

ساخت و بررسی بتونهای عایق حرارت بر پایه ورمیکولیت و پرلیت داخل کشور

سید حسین میرحسینی، علیرضا سلمان مهاجر ویگانه محمدی ابروانی
مرکز تحقیقات مواد جهاد دانشگاهی استان یزد- دانشگاه آزاد اسلامی میبد

چکیده

سالانه مقادیر زیادی بتون‌های عایق حرارت به صورت وارداتی در صنایع مختلف کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد که ارزیابی قابل توجهی را به خود اختصاص می‌دهد. عمده‌ی این نوع عایق‌ها هنگام نصب و راه‌اندازی کارخانجات و همراه تجهیزات اولیه وارد کشور می‌شود. حتی پس از شروع به کار کارخانجات نیز هنگامی که جداره عایق به تعویض یا تعمیر نیاز دارد با توجه به خرید اولیه از خارج، مواد لازم از منابع خارجی تامین می‌شوند. در تحقیق حاضر دو نمونه بتون عایق بر پایه پرلیت و ورمیکولیت که در داخل کشور طراحی شده است با خواص برخی از بتون‌های عایق وارداتی پر مصرف مقایسه شده است. با توجه به خواص فیزیکی بسیار مهم اندازه‌گیری شده این بتون‌ها شامل وزن مخصوص و استحکام در دماهای مختلف و همچنین نتایج حاصل از آزمایش PLC، نشانگر تشابه خواص مهم بتون عایق حرارت ساخته شده با نمونه‌های خارجی می‌باشد.

Fabricating and Studying of Heat Insulator Concretes on Based on Internal Vermiculit and Pearlite

S.H.Mirhosseini - A.S.Mohajer - Y.Mohammadi iravan
Substances research center of Yazd University Jihad-Maibod
Islamic Azad University

ABSTRACT

Annually, a lot of imported heat insulator Concretes, are used for which a considerable amount of exchange expenses are allocated. most kinds of these insulator concretes are imported during foundation and installation of the factories accompanied by primary facilities and supplies. Even, after a short time the factories began to work, whenever the walls of the insulators are required to be changed or repaired regarding the primary purchase from abroad, the required substances will be provided by foreign sources.

At the present research two kinds of insulator concretes on the basis of internal pearlite and vermiculit have been designed and their properties have been compared to those imported insulators concretes with excessive applications. Regarding their measured physical properties including density and strength in different temperatures and also PLC test, the obtained results indicate the similarity in significant properties of internal fabricated head insulator concretes whit foreign samples.

مقدمه

امروزه برای کاهش مصرف سوخت و جلوگیری از اتلاف حرارت در تجهیزات حرارتی موادی به عنوان عایق در صنعت به کار می روند. در کوره های صنعتی، بدون مصرف عایق، حدود ۲۵ درصد اتلاف حرارتی وجود دارد که دلیل عمده آن استفاده از گرما برای بالا بردن دمای بدنه کوره و همچنین انتقال حرارت به محیط اطراف کوره می باشد [۱]. به طور کلی عملکرد عایقها در صنایع می تواند برای اهداف زیر باشد [۲].

- حفظ و ذخیره سرمایه عظیم انرژی
- حفظ و نگهداری محصولات و دستگاهها
- کنترل درجه حرارت
- پیشگیری از بروز آتش و آتش سوزی

محصولات عایق حرارتی می توانند اشکال مختلفی داشته باشند که شامل بتونهای عایق، الیاف و آجر عایق می باشند و تقسیم بندی هر کدام از این محصولات نیز متنوع می باشد. برای ایجاد محصول عایق باید به نحوی تخلخل ماده را اضافه کرد که در این زمینه روش های متعددی وجود دارد [۳]. با افزایش تخلخل گرمای لازم برای بالا بردن دمای محصول عایق کاهش یافته، انتقال حرارت کاهش می یابد و نیز محصول سبک وزن (Light weight) می شود. البته بدیهی است که استحکام ماده نیز کاهش پیدا می کند [۱]. در تقسیم بندی بتون های نسوز، به بتون هایی عایق گفته می شود که وزن مخصوص کلی آنها پس از خشک شدن کمتر از $1/7 \text{ g/cm}^3$ باشد [۴]. بتون های عایق به طور کلی از مخلوط کردن مواد دیرگداز دانه بندی شده (شاموت، آلومینا و غیره)، سیمان و یک ماده پوک (دیاتومیت، پرلیت، ورمیکولیت و غیره) تولید می شوند. امروزه مواد عایق به خصوص بتون های عایق در صنایع نقش مهم و اساسی را بر عهده داشته و کاربرد فراوان دارند از مزایای بتون های عایق این است که می توان آنها را به صورت بلوک های بزرگ یکپارچه قالب گیری کرد و در نتیجه میزان تلفات گرمایی از طریق مرزهای اتصال که در صورت استفاده از آجرهای کوچکتر وجود دارد کم شود، همچنین در صورت لزوم

این مواد را می توان در همان محل کاربرد قالب گیری کرد [۵]. با توجه به کاربرد فراوان این بتون ها و حتی با وجود منابع اولیه داخلی با کیفیت برای ساخت این نوع نسوزها، هنوز عمده این مواد اغلب وارداتی می باشند و سالانه مقادیر زیادی بتون عایق وارداتی در صنایع کشور مصرف می شود [۶].

روش تحقیق

در تحقیق حاضر دو نوع بتون A_1 ، A_2 با ترکیب جدول ۱ انتخاب شد. اگرگیت بتون A_1 ، ورمیکولیت و پرلیت است و بتون A_2 فقط دارای اگرگیت ورمیکولیت می باشد. دانه بندی اگرگیت های مذکور متناسب با نوع بتن و برای رسیدن به خواص مناسب بتون انتخاب شد. همچنین در تهیه بتون ها از افزودنی ها نیز استفاده شد. برای انتخاب مواد اولیه برای ساخت این نسوزها، سعی شده است حداکثر استفاده از مواد اولیه داخلی صورت گیرد. بنابراین پرلیت و ورمیکولیت به کار رفته از منطقه آذربایجان است که آنالیز آن در جدول ۲ مشاهده می شود. سیمان به کار رفته در این تحقیق نیز سیمان فوندوی ایرانی است. اندازه ذرات ورمیکولیت بین ۰ تا ۴ میلی متر و اندازه ذرات پرلیت کوچکتر از ۲ میلیمتر برگزیده شد، دانه بندی مواد اولیه و توزیع اندازه ذرات مورد استفاده بر اساس مدل آندریازن و با استفاده از رابطه زیر انتخاب شد:

$$CPFT = (d/D)^q \times 100 \quad (1)$$

CPFT = درصد تجمعی کوچکتر از ذره مورد نظر

d = اندازه ذرات

D = بزرگ ترین اندازه ذرات

q = عدد آندریازن

در این تحقیق عدد آندریازن $q = 0.24$ در نظر گرفته شد. در ساخت نمونه ها ابتدا مواد اولیه طبق فرمولاسیون ارائه شده به کمک ترازویی با دقت ۰/۱ گرم توزین و پس از اختلاط، چند سری نمونه از هر بتون تهیه شد. نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در محیطی با ۹۰ درصد رطوبت قرار گرفته، سپس ۲۴ ساعت در دمای محیط و در نهایت ۲۴ ساعت در دمای 110°C خشک شدند. نمونه ها در دماهای مورد نظر (800°C و 1000°C) پخته

شده و مورد آزمایشات مختلف قرار گرفتند. بتون های A_1, A_2 بتون های B_1, B_2 و B_3 مقایسه بتون عایق با ۴۰ درصد سیمان می‌باشند که خواص آنها با شد. جرم B_1 جرم پرلیتی و جرم های B_2 و B_3 جرمهای ورمیکولیتی می باشند.

جدول ۱- فرمولاسیون بتونهای عایق

سیمان فوندو	پرلیت	ورمیکولیت	مواد اولیه نمونه ها
۴۰	۶۰		A_1
۴۰	-	۶۰	A_2

جدول ۲- آنالیز شیمیایی اگریگیت بتون ها

آنالیز شیمیایی (Z) نوع مواد	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	L.O.I
ورمیکولیت	۳۳/۹	۱۵/۷	۱۲/۹	۵/۷	۱۴/۸	۱۴/۹
پرلیت	۷۲ - ۷۶	۱۰ - ۱۴	۰/۲ - ۱	۰/۵ - ۲	۰/۶	-

خود نقش ساختار اصلی را بازی کرده و وظیفه تحمل بار حاصل از سازه کوره را نیز در مقطعی به عهده دارد. بنابراین استحکام از عوامل کلیدی و اساسی بتون محسوب می‌شود و عوامل مختلفی از جمله نوع و ترکیب مواد اولیه، توزیع دانه بندی، درصد سیمان، درصد

آنالیز شیمیایی بتون های مذکور در جدول ۳ آورده شده است. لازم به ذکر است که در به کارگیری بتون های B_1, B_2, B_3 عوامل وزن مخصوص، هدایت حرارتی، استحکام و دمای سرویس و کارکرد از اهمیت بالایی برخوردارند.

نتایج و بحث

آب، شرایط آماده سازی و نصب، دمای پخت و... بر آن تاثیرگذار می باشد. در نمودار ۲ استحکام بتون های مذکور مشاهده می شود. استحکام دمای 110°C نسبت به دمای 800°C و 1000°C بالاتر است زیرا این بتون ها از نوع بتون با درصد سیمان بالا هستند و درصد سیمان در استحکام دمای پایین نقش اصلی را بازی می کند. با افزایش دما، عوامل مختلفی می تواند تعیین کننده استحکام باشند، از جمله دهیدراتاسیون فازهای سیمان که سبب ایجاد تخلخل و کاهش استحکام می شود و یا تشکیل فازهای آلومینات کلسیمی و زینتر سرامیکی که سبب افزایش استحکام می شود. اگر در طی زینتر، فاز شیشه ای و زود ذوب تشکیل شود می تواند سبب کاهش استحکام نیز باشد، بنابراین با توجه به اینکه در طی

در نمودار ۱، وزن مخصوص بتون های عایق ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می شود وزن مخصوص بتون های تهیه شده تقریباً نزدیک به دانسیته نمونه های خارجی می باشد. البته در مورد بتون B_1 وزن مخصوص بالاتر می باشد. لازم به ذکر است که وزن مخصوص به عوامل مختلفی از جمله ترکیب اولیه و توزیع دانه بندی وابسته می باشد. استحکام بالای بتون یکی از مزایای با اهمیت بتون محسوب می شود زیرا استحکام از جمله عواملی است که بر روی تنش های وارده بر بتون مانند شوک حرارتی و اعمال ضربات مکانیکی و... تاثیر گذار می باشد [۷]، همچنین در بعضی کاربردهای ویژه بتون، استحکام بتون نقش برجسته و مهمتری را بر عهده دارد به طور مثال در برخی صنایع، بتون نسوز عمدتاً

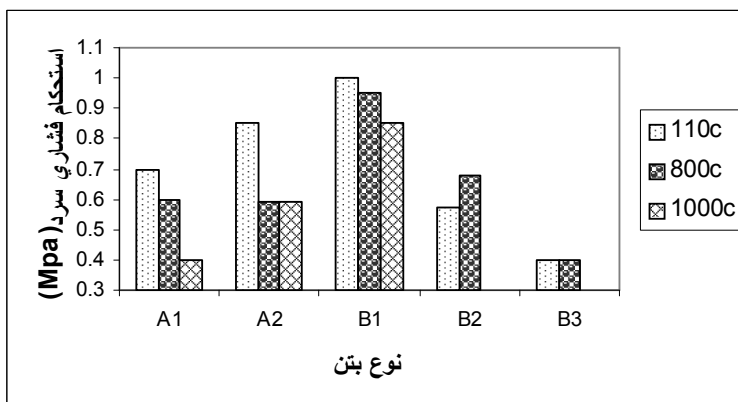
حرارت دیدن، کدام مکانیزم‌ها غالب باشد افزایش یا کاهش استحکام مشاهده می شود.

با توجه به نمودار ۲ مشاهده می شود که استحکام نمونه‌های داخلی از نمونه B₁ کمتر ولی از نمونه B₂ و B₃ بالاتر است. در واقع استحکام نمونه‌های داخلی از میانگین استحکام نمونه‌های

خارجی بالاتر می‌باشد. در نمودار ۳ تغییر طول خطی نمونه‌ها در ۸۰۰ °C آورده شده است . مشاهده می شود که نمونه های A₁ و A₂ انبساط بیشتری داشته‌اند ولی نمونه‌های B₁ , B₂ و B₃ در ۸۰۰ °C انقباض داشته‌اند که احتمالاً دلیل این امر آنست



نمودار ۱- نمودار دانسیته بتون‌های عایق



نمودار ۲- استحکام فشاری سرد بتون‌های عایق نسبت به دما

جدول ۳- آنالیز شیمیایی نمونه بتون‌های ساخت داخل و نمونه‌های خارجی مصرفی در صنعت

شماره نمونه	آنالیز شیمیایی (%)				دمای سرویس (°C)
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	
A ₁	۲۷ - ۳۳	۳۳ - ۳۸	۱۰ - ۱۲	۱۶ - ۱۸	۱۰۵۰
A ₂	۲۲ - ۲۴	۲۳ - ۲۵	۱۳ - ۱۴	۱۸ - ۱۹	۱۰۵۰
B ₁	۲۸	۲۴	۱۲	۲۳	۱۰۵۰

B ₂	۱۰	۴۲	۴	۲۷	۹۵۰
B ₃	۲۳	۳۳	۱۰/۹	۱۴/۸	۱۰۰۰

A₁ , A₂ : داخلی و B₁ , B₂ , B₃ : خارجی



نمودار ۳- تغییر طول خطی نمونه‌ها در ۸۰۰ °C

مصرف خارجی (B₁ , B₂ , B₃) ، استحکام فشاری سرد این بتون‌ها در دماهای بحرانی ۱۱۰ °C ، ۸۰۰ °C ، ۱۰۰۰ °C اندازه گیری شد که در مقایسه ، استحکام نمونه‌های داخلی از میانگین استحکام نمونه‌های خارجی بالاتر می‌باشد می‌توان گفت که بتون‌های مذکور می‌تواند جایگزین برخی از بتون‌های خارجی مصرفی در صنایع کشور شود ، همچنین از نظر وزن مخصوص نیز که در صنایع مصرف کننده‌ی این نوع بتون‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار است ، بتون‌های ساخت داخل در همان رنج وزن مخصوص محصولات مشابه خارجی بوده‌اند. با توجه به PLC مثبت نمونه‌های داخل که به علت ماهیت مواد اولیه داخلی می‌باشد، باید در هنگام به کار گیری این نوع بتون‌ها تمهیدات لازم از جمله لحاظ کردن درز انبساط مناسب مد نظر قرار گیرد.

که اگر یکت اولیه مصرفی در نمونه های A₁ , A₂ پرلیت و ورمیکولیت منبسط نبوده و از آنجا که انبساط اگر یکت‌ها به نحو احسن صورت نگرفته است آنها تا حدی در حین حرارت‌دهی انبساط داشته‌اند ولی در نمونه‌های خارجی احتمالاً اگر یکت اولیه خوب منبسط شده بوده و در طی حرارت دیدن انبساط ندارد [۸] و دلیل انقباض آن بالا رفتن دمای مربوط به شروع تشکیل فازهای مایع و زینتر بدنه می باشد.

نتیجه گیری

پس از بررسی آنالیز شیمیایی ، دمای سرویس ، وزن مخصوص و تغییر طول خطی بتون‌های تهیه شده (A₁ , A₂) با بتون‌های پر

منابع

- [۱]. رحیم نقی زاده ، آزمایشگاه دیر گداز ، دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۷۸.
 - [۲]. علی‌رضا احمدی ، عایق و عایق کاری ، واحد آموزش پتروشیمی بندر امام خمینی، ۱۳۶۷.
 - [۳]. گروه مهندسی متالوژی دانشگاه صنعتی شریف ، دیر گدازها (انواع ، خواص ، کاربردها) ، تهران ، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۶۱.
 - [۴]. جرال د روتسکا ، مواد دیر گداز ، (ترجمه : بهزاد میر هادی) ، تهران دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۷۷.
 - [۵]. سید حسین میرحسینی ، علی‌رضا سلمان مهاجر ، ساخت بتونه‌های عایق حرارت با کیفیت برتر در داخل کشور با حداکثر استفاده از مواد اولیه داخلی ، طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات سرامیک جهاد دانشگاهی استان یزد، ۱۳۸۱.
 - [۶]. فرهاد گلستانی فرد ، علی‌رضا سلمان مهاجر ، بررسی نسوز و عایق‌های مصرفی در صنایع پتروشیمی و انتخاب برترین انواع آن‌ها ، طرح تحقیقاتی دانشگاه علم و صنعت ایران - تحقیق و توسعه‌ی پتروشیمی ایران، ۱۳۷۸.
- [7]. A.S.Mohager, F.Golestanifard, "New Approaches to Refractory Castables linings in Copper Casting Wheel and Launderes", UNITECR01, November-4th to 7th , Cancun. Mexico, 2001.
- [8]. Semjon D. Friedman , Robert W. Mekinney , chia – chia Du , Robert M . Spotnitz, shaohai Wu , " Vermiculite composition with Improued thermal Expansion properties " U.S patent , 5 ,340 , 588 Aug . 23 , 1999.