



اصلاح ویژگی های مکانیکی کامپوزیت های سیمانی به کمک افزودن نانولوله های کربنی اصلاح شده سطحی

امین کاظمی بیدختی^{۱,*}

۱- عضو هیئت علمی گروه مهندسی شیمی دانشکده نفت و پتروشیمی دانشگاه حکیم سبزواری

خلاصه

در سال های اخیر طراحی، توسعه و استفاده از نانو مواد گوناگون روز به روز گسترش یافته است. در این میان نانولوله های کربنی به دلیل ویژگی های منحصر به فرد در ساختار ترکیبات سیمانی مورد توجه ویژه ای قرار گرفته اند. ویژگی مهمی که لازم است تا این مواد داشته باشند، برخورداری از آزادی عمل کامل در تولید مواد نانو با سایز، ساختار و مورفولوژی متفاوت و همچنین تطبیق مناسب با ساختار ترکیبات سیمانی است. از اینرو در این پژوهش پس از آماده سازی نانولوله های کربنی چنددیواره، به خمیر سیمانی پایه اضافه شده و ویژگی های کلیدی مقاومت فشاری، ارتعاشی به همراه مدول یانگ اندازه گیری شد. نتایج حاصل، بهبود قابل ملاحظه این پارامترها را بعد از اضافه کردن نانوذره اصلاح شده را نشان میدهد.

کلمات کلیدی: نانولوله کربنی، اصلاح سطحی، سیمان، خواص مکانیکی

۱. مقدمه

نانو تکنولوژی یک رویکردی جدید در تمامی صنایع است که باعث افزایش کارایی در عملکرد آنها خواهد شد. از طرف دیگر با تغییر مقیاس در ساخت، به ویژه در مقیاس نانو، نیروهای بین مولکولی و نیروهای دیگری وارد این محاسبات خواهند شد. این مورد در صنایع سیمان نیز صادق بوده و باید در آینده نزدیک هرچه بیشتر مورد توجه و بررسی قرار گیرد [۱].

افزودن مواد مختلف به سیمان هم می تواند از نوع ترکیبات تشکیل دهنده خود سیمان (اکسید سیلیس، اکسید آهن و آلومینا) باشد و هم از ترکیباتی کارآمد جدید که باعث بهبود یا ایجاد خواصی مشخص و معین در سیمان، گردد. از طرفی دیگر گستره استفاده سیمان این موضوع را بیش از پیش حائز اهمیت می کند. یکی از این موارد استفاده در چاه های نفت جهت بهره برداری موثرتر از آن می باشد که از آن جمله می توان بهبود شرایط فشار مخزن و ایجاد فشار مناسب توسط سیمان اشاره کرد. استفاده های دیگری مانند صنعت ساختمان نیز برای بهبود کارایی آن نیز بسیار مورد توجه قرار دارد. استفاده از ویژگی های استحکام بالاتر و در عین حال انعطاف پذیری بیشتر، به ویژه در ساختمان های با ارتفاع بالا، پل های طویل و ساختمان های نظامی می توان بسیار کاربردی و کلیدی باشد [۲].

نانولوله های کربنی (CNT) به عنوان یکی از این افزودنی ها، به دلیل ویژگی های خاص فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و حتی الکتریکی از جمله سفتی، استحکام، نسبت طول به قطر و انعطاف پذیری زیاد، در کانون این توجه می باشند. معمولا

* Corresponding author: دکتر امین کاظمی بیدختی

Email: a.kazemi@hsu.ac.ir



از هر دو نوع نانولوله های تک دیواره و چند دیواره در این موضوع استفاده شده است. اما نانولوله های تک دیواره به دلیل ساختار ساده تر بیشتر مورد توجه بوده اند [۳].

برای موادی با زمینه سرامیک، مهم‌ترین خاصیت مکانیکی تافنس یا مقاومت به رشد ترک است. سرامیک‌ها دارای استحکام و سفتی زیادی هستند که این ویژگی با افزودن CNT تقویت می‌گیرد. برای کاربردهای دمای بالا، هدایت حرارتی بالای CNTها سبب می‌شود تا ورود آن‌ها به زمینه حتی با کسر حجمی کم باعث تأمین انتقال حرارتی مورد نیاز برای کاهش دماهای کاری ماده شده و مقاومت شوک حرارتی را بهبود می‌بخشد [۴].

استفاده از CNT می‌توان به شدت بر روی محدودیت های عمده در مواد سیمانی از جمله شکنندگی و عدم استحکام کششی تأثیر گذار باشد. این در حالیست که در روش های سنتی معمولاً از حجم بالای موادی مانند سنگ های فولادی و کربن و حتی پلی وینیل الکل استفاده می‌شود [۳].

از طرفی دیگر، نکته مهم و کلیدی در افزودن CNTها شکل توزیع و پراکندگی آنها می‌باشد. معمولاً روش هایی مانند سورفکتانت ها و التراسونیک های مکانیکی در این قسمت استفاده می‌شوند که البته به چندین دلیل اساسی چندان کاربردی نمی‌باشند. مشکلاتی مانند گرانی محصول، پیچیدگی کار، وقت گیر بودن و همچنین اثرگذاری بر روی ساختار اولیه و تضعیف آن از موارد مورد ذکر می‌باشد. بنابراین نکته کلیدی در نوع آماده سازی CNTها به جهت افزودن آسان به مواد سیمانی است [۵].

در این تحقیق سعی شده با توجه به مطالب ذکر شده، به کمک برخی تغییرات شیمیایی بر روی سطح نانولوله های چند دیواره و اضافه کردن آن به ترکیبات سیمانی، چندین پارامتر مکانیکال اساسی در آن مورد بررسی قرار گرفته است.

بخش تجربی

۲. آماده سازی نانولوله کربنی

برای آماده سازی نانولوله ها، از چندین روش مختلف استفاده شده است که جزئیات این روش ها در گزارشات قبلی آمده است [۶، ۷]. نانولوله پس از وزن شدن دقیق به ظرف واکنش که یک بالن می‌باشد اضافه می‌شود. با استفاده از یک سیستم کندانس که در آن جریان مناسبی از آب سرد برقرار است، امکان تبرید گاز حاصل از واکنش را به وجود می‌آوریم. کل واکنش و تجهیزات مرتبط با آن سعی می‌شود در زیر هود باشد تا از هرگونه خطر استنشاق گاز حاصل از واکنش جلوگیری شود. با دقت مناسب نسبت حجمی دو به سه از اسید نیتریک و اسید سولفوریک به بالن اضافه کرده و با استفاده از یک همزن مغناطیسی مخلوط داخل بالن هم زده می‌شود. این واکنش را به مدت ۱۲ ساعت انجام داده و در طی آن با استفاده از سیستم تغییر سرعت دستگاه مغناطیسی همزن، سرعت را به جهت اختلاط بهتر و کنترل و یکنواختی بهتر آن تغییر دادیم. پس از این مدت محصول حاصل از واکنش را با آب دیونیزه رقیق کرده (در طی چند مرحله و تا ۱۰ برابر) و سپس آنرا از یک فیلتر مقاوم به خوردگی واتمن با اندازه ۰/۴ میکرومتر عبور دادیم. سعی می‌شود شست و شوی محصول پشت فیلتر را نیز در چندین نوبت و تازمانی که pH خروجی از پشت فیلتر خنثی باشد ادامه دهیم. محصول پشت فیلتر در یک آون با دمای ملایم ۶۰ درجه سانتی گراد خشک شده و به سیال پایه با نسبت مشخص اضافه می‌شود. از حمام التراسونیک نیز برای توزیع بهتر نانولوله در آب استفاده می‌شود و در چند نوبت با استفاده از یک دستگاه سانتریفیوژ با دور پایین نانولوله های ته نشین شده را جدا می‌کنیم.



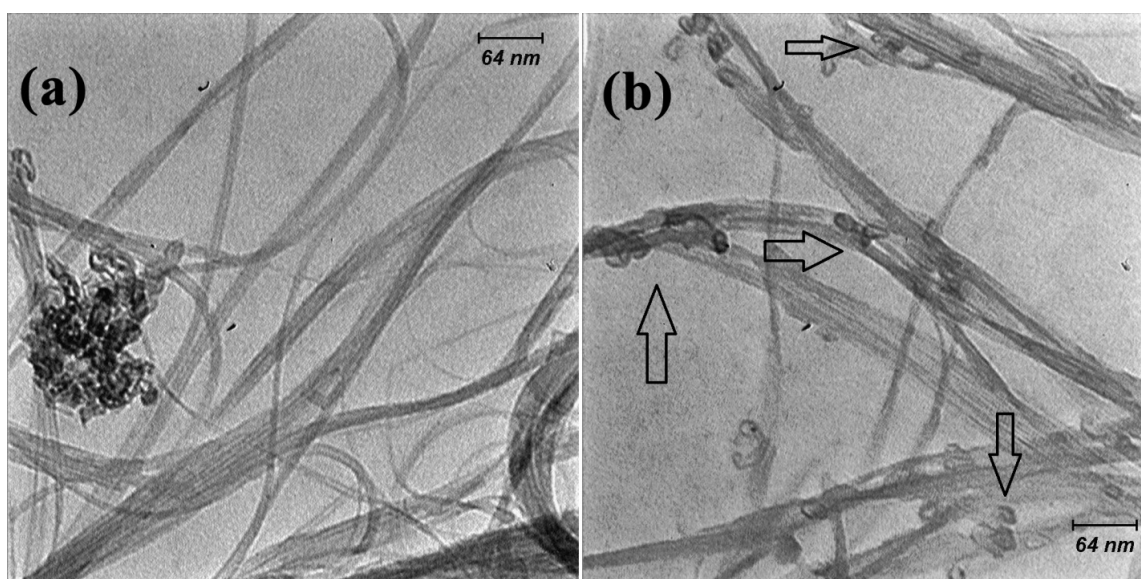
۳. آماده سازی کامپوزیت خمیر سیمان:

در این کامپوزیت ۱۰ میلی گرم نانولوله آماده شده در ۱۰۰ گرم سیمان به همراه ۲۰ میلی لیتر آب مخلوط شده و سپس در حمام التراسونیک توزیع یکنواخت آن انجام می گیرد.

نتایج و بحث:

۳. عکس TEM

شکل ۱ به وضوح تغییرات سطحی نانولوله را بعد اصلاح نشان میدهد. این برش ها مقاطع اصلی گروه های عاملی آبدوست می باشند که امکان توزیع یکنواخت آنرا در سطح کامپوزیت فراهم می آورند. در حقیقت این گروه ها امکان ایجاد حالت آبدوستی در نانولوله ها را که ذاتا آبگریز هستند ایجاد میکند. از سویی دیگر می توان با کنترل میزان این برش های مقطعی از یک طرف مقدار آبدوستی ترکیب را تغییر داده و از سمت دیگر با کاهش این تغییرات ساختاری به استحکام نانولوله ها که نهایتا استحکام کامپوزیت سیمانی می باشد کمتر آسیب زد.



شکل ۱: عکس TEM از نانولوله ها قبل (a) و بعد از اصلاح (b)

۴. خواص مکانیکی سیمان تقویت شده:

در این بخش سعی شده سه پارامتر اصلی در بررسی مورد توجه قرار گیرد. این سه پارامتر شامل مقاومت فشاری، ارتعاشی به همراه مدول یانگ می باشد (جدول ۱). بهبود محسوس در این کامپوزیت سیمانی به راحتی قابل مشاهده می باشد. نکته کلیدی در این موضوع اضافه کردن مقدار بسیار کمی از نانوذرات اصلاح شده به ترکیب اصلی می باشد و حتی با این شرایط نیز این اعداد و تغییرات قابل ملاحظه می باشند. ازاینرو استفاده از شرایط ذکر شده به راحتی می تواند اقتصادی باشد.



جدول ۱: مقاومت فشاری، ارتعاشی و مدول یانگ در ترکیب سیمانی

مشخصات قطعه	مقاومت فشاری (MPa)	مقاومت ارتعاشی (MPa)	مدول یانگ (GPa)
خمیر سیمان	۲۵/۳	۱۳/۵	۱۲/۱
سیمان/CNT (۰/۰۲ درصد وزنی)	۲۹/۰۵	۱۶/۳۲	۱۴/۷۲
سیمان/CNT (۰/۰۴ درصد وزنی)	۳۲/۵۸	۱۷/۱۲	۱۵/۹۳

۵. نتیجه گیری:

در این پژوهش سعی شد با توجه به ویژگی های ممتاز نانولوله های کربنی به کمک اصلاحاتی سطحی بر روی آن برخی از مهمترین ویژگی های ترکیبات سیمانی مورد توجه و بررسی قرار گیرد. از اینرو پس از آماده سازی نانوذره مورد نظر کامپوزیت سیمانی مورد نظر تهیه شده و تست های مقاومت فشاری، ارتعاشی به همراه مدول یانگ روی آن انجام گرفت. نتایج حاصل تغییرات محسوس در این پارامترها را نشان میدهند. این در حالیست که نسبت وزنی نانولوله اصلاح شده کمتر از ۰/۰۴ درصد وزنی می باشد. به نظر میرسد با این درصد پایین، استفاده از نانوساختارهای کربنی در ترکیبات سیمانی بسیار موثر و مفید باشد و با امکان اصلاح بیشتر در ساختار این نانوذرات بتوان باعث بهبود موثرتر این پارامترها و سایر پارامترهای دیگر نیز شد.



۶. مراجع

۱. Mamalis, A.G., *Recent advances in nanotechnology*. Journal of Materials Processing Technology, 2007. **181**(1): p. 52-58.
۲. Brzozowski, P., E. Horszczaruk, and K. Hrabuk, *The Influence of Natural and Nano-additives on Early Strength of Cement Mortars*. Procedia Engineering, 2017. **172**: p. 127-134.
۳. Foldyna, J., V. Foldyna, and M. Zeleňák, *Dispersion of Carbon Nanotubes for Application in Cement Composites*. Procedia Engineering, 2016. **149**: p. 94-99.
۴. Parham, H., et al., *A highly efficient and versatile carbon nanotube/ceramic composite filter*. Carbon, 2013. **54**: p. 215-223.
۵. Sindu, B.S. and S. Sasmal, *Properties of carbon nanotube reinforced cement composite synthesized using different types of surfactants*. Construction and Building Materials, 2017. **15** :°p. 389-399.
۶. Kazemi-Beydokhti, A., et al., *Microwave functionalized single-walled carbon nanotube as nanocarrier for the delivery of anticancer drug cisplatin: in vitro and in vivo evaluation*. Journal of Drug Delivery Science and Technology, 2014. **24** : (۶) p. 572-578.
۷. Kazemi-Beydokhti, A., M. Farrokhi, and E. Menna, *Carbon nanotube nanofluid for the efficiency improvement in a CHP system: simulation and experimental investigation*. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2019.