اثر طول مسیر عبور محلول آبی در میدان مغناطیسی بر رشد دانه های کلسیم کربنات

پیمان فتاحی[۱] ، رضا افضل زاده[۲]، اباذر حاج نوروزی[۳]

۱- پیمان فتاحی* گروه فیزیک دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

۲- دکتر رضا افضل زاده دانشیار گروه فیزیک دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

۳- دکتر اباذر حاج نوروزی استادیار گروه فیزیک دانشگاه شاهد

*peymanfatahi29@gmail.com

چکیده

در این پژوهش اثر افزایش مسیر جریان آب در میدان مغناطیسی متناوب بر ساختار بلورک های کربنات کلسیم مورد مطالعه قرار گرفت. برای مطالعه از دو دستگاه آب مغناطیسی با میدان مغناطیسی ۱۴۵ میلی تسلا و طول ۳۰ سانتی متر با قطر نیم اینچ استفاده شده است. محلول آبی کربنات کلسیم به مدت ۱۸ ساعت از درون دستگاه آب مغناطیس عبور داده شد و سپس ماده محلول خشک توسط آنالیز XRD و SEM مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان می دهد که نانو ذرات رسوب داده شده در میدان مغناطیسی ۰/۰۹ بزرگتر از محلول غیر مغناطیسی است.

کلمات کلیدی: دستگاه آب مغناطیسی،کلسیم کربنات.

مقدمه

تیمار مغناطیسی آب یک روش برای جلوگیری از شکل گیری رسوب در سیستم های تجاری صنعتی و سیستم های مکانیکی آب (از جمله دیگ های بخار آب گرم) می باشد و همچنین تبدیل به یک جایگزین مهم به جای استفاده از مواد شیمیایی شده است. استفاده از موادی مانند پلی فسفات ها درآب برای رسوب زدایی در دراز مدت برای محیط زیست زیان آور است و به دلیل تغییرات ثابت در سختی آب ، امکان پذیر نیست که مقدار مواد شیمیایی را با دقت تعیین کرد. این ماده می تواند برای سلامتی انسان بسیار مضر باشد. نخستین دستگاه تجاری در سال ۱۹۴۵ در کشور بلژیک ثبت شد[۱]. در اتحاد جماهیر شوروی سابق از قدرت الکترومگنت ها در سیستم های آب گرم از دهه ۱۹۶۰ استفاده شده است[۲]; در ایالت متحده آمریکا استفاده از دستگاه تصفیه مغناطیسی آب از سال ۱۹۷۵ گسترش یافته است[۳]. مطالعات بسیاری از تیمار مغناطیسی آب نشان می دهد که این اثر وابستگی به طبیعت و شرایط محلول دارد ، به عنوان مثال pH ، وجود ناخالصی ها مانند Fe^{2+} [4] ، Cu^{2+} [۵]، Zn^{2+} [۶]و برخی از فلزات سبک تر مانند Mg^{2+} و Si^{4+}[۷]. در پژوهش های اولیه نتیجه گرفتند که میدان مغناطیسی ، کریستاله شدن نمک های دیامغناطیسی اسیدی ضعیف را تسریع می دهد. فقط اندازه کریستال و مورفولوژی محصول نهایی تعیین شد. در مطالعات جدیدتر در مورد فسفات کلسیم ، میزان رسوب مقادیر بالاتری را در میدان مغناطیسی نشان داد[۸, ۹]. ذرات سنگ گچ در آب معمولی و آب مغناطیسی اندازه گیری شد و مشاهده شد که ذرات در آب مغناطیسی بزرگتر و منظم تر هستند. علاوه بر این درمان مغناطیسی به طور قابل توجهی تعدادی از باکتری های بیماری زا E.coli ، ویروس های مضر و جلبک را کاهش داد[۱۰, ۱۱]. گزارش شده است که میدان مغناطیسی به طور موثر به کاهش محتوای رنگ ، ذرات معلق جامد و کدر بودن آب فاضلاب را کاهش می

دهد. علاوه بر این استفاده از دستگاه مغناطیسی برای بهبود روند شست و شوی نساجی مورد استفاده قرار گرفت[۱۲]. تیمار مغناطیسی به طور قابل توجهی مواد پاک کننده و معدنی را اصلاح کرده و در نهایت سفید تر شدن پنبه را افزایش داد[۱۳]. گزارش شده است که رسوب آب از طریق یک میدان مغناطیسی نسبت رسوب آراگونیت/کلسیت را با احتمال ۹۹/۹۹ درصد افزایش می دهد و زمان حافظه مغناطیسی آب به بیش از ۲۰۰ ساعت هم طول می کشد[۱۴]. روش های فیزیکی به دلیل سازگاری بالا با محیط زیست، ایمنی و سادگی آن ها بسیار جذاب هستند[۱۵]. نتایج آزمایش های متعددی در زمینه درمان مغناطیسی منتشر شده است. گزارش شده است که میزان رسوب با تیمار مغناطیسی از آب سخت تا ۴۰ درصد با توجه به درجه حرارت و نوع سطح جامد(به عنوان مثال؛فولاد ضد زنگ، مس ، آلومینیوم وشیشه) کاهش می یابد[۱۶]. مادسن تاثیر میدان مغناطیسی بر رسوب نمک های معدنی را بررسی کرد و گزارش داد که میدان مغناطیسی تاثیر به سزایی بر روی کربنات ها و فسفات ها با یون های فلز دیامغناطیسی دارد[۸]. بین رسوب های ناشی از کلسیم کربنات، هیدروکسید منیزیم و سولفات کلسیم، رسوب ناشی از کلسیک کربنات غالب بوده و بیشتر به فرم بلورهای کلسیت می باشد. رسوب کلسیم کربنات موجب انسداد لوله ها شده و باعث ایجاد مشکلات در سیستم های تجاری و صنعتی می شود. شکل گیری رسوب روی دیواره لوله ها به دلیل انباشته شدن نمک های محلول در آب روی دیواره ها می باشد. در سیستم های آب با دما و فشار بالا(به عنوان مثال،دیگ های بخار،مبدل های حرارتی یا لوله های آب گرم) حلالیت کلسیم کربنات را کاهش داده و به تدریج رسوبات شکل می گیرندکه باعث کاهش دبی انتقال آب لوله می شود[۱۷]. تشکیل رسوب در داخل لوله ها باعث زیان قابل توجه اقتصادی و مسائل زیست محیطی می شود. به طور معمول ، استفاده از مواد شیمیایی برای جلوگیری از رسوب با استفاده از آهک و خاکستر سودا می باشد[۱۸]. تاثیر آب مغناطیس با استفاده از همزن یون مغناطیسی بر روی گیاهان نشان می دهد که باعث افزایش رشد ۲۰ تا ۳۰ درصدی شده و نیز کیفیت محصول کشاورزی را افزایش می دهد[۱۹]. با استفاده از آهنرباهای دائمی و میدان مغناطیسی استاتیک اثبات شد که می توان تا ۱۸ درصد تبخیر آب را سرعت بخشید[۲۰].

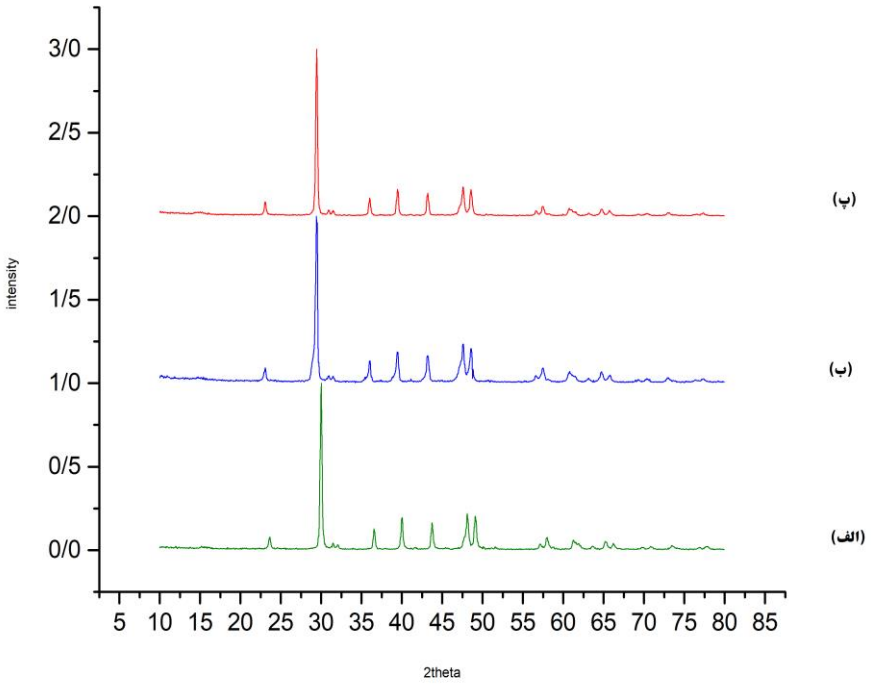
آزمایشات

مقدار ۵ گرم پودر کلسیم کربنات را بوسیله ترازوی دیجیتال (A&D ساخت ژاپن با دقت۰/۰۰۰۱ و خطای ۰/۰۱ گرم) وزن کرده و در ۱ لیتر آب در دو ظرف به صورت جدا از هم به شکل محلول در می آوریم. از دو پمپ یکسان برای گردش آب استفاده شده است. سرعت هر کدام از پمپ ها ۰/۰۶لیتربر ثانیه می باشد. در آزمایش اول از یک دستگاه آب مغناطیس (با عنوان همزن یون مغناطیسی ساخت شرکت فاپن ایران) برای مغناطیس کردن محلول استفاده شده است و شدت میدان مغناطیسی متناوب در مرکز آن با استفاده از یک تسلا متر دیجیتال(ساخت شرکت فاپن ایران با دقت ۰/۰۱ میلی تسلا) اندازه گیری شده و بزرگی آن ۱۴۵میلی تسلا می باشد. محلول آبی کلسیم کربنات به مدت ۱۸ ساعت در درون میدان مغناطیسی گردش داشته است. سپس بعد از رسوب گیری و جداسازی آن به مدت ۷ ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس پودر کلسیم کربنات خشک گردید. در آزمایش دوم همین روند به صورت مشابه دوباره تکرار شده است با این تفاوت که به جای استفاده از یک همزن یون مغناطیسی، دو همزن یون مغناطیس استفاده شده است. مراحل جداسازی و خشک کردن با آزمایش اول یکسان می باشد. چیدمان آزمایشات بدون میدان و با میدان یک همزن یون مغناطیس و دو همزن یون مغناطیس سری در شکل ۱ نشان داده شده است.

شکل۱: چیدمان آزمایش سه نمونه با محلول کلسیم کربنات: الف) بدون حضور میدان مغناطیسی ، ب) با میدان مغناطیسی توسط یک همزن مغناطیس ، پ) با میدان مغناطیس توسط دو همزن یون مغناطیس سری

پودر به دست آمده برای آنالیز XRD و میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM آماده سازی شد. نتایج حاصل از آنالیز XRD برای سه نمونه ی کلسیم کربنات بدون میدان مغناطیسی، کلسیم کربنات با یک همزن یون

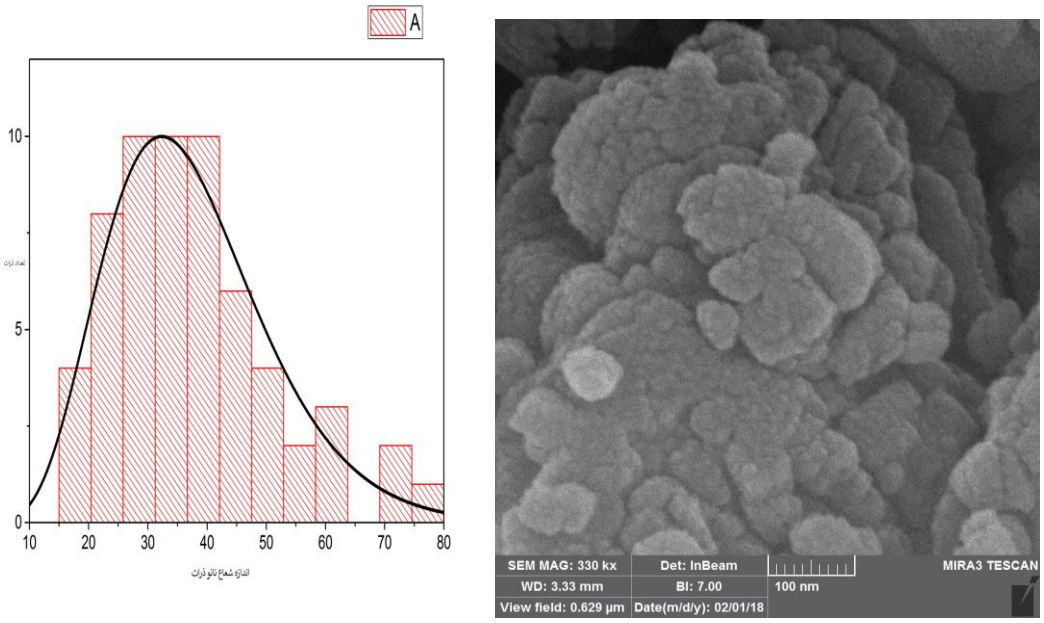
مغناطیسی و کلسیم کربنات با دو همزن یون مغناطیسی(برای بررسی اثر طول میدان مغناطیسی در شکل ۴ ارایه شده است.



شکل ۲: نتایج حاصل از XRD برای سه نمونه کلسیم کربنات الف) بدون میدان مغناطیسی، ب) با یک همزن یون مغناطیسی، پ) با دو همزن یون مغناطیس سری.

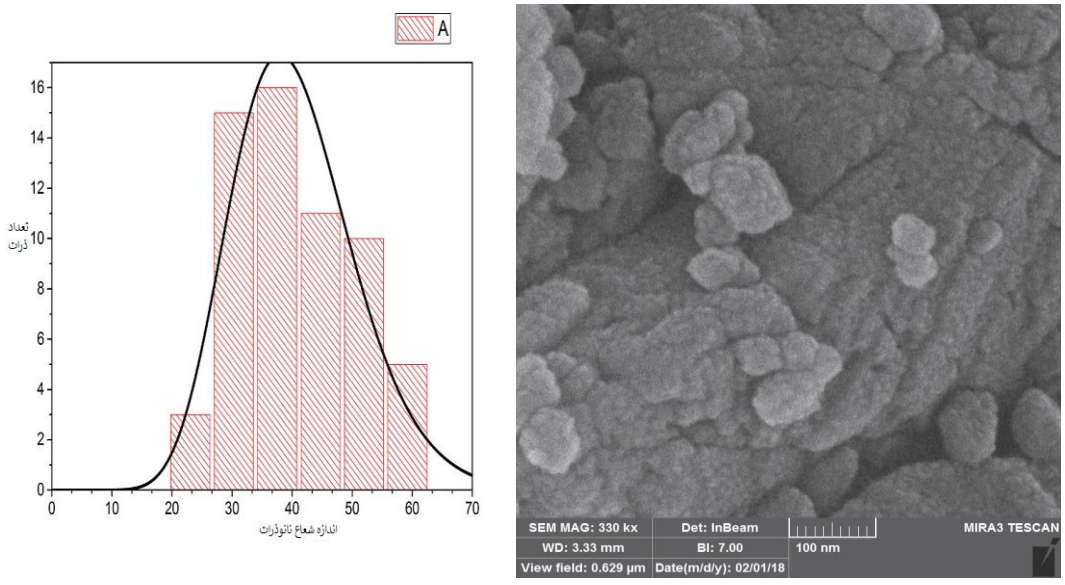
با استفاده از رابطه دبی شرر $D=\frac{K*\lambda}{\beta \cos\theta}$ محاسبه عرض پیک در نصف شدت بیشینه ، اندازه کریستال ها را به طور تقریبی محاسبه نمودیم. که در این رابطه D اندازه تقریبی کریستال ، K تقریبا ۰/۹ و λ طول موج پرتو ایکس و برابر با ۰/۱۵۴nm و β عرض پیک درنصف شدت بیشینه و θ زاویه براگ مربوط به پیک می باشد. با استفاده از رابطه دبی شرر اندازه کریستال های به دست آمده برای سه نمونه کلسیم کربنات بدون میدان مغناطیسی، کلسیم کربنات با یک همزن یون مغناطیسی و کلسیم کربنات با دو همزن یون مغناطیسی سری به ترتیب برابر با ۳۱nm ، ۳۲nm و ۳۴nm می باشد. بنابراین از تحلیل آنالیزXRD می توان نتیجه گرفت که اندازه کریستال ها دراثر طول مسیر آب در میدان مغناطیسی نسبت به حالت شاهد(بدون میدان مغناطیسی) ۹درصد بیشتر می باشد. می توان نتیجه گرفت که دانه ها در حضور میدان مغناطیسی رشد کرده و این رشد دانه ها باعث می شود که ذرات بزرگتر کمتر به هم بچسبند و همچنین در محلول کمتر حل می شوند لذا باعث کاهش غلظت محلول هم می شوند. از تحلیل آنالیز XRD با استفاده از نرم افزار آنالیز xpert highscore شماره گذاری صفحات مشخص و شماره صفحات نشان دهنده ساختار کریستالی کلسیت به شکل Rhombohedral با ثابت های شبکه a=۴/۹۸۹ ، b=۴/۹۸۹ و c=۱۷/۰۶۲۰ آنگستروم و زوایای α=β=۹۰ و γ=۱۲۰ درجه می باشد.

برای آنالیز های نتایج حاصل از SEM از نرم افزار Digimizer و رسم هیستوگرام ها از نرم افزار Originpro 2015 استفاده شده است. در شکل ۳ ، شکل ۴ و شکل ۵ نتایج حاصل از SEM برای کلسیم کربنات رسوب کرده به ترتیب ، بدون میدان مغناطیسی، اثر یک همزن یون مغناطیسی و دو همزن یون مغناطیسی در مقیاس ۱۰۰ نانومتر ارائه شده است.



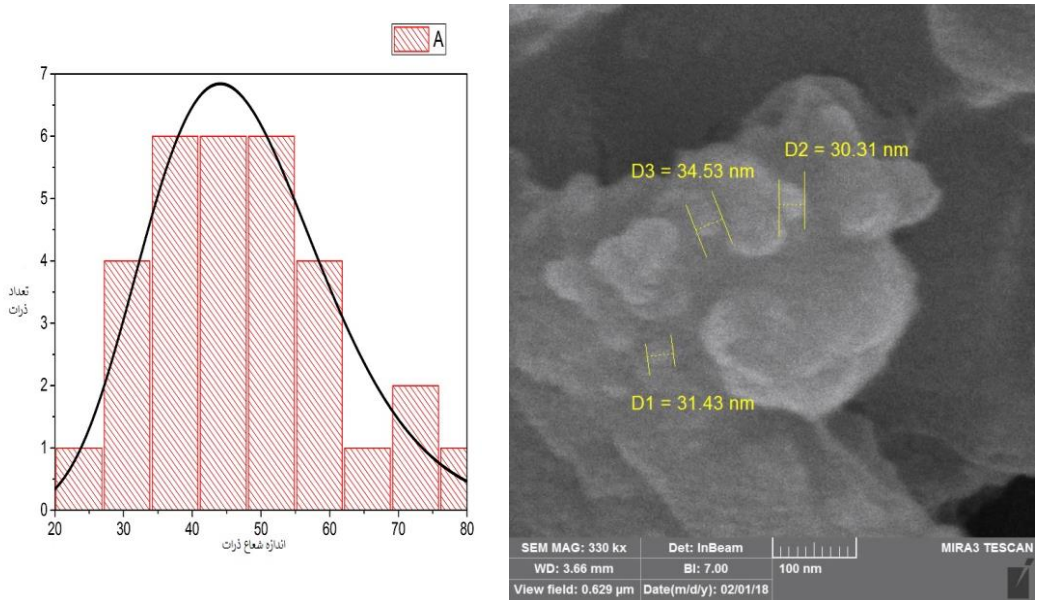
شکل۳: نتایج حاصل از SEM برای کلسیم کربنات بدون میدان مغناطیسی در مقیاس(۱۰۰نانومتر)

با توجه به هیستوگرام رسم شده ماکسیمم ذرات دارای شعاع ۳۰ نانومتر می باشند.



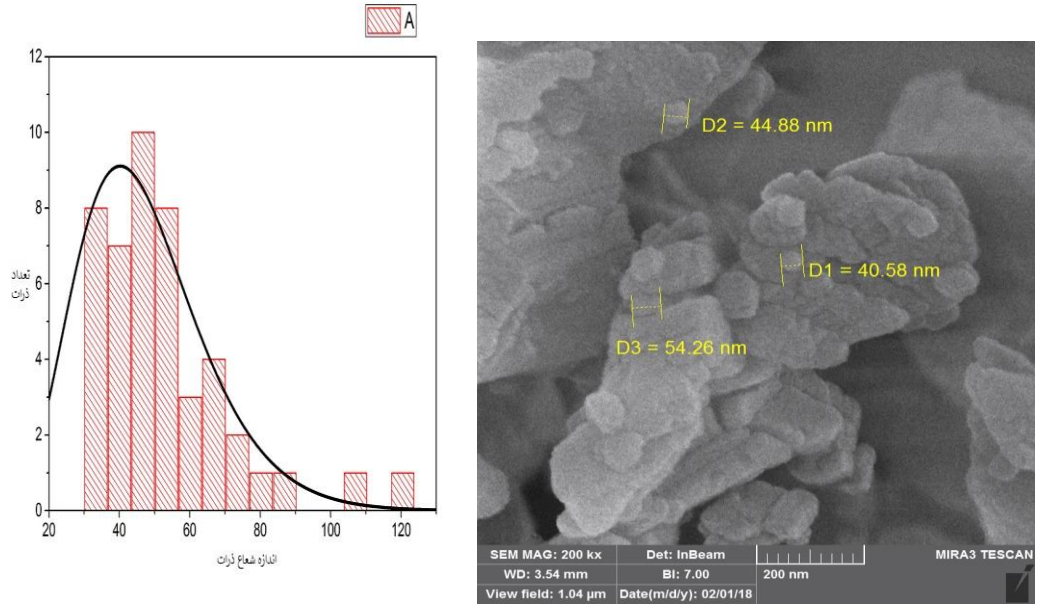
شکل۴: نتایج حاصل از SEM برای کلسیم کربنات تحت تاثیر یک همزن یون مغناطیسی در مقیاس(۱۰۰ نانومتر)

با توجه به هیستوگرام رسم شده ماکسیمم ذرات دارای شعاع ۳۵ نانومتر هستند.



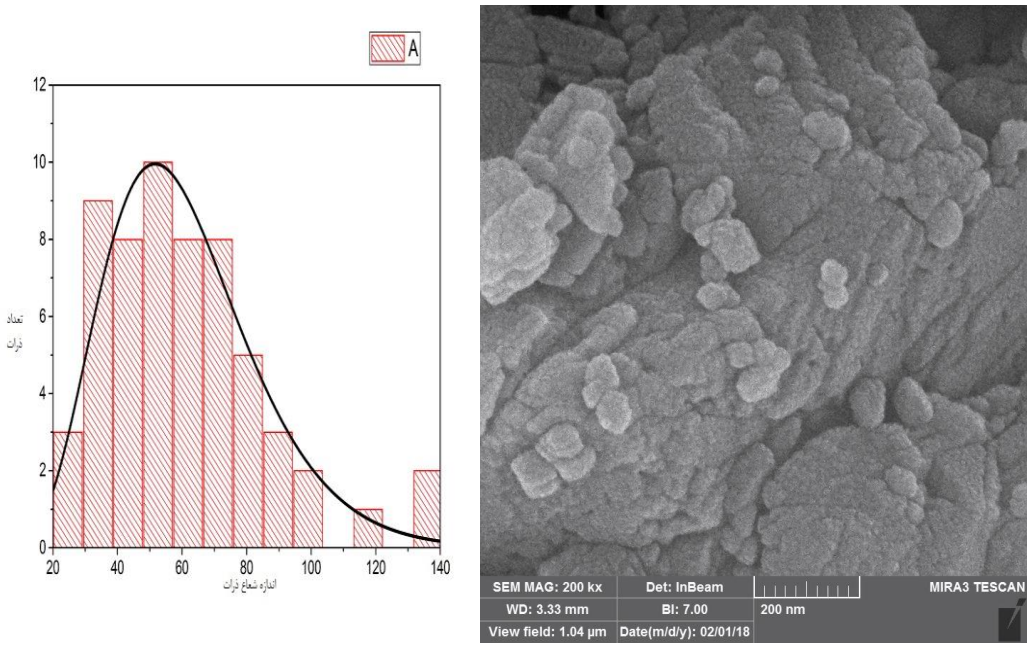
شکل۵: نتایج حاصل از SEM برای کلسیم کربنات در مقیاس(۱۰۰نانومتر) تحت تاثیردو همزن یون مغناطیسی

هیستوگرام رسم شده برای شکل ۶ نشان می دهد که ماکسیمم شعاع ذرات بین۳۵ تا ۴۵ نانومتر می باشد. شکل ۶، شکل ۷ و شکل ۸ نتایج حاصل از SEM برای کلسیم کربنات به ترتیب بدون اعمال میدان مغناطیسی، تحت اثر یک همزن یون مغناطیسی و تحت تاثیر دو همزن یون مغناطیسی در مقیاس ۲۰۰ نانومتر آورده شده است.



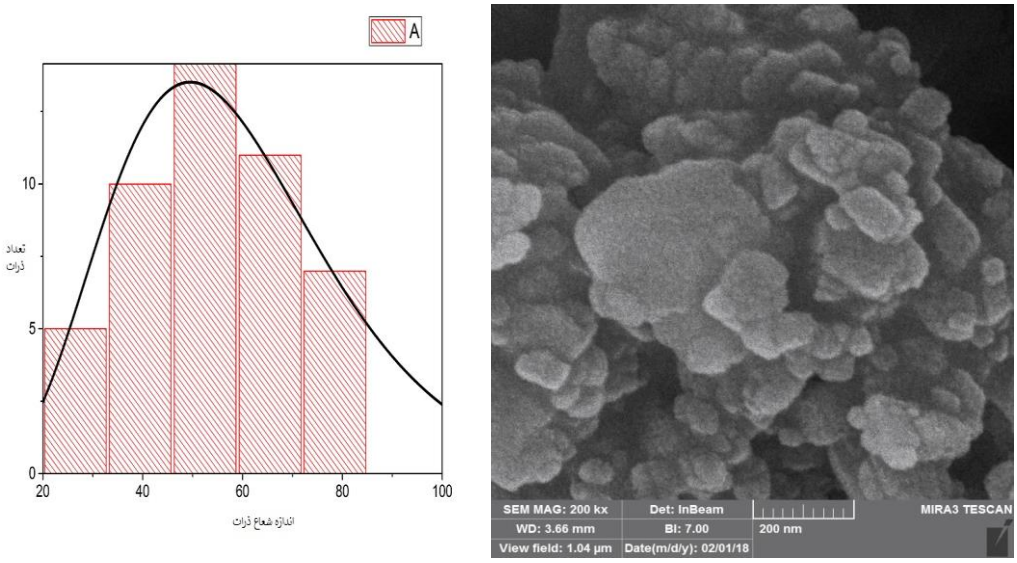
شکل۶: نتایج حاصل از SEM برای کلسیم کربنات بدون میدان مغناطیسی در مقیاس (۲۰۰نانومتر)

هیستوگرام رسم شده برای شکل ۶نشان می دهد که ماکسیمم اندازه شعاع ذرات برای کلسیم کربنات بدون میدان مغناطیسی تقریبا ۴۵ نانومتر می باشد.



شکل۷: نتایج حاصل از SEM برای کلسیم کربنات تحت تاثیر یک همزن مغناطیسی در مقیاس(۲۰۰نانومتر)

هیستوگرام رسم شده برای شکل ۷، ماکسیمم اندازه شعاع ذرات را در حدود ۵۰ نانومتر نشان می دهد.



شکل۸: نتایج حاصل از SEM برای کلسیم کربنات تحت تاثیر دو همزن یون مغناطیس در مقیاس(۲۰۰نانومتر)

هیستوگرام رسم شده برای شکل ۸ نشان می دهد که ماکسیمم اندازه شعاع نانو ذرات ۵۰ نانومتر می باشد.

نتیجه گیری و بحث

در این پژوهش رشد دانه های کلسیتی تحت تاثیر میدان های ناشی از یک همزن یون مغناطیسی و دو همزن یون مغناطیسی بررسی شد. مشاهده می شود که رشد دانه ها تحت تاثیر میدان مغناطیسی با دو همزن سریع تر از یک همزن و همچنین سریع تر از حالت بدون میدان مغناطیس است. پس می توان نتیجه گرفت طول مسیر آب در میدان مغناطیسی یعنی حالتی که ذره درداخل میدان مغناطیسی زمان بیشتری طول می کشد تا از درون میدان خارج شود تاثیر بیشتری بر رشد دانه ها دارد. آنالیزهای XRD هم نشان می دهند که افزایش طول مسیر میدان مغناطیسی بر رشد دانه ها نسبت به حالت شاهد ۹ درصد بیشتر بوده است.

مراجع

1. Vermeiren, T., *Magnetic treatment of liquids for scale and corrosion prevention.* Anti-Corrosion Methods and Materials, 1958. **5**(7): p. 215-219.
2. Grutsch, J., *USA/USSR symposium of physical mechanical treatment of wastewaters.* EPA, Cincinnati, 1977. **44**.
3. Grutsch, J.F. and J.W. McClintock, *Corrosion and deposit control in alkaline cooling water using magnetic water treatment at AMOCO's largest refinery.* Corrosion84, 1984: p. 1984.
4. Donaldson, J., *Magnetic treatment of fluids--preventing scale.* Finishing, 1988. **12**(1): p. 22.
5. Kobe, S., S. Novak, and M. Vedenik-Novak. *The influence of impurity elements and magnetic fields on the crystallisation form of calcium carbonate*. in *Proceedings of an International Conference on Mitigation of Heat Exchanger Fouling and Its Economic and Environmental Implications: Banff Centre for Conferences, Banff, Alb., Canada*. 1999.
6. Coetzee, P., et al., *Scale reduction and scale modification effects induced by Zn and other metal species in physical water treatment.* WATER SA-PRETORIA-, 1998. **24**: p. 77-84.
7. Szkatula, A., M. Balanda, and M. Kopeć, *Magnetic treatment of industrial water. Silica activation.* The European Physical Journal-Applied Physics, 2002. **18**(1): p. 41-49.
8. Madsen, H.L., *Influence of magnetic field on the precipitation of some inorganic salts.* Journal of Crystal Growth, 1995. **152**(1-2): p. 94-100.
9. Sørensen, J.S. and H.E.L. Madsen, *The influence of magnetism on precipitation of calcium phosphate.* Journal of crystal growth, 2000. **216**(1-4): p. 399-406.
10. Liburkin, V., B. Kondrat'ev, and T. Pavlyukova, *Action of magnetic treatment of water on the structure formation of gypsum.* Glass and Ceramics, 1986. **43**(3): p. 116-119.
11. Newman, J.R. and R.C. Watson, *Preliminary observations on the control of algal growth by magnetic treatment of water*, in *Biology, Ecology and Management of Aquatic Plants*. 1999, Springer. p. 319-322.

12. Petruska, J.A. and J.V. Perumpral, *High Gradient Magnetic Separation: A Potential Treatment for Food Processing Wastewater.* Transactions of the ASAE, 1978. **21**(5): p. 993-0996.
13. Lipus, L.C., B. Ačko, and B. Neral, *Influence of magnetic water treatment on fabrics' characteristics.* Journal of Cleaner Production, 2013. **52**: p. 374-379.
14. Coey, J. and S. Cass, *Magnetic water treatment.* Journal of Magnetism and Magnetic materials, 2000. **209**(1-3): p. 71-74.
15. Bogatin, J., et al., *Magnetic treatment of irrigation water: experimental results and application conditions.* Environmental science & technology, 1999. **33**(8): p. 1280-1285.
16. Chibowski, E., L. Hołysz, and A. Szcześ, *Adhesion of in situ precipitated calcium carbonate in the presence and absence of magnetic field in quiescent conditions on different solid surfaces.* Water Research, 2003. **37**(19): p. 4685-4692.
17. Spiegler, K.S., *Principles of desalination*. 2012: Elsevier.
18. Sohaili, J., et al., *Removal of scale deposition on pipe walls by using magnetic field treatment and the effects of magnetic strength.* Journal of cleaner production, 2016. **139**: p. 1393-1399.
19. Ghanati, F., et al., *Change of growth pattern, metabolism, and quality and quantity of maize plants after irrigation with magnetically treated water.* Electromagnetic biology and medicine, 2015. **34**(3): p. 211-215.
20. Seyfi, A., R. Afzalzadeh, and A. Hajnorouzi, *Increase in water evaporation rate with increase in static magnetic field perpendicular to water-air interface.* Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 2017. **120**: p. 195-200.