صنعت آلومینیوم: مروری بر فناوری‌های روز، اثرات زیست محیطی و امکان بازیابی گرمای تلف شده

چکیده

آلومینیوم به خاطر خواص مفیدش، عموماً به شکل آلیاژی، در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مقاله، کل فرآیند تولید آلومینیوم از سنگ معدن تا محصول آلیاژ فلزی پرداخت شده را نشان می‌دهد. به‌علاوه، مقاله به وضعیت فعلی فناوری‌های مورد استفاده در هر گام مجزا از فرآیند اشاره می‌نماید. توجه بالقوه‌ای به فناوری‌های ریخته‌گری و بازیافت ثانویه می‌شود چرا که سهم آلومینیوم بازیافتی به طور چشمگیری در حال افزایش است و آلومینیوم از نظر مصرف انرژی، بسیار کارآمدتر است که بازیافت گردد تا این که از طریق روش‌های اولیه تولید شود. تحولات آینده در صنایع، به ویژه فناوری آنُد در شرایط خنثی مورد بحث قرار گرفته است. تولید آلومینیوم اثرات زیست محیطی زیادی دارد و انتشار گازها و باقی مانده جامد محصولات جانبی، مورد گفتگو قرار گرفته است. علاوه بر اثرات زیست محیطی، این صنعت بسیار انرژی بر بوده و بخش زیادی از انرژی را به صورت گرمای تلف شده در جو آزاد می‌نماید. یکی از روش‌های کاهش مصرف انرژی و کاهش اثرات زیست محیطی آلاینده‌ها، به کار گرفتن فناوری بازیافت گرمای تلف شده است. روش‌های کاربردی جهت کاهش مصرف انرژی با تمرکز ثانویه بر کاربردهای بالقوه درون صنعت در فناوری‌های بازیابی گرمای هدر رفته مورد آزمون قرار گرفته اند.

کلیدواژه‌ها: تولید آلومینیوم، اثر زیست محیطی تولید آلومینیوم، بازیابی گرمای تلف شده، فناوری بازیابی گرمای تلف شده، کاربردهای بازیابی گرمای تلف شده

نتیجه‌گیری

در این مقاله، فرآیندهای تاریخی و فعلی تولید آلومینیوم ارائه شده است. در طول سال‌ها، فناوری‌ها و روش‌های کارآمدتری در مصرف انرژی توسعه یافته‌اند و تجهیزات

ناکارآمد یا ناسازگار با محیط زیست در حال ارتقا هستند، چرا که فهم عواقب ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌طور کامل‌تر درک می‌شود. می‌توان دید که صنعت اولیه بیشترین سهم را در انتشار گازها، به ویژه فرآیند الکترولیز دارد. آینده نگری برای کاهش این گازهای گلخانه‌ای را می‌شود با نسبت نیروگاه‌های برق-آبی تأمین کننده انرژی برای صنعت اولیه به‌ویژه با نظر به قابلیت کاهش بخش زیادی از CO_2 تولید شده، مشاهده نمود. علاوه بر این، توسعه مداوم آندهای خنثی و تجاری سازی قریب‌الوقوع آن‌ها در صنعت اولیه چشم اندازی هیجان انگیز است. اگر این فناوری در سراسر جهان اجرا شود، بخش قابل توجهی از انتشار گازهای گلخانه‌ای نه تنها از فرآیند الکترولیز کم می‌شود، بلکه فرآیند تولید بسیار موثر و ناشی از پخت آندهای کربنی در سلول‌های آماده پخت نیز، بی‌اثر خواهد شد. انتخاب مواد برای این آندهای خنثی از نظر تحقیقاتی حائز اهمیت است.

صنعت پالایش بیشترین نسبت باقیمانده مشکل‌ساز جامد، به‌ویژه گِل قرمز را تولید می‌نماید، اما SPL[1] و سرباره نمک تولید شده توسط صنایع اولیه و ثانویه نیز نگران کننده است. کار مداومی باید انجام گیرد تا بتوان اطمینان حاصل نمود که ماهیت خطرناک محصولات جانبی جامد را می‌توان با تولید محصولی با ارزش افزوده یا خنثی کاهش داد، نه فقط این که با دفن زباله به اتمام برسد .

نسبت تولید فلزات ثانویه در حال افزایش است و تولید آن بیشتر دوستدار محیط زیست است. مشخص شده که فلز اولیه هنوز یک ضرورت است، اما ذوب اولیه و ثانویه دوستدار محیط زیست از اهمیت بالایی برخوردار است. برای افزایش سود، یکی از معیارهای کاهش بهره وری انرژی وگازهای گلخانه‌ای[2] (GHG) که می‌تواند معرفی شود، فناوری‌های WHR[3] هستند. به‌طور مداوم فناوری‌های جدید در حال توسعه هستند و پیشرفت واقعی در ارائه محصولات مقرون به صرفه و سودمند تجاری، به نتیجه رسیده است. صنعت آلومینیوم به‌عنوان یکی از عوامل اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای ایجاد شده توسط انسان و مصرفکننده شدید انرژی، باید گام‌هایی رو به جلو در رویه‌های پایدار بردارد، به‌ویژه به دلیل اثرات زیست محیطی‌ای که ایجاد می‌نماید.

---

[1] Spent pot lining
[2] Greenhouse gases
[3] Waste heat recovery

در صنعت پالایش، فرآیندهایی را که می‌توان هدف قرار داد مراحل فرآیند هضم و کلسینه شدن[1] است. هم اکنون، بخار دوباره مورد استفاده قرار می‌گیرد و از مبدل‌های حرارتی برای پیش‌گرم نمودن مواد ورودی استفاده می‌شود. بهبود کارایی مبدل حرارتی در پیش‌گرم نمودن دوغاب مفهومی جالب است، همچنین به‌طور ویژه محتوای انرژی گاز خروجی حاصل از کلسینه شدن را هدف قرار می‌دهد. عوامل کلسینرهای بستر سیالِ در حال گردش برای کاهش اتلاف ایجاد شده‌اند اما گازهای خروجی همچنان آزاد می‌شوند.

انواع فناوری‌های کوره و پایه و منطق انتخابی آن‌ها شرح داده شده است. بررسی این نکته جالب است که کوره‌ها هنوز با روش‌های "نیمه تجربی[2]" طراحی می‌شوند و ادامه کار جهت مدل‌سازی راندمان انرژی کوره با روش‌های CFD[3] و عددی ادامه دارد.

از آن‌جایی که صنعت بسیار انرژی‌بر است، منطقی است که در ابتدا بیشترین هدر رفت انرژی را مدنظر قرار دهیم. طیف گسترده‌ای از دما در کل فرآیند تهیه آلومینیوم وجود دارد و به آسانی تجهیزات مختلفی برای دسترسی به این طیف در دسترس هستند. فرآیندهای احتراق محدوده دمای بالا و دمای متوسط را تجربه می‌نمایند. انتخاب مواد مورد نیاز برای کاربردهای دمای بالا می‌تواند پرهزینه باشد، این جریان‌ها با دمای بالا را می‌توان رقیق نمود تا محدوده را به طیف قابل کنترل‌تری برسانند.

انواع مبدل‌های حرارتی برای هدف قرار دادن منبع بخار، جریان‌های حرارتی خاص و کیفیت گرمای تلف شده ایجاد شده‌اند و انتخاب آن‌ها به عوامل متعددی بستگی دارد. پیش‌گرمکن‌های هوا، از جمله احیاء کننده‌های چرخشی و دور سیم پیچ‌ها می‌توانند برای بازیابی گرمای تلف شده از گازهای خروجی استفاده شوند. مبدل‌های حرارتی فشرده را می‌توان در مواقعی استفاده نمود که محدودیت فضا وجود داشته باشد، هرچند افت فشار و افزایش خطر رسوب که منجر به کاهش راندمان می‌شود، سنجیده شده است. اقتصاد دانان همچنین برای هدف قرار دادن بازیابی از گازهای خروجی استفاده می‌نمایند. مبدل‌های گرمایی لوله‌های حرارتی روشی بسیار مؤثر برای بازیابی گرما هستند و به‌ویژه به دلیل خواص مفید متعددی که شرح داده شده‌اند، فناوری‌ای امیدوارکننده هستند. بازیابی‌کننده‌ها

---

[1] Calcination
[2] Semi-empirical
[3] Computational fluid dynamic

یکی از ساده‌ترین روش‌های بازیابی گرمای اتلاف هستند، می‌توان آن را در راستای کانال‌کشی قرار داد، بنابراین ردپای فسیلی کوچکی دارند و دارای ترکیبات و مواد بسیاری هستند. مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله می‌توانند به طور موثر گرما را انتقال دهند اما ردپایی بزرگتر از سایر فناوری‌ها دارند و می‌توانند از خوردگی و افت فشار بالا در مضیقه باشند. دستگاه‌های تبدیل مستقیم الکتریکی میدان اضافی برای WHR فراهم می‌نمایند، اگرچه فناوری فعلی هنوز به طور کامل آزمایش و اثبات نشده است. تحقیقات اضافی در این زمینه به ویژه با تمرکز بر افزایش کارایی توصیه می‌شود. دیگ‌های حرارت تلف شده به منبع گرمایی از محدوده دمای بالاتر نیاز دارند اما فناوری در دسترسی هستند. ترموکمپرسورها در هنگام تولید بخار بسیار مفید هستند و می‌توان آن‌ها را در یک فرآیند مجددا استفاده نمود، آن‌ها ساده و موثرند.

کاربردهای فعلی و بالقوه برای فناوری‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند و تمایل دارند که مختص سایت باشند. کاربردهای اصلی به سه دسته تقسیم می‌شوند: گرمایش فضا و منطقه، بهینه سازی فرآیند و تولید برق. با توجه به این که بهره‌وری انرژی نه تنها از نظر تجاری یک موقعیت سودمند است، بلکه یک مسئله جهانی است، این فناوری‌ها، در میان سایر اقدامات موثر در بهره‌وری انرژی، باید همچنان به معرفی و به کارگیری دقیق در سراسر صنعت آلومینیوم ادامه دهند.

ترجمه و ویرایش: یاسمن باغبان

Reference

Brough D., Jouhara H., “The aluminium industry: A review on state-of-the-art technologies, environmental impacts and possibilities for waste heat recovery”, *International Journal of Thermofluids*, 1_2 (2020) 100007.

DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijft.2019.100007

Nicromet
5
Nicromet
3
Nicromet
2