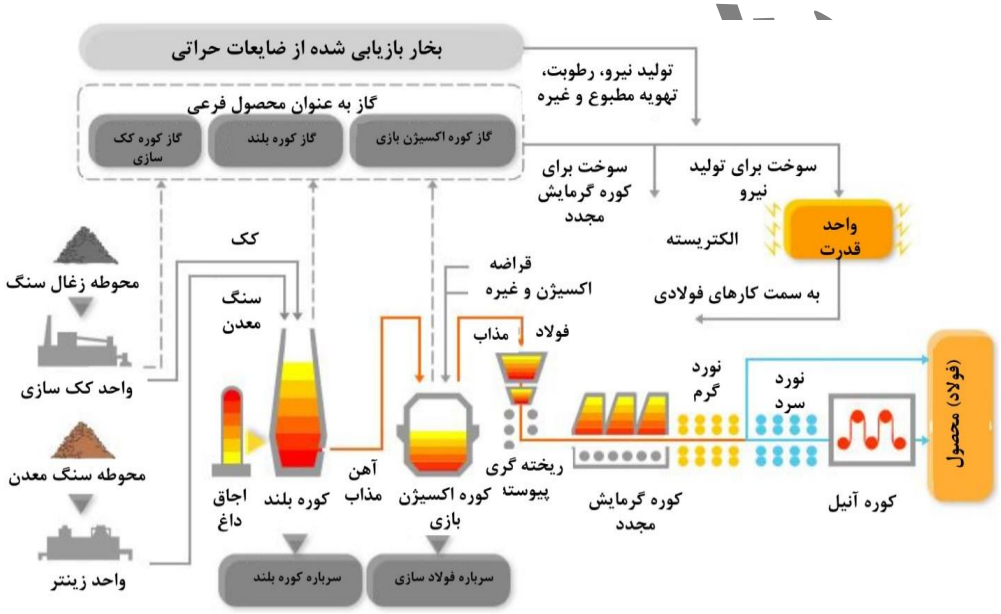
استفاده از ضایعات حرارتی استفاده‌نشده در برنامه ۵۰ COURSE ژاپن

امروزه سهم عمده‌ای از گرمای تولید شده در واحدهای فولادسازی به عنوان بخار و یا انرژی الکتریکی مورد بازیافت قرار گرفته و به‌طور مؤثری استفاده می‌شود. بر اساس فنّاوری‌های پیشرفته برای بازیابی و صرفه‌جویی انرژی، برنامه ۵۰ COURSE ژاپن به دنبال استفاده از فناوری‌های بسیار پیشرفته به‌منظور بهره‌گیری از ضایعات حرارتی استفاده‌نشده[1] برای ضبط، جداسازی و بازیابی CO_2 می‌باشد. بازیابی متداول ضایعات حرارتی در صنعت فولاد در شکل ۱ به‌صورت شماتیک نشان داده شده است.



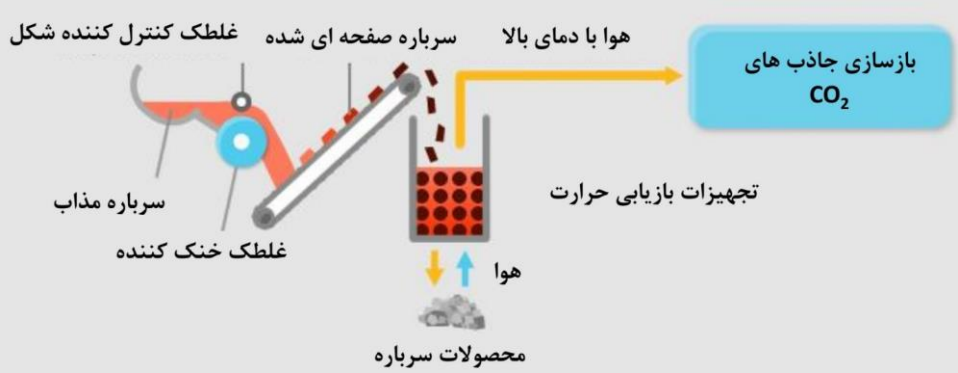
شکل ۱. بازیابی ضایعات حرارتی رایج در صنعت فولاد.

به‌منظور ضبط، جداسازی و بازیابی CO_2 از گاز خروجی کوره بلند، انرژی‌هایی نظیر بخار و انرژی الکتریکی مورد نیاز می‌باشد. اگر انرژی مورد نیاز از منابع خارجی تأمین شود، گاز CO_2 در سایت‌های تولید انرژی منتشر خواهد شد، بنابراین در برنامه ۵۰ COURSE هدف استفاده از ضایعات گرمایی معمولی استفاده‌نشده‌ای است که به دلایل و مشکلات اقتصادی و فنی هنوز مورد استفاده قرار نگرفته‌اند. فناوری‌های زیر به‌منظور رسیدن به این هدف در برنامه ۵۰ COURSE مورد توجه و توسعه قرارگرفته‌اند:

۱. توسعه فرایندهای مربوط به بازیابی حرارت سرباره فولادسازی

[1]. unused waste heat

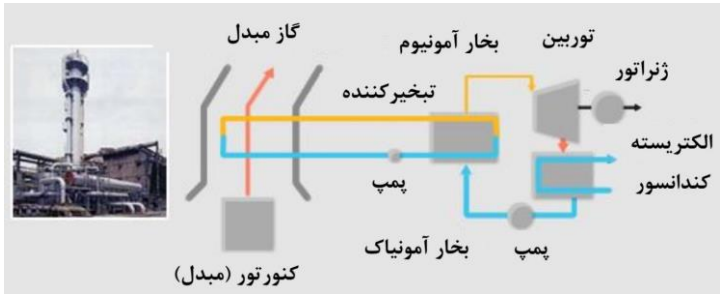
بازیابی و استفاده از ضایعات حرارتی دمای بالای استفاده‌نشده در واحدهای فولادسازی به عنوان انرژی مورد نیاز برای جداسازی CO_2 از جاذب‌های شیمیایی و بازسازی جاذب‌های مملو از CO_2 راهکاری مؤثر می‌باشد. این پروژه یک فرایند بازیابی گرمایی معقول از سرباره فولادی با درجه حرارت بالا می‌باشد که در آن سرباره مذاب با دمای حدود ۱۶۰۰-۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به یک محصول تبدیل می‌شود. فنّاوری‌های کلیدی مورد نیاز شامل توسعه روش خنک‌سازی و کنترل شکل سرباره به‌منظور تحقق سیستم مؤثر بازیابی حرارتی می‌باشد. شماتیک فرایند در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. شماتیک فرایند بازیابی گرمای سرباره فولاد به‌منظور بازسازی جاذب‌های شیمیایی CO_2.

۲. توسعه فنّاوری تولید نیروی چرخه کالینا

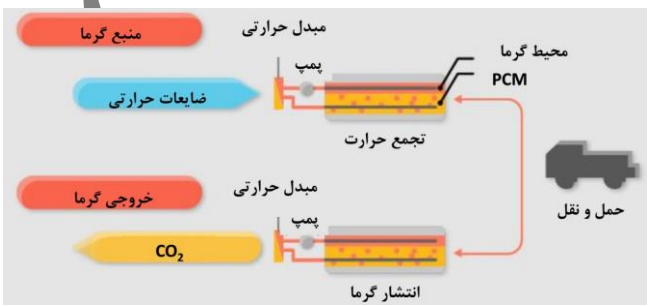
این پروژه به‌منظور توسعه فنّاوری‌های مربوط به بازیابی الکتریکی از ضایعات حرارتی اجرا خواهد شد که از انرژی الکتریکی تولید شده برای ضبط، جداسازی و بازیابی CO_2 استفاده می‌شود. برای روش تولید نیرو توسط سیکل کالینا با استفاده از ضایعات حرارتی بازیابی شده با دمایی در حدود ۱۰۰ درجه سانتی گراد چندین تجربه عملی در سرتاسر دنیا مشاهده شده است. با این حال به دلیل هزینه بالای تجهیزات و بهره‌وری پایین بازیابی حرارتی آن، به‌طور گسترده مورد استفاده قرار نگرفته است. در این مورد مسائل فنی خاصی نظیر افزایش بهره‌وری مربوط به بازیابی ضایعات حرارتی از طریق اکتشاف محیط مناسب برای سیستم‌های تولید انرژی حرارتی دمای پایین و همچنین توسعه فنّاوری‌ها به‌منظور کاهش اندازه و ابعاد و هزینه تجهیزات تولید نیرو بایستی مورد توجه قرار گیرد. یک نمونه از سیستم تولید نیرو چرخه کالینا در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳. نمونه‌ای از سیستم تولید نیرو توسط سیکل کالینا.

۳. استفاده از PCM[۲] یا مواد تغییر فاز دهنده

توسعه فنّاوری استفاده از PCM برای بازیابی و تجمیع ضایعات حرارتی دمای پایین تا متوسط استفاده‌نشده و سپس انتقال و تخلیه آن‌ها با هدف استفاده از انرژی حرارتی به‌منظور جداسازی CO_2 از جاذب‌های مملو از CO_2 و بازسازی جاذب‌ها در فرایند جذب شیمیایی مورد بررسی و اجرا قرار گرفته است. PCM ماده‌ای است که قابلیت ذخیره حرارتی با چگالی بالا را با استفاده از حرارت پنهان در ذوب و انجماد خود دارد. اگر PCM توسط یک محفظه حرارتی ایزوله شده انتقال یابد، انتقال حرارت را با کمترین میزان افت دمایی می‌توان انجام داد. انتظار می‌رود که ضایعات حرارتی متناوب تولید شده در یک ناحیه دور افتاده اگر توسط PCM ذخیره شود، می‌تواند به عنوان انرژی مورد نیاز برای ضبط، جداسازی و بازیابی CO_2 مورد استفاده قرار گیرد. در این پروژه، توسعه فنّاوری‌های مورد نیاز برای ذخیره‌سازی حرارت و انتقال آن با تمرکز بر روی مواد PCM از نوع مبدل‌های حرارتی مستقیم[۳] با توان خروجی بالا با هدف گسترش محدوده دمایی، مورد اجرا قرار گرفته است. شماتیک فرایند مورد نظر در شکل ۴ نشان داده شده است.

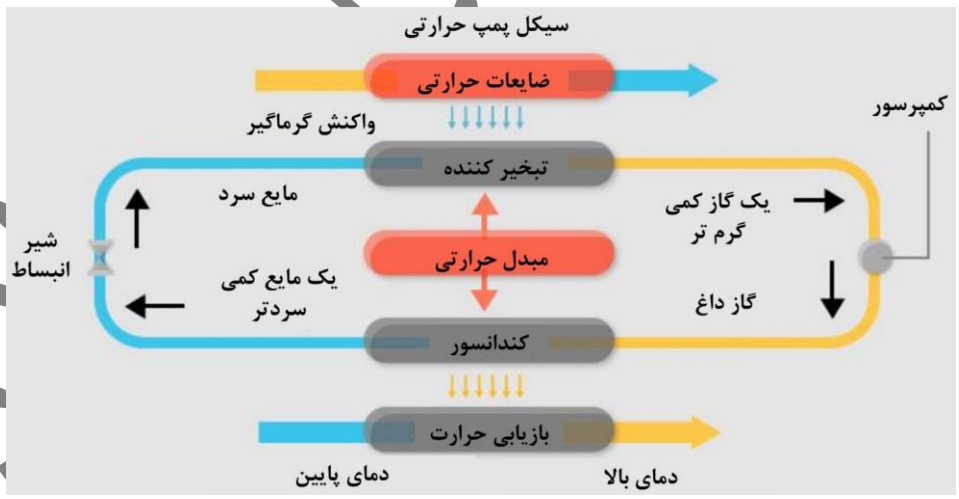


شکل ۴. استفاده از مواد PCM جهت ذخیره‌سازی و انتقال حرارت به‌منظور استفاده در فرایند ضبط، جداسازی و بازیابی CO_2

۲ . Phase Change Materials
۳ . direct-heat-exchange-type PCM

۴. استفاده از پمپ‌های حرارتی

توسعه فناوری‌های مربوط به استفاده از پمپ‌های حرارتی با چشم‌انداز استفاده از ضایعات حرارتی دمای متوسط و پایین به عنوان منبع حرارتی برای فرایند جذب شیمیایی به‌منظور ضبط CO_2 در برنامه آینده COURSE۵۰ اجرا خواهد شد. یک پمپ حرارتی وسیله‌ای است که گرما را از منبع حرارتی به چاه حرارتی[۴] با استفاده از کار مکانیکی انتقال می‌دهد. عمدتاً انتقال از منبع حرارتی با دمای پایین به چاه حرارتی با دمای بالاتر صورت می‌گیرد. با افزایش ناچیز دما نیز انتظار می‌رود بازدهی مربوط به فرایند بازیابی حرارتی افزایش یابد که برای تولید بخار کم فشار از آب تخلیه شده با درجه حرارت بالا مناسب می‌باشد. پمپ‌های حرارتی از نوع فعال شونده با گرما[۵] به‌وسیله اختلاف دما بین ضایعات حرارتی و محیط اطراف آن قادر به تولید دمای بالاتر بدون نیاز به انرژی ورودی می‌باشند. بنابراین انتظار می‌رود که پمپ‌های حرارتی فعال شونده با گرما قادر به استفاده از ضایعات حرارتی با دمای پایین نیز باشند که با وجود فراوانی آن‌ها امروزه برای جذب، جداسازی و بازیابی CO_2 مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. سیکل پمپ حرارتی در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵. سیکل پمپ حرارتی.

[۴] Heat Sink
[۵] . Heat-activated heat pumps