرمز، ضایعات کاتدی، سرباره‌ها و ... در صنایع مختلف مانند تولید مصالح ساختمانی، سیمان، جاده‌سازی و سایر صنایع می‌تواند ضمن حفظ محیط‌زیست از خطرات آلایندگی این پسماندها بهره‌وری واحدهای تولیدی را افزایش دهد.

منابع و مآخذ

۱. آمار دفتر بهره‌برداری معادن معاونت امور معادن و صنایع معدنی وزارت صمت.

۲. آمار تولید سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو).

۳. آمار گمرک جمهوری اسلامی ایران.

۴. نوتاش، محمدرضا، «جهان آلومینیم و جایگاه ایران در افق چشم‌انداز ۱۴۰۴»، فصلنامه توسعه تکنولوژی، ۱۳۸۴.

۵. اژدری، علی‌اصغر و هاشم خویی، «مروری گذرا بر چالش‌های فراروی صنایع فولاد و آلومینیم و سهم عوامل مؤثر در قیمت تمام شده آنها در ایران»، مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۳۸۴.

۶. دهقانی، فرید و محمد جباری، «بررسی اصلاح الگو در صنایع منتخب انرژی، بخش معدن، صنایع معدنی»، مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۳۸۸.

۷. زینکلز، مارک. بازیابی آلومینیم، ۲۰۰۶.

۸. طهرانچی، فرزانه، «بررسی جامع صنعت آلومینیم در ایران و جهان»، واحد خدمات سرمایه‌گذاری کارگزاری تأمین سرمایه نوین، ۱۳۹۴.

۹. قربانی، اعظم، علی فخاریان، «استخراج فلزات با ارزش پسماند تولید آلومینا (گل قرمز) به عنوان یکی از آلاینده‌های خطرناک محیط زیستی با استفاده از روش‌های هیدرومتالورژی»، ۱۳۹۴.

۱۰. مشتاق، مهیاز و احمد خدادادی، «بررسی انتقال فلزات سمی از سد باطله کارخانه بوکسیت جاجرم و کاهش فلزات به کمک کربن فعال»، ۱۳۹۴.

۱۱. صفری، ادوین، مهدی جلیلی قاضی‌زاده و مسعود فرحناک، «بررسی روش‌های مختلف مدیریت پسماندهای تولیدی در صنایع آلومینیم‌سازی و انتخاب گزینه برتر»، ۱۳۹۱.

۱۲. شاه محمدی، معصومه، «بازگردانی آلومینیم»، ۱۳۹۲.

۱۳. استاندارد ملی ایران، معیارها و مشخصات فنی مصرف انرژی الکتریکی در فرایندهای تولید آلومینیم، شماره ۸۶۶۴، چاپ اول.

14. https://aluminiuminsider.com
15. https://www.lme.com
16. https://www.statista.com
17. https://www.alcircle.com
18. http://www.worldstopexports.com
19. https://marketrealist.com
20. http://www.world-aluminium.org
21. https://www.crugroup.com
22. Aluminium Market Outlook 2018 CRU Group North America
23. Global aluminium recycling International Journal: a cornerstone of sustainable development
24.Global nonferrous scrap flow international journal, Bureau of international recycling (nonferrous division), 2015
25. http://www.nosazi.org/
26. http://www.worldsrichestcountries.com/

مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شناسنامه گزارش	شماره مسلسل: ۱۶۵۲۱

عنوان گزارش: بررسی راهبردهای ایجاد ظرفیت آلومینیم در کشور براساس زیرساخت‌های موجود و مزیت نسبی در حلقه‌های مختلف زنجیره ارزش

نام دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه معدن و صنایع معدنی)

مدیر مطالعه: بابک بهادری

تهیه و تدوین‌کنندگان: فرزین ساده‌لاری، فرید نمازی

ناظران علمی: حسین افشین، علی‌اصغر اژدری

متقاضی: معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی

ویراستار تخصصی: ــــــــــ

ویراستار ادبی: ــــــــــ

واژه‌های کلیدی:

۱. آلومینیم

۲. زنجیره ارزش

۳. پودر آلومینا

۴. بازیافت

تاریخ انتشار: ۱۳۹۸/۴/۱۹