



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

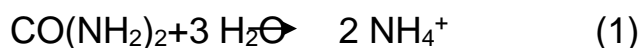
عوامل موثر بر کارایی رسوبات کلسیت میکروبی

چکیده: رسوبات کلسیت میکروبی (MICP) با استفاده از باکتری اروه ای نشان دهنده تعهد در حوزه مهندسی ژنوتکنیکی برای کاربردهای مختلف از جمله ارتقاء و کنترل آبهای زمینی می باشد این تحقیق استفاده بهینه و کنترل موثر اس. پاستوری را برای حفظ و بازده موثر بر کارایی شیمیایی انجام شده است براساس نتایج آزمایشات ، زمان بهینه برای فرآیند رسوب گیری در محیط منفذدار برای تراکم خاص باکتری تعیین می شود . نتایج نشان می دهد که برای مقادیر پایین تر از یک سطح خاص اوره و میزان رسوب تحت تاثیر غلظت محلول مایع قرار نمی گیرد . به هر حال ، الگوی رسوب گیری برای حفره ها تحت تاثیر غلظت قرار می گیرد بررسی تصاویر میکروسکوپی الکترون از نمونه های مختلف با غلظت های مختلف نشان می دهد که برای رسوبات مشابه ، استفاده از غلظت کمتر مواد شیمیایی منجر به پراکندگی بهتر رسوب کلسیت در سطوح کمتر می شود این تفاوت در الگوی رسوب بر MICP در کاربرد های مختلف تاثیر می گذارد .

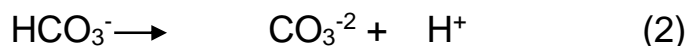
لغات کلیدی: تثبیت خاک ، بررسی خاک ، بررسی شیمیایی ، رسوب گیری ، میکروب ها ، ویژگیهای خاک

مقدمه

علاقه به استفاده تکنولوژی های زیستی در مهندسی زیست فناوری در طول سالهای گذشته افزایش یافته است . یکی از فناوریهای که مفید بوده است ، استفاده از فعالیت زیستی در سیمان های شنی از طریق رسوب کربنات کلسیم با نام MICP است . متداول ترین نوع MICP تشکیل رسوب غیر فعال است که در آن PH سیستم در نتیجه فعالیت باکتری تغییر می کند و یون های کربنات تولید می شود و سپس رسوب شیمیایی $CoCo_3$ در داخل فضای حفره در صورت وجود یون کلسیم شکل می گیرد . گونه های خاص باکتری می توانند آنزیم اوره تولید کنند که عامل افزایش PH سیستم و تولید یون کربنات است . این فرآیند با هیدرولیز اوره شروع می شود .



وقتی PH بالای 8/3 است ، کربنات کلسیم با افزایش و رسیدن به 9 رسوب می کند . به طوری که رسوب با کم کردن PH به وضعیت خنثی می رسد به هر حال ، PH نهایی محلول بستگی به سرعت واکنش و غلظت ماده دارد



فرآیند MICP زمانی 100 درصد موثر است که تمام اوره توسط باکتری هیدرولیز شود و کربنات تولید شود و رسوب کلسیم هم با حجم هدف موجود باشد . بنابراین ، کارایی شیمیایی 100 درصد اطمینان از کارایی 100 درصد فرآیند را به همراه ندارد مگر اینکه رسوب در موقعیت هدف اتفاق بیفتد .

اس پاستوری یک گونه باکتری است که معروف به تولید اوره و هیدرولیز کردن اوره برای شکل دادن یون های آمونیاوی کربنات است و بنابراین در این تحقیق استفاده شده است . گونه های باسیل هم معروف به دارا بودن ماهیت ویژه و مقاومت در برابر مواد شیمیایی و فیزیکی هستند که استفاده از آنها را در محیط های آزاد فراهم می آورد . یک تحقیق که توسط اسکاتز – فیشر انجام شد از تحقیقات اولیه است که انرژی جنبشی فرآیند های میکروبی و تاثیر عوامل مختلف مثل PH و رشد باکتری را بر رشد رسوب بررسی کرده است تحقیقات دیگر هم با استفاده از یک باکتری دیگر با نام پ سودوموناس دینتر یفیکان انجام شده اند و دارای ویژگی تقویت خاک می باشند و رسوب کلیت را سبب می شوند . به هر حال ، علیرغم اینکه این فرآیند موفق بوده است ، بعضی از مواد ارگانیک مورد استفاده در این فرآیند حلالیت کمتری از اوره در فرآیند هیدرولیز دارند که یک چالش اصلی در استفاده از این مواد با MICP است . عوامل متعدد در استفاده و کنترل فرآیند MICP در کاربردهای حوزه ای موثر هستند که از جمله آنها می توان غلظت مواد شیمیایی و روشهای ورود باکتری و موقعیت تحقیق را نام برد . برای مثال ، حفاری در موقعیت های نزدیک به نقاط تزریق مواد غذایی نباید استفاده شوند که خود مسئله مهمی از لحاظ استفاده از فرآیند است . و یقین در سال 2007 آزمایشی را انجام داد که در آن واکنشگرهای شیمیایی و باکتری در یک لوله با بلندی 5 متر استفاده شدند و سرعت تزریق هم 350 میلی لیتر در ساعت بود . هارکز و همکارانش هم بیان کردند که

تزریق باکتری می تواند بعد از ملات سازی با گسترش یکنواخت فعالیت باکتری و رسوب کلسیت انجام شود . همچنین هارکز و همکارانش بیان کردند که شوری محلول تزریق باکتری تاثیر زیادی بر بقای باکتری در خاک دارد . در همان تحقیق ، با استفاده از 5٪ مول محلول $CaCl_2$ جذب مشابه سلول باکتری مشاهده شده است در حالیکه استفاده از محلول با شوری کمتر آب شیرین منجر به انتقال این سلولها می شود . وان پاسن و همکارانش با استفاده از این تکنیک ، بیان کردند که استفاده از مواد زیست دوغابی در شرایط متداول کاربردی است .

رسوب گیری $CaCO_3$ با تراکم مواد شیمیایی بیشتر و تزریق آنها به خاک اتفاق می افتد و موثرترین شرایط زمانی اتفاق می افتد که تمام مواد شیمیایی به صورت کربنات کلسیم رسوب کنند . هدف این تحقیق یافتن یک شیوه تحویل ماده است آزمایشات انجام شده درصد بررسی تاثیر عوامل مختلف از جمله غلظت مواد شیمیایی و زمان بقا بر کارایی مواد شیمیایی می باشد . نتایج به صورت بازده موثر و میزان استفاده از اوره طبیعی سازی گردیده اند به طوری که کارایی مواد شیمیایی در فرآیند MICP یا غلظت های مختلف ملات ثابت می باشد . براساس نتایج ، پیشنهاداتی برای رسیدن به کارایی زیاد محصول داده شده است .

مواد و روشها

محلول و رشد باکتری

اس پاستوری به علت توانایی زیاد برای ترکتب اوره در این تحقیق مورد استفاده قرار می گیرد . سلول های به دست آمده از مواد زیستی ATCC که در ATCC 1376 و محلول $NH_4 - YE$ رشد می یابند و در دمای 30 درجه تلقین می شوند مورد استفاده قرار می گیرند . تمام ترکیبات در آزمایشگاه ها درجه بندی می شوند و مودت شیمیایی به دست آمده از تست فیشر در دمای 121 درجه . به مدت 25 دقیقه قبل از ترکیب استریل می شوند . بعد از رشد صفحه ای ، باکتری ها برداشت شده و در مایع $NH_4 - YE$ تلقیح می شوند به طوریکه 24 تا 28 ساعت با سرعت اوره سازی 1:5 با غلظت 600 نانومتر آماده می شوند . بطری های بدون باکتری همیشه در شرایط یکسان آماده می شوند به طوریکه نمونه های کنترل شده برای کنترل آلودگی و اطمینان از رشد فقط اس پاستوری می باشد .

این تراکم از این جهت استفاده می شود که اطمینان از فعالیت اوره را به همراه دارد .
از این رو استاک - فیشر در سال 1999 بیان کردند که سرعت خاص تولید آمونیوم با افزایش غلظت سلول کاهش می یابد . در این تحقیق ، سرعت هیدرولیز اوره با استفاده از رسانایی الکتریکی در مراحل مختلف قبل از ورود باکتری به نمونه ها انجام می شود که مقدار سرعت 5 تا 20 میلی میکرون اوره است .

آماده سازی محلول اولیه

محلول اوره و CaCl_2 در تزریقات در تمام آزمایشات استفاده می شوند . سلول ها در یک مایع $\text{NH}_4 - \text{YE}$ رشد داده شده و با محلول نمکی شستشو داده می شوند و در محلول اوره CaCl_2 معلق می گردند . این کار با افزودن PBS به میزان 3 تا 5 میلی لیتر در 50 میلی لیتر محلول انجام می شود که با سرعت 3000 دور در دقیقه به مدت 20 دقیقه دو یا سه مرتبه سانترفیوژ می شوند تا مواد زاید حذف شود و مواد معلق مفهومی شوند در حالیکه غلظت باکتری در لوله آزمایش ثابت نگه داشته می شود . محلول شستشو داده شده دارای باکتری می باشد و این محلول با محلول تزریق ترکیب می شود و به داخل نمونه های خاک تزریق می شوند . برای نمونه های بزرگتر که در آن پمپ تزریق استفاده می شود زمان طولانی تر مورد نیاز است و باکتری ها با محلول دارای مواد تغذیه ای - کلرید آمونیوم و بی کربنات سدیم در شرایط عدم وجود اوره و CaCl_2 برای تزریق اولیه ترکیب می شوند .
اوره هم به عنوان منبع انرژی و آمونیوم برای فرآیند هیدرولیز و CaCl_2 هم به عنوان منبع کلسیم مورد استفاده قرار می گیرند . محلول مایع برای تست دارای 3 گرم محلول تغذیه و 10 گرم NH_4Cl و 2/12 گرم NaHCO_3 در هر لیتر آب بدون یون جهت تثبیت PH محلول قبل از تزریقات است . حجم کلی ورود مایع در آزمایشات مختلف براساس محاسبات شیمیایی و میزان رسوب مشخص می شود غلظت های مختلف برای CaCl_4 و اوره در محلول برای بررسی تاثیر غلظت شیمیایی بر الگوی رسوب تعیین می شوند .

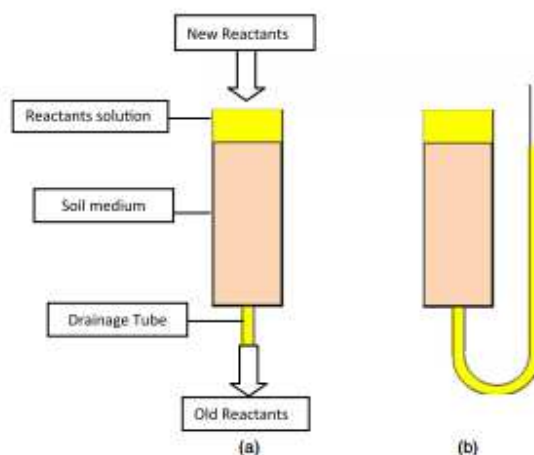
نوع و میزان خاک

برای اطمینان از وجود نتایج بهینه ، ذرات شنی با اندازه 90 تا 300 میکرومتر برای تمام آزمایشات استفاده شدند .
ربتا - لانصا در سال 2007 پی بردند که اندازه های بهینه برای فرآیند ملات سازی بین 50 و 400 میکرومتر است

زیرا فعالیت باکتری نمی تواند برای ذرات کوچکتر اتفاق بیفتد و اندازه های بزرگتر می توانند مقاومت و سختی خاک ها را افزایش دهند . شن های سیلیکا با دو اندازه مختلف مورد استفاده قرار می گیرند .

مواد و شرایط تحقیق

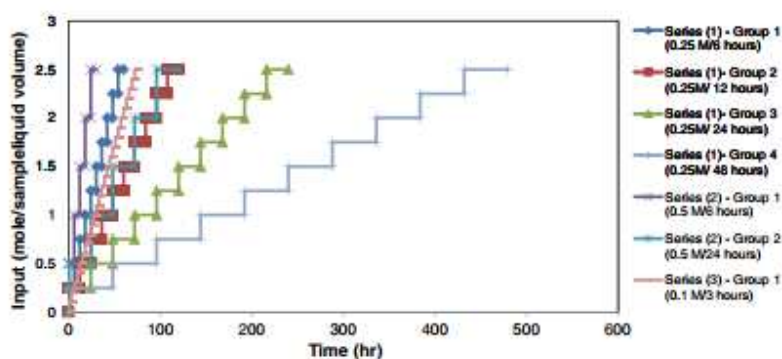
سرنگ های پلاستیکی با حجم 100 میلی لیتر به عنوان ستون آزمایش خاک استفاده می شوند که در شکل 1 خم نشان داده شده اند . این سرنگ ها با شن پر شده اند و به لوله های پلاستیکی در انتهای سیستم زهکشی متصل هستند ، به طوری که شن ها در شرایط وجود محلول باکتریایی بسته بندی می شوند . جذب این مواد 37٪ برای شنهای D و 44٪ برای شن های E می باشند میزان ورودی موثر در محلول مایع اوره - CaCl_2 برای غلظت مولی داده شده متغیر است و همچنین موضوع باعث می شود تا زمان های مختلف برای واکنش نیاز باشد . تزریق با افزودن مایع جدید به بالای مرز خاک انجام می شود (شکل 1a) در طول مرحله حفظ خاک ، شن با یک مایع نگه داری می شود (شکل 1b) تا اطمینان ایجاد شود که در تمامی زمان ها اشباع شده است و کاهش تخریب صورت مرتب کنترل می شود بعد از یک زمان از پیش تعیین شده ، حجم مایع در نمونه ها با یک زمان دیگر جایگزین می شود . این فرآیند تزریق چندین مرتبه انجام می شود تا حجم خاصی از مایع در نمونه وارد شود .



شکل 1: شرایط انجام آزمایشات رسوب گیری

زمان نگهداری و غلظت های مواد شیمیایی

تمام تزریقات براساس محاسبات شیمیایی محاسبه شده و قبل از شروع تست مشخص می شوند . میزان مواد شیمیایی تزریق شده به داخل نمونه ها بستگی به میزان ملات مورد نیاز دارد . برای مثال ، برای تولید اموال CaCO_3 و مقدار اموال اوره مورد نیاز است چندین ترکیب برای تعیین تاثیر غلظت مواد شیمیایی و زمان نگهداری واکشرها بر کارایی MICP بررسی شده اند . براساس آزمایشات اولیه ، مشخص شد که نمونه های دارای رسوب 130 کیلو گرم CaCO_3 در صورت رسوب CaCO_3 است . در سری دوم آزمایشات ، غلظت مواد شیمیایی ورودی تا 5٪ مدل افزایش می یابد تا تاثیرات غلظت مواد شیمیایی بر کارایی مواد بررسی شود دو بازه زمانی مختلف 6 تا 24 ساعت هم برای بررسی تاثیر ورودی مواد بر کارایی شیمیایی مطرح شده اند . سری تزریقی در هر دو آزمایش در شکل 2 نشان داده شده اند . شیب خطوط به عنوان سرعت ورودی واکشرها تعریف می شوند



شکل 2: الگوی داده های آزمایش شده



شکل 3 : نمونه سیمان شده بعد از 3 روز 100 kg/m^3

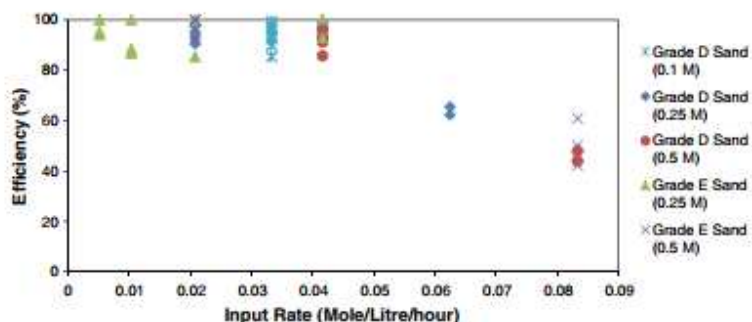
سری سوم آزمایشات هم با استفاده از غلظت ورودی اوره CaCl_2 و 5٪ مول محلول در زمان 3 ساعت انجام می شوند در مجموع ، بیش از 8 نمونه آزمایش می شود و دو یا چند نقطه اطلاعاتی برای هر ترکیب به دست می آید .

روش انجام آزمایش

آزمایشات به صورت زیر انجام می شوند . محلول مایع خشک شده و خاک با آب بدون یون شستشو می شود یا مواد اضافی آن حذف شود . سپس نمونه ها در داخل اجاق خشک می شوند تا گونه های سخت جدا شوند . نمونه های دارای رسوبات زیاد کلسیت در شکل 3 نشان داده شده اند . ملات گیری در تمام نمونه ها پخش می شود . این کار در تمام نمونه ها مشاهده شده و با اندازه گیری وزن های مختلف CaCO_3 برای دو بخش ادامه می یابد . برای بسیاری از نمونه ها شکستن ملات با استفاده از HCL دشوار می باشد .

وزن گونه های خشک ثبت می شود . اگرچه اندازه گیری مقدار CO_2 آزاد شده با افزودن اسید ممکن است ، اما در این تحقیق ، اختلاف وزن ها مطرح شده اند . کارایی MCP هم به صورت نسبت حجم رسوب به حجم به دست آمده براساس محاسبات شیمیایی و با در نظر گرفتن حجم کلی مواد به دست می آید .

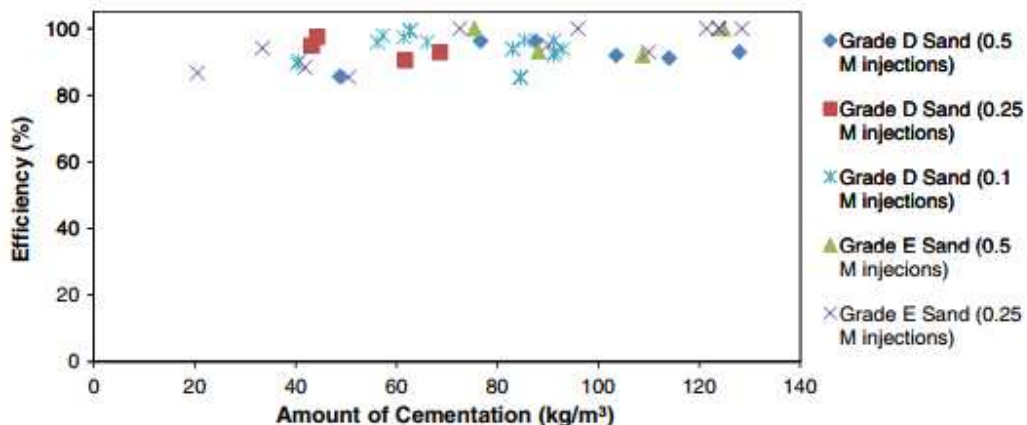
دو نمونه کنترلی در تست مطرح می شوند. برای نمونه اول، واکنشگرهای شیمیایی بدون باکتری به داخل نمونه تزریق می شوند و رسوبات غیر مهم CaCO_3 در نمونه ها در پایان آزمایش به دست می آید. در نمونه دوم، آب بدون یون همزمان تزریق می شود. با افزودن HCl تغییری در وزن حاصل نمی شود.



شکل 4: کارایی واکنشگرها برای نسبت های مختلف داده ها

بررسی میکروسکوپی الکترون

میکروسکوپ بررسی الکترون JEOI JSM 5800 LV برای نمونه ها مورد استفاده قرار می گیرند. به بعضی از نمونه ها پوشش پلاتیوم یا کربن با استفاده از دستگاه K550 امیت داده می شود تا مناسب ترین روش تصویر برداری برای شناسایی الگوی رسوب استفاده شود. مشخص شده است که تکنیک شناسایی پراکنش مناسب ترین روش برای تصویربرداری می باشد. آنالیز کمی ساختار شیمیایی نمونه ها هم با استفاده از دستگاه آنالیز اشعه ایکس در ولتاژ 15 کیلو وات انجام می شود. این کار برای تایید کریستال های مشاهده در تصاویر انجام می شود و وجود عناصر دیگر در نمونه ها بعد از فرآیند رسوب گیری مشخص می شوند. فراوان ترین مواد هم $\text{CaCO}_3 - \text{SiO}_2$ می باشند.



شکل 5: کارایی واکنشگرها برای مراحل مختلف سیمان شدن

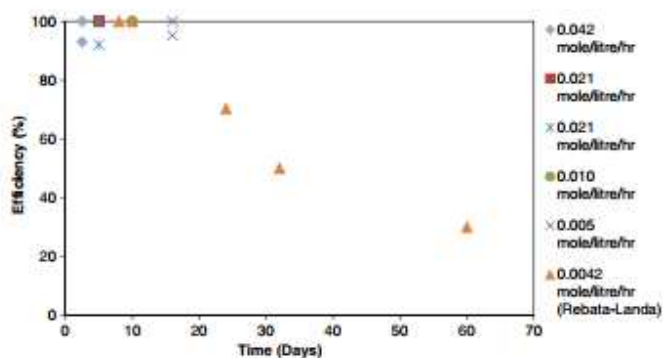
نتایج و بحث

کارایی واکنشگرها و جریان ورودی

شکل 4 نشان دهنده تاثیر میزان ورودی واکنشگرها بر کارایی مواد شیمیایی در فرآیند است. برای غلظت های آزمایش شده مواد شیمیایی، بیشترین مقدار ورودی و CaCl_2 برابر 42٪ مول بر لیتر در ساعت است در حالیکه حفظ کارایی شیمیایی در کمتر از 90٪ اتفاق می افتد این کارایی برای مقدار ورودی 84٪ مول / لیتر / ساعت به 50٪ کاهش می یابد ثباتی در آزمایش باشد. تفاوت نوع خاک بین حجم D و E تاثیر زیادی بر نتایج نمی گذارد. با وجود زمان کافی برای تزریق و واکنش، نمونه هایی که در مراحل مختلف ملات گیری ایجاد می شوند دارای کارایی ثابت در طول فرآیند می باشند که در شکل 5 هم نشان داده شده است. همچنین تفاوت در غلظت مواد شیمیایی باعث ایجاد تفاوت در کارایی نهایی نمی شود. به هر حال، مشخص شده است که برای رسوبات خاص، الگوی رسوب گیری در خاک با توجه به غلظت اوره - CaCl_2 متفاوت می باشد که در بخش های بعد مورد بحث قرار می گیرد. نسبت ورودی در بعضی از آزمایشات منتشر شده در جدول 1 نشان داده شده است این مقادیر کمتر از حد پایین 42٪ در این تحقیق هستند. مورد مربوط به کمترین غلظت 1٪ مول برای تولید ملات زیاد گزارش شده است در حالیکه بالاترین غلظت 1/1 مول کارایی مشابه به اندازه های این تحقیق دارد اطلاعات تولید شده در این تحقیق و جدول 1 بیانگر حد بال و نسبت ورودی برای رسیدن به کارایی واکنش می باشند. حد پایین از طریق

فعالیت باکتری کنترل می شود. در این تحقیق، تراکم باکتری 8٪ تا 1/2 استفاده شده است و محلول های باکتری 48 ساعت بعد از رسوب گرفته شده اند استفاده از تراکم ثابت الطمینان از فعالیت باکتری را به همراه دارند. علیرغم وجود تفاوت در نسبت ورودی برای هیدرولیز اوره قبل از ورود نمونه ها، فعالیت باکتری بر نتایج تأییری نداشته است.

آزمایشات انجام شده توسط رتبا - لاندادر سال 2007 بیان می کند که رسوب بعد از یک دوره زمانی خاص بسیار قابل توجه نخواهد بود و فعالیت باکتری بعد از یک مدت شروع به افت می کند و این مورد 16 روز بعد از رسیدن نسبت اوره - CaCl_2 به 42٪ مول مشاهده می شود. رتبا - لاندادر سال 2007 گزارش کرده است که فعالیت باکتری بین 16 و 32 روز کاهش می یابد که در شکل 6 هم نشان داده شده است. وان پیسن در سال 2009 گزارش داد که فعالیت باکتری بین 5 و 20 روز اتفاق می افتد. پس تزریق یک باکتری دیگر در 15 مول به مدت 20 روز ثابت می ماند. بررسی این کاهش می تواند یک محدودیت هیدرولیکی باشد و این دلیل توسط وان پیسن به عنوان دلیل کاهش فعالیت باکتری گزارش شده است. دلیل دیگر می تواند محدودیت فضایی در اشباع مایع باشد. اگرچه استاکز - فیشر در سال 1999 گزارش کردند که اوره در طول مدت متراکم سازی ضایعات فعال است این مطلب به نوبه خود باعث کاهش پیوند مواد می شود.



شکل 6. کاهش در فعالیت باکتری همراه با زمان برای داده های مختلف

معیار بندی

برای تایید اینکه مرزهای بدست آمده از تست های قبلی می توانند برای معیار های بزرگ استفاده شوند ، تست های بیشتر در ظرف های یک لیتری انجام شد که از شرایط و موقعیت آزمایش استفاده شد و یک پمپ پری استالیک برای تزریق مواد شیمیایی به کار گرفته شد . فشار 20 کیلو پاسکال و غلظت اوره نیم مول به کار برده شد . تزریق ها در سرعت 10 مول در دقیقه انجام شدند و مواد واکنشی 12 ساعت واکنش دادند تزریقات شیمیایی از کف نمونه ها و بعد از متراکم سازی محلول باکتری در اول تست انجام شدند . میانگین کارایی برای بیش از 20 نمونه 90٪ است . به علاوه ، نسبت ورودی 42٪ هم برای نمونه های 10 لیتر درزاین مطرح شد که در نهایت کارایی 80٪ به دست آمد . وقتی MICP برای کاربردهای عظیم استفاده می شود ، عوامل زیادی باید در نظر گرفته شود که از جمله آنها می توان تزریق باکتری و ذرات خاک و حجم آزمایشی را نام برد که قبلا توسط هارکز بررسی شده است . به علاوه ، زمان آزمایش در چنین معیارهایی به دو بخش تقسیم می شود . بخش اول زمان تحویل مواد واکنشی به منطقه حذف است و بخش دوم زمان مورد نیاز برای حفظ رسوب مواد است زمان تحویل بستگی به شرایط منطقه از جمله موقعیت چاه – جریان آب های زمینی یا هزینه های پمپاژ دارد و می تواند تحت تاثیر میزان بازده آزمایشات برای خاک و شرایط باکتری داده شده به دست آمد . چون زمان کلی نباید بیش از 16 روز باشد پس استفاده از محلول غلیظ منجر به زمان کوتاه تر فعالیت و ایجاد رسوب کلسیت می شود . دلیل این مطلب هم یکسان بودن زمان حفظ است که می تواند با افزایش تعداد تزریق ها افزایش یابد . به هر حال ، تاثیر غلظت مایع بر الگوی رسوب لکسیت باید بررسی شود . در بعضی از موارد فعالیت باکتری و سرعت هیدرولیز بالاتر از مقدار استفاده شده در این تحقیق است . با این حال ، این مطلب ضرورتا به این معنی نیست که کارایی بالاتر فرآیند به دلیل سرعت بیشتر ورودی است . فعالیت های زیاد اوره می تواند منجر به رسوب اولیه شود که توسط پاسن در یال 2009 و الفبانی در سال 2011 مطرح شده است این تفاوت می تواند منجر به کاهش کارایی فرآیند شود . در این تحقیق ، نسبت بهینه کارایی اطمینان از هیدرولیز باکتری و رسوب $CaCO_3$ را به دنبال دارد .

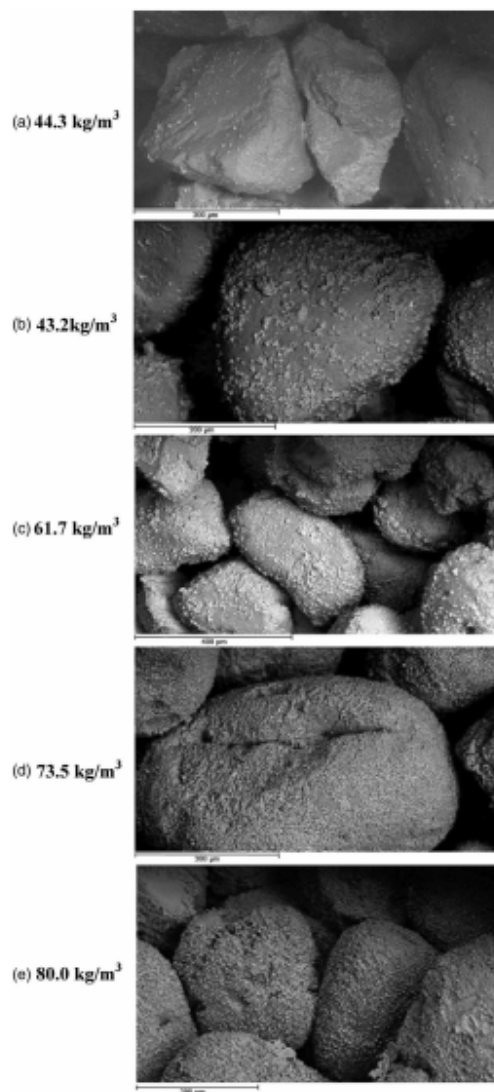
تاثیر غلظت مایع

این نتایج براساس نتایج استفاده از 25٪ و 5٪ مول می باشند . در طول مدت انجام آزمایش نمونه های دارای غلظت بالاتر و تزریقات کمتر گونه های سخت تری را تولید کرده اند این مطالب دلالت بر این دارد که غلظت مواد ورودی بر الگوی رسوب تاثیر می گذارد . نویسندگان این مورد را با تصویر برداری SEM از نمونه ها انجام می دهند.

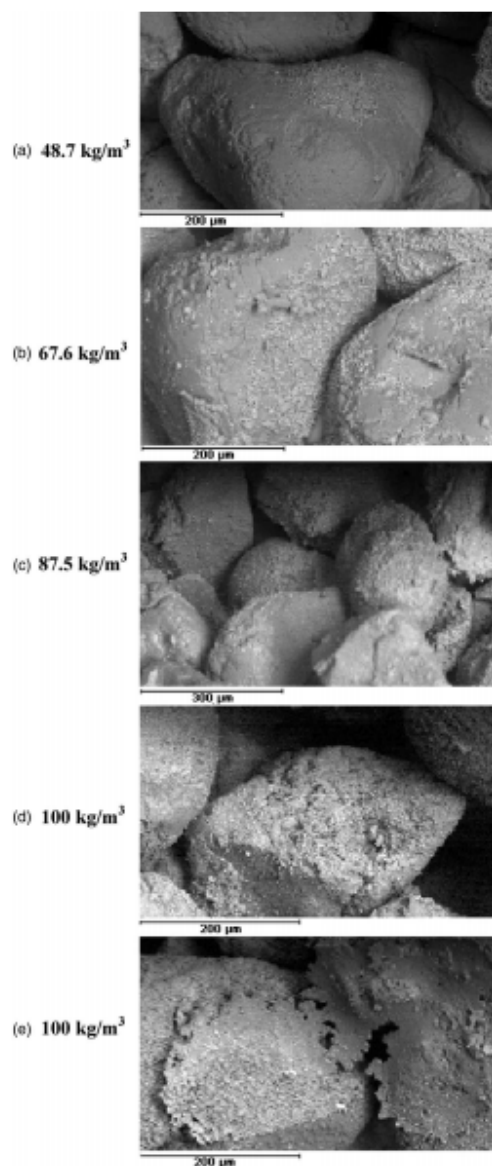
میکروسکوپی الکترون هم برای دوسری از نمونه ها انجام می شود سری اول تزریق با غلظت 5٪ مول در هر 12 ساعت است و در سری دوم تزریق 25٪ مول در هر 6 ساعت است . حجم کلی تزریق ها متغیر است شکل های 7 و 8 هم رشد کریستال CaCO_3 را در دو سری نشان می دهد برای اطمینان از واقعی بودن تصاویر چند مرتبه این کار انجام می شود . در شکل 9 ، تصویر نمونه های غلظت اموال رسوب 70 کیلو گرم را نشان می دهند .

علیرغم شباهت آشکار بین نمونه ها به غلظت های مختلف ، مشخص است که پراکندگی ملات در معیار های مختلف می باشد آزمایش مواد با غلظت کم منجر به پراکندگی یکنواخت رسوب کلسیت در ملات می شود که در شکل 7 نشان داده شده است . در رسوبات کم ، کریستال در تمام خاک وجود دارد زیرا در سطح اتفاق می افتد . این عامل با افزایش رسوب شفاف تر است به طوریکه کریستال های بیشتری مشاهده می شوند .

وقتی که آزمایش با غلظت متوسط انجام می شود (0.5 مول) ، پراکندگی تصادفی تری مشاهده می شود که در شکل 8 هم نشان داده شده است. این عدم یکنواختی برای رسوبات کمتر مشهود است . با تراکم کلسیت های بیشتر ، الگوهای رسوب تصادفی تر می شوند. برای رسوبات داده شده ، بعضی از نمونه ها نشان دهنده الگوی واحد هستند (شکل 8d) در حالیکه نمونه های دیگر پراکندگی نسبتا کمتری از کریستال CaCO_3 را نشان می دهند (شکل 8e)

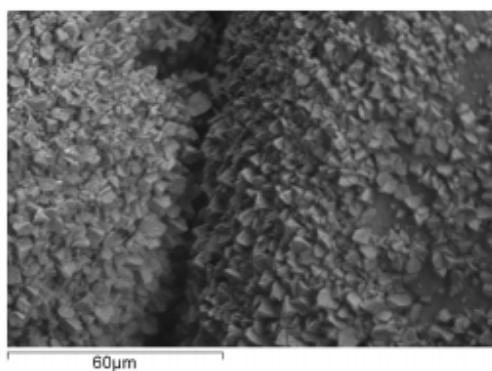


شکل 7: تصاویر SEM برای سری 1: 0:25 M/6 h

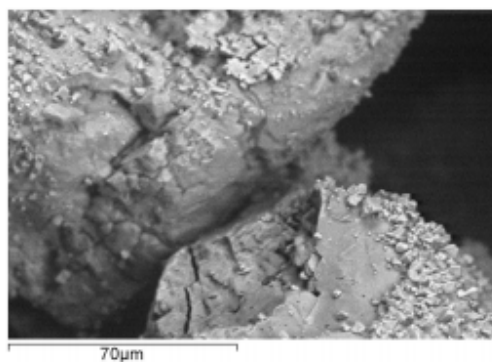


شکل 8. تصاویر SE برای سری 2: 0:5 M/12 h

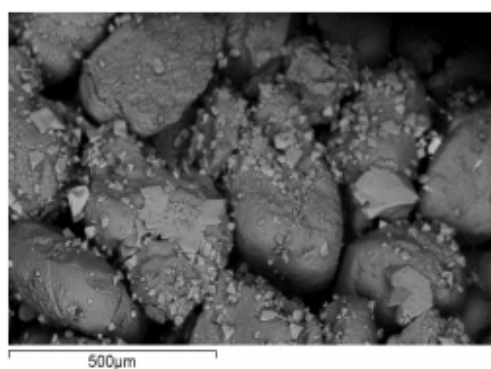
شکل های 9 و 10 نشان دهنده تفاوت های به دست آمده بین آزمایش با غلظت 0.25 . 0.5 مول در نقاط تماس ذرات دارند. برای آزمایش با غلظت 0.25 مول ، (شکل 9) کریستال های کلسیت ذرات هم اندازه بیشتری دارند و به خوبی پراکنده شده اند. در آزمایشات با غلظت 0.5 مول ، (شکل 10) کریستال ها از نظر مکانی به خوبی گسترده نشده اند و دارای اندازه های مختلف هستند (به طوری که در بعضی از مناطق ، رسوب جمع شده در کریستال های کلسیت منجر به ایجاد کریستال های بزرگتر می شوند)



شکل 9. نقطه تماس ذره برای آزمایش 0.25 مول (100 kg/m³)



شکل 10. نقطه تماس ذره برای آزمایش 0.5 مول (100 kg/m³)



شکل 11. تصویر SEM برای نمونه 1 M/24 h (65 kg/m³)

وقتی که بررسی برای غلظت های زیاد انجام می شود ، الگوی رسوب گیری یکنواختی کمتری با توجه به اندازه ذرات دارد که در شکل 11 هم نشان داده شده است. این الگوهای مشاهده شده دلالت بر استفاده از غلظت کمتر مواد شیمیایی در تزریقات زیاد دارد که منجر به همگونی بیشتر ملات می شود.

دو مکانیزم عمدتاً برای رسوب گیری در MICP گزارش شده اند. اولین مکانیزم این است که سلول ها به عنوان مناطق خنثی برای رسوب CaCO_3 عمل می کنند. مکانیزم دوم هم هیدرولیز اوره است که PH اطراف سلول را افزایش داده و شرایط مطلوب برای ایجاد رسوب ایجاد می کند. در این تحقیق ، پراکندگی باکتری تأثیری بر الگوهای رسوب گیری در غلظت های مختلف به کار گرفته شده ندارد.

یک تشریح برای تنوع ذکر شده در پراکندگی رسوب می تواند پراکندگی ملکولهای اوره با توجه به سلول های باکتریایی باشد. در موارد وجود غلظت بیشتر برای اوره ، افزایش بیشتر در pH برای بعضی سلولهای ملکولی موجود اتفاق می افتد و بنابراین ، یک لایه ضخیم از رسوب شکل می گیرد. در مقابل ، در غلظت های کمتر ، مقادیر کمتری از رسوب کلسیت در هر تزریق مشاهده می شود و تعداد بیشتر تزریق می تواند امکان پراکندگی اوره را در سلول های باکتریایی سبب شده و منجر به پراکندگی بهتر رسوب شود.

گاندی و همکارانش در سال 1995 گزارش دادند که خنثی بودن ملکولهای جدید می تواند یک فرایند در رقابت با شکل گیری ذرات با توجه به شرایط خنثی سازی باشد. با در نظر گرفتن این نتایج ، سومانی در سال 2006 گزارش کرد که هر چه غلظت کربنات بیشتر باشد ، میانگین اندازه ذرات در رسوب بزرگتر می شود. در شرایط کم بودن غلظت کربنات ، یون های کربنات ممکن است از طریق خنثی سازی کلسی حاصل شود. چنین نتایجی بیانگر این است که برای اشباع بیشتر حاصل از فعالیت باکتری ، تمایل بیشتری برای رسوب روی کریستال ها مشاهده می شود. این نتیجه در ادامه توسط تحقیق سونیک و جکینز در سال 1980 تایید شد زیرا بیان کردند که میزان اشباع لازم برای رسوب در محلول های همگون بیشتر است. این اشباع می تواند نتیجه تولید مواد ارگانیک تولید شده توسط باکتری ها از جمله مواد پلیمری باشد که به عنوان بازدارنده کریستالی عمل می کنند.

مشاهدات انجام شده توسط سوماری و همکارانش در سال 2006 نیز می توانند بیانگر این باشند که رسوبات دارای غلظت زیاد کلسیم می تواند از تراکم کم کربنات ایجاد شود که خود می تواند منجر به رسوب کریستال های کمتر شود. به هر حال ، این مورد می تواند در ابتدا تا زمانی اتفاق بیفتد که میزان کربنات در نتیجه غلظت زیاد اوره افزایش یابد . بنابراین ، افزایش اشباع محلول منجر به تراکم رسوب در کریستال های اولیه و شکل گیری کریستال های بزرگ یا احتمالاً ترکیبی از ذرات با اندازه های مختلف می شود که برای داده های 0.5 مول نشان داده شده است (شکل های 8 و 10). برای غلظت های کمتر اوره- CaCl_2 ، میزان اشباع در چنین شرایطی افزایش مییابد که منجر به رسوب همگون مستمر در ذرات خاک می شود

به عبارت دیگر ، بعضی از تحقیقات مثل تحقیق ساندی و سالوپک ساندی در سال 2005 نشان داد که علاوه بر قوانین کلی برای رسوب ، وجود ماکروملکولهای ارگانیک مثل آنزیم ها تاثیر مستقیم بر فرایند رسوب گیری از طریق مایع دارد و رشد کریستال و یا حتی ساختار به دست آمده نیز تحت تاثیر قرار می گیرند. به علاوه، استاک فیشر و همکارانش در سال 1999 گزارش کردند که وجود سلول های میکروبی و آنزیم های اوره در اطراف سلول ها تاثیر زیادی بر میزان تولید آمونیوم و رسوب دارند. ون پاسن در سال 2009 گزارش کرده است که چگونه سرعت واکنش و ترکیب در مراحل مختلف رسوب اتفاق می افتد و بر عرضه یون های کربنات در سطح کریستال تاثیر می گذارد.

این نتایج و مشاهدات مختلف باعث شده اند تا پیش بینی الگوهای رسوب برای غلظت های شیمیایی مختلف کار دشواری گردد. به هر حال ، الگوهای رسوب مشاهده شده در این تحقیق بیان می کنند که استفاده از غلظت های بیشتر نه تنها منجر به ایجاد مواد ضخیم تر کلسیت می شوند بلکه کاهش سریعتر در فعالیت باکتری را به همراه دارند. زیرا اوره در سلول های میکروبی موجودیت زیادی ندارد. یک بحث کامل از این اختلافات در الگوهای رسوب و اندازه کریستال می تواند موضوع تحقیقات آینده باشد.

الگوی رسوب CaCO_3 می تواند تاثیر قابل توجهی بر کاربردهای ملات خها داشته باشد. این عامل بر میزان تماس بین ذرات خاک از طریق ایجاد پیوند تاثیر می گذارد و بنابراین مقاومت و سختی موارد را سبب می شود. این عامل

همچنین بر شکل/ساختار حفره ها از طریق تراکم کریستال ها تاثیر می گذارد که به نوبه خود بر ویژگیهای منفذ و محلول تاثیر می گذارد. تحقیقات بیشتر برای بررسی تاثیر الگوی رسوب بر تغییرات ویژگی های مهندسی از جمله نفوذ پذیری و مقاومت مورد نیاز است.

نتیجه گیری

شناسایی محدودیت های موجود در فرایندها از جمله فعالیت باکتری و سرعت واکنش ، امکان کنترل MICP را برای استفاده در مهندسی زیست فناوری فراهم می آورد. درک میزان تاثیر استفاده از تکنیک های مختلف یک جنبه مهم از استفاده عملی از MICP است. اگرچه اندازه گیری کمی از ویژگیهای مهندسی در مورد نمونه ها مطرح نشده است ، اما این تحقیق بیانگر اهمیت روشهای آزمایشی برای اطمینان از شرایط حوزه ای میباشد و همچنین می تواند برای کاربردهای طراحی شده مناسب باشد و بهترین نتایج احتمالی را از فرایند ارائه دهد.

فرایند رسوب گیری یک فرایند شیمیایی کنترل شده است که در آن منابع کلسیم و کربن برای رسوب موجود می باشد و امکان هیدرولیز اوره و تولید کربنات مهیا می شود. سزعت هیدرولیز اوره می تواند یک شاخص خوب از این مطلب باشد. به هر حال ، این عامل ضرورتا تعیین کننده سزعت هیدرولیز نمی باشد ، زیرا وقتی که واکنش انجام می شود چندین عامل دیگر هم مطرح می شوند که بر متغیرهای ورودی محلول تاثیر می گذارند. این تحقیق تاثیر دو متغیر مربوط به محلول بر کارایی MICP را بررسی می کند.

بررسی های آزمایشگاهی برای ترکیبات مختلف بر روی شن با استفاده از باکتری های دارای تراکم 0.8 تا 1.2 انجام شدهاند. نتایج نشان می دهند که وقتی میزان داده ها بهینه باشند، کارایی شیمیایی MICP کمتر از 0.042 در شرایط بسته حاصل می شوند. با وجود این نسبت ، غلظت اوره و CaCl_2 در ودوری می تواند 1 مول باشد که بستگی به تعداد تزریقات و میزان محلول تزریق دارد. میزان کارایی در مراحل مختلف ثابت است تا زمانی که مقدار رسوب به 130 کیلوگرم برسد. در نسبت های بالاتر برای ورودی ، کارایی کاهش می یابد زیرا برای این مقدار سرعت هیدرولیز اوره کمتر از نسبت ورودی است. در نسبت های پایین تر ورودی ، کارایی افزایش می یابد زیرا سرعت هیدرولیز اوره بیشتر از نسبت ورودی است.

اطلاعات ارائه شده در این تحقیق می توانند طراحی آزمایشات آینده و کاربردهای زمینه ای را ارتقا بخشند زیرا نسبت زیاد داده ها می تواند تولید پسماند را به همراه داشته باشد. همچنین ، علیرغم اینکه مقادیر بررسی شده در این تحقیق از یک سری تست برای کنترل زمان نگه داری مواد واکنشی به دست آمده اند ، انتظار می رود که هنوز قابل استفاده در موارد تزریق پیوسته باشند. به هر حال ، این جریان داده ها می توانند پراکندگی بهتری از ملات و همچنین کنترل زمان حفظ باکتری را سبب شوند. دلیل این عامل سرعت تزریق بالا در آزمایشات است به گونه ای که بیشترین رسوبات در طول مدت مقاومت اتفاق می افتد که در آن مواد شیمیایی به صورت یکنواخت در نمونه ها پخش می شوند.

برای داده های بهینه ، میزان رسوب تحت تاثیر غلظت محلول قرار نمی گیرد. به هر حال ، الگوی رسوب برای $CaCO_3$ در سطوح منفذ دار تحت تاثیر غلظت قرار می گیرد. در همین غلظت برای ملات ، داده های کم غلظت تر منجر به پراکندگی همگون مواد در خاک می شوند. از این رو ، ویژگی های رسوبات می تواند با توجه به زمان نگه داری ملات و غلظت محلول متغیر باشد. تحقیق بیشتر برای بررسی تاثیر الگوهای رسوب بر ویژگیهای مهندسی مورد نیاز است.

این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی