بررسی و بهینه‌سازی مصرف گچ بتا در صنایع چینی بهداشتی

محمود شیخ عطار*[۱] و مهدی شعبانی[۲]

چکیده

از آن‌جا که در صنایع چینی بهداشتی ایران، ریخته‌گری به روش دوغابی سنتی انجام می‌گیرد، لذا قالب‌های گچی نقش اساسی در کیفیت محصول نهایی دارند. بنابراین، قالب‌های گچی در این صنعت از نظر طول عمر، جذب آب و سطح تمام شده دارای اهمیتی ویژه می‌باشند که بهینه سازی این فراسنج‌ها، به یک سری عوامل موثر ذاتی گچ همچون استحکام، دانه بندی، جذب آب، ضریب نفوذ پذیری، سیالیت، زمان گیرش گچ قالب‌سازی و هم‌چنین، برخی شرایط ساخت قالب گچی مانند دور هم‌زن، مدت زمان هم‌زدن، دمای آب، سختی آب و روش خشک کردن قالب بستگی دارد. در این پژوهش، ابتدا به بررسی ویژگی‌های ذاتی گچ و اثر آن بر کیفیت قالب پرداخته شده است و پس از انتخاب گچ مناسب، اثر عوامل حین ساخت، مورد بررسی قرار گرفت. سپس با توجه به امکان تغییر این فراسنج‌ها، قالب گچی با ویژگی‌های مناسب جهت تولید چینی بهداشتی ساخته شد.

واژه‌های کلیدی: گچ قالب‌سازی، زمان گیرش، چینی بهداشتی

۱- کارشناس پژوهش و توسعه‌ی گلسار فارس.

۲- دانشجوی دکتری مهندسی مواد از دانشگاه NOVA de پرتغال.

*- نویسنده‌ی مسئول مقاله: attar@golsarfars.ir

Archive of SID

www.SID.ir

پیشگفتار

قالب‌های گچی به دلیل استحکام و جذب آب بالا، به بستری مناسب جهت تشکیل ضخامت کیک در صنعت چینی بهداشتی تبدیل شده‌اند، از سوی دیگر، کیفیت محصولات این صنعت در ارتباط مستقیم با کیفیت قالب گچی می‌باشند. کیفیت قالب‌های گچی یکی از عواملی است که می‌تواند مقدار ضایعات ریخته‌گری و کیفیت محصولات نهایی را در صنایع چینی بهداشتی تحت تأثیر خود قرار دهد[۱]. قالب‌های گچی افزون بر داشتن استحکام مکانیکی و ابعاد دقیق، بایستی با حذف حباب‌های هوا و دیگر عیوب، سطحی صاف و یکنواخت نیز داشته باشند و با وجود داشتن این ویژگی‌ها نقش اصلی‌شان که جذب آب است را بخوبی ایفا کنند تا بتوانند آب دوغاب را از راه لوله‌های مؤئین جذب نمایند[۲].

در این مقاله، جهت بهبود کیفیت قالب‌های گچی، ابتدا اثر عوامل ذاتی گچ همچون زمان گیرش، سیالیت و دانه بندی و سپس عوامل حین فرایند ساخت، مانند دور همزن، مدت زمان هم زدن ، دمای آب و خشک کردن بررسی مورد بررسی قرار گرفتند.

آزمایش‌ها

دانه بندی: برای انجام این آز مون ۱۰۰ گرم از ۴ نوع گوناگون گچ تهیه شد و به مدت ۴ ساعت در گرمکن با دمای ۴۰ درجه‌ی سانتیگراد قرار داده شد تا رطوبت آن از بین برود سپس بر اساس استاندارد ASTM D422-63 با استفاده از الک ویبره‌ی Retsch مدل AS200 با الک‌های ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۷۰، ۱۴۰، و ۴۰۰ مش و به مدت ۱۰ دقیقه با دامنه‌ی نوسان ۱/۵میلی‌متر توزیع دانه بندی این گچها ترسیم شد [۳]. سپس از هر نمونه بر اساس استاندارد ASTM C293-08 با نسبت گچ به آب ۱۳۰ به ۱۰۰ (آب مقطر)، دور همزن ۷۵۰ دور بر دقیقه و به مدت ۱ دقیقه تحت خلاء تیغه‌های استحکام با ابعاد ۱/۵× ۲/۵ × ۱۵ سانتیمتر تهیه گردید[۴]. پس از گیرش، تیغه‌ها به مدت ۱ روز در دمای ۴۰ درجه‌ی سانتیگراد خشک شد و مورد آزمون استحکام با بارگذاری ۳ نقطه‌ای به وسیله‌ی دستگاه استحکام سنج MOR/4-DR شرکت Ceramic Instrument قرار گرفتند.

آزمون جذب آب مطابق با استاندارد ASTM C373 - 88(2006) از نمونه‌های شکسته شده‌ی آزمون قبل، انجام شد [۵].

پس از انتخاب گچ مناسب، جهت اطمینان از خلوص، گچ به‌وسیله‌ی دستگاه XRD مدل Siemens D500 آنالیز شد. نتایج در شکل یک قابل مشاهده است و آنالیز شیمیایی این گچ به شرح جدول ۱ می‌باشد.

مقدار خلوص این گچ تقریباً ۹۶ درصد محاسبه می‌شود که بر اساس استاندارد ASTM C472-84 برای قالب‌سازی مناسب است [۵]. پس از اطمینان از خلوص گچ، به بررسی عوامل مؤثر بر کیفیت قالب‌ها در حین ساخت آن‌ها پرداخته شد:

اثر دور همزن و مدت زمان همزدن بر زمان گیرش: نمونه‌های گچ تهیه شده و مطابق با جدول ۲، تمام موارد ثابت فرض شده، اما دور همزن در محدوده‌ی ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ دور بر دقیقه مورد آزمایش قرار گرفت. آزمون گیرش گچ به روش ویکات مطابق با استاندارد ASTM C150-07 صورت پذیرفت[۶]. همین آزمون با دور همزن ثابت در مدت زمان‌های ۱ تا ۴ دقیقه انجام شد.

اثر نسبت گچ به آب: پس از تهیه‌ی نمونه‌های گچ، آزمون گیرش، استحکام و جذب آب برای نسبت‌های گچ به آب ۱/۱ تا ۱/۶ انجام گرفت.

اثر دمای آب: نمونه‌های گچ مورد نظر در مراحل قبل با دمای آب ۶ تا ۷۰ درجه‌ی سانتیگراد مورد آزمون قرار گرفتند.

در تمامی آزمایش‌های بالا جهت از بین بردن اثر سختی آب به عنوان عاملی مؤثر در زمان گیرش، از آب مقطر استفاده شد.

بحث در نتایج

همان گونه که در شکل دو مشاهده می‌شود، دانه‌بندی ذرات گچ با درصد تخلخل ظاهری قالب گچی و در نتیجه قدرت جذب آب آن ارتباط مستقیم دارد، به گونه‌ای که هر چه اندازه‌ی ذرات و توزیع ذرات کوچک‌تر بیش‌تر باشد، تخلل ظاهری و در نتیجه قدرت جذب آب کاهش می‌یابد و بر عکس هر

Archive of SID

www.SID.ir

چه توزیع ذرات درشت‌تر بیش‌تر باشد، جذب آب قالب گچی افزایش می‌یابد[۷].

لذا جهت بهینه سازی کیفیت قالب لازم است تا دانه‌بندی گچ تامین‌کننده‌های متفاوت مورد بررسی قرار گیرد که نتایج آن در شکل سه قابل مشاهده است. از آن‌جا که دانه‌بندی گچ بر قطر و تعداد لوله‌های موئین تشکیل شده و استحکام قالب مؤثر است، لذا در انتخاب دانه‌بندی مناسب باید به حد بهینه‌ای دست یافت. معمولاً برای ریخته گری دوغابی و دستی استحکام گچ بیش از $50 kg/cm^2$ و جذب آب ۳۵ تا ۳۸ درصد مناسب است.

همان گونه که شکل سه نشان می‌دهد، توزیع دانه بندی نمونه‌های A و C به یکدیگر نزدیک‌تر بوده و نسبت به دو نمونه‌ی دیگر دارای توزیع دانه بندی ریزتری می‌باشند و همان گونه که انتظار می‌رفت، نتایج بدست آمده از آزمون‌های استحکام و جذب آب (جدول ۲)، تئوری ذکر شده در بالا را توجیه می‌کند.

با توجه به جدول ۲، نمونه‌ی گچ C دارای استحکام و جذب آب مناسب‌تری می‌باشد. بنابراین، برای سایر آزمون‌ها از این گچ استفاده شد. نتایج بدست آمده از آزمون‌های حین فرایند ساخت قالب در شکل ۴ آمده است، همان گونه که در شکل چهار (الف و ب) مشاهده می‌شود با افزایش دور هم‌زن یا مدت زمان هم‌زدن زمان گیرش و سیالیت گچ کاهش یافته که در واقع علت اصلی آن افزایش تعداد جوانه‌زاهایی است که در اثر هم خوردن وشکسته شدن به مراکز جوانه زایی دیگری تبدیل می‌شوند و چون ساز و کار استحکام‌گیری گچ پس از گیرش قفل شدن بلورهای سوزنی گچ در یک‌دیگر است ، لذا دور و مدت زمان هم‌زدن از عوامل مؤثر بر استحکام قالب می‌باشد. از دیگر عوامل موثر بر زمان گیرش، استحکام و جذب آب قالب‌های گچی نسبت گچ به آب می‌باشد. همان گونه که شکل چهار (ه) و (و) نشان می‌دهد، با افزایش نسبت گچ به آب، عوامل جوانه زا افزایش یافته و زمان گیرش کاهش می‌یابد و با کاهش مقدار آب تخلخل‌های ظاهری کاهش یافته و در نهایت، جذب آب قالب را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد.

از عوامل دیگر مؤثر بر فرایند ساخت، وجود ناخالصی‌های گچ آبخورده است که در اثر تمیز نکردن کامل ظرف‌های گچ یا در حین حمل و نقل گچ بوجود می‌آید. همان گونه که در شکل ۴ د مشاهده می‌شود، تنها با وجود ۰/۰۳ درصد گچ آبخورده (ژیپس) زمان گیرش به نصف کاهش می‌یابد. دمای محیط کاری و آب اثر زیادی بر زمان گیرش اولیه دارند به گونه‌ای که در دماهای پایین و بالا (کم‌تر از ۱۰ درجه و بیش‌تر از ۴۵ درجه‌ی سانتیگراد) گیرش اولیه افزایش می‌یابد (شکل ۴ج). علت افزایش زمان گیرش با افزایش دما تنها به گرمازا بودن واکنش برگشت پذیر تبدیل انیدرات به دی هیدرات مربوط می شود که مطابق با اصل لوشاتلیه واکنش به سمت مخالف بر می گردد، اما با کاهش دما، انرژی اکتیواسیون لازم جهت انجام واکنش کاهش می‌یابد که دوباره منجر به افزایش زمان گیرش می‌شود.

$$CaSO4.1/2H2O + 3/2\ H2O \longrightarrow CaSO4.2H2O + Q$$

جهت انجام یک‌سری از آزمایش‌ها و تعیین رفتار گچ در دماهای گوناگون، از آزمایش DTA و TG مدل استفاده شد که نشان دهنده‌ی واکنش‌ها یا تغییرات فازی است که در دماهای گوناگون برای گچ رخ می‌دهد. همان گونه که از شکل ۵ مشاهده می‌شود، بیش‌ترین کاهش وزن مربوط به محدوده‌ی دمایی ۱۲۰ تا ۲۳۰ درجه‌ی سانتیگراد است که در واقع در این محدوده گچ همی هیدرات به انیدرات تبدیل می‌شود که یک واکنش گرماگیر است. هم‌چنین، کاهش اولیه و کمی در ابتدای نمودار TG رخ داده است که بیانگر از بین رفتن رطوبت ظاهری می‌باشد.

از آن‌جا که امکان دارد گچ قالب‌سازی، گچ نیمه هیدرات خالص نباشد و دارای ناخالصی انیدرات یا دی هیدرات باشد، لذا جهت تعیین مقدار خلوص گچ همی هیدرات، ۱۰۰ گرم از گچ مصرفی در دمای ۲۳۰ درجه‌ی سانتیگراد به مدت ۵ ساعت قرار داده شد تا تمام گچ به انیدرات تبدیل گردد و با توجه به این‌که در این دما در صورت خلوص کامل می‌بایست ۶/۲ درصد از وزن خود را کاهش بدهد[۸]، در صورتی‌که وزن از دست رفته از این مقدار بیش‌تر باشد، می‌توان نتیجه گرفت که همراه گچ نیمه هیدرات مقداری گچ دی هیدرات نیز بوده است و در

Archive of SID

www.SID.ir

صورتی که وزن از دست رفته کم‌تر از این مقدار باشد، نشان دهنده‌ی حضور انیدرات می‌باشد.

خشک‌کردن قالب‌های گچی از اهمیتی ویژه برخوردار است زیرا استحکام قالب خشک چندین برابر قالب خیس می‌باشد[۹] از سوی دیگر، امکان ریخته‌گری و جذب آب در قالب خیس وجود ندارد، اما همواره خشک کردن قالب‌های گچی با مشکلاتی همچون کلسینه شدن و پودری شدن قالب و ترک خوردن در اثر شوک حرارتی همراه بوده است. لذا، خشک کردن قالب‌های گچی درون گرمخانه‌ها می‌بایست در سیکل مشخصی صورت گیرد. در طراحی سیکل حرارتی و رطوبتی گرمخانه‌های گچ‌ریزی، جهت جلوگیری از کلسینه شدن گچ که منجر به پودری شدن و کاهش شدید استحکام می‌شود، لازم است دما و رطوبت با توجه به نمودار شکل شش به گونه‌ای طراحی شود که همواره نقطه‌ی برخورد دما و رطوبت زیر منحنی قرار گیرد[۹]. در شکل ۷، تصویر SEM تفاوت قالب گچی کلسینه شده را با قالب گچی که در شرایط مناسب خشک گردیده است، نشان می‌دهد.

همان گونه که در شکل مشاهده می‌شود، تغییر ساختار سوزنی به Flake ، علت اصلی کاهش استحکام قالب در اثر خشک کردن نامناسب است.

نتیجه گیری

- عوامل ذاتی گچ مانند دانه‌بندی، میزان خلوص، استحکام و جذب آب در تعیین کیفیت قالب گچی مؤثر می‌باشند.
- کیفیت قالب گچی همواره تحت عواملی از جمله ناخالصی، دور همزن، مدت زمان همزدن، نسبت گچ به آب، دمای آب و محیط گچریزی تغییر می‌کند.
- خشک کردن قالب‌های گچی می‌بایست بسیار محتاطانه و با دقت صورت گیرد زیرا قالب‌های گچی در اثر شرایط نامطلوب خشک شدن امکان کلسینه شدن و افت استحکام خواهند داشت.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از شرکت چینی بهداشتی گلسار فارس به خاطر حمایت مالی کمال تشکر را دارند.

منابع

1- K. K.Kelley., J.C. Soutard., and C.T. Anderson., U.S. Bureau of Mines, Technical paper No.625, (194).
2- D.A. Holdridge., "The characterization of plaster", Tra. Brit. Cer. Soc. Vol.64, pp.212-231 (1965).
3- ASTM D422 - 63"Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils", 2007.
4- ASTM C293 - 08 "Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading)", 2008.
5- ASTM C373 - 88(2006) "Standard Test Method for Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products",2006.
6- ASTM C150 - 07 Standard Specification for Portland Cement.
7- A.J. Lewry., and J. Williamson.," The setting of gypsum plaster part 1, the hydration of calcium sulphate hemihydrate", J.Mat.Sci. , Vol.29, No.20, pp.5279-5284(1994).
8- R. Hoffman., and W.P. Pan., "Measuring ΔH using TG-DTA and incorporating mass change into the result α", Thermochimica Acta, 192 ,135-146, 1191.
9- D.D. Marchant., J.L. McAlpin., and T. Stangle., "Investigation plaster properties", ceramic industry, pp. 64-64, Des (1994).

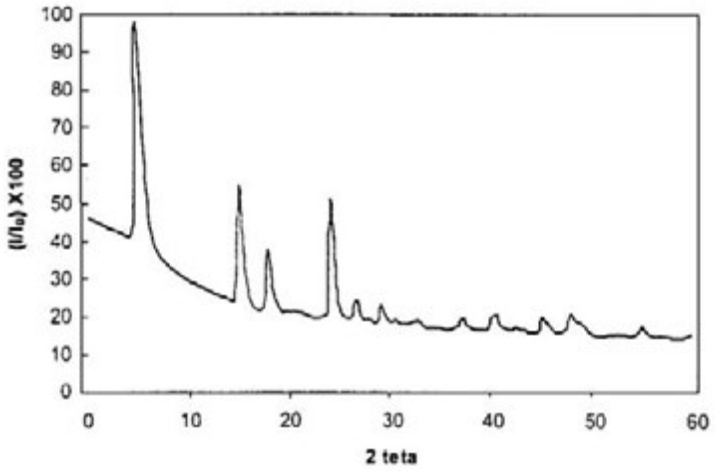
Archive of SID

www.SID.ir

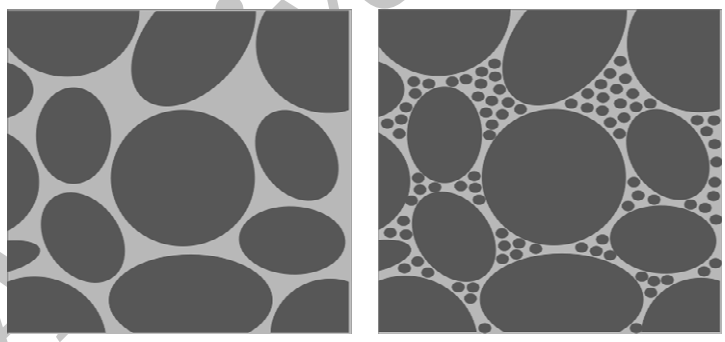
پیوست‌ها

جدول ۱- آنالیز شیمیایی نمونه‌ی گچ C.

CO_2	SiO_2	Al_2O_3	MgO	H2O	NaCl	SO_3	CaO
۰/۵	۲/۱	۰/۷	۰/۳	۱۹/۸	۰/۵	۴۴/۶	۳۱/۶



شکل ۱- نمودار پراش اشعه‌ی X نمونه‌ی گچ مورد نظر.

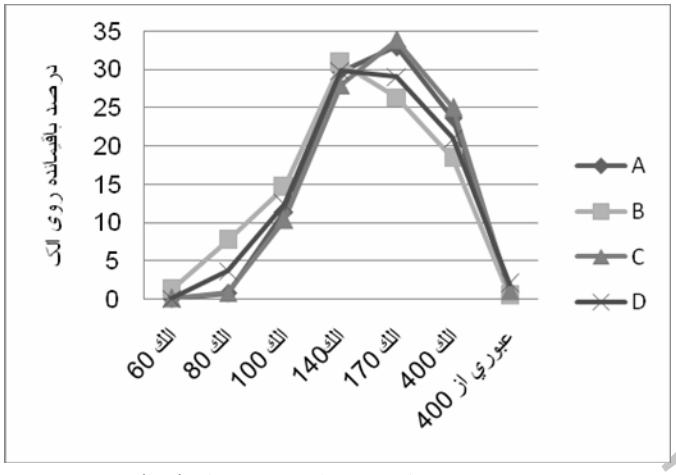


شکل ۲- اثر توزیع دانه بندی بر تخلخل [۷]

جدول ۲- شرایط آزمایش‌ها حین فرایند ساخت قالب.

نسبت گچ به آب	زمان سکون(دقیقه)	دور هم‌زن (دور بر دقیقه)	مدت زمان هم‌زدن (دقیقه)	دما (درجه‌ی سانتی‌گراد)
۱۳۰/۱۰۰	۱	۷۵۰	۱	۲۵

www.SID.ir



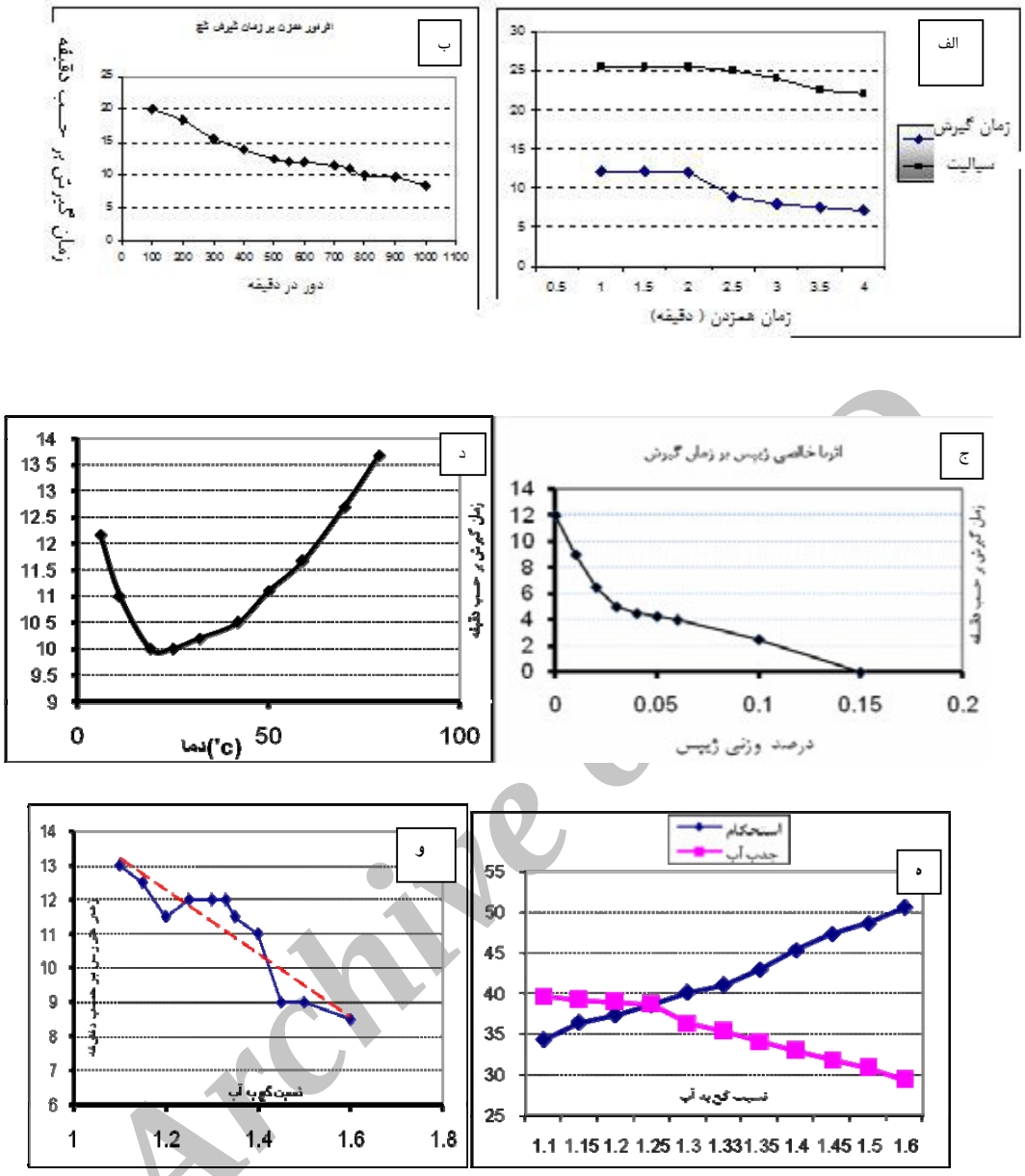
شکل ۳- توزیع دانه‌بندی تامین‌کننده‌های گوناگون.

جدول ۳- اثر دانه بندی گچ همی هیدرات بر استحکام و جذب آب قالب گچی.

نمونه گچ	A	B	C	D
استحکام kg/cm^2	۵۶	۴۸	۶۰	۵۱
جذب آب(درصد)	۳۷/۸۸	۳۸/۹۴	۳۷/۳۳	۳۸/۲۲

Archive of SID

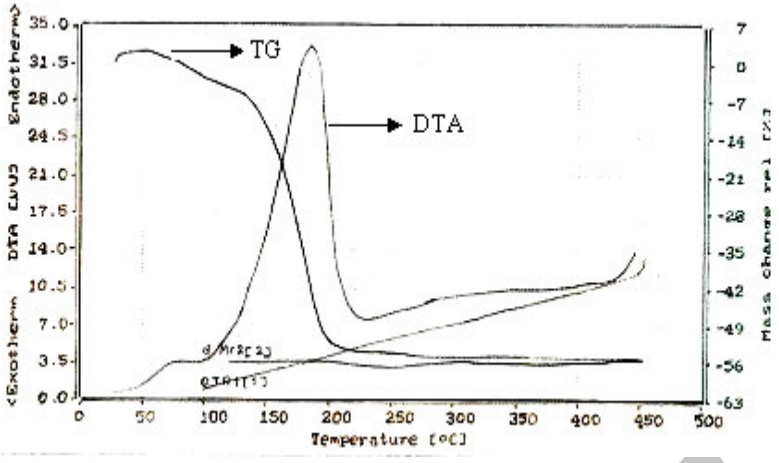
www.SID.ir



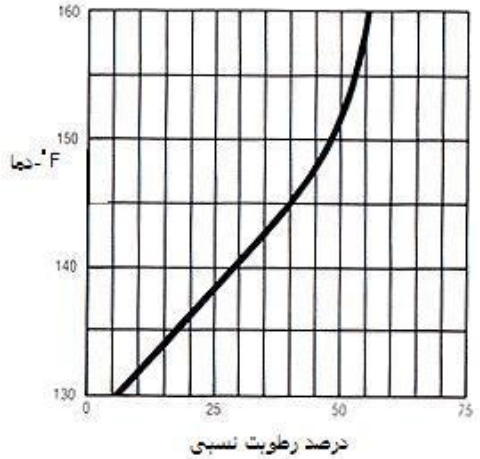
شکل ۴- الف) اثر دور همزن بر زمان گیرش ب) اثر مدت زمان همزدن بر زمان گیرش و سیالیت گچ ج) اثر دمای آب بر زمان گیرش د) اثر حضور ناخالصی ژیپس بر زمان گیرش ه) اثر نسبت گچ به آب بر زمان گیرش و) اثر نسبت گچ به آب بر استحکام و جذب آب

Archive of SID

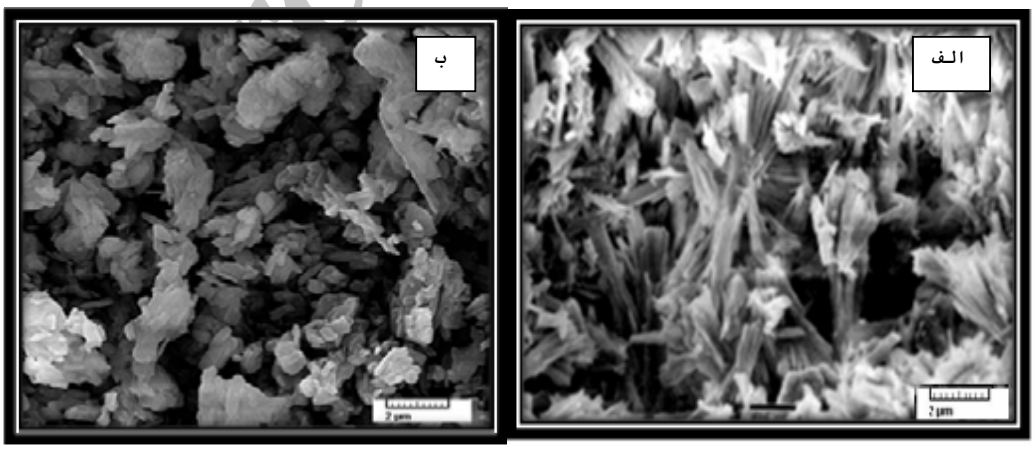
www.SID.ir



شکل ۵- نمودار DTA و TG گچ قالب‌سازی گچ بتا



شکل ۶- کم‌ترین رطوبت نسبی در دمای مشخص برای جلوگیری از کلسینه شدن[۹]



شکل ۷- تصویر SEM از الف) گچ مربوط به قالب کلسینه شده ب) گچ مربوط به قالبی که بخوبی خشک شده و کلسینه نشده

www.SID.ir