

بررسی اثرات مخرب زیست محیطی در کار با نانوذرات مورد استفاده در بتن

پیام حسینی

دانشجوی مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف

p.hosseini@civil.sharif.edu

خلاصه

با توجه به پیشرفت سریع علوم و تکنولوژی و به تبع آن علم نانو، گسترش تکنولوژی نانو در صنایع مختلف روز بروز بیشتر می‌گردد. لذا با این پیشرفت سریع، باید نیم نگاهی هم به دیگر اثرات نانوذرات به غیر از آن هدفی که در تهیه و کاربرد آن‌ها دنبال می‌شود، داشت. زمان اندکی از کاربرد نانوذرات در ماتریس بتن می‌گذرد اما در همین زمان اندک، تحقیقات بسیاری در جهت کاربرد نانوذرات در بتن و بررسی تاثیر آن بر انواع ویژگی‌های بتن انجام شده است. در نتیجه با این گسترش تحقیقات در زمینه نانوذرات مورد استفاده در بتن، بحث سلامتی و اثرات زیست محیطی ناشی از نانوذرات مورد استفاده در بتن به میان می‌آید. این مقاله به بررسی اثرات مخربی که نانوذرات مورد استفاده در بتن می‌توانند روی افرادی که با این مواد کار می‌کنند، بگذارند، می‌پردازد و در نهایت احتیاط‌هایی را که به کار با نانوذرات در آزمایشگاه‌های مصالح را بیان می‌دارد.

کلمات کلیدی: نانوذرات، بتن، اثرات مخرب زیست محیطی

مقدمه

فناوری نانو به عنوان پدیده عصر جدید امروزه مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. تحقیقات بسیاری که در رشته‌ها و شاخه‌های گوناگون علوم انجام شده و نیز در حال انجام است گواهی بر این ادعا می‌باشد. کاربردهای متنوع این تکنولوژی آن را به یکی از محبوب‌ترین فناوری‌ها تبدیل کرده است. در پس این کاربرد گوناگون نانو فناوری نکاتی هشدار دهنده وجود خواهد داشت. چراکه کاربرد گسترده و فزونی یابنده نانوذرات در علوم مختلف خود می‌تواند عاملی هشدار دهنده باشد. داشتن ابعادی در حدود نانو متر و عدم مشاهده این ذرات با چشم، خود مشکلی بزرگ می‌تواند باشد.

در سال‌های اخیر در ایران روز بروز تقاضا برای ساخت سازه‌های بتنی بیشتر می‌شود. قیمت ارزان‌تر بتن نسبت به سایر مصالح، امکان داشتن دوام بالا و امکان ساختن عناصر سازه‌ای به اشکال دلخواه توسط بتن از جمله دلایل کاربرد روز افزون این ماده در صنعت ساخت می‌باشد. در نتیجه با توجه به تشکیل شدن بتن از مصالحی شیمیایی و در نتیجه تا حدودی و بر حسب شرایطی خطرناک، باعث بوجود آمدن دستورالعمل‌هایی برای نحوه کار با مصالح تشکیل دهنده بتن، شده است.

عمده‌ترین کاربرد فناوری نانو در ساخت بتن، کاربرد نانوذرات در ساخت این ماده می‌باشد. تحقیقات بسیاری در رابطه با کاربرد نانوذرات در بتن و تاثیر و چگونگی تاثیر این مواد بر ساختار بتن صورت گرفته است. نتایج حاصله از این تحقیقات نشان دهنده بهبود ریز ساختار بتن در اثر حضور و فعالیت نانوذرات در ساختار بتن می‌باشد. حال که اکنون موافقت عمومی در کاربرد نانوذرات در بتن ایجاد شده است، باید به اثرات جنبی این کاربرد توجه کرد که ممکن است باعث شوند اثر مثبت آن را نادیده بگیریم. لذا مساله ایمنی در کار با نانوذرات می‌تواند به مساله‌ای تعیین کننده تبدیل شود. در این مقاله به بررسی نانوذراتی که در بتن بکار می‌روند، می‌پردازد و از طرف دیگر به مسائل ایمنی و زیست محیطی که کار با این نانوذرات می‌تواند ایجاد کند پرداخته خواهد شد و در نهایت نکاتی در جهت ایمن‌تر کردن کار با نانو ذرات با توجه به تجربیات نویسنده در کار با این مواد، بیان خواهند شد.

تعاریف

نانوذرات

نانوذرات، ذراتی هستند که در یکی از ابعاد دارای اندازه بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشند و این مواد در گازها (مانند ذرات معلق در هوا)، در مایعات (مانند انواع کلویدها) و یا در ساختارهای پلیمری (مانند نانو کامپوزیت‌ها) یافت می‌شوند. تعریف دقیق قطر این ذرات به شکل و نحوه اندازه‌گیری قطر ذره بستگی دارد [1,2].

نانو ذرات مهندسی شده

نانو ذرات مهندسی شده موادی هستند که بر اساس خواصی مانند اندازه، سطح، شکل و خواص شیمیایی برای کاربردهای مورد نظر و مشخص طراحی و تولید می‌شوند و به صورت ذرات معلق در هوا، کلویدها و بودرها موجود می‌باشند [1,2].

انواع نانوذرات مورد استفاده در بتن

هم اکنون نانو ذرات از طیف وسیعی از مصالح ساخته می‌شوند. معمولترین آن‌ها نانوذرات سرامیکی می‌باشند که به بخش سرامیک‌های اکسید فلزی، نظیر اکسیدهای تیتانیوم، روی، آلومینیوم، آهن و نانوذرات سیلیکات که عموماً به شکل ذرات نانو مقیاسی خاک رس تقسیم می‌شود (۳). تا کنون بر روی انواع زیادی از نانو مواد در بتن، پژوهش شده است. اما از پر کاربردترین نانو ذرات مورد استفاده در بتن که نتایج مطلوبی بر ویژگی‌های ماتریس بتن داشته‌اند، می‌توان به نانو تیوب‌ها [4]، نانو اکسید تیتانیوم، نانو اکسید آهن، نانو رس‌ها و نانو سیلیکا اشاره کرد [5]. که در این میان نانوذرات سیلیکا از جمله پرکاربردترین نانوذرات در ساخت بتن بشمار می‌رود. چراکه با داشتن درصد بسیار بالایی از سیلیس، خود را به عنوان یک سوپر پوزولان مطرح کرده است. پس در نتیجه‌ی کاربرد این چنین موادی در بتن، طبق دسته بندی‌های موجود در میان نانوذرات [6]، می‌توانیم بگوییم که نانوذرات اکسیدهای فلزی در ساخت بتن کاربرد دارند.

راه‌های نفوذ و تاثیر نانوذرات در بدن

راه‌های نفوذ و تاثیر نانوذرات می‌تواند از طریق پوست، چشم، تنفس و خوردن باشد. با توجه به اینکه افرادی که با نانوذرات کار می‌کنند در تماس مستقیم با این ذرات می‌توانند باشند، در نتیجه راه‌های نفوذ نانوذرات به بدن این افراد شامل تمامی راه‌های ذکر شده می‌گردد. بررسی‌ها نشان داده است که بعضی از نانوذرات استنشاق شده می‌توانند سبب التهاب در دستگاه تنفسی گردد. به عنوان مثال استنشاق ذرات سیلیکا (مانند میکرو سیلیس) توسط کارگران ساختمانی می‌تواند سبب سیلیکوز شود [7] همچنین نانوذرات خورده شده می‌توانند سبب آسیب کبدی شوند [7]. بر خلاف ذرات میکرو و بزرگتر، نانوذرات تقریباً دسترسی نامحدودی به بدن انسان دارند. احتمال جذب از طریق پوست اخیراً مورد بحث قرار گرفته است. ورود نانوذرات به درون جریان خون از طریق استنشاق از ریه‌ها تقریباً قطعی است. برخی از ذرات ریز هم می‌توانند از طریق دستگاه هاضمه وارد بدن شوند [8]. در برخی مطالعات بر روی سلامتی عمومی، ارتباطی بین نانوذرات مهندسی (ساخته شده) و انواع مختلف تاثیرات سلامتی از جمله افزایش میزان بستری به علت آسم، بیماری قلبی، برونشیت مزمن و حتی مرگ زودرس مشاهده شده است [9].

تنفس

ریه‌ها به علت داشتن سطح بسیار زیاد در مقایسه با سایر اندام‌ها بی دفاع‌تر هستند. این خصوصیت ریه‌ها باعث می‌شود که نانوذرات در مقایسه با سایر مواد با اندازه بزرگتر به آسانی وارد بافت ریه شده و منجر به ایجاد ضایعات خطرناکی شود. سه عامل اصلی و مهم، اندازه، شکل و ترکیب نانوذرات بر سمیت نانوذرات و خطر بالقوه برای ریه‌ها موثر می‌باشد [10].

تحقیقات دانشمندان به خوبی نشان داده است که نانوذرات مهندسی شده قادر به نفوذ و عبور از اکسون‌های عصبی و ورود به مغز هستند. همچنین تحقیقات اخیر احتمال ورود نانوذرات از طریق بینی و سپس انتقال آن‌ها از طریق شبکه عصبی را مطرح می‌کند [11].

سیستم گوارشی بدن

چون بسیاری از ذرات و مواد نانو در مایع ساخته و فراوری می‌شوند، یک روش مواجهه برای کارکنان فناوری نانو می‌تواند جذب پوستی مستقیم و یا بلع خوراکی آن‌ها باشد.

پوست

پوست وسیع‌ترین بافت بدن (در حدود یک ششم وزن بدن) می‌باشد (۱۲). در نتیجه با توجه به تحقیقات صورت گرفته می‌توان گفت که اکثر آسیب‌های کوچکی که در ارتباط با نانوذرات ایجاد می‌شود در همین ناحیه اتفاق می‌افتد. تحقیقات نشان می‌دهد که نانوذرات دی اکسید تیتانیوم باعث ایجاد رادیکال -

های آزاد در سلول‌های پوستی شده و به DNA آسیب می‌رساند. آسیب رسیدن به DNA نیز باعث ایجاد تغییرات و دگرگونی در ساختار پروتئین‌ها و عملکرد آن‌ها شده که می‌تواند موجب توسعه سلول‌های سرطانی و تومورها گردد [13].

چشم

سطح چشم به دلیل اینکه در ارتباط مستقیم با هوای اطراف انسان می‌باشد، می‌تواند یک عامل جذب مستقیم نانوذرات معلق در هوا گردد. با توجه به اینکه نانوذرات پودر شده به دلیل وزن سبکشان، می‌توانند در هوا پخش شده و در آن‌جا نیز با کمی بار دار شدن به صورت معلق باقی بمانند، لذا چشم محل مناسبی برای جذب اینگونه ذرات معلق در هوا و ورود آن به بدن انسان است.

اثرات زیان بار دیگر نانوذرات مورد استفاده در بتن

نانو تیوب‌های کربن در هوا تجمع یافته و باعث تشکیل نانو کریستال‌های متشکل می‌شوند. نانو کریستال‌های متشکل از ذرات کربن نیز نسبت به انواع منفرد و تجمع نیافته، پتانسیل بیشتری در ایجاد خطر برای ارگانسیم‌های زنده دارند. همچنین تحقیقات نشان می‌دهد که نانوتیوب‌های فناوری نشده می‌توانند هنگام جابجایی و یا زمانی که تحرکات به اندازه کافی باشد، تشکیل غبار دهند [14]. لذا حمل و نقل نانوتیوب‌های کربن دارای مخاطراتی برای سلامتی می‌باشد و همچنین کارخانه‌هایی که تولید کننده و یا مصرف کننده مواد بر پایه نانوتیوب‌های کربن می‌باشند، سلامت کارگران خود را به خطر می‌اندازند. نکته قابل توجه این است که مواد حجیم و بی ضرر، زمانی که به ذرات بسیار کوچک تبدیل می‌شوند، دارای خلصت سمی می‌گردند. سم شناسان نیز معتقدند که ذرات بسیار کوچک، بسیار واکنش‌پذیر و سمی هستند. بنابراین به نظر می‌رسد که رابطه‌ای مستقیم بین اندازه ذرات و سمیت آن‌ها وجود دارد. محدوده و اندازه موثر در سمیت ذرات به درستی شناخته شده نمی‌باشد ولی با توجه به شواهد موجود می‌توان گفت که گستره بین ۶۵ تا ۲۰۰ نانومتر (که همگی نانو ذرات مورد استفاده در بتن در این محدوده می‌باشند)، دارای پتانسیل سمیت بالایی می‌باشند. لذا با وجود تلاش‌هایی که برای ایجاد ابزار و تکنولوژی‌های جدید صورت می‌پذیرد، باید قبول کرد که مخاطرات احتمالی همراه با آن‌ها ناشناخته می‌باشد.

توصیه‌هایی جهت کار با نانوذرات برای ساخت بتن

با توجه به ذکر اثرات مخرب نانوذرات بر بدن افرادی که با آن کار می‌کنند و راه‌های ورود نانوذرات به بدن انسان و با توجه به تجربیات نویسنده در کار با نانو مواد می‌توان نکاتی را مطرح کرد که رعایت آن‌ها تا حد زیادی می‌تواند کار با نانو مواد را به مانند اثرات آن‌ها بر ریزساختار بتن، دلیزیر و مطلوب سازد:

- ۱- حتی‌المقدور از کلونید نانوذرات استفاده گردد، چراکه همانگونه که ذکر شد کار با نانو پودرها می‌تواند باعث پراکندگی آن‌ها در فضای کار گشته و در نتیجه امکان جذب نانوذرات معلق در هوا از طریق تنفس، پوست، چشم و حتی دهان در موقع صحبت کردن یا صرف غذا در محل کار گردد.
- ۲- از قرارگیری طولانی مدت در محلی که در آن نانوذرات وجود دارند یا با آن‌ها کار می‌شود پرهیز شود.
- ۳- در حین کار با نانوذرات حتما پوشاک مناسب و مخصوص بکار رود. لباس مطلوب، لباسی است که تمام بدن با آن پوشیده شود تا بدین وسیله از آسب پوست جلوگیری گردد.
- ۴- ماسک فیلتردار و همچنین دستکش ضخیم بکار رود تا امکان ورود نانوذرات به دهان و راه تنفسی کاهش یابد، از طرفی با پوشیدن دستکش احتمال جذب نانوذرات در صورتی که در اثر بی احتیاطی مقداری از کلونید نانوذرات بر روی دست ریخته شود، جلوگیری شود.
- ۵- با تهیه عینک مخصوص کار، از امکان ورود نانوذرات به چشم چه به صورت معلق در هوا و چه در اثر پاشیده شدن به سمت چشم در اثر بی احتیاطی، جلوگیری بعمل آید.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه کاربرد نانوذرات در بتن برای بهبود خواص بتن رو به افزایش است در نتیجه میزان خطرپذیری کار با نانوذرات نیز به همان اندازه و بلکه هم بیشتر، افزایش می‌یابد. لذا در کار با نانوذرات باید اصول و مراتبی را رعایت کرد که به تن کردن لباس کاملاً پوشیده، زدن عینک مخصوص، تهیه و بکاربردن ماسک فیلتردار و پوشیدن دستکش و ... از جمله مواردی هستند که می‌توانند حداقل‌های ایمنی را در کار با نانوذرات برآورده سازند. البته باید توجه داشت که کار با این مواد با توجه به اثرات مخرب آن‌ها بر بدن افرادی که در ارتباط با آن‌ها هستند، به هیچ عنوان شوخی بردار نبوده و باید نهایت دقت و حساسیت را در کار با این مواد به خرج داد.

منابع و مراجع

[1] NIOSH. (2006) *Approach to Safe Nanotechnology*. National Institute for Occupational Safety and Health. www.cdc.gov/niosh/docs/2006 .

[2] ISO. (2006) *Workplace Atmospheres – Ultrafine, nanoparticle and nano-structured aerosols – Exposure characterization and assessment*. Geneva: Switzerland: International Standards Organization. Document no. ISO/TC 146/SC 2/WG1 N324, 32 pp.

(۳) ستاد ویژه توسعه فناوری نانو. (۱۳۸۵) فرصت‌های نانوفناوری. جلد اول- ویرایش دوم.

[4] Harris, P. *Carbon Nanotube and Related structures: New Materials for the 21st Century*. Cambridge University Press. Cambridge UK .

[5] Li, H., Xiao, H.G., Yuan, J., Ou, J. (2004) *Microstructure of cement mortar with nano-particles*. Composites: Part B. **35**. pp.185-189.

[6] Hatto, P. (2007) presentation, *International Standardization for Nanotechnologies*, Michigan State university.

[7] Aitken, R.J., Creely, K.S., Tran, C.L. (2004) *Nanoparticles: An occupational hygiene review*. HSE Research Report 274. HSE Books. ISBN 0 7176 29082. London.

[8] Wootliff, B. *British scientist says nanoparticles might move from mom to foetus*. 14/01/04 – http://www.smalltimes.com/print_doc.cfm?doc_id=7223

[9] Warheit, D.B. (2004) *Nanoparticles: health impacts?* http://www.materialstoday.com/pdfs/7_2/warheit.pdf

[10] Donaldson, K., Stone, V., MacNee, W. (1999). *The toxicology of ultrafine particles. In Particulate matter: properties and effects upon health*. Eds Maynard R.L. and Howards C.V. Bios, Oxford 115-127.

[11] Oberdörster, G., Oberdörster, E., Oberdörster, J. (2005) *NANOTOXICOLOGY: An Emerging Discipline Evolving from Studies of Ultrafine Particles*. (available at <http://dx.doi.org/>).

(۱۲) شادان، فرخ. فیزیولوژی پزشکی. دو جلدی. انتشارات چهر.

[13] Poirier, M.C. (2004) *Chemical-Induced DNA Damage and Human Cancer Risk*. *Nat Rev Cancer*. **4**. 630-637.

[14] Maynard, A.D., Baron, P.A., Foley, M., Shvedova, A.A., Kisin, E.R., Castranova, V., (2004) *Exposure to Carbon Nanotube Material: Aerosol Release During the Handling of Unrefined Single-Walled Carbon Nanotube Material*. *Journal of Toxicology and Environmental Health-Part A*, **67**. 87-107.