فصلنامه‌ی علمی

علم و مهندسی سرامیک

دوره‌ی ۱۰، شماره‌ی ۲، تابستان ۱۴۰۰

بررسی نقش نشاسته در یک غشای رسی ساخته‌شده به روش ریخته‌گری ژلی جهت حذف آرسنیک از آب

نوع مقاله: علمی پژوهشی

دانیال غفوری، حسین سرپولکی*، سید محمد میرکاظمی

دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه علم و صنعت ایران

*Danial74.ghafoori@gmail.com & * hsarpoolaky@iust.ac.ir & mirkazemi@iust.ac.ir*

اطلاعات مقاله:

دریافت: ۱۸ بهمن ۱۳۹۹

پذیرش: ۰۵ اردیبهشت ۱۴۰۰

صفحه ۱۲۸ تا صفحه ۱۴۰

در دسترس در نشانی:

www.ijcse.ir

زبان نشریه: فارسی

شاپا چاپی: ۲۳۵۲-۲۳۲۲

شاپا الکترونیکی:

۲۷۸۳-۳۰۰۳

کلیدواژه:

غشای رسی، نشاسته ذرت، ریخته‌گری ژلی، میکروفیلتراسیون، آرسنیک

چکیده:

در زمینه تصفیه آب استفاده از غشاهای رسی به دلیل ارزان قیمت بودن و قابلیت دسترسی آسان و همچنین دمای زینتر پایین یکی از بهترین گزینه‌ها است. در پژوهش حاضر از ترکیب کائولن سوپرزنوز، بالکلی TA و فلدسپار (۴۰:۴۵:۱۵) استفاده شد. غشاهای رسی به روش‌های مختلفی شکل داده شده است اما در این پژوهش سعی شد تا با روش ریخته‌گری ژلی که در آن از ماده غیرسمی نشاسته ذرت استفاده شده است، این غشاها شکل داده شود. بدین منظور از مقادیر مختلف نشاسته ذرت (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی) و دماهای مختلف زینتر (۱۰۵۰، ۱۱۰۰ و ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد) استفاده شد. به منظور تعیین خواص غشاهای رسی چگالی کلی و درصد تخلخل باز به عنوان معیار انتخاب غشای مناسب در نظر گرفته شد. ترکیب دارای ۱۰ درصد وزنی نشاسته از نظر درصد تخلخل باز به عنوان نمونه بهینه شناسایی شد. سپس از این نمونه برای آنالیز عبور آب (LMH) استفاده شد. این غشا تحت فشارهای ۷-۱ بار قرار گرفت و با افزایش فشار، میزان عبور آب از میان تخلخل‌های غشای رسی افزایش یافت به طوریکه در فشار ۷ بار این مقدار به ۷۴۲L/m².h رسید. تصاویر SEM به دست آمده از این غشا نشان داد که در سیستم میکروفیلتراسیون قابل استفاده است. استفاده از غشای رسی در حذف آرسنیک از آب مورد بررسی قرار گرفت که از میزان ۱۰mg/l به ۱ mg/l رسید که بازده این فرآیند ۹۰٪ به دست آمد.

کد DOR: 20.1001.1.23222352.1400.10.2.6.3

۱- مقدمه

آب آشامیدنی تمیز یکی از ملزومات اساسی زندگی هر انسانی است. با این‌حال، فرآیند صنعتی‌شدن و استفاده گسترده از مواد شیمیایی، میزان آلاینده‌های آب آشامیدنی را در کشورهای در حال توسعه یا توسعه‌یافته افزایش‌داده است. ورود مواد خطرناک به زیست‌بوم، روز به روز در حال افزایش است. مشکلاتی که در آب آشامیدنی وجود دارد شامل فلوراید، آرسنیک و مواد آلی طبیعی اضافی، فلزات

[Downloaded from ijcse.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1400.10.2.6.3]

سنگین و انواع پاتوژن‌ها است که عوامل اصلی بیماری‌های مختلف ناشی از آب هستند. از آنجایی که جلوگیری از ورود این مواد شیمیایی در منابع آب آشامیدنی امکان‌پذیر نیست؛ تنها راه برای حفظ آب آشامیدنی سالم، توسعه فناوری‌های تصفیه آب است [۱]. در میان روش‌های تصفیه آب، استفاده از روش غشایی در ابعاد وسیع صنعتی بسیار مورد توجه قرار گرفته است.در طی چند سال گذشته، استفاده از مواد اولیه ارزان‌قیمت به عنوان ماده اصلی غشای سرامیکی بسیار مورد توجه قرار گرفته‌است [۲، ۳]. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که در سراسر جهان، بیش از ۲/۵ میلیارد نفر دسترسی محدود به آب آشامیدنی تمیز دارند که عمدتاً در مناطقی هستند که از لحاظ اقتصادی توسعه کم‌تری یافته‌اند [۴]. غشاهای سرامیکیِ ارزان قیمت این امکان را دارند که از لحاظ حجمی از ظرفیت تصفیه بالایی برخوردار شوند که تأمین آب تمیز و قابل اعتماد را در مناطق فقیرنشین جهان تسهیل می‌کند [۴].

رس‌ها و به خصوص کائولن در صنعت تصفیه آب جزو غشاهای ارزان قیمت[۱] طبقه‌بندی می‌شوند. مواد ارزان‌قیمت متنوعی به عنوان جایگزین مواد مرسوم نظیر آلومینا یا زیرکونیا در صنعت تصفیه آب مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این مواد ارزان‌قیمت شامل کانی‌های طبیعی (رس‌ها، زئولیت، کوارتز و آپاتیت) یا مواد دورریز صنایع مختلف (خاکستر) می‌شوند. در نمودار دایره‌ای زیر انواع مواد ارزان قیمت و همچنین میزان استفاده از هر کدام در صنعت تصفیه آب، آورده شده است. این شکل نشان می‌دهد که انواع رس‌ها و همچنین خاکستر بادی[۲]، نقش برجسته‌ای در این زمینه دارند [۵].

غشاهای رسی یکی از گزینه‌های مطلوب برای حذف آلاینده‌های آب آشامیدنی است. یکی از معضلات موجود در جهان وجود فلزات سنگین از قبیل آرسنیک در آب آشامیدنی است. این ماده باعث بسیاری از بیماری‌های پوستی و تنفسی در انسان است و اخیراً موارد بسیاری از سرطان به علت استفاده از آب آشامیدنی آلوده به آرسنیک گزارش شده است [۴، ۶]. یکی از روش‌های جدید شکل‌دهی سرامیک‌ها روش ریخته‌گری ژلی است [۷] که می‌توان با استفاده از این روش قطعات متخلخل و متراکم را شکل داد. در دهه اخیر به منظور سمی‌بودن مواد اولیه مورد استفاده در ریخته‌گری ژلی تلاش شده از مواد غیرسمی همانند نشاسته استفاده شود. عامل ژلاسیون و ایجاد تخلخل در قطعه نهایی نشاسته ذرت است [۸].

این ماده با افزایش دما دچار انبساط شده و سرتاسر ذرات جامد را می‌پوشاند و در نهایت در محدوده دمایی ۵۵–۸۰ ^{o}C باعث تشکیل بدنه‌ای با استحکام خام بالا می شود [۹]. و در نهایت با افزایش دما تا ۶۰۰^{o}C نشاسته می سوزد و از ترکیب خارج می‌شود و جای خالی آن تخلخل را در قطعه بر جای خواهد گذاشت [۱۰].

در شکل زیر انواع رس‌های استفاده شده در صنعت تصفیه آب آورده شده است. در جدول ۱ دمای زینتر، درصد تخلخل، اندازه تخلخل و کاربرد هر کدام از رس‌ها که بر پایه کائولن است، نشان داده شده است.

[۱] Low cost membranes1

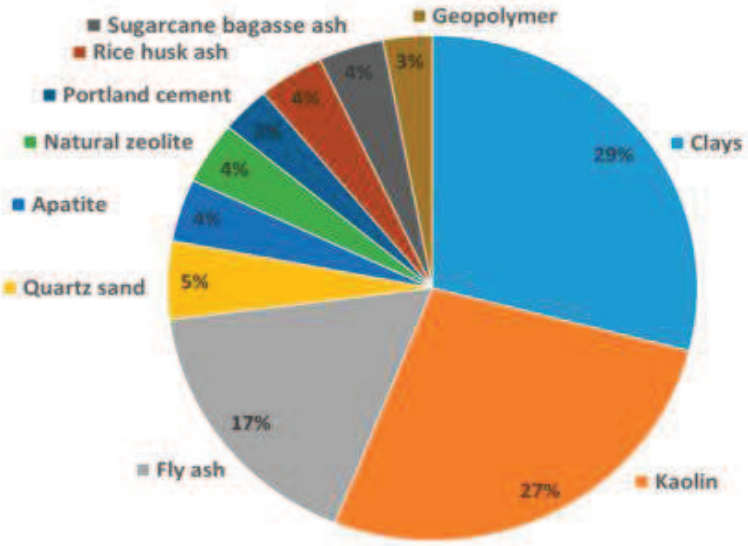
[۲] Fly ash

[Downloaded from ijcse.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1400.10.2.6.3]

جدول ۱- استفاده از کائولن و خاک‌های دیگر در ساخت غشاهای رسی

مواد ترکیب شده با کائولن	روش شکل‌دهی	دمای زینتر (°C)	درصد تخلخل (٪)	اندازه تخلخل (μm)	کاربرد
کوارتز، سدیم کربنات، کلسیم کربنات، اسید بوریک	پرس	۹۰۰	۳۵-۳۹	۰/۷۲ – ۱/۶۹	میکروفیلتراسیون [۱۱]
کوارتز، بالکلی، پیروفیلیت، فلدسپار	اکستروژن	۹۵۰	۵۳	۰/۳۱	میکروفیلتراسیون روغن از آب [۱۲]
کربنات کلسیم	اکستروژن	۱۱۵۰-۱۳۰۰	۴۲-۵۰	۴-۸	پایه غشا [۱۳]
آلومینا و آلومینیوم هیدروکسید	پرس	۱۳۰۰-۱۵۵۰	۴۶	۱/۳	پایه غشا [۱۴]
رس طبیعی موروکان، نشاسته ذرت	ریخته‌گری ژلی	۹۵۰	۳۵/۸	۲ – ۲/۴	میکروفیلتراسیون [۸]



شکل ۱- استفاده از غشاهای ارزان قیمت در صنعت تصفیه آب [۵]

۲- فعالیت‌های تجربی

۲-۱- - مواد اولیه

مواد اولیه مورد استفاده در ساخت غشای رسی متخلخل ساخته‌شده به روش ریخته‌گری ژلی عبارتست از:

۱- کائولن سوپرزنوز خام و کلسینه $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$ (مجموعاً ۴۰ درصد وزنی ترکیب خاک): پلاستیسیته کم و دیرگدازی بالا

۲- بالکلی TA خام و کلسینه $(3SiO_2Al_2O_3)$ (مجموعاً ۴۵ درصد وزنی ترکیب خاک): عامل ایجاد پلاستیسیته و استحکام خام نمونه‌ها

۳- فلدسپار پتاسیک (۱۵ درصد وزنی ترکیب خاک): به عنوان فلاکس عمل می‌کند و در دمای پایین فاز شیشه تشکیل می‌دهد.

[Downloaded from ijcse.ir on 2025-12-16]
[DOR: 20.1001.1.23222352.1400.10.2.6.3]

۴- سدیم تری پلی فسفات (5/0) (STPP درصود وزنی دوغاب): سدیم تری‌پلی‌فسفات یا STPP یک ترکیب معدنی با فرمول شیمیایی $Na_5P_3O_{10}$ است. این ماده در صنایع کاشی و سرامیک به عنوان روانساز استفاده می‌شود. در اینجا نیز از نوع صنعتی آن به عنوان روانساز استفاده شد.

۵- نشاسته ذرت طبیعی (مقادیر ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی دوغاب): در این پژوهش از نوع خوراکی آن، به عنوان عامل ژلاسیون در هنگام ریخته‌گری ژلی و عامل تخلخل در قطعه پایانی استفاده شد.

۶- آب مقطر: ۴۰ درصد وزنی دوغاب

۲-۲- روش‌های آزمایشگاهی

فرمولاسیون دوغاب‌ها بر اساس جدول۲ تعیین شده است. با توجه به فلوچارت رسم‌شده در شکل ۲، پس از اختلاط مواد اولیه، دوغاب حاصل را در یک ظرف پلیمری (پلی اتیلن) ریخته و با استفاده از گلوله‌های آلومینایی با سرعت ۲۰۰ rpm به مدت ۲ ساعت بالمیل می‌شوند. سپس به منظور نفوذ آب در بین لایه‌های رس و همچنین افزایش پلاستیسیته آن فرآیند aging (انبارداری) انجام می‌شود.

بدین منظور دوغاب پس از خروج از بالمیل به مدت ۲۴ ساعت در ظرفی ریخته می‌شود و به طور کامل درزگیری می‌شود تا آبِ دوغاب امکان خروج و تبخیر را نداشته باشد. پس از این زمان دوغاب به مدت ۱۵ دقیقه با فشار mmHg ۵۰۰ تحت هوازدایی قرار می‌گیرد تا حباب‌های هوای احتمالی که منجر به حفره‌های انقباضی در قطعه نهایی می شود از بین برود. سپس دوغاب در درون قالب‌های پلیمری (پلی‌اتیلن) ریخته شده و در خشک‌کن در دمای ۸۰°C به مدت ۲ ساعت قرار داده شد. سپس نمونه‌ها در دمای °C ۱۱۰ به مدت ۲ ساعت خشک شدند. در نهایت نمونه‌ها در سه دمای مختلف (°C ۱۰۵۰، ۱۱۰۰و ۱۲۰۰) به مدت ۲ ساعت برای بررسی خواص ریزساختاری و غشایی زینتر شدند. شمایی از تمام این مراحل در شکل ۲ آورده شده است. چگالی کلی نمونه‌ها به روش ارشمیدس ASTM C134-C135 اندازه‌گیری شد. سطح شکست نمونه‌ها برای بررسی عمق غشای رسی با استفاده از دستگاه SEM (مدل MIRA3 ساخت شرکت TESCAN) مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی توزیع اندازه تخلخل غشاهای رسی از آنالیز تصاویر SEM در نرم‌افزار ImageJ و رسم نمودار هیستوگرام داده‌ها استفاده شد.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی رس‌های استفاده شده توسط شرکت‌های سازنده

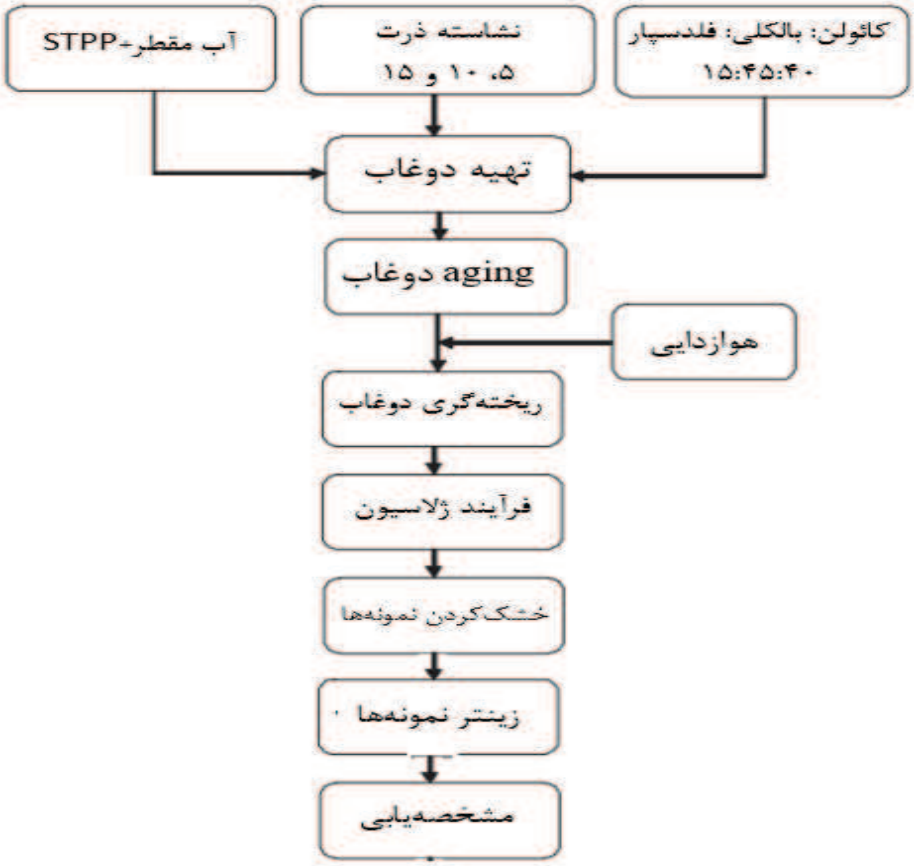
مواد اولیه	رطوبت (٪)	L.O.I	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	TiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2
کائولن سوپرزنوز	۲	۹	۰/۴	۰/۳	۱/۲	۰/۵۵	۰/۰۵	۰/۵۵	۲۴	۶۳
بالکلی TA	۱/۵	۸/۱۹	۰/۱۳	۵/۲۸	۰/۶۰	۰/۱۵	۱/۱۷	۰/۴۷	۲۶/۵۰	۵۷/۴۵
فلدسپار پتاسیک	۰	۰/۸۲	۳/۰۱	۸	۰/۴۵	۰/۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۱۸/۳۹	۶۶/۷۷

[Downloaded from ijcse.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1400.10.2.6.3]

همچنین برای تعیین شار عبوری از میان غشای رسی از دستگاهی مطابق شکل۴ استفاده شد. در این شکل ماژول شامل ۳ مسیر است. در نیمه زیرین ماژول، مسیر (۱) برای آب ورودی در نظر گرفته شده، که با استفاده از شلنگی که از دستگاه آزمایش به آن متصل می‌شود و با اعمال فشار (بستن تدریجی شیر) آب وارد ماژول می‌شود. مسیر (۲) که توسط شلنگ دیگر دستگاه آزمایش غشا به آن متصل می شود، با استفاده از جریان برگشتی فاضلاب از ماژول به مخزن خوراک ارسال می‌شود. در نیمه بالایی، مسیر سوم (۳) قرار دارد که توسط آن، آب تصفیه‌شده از درون غشا به مخزن محصول هدایت می‌شود.

با توجه به اینکه مرحله خروج نشاسته بسیار حائز اهمیت است و باید در دمای خروج آن ($۶۰۰^{o}C$) به نمونه‌ها زمان داد تا نمونه دچار انقباض شدید و در نهایت ترک نشود [۱۵، ۱۶]. منحنی زینتر نمونه‌های رسی در شکل زیر آورده شده است. همانطور که در شکل زیر مشخص است در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت نگهداری می‌شوند که این منجر به عدم انقباض شدید نمونه‌ها خواهد شد [۸].

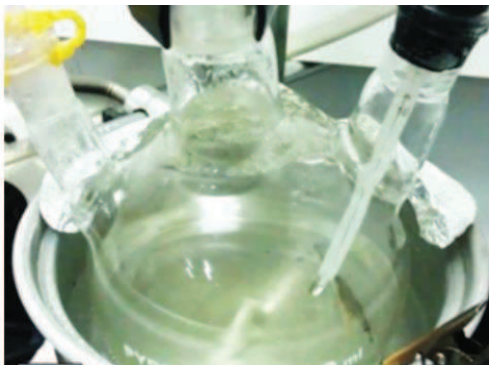


شکل ۲- فلوچارت ساخت غشای رسی

[Downloaded from ijcse.ir on 2025-12-16]

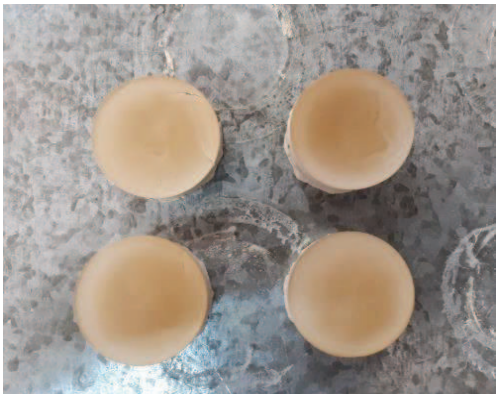
[DOR: 20.1001.1.23222352.1400.10.2.6.3]

(۱)

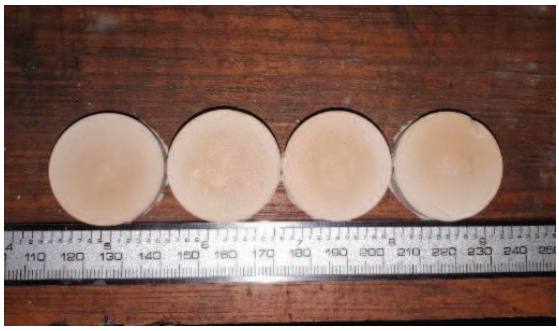


(۲)

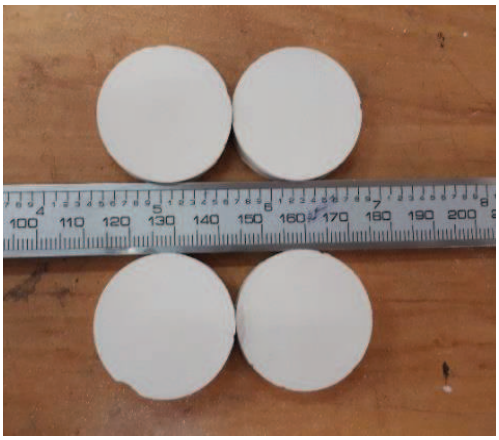
(۳)



(۴)



(۵)

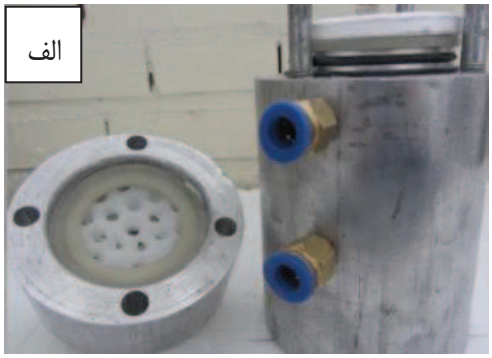


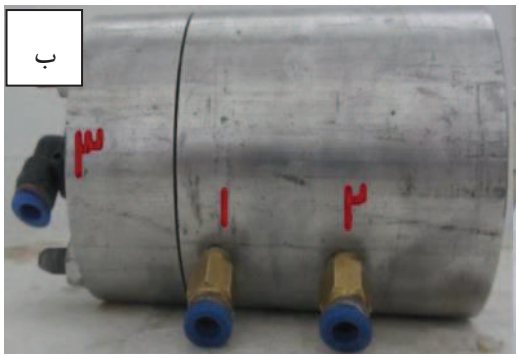
(۶)

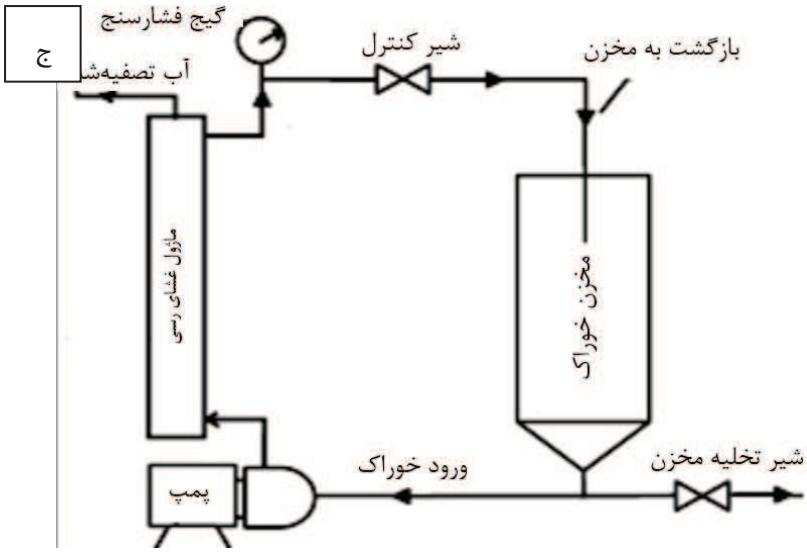
شکل ۳- مراحل ساخت غشای سرامیکی ۱)آماده‌سازی دوغاب ۲)هوازدایی ۳)ریخته‌گری ۴)ژلاسیون ۵)خشک‌کردن ۶)زینتر کردن

[Downloaded from ijcse.ir on 2025-12-16]

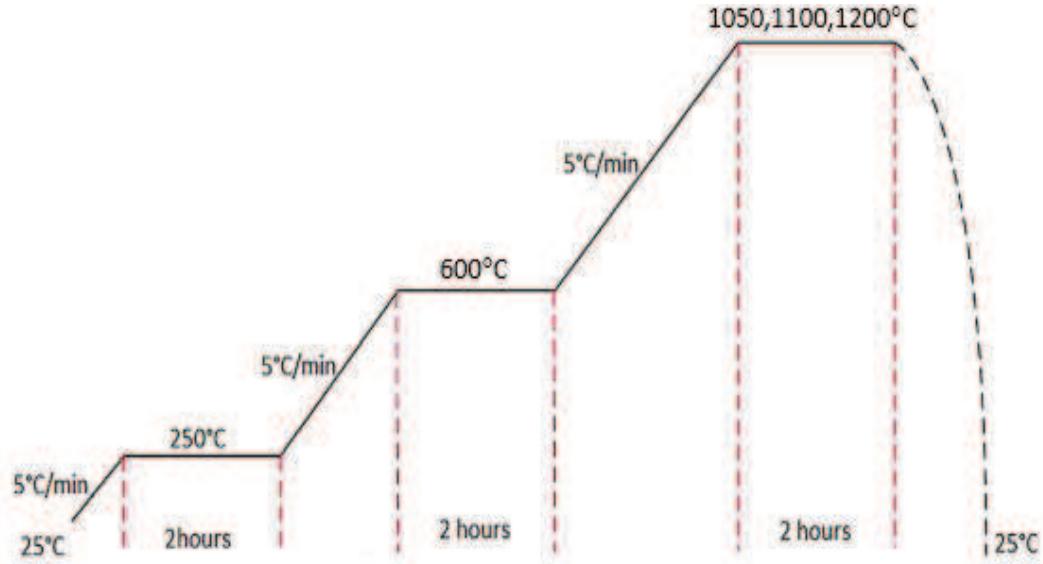
[DOR: 20.1001.1.23222352.1400.10.2.6.3]







شکل ۴- ماژول آب‌بندی شده محتوی غشا، الف) به صورت باز، ب) به صورت بسته، ج) شمایی از سیستم تصفیه آب



شکل ۵- منحنی زینتر غشاهای رسی [۸]

[Downloaded from ijcse.ir on 2025-12-16]

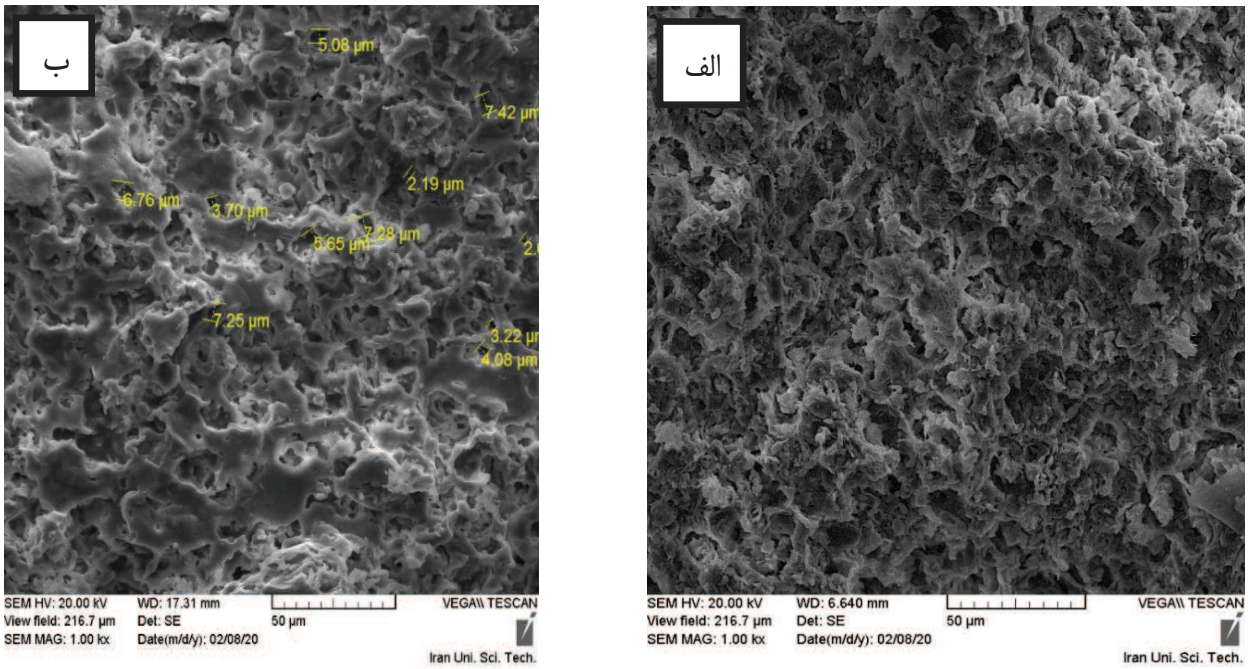
[DOR: 20.1001.1.23222352.1400.10.2.6.3]

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی ریزساختار غشای رسی

تصاویر SEM از سطح شکست نمونه‌ی رسی با ۱۰ درصد نشاسته در دو دمای زینتر ۱۱۰۰ و ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد در شکل ۶ آورده شده است. با توجه به شکل زیر با افزایش مقدار نشاسته، درصد تخلخل نمونه‌ها افزایش پیدا می‌کند؛ زیرا با افزایش مقدار نشاسته به دلیل افزایش تماس میان ذره‌های نشاسته و تورم گرانول‌های نشاسته، درصد تخلخل‌های ناشی از سوختن نشاسته افزایش یافته و در نتیجه درصد تخلخل نمونه افزایش پیدا می‌کند [۱۷، ۱۸]. هم‌چنین، با افزایش مقدار نشاسته، مقدار ترکیب خاک کاهش پیدا کرده و در نتیجه فشردگی میان ذره‌های آن کاهش پیدا می‌کند، به همین دلیل، درصد تخلخل نمونه‌ها با کاهش مقدار ترکیب خاک افزایش پیدا می‌کند [۱۹]. با افزایش مقدار نشاسته، به دلیل افزایش تماس بین ذرات نشاسته، اندازه گردنه‌ی ایجاد شده بین ذره‌های نشاسته افزایش پیدا می‌کند [۱۷].

هم‌چنین، با افزایش مقدار نشاسته، به دلیل افزایش گردنه‌ی ایجاد شده میان ذره‌ها، اندازه‌ی تخلخل نمونه‌ها نیز افزایش پیدا می‌کند [۱۷]. از تصاویر می‌توان مشاهده نمود که میان تخلخل‌های ناشی از سوختن نشاسته (اتصال تخلخل بزرگ به‌وسیله‌ی گردنه‌های کوچک میان آن‌ها)، به هم پیوستگی سه‌بعدی (حتی در مقادیر کم نشاسته) وجود دارد که همین عامل موجب افزایش درصد تخلخل، اندازه‌ی تخلخل و اندازه‌ی گردنه‌ی ایجاد شده میان تخلخل‌ها می‌شود [۲۰].

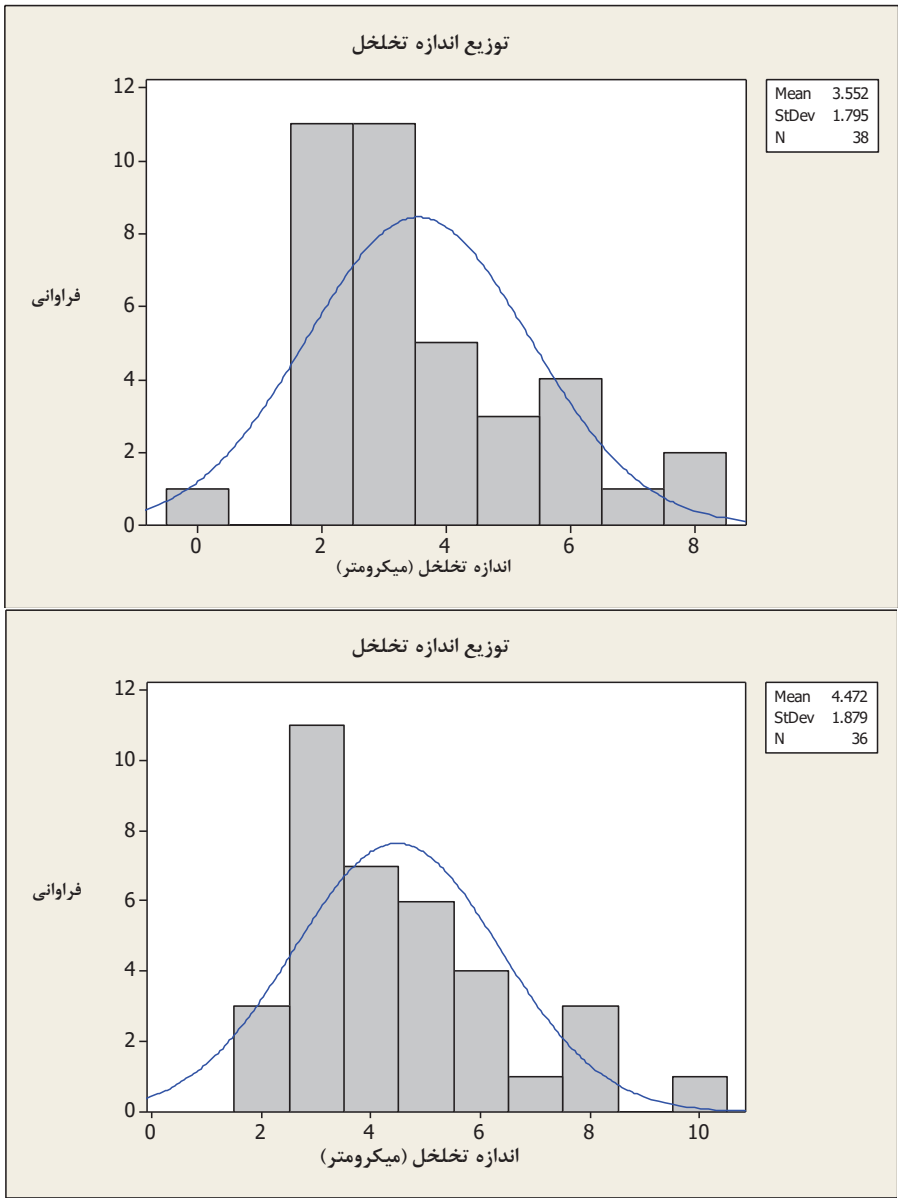


شکل ۶- ریزساختار نمونه دارای ۱۰ درصد نشاسته زینتر شده در دمای الف) ۱۱۰۰ ب) ۱۲۰۰

[Downloaded from ijcse.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1400.10.2.6.3]

همچنین با افزایش دمای زینتر به دلیل تشکیل گردنه‌ای‌ها به وسیله ماده گدازآور (فلدسپار) کاهش تخلخل و افزایش چگالی کلی بدنه‌ها دیده می‌شود. همچنین اندازه تخلخل‌ها به وسیله نرم‌افزار ImageJ به دست آمد که با اعداد گزارش شده توسط منابع در خصوص غشاهای قابل استفاده در سیستم میکوفیلتراسیون مطابقت دارد. محدوده تخلخل‌ها در این سیستم ۱–۱۰ µm است. افزایش دمای زینتر از ۱۱۰۰ به ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش درصد تخلخل از ۳۰ به ۱۰ درصد وزنی و افزایش متوسط اندازه تخلخل از ۳/۵۵ به ۴/۴۷ میکرومتر شده است. در شکل ۷ نمودار هیستوگرام از اندازه تخلخل غشاهای رسی با استفاده از نرم‌افزار ImageJ آورده شده است.



شکل ۷- توزیع اندازه تخلخل با استفاده از ImageJ الف) دمای ۱۱۰۰°C و ب) دمای ۱۲۰۰°C

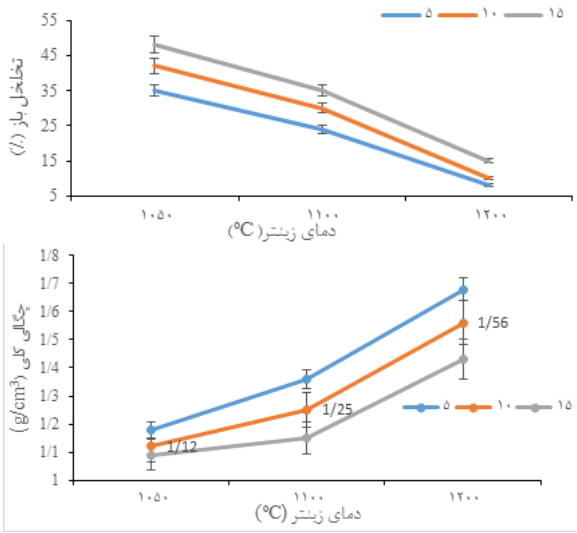
[Downloaded from ijcse.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1400.10.2.6.3]

۳-۲- تخلخل باز و چگالی کلی

شکل زیر تأثیر درصد نشاسته و دمای زینتر بر چگالی کلی و تخلخل باز نمونه‌ها را نشان می‌دهد. در دمای زینتر ثابت با افزایش مقدار نشاسته، چگالی کلی نمونه‌ها کاهش و درصد تخلخل باز نمونه‌ها افزایش می‌یابد؛ زیرا با خروج نشاسته در دمای بالا (حداکثر تا دمای ۶۰۰°C) تخلخل‌ها تشکیل می‌شوند که به صورت محدبی شکل بوده و همچنین تمایل به انقباض این تخلخل‌ها پایین می‌باشد. حال با افزایش مقدار نشاسته، جای خالی آن (تخلخل) افزایش‌یافته و در نتیجه چگالی کلی نمونه‌ها کاهش و درصد تخلخل باز نمونه‌ها افزایش می‌یابد [۱۷، ۱۸]. همچنین با افزایش مقدار نشاسته، بار جامد (ترکیب خاک‌ها) کاهش یافته و فشردگی میان ذرات جامد نیز کاهش پیدا می‌کند و فضای خالی میان ذرات افزایش یافته و چگالی کلی نمونه‌ها کاهش و درصد تخلخل باز آن‌ها افزایش می‌یابد [۱۶]. با افزایش دمای زینتر در مقدار نشاسته ثابت، چگالی کلی نمونه‌ها افزایش و درصد تخلخل باز آن‌ها کاهش می‌یابد؛ به دلیل اینکه با افزایش دمای زینتر رد ذرات رسی و به هم پیوستن آن‌ها اتفاق می‌افتد (فاز شیشه تشکیل شده به تشکیل گردنه‌ها کمک می‌کند) که موجب کاهش تخلخل‌های میان ذرات رسی شده و در نتیجه چگالی کلی نمونه‌ها افزایش و درصد تخلخل باز آن‌ها کاهش می‌یابد[۱۷، ۲۱].

در شکل ۸ دیده می‌شود که با افزایش دما از ۱۱۰۰ به ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد در نمونه ۱۰ درصد وزنی نشاسته، چگالی کلی از ۱/۲۵ به ۱/۵۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب افزایش و همچنین تخلخل باز از ۳۰ به ۱۰ درصد وزنی کاهش یافت.



شکل ۸- الف) چگالی کلی بر حسب مقدار نشاسته و ب) درصد تخلخل باز بر حسب مقدار نشاسته

۳-۳- نتایج عبوردهی آب

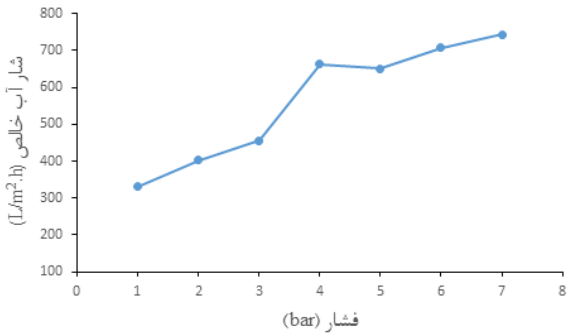
به منظور دستیابی به نتایج مطلوب باید غشاهای ساخته شده بدون هرگونه نقص باشد زیرا با اعمال فشار نقص ایجاد شده می‌تواند به عنوان منقطه تمرکز تنش عمل کند و باعث تخریب نمونه شود. به طور کلی محدوده فشاری که برای غشاهای رسی انتخاب می‌شود بین bar ۱-۷ است زیرا بالاتر از این فشار به دلیل تخلخل زیاد قطعه شکست و ترد بودن آن شکست اتفاق می‌افتد.

از بین نمونه‌های ساخته‌شده با توجه به اینکه هم استحکام نمونه و هم درصد تخلخل آن باید بالا باشد، نمونه دارای ۱۰ درصد وزنی نشاسته انتخاب شد. دمای زینتر بهینه این نمونه ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد است؛ زیرا در این دما درصد تخلخل باز نمونه ۳۰ درصد بوده و استحکام آن حد وسط را دارد.

نمودار زیر میزان شار آب خالص را نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار با افزایش فشار وارده بر غشای رسی میزان شار

[Downloaded from ijcse.ir on 2025-12-16]
[DOR: 20.1001.1.23222352.1400.10.2.6.3]

آب خروجی افزایش می‌یابد. همچنین با بررسی درصد جذب آرسنیک توسط غشای رسی در نمونه محلولی که شامل ۱۰ mg/l آرسنیک وجود داشت با فشار ۴ bar به ۱ mg/l رسید. بازده این روش حدود ۹۰ درصد است.



شکل ۹- نمودار فشار بر حسب شار آب خالص در نمونه ۱۰ درصد وزنی نشاسته

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق، غشاهای رسی با روش ریخته‌گری ژلی به کمک نشاسته ذرت شکل داده شدند. همچنین تأثیر مقدار نشاسته و دمای زینتر بر خواص فیزیکی، ریزساختاری و تصفیه آب مورد بررسی قرار گرفت. در مقادیر کم نشاسته نمونه‌ها درصد بالایی تخلخل (بیش از ۳۵ درصد) نشان دادند که این به دلیل به هم پیوستگی تخلخل‌ها در سه بعد است. با بررسی دمای ژلاسیون در محدوده ۸۰-۵۵ درجه سانتی‌گراد دمای ۷۰°C به عنوان دمای بهینه ژلاسیون انتخاب شد. دماهای زینتر نمونه‌ها در محدوده ۱۲۰۰-۱۰۵۰°C مورد بررسی قرار گرفت که دمای بهینه از نظر استحکام و تخلخل برای قطعه نهایی ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد شناخته شد. سپس غشای رسی با ۱۰ درصد وزنی نشاسته که در دمای ۱۱۰۰°C زینتر شده برای تست شار عبوری و همچنین فیلتر کردن آرسنیک انتخاب شد. در نهایت بازده این روش ۹۰٪ به دست آمد.

مراجع

[1] R. Srinivasan, Advances in Application of Natural Clay and Its Composites in Removal of Biological, Organic, and Inorganic Contaminants from Drinking Water, Advances in Materials Science and Engineering, pp.1-17, 2011.

[2] B.K. Nandi., R. Uppaluri, M.K. Purkait, Preparation and characterization of low cost ceramic membranes for micro-filtration applications, Applied Clay Science,. Vol. 42(1-2), pp. 102-110, 2008.

[3] M. Purushothaman, G. Pugazhenthi, Development of Ceramic Supports Derived from Low-Cost Raw Materials for Membrane Applications and its Optimization Based on Sintering Temperature, International Journal of Applied Ceramic Technology, Vol. 8(1), pp. 227-238, 2011.

[4] S.K. Hubadillah, M.H.D. Othman, T. Matsuure, Fabrications and applications of low cost ceramic membrane from kaolin: A comprehensive review, Ceramics International, Vol. 44(5), pp. 4538-4560, 2018.

[5] Abdullayev, M.F. Bekheet, D.A.H. Hanaor, Materials and Applications for Low-Cost Ceramic Membranes, Membranes, Vol. 9, pp.105-135, 2019.

[6] J.B. Bundschuh, The Global Arsenic Problem: Challenges for Safe Water Production, AK Leiden, 2010.

[7] O.O Omatete, M.A. Janney, S.D. Nunn, Gelcasting: From laboratory development toward industrial production, Journal of the European Ceramic Society, Vol. 17(2), p.p 407-413, 1997.

[8] H.Elomari, B. Achiou, A. Karim, Influence of starch content on the

[Downloaded from ijcse.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1400.10.2.6.3]

properties of low cost microfiltration membranes. Journal of Asian Ceramic Societies, Vol. 5(3), pp. 313-319, 2017.

[9] M.L Sandoval, M.A. Camerucci, A.G. Tomba Martinez, High-temperature mechanical behavior of cordierite-based porous ceramics prepared by modified cassava starch thermogelation, Journal of Materials Science,Vol. 47(23), pp. 8013-8021, 2017.

[10] S. Li, C.A. Wang, J. Zhou, Effect of starch addition on microstructure and properties of highly porous alumina ceramics, Ceramics International, Vol. 39(8), pp. 8833-8839, 2013.

[11] S. Emani, R. Uppaluri, M.K. Purkait, Preparation and characterization of low cost ceramic membranes for mosambi juice clarification, Desalination, Vol. 317, pp. 32-40, 2013.

[12] R. Kumar, A. Ghoshal, G. Pugazhenthi, Elaboration of novel tubular ceramic membrane from inexpensive raw Materials by extrusion method and its performance in microfiltration of synthetic Oily Wastewater Treatment, Journal of Membrane Science, Vol. 490, pp. 92-102, 2015.

[13] Harabi, B.Boudaira, F.Bouzerara, Porous Ceramic Supports for Membranes Prepared from Kaolin (DD3) and Calcite Mixtures, Vol. 127, pp.1164-1166, 2015.

[14] G. Chen, Design and preparation of high permeability porous mullite support for membranes by in-situ reaction, Ceramics International, Vol. 41(7), pp. 8282-8287, 2015.

[15] R. Dhouib-Sahnoun, S. Baklouti, Characterization of flat ceramic membrane supports prepared with kaolin-phosphoric acid-starch, Applied Clay Science, Vol. 83-84, pp. 399-404, 2013.

[16] R.M. Khattab, M.M.S. Wahsh, N.M. Khalil, Preparation and characterization of porous alumina ceramics through starch consolidation casting technique, Ceramics International, Vol. 38(6), pp. 4723-4728, 2012.

[17] E. Gregorová, Z. Živcová, W. Pabst, Starch as a Pore-forming and Body-forming Agent in Ceramic Technology, Starch - Stärke, Vol. 61(9), pp. 495-502, 2009.

[18] Z. Živcová, , E. Gregorová, W. Pabst, Low- and High-temperature Processes and Mechanisms in the Preparation of Porous Ceramics via Starch Consolidation Casting, Starch - Stärke, Vol. 62(1), pp. 3-10, 2010.

[19] W. Pabst, A model for the body formation in starch consolidation casting, Journal of Materials Science Letters, Vol.21(14), pp. 1101-1103, 2002.

[20] E. Gregorová, , Z. Živcová, and W. Pabst, Porosity and pore space characteristics of starch-processed porous ceramics, Journal of Materials Science, Vol.41(18) pp. 6119-6122, 2006.

[21] X.J. Mao, W. Shi-Wei, S. Shun-Zo, Preparation of Porous Silica Ceramics with Low Dielectric Constant, Chinese Journal of Aeronautics, Vol. 19, 2006.

[Downloaded from ijcse.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1400.10.2.6.3]

Iranian Journal of
Ceramic Science & Engineering
Vol. 10, No. 2, 2021

Investigation of the Role of Starch in a Clay Membrane Made by Gel Casting to Remove Arsenic from Water

Danial Ghafoori, Hosein Sarpoolaki*, S.Mohammad Mirkazemi

Department of materials engineering, Iran university of science and Technology, Tehran, Iran

Danial74.ghafoori@gmail.com & * hsarpoolaki@iust.ac.ir & mirkazemi@iust.ac.ir

Abstract: In the field of water treatment, the use of clay membranes is one of the best options due to its low cost and easy accessibility as well as low sintering temperature. In the present study, a combination of kaolin superzonouz, ballclay TA and feldspar (40:45:15) was used. Clay membranes have been formed in different ways, but in this study, an attempt was made to form these membranes by the gel casting method, which uses a non-toxic substance of corn starch. For this purpose, different amounts of corn starch (5, 10 and 15 wt.%) and different sintering temperatures (1050, 1100 and 1200ºC) were used. In order to determine the properties of clay membranes, bulk density and percentage of open porosity were considered as criteria for selecting the appropriate membrane. The composition containing 10 wt.% of corn starch was identified as the optimal sample in terms of open porosity. This sample was then used for water permeate analysis (LMH). This membrane was subjected to pressures of 1-7 bar and with increasing pressure, the rate of water passage through the porosity of the clay membrane increased so that at a pressure of 7 bar this value reached 743 $l/m^2.h$. The SEM images obtained from this membrane showed that it can be used in microfiltration system. The use of clay membranes alone is not effective in removing arsenic and will be up to 72%. However, the use of coagulant ($FeCl_3$) increased the amount of arsenic removed to 94%.

Keywords: Clay membranes, Gel casting, Corn starch, Arsenic, Coagulant.

[Downloaded from ijcse.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1400.10.2.6.3]