



## بررسی تولید سنگ مصنوعی و مقایسه آن با دیگر محصولات مشابه ساختمانی

کیوان حبیبی کیلک<sup>۱</sup>، احمد حاجی زاده<sup>۲</sup>، اسعد رحیمی دهگلان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد مکانیک سنگ، دانشجوی دانشگاه زنجان

<sup>۲</sup> کارشناس ارشد عمران - نقشه برداری - ژئودزی، دانشجوی دانشگاه زنجان؛

<sup>۳</sup> کارشناس ارشد عمران - سازه، دانشجوی دانشگاه زنجان؛

Kayvan.habibi@yahoo.com ؛

### چکیده

بهبود مصالح ساختمانی از دیر باز مورد توجه مردمان در سراسر جهان بوده است. در گذشته به دلیل دسترسی و فراوانی سنگ از آن به عنوان مصالح اصلی در بنا حتی به صورت دیوار خشک چین هم استفاده می گردید. از ده ۶۰ میلاد برای اولین بار در کشور ایتالیا نوع جدیدی سنگ ارائه گردید که در عین دارا بودن خصوصیات سنگ طبیعی، پروسه استخراج دشوار و هزینه های زیاد فراوری سنگ طبیعی را نداشت و به راحتی حتی با ضایعات سنگ طبیعی نیز قابل تولید بود. امروزه از سنگ مصنوعی در طیف گسترده ای عم از نمایی داخلی و خارجی، کف ساختمان و در اشکال مختلفی چون گلدان و شومینه و غیره بهره گرفته می شود. سنگ مصنوعی با پیشرفت روز افزون بشر سبب شده تا هم از لحاظ ظاهر و هم کیفیت به سنگ طبیعی نزدیک گردد و حتی در برخی موارد از آن پیشی بگیرد. با توجه به بهبود کیفیت سنگ تلاش گردیده تا تولید این محصول به صورت مکانیزه و با کمترین دخالت فرد دنبال گردد که این معقوله درصد خطایی فردی را به حداقل رسانیده است. فرآیند تولید سنگ مصنوعی به طور کلی شامل سه مرحله تهیه و مخلوط کردن مواد، برش بلوک و سیقل ان با توجه به نیاز بازار تقسیم بندی می گردد. طرح اختلاط سنگ مصنوعی نیز به دو روش سنگ مصنوعی پایه سیمانی و سنگ های مصنوعی پایه رزینی طبقه بندی می گردند. در ساخت سنگ مصنوعی اگر چه از مواد طبیعی استفاده می گردد اما این امکان وجود دارد که با تغییر در رنگدانه ها و افزودن آنها طرح های مختلفی را از سنگ مصنوعی ایجاد نمود. امروزه در تولید سنگ مصنوعی شاهد حضور برخی مواد چون خاکستر و باطله های معدنی و صنعتی نیز هستیم که تا قبل از این نگهداری و فراوری ان ها به مواد ارزشمند تر یک معضل بزرگ تلقی می گردید.

واژه های کلیدی: سنگ مصنوعی، سنگ طبیعی، تولید سنگ، مصالح ساختمانی.



## ۱-مقدمه

ایران چهارمین تولید کننده سنگ تزئینی فرآوری نشده در دنیا است که نزدیک به ۹ درصد تولید جهانی را در اختیار دارد. بر اساس آمارهای جهانی در سال ۲۰۱۴ بیش از ۱۳ میلیون تن سنگ تزئینی فرآوری نشده از معادن ایران استخراج شده است [6] به دلایل مختلف نظیر عدم استفاده از تکنولوژی های و ماشین آلات مدرن در استخراج و فرآوری سنگ، حمل و نقل نامناسب، عدم آموزش مناسب و استفاده از نیروهای غیر متخصص و ماهر، سالانه بخش عظیمی از منابع سنگ در مرحله معدنکاری و فرآوری سنگ به ضایعات تبدیل می شود [7] در کشور امریکا از واژه اگلومرا برای معرفی این سنگ استفاده می گردد. سنگ مصنوعی برای نخستین بار در ده ۶۰ میلادی از قرن بیستم در کشور ایتالیا معرفی شد و شرکت بریتون امتیاز ثبت این نوع محصولات را بر عهده دارد. سنگدانه کوارتزیتی و سنگدانه اهن مرمیتی با سختی به ترتیب ۷ و ۳ در مقیاس موس، پایه اصلی تهیه سنگ های مصنوعی هستند امروزه شرکت های متعددی در جهان و ایران بر مبنای همان الگوهای اولیه نسبت به تولید سنگ مصنوعی به طور انحصاری می پردازند [2] در سال ۲۰۰۳ استیون و ویلکنسون موفق به تولید سنگ مصنوعی از دانه های کوارتز همراه با رنگ دانه ها کریستالی با یک رزین پلی استری شدند. محصول به دست آمده از این فرآیند به عنوان سنگ تزئینی استفاده شد. در این سنگ ابعاد مختلفی از مواد گوناگون مانند سیلیس، شیشه، گرانیت، کوارتز، فروسیلیکون و دیگر مواد مثل پلاستیک ها، خرده سنگ های مرمیتی و خرده فلزات استفاده شد. مواد مذکور همراه با یک رزین مایع و کبالت به عنوان کاتالیزور مخلوط خمیری را تشکیل دادند. در این پروسه مخلوط خمیری به درون مخزن ریخته شده و در دمای اتاق تحت ارتعاش و ویبره قرار می گیرد تا به اندازه کافی یکنواخت شده و مخلوط همگنی به دست آید، بعد از این مرحله مخلوط همگن توسط نوار نقاله به محیط قالبگیری انتقال پیدا کرده و به صورت تخته سنگ های مسطح و صفحه ای قالبگیری می شود. بعد از قالبگیری فرآیند و بیره تحت شرایط خلا صورت می گیرد. به منظور انجام فرآیند بسپارش قالب ها درون خشک کن تحت دمای ۶۵ درجه سانتیگراد به مدت ۸۰ دقیقه قرار می گیرند، بعد از این مراحل صفحه تولید شده کالیبره شده و صیقل داده می شود و در اتمام پروسه به اندازه های دلخواه بریده می شوند [3] با پیشرفت بشر در حوزه ساختمان به ویژه در زمینه های مصالح ساختمانی و صنایع وابسته تحول بزرگی در صنایع و معادن پدیدار شد. تلفیق علوم مختلف و بکار گیری آنها کمک شایانی به تنوع مصالح ساختمانی و کیفیت آنها را موجب گشت. ساخت سنتز های شیمیایی و احیای مواد معدنی از طریق فعل و انفعالات شیمیایی، یکی از کارکردهای شیمی پلیمر در عصر کنونی است، شاید ترکیب عناصر و مواد معدنی با یکدیگر و تولید مواد جدید ترکیبی تحت عنوان کامپوزیت ها مهم ترین تحول علمی قرن بیستم باشد. همچنین ترکیب مواد طبیعی بازیافتی با بستری از مواد چسبیده منجر به تولید مصنوعی ویژه با کارایی متنوع شده است. در این ترکیبات معمولاً از رزین ها به عنوان مواد بستر یا چسبیده استفاده می گردد. لازم به ذکر است مواد طبیعی بازیافتی، موادی می باشند که پس از یک پروسه تولیدی، از مواد اولیه طبیعی به صورت ضایعات باقی می ماند و سپس در طی یک فرآیند بازیافتی قابل استفاده می شوند. آلن کاروالو و همکاران در سال ۲۰۱۹ توانستند در محیط خلا و با فشرده سازی و لرزش از زباله های معدن مجدد در تولید سنگ های مصنوعی استفاده نمایند. [10]

## ۲-سنگ مصنوعی

فناوری تولید سنگ به روش صنعتی از سال ۱۹۶۰ در کشور ایتالیا شروع شد. اولین کارخانه تولید سنگ مصنوعی در ایتالیا تالیس شد. مواد اصلی که در ساخت سنگ مصنوعی به کار رفت شامل ماده معدنی، پرکننده ها، چسب ها، زنگدانه ها و افزودنی ها بود. [8] سنگهای مصنوعی ترکیبات سنگی چگالی بالایی هستند که تحت خلا فابریک شده و ترکیبی از مواد سنگی طبیعی مختلف با یکدیگر به وسیله چسب های ساختاری می یابند. وزن ترکیبات سنگ بین ۹۱ تا ۹۶ درصد وزن کل سنگ را



# ماهنامه علمی تخصصی پاپا شهر



تشکیل می دهد. وزن مخصوص آگرگات ها  $2700 \text{ gr cm}^3$  است. بسته به طبیعت مواد بکار رفته در سنگ در هر ترکیب، سنگهای مصنوعی می توانند به طریق زیر تعریف شوند:

-سنگ های مرمریتی : که حاوی سنگ مرمر و دیگر سنگهای آهکی است.

-سنگ های گرانیتی : که ترکیبی از کوارتز، کوارتزی، سیلیکاتی، گرانیت، پرفیرفری و دیگر سنگ های سیلیکاته ها می باشند. انتخاب مواد سنگی بستگی به سیمای نهایی محصول تولید شده دارد [1]. مواد بکار رفته در این سنگ ها تماماً کیفیتی مبتنی بر ملاحظات محیطی و انسانی، دارند رنگ دانه های اکسید آهن رنگ مورد نظر را به این سنگ ها می دهد. ترکیبی که از این راه به دست می آید در قالب هایی ریخته می شود که دارای نقش و نگارهای سنگهای طبیعی می باشند و به این سنگ ها سیمایی کاملاً طبیعی می دهد [9]. به دلیل وزن پایین نسبت به سنگ های طبیعی و ضخامت کمتر آن به ما این اجازه را می دهد که سه برابر سنگ های طبیعی بتوانیم از سنگ مصنوعی در بنا ها استفاده نماییم، همچنین رنگ سنگ های مصنوعی در دراز مدت از بین نمی رود چون که رنگ این سنگ ها در حین قالبگیری کاملاً پخش شده و ساختار آن را تشکیل داده است. تجربیات کاری بیانگر آن بوده که حتی در گذر زمان تحت شرایط محیطی مختلف از جمله فصول سرد گرم سال تغییر قابل ملاحظه در ظاهر و پایداری آن دیده نشده است. امروز از سنگ مصنوعی به عنوان نمایی داخلی و خارجی ساختمان به در رنگ ها و طرح های متنوع به صورت گسترده استفاده می شود.



شکل (۱): چند نمونه سنگ مصنوعی

### ۳- مواد تشکیل دهنده:

به طور معمول سنگ مصنوعی از مواد طبیعی و شیمیایی مختلفی تشکیل شده و حضور هر یک در ترکیبات آن ها ضروری می باشد. مواد تشکیل دهنده سنگ مصنوعی به شرح زیر می باشد:

### ۳-۱- مواد معدنی زمینه

مواد معدنی زمینه باید دارای مشخصات به خصوصی باشند از جمله اینکه دارای وزن پایین و مقاومت بالا در برابر دما و فشار را از خود نشان دهند. مواد مذکور امکان دارد آهکی بوده به مانند مرمر، مرمریت، و دیگر سنگ های آهکی باشند و یا سیلیکاته چون: گرانیت، بازالت، کوارتز، سیلیس و غیره باشند. مواد معدنی زمینه معمولاً به شکل دانه های ماسه در اندازه های ۵ میلیمتر و حتی ریز تر بکار برده می شوند. این مواد حاصل خردایش قطعات بزرگتر سنگ های معدنی باشند.



### ۳-۲- مینرال ها و مواد پر کننده

کانی های پرکننده اگر با رزین مخلوط شوند ، چسب های پایه رزینی را تشکیل می دهند. مواد معدنی و سنگی کاملاً خرد شده با جنس های متفاوت می باشند. بطور طبیعی، کربنات های کلسیم برای سنگ هایی مورد استفاده قرار می گیرند که ماده معدنی زمینه سنگ آهکی باشند [4]. مینرال های پرکننده مانند ماده معدنی زمینه بطور وسیعی در ترکیب مواد خام بکار می روند. کانی های پرکننده مواد معدنی و سنگی کاملاً خرد شده با جنس های متفاوت می باشند. این مواد می توانند مانند ماده معدنی زمینه بطور وسیعی در ترکیب مواد خام بکار پودر سیلیس، قطعات فلزی، پودر شیشه، آئینه و غیره باشند.

### ۳-۳- چسبانندها

چسباننده ها دو نوع اند یا اشباع اند یا غیر اشباع، رایج ترین چسب ارگانیکی که مورد استفاده قرار می گیرد رزین پلیمری غیراشباع با فرمولی بسیار مناسب برای تولید محصولات سنگ مصنوعی است. آن چه بطور گسترده مورد استفاده قرار میگیرد رزین آمده - پلی استر غیراشباع " اورتوفتالیک " با حداقل واکنش می باشد. رزین های پلی استری به دو گروه اصلی تقسیم می شوند:

(۱) پلی استرهای اشباع، که پلیمرهای آلیفاتیک یا آروماتیک می باشند و دارای گروه های انتهائی هیدروکسیل یا کربوکسیل هستند.

(۲) پلی استرهای غیراشباع، که کارائی مشابه داشته اما شامل باندها و پیوندهای غیراشباع می باشند. رزین پلیمری غیراشباع ، دارای ترکیبات ساختاری رزینی هستند که همراه با پرکننده ها برای چسباندن دانه ها بکار می روند و پس از سخت شدن، پرکننده ها و آگرگات ها را کاملاً بهم فیکس می نمایند و سنگی فشرده و مقاوم را به وجود می آورند، رایج ترین چسب ارگانیکی که مورد استفاده قرار می گیرد مناسب برای تولید محصولات سنگ مصنوعی است. به علت وجود اجزاء تکنیکی در آنها، آنها در مناطق با تکنولوژی بالا مورد استفاده قرار می گیرند . مانند اتومبیل سازی و علوم وابسته به ساختمان ها و صنایع ترکیبی. در تکنولوژی سنگهای مصنوعی به منظور تولید بلوکها این اجازه داده می شود تا هم از چسبهای ارگانیک و رزین های ساختاری و هم از چسباننده های غیرارگانیک (سیمان پرتلند ) بدون هیچ تغییری در پلان تولید استفاده شود البته هر چسباننده ویژگی های خاص خود را به محصول خواهد داد [1].

### ۳-۴- آب

آب مصرفی باید تمیز و صاف بوده و عاری از مقادیر زیان آور روغن ها، اسیدها، قلیایی ها، نمک ها، مواد قندی، مواد آلی یا مواد دیگری باشد که ممکن است به کارهای ساختمانی به ویژه بتن، ملات ها، میلگردها و سایر اقلام مدفون در کار آسیب برسانند . معمولاً آب آشامیدنی زلال، بی بو، بی رنگ، وبدون طعم را می توان در ساخت بتن و ملات در مناطقی که خطر خوردگی وجود نداشته باشد مورد استفاده قرار داد. PH آب مصرفی در بتن نباید کمتر از ۵ یا بیشتر از ۸/۵ باشد، و همچنین ذرات محلول معلق T.D.S. باید بین 1000 ppm تا 2000 ppm و همچنین کل یون سولفات باید معادل 1000 ppm تا 2000 ppm باشد [5].

### ۳-۵- رنگ ها

در تولید سنگ مصنوعی از رنگدانه ها مصنوعی و طبیعی استفاده می گردد. رنگدانه ها در دو مرحله مورد استفاده قرار می گیرند در هنگام فرآیند اختلاط مواد اولیه سنگ و یا به هنگام مرحله پرداخت جهت ایجاد شکل رگ ها لعاب زنی رویه . سنگ های طبیعی دارای رگ های معدنی هستند که ذاتن موجب هاله یا موجی متفاوت نسبت به رنگ سطح سنگ قابل انتظار می شوند. رنگ های تیره از نواقص سنگ های طبیعی می باشند، که این نقص را بطور مشهود در سنگ های گرانیت و مرمریت می



توان مشاهده کرد. معمول ترین رنگدانه های استفاده شده در تولید سنگ مصنوعی، اکسیدهای فلزی پودر شده می باشند و به عنوان رنگ های صنعتی در بازار موجود اند ساختار شیمیایی غیر قابل تغییر رنگدانه های سنگ مصنوعی باعث گشته که، این اکسیدهای فلزی به مرور زمان تغییر رنگ نداده و بتواند ساختار خود را حفظ نماید همچنین این رنگدانه ها چون در مقدار کم استفاده می شوند و به عنوان مواد افزودنی لحاظ می گردند نیازی نیست که در طرح اختلاط مقدار وزنی آن لحاظ شود.

### ۳-۶- افزودنی ها

مواد گوناگونی هستند که با توجه به نیاز به مقدار بسیار کم به ترکیبات سنگ اضافه می گردند. کاتالیست ها و پروموتورها یا به اصطلاح برای سخت کردن رزین به مخلوط اضافه می شوند. که بین ۵/۰ تا ۱ درصد ترکیب وزنی مخلوط را تشکیل می دهند، همچنین عناصر دیگری به منظور جلوگیری از پوسیدگی و یا مواد واثرپروف به منظور نفوذ ضد آب کردن سنگ در حجم کم استفاده می شود.

### ۴- مراحل تولید سنگ مصنوعی :

سیستم تولید سنگ مصنوعی دارای تکنولوژی انحصاری می باشد. که فشرده سازی تحت شرایط خلاء و ایجاد فشار و لرزش است که این امکان را می دهد تا با ترکیبات خشک مواد مخلوط شده شکل گرفته و به سنگ ترکیبی با کیفیت بسیار بالایی تبدیل شود. سنگ مصنوعی می تواند مستقیماً به اسلب هایی با ابعاد و ضخامت های متفاوت تبدیل شود و یا به بلوک هایی با مکعب هایی مختلف که بعداً بریده شده و به ضخامت های متفاوت درآید [1].

## مرحله اول

- ساخت قالب
- آماده نمودن مواد، میکس نمودن مواد، فرآیند ویبره و پرس، خشک کردن.

## مرحله دوم

- برش دادن بلوک
- برش واماده سازی نمونه با توجه به تقاضایی بازار

## مرحله سوم

- پرداخت و صاب دادن
- فرآیند صاب دادن و ابزار کاری با توجه به نیاز موجود.

### جدول (۱): مراحل تولید سنگ مصنوعی

شناخت صحیح مقاومت مصالح ساختمانی و کنترل کیفیت آن به هنگام تولید به عنوان مسئله مهم و کاربردی می توان تلقی نمود، از بکارگیری روش های متعدد و مقایسه آنها می تواند دقت ارزیابی را بهبود بخشد. در این مقاله دو روش تولید سنگ مصنوعی پیشنهاد شده که به شرح زیر است:



## ۴-۱- پایه سیمان:

سنگ مصنوعی روش های مختلفی را با ترکیبات گوناگون شامل می گردد، روش پایه سیمانی در واقع برگرفته از روش ساخت سمت پلاست می باشد که امیخته ای از مواد طبیعی و شیمیایی بوده و با استفاده از تغییر در بافت مولکولی سیمان به پلیمریزاسیون تبدیل می شود. در پلیمریزاسیون می توان شکست پیوند رنگ های نامحلول را به وجود آورد و با بهره گیری از روش های خاص، طرح های طبیعی متنوعی را ساخت. با انجام این فرآیند شیمیایی محصول نهایی کیفیتی دو برابر سنگ طبیعی خواهد داشت به نحوی که چسپندگی و مقاومت فشاری بالا، جذب آب پایین و خواص متعددی را در ساختار خود خواهد داشت. برای تولید سنگ با استفاده از روش پایه سیمانی در مرحله اوب سنگدانه، سیمان، روان کننده و آب در داخل یک دستگاه میکسر مخلوط می شوند همچنین رنگ نیز به مرور به آن اضافه می گردد. پس از میکس شدن مواد آن را داخل قالب ریخته و به وسیله دستگاه ویبره تحت لرزش قرار می دهیم تا تمام سطح قالب به صورت یکنواخت از ماده مخلوط شده احاطه شود. پس از مرحله ویبره کردن قالب های محتوی سنگ مصنوعی را به داخل کوره یا گرم خانه به مدت ۲۴ ساعت انتقال می دهیم تا خوب خشک شود، پس از مرحله خشک شدن سنگ را از قالب جدا می نماییم. حال می توان سنگ مصنوعی تولید شده را بسته بندی نموده و روانه بازار نمود. به سبب شکل پذیری و تنوع طرح های می توان با روش پایه سیمانی ایجاد کرد، سمت پلاست را می توان در طیف محصولات گوناگون تولید و عرضه نمود.



شکل (۱): یک کارگاه تولید سنگ مصنوعی به روش سنتی

## ۴-۲- پایه رزین:

سنگ مصنوعی پایه رزینی گونه دیگر از سنگ مصنوعی بوده و حاصل فرآیند شیمیایی می باشد که در آن رزین پلیستر غیر اشباع نقش مهمی ایفا می کند. در گام نخست تولید سنگ مصنوعی به شیوه پایه رزینی، سنگدانه های کوارتزی یا مرمریتی را در دستگاه میکسر ریخته سپس رزین پلیماستر غیر اشباع یا اپوکسی را به آن اضافه می نمایند، پس از چند دقیقه مخلوط نمودن رنگ را به آرامی به آن اضافه می کنند. در برخی موارد به جای مواد سنگدانه کوارتز یا کلسیتی ای از شیشه های رنگ، خرده فلزات یا پلاستیک نیز در ترکیبات استفاده می کنند. توجه داشته باشید نسبت رزین مورد استفاده به سنگدانه به طور معمول ۹۰ به ۱۰ است. حال پس از اضافه نمودن رزین به منظور سخت کردن مخلوط از هاردنر (متیلاتیلکتون پر اکسید)



# داهانه علمی تخصصی پاپا شهر



استفاده می کنند. در گام بعدی مواد ترکیب شده را داخل قالب می ریزیم و ویبره می نماییم. سپس مواد را تحت فشار پرس می نماییم، پس از سخت شدن سنگ در گام بعدی بلوک خام را به مدت ۱۰ ساعت در کوره قرار خواهند داد. در مرحله آخر سنگ مصنوعی تولید شده را از قالب جدا کرده و ساب و پولیش می دهند، سپس در ابعاد دلخواه آن را برش داده و به بازار مصرف ارسال می نمایند.

## ۵- عوامل موثر بر تولید سنگ مصنوعی:

مهم ترین عامل تاثیر گذار بر تولید سنگ مصنوعی وابستگی به مواد اولیه می باشد. از عوامل تاثیر گذار دیگر می توان به :

- نوع رزین بکار رفته
- ماندگاری رنگ
- طرح اختلاط مواد
- نوع ماده زمینه ( شن و ماسه ، شیشه ، سنگریزه و غیره...)
- آب و هوا
- محل قرار گیری سنگ مصنوعی
- و غیره.... را می توان اشاره نمود.

آجر	سنگ طبیعی	سنگ مصنوعی	مواد مقایسه
*	***	*	ضایعات
***	***	**	وزن
***	***	*	اتلاف انرژی
***	**	*	فرسایش
***	**	*	جذب آب
*	**	***	تنوع
***	***	*	هزینه تولید
*	***	*	قابلیت بازیافت

جدول شماره (2): مقایسه سنگ مصنوعی ، آجر و سنگ طبیعی

شاخص بیانی: کم\* -متوسط\*\* -زیاد\*\*\*

## ۶- نتیجه گیری و مقایسه :

- ۱-تنوع بالایی سنگ مصنوعی نسبت به سنگ طبیعی و دیگر مصالح ساختمانی مشابه.
- ۲-قیمت تمام شده پایین سنگ مصنوعی نسبت به دیگر مصالح ساختمانی هم در نما داخلی و هم در نمایی خارجی .
- ۳-امکان تولید سنگ مصنوعی در اشکال و ابعاد گوناگون با کاربری های مختلف از جمله شومینه ، نگاره برجسته،گلدان و



غیره... .

- ۴- جذب آب پایین و استحکام بالا در فصول سرد سال ، عدم یخ بستن و ترک خوردن.
- ۵- نداشتن هزینه های چون استخراج سنگ ، برش کاری در ابعاد کوپ نسبت به سنگ طبیعی.
- ۶- کمک به حفظ محیط زیست با ترکیب باطله مواد معدنی و صنعتی در طرح اختلاط سنگ مصنوعی.
- ۷- ضایعات پایین سنگ مصنوعی نسبت به سنگ طبیعی.
- ۸- در سنگ طبیعی همه (کوپ) سنگ ، محصول یکنواخت را نمی دهد به همین جهت آن را سورت بندی می کنند، اما در سنگ مصنوعی محصول نهایی یک نواخت و یک شکل می باشد.

## ۶- پیشنهادات

- تولید سنگ مصنوعی از ضایعات معادن.
- بررسی پتانسیل تبدیل سیانور واحد های استحصال طلا به سنگ مصنوعی.
- بررسی مواد چسبنده جدید به جای پلی استر غیر اشباع.
- ارائه طرح اختلاط و دانه بندی مناسب جهت تولید سنگ مصنوعی.
- بررسی بازار هدف سنگ مصنوعی و قیمت تمام شده محصول.

## ۷- مراجع

- [1] امیری، علیرضا و افشارزاده، احسان و نیکان سرشت، رشید، ۱۳۸۸ "سنگ مصنوعی و تکنولوژی ساخت آن" دانشگاه آزاد محلات.
- [2] بابا آدم، نیلوفر و همکاران، ۱۳۹۵ "تاثیر جنس سنگدانه های سیلیکاته بر خصوصیات مهندسی سنگ مصنوعی" نهمین همایش ملی زمین شناسی و محیط زیست ایران ۱۳۹۵.
- [3] فضلوی، ع. "اکولوژی و معدنکاری" جزوه در محیط زیست در معادن، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین ۱۳۹۰
- [9] پیری، مصطفی و همکاران، "تولید سنگ مصنوعی با استفاده از باطله های معدنی"، دومین همایش ملی برنامه ریزی حفاظت محیط زیست و توسعه پایدار، ۱۳۹۳.
- [10] حساملی، ناصر، "ارزیابی مقاومت فشاری بتن سبز ساخته شده با خاکستر بادی و سنگدانه های بازیافتی با نگرشی بر محیط زیست"، هفتمین کنفرانس ملی عمران، معماری و توسعه شهری، ۱۳۹۸.

[۴] M. Gussoni, Annual Report and Prospects for the International Stone Trade (Stone sector 2016) by Internazionale Marmi e Macchine (IMM), Italy (2016).

[۵] K. Barani, Stone industry in Lorestan province, problems and solutions (in persian), The International Congress of Investment Opportunities, Province of Lorestan. (۲۰۱۵)

[۶] Cruz. June ,Maceal (ES), 2010, "Process for manufacturing Outdoor Artificial Stone Boards with Methacrylate Resin by Means of the Vibro-Compression under Vacuum System".





- [7] Topcu, I. B., Saridemir, M., "Prediction of Compressive Strength of Concrete Containing Fly Ash Using Artificial Neural Networks and Fuzzy Logic", *Computational Materials Science*, (2008), 41(3), 305-311.
- [8] E. A. S. Carvalho (B) · J. P. B. Magalhães · R. J. S. Rodriguez · E. A. Carvalho · C. M. Fontes Vieira  
Advanced Materials Laboratory – LAMAV, State University of the Northern Rio de Janeiro– UENF, Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes 28013-602, Brazil.