یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

انواع سیلیکا و موارد مصرفی

فاطمه مولایی[1] ، تقی سالم نوش ، سید البرز مجذوب حسینی

1- نویسنده مسئول، ایمیل: fateme.molaei69@gmail.com

صنایع شیمی ساختمان آبادگران، نشانی شهریار ، جاده ملارد، صفادشت، شهرک صنعتی صفادشت، انتهای خیابان ششم غربی

تلفن ۴-۶۵۷۴۱۹۱۱-۰۲۱

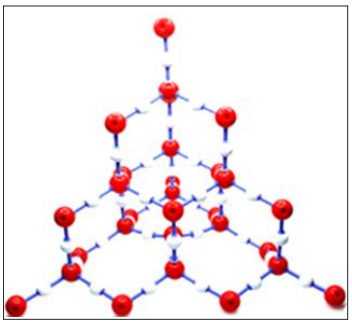
چکیده

یکی از فراوان ترین ترکیبات اکسیدی موجود در پوسته زمین به صورت جامد پودری سفید، اکسید سیلیسیم یا سیلیسیم دی اکسید با نام علمی سیلیس (SiO_2) شناخته می شود. سیلیس براساس درجه خلوص و اندازه دانه ها گروه بندی می شود. انواع سیلیس شامل سیلیس فیلتر شنی، سیلیس تصفیه آب، سیلیس فیلتر، سیلیس ریخته گری، سیلیس مش، سیلیس رسوبی، سیلیس کوارتز، سیلیس آمورف، سیلیس نسوز، سیلیس رنگی و سیلیس فیلتر شنی می باشد که در صنایع مختلف کاربرد دارند.

کلمات کلیدی: سیلیکا، سیلیس (SiO_2)، سیلیسیم دی اکسید

1. مقدمه

اکسید سیلیسیم یا سیلیسیم دی اکسید با نام علمی سیلیس و در مکمل های غذایی با نام سیلیکون یا سیلیکا شناخته می شود. هنگامی که دو عنصر اکسیژن و سیلیکون با هم ترکیب می شوند، سیلیس حاصل می شود. که یکی از فراوان ترین ترکیبات اکسیدی موجود در پوسته زمین به صورت جامد پودری سفید با فرمول ساده (SiO_2)، جرم مولی[1] $60/08\ g.mol^{-1}$، نقطه جوش 2230 درجه سانتی گراد و نقطه ذوب 1700 درجه سانتی گراد می باشد. سیلیکا براساس خواص فیزیکی و شیمیایی می تواند به فرم های ژله ای، کریستالی و آمورف وجود داشته باشد. در ساختار لوویس SiO_2، که بیشتر به فرم چهاروجهی است و دارای شکل تتراهدرال می باشد، هر اتم Si به چهار اتم O و هر اتم O به دو اتم Si متصل است (شکل1). روی سطح سیلیکا دو گروه عاملی وجود دارد: گروه سیلانول (Si-OH) که مرکز فعال سیلیکا و گروه سیلوسان (Si-O-Si) مرکز غیر فعال آن آست. سیلیکای گرفته شده از طبیعت بیشتر به فرم کریستالی بوده و موارد سنتزی آن بسته به فشار، دما و میزان آب موجود در ساختار آن به فرم آمورف است که سیلیکای آمورف می تواند به صورت کلوییدی، ژله ای، پیروژنیک و رسوبی باشد[1].



شکل **1**. ساختار کریستالی سیلیکا

این ترکیب بیشتر از معادن ماسه، شن و تصفیه کوارتز استخراج می شود. روش های مختلفی برای تهیه مواد سیلیسی مانند سنتز پلاسما[2]، رسوب دهی شیمیایی بخار[3]، فرآیند سل-ژل[4-5]، فرآیند میکروامولسیون[6]، سنتز احتراقی[7] و تکنیک هیدروترمال گزارش شده

است. در فرآیندهای آزمایشگاهی از طریق حرارت دادن، اکسید کردن و فرآیند سل-ژل تحت تاثیر کاتالیزور و تترا اتیل اورتوسیلیکات (TEOS) هیدرولیز شده به سیلیس تبدیل می شود.

1-1-روش های آزمایشگاهی تولید سیلیکا

سنتز سیلیکا با استفاده از تترا اتیل اورتوسیلیکات (TEOS) در شکل (2) نشان داده شده است [8].

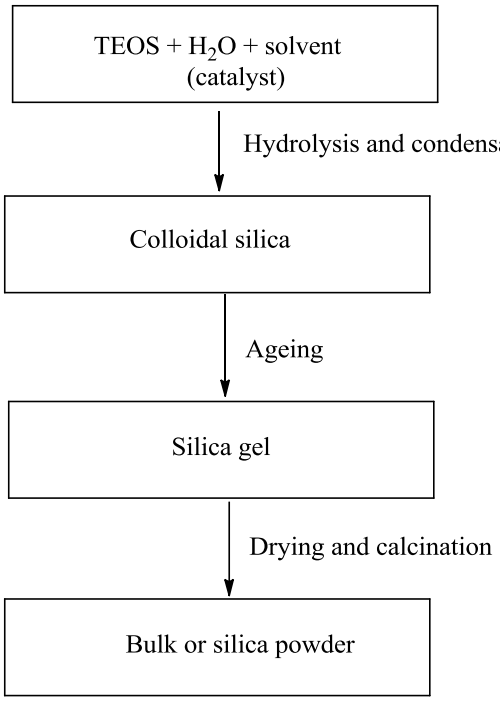
$$Si(OC_2H_5)_4 \xrightarrow{680\text{-}730^\circ C} SiO_2 + 2O(C_2H_5)_2$$

$$Si(OC_2H_5)_4 + 12\ O_2 \xrightarrow{400^\circ C} SiO_2 + 10\ H_2O_2 + 8\ CO_2$$

شکل 2. سنتز از TEOS

از رایج ترین روش های سنتز سیلیکا روش سل- ژل می باشد که تترا اتیل اورتو سیلیکات از طریق فرآیند به اصطلاح سل-ژل تحت هیدرولیز قرار می گیرد[9] (شکل 3):

$$Si(OC_2H_5)_4 + 2\ H_2O \longrightarrow SiO_2 + 4\ HOCH_2CH_3$$



شکل 3. سنتز از طریق فرآیند سل-ژل

دی اکسید سیلیکون به دلیل پایداری بالایی که دارد از روش های زیادی به وجود می آید. احتراق سیلان در دمای 200 تا 500 درجه سانتی گراد، دی اکسید سیلیکون می دهد (شکل 4). این واکنش مشابه احتراق متان است[10]:

$$SiH_4 + 2\,O_2 \xrightarrow{200\text{–}500\ ^\circ C} SiO_2 + 2\,H_2O$$

شکل**4**. سنتز از طریق احتراق سیلان

چهار گروه دانه بندی پر کاربرد برای سیلیسیم دی اکسید شامل سیلیس با دانه بندی 5 تا 8 میلی متر، دانه بندی 3 تا 5 میلی متر، دانه بندی 2 تا 3 میلی و دانه بندی 1 تا 2 میلی متر است. سیلیس براساس درجه خلوص و اندازه دانه ها گروه بندی می شوند.

2-1- انواع سیلیس:

- ✓ سیلیس فیلتر شنی
- ✓ سیلیس تصفیه آب

- ✓ سیلیس فیلتر
- ✓ سیلیس ریخته گری
- ✓ سیلیس مش
- ✓ سیلیس رسوبی
- ✓ سیلیس کوارتز
- ✓ سیلیس آمورف
- ✓ سیلیس نسوز
- ✓ سیلیس رنگی
- ✓ سیلیس فیلتر شنی

یکی از مهم ترین روش ها برای حذف املاح و ذرات معلق موجود در آب تا قطر ۵۰ میکرون استفاده از سیلیس فیلتر شنی است. یکی از ساده ترین و موثرترین متدهای تصفیه آب، عبور آب از لایه های خاک است که در طبیعت دائما انجام می شود. در تصفیه خانه های بزرگ از روش فیلتر شنی استفاده می شود. با این تفاوت که در فیلترهای شنی از سیلیس به جای خاک استفاده می شود که با کمک پمپ آب با فشار در فیلترهای شنی حرکت داده می شود. از طرفی از فیلتر کربنی برای حذف مواد رنگی، طعم و بو آب که از طریق فیلتر شنی ایجاد شده استفاده می شود.

1-2-1-سیلیس ریخته گری

این نوع از سیلیس از کوارتز و سیلیس برای مقاومت بالای آن ها تا 1470 درجه به عنوان قالب های ریخته گری فلزهایی مانند فولاد، آلیاژهای مس، آهن سیاه، آلومینیوم هم چنین به عنوان نسوز برای ساخت کوره های سیمان، فولاد، شیشه و سرامیک استفاده می شود.

1-2-2-ریخته گری ماسه ای

یکی از متدهای ریخته گری فلزات به کار بردن قالب های ماسه ای است طریق استفاده از این قالب ها به شرح زیر است:

ابتدا برای درست کردن شکل اولیه مدل در ماسه یک مدل از قطعه مورد نظر را در ماسه قرار می دهند (قالب گیری)، سپس یک سیستم راهگاهی درست می کنند. بعد فلز مذاب را درون حفره ریخته سپس فلز را خنک و منجمد کرده، مرحله بعد قالب ماسه ای را ازبین برده و در آخر بیرون آوردن قطعه یا شی ریخته گری شده است[11].

3-2-1-سیلیس مش

پودر سیلیس مش صنعتی به طور چشمگیری در صنعت متالوژی پودر و صنایع نسوز برای مقاومت در برابر اکسیداسیون، بالا بردن مقاومت در برابر سایش و حرارت های بالا کاربرد دارد و از محصولات آن در کوره ها مانند کوره های فولادی استفاده می شود. ویفر سیلیکون که از پودر سیلیکون صنعتی ساخته شده است به وفور در تکنولوژی بالا از آن استفاده می شود. در صنعت سیلیکون آلی از پودر سیلیکون صنعتی به عنوان پایه اولیه از مواد مصنوعی پلیمر آن برای تهیه سیلیکون مونومر، روغن سیلیکون و نگهدارنده لاستیک سیلیکون در نتیجه بالا بردن مقاومت محصولات در برابر خوردگی، حرارت و سایر ویژگی ها استفاده می شود.

کاربرد سیلیس مش:

- ✓ درزگیر و پودر مل
- ✓ تولید سیمان
- ✓ لعاب سازی
- ✓ رنگ و چسب
- ✓ پودر کپسول آتشنشانی
- ✓ تولید ترکیبات سیلیس
- ✓ بتن

- ✓ تولید مواد و ترکیبات سدیم دار و عنصر سدیم
- ✓ لعاب، کاشی و سرامیک
- ✓ کشاورزی
- ✓ پاک کننده های صنعتی
- ✓ صابون، مواد شوینده و پاک کنندگی
- ✓ صنایع سیلیکا

1-2-4- سیلیس رسوبی

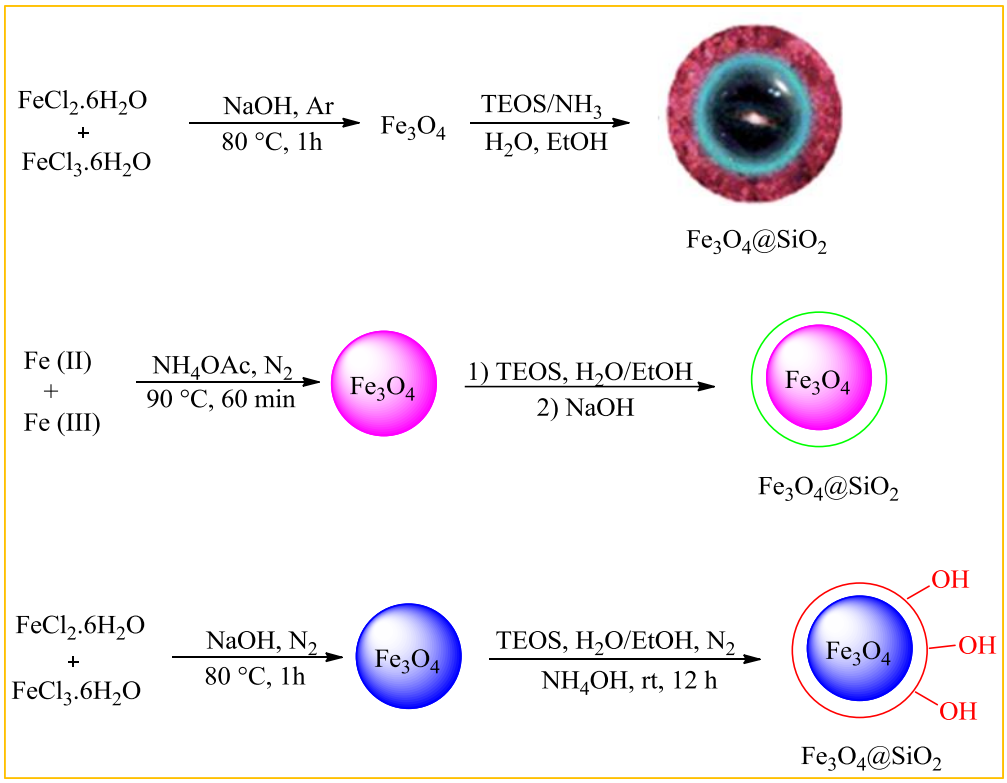
این نوع سیلیس در ساخت خمیر دندان و مواد شوینده کاربرد دارد از مواد اولیه ی آن به شمار می رود. از SiO_2 رسوبی در صنعت خمیر دندان به عنوان ساینده و غلظت دهنده استفاده می شود. سیلیس ها که پودر های غیرآلی هستند پلاک ها و لکه های روی سطح دندان را بدون ایجاد خراش و کاهش جلای طبیعی آن از بین می برند. همچنین صابون ها نیز دارای ٪۷۰ پودر سیلیسی هستند که برای تمیز کردن سطوح مختلف اشیا بکار برده می شوند. انواع سیلیس ها در سایز بندی میکرونیزه و با مش مورد نیاز که اصولا دارای مش ۳۲۵، ۲۳۰ و ۲۷۰ هستند با خالصی و عیار بالای ۹۹/۷ و رنگ سفید برای کارخانه های تولید مواد شوینده و بهداشتی تولید می شوند[12-13].

1-3-کاربرد سیلیس در صنایع

این ترکیب در ساختمان سازی و تولید آجر ماسه ای، چینی سازی و آرکوپال سازی، چسب سازی، تولید الیاف و عایق مانند پشم شیشه، سند بلاست و فیلتراسیون شنی، کاشی و سرامیک سازی، صنایع نسوز، تولید فروسیلیس ها (آلیاژهای سیلیسی)، شیشه سازی و پاک کننده های صنعتی استفاده می شود.

4-1-کاربرد نانو ذرات سیلیکا

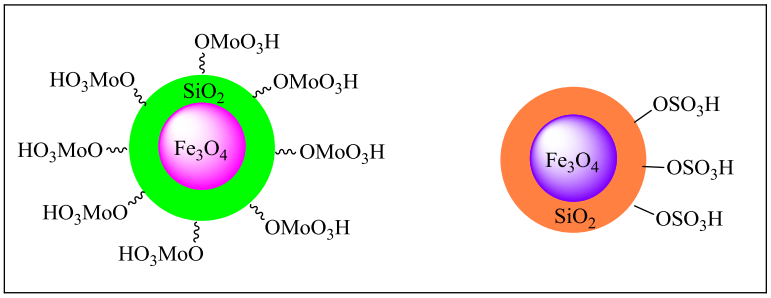
✓ پودرهای سیلیس فوق ریز (SiO_2) طیف گسترده ای از کاربردها از جمله کاتالیزورها، جاذب ها، مواد ساختاری سبک وزن، سنسورهای رطوبت، دمپر کلوئیدی در زمینه مهندسی مکانیک و سایر تجهیزات دقیق دارند [14-16]. پوشش دهی سطح ذرات از جمله اکسید آهن با سیلیکا نیز انجام می شود (شکل 5)[17].



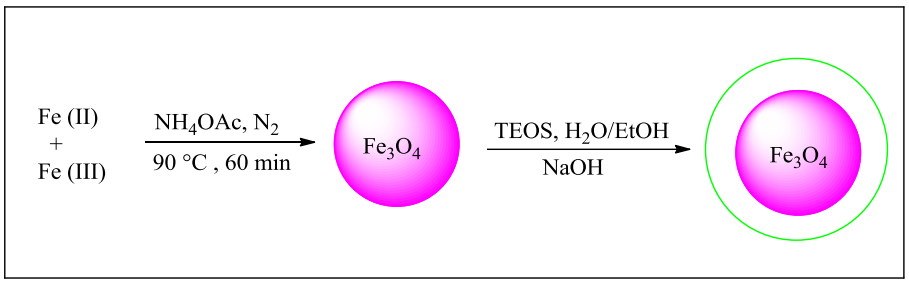
✓ شکل5. روش هایی برای سنتز نانوذرات مگنتیت پوشانده شده با سیلیکا(Fe3O4@SiO2)

✓ 5-1- عامل دار کردن سطح سیلیکا

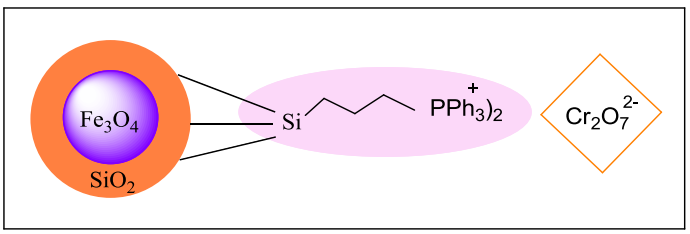
✓ در سال های اخیر عامل دار کردن سطح سیلیکا با ترکیبات آلی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. وجود گروه های هیدروکسیل بر روی این نانو ذرات اصلاح پذیری آنها را تسهیل کرده و در نتیجه به واسطه اصلاح سطح این نانو ذرات از طریق مواد آلی مختلف مانند گروه های اسیدی شکل (6)، بازی شکل (7) و مایع یونی شکل (8) می توان آنها را عامل دار کرد[18-21].



✓ شکل 6. عاملدار کردن با گروه اسیدی



✓ شکل 7. عاملدار کردن با گروه بازی



✓ شکل 8. عاملدار کردن با مایعات یونی

2. نتیجه‌گیری

اکسید سیلیسیم از ترکیب دو عنصر اکسیژن و سیلیکون حاصل می شود. روش های مختلفی برای تهیه مواد سیلیسی مانند سنتز پلاسما، رسوب دهی شیمیایی بخار، فرآیند سل-ژل، فرآیند میکروامولسیون، سنتز احتراقی و تکنیک هیدروترمال گزارش شده است. از رایج ترین روش های سنتز سیلیکا روش سل-ژل می باشد. براساس درجه خلوص و اندازه دانه ها به انواع مختلفی تقسیم بندی می شوند و دارای طیف گسترده ای از کاربردها می باشند.

مراجع

1. E. F. Vansant, P. Van Der Voort and K. C. Vracken, In Characterization and Chemical Modification of the Silica Surface, Elsevier, New York, 1995.
2. R.Y. Hong, J. Ding and H.Z. Li, Thermodynamic analysis and experimental verification for synthesizing silicon nitride nanoparticles using RF plasma CVD, Chin. Particuol. 1 (2003) 162–167.
3. N. Awaji, S. Ohkubo, T. Nakanishi, T. Aoyama, Y. Sugita, K. Takasaki and S. Komiya, Thermal oxide growth at chemical vapor deposited SiO_2/Si interface during annealing evaluated by difference X-ray reflectivity, Appl. Phys. Lett. 71 (1997) 1954–1956. 4. P.R. Pinto, L.C. Mendes, M.L. Dias and C. Azuma, Synthesis of acrylic-modified sol–gel silica, Colloid Polym. Sci. 284 (2006) 529–535.

5. J.R. Martínez, S. Palomares-Sánchez, G. Ortega-Zarzosa, F. Ruiz and Y. Chumakov, Rietveld refinement of amorphous SiO2 prepared via sol–gel method, Mater. Lett. 60 (2006) 3526–3529

6. W.Wang, X.A. Fu, J.A. Tang and L. Jiang, Preparation of submicron spherical particles of silica by the water-in-oil microemulsion method, Colloids Surf. A 81 (1993) 177–180.

7. H.D. Jang, Experimental study of synthesis of silica nanoparticles by a benchscale diffusion flame reactor, Powder Technol. 119 (2001) 102–108.

8. A. K. Romero-Jaime, M. C. Acosta-Enríquez, D. Vargas-Hernández, J. C. Tánori-Córdova, H. A. Pineda León and S. J. Castillo, Synthesis and characterization of silica–lead sulfide core–shell nanospheres for applications in optoelectronic devices. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, *32*(2021), 21425-21431.
9. C. J. Brinker and G. Scherer, In Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing, Academic Press, Boston, (1990).
10. D. V. Morgan and K. Board An Introduction To Semiconductor Microtechnology (2nd ed.). Chichester, West Sussex, England: John Wiley & Sons. (1991). p. 27.
11. Nevin, Charles Merrick. *Albany molding sands of the Hudson Valley*. No. 263. University of the State of New York, (1925).
12.H. M. Nassar and A. T. Hara, Effect of dentifrice slurry abrasivity and erosive challenge on simulated non-carious cervical lesions development in vitro. *Journal of Oral Science*, *63*(2021), 191-194.

13. N. N. Greenwood and A. Earnshaw, *Chemistry of the Elements Oxford Pergamon Press* (1984). (pp. 1117-19). ISBN 0-08-022057-6.

14. S. Sadasivan, D.H. Rasmussen, F.P. Chen, R.K. Kannabiran, Preparation and characterization of ultrafine silica, Colloids Surf. A 132 (1998) 45–49.

15. C.V. Suciu, T. Iwatsubo, S. Deki, Investigation of a colloidal damper, J. Colloid Interface Sci. 259 (2003) 62–71.

16. S.T. Bromley, E. Flikkema, A new interatomic potential for nanoscale silica, Chem. Phys. Lett. 378 (2003) 622–626.

17. R. Teimuri-Mofrad, S. Esmati, M. Rabiei, and M. Gholamhosseini-Nazari, Efficient synthesis of new pyrano [3, 2-b] pyran derivatives via Fe_3O_4@ SiO_2-IL-Fc catalyzed three-component reaction. *Heterocyclic Communications*, *23*(2017, 439-444.
18. C. S. Gill, B. A. Price and C. W. Jones. Sulfonic acid-functionalized silica-coated magnetic nanoparticle catalysts. *Journal of Catalysis*, *251*(2007), 145-152.
19. M. Kiani and M. Mohammadipour, Fe_3O_4@ SiO_2–MoO_3H nanoparticles: a magnetically recyclable nanocatalyst system for the synthesis of 1, 8-dioxo-decahydroacridine derivatives. *RSC Advances*, *7*(2017), 997-1007.

20. A. Maleki, Z. Alrezvani, and S. Maleki, Design, preparation and characterization of urea-functionalized Fe3O4/SiO2 magnetic nanocatalyst and application for the one-pot multicomponent synthesis of substituted imidazole derivatives. *Catalysis Communications*, *69*(2015*)*, 29-33.

21. R. Rahimi, A. Maleki, S. Maleki, A. Morsali, and M. J. Rahimi, Synthesis and characterization of magnetic dichromate hybrid nanomaterials with triphenylphosphine surface modified iron oxide nanoparticles (Fe_3O_4@ SiO_2@ PPh_3@ $Cr_2O_7^{2-}$). *Solid state sciences*, *28 (*2014*)*, 9-13.