

کاهش مصرف الکتروود در کوره های قوس الکتریکی شرکت فولاد هرمزگان

محمد شریف شریفیان^۱، جواد قراگوزلو، امید کرمی

مقدمه

الکتروود گرافیتی از جمله اقلام مصرفی استراتژیک صنعت فولادسازی است که ۸ تا ۱۲ درصد قیمت تمام شده محصول در این صنعت را به خود اختصاص داده است. الکتروود گرافیتی از ۹۹/۸ درصد کربن (کک سوزنی) تشکیل شده است که نقش آن انتقال جریان الکتریسیته از بازوها به بار کوره از طریق ایجاد قوس الکتریکی است. انتخاب گرافیت به عنوان جنس الکتروود در کوره های قوس الکتریکی به دلیل ویژگی هایی از جمله: هدایت الکتریکی عالی، هدایت حرارتی بالا، دیرگدازی بالا، نداشتن نقطه خمیری شدن، نداشتن نقطه ذوب، افزایش استحکام مکانیکی در دمای بالا، انبساط حرارتی کم، مدول الاستیسیته مناسب، مقاومت زیاد در برابر شوک های حرارتی، عدم تاثیر بر آنالیز مذاب و خنثی بودن از نظر شیمیایی، قابلیت ماشین کاری خوب و اکسیداسیون ضعیف می باشد. در حالت کلی مصرف الکتروود در کوره های قوس الکتریکی به دو دسته معمول و غیرمعمول تقسیم می شود. مصرف معمول الکتروود شامل مصرف از نوک الکتروود (ناشی از تصعید) و سطوح جانبی آن (ناشی از اکسیداسیون سطحی) است. مصرف غیرمعمول الکتروود نیز عمدتاً ناشی از شکست الکتروود (ناشی از برخورد با قراضه، مونتاژ نامناسب و ...) است. مصرف از نوک الکتروود با توان دوم جریان عبوری از آن رابطه مستقیم دارد. مصرف الکتروود از سطوح جانبی آن به این دلیل است که سطح الکتروود در حین کار در معرض هوا قرار دارد و گرافیت در محیط اتمسفری دچار اکسیداسیون می شود. در پژوهش حاضر مجموعه اقدامات انجام شده جهت کاهش مصرف الکتروودهای کوره های قوس الکتریکی در شرکت فولاد هرمزگان تشریح شده است.

روش تحقیق

در این پژوهش مصرف ماهیانه الکتروود های گرافیتی در بازه زمانی مشخص بررسی و با میزان مصرف الکتروود سالیان قبل مقایسه شده است. الکتروود های مورد استفاده دارای طول ۲۷۰۰ میلی متر و قطر ۶۰۰ میلی متر می باشند. در شکل ۱، روند ماهیانه مصرف الکتروود کوره های قوس الکتریکی در زمان اجرا نشان داده شده و با نرخ مصرف متوسط سالیان گذشته مقایسه شده است. مطابق این نمودار، میزان مصرف متوسط

^۱ Sharifiyan.m@hosco.ir

الکتروود در سال ۱۳۹۶، ۱/۹۶ کیلوگرم بر تن بوده که این میزان در زمان اجرا به ۱/۸۲ کیلوگرم کاهش یافته است. در ادامه مجموعه اقدامات انجام شده جهت کاهش مصرف الکتروودهای گرافیتی شرح داده شده است.

• کاهش زمان تخلیه تا تخلیه (TTT¹)

مصرف الکتروود از نوک و سطوح جانبی الکتروود به ترتیب از رابطه های (۱) و (۲) پیروی می کند (۳).

$$TC = \frac{K I^2 P.on}{Wt} \quad SWC = \frac{A \pi D L (TTT)}{Wt}$$

در ۲ رابطه فوق:

TC: میزان مصرف از نوک الکتروود (kg/t)

K: نرخ مصرف ویژه نوک الکتروود (kg/kA².h)

I: جریان عبوری (kA)

P.on: مدت زمان اعمال قوس الکتریکی (h)

Wt: تناژ تخلیه (ton)

SWC: میزان مصرف از سطوح جانبی الکتروود (kg/t)

A: نرخ مصرف ویژه سطح جانبی الکتروود (kg/m².h)

D: قطر متوسط بخش اکسید شده ستون الکتروود (m)

L: طول متوسط بخش اکسید شده ستون الکتروود (m)

TTT: مدت زمان تخلیه تا تخلیه کوره (h)

با توجه به رابطه های (۱) و (۲) مصرف نوک الکتروود متأثر از مدت زمان اعمال قوس الکتریکی (P.on²) است. در حالی که مصرف سطح جانبی الکتروود متأثر از کل زمان تخلیه تا تخلیه است. مدت زمان متوسط

¹ Tap to Tap

² Power On

تخلیه تا تخلیه در سال ۱۳۹۶، ۷۹/۶ دقیقه بوده که این میزان در ۶ ماهه اول سال ۱۳۹۷ به ۷۵/۱ دقیقه کاهش یافته است. جهت کاهش این زمان، مدت زمان اعمال قوس به میزان ۱/۱ دقیقه و مدت زمان کاری غیر فعال (p.off) به میزان ۳/۴ دقیقه کاهش پیدا کرده است که کاهش مدت زمان کل توقفات و آماده سازی عامل کاهش مدت زمان کاری غیر فعال بوده است (جدول ۳).

• افزایش بهره وری^۲

مطابق رابطه های (۱) و (۲) با افزایش شاخص بهره وری به طور همزمان مصرف الکتروود از نوک و سطوح جانبی کاهش می یابد (۳). مطابق جدول (۳) میزان متوسط بهره وری از ۹۲,۱ تن بر ساعت در سال ۱۳۹۶ به ۹۷,۲ دقیقه در زمان اجرا افزایش یافته است.

• پوشش دهی الکتروود

یکی از راهکارهایی که از سالیان گذشته به منظور کاهش مصرف الکتروودهای گرافیتی انجام می شود، حفاظت از سطح الکتروود در مقابل اکسیداسیون یا حداقل به تاخیر انداختن شروع اکسیداسیون توسط پوشش دهی آن است. ، بدین منظور، سطح الکتروود با یک لایه محافظ با چسبندگی بالا به ضخامت حدود ۰/۴ میلی متر پوشش داده شد.

• بهبود طراحی دلتای کوره و تنظیم اتمسفر کوره

همان گونه که بیان شد منافذ ورود هوا در مجاورت الکتروودها عامل مصرف آن از سطوح جانبی است (۱) و (۳). از این رو قطر مجرای دلتای کوره از ۹۰ به ۷۰ سانتی متر کاهش پیدا کرد.

• بهبود پفکی شدن سرباره

در صورتی که سرباره به طور مناسب پفکی نشود، پوشش قوس الکتریکی به خوبی انجام نمی شود و تابش^۳ به دیواره جانبی رخ می دهد. این موضوع باعث افزایش اتلاف انرژی و مصرف الکتروود شده و فرسایش نسوز در نقاط داغ^۴ را نیز افزایش می شود. از این رو به منظور بهبود پفکی شدن سرباره، آماده به کاری سیستم

¹ Power Off

² Productivity

³ Radiation

⁴ Hot Spot

تزریق کربن^۱ افزایش یافت و در هر ذوب در حدود ۱۰۰۰ کیلوگرم کربن تزریق می شود. تزریق کربن باعث انجام واکنش $[C] + (FeO) = Fe + CO(g)$ می شود: انجام این واکنش باعث تشکیل حباب های گازی CO می شود که موجب پفکی شدن سرباره می شود.

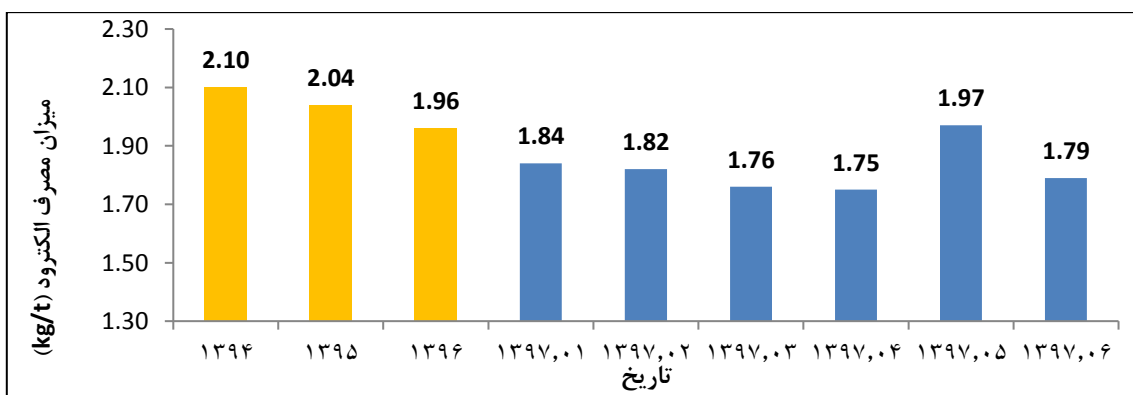
• پایش مستمر سیستم تنظیم الکتروود

در حالت کلی با افزایش طول قوس (افزایش ولتاژ ثانویه) که همراه با کاهش جریان ثانویه می باشد، مصرف الکتروود کاهش پیدا می کند.

نتایج

شاخص	واحد	سال ۱۳۹۶	۶ ماهه نخست ۱۳۹۷
مدت زمان اعمال قوس	دقیقه به ازای هر ذوب	۵۵/۱	۵۴/۰
مدت زمان آماده سازی	دقیقه به ازای هر ذوب	۱۰/۳	۸/۳
مدت زمان کل توقفات	دقیقه به ازای هر ذوب	۹/۱	۸/۸
مدت زمان کاری غیر فعال	دقیقه به ازای هر ذوب	۲۴/۵	۲۱/۱
مدت زمان تخلیه تا تخلیه	دقیقه به ازای هر ذوب	۷۹/۶	۷۵/۱
شاخص بهره وری	تن بر ساعت	۹۲/۱	۹۷/۲

جدول ۳: مقایسه برخی متغیرهای کوره قوس الکتریکی



شکل ۱: مصارف ماهیانه الکتروود گرافیتی در کوره های قوس الکتریکی به همراه مصارف سالیانه اخیر

¹ Carbon Injection