

ساخت محصولات گچی با خواص بهبود یافته با استفاده از مواد افزودنی

بهنام باقری^{۱*} و احمد منشی^۲

۱- کارشناسی ارشد، شرکت مهندسی صنعتی فهامه، تهران، ایران

۲- استاد، دانشگاه صنعتی، اصفهان، ایران

*Oh_behnam@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۶/۳۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۹/۱۵)

چکیده

هدف از این مقاله تولید محصولات گچی مقاوم به آب می‌باشد. در ابتدا نمونه‌های ساخته شده با ترکیب گچ و افزودنی‌های مختلف تولید و سپس مطابق با شرایط استاندارد ASTM test 1396 میزان درصد آب جذب شده تعیین شد. سپس توسط دستگاه تست شکست، میزان استحکام شکست سرد آنها اندازه‌گیری شد و وزن مخصوص نمونه‌ها نیز تعیین گردید. با توجه به نتایج حاصل، مواد افزودنی مورد استفاده به دو دسته سبک کننده و استحکام دهنده تقسیم شده که در مرحله ساخت نمونه‌ها با انتخاب افزودنی از هر گروه به بررسی تاثیر افزودنی سوم پرداخته شد. حاصل بررسی‌ها شناسایی ترکیب برتر گچ به همراه پالپ و سیمان و سریشیم بود که با افزایش سریشیم خواص محصول به شدت بهبود می‌یافت. با بررسی نتایج حاصل از پرتونگاری اشعه (XRD)، با افزایش سریشیم در ترکیب، تغییر فازی در ترکیب مشاهده نشد ولی در تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) تاثیر افزایش سریشیم بر ساختار ترکیب کاملاً مشهود بوده ولی ترکیب ساخته شده بسیار کندگیر بوده که برای رفع این ایراد از ماده کلرید سدیم کمک گرفته و حاصل آن علاوه بر زمان گیرش مناسب، بهبود خواص محصول نیز شد. بهترین ترکیب شامل ۱۰۰ گرم گچ، ۱۵ گرم سیمان، ۵ گرم پالپ، ۱۵ گرم سریشیم و ۲۰ گرم کلرید سدیم بدست آمد.

واژه‌های کلیدی:

گچ مقاوم به آب، پالپ، استحکام شکست، وزن مخصوص حجمی، افزودنی‌های گچ

۱- مقدمه

(۱) آمده است، در صورت مفید بودن افزودنی مورد نظر بر خواص محصول از علامت مثبت و در صورت مضر بودن از علامت منفی در جدول استفاده شده است [۱-۵].

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن از دهه هشتاد، در خصوص تاثیر مواد افزودنی بر گچ تحقیق کرده است که حاصل آزمایشات صورت گرفته در این مرکز به صورت جدول شماره

نیل کلراید [۹]، مخلوطی شامل رزین‌های فلز قلیایی صابونی شده و نمک فلزات قلیایی خاکی قابل انحلال در آب و ضایعات نفت کوره [۱۰]، محلول معلق محتوی موم حاصل از نفت خام یا محصولاتی از ضایعات باقیمانده نفت کوره و یا قطران ذغال سنگ [۱۱]، ترکیبی از ضایعات و باقیمانده‌های نفت کوره و رزین [۱۲].

در تحقیقات صورت گرفته به دلیل هریک از عوامل حوزه جغرافیایی، مواد قابل دسترس، روش‌های مختلف تولید و درجه اهمیت محل به کارگیری محصول و.... باعث شد تا انواع روش‌ها و نظرات مختلف ارائه شود که حاصل آن حجم زیادی از طرح‌های مختلف برای ساخت محصولات گچی می‌باشد که دارای اختلاف‌های فراوانی در افزودنی مورد استفاده و روش تولید به کار گرفته می‌باشد. مواد افزودنی مورد استفاده بر حسب ترتیب دوره زمانی و سیر پیشرفت تحقیقات به چهار بخش دسته بندی می‌شوند.

۱- محصولات گچی ساخته شده با ترکیب قیر

۲- محصولات گچی ساخته شده با پلی و نیل الکل

۳- محصولات گچی ساخته شده با مواد پایه سیلیکونی

۴- محصولات گچی ساخته شده با آلکیل فنول

محصولات گچی ساخته شده با ترکیبی از قیر و موم دارای خاصیت مقاومت در برابر جذب آب بالایی بوده ولی به دلیل مشاهده ایرادات زیر از استفاده آنها صرف نظر شد:

۱- محلول معلق موم و قیر ناپایدار است و پس از گذشت زمان به فازهای مجزای مایع و جامد در می‌آیند. فاز جامد به صورت پوسته‌های شناور بر روی فاز مایع قرار می‌گرفت و در صورت به هم زدن برای معلق شدن، نتیجه معکوس از خود نشان می‌داد و حجم پوسته‌های شناور افزایش می‌یافت.

۲- دیوارهای گچی ساخته شده با محلول معلق حاوی قیر، پس از گذشت زمان ترکیبات قیر مرکز خود را به بیرون ترشح داده و روی کاغذهای پوشش دهنده سطح، خال‌های سیاه ایجاد می‌شد.

۳- ترکیب محلول معلق موم و قیر به دلیل وجود قیر دارای رنگ کدر و بد رنگ بود که باعث بد رنگ شدن محصول می‌گردید.

جدول (۱): تاثیر مواد افزودنی مختلف بر خواص محصولات گچی

افزودنی	چگالی	مقاومت فشاری	مقاومت خمشی	مقاومت کششی	مقاومت در برابر آب
دیاتومه	+	+	+	-	-
پرلیت	+	+	+	-	-
میکرو سیلیس	+	-	-	-	-
پلیمر خارجی	+	+	-	-	+
پلیمر داخلی	+	-	-	-	+
اندودکننده سطحی					+
سیلیکات سدیم	+	-	-	-	-

از بین مواد افزودنی مورد آزمایش، تنها مواد پلیمری و اندودکننده سطحی باعث بهبود خاصیت مقاومت در برابر جذب آب محصول نهایی شده ولی در عوض موجب کاهش خواص مکانیکی نمونه‌ها می‌گردند. پس برای بهبود خواص مکانیکی در کنار بهبود خاصیت مقاومت در برابر جذب آب، می‌بایست از ترکیب افزودنی‌های مناسب با هم استفاده کرد تا در کنار خاصیت مقاومت در برابر جذب آب، محصول دارای خواص مناسب مکانیکی نیز باشد.

از سال‌ها پیش اقدامات فراوانی برای بهبود خاصیت مقاومت در برابر آب محصولات گچی در سطح جهان صورت گرفته است. بسیاری از روش‌های به کار برده در شروع تحقیقات به علت مطالعات کم و عدم شناخت صحیح خواص گچ، پس از مدت کوتاهی با مشخص شدن ایرادات وارده بر آن، استفاده از آن به سرعت منسوخ گردیده و بیان تمامی روش‌ها در این مقاله نمی‌گنجد، لذا اقدامات صورت گرفته پس از سال ۱۹۷۶ میلادی بررسی می‌شوند. مثال‌هایی از افزودنی‌های مناسب مورد استفاده تا پیش از سال ۱۹۷۶ میلادی که در پتنت‌های مختلف به آن اشاره شده است، شامل مواد زیر می‌باشند:

رزین‌ها [۶]، موم یا قیر و یا ترکیبی از آن [۷]، ترکیب موم همراه با قیر و نشاسته و پرمنگنات پتاسیم [۸]، مواد آلی غیر قابل انحلال در آب مانند نفت خام و قیر طبیعی و پلی و نیل استات و پلی و

۴- قیر، محصول جانبی پالایش نفت خام است و بسته به میزان پالایش نفت، بسیاری از خواص قیر می‌تواند تغییر یابد که در نتیجه موجب افزایش تغییرات خواص محلول معلق و در پی آن خواص محصول نهایی می‌شد.

۵- استفاده از محلول معلق موم و قیر باعث ایجاد لجن سیاه رنگ در ابزار و تانک‌های مورد استفاده می‌شد که به راحتی قابل پاک کردن نبودند [۱۳-۱۷].

پس از آن از پلی ونیل الکل برای ساخت محصولات گچی استفاده شد که به همراه آن آلکیل اسید و موم مصرف می‌شد. پلی ونیل الکل از خود خاصیت چسبندگی نشان می‌داد که باعث بهبود مقاومت در برابر آب می‌گشت [۱۸]. آلکیل اسید دارای فرمول کلی R-COOH است که در این فرمولاسیون R نشان‌دهنده گروه آلکیل غیر قطبی است که دارای خاصیت چربی دوستی است و COOH یک عامل اسیدی که شکلی از نمک‌های آب دوست قطبی است. زمانی که آلکیل اسید در محلول معلق حاوی موم حل می‌شد، جذب سطحی موم شده و خاصیت آب دوستی خود را به موم انتقال می‌داد و با ایجاد خاصیت آب دوستی در موم، موجب ثبات و پایداری بیشتر محلول معلق می‌گشت و پس از افزودن دوغاب گچ به محلول معلق و مخلوط شدن آن دو با هم، ذرات با بار منفی محتوی موم باعث جذب یون‌های کلسیم با بار دو مثبت دوغاب گچ می‌شدند و نمک کلسیم نامحلول تشکیل می‌شد. به این صورت خاصیت آب دوستی ذرات موم که در مرحله ساخت محلول معلق به پایداری تعلیق کمک کرده بود اکنون تبدیل به خاصیت آب‌گریزی و مقاومت در برابر جذب آب محصول گچی می‌شد [۱۹].

محلول معلق بدست آمده دارای مزایای زیر بود:

- ۱- کرم رنگ بوده و از محصولات ساخته شده با قیر زیباتر بود.
- ۲- تانک‌های مورد استفاده فاقد هرگونه رسوب بودند.
- ۳- محصول ساخته شده با محلول معلق فوق دارای خاصیت آب‌گریزی مناسب تری نسبت به محصولات ساخته شده با محلول‌های معلق دارای فرمولاسیون قیر و موم سخت معدنی

بودند.

۴- محصول کند گیرتر شده و در نتیجه کار با آن راحت‌تر انجام می‌گرفت [۱۹].

هرچند پلی ونیل الکل تاثیر بسیار مناسبی بر کاهش میزان آب جذب شده محصولات گچی می‌گذاشت ولی پس از استفاده به دلیل دارا بودن خاصیت ناپایداری ذاتی به صورت لایه‌ای رسوب می‌کرد. لایه‌های رسوب کرده دارای پتانسیل بالایی برای رشد باکتری می‌باشند. انواع باکتری و قارچ از بین لایه‌های پلی ونیل الکل شروع به رشد می‌کرد و این امر باعث شد تا تلاش‌ها برای دست یافتن به افزودنی مناسب‌تر همچنان ادامه یابد [۱۹-۲۱].

به دلیل وفور منابع طبیعی سیلیکونی در مناطق جغرافیایی حومه کشور ژاپن، سابقه مطالعات دانشمندان ژاپنی در خصوص استفاده از ترکیبات سیلیکونی برای افزایش مقاومت در برابر جذب آب محصولات گچی قدمتی طولانی دارد. از آن جمله می‌توان پتنت‌های ژاپنی به شماره‌های ۳۳۵۲۵۴/۷۹ و ۱۲۲۴/۷۸ و ۱۳۶۲۲۴/۷۷ را نام برد [۲۲].

در پتنت‌های آمریکایی مختلف [۲۳-۲۷] توضیح داده شده است که چه عواملی باعث می‌شوند تا در حین استفاده از سیلوکسان گیرش محصولات گچی در طی زمان معقول و مناسبی به اتمام نرسد و یا هرگز به صورت کامل گیرش صورت نگیرد و همچنین خاصیت مقاومت در برابر آب به میزان رضایت بخشی بهبود نیابد.

در کنار استفاده از رزین‌های سیلیکونی بهتر است که از کاتالیزوری استفاده گردد که با ایجاد تسهیل در ایجاد پیوندهای عرضی بین رزین‌های سیلیکون، موجب بهبود پلیمر شدن سیلوکسان‌ها گردد. اکسید منیزیم حاصل از سوختن کامل به عنوان کاتالیزور مناسب توانست این کار را انجام دهد [۲۸-۲۹]. در دیگر مناطق، ترکیبات سیلوکسان دارای قیمت بالایی بوده و در نتیجه از نظر اقتصادی استفاده از این افزودنی به صرفه نبوده است [۳۰].

در سال ۲۰۰۳ میلادی دانشمندان اقدام به ساخت محلول معلق نمودند که در آن چند نوع موم مورد استفاده قرار گرفته بود، که

دهنده وزن مخصوص حجمی و افزایش دهنده استحکام، اثر افزودنی جدید بر میزان آب جذب شده بررسی گردید. ترکیب ساخته شده در قالب‌های با ابعاد ۵×۵×۵ سانتی‌متر ریخته شد. پس از دو ساعت ترکیب از قالب خارج شد و پس از ۷۲ ساعت قرار گرفتن در شرایط آزمایشگاه به مدت ۷۲ ساعت نیز در دستگاه خشک‌کن با دمای ۴۰-۴۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته‌اند.

نمونه‌ها وزن شده (W_1) و به مدت ۲ ساعت درون آب با دمای حدود ۲۱ درجه سانتی‌گراد قرار داده و دوباره وزن شده‌اند (W_2). مطابق با فرمول زیر میزان درصد آب جذب شده محاسبه گردید (شرایط استاندارد ASTM test 1396)

$$\text{درصد آب جذب شده} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

قابل ذکر است که برای افزایش دقت نتایج بدست آمده هر آزمون دو مرتبه انجام شد و میانگین دو رقم بدست آمده به صورت نمودارهای ستونی ارائه شده است. میزان حداکثر و حداقل نتایج به دست آمده از هر آزمون بر روی هر ستون با خطوط خطا (Error Bars) نمایش داده شده‌اند.

۲-۲ وسایل و مواد مورد استفاده:

در این تحقیق از مواد و تجهیزات زیر استفاده گردید:

- ۱- گچ سفید، محصول یکی از کارخانه‌های سمنان که قبل از استفاده از الک ۱۱۸۰ میکرون عبور داده شده است.
- ۲- پالپ، ضایعات کارخانجات مقواسبازی می‌باشد. با خرد کردن مقوا به صورت الیاف تولید و نوعی سلولز می‌باشد.
- ۳- سیمان پرتلند، از الک ۱۱۸۰ میکرون عبور داده شده است.
- ۴- سریشیم، پس از انحلال در آب به صورت محلول معلق در آمده و دارای خاصیت چسبندگی می‌باشد. سریشیم ماده‌ای است که از (کلاژن) اجزاء پروتئینی تشکیل دهنده پوست، استخوان و بافت‌های غضروفی بدست می‌آید. کلاژن دارای ترکیبات شیمیایی قطبی و یونی می‌باشد [۳۳].
- ۵- کلرید سدیم، از الک با مش ۵۰ عبور داده شده است.

دست کم یکی از آنها دارای قابلیت صابونی شدن بوده و به همراه آن از آلکیل فنول پلیمر شده، محلولی از نشاسته‌ها و مقدار اندکی تسطیح کننده به منظور صابونی کردن موم‌ها استفاده گردید که گنجاندن آلکیل فنول به ترکیب، یک عامل بسیار مهم برای دست یافتن به میزان جذب آب کمتر در محصول نهایی بود [۳۱].

برای جلوگیری از جذب آب توسط مواد سلولزی تشکیل دهنده چوب موجود در بعضی از نمونه‌ها، اقدام به معرفی روش استفاده از پرس گرم شد. چندی بعد همراه با آلکیل فنول از نگهدارنده‌های تیابندوزیل و کربوکسی متیل سلولز برای رفع مشکل رشد باکتری در ترکیبات حاوی سلولز استفاده شد [۳۰].

در سال ۲۰۰۸ میلادی به بررسی محصولات گچی حاوی آلکیل فنول و تاثیر افزودن تیابندوزول بر میزان آب جذب شده محصولات حاوی آلکیل فنول پرداخته شد. مشاهده گردید که تاثیر تیابندوزول گاهی باعث بهبود خاصیت مقاومت در برابر جذب آب می‌شود و گاهی نیز خیر، ولی با افزودن $MgSO_4$ به ترکیب مقاومت بیشتر نمونه‌های دارای تیابندوزول در برابر جذب آب افزایش می‌یابد [۳۲].

در این مقاله به کمک افزودنی‌های ارزان قیمت و در دسترس، با هدف بومی نمودن صنعت تولید فرآورده‌های گچی، به بهترین ترکیب دست یافته و به بررسی نحوه عملکرد افزودنی‌های انتخاب شده پرداخته شده است.

۲- مواد و روش انجام آزمایشات

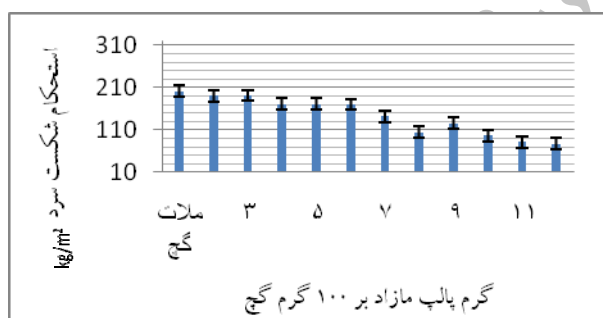
۲-۱ نحوه انجام آزمایشات و ساخت نمونه‌ها

در مرحله اول از چند افزودنی که با توجه به سابقه مطالعات، انتظار بهبود در خواص گچ را از آنها داشته به همراه چند افزودنی جدید استفاده شد. این مواد یک به یک با گچ ترکیب و اثر هر افزودنی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده مواد افزودنی به دو دسته، کاهش دهنده وزن مخصوص حجمی و افزایش دهنده استحکام تقسیم شدند. در مرحله دوم، با به کارگیری میزان ثابتی از دو افزودنی کاهش

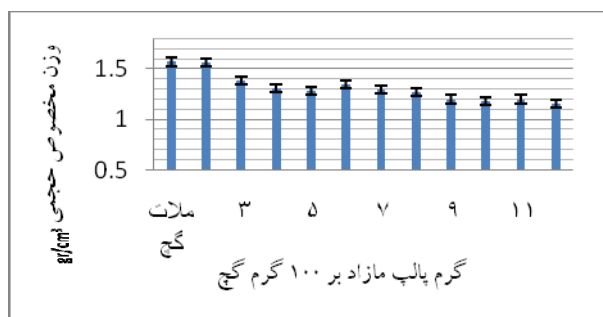
رشته‌های باریک و سبک پالپ در زمینه فشرده و منسجم گچ قرار گرفته و پس از خشک شدن، حجمی از گچ متخلخل ایجاد می‌شود. تخلخل باعث افزایش نفوذپذیری آب به حجم گچ و در عوض کاهش وزن مخصوص حجمی می‌گردد. تفاوت عمده پالپ با مواد سبک کننده معدنی دیگر، فرم رشته‌ای الیاف پالپ است. با قرار گرفتن الیاف در زمینه گچ، یک شبکه با اتصال قوی تر ذرات گچ به یکدیگر ایجاد می‌گردد. شبکه ایجاد شده، موجب از بین رفتن تردی و شکنندگی محصول و افزایش انعطاف پذیری شده است.



شکل (۱): نمودارهای ستونی تغییرات درصد جذب آب حاصل از افزودن پالپ به گچ



شکل (۲): نمودارهای ستونی تغییرات استحکام شکست سرد حاصل از افزودن پالپ به گچ



شکل (۳): نمودارهای ستونی تغییرات وزن مخصوص حجمی حاصل از افزودن پالپ به گچ

۶- دستگاه آزمون شکست سرد، متعلق به آزمایشگاه تکنولوژی بتن و مصالح دانشکده عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد است. این دستگاه ساخت شرکت ELE و دارای حداکثر ظرفیت ۲۰۰ تن می‌باشد.

۷- ترازوی دقیق با دقت دو رقم اعشار.

۸- دستگاه پرتونگار اشعه ایکس (XRD)، مدل Xpert، ساخت شرکت PHILIPS، متعلق به آزمایشگاه مواد پیشرفته دانشکده مهندسی مواد دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد.

۹- دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، متعلق به آزمایشگاه مواد پیشرفته دانشگاه آزاد اسلامی واحد مجلسی، ساخت شرکت SERON، مدل AIS-2100.

۱۰- دستگاه خشک کن با قابلیت ایجاد دما تا ۲۰۰ درجه سانتی گراد.

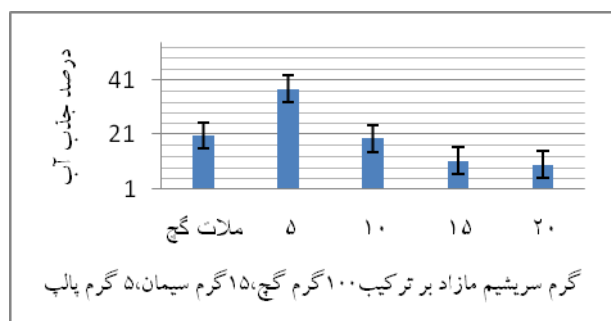
۱۱- کولیس با دقت 0.02 mm، برای اندازه گیری ابعاد نمونه‌های ساخته شده و وارد نمودن اطلاعات حاصل به دستگاه آزمون شکست سرد.

۳- نتایج آزمون و بحث

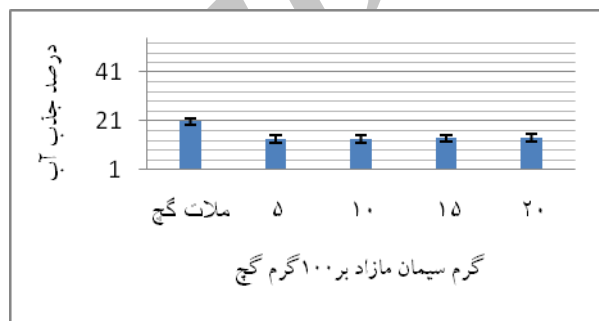
نتایج حاصل از آزمایشات به صورت سه نمودار ستونی تغییرات درصد جذب آب، تغییرات استحکام شکست سرد و تغییرات وزن مخصوص حجمی نشان داده شده است. همانگونه که شکل‌های شماره ۱، ۲ و ۳ نشان می‌دهند، هرچند پالپ باعث کاهش وزن مخصوص حجمی می‌شود ولی برای جذب آب و استحکام شکست سرد، مضر است. نکته قابل توجه که می‌بایست به آن توجه نمود، تاثیر پالپ بر افزایش انعطاف پذیری محصول است. با افزایش میزان پالپ، شکست ترد مشاهده نشده است. با افزایش میزان پالپ از ۲ گرم به ۱۲ گرم، میزان آب جذب شده از حدود ۱۵ درصد به حدود ۳۵ درصد افزایش یافت. در عوض افزایش پالپ، باعث کاهش وزن و سبک شدن نمونه‌ها از وزن مخصوص حجمی حدود 1.56 gr/cm^3 به حدود 1.16 gr/cm^3 گردید. سبک شدن محصول، کاهش استحکام شکست سرد از میزان حدود 190 kg/m^2 به حدود 80 kg/m^2 را با خود به همراه آورد.

با مشخص شدن ایجاد خاصیت انعطاف پذیری همراه با سبک کنندگی به وسیله افزودن پالپ به ترکیب، و افزایش استحکام به وسیله افزودن سیمان به ترکیب، مرحله دوم آزمایشات انجام گرفته است. در مرحله دوم ابتدا تاثیر افزودن سریشیم بر روی ترکیبی از ۱۰۰ گرم گچ، ۱۵ گرم سیمان و ۵ گرم پالپ بررسی شد. با افزایش میزان سریشیم از ۵ گرم به ۱۵ گرم، شاهد کاهش آب جذب شده از میزان حدود ۳۸ درصد به حدود ۱۱ درصد و افزایش استحکام شکست سرد از میزان حدود 20 kg/m^2 به حدود 75 kg/m^2 می باشیم.

از افزودنی‌های مورد استفاده برای بهبود استحکام، سیمان پرتلند می باشد. همانگونه که در شکل‌های شماره ۴ تا ۶ نشان داده شده است، طبق انتظار در مقادیر بالای سیمان مصرفی، وزن مخصوص حجمی افزایش یافته است، ولی در عوض باعث بهبود میزان آب جذب شده و استحکام شکست سرد شده است. بهترین میزان استحکام بدست آمده حاصل از افزودن ۱۵ گرم سیمان است. با افزودن ۱۵ گرم سیمان به ملات گچ، استحکام شکست سرد از حدود 200 kg/m^2 به مقدار حدود 285 kg/m^2 افزایش یافته است.



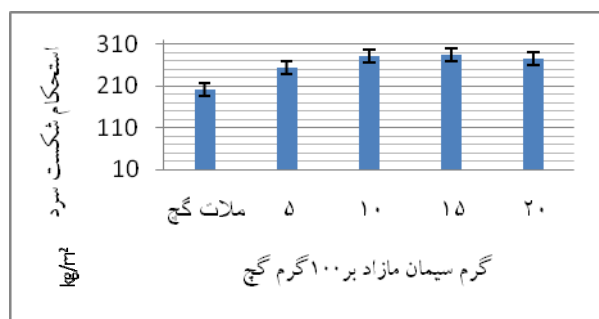
شکل (۷): نمودارهای ستونی تغییرات درصد جذب آب حاصل از افزودن سریشیم به ترکیب ۱۰۰ گرم گچ، ۱۵ گرم سیمان و ۵ گرم پالپ



شکل (۴): نمودارهای ستونی تغییرات درصد جذب آب حاصل از افزودن سیمان به گچ



شکل (۸): نمودارهای ستونی تغییرات استحکام شکست سرد حاصل از افزودن سریشیم به ترکیب ۱۰۰ گرم گچ، ۱۵ گرم سیمان و ۵ گرم پالپ

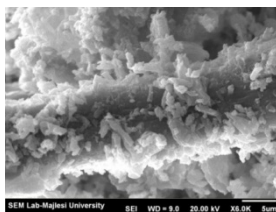


شکل (۵): نمودارهای ستونی تغییرات استحکام شکست سرد حاصل از افزودن سیمان به گچ

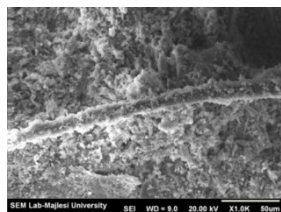


شکل (۶): نمودارهای ستونی تغییرات وزن مخصوص حجمی حاصل از افزودن سیمان به گچ

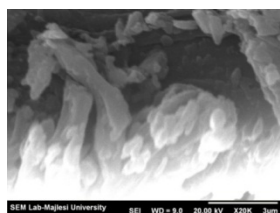
ذرات گچ که به دلیل وجود سریشیم موفق به انجام واکنش با آب نشده اند خود را به صورت فاز Bassanite با فرمول شیمیایی $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ نشان داده اند. این فازها در هر دو نمونه ساخته شده با ۵ و ۱۵ گرم سریشیم وجود دارند.



(ب)

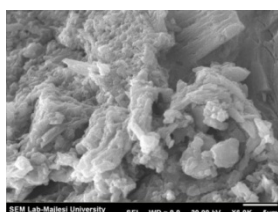


(الف)

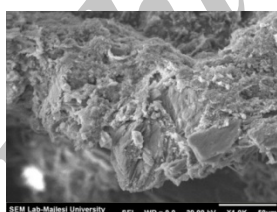


(ج)

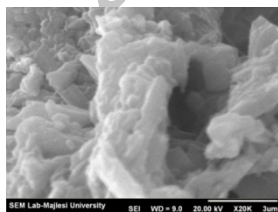
شکل (۱۲): نمونه ساخته شده با ترکیب ۵ گرم سریشیم ۵ گرم پالپ ۱۵ گرم سیمان و ۱۰۰ گرم گچ با بزرگنمایی های ۱۰۰۰ و ۶۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ برابر



(ب)



(الف)

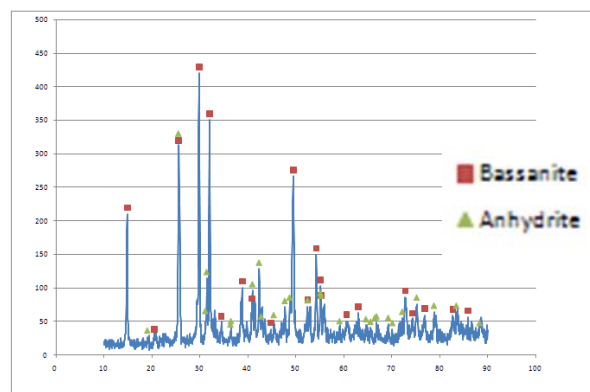


(ج)

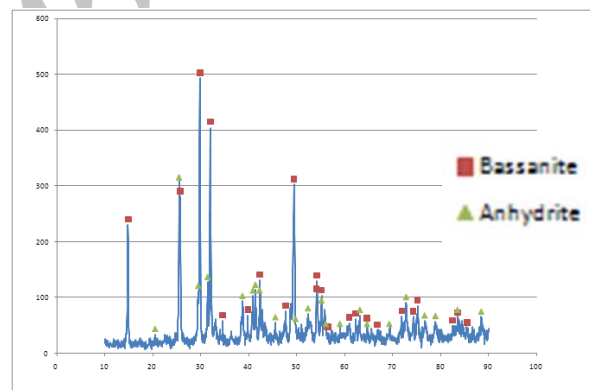
شکل (۱۳): نمونه ساخته شده با ترکیب ۱۵ گرم سریشیم ۵ گرم پالپ ۱۵ گرم سیمان و ۱۰۰ گرم گچ با بزرگنمایی های ۱۰۰۰ و ۶۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ برابر

همانگونه که در شکل های شماره ۱۲ و ۱۳ به وضوح نمایش داده

شکل (۹): نمودارهای ستونی تغییرات وزن مخصوص حجمی حاصل از افزودن سریشیم به ترکیب ۱۰۰ گرم گچ، ۱۵ گرم سیمان و ۵ گرم پالپ نتایج حاصل از پرتونگاری دو نمونه با ۵ و ۱۵ گرم سریشیم در شکل های ۱۰ و ۱۱ ارائه شده است.

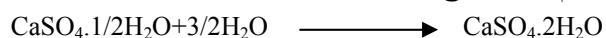


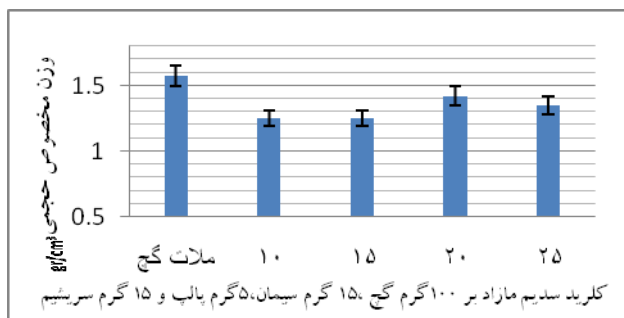
شکل (۱۰): تصویر پرتونگاری نمونه ای با ترکیب ۵ گرم سریشیم و ۱۵ گرم سیمان و ۵ گرم پالپ به همراه ۱۰۰ گرم گچ



شکل (۱۱): تصویر حاصل از پرتونگاری نمونه ای با ترکیب ۱۵ گرم سریشیم ۱۵ گرم سیمان ۵ گرم پالپ به همراه ۱۰۰ گرم گچ

هر دو نمونه دارای دو فاز یکسان Bassanite با فرمول شیمیایی $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ و Anhydrite با فرمول شیمیایی CaSO_4 می باشند. بنابراین تغییرات چشم گیر خواص محصول با افزایش سریشیم مصرفی، به دلیل ایجاد تغییرات فازی نمی باشد. در زمان ترکیب شدن گچ با آب، سریشیم باعث چسبیده شدن ذرات گچ به یکدیگر و دیگر ذرات افزودنی شده و در نتیجه سطح آزاد گچ کاهش می یابد. این امر موجب کاهش انجام واکنش گچ با آب مطابق با فرمول زیر می شود.





شکل (۱۶): نمودارهای ستونی تغییرات وزن مخصوص حجمی حاصل از افزودن کلرید سدیم به ترکیب ۱۰۰ گرم گچ، ۱۵ گرم سیمان، ۵ گرم پالپ و ۱۵ گرم سریشیم

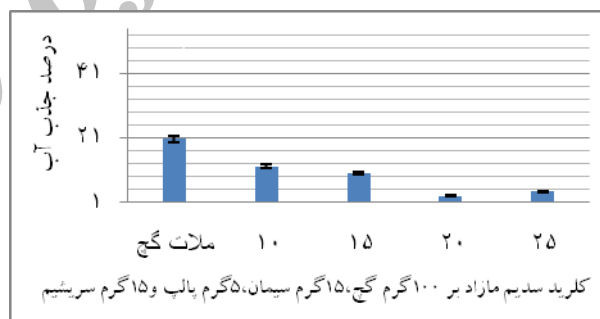
همانطور که در شکل‌های شماره ۱۴ تا ۱۶ مشاهده شد، با افزایش میزان کلرید سدیم مصرفی از میزان ۱۰ گرم، میزان آب جذب شده به شدت کاهش یافته است. با افزایش کلرید سدیم، محصول دارای وزن مخصوص مناسبی می‌گردد و نوع شکست کاملاً نرم شده است. افزایش انعطاف محصول با افزایش کلرید سدیم مصرفی به حدی می‌باشد که در موارد مصرف بیش از ۱۵ گرم کلرید سدیم، دستگاه تست به دلیل تغییر فرم پیوسته و یکنواخت محصول گچی، قادر به تشخیص شکست نبوده و میزان نیروی شکست غیر قابل تعیین می‌باشد.

نمونه‌ای با ترکیب ۱۰۰ گرم گچ، ۱۵ گرم سیمان، ۵ گرم پالپ و ۱۵ گرم سریشیم به همراه ۲۰ گرم کلرید سدیم ساخته شده و تحت پرتونگاری با اشعه ایکس قرار گرفته که نتیجه آن در شکل ۱۷ آورده شده است. نمونه شامل سه فاز Bassanite با فرمول شیمیایی $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ و Anhydrite با فرمول شیمیایی CaSO_4 و فاز Halite با فرمول شیمیایی NaCl می‌باشد.

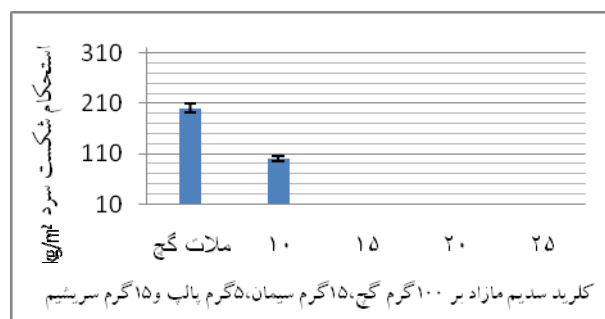
شده است، سریشیم باعث چسبیده شدن ذرات گچ و سیمان به الیاف پالپ شده است. با افزایش میزان سریشیم از ۵ به ۱۵ گرم، میزان افزودنی‌های متصل شده به الیاف پالپ به شدت افزایش یافته و قطر رشته‌های پالپ چندین برابر شده‌اند. با افزایش سریشیم، تقویت الیاف اتفاق افتاده است که عامل اصلی افزایش استحکام شکست سرد محصول می‌باشد.

در زمان تماس محصول با آب، سریشیم موجود در ترکیب به فرم ژله‌ای در می‌آید. سریشیم به صورت هاله ژله‌ای اطراف گچ را می‌پوشاند. این هاله ژله‌ای همچون سدی، مانع جذب آب توسط گچ شده است.

پس از شناخت ترکیب مناسب محصول گچی شامل: سیمان، سریشیم و پالپ، به منظور ایجاد سهولت در عمل‌آوری ملات به دلیل کندگیر بودن سریشیم از تندگیر کننده کلرید سدیم استفاده شد که باعث بهبود دیگر خواص محصول نیز شد.



شکل (۱۴): نمودارهای ستونی تغییرات درصد جذب آب حاصل از افزودن کلرید سدیم به ترکیب ۱۰۰ گرم گچ، ۱۵ گرم سیمان و ۵ گرم پالپ و ۱۵ گرم سریشیم



شکل (۱۵): نمودارهای ستونی تغییرات استحکام شکست سرد حاصل از افزودن کلرید سدیم به ترکیب ۱۰۰ گرم گچ، ۱۵ گرم سیمان و ۵ گرم پالپ و ۱۵ گرم سریشیم

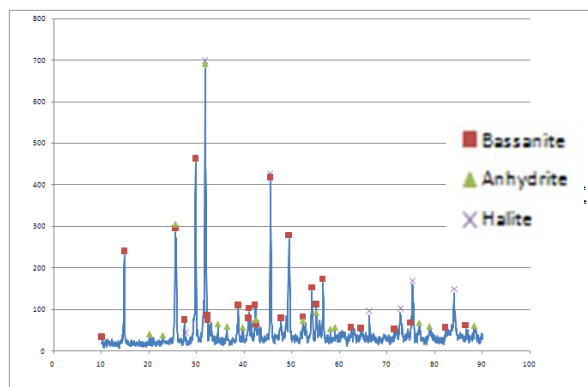
با آب واکنش می‌داد را اکنون با خود در بر گرفته و با ایجاد محلولی با سیالیت بالاتر، توزیع یکنواخت و نفوذ بیشتر سربسیم در بین ذرات گچ و مواد افزودنی را ایجاد می‌کند. در نمونه‌های ساخته شده که فاقد کلرید سدیم می‌باشند، به دلیل عدم توانایی نفوذ سربسیم در بین ذرات، توده‌های بزرگ به هم چسبیده، از گچ و دیگر مواد افزودنی ایجاد می‌شود. اکنون با نفوذ بیشتر سربسیم در بین ذرات گچ و مواد افزودنی، محصولی دارای بافت ظریف که فاصله بین الیاف پالپ در آن کم شده است و تعداد پیوندهای بین الیاف آن بیشتر می‌باشد، مشاهده می‌شود. با توزیع بیشتر سربسیم در گچ به کمک کلرید سدیم، سربسیم تبدیل به ژل شده در حین مواجهه با رطوبت، دارای مقاومت بیشتری بوده و بهتر می‌تواند گچ را در برابر جذب آب پوشش دهد.

با توجه به مشاهده فاز Halite با فرمول شیمیایی NaCl در نتایج حاصل از پرتونگاری نمونه‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که در حین خشک شدن با تبلور بلورهای کلرید سدیم بین الیاف، فاصله ایجاد می‌شود. این امر موجب کاهش وزن مخصوص حجمی محصول می‌شود.

۴- نتیجه‌گیری

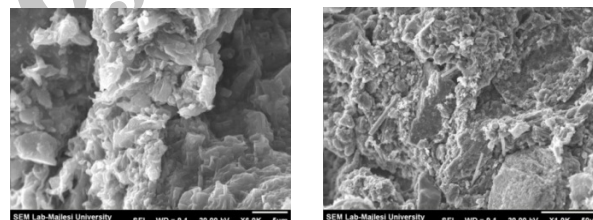
۱- پالپ به صورت سلولزی با الیاف رشته‌ای خود موجب تقویت خواص مکانیکی محصولات گچی خصوصاً انعطاف پذیری آن شده ولی اگر مقدار آن از ۳ درصد افزایش یابد موجب کاهش استحکام شکست سرد می‌شود.

۲- در محصولات مرکب شامل ۱۰۰ گرم گچ، سیمان (۱۵ گرم) پالپ (۵ گرم) به همراه (۵ و ۱۰ و ۱۵ و ۲۰ گرم) سربسیم، وجود سربسیم در مرحله عمل‌آوری گچ و سفت شدن، با چسباندن ذرات گچ به یکدیگر و به افزودنی‌ها، سطح آزاد گچ را کاهش داده و امکان واکنش کامل گچ با آب را از بین برده است. در پراش پرتو اشعه ایکس نمونه‌های ساخته شده، گچ خام با فاز Bassanite مشاهده گردید. سربسیم باعث چسباندن ذرات گچ و دیگر افزودنی‌ها به الیاف پالپ



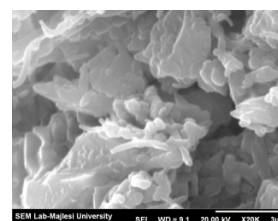
شکل (۱۷): نتیجه حاصل از پرتونگاری نمونه‌ای با ترکیب ۱۵ گرم سربسیم، ۱۵ گرم سیمان، ۵ گرم پالپ و ۲۰ گرم کلرید سدیم به همراه ۱۰۰ گرم گچ.

برای بررسی بیشتر نمونه‌ای با همان ترکیب مجدداً ساخته و تصاویر با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ و ۶۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ برابر توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی از آن گرفته شده است که در شکل شماره ۱۸ نشان داده شده است.



(ب)

(الف)



(ج)

شکل (۱۸): عکس نمونه ساخته شده با ترکیب ۱۵ گرم سربسیم، ۵ گرم پالپ و ۱۵ گرم سیمان و ۲۰ گرم کلرید سدیم به همراه ۱۰۰ گرم گچ با بزرگ‌نمایی‌های به ترتیب ۱۰۰۰ و ۶۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ برابر

در حین فرآیند گیرش، کلرید سدیم بلافاصله پس از تماس با آب، حل می‌شود و محلول کلرید سدیم شکل می‌گیرد. این محلول به عنوان کاتالیزور عمل می‌کند و سربسیم که به سختی

(گک - ۴۵۶) مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تمام صفحات،

۱۳۸۶

[۲] س.بختیاری، ف.جعفرپور و ف.فیروز یار، بررسی خواص برخی

اندوهای گچی مقاوم در برابر آتش، نشریه شماره (گک-۳۸۳)

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تمام صفحات، ۱۳۸۳

[۳] م.عباسیان، مبانی شیمی فیزیک گچ، انتشارات شرکت ایران گچ،

تهران ۱۳۷۱

[۴] ا.حامی، مصالح ساختمانی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران ۱۳۷۶

[۵] ف.جعفرپور، گچ، نشریه شماره ۲۸، مرکز تحقیقات ساختمان و

مسکن، ۱۳۷۲

[6] Waldemar C. Hansen, Westfield, N. J "Water proofed gypsum" United States patent 1,975,787 February. 20,1931

[7] George D.King, Chicago, and Thomas P. "Water resistant cementitious product" United States patent 2,198,776 August. 29,1936

[8] Delbert F. Jurgensen, Jr., Chicago "Water resistant composition board" United States patent 2,269,457 August . 4,1938

[9] Walter D. Buckley, Berkeley and Paul E. "waterproof concrete composition" United States patent 2,483,806 September. 18,1946

[10] Wallace C.Riddell, Berkeley, and George B.Kirk "Water repellent product and process of making same" United States patent 2,597,901 August. 31,1950

[11] Wallace C.Riddell, Berkeley, and George B.Kirk "Cementitious composition" United States patent 2,604,411 July. 10,1950

[12] Allan Ellis Sherr, Norwalk, Conn. "Water resistant plasters" United States patent 3, 333, 974 Nov. 16,1964

[13] Thomas P.Camp, Arlington Heights "Water resistant gypsum products and process of making" United States patent 2,432,963 March. 30,1945

[14] Thomas P.Camp, Arlington Heights "Water resistant gypsum products and method of making" United States patent 2, 526, 538 November. 16,1946

[15] David F.Smith "Bonded plaster of paris bandage" United States patent 3,649,319 June. 1,1970

[16] Simbert W. Maier, Boksbburg; Adriaan J. H. Lamprecht, Alberton, "Gypsum product" United States patent 4,140,536 Feb. 20,1979

[17] Dale R. Greve, Beaverton, Oreg, Eugene D. O'Neill, "Water resistant gypsum products" United States patent 3,935,021 Jan.27.1976

[18] LeionelBorenstein, Laval, "Water resistant gypsum compositions and emulsion for making same" United States patent 5,437,722 Aug. 1,1995

می‌شود. رشته‌های قطور و مستحکم، افزایش انعطاف‌پذیری را به همراه می‌آورد. در حین اندازه‌گیری میزان آب جذب شده محصولات ساخته شده در زمان قرار گرفتن نمونه در آب، سریشیم به صورت هاله‌ای ژله‌ای اطراف گچ را احاطه می‌کند و مانع جذب بیشتر آب می‌شود.

۳- به منظور رفع ایراد دیرگیر بودن ترکیبات ساخته شده با سریشیم از تسریع کننده کلرید سدیم استفاده شد. با افزودن کلرید سدیم به منظور تند گیر کردن ملات، علاوه بر انجام سریعتر واکنش گیرش، بهبود خواص محصول از جمله افزایش انعطاف‌پذیری، کاهش وزن مخصوص حجمی و کاهش آب جذب شده را مشاهده گردید.

۴- کلرید سدیم توزیع سریشیم را یکنواخت تر کرد.
۵- محلول آب و کلرید سدیم به عنوان کاتالیزور عمل کرده و با در برگرفتن سریشیم در خود باعث ایجاد محلولی با سیالیت بالا شده که حاصل آن توزیع بهتر سریشیم در ترکیب است و در ادامه در حین خشک شدن نمونه، بلورهای کلرید سدیم با رشد کریستالی خود از محلول نمکی باعث ایجاد فضای خالی بین ذرات فشرده و کاهش وزن مخصوص حجمی محصول شده‌اند.

۵- تشکر و قدردانی

بدینوسیله کمال تشکر و قدردانی خود را از حمایت‌های جناب آقای مهندس سید ساسان مهرکیان، مدیریت محترم عامل شرکت مهندسی صنعتی فهامه و همچنین جناب آقای مهندس شهرام اکبریان، ریاست محترم گروه مکانیک آن شرکت محترم، که در طی مدت انجام این تحقیق از هر گونه همکاری و مساعدت خود دریغ نمودند اعلام میدارم. همراهی صمیمانه ایشان، بسیاری از سختی‌ها را برایم آسان نمود و فرصت انجام این تحقیق ایجاد گردید. توفیق روز افزون برای ایشان خواستارم.

۶- مراجع

[۱] ف.جعفرپور، س.بختیاری، ف.فیروز یار و س.سیاهپوش، اصلاح

برخی خواص گچ ساختمانی به وسیله مواد افزودنی، نشریه شماره

- [19] Laurence Anthony Sinnige, "Wax emulsion composition for imparting water repellency to gypsum" United States patent 5,968,237 Oct. 19,1999
- [20] Laurence Anthony Sinnige, "Wax emulsion formulation and gypsum composition containing same" United States patent 6,890,976 B2 May 10,2005
- [21] Dwight G. Seller, Fort Dodge "Method of manufacturing a water resistant gypsum composition" United States patent 5,135,805 Jul. 27,1990
- [22] Masumi Saito, Kobe, Eiichi Hirari, Takarazuka, Masao Endo, Toru Nishino, "Waterproof gypsum molded product" United States patent 4, 341, 560, Jul. 27,1982
- [23] James H. Merrifield, Ballston Spa "Water repellent wallboard" United States patent 5,366,810 Oct. 9,1992
- [24] Hans Horst Steinbach, Gladbach "Production of water repellent molding from plaster" United States patent 4,643, 771 Jul. 25,1985
- [25] Dieter Gerhardinger, Richard Weidner, Hans Mayer "Process for the water repellent impregnation of plaster" United States patent 5,626, 668 Apr. 25,1996
- [26] Daniele Olivieri, San Giuliano Milanese "Safety method and device for full voltage power supply to a user apparatus only when required, and control assembly comprising such a safety device" United States patent 6,100,607 May. 22,1998
- [27] Daniel Martin, Lyons "Plaster based prefabricated structural element exhibiting water resistance" United States patent 6,569,541 Feb. 10,2000
- [28] SrinivasVeeramasuneni, Kathryn Capacasa, "Method of making water resistant gypsum based article" United States patent US 2006/0035112 A1, Dec. 16,2006
- [29] William Kinkade, Lisle, "Accelerator for gypsum plaster" United States patent 3,573, 947 Aug.19 1968
- [30] Steven Wantling "Wax emulsion presevative compositions and method of manufacture" United States patent US 7,294,189 B2, Nov. 13,2007
- [31] Steven Joseph Wantling, Bonnie SherrardZepka "Water resistant gypsum formulation" United States patent US 6,663,707 B2 Dec. 16,2006
- [32] Steven Wantling "Wax emulsion presevative compositions and method of manufacture" United States patent US 7,294,189 B2, Nov. 13,2007
- [33] Steven Wantling "Wax emulsions for gypsum products" United States patent US 7,374,610 B2, May 20,2008
- [34] David W. von Endt and Mary T. Baker "The Chemistry of Filled Animal Glue Systems" M AY. 27, 2007