

جرم دلتا (سقف کوره قوس الکتریکی)

واحد تحقیق و توسعه فرانسوز یزد

سقف کوره قوس الکتریکی^۱ یکی از موثرترین قسمت‌های کوره قوس می‌باشد به طوری که در معرض تنش‌های گوناگونی مانند تنش حرارتی، شیمیایی و مکانیکی قرار می‌گیرد. این سقف در معرض دماهای بالا گاهی بیشتر از 1700°C نیز قرار می‌گیرد، همچنین ممکن است در معرض محیط خورنده سرباره و اکسیدهای فلزی به خصوص فوم‌های اکسید آهن که برای دیرگدازها بسیار زیان‌آور است باشد. طراحی آن نیز به خاطر قرارگیری الکترودها و دیگر تجهیزات تا حدودی پیچیده است و در معرض تنش‌های مکانیکی قابل ملاحظه‌ای قرار می‌گیرد.

برای سال‌ها آجرهای سیلیکا^۲ برای سقف EAF استفاده می‌شد اما تمامی نیازها مثلاً زمانی که در معرض تغییر شدید محیطی قرار می‌گرفت را برآورده نمی‌کرد. موادی با آلومینای بالا ($\text{Al}_2\text{O}_3 > 95\%$) جایگزین آجرهای سیلیسی شد و بعدها از آجرهای اتصال مستقیم و آجرهایی با اتصال شیمیایی منیزیا-کربن نیز استفاده گشت. زمانی که از این آجرها برای EAF استفاده می‌شود سایش^۳ خواهیم داشت که این سایش ناشی از پوسته‌ایی شدن^۴ و خود پوسته‌ایی شدن نیز ناشی از خوردگی آجر و تشکیل ترکیباتی با نقطه ذوب پایین می‌باشد، جذب سرباره و فوم اکسید آهن روی سطح سقف باعث تغییر شیمیایی آجرها شده و منجر به تشکیل ترکیباتی با نقطه ذوب پایین می‌شود.

امروزه از آجرهای شکل داده شده به خاطر تولید سخت آن و هزینه بالای تولید فاصله گرفته‌اند و به سمت اشکال از پیش ساخته شده^۵ رفته‌اند [۱].

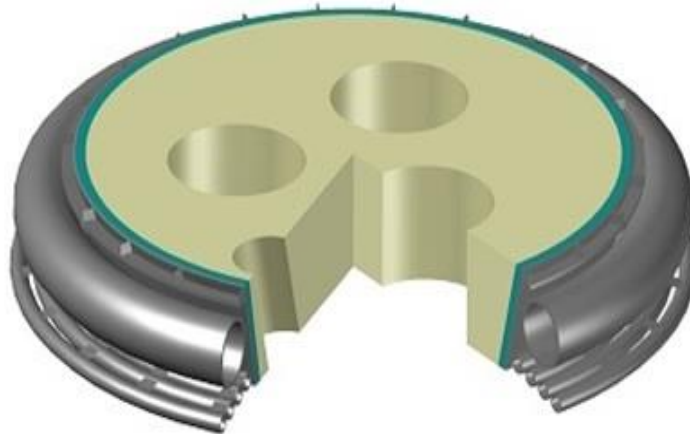
۱ - Electric Arc Furnace Roof

۲ - Silica Bricks

۳ - Wear

۴ - Spalling

۵ - Pre-Fabricated Shapes



تصویر ۱: شماتیکی از جرم دلتای از پیش ساخته شده

این اشکال از پیش ساخته شده می‌تواند به صورت ^۶LCC، ^۷ULCC و یا ^۸NCC باشد.

طبق استاندارد ^۹ASTM جرم‌های LCC، ULCC و NCC با درصد اکسیدهای کلسیم مختلف به صورت زیر تقسیم بندی می‌شوند [۲].

CaO > ۲,۵%	Conventional Castable ^{۱۰}
۱,۰% < CaO < ۲,۵%	LCC
۰,۲% < CaO < ۱,۰%	ULCC
CaO < ۰,۲%	NCC

مطالعات نشان می‌دهد که جرم‌های کم سیمان (LCC or ULCC) و بدون سیمان (NCC) هر دو مقاومت خوبی به خزش در دماهای بالا (بالا تر از ۱۴۰۰°C) دارند، به شرطی که در نمودار سه فازی $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ فاز

^۶ - Low Cement Castable
^۷ - Ultra-Low Cement Castable
^۸ - Non-Cement Castable
^۹ - The American Society for Testing Materials
^{۱۰} - Regular Castable

آنورتیت^{۱۱} ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) و فاز گلنیت^{۱۲} ($2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) تشکیل نشوند و این زمانی رخ می دهد که ما سیمان را از بیج حذف کنیم و نتیجه این حذف کردن بدست آوردن جرم NCC خواهد شد [۲،۳].

از دیگر محدودیت های جرم های LCC و ULCC در مقایسه با جرم های NCC می توان به مقاومت کمتر در برابر شوک حرارتی اشاره کرد که ناشی از دانسیته بالا و تخلخل کم این نوع از جرم ها می باشد [۳]. از طرفی زمانی که در جرم از سیمان استفاده می کنیم این سیمان باعث ایجاد فازهای کلسیم دی آلومینا ($\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{CA}_2$) و کلسیم هگزا آلومینا ($\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{CA}_6$) در دماهای بالای 1100°C می شود که منجر به تغییرات حجمی می شود.

بنابراین این اتفاقات که از محدودیت های جرم های LCC و ULCC در دماهای بالا حکایت دارد که پژوهشگران سراسر دنیا را به سمت جرم های NCC متمایل کرده است.

پس یکی از بزرگترین مزیت های جرم های NCC این است که به دلیل نداشتن سیمان (و نتیجه عدم حضور سیمان یعنی نبود CaO در بیج) باعث بهبود ویژگی های دما بالا شده که صنایع بسیاری را (که مهمترین این صنایع، صنعت ذوب آهن می باشد) مجذوب خود کرده است [۴].

در این میان شرکت فرانسوز یزد نیز افتخار می کند که همسو با این گرایشات جهانی، تحقیقات گسترده ای در زمینه جرم های NCC انجام داده است که در این خصوص به ویژگی هایی که به صورت مختصر در زیر برای مشتریان خود ارائه می کند رسیده است:

ویژگی مطلوبترین جرم NCC تولید شده در آزمایشگاه فرانسوز یزد						
CCS 110°C [MPa]	CCS 1000°C [MPa]	CCS 1400°C [MPa]	Bulk Density 110°C [gr/cm ³]	Apparent Porosity 110°C [%]	PLC 1400°C [%]	Application
۶۷-۷۵	۷۵-۸۵	۱۰۰-۱۵۰	۲,۹۰-۳,۲۰	۹,۰-۱۱,۰	$\approx -(0,7-1,5)$	Delta / Electric Arc Furnace Roof



در آینده‌ای نزدیک خبرهای بسیار امیدوارکننده‌ای در مورد این نوع جرم‌ها از این شرکت خواهید شنید.

به امید آن روز

R&D شرکت فرانسوز یزد

[۱] B.N. Ghosh, Refractories for electric arc furnace, ۱۹۹۴.

[۲] C. Gogtas, H.F. Lopez, K. Sobolev, Role of cement content on the properties of self-flowing Al_2O_3 refractory castables, Journal of the European Ceramic Society Vol. ۳۴ (۲۰۱۴) ۱۳۶۵-۱۳۷۳.

[۳] سوبراتا بنرجی، ترجمه سعید باغشاهی، محمدابراهیم ابراهیمی، علی اربابی، هندبوک جامع دیرگدازهای منولیتیک، صص ۱۰۷-۱۲۲ (۱۳۸۴).



[۴] H. Yaghoubi, H. Sarpoolaky, F. Golestanifard, A. Souri, Influence of nano silica on properties and microstructure of high alumina ultra-low cement refractory castables, Iranian Journal of Materials Science & Engineering Vol. ۹ (۲۰۱۲) Number ۲.