

۱۳۷۸ / ۱۱ / ۹

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده مهندسی شیمی

بهینه سازی گچ در سیمانهای مخلوط

سید علی اکبر میرزاده

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته

مهندسی شیمی

۱۴۹۰۲

استاد راهنما : دکتر حمید جزایری

تأیید شده : ۱۳۷۶

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شناسنامه :

نام گزارش : بهینه سازی گچ در سیمان های مخلوط

استاد راهنما : دکتر عباس طائب

مجری پروژه : سید علی اکبر میرزاده

تاریخ چاپ : شهریور ۱۳۷۶

تعداد : ۹

نام مرکز تکثیر : دانشکده مهندسی شیمی و مرکز تحقیقات سیمان

دانشگاه علم و صنعت ایران

هزینه این پروژه توسط مجتمع صنعتی سیمان آبیگ تأمین و پرداخت شده است.

هر گونه چاپ و تکثیر ممنوع می باشد

نقل مطالب با ذکر مأخذ آزاد است

صفحه	عنوان
	فصل اول - گچ در سیمان
	۱-۱ - مقدمه
۱	۲-۱ - میزان گچ در سیمانهای مختلف
۱	۳-۱ - هیدراتاسیون سیلیکات در حضور و غیاب گچ
۲	۴-۱ - گچ و تنظیم گیرش
۷	۵-۱ - اثر گرما روی گچ و وضع تجزیه حرارتی حاصل در آب
۹	۶-۱ - گیرش کاذب
۱۱	۷-۱ - پارامترهای مؤثر بر روی عملکرد گچ در سیمان
۱۲	۸-۱ - اثر ترکیبات کلینکر بر روی عملکرد گچ در سیمان
۱۳	۹-۱ - اثر انواع گچ در سیمان
۱۵	۱۰-۱ - چگونگی کلوخه شدن سیمان در سیلوها
۱۸	۱۱-۱ - قابلیت خردایش و اندازه سنجی دانه های پخش شده
۲۲	۱۲-۱ - اثر گچ بر مقاومت فشاری
۲۲	۱۳-۱ - نتیجه
۲۶	
	فصل دوم - بررسی قابلیت خردایش ترکیبات سیمان و انرژی مصرفی آسیابهای سیمان
	۱-۲ - مقدمه
۲۸	۲-۲ - محاسبه قابلیت خردایش
۲۸	۳-۲ - بررسی خردایش کریستالهای سیمان
۲۹	۴-۲ - نتیجه
۳۳	۵-۲ - اثر روش آسیاب کردن روی خصوصیات سیمان
۳۴	
	فصل سوم - فرآیند خردایش سیمان
	۱-۳ - مقدمه
۴۱	۲-۳ - تعیین نرمی محصول
۴۱	۳-۳ - مواد خرد کننده
۴۲	۴-۳ - خردایش مدار باز
۴۳	

چکیده :

علت افزایش گچ ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) به کلینکر جهت ساخت سیمان برای تنظیم گیرش می باشد چون پودر کلینکر به محض وارد شدن در آب، به دلیل ترکیب C_3A با آب سفت می گردد. در نتیجه ترکیب یکی از فازهای اصلی سیمان C_3A (تری کلسیم آلومینات) با گچ اترنجیت که یک فاز ناپایدار است، تشکیل می گردد. اترنجیت سطح C_3A را می پوشاند و از ترکیب بیشتر فاز C_3A با آب جلوگیری می نماید. مدت زمانی که طول می کشد تا آب از لایه های اترنجیت عبور نموده و کاملاً با C_3A ترکیب گردد، زمان گیرش می نامند. هر چه تعداد ذرات در یک گرم بیشتر می شود، تعداد C_3A وارد عمل شده با گچ افزایش می یابد و در واقع با بالا رفتن بلین (Cm^2/g) سیمان تعداد C_3A و در نتیجه میزان گچ بهینه افزایش می یابد. اثر گچ روی مقاومت سیمانهای مخلوط در زمانهای ۳ و ۷ و ۲۸ متفاوت خواهد بود. آنچه مسلم است با افزایش گچ به سیمان و تشکیل اترنجیت مقاومت کاهش می یابد و این کاهش مقاومت با افزایش میزان گچ ادامه خواهد یافت. جداول و منحنی ها هر کدام به نوبه خود اثر افزایش گچ را روی گیرش و مقاومت با درصدهای متفاوت افزودنی (سنگ پوزولان و سنگ آهک) مورد بررسی قرار داده و مقدار گچ بهینه را برای درصدها مختلف افزودنی مشخص نموده اند. آزمایش های تحقیقاتی انجام شده که مبتنی بر مطالعات کتابخانه ای از کتب تحقیقاتی پیشرفته می باشد، نشان می دهد که انهدرات CaSO_4 به همراه ژپس تا ۷۰٪ مقاومت ملات و بتن را افزایش داده و زمان گیرش را کاهش می دهد،

برای اثبات این موضوع گچ را تا ۴ درجه متفاوت گرم نمودیم مشاهده شد، در 135°C مقاومت خیلی بالاتر از موقعی است که در حد حرارت گچ 100°C می باشد با استفاده از این نتیجه می توان مقداری از گچ را به صورت CaSO_4 خریداری نمود. که به دلیل نداشتن آب (CaSO_4 در داخل آسیاب و سیلو تبدیل به $2\text{H}_2\text{O}$ و CaSO_4 می گردد) اقتصادی بوده و همچنین با افزایش مقاومت به کیفیت بالائی دست خواهیم یافت. (ماکزیمم ۷۰٪ انهدرات می تواند جانشین ژپس گردد) در راستای این پروژه دو کتاب در مورد سیمانهای پوزولانی و سیمانهای پرتلند آهکی (LCC) از کتابهای پیشرفته دنیا ترجمه شده تا خواص این گونه سیمانهای مخلوط به خوبی مشخص گردد. سنگ پوزولانی طبیعی خود به عنوان ریتارد (Retarder) عمل می نماید به طوری که مانند گچ تا حدودی تأخیر در گیرش سیمان ایجاد کند که درصد گچ بهینه در سیمانهای پوزولانی معرف این موضوع است. سنگ آهک در سیمانهای پرتلند آهکی (LCC یا PKZ) مانند گچ عمل می نماید و به دلیل ترکیب سنگ آهک با C_3A ، و تشکیل فاز نسبتاً پایدار منوکربو آلومینات گیرش سریعتر انجام شده و میزان گچ لازم برای تأخیر در گیرش به حداقل می رسد به طوری که میزان SO_3 در سیمانهای حاوی سنگ آهک (Limston-Content-Cement) یا LCC نسبت به سیمان معمولی

(Ordinary- Portland - Cement) یا OPC به حداقل کاهش می‌یابد (میزان گچ بهینه در سیمان معمولی ۲/۸۰٪ در صورتی که در سیمانهای LCC به ۱/۸۰٪ کاهش می‌یابد)، که این موضوع برای کشورهای که از گچ وارداتی استفاده می‌نمایند یا کشورهای که سنگ آهک خالص دارند از نظر اقتصادی فوق العاده مهم می‌باشد.

مطابق آزمایش‌های انجام شده در سمینانهای پوزولانی (با ۱۵٪ سنگ پوزولان) با افزایش گچ گرمای هیدراتاسیون ۷ روزه و ۲۸ (مقاومت) کاهش می‌یابد که منحنی‌های مربوط حد بهینه گچ را پیش‌نهاد می‌دهند.

با آزمایش‌های انجام شده روی ورودی و خروجی مواد در کارخانه سیمان آبیگ سیکل گردش SO_3 و میزان آن در هر مسیر مشخص گردیده است.

آزمایش نشان می‌دهد که قابلیت خردایش گچ به مراتب بالاتر از کلینکر می‌باشد. زمانی که کلینکر به همراه گچ کوبیده می‌شود درصد بالائی (حدود ۹۰٪) از گچ زیر الک ۴۵ میکرون قرار می‌گیرد. گچی که در بالای الک ۴۵ میکرون قرار می‌گیرد مربوط به گچی می‌شود که در ساختمان بلوری کلینکر شرکت کرده است نتایج بسیار زیادی از این پروژه حاصل شده که در ۲۵ قسمت ارائه شده است. بیشتر مراجع از کتابهای تحقیقاتی، مجلات خارجی بوده که به وسیله مجری پروژه ترجمه شده است.

در نهایت امیدوارم مطالب فوق مورد استفاده کارخانه‌های سیمان قرار گیرد تا در این رهگذار اندکی از دین خود را به ایران عزیز و جمهوری اسلامی ایران ادا کرده باشم.

- ۴۳ ۵-۳ - خردایش مدار بسته
- ۴۴ ۶-۳ - خردایش داخل آسیاب

فصل چهارم - ورودی ها و خروجی های آسیاب سیمان

- ۴۸ ۱-۴ - مقدمه
- ۴۹ ۲-۴ - امکانات خنک کردن سیمان
- ۵۰ ۳-۴ - مدار عمومی
- ۵۰ ۴-۴ - پاشش آب روی سطوح خارجی آسیاب
- ۵۰ ۵-۴ - تزریق آب در داخل آسیاب
- ۵۱ ۶-۴ - روش های صنعتی تزریق آب
- ۵۵ ۷-۴ - کنترل تزریقی آب
- ۵۶ ۸-۴ - دبی تزریق آب
- ۵۷ ۹-۴ - خنک کردن سیمان خارج از آسیاب
- ۵۸ ۱۰-۴ - مشکلات ناشی از انبار کردن سیمان داغ

فصل پنجم - ارتباط میزان گچ با قابلیت خردایش (نرمی یا بلین)

- ۶۱ ۱-۵ - ارتباط درصد های مختلف گچ با نرمی
- ۶۲ ۲-۵ - دانه بندی ورودی های آسیاب های ۳ و ۴ سیمان
- ۶۲ ۳-۵ - اثر گچ های مختلف روی قابلیت خردایش سیمان
- ۶۴ ۴-۵ - اثر خردایش بر گیرش
- ۶۴ ۵-۵ - هدف استفاده از کمک ساینده ها

فصل ششم - بررسی سولفور به صورت SO_3 در مسیر تولید سیمان

فصل هفتم - روش آزمایش و آزمایش های انجام شده در سیمان آبیگ

- ۸۲ ۱-۷ - گیرش سیمان
- ۸۴ ۲-۷ - سلامت سیمان

صفحه	عنوان
۸۵	۳-۷- اندازه گیری زمان گیرش
۸۵	۴-۷- اندازه گیری درصد آب خمیر سیمان
۸۶	۵-۷- حرارت هیدراتاسیون
۸۷	۶-۷- بررسی مقاومت
	فصل هشتم - نتایج به دست آمده از آزمایشها
۱۰۲	۱-۸- مقدمه
۱۳۱	۲-۸- قابلیت کارپذیری یا سیلان ملات سیمان
۱۳۶	فصل نهم - نتایج گرفته شده و پیشنهادات
۱۴۰	مراجع

فهرست اشکال

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۲	شکل ۱ غلظت یون Ca^{2+} با زمان هیدراتاسیون برای C_3S با گچ و بدون گچ
۹	شکل ۲ سیستم آب و سولفات کلسیم
۱۹	شکل ۳ تشکیل کوتینگ تابعی از درجه حرارت ذخیره سازی سیمان است
۲۰	شکل ۴ درصد وزنی کوتینگ با زمان برای بلین $SO_3 = 2.27$ و $2600 \text{ Cm}^2/\text{g}$
۲۱	شکل ۵ درصد وزنی کوتینگ تشکیل شده با درصد SO_3 موجود در سیمان
۲۱	شکل ۶ میزان کوتینگ تابعی از نسبت انهدرات / گچ در سیمان پرتلند
۲۳	شکل ۷ مقاومت فشاری بر حسب مگاپاسکال برای مجموع آلیت C_3A +
۲۴	شکل ۸ مقاومت فشاری ملات را با مجموع SO_3 موجود در سیمان با سه اکی والان گرم متفاوت قلیایی سه کلینکر با نسبت متفاوت مولی قلیایی MSO_3/MK
۲۵	شکل ۹ مقاومت های فشاری ایجاد شده با چهار نوع گچ و دو نوع کلینکر
۲۹	شکل ۱۰ ارتباط اندازه مقدار آلیت با بلین (Cm^2/g)
۳۰	شکل ۱۱ ارتباط اندازه مقدار بلیت با نرمی یا بلین (Cm^2/g)
۳۰	شکل ۱۲ ارتباط نرمی با کیلووات
۳۱	شکل ۱۳ ارتباط قطر ذرات با حجم فاز مایع
۳۱	شکل ۱۴ اثر فاز مذاب روی نرمی سیمان یا خردایش
۳۲	شکل ۱۵ ارتباط قطر ذرات آلیت با مدل سیلیس
۳۲	شکل ۱۶ ارتباط LSF (درجه آهک اشباعی) با بلین یا نرمی
۳۳	شکل ۱۷ ارتباط SO_3 با قابلیت جریان سیمان
۳۹	شکل ۱۸a هیدراتاسیون C_3A بدون گچ برای دو روش آسیاب کردن
۳۹	شکل ۱۸b هیدراتاسیون C_3A به همراه گچ برای دو روش آسیاب کردن
۵۱	شکل ۱۹ تزریق آب هم سو با جهت حرکت مواد
۵۲	شکل ۲۰ تزریق آب مخالف جهت حرکت مواد
۵۳	شکل ۲۱ نقشه قرار گرفتن اجزاء سیستم تزریق آب

- شکل ۲۲ تزریق آب در اتاقچه اول آسیاب ۵۴
- شکل ۲۳ تزریق آب در اتاقچه دوم آسیاب ۵۵
- شکل ۲۴ مدار کنترل تزریق آب به آسیاب ۵۶
- شکل ۲۵ دزهیدراتاسیون سنگ گچ بعد از یک هفته انبار کردن در سیلو با درجه حرارت ۵۹
- شکل ۲۶ پدیده به چسبندگی سیمان فعال پس از یک هفته انبار کردن با درجه حرارت ۶۰
- شکل ۲۷ مقاومت فشاری سیمان فعال پس از یک هفته انبار کردن با درجه حرارت ۶۰
- شکل ۲۸ ارتباط قابلیت خردایش با بلین یا درصد گچ ۶۱
- شکل ۲۹ توزیع دانه بندی گچ در سیمان ۶۳
- شکل ۳۰ ارتباط زمان گیرش با قابلیت خردایش ۶۴
- شکل ۳۱ بعضی از نتایج به دست آمده از آسیابهای صنعتی با استفاده از مواد کمک ساینده ۶۷
- شکل ۳۲ دستگاه ویکات جهت تنظیم گیرش ۸۳
- شکل ۳۳ دستگاه لوشاتلیه برای اندازه گیری سلامت سیمان ۸۳
- شکل ۳۴ آزمایش خمیر تهیه شده از سیمان ۸۶
- شکل ۳۵ ارتباط زمان گیرش اولیه با درصد گچ (۱۰٪ پوزولان) ۱۰۳
- شکل ۳۶ ارتباط گیرش ثانویه درصد گچ (۱۰٪ پوزولان) ۱۰۳
- شکل ۳۷ ارتباط درصد آب با درصد گچ (۱۰٪ پوزولان) ۱۰۴
- شکل ۳۸ ارتباط گیرش ابتدائی با درصد گچ (۱۵٪ پوزولان) ۱۰۵
- شکل ۳۹ ارتباط گیرش انتهایی با درصد گچ (۱۵٪ پوزولان) ۱۰۵
- شکل ۴۰ ارتباط درصد آب با درصد گچ (۱۵٪ پوزولان) ۱۰۶
- شکل ۴۱ ارتباط گیرش ابتدایی با درصد گچ (۲۰٪ پوزولان) ۱۰۷
- شکل ۴۲ ارتباط گزشرش انتهایی با درصد گچ (۲۰٪ پوزولان) ۱۰۹
- شکل ۴۳ ارتباط درصد آب با درصد گچ (۲۰٪ پوزولان) ۱۰۹
- شکل ۴۴ ارتباط گیرش با درصد گچ (۱۰٪ سنگ آهک) ۱۱۰
- شکل ۴۵ ارتباط گیرش انتهایی با درصد گچ (۱۰٪ سنگ آهک) ۱۱۱
- شکل ۴۶ ارتباط درصد آب با درصد گچ (۱۰٪ سنگ آهک) ۱۱۲

- شکل ۴۷ ارتباط گیرش ابتدائی با درصد گچ (۱۵٪ سنگ آهک) ۱۱۳
- شکل ۴۸ ارتباط گیرش انتهایی با درصد گچ (۱۵٪ سنگ آهک) ۱۱۳
- شکل ۴۹ ارتباط درصد آب با درصد گچ (۱۵٪ سنگ آهک) ۱۱۴
- شکل ۵۰ ارتباط گیرش ابتدایی با درصد گچ (۲۰٪ سنگ آهک) ۱۱۵
- شکل ۵۱ ارتباط گیرش انتهایی با درصد گچ (۲۰٪ سنگ آهک) ۱۱۵
- شکل ۵۲ ارتباط درصد آب با درصد گچ (۲۰٪ سنگ آهک) ۱۱۶
- شکل ۵۳ ارتباط گیرش اولیه با درجه حرارت گچ ۱۱۷
- شکل ۵۴ ارتباط گیرش انتهای با درجه حرارت گچ ۱۱۷
- شکل ۵۵ ارتباط درصد آب با درجه حرارت گچ ۱۱۸
- شکل ۵۶ منحنی مقاومت سه روزه بر حسب درصد گچ (برای ۱۰ و ۱۵ و ۲۰٪ پوزولان) ۱۱۹
- شکل ۵۷ منحنی مقاومت ۷ روزه با درصد گچ (برای ۱۰ و ۱۵ و ۲۰٪ پوزولان) ۱۲۰
- شکل ۵۸ منحنی مقاومت ۲۸ روزه با درصد گچ (برای ۱۰ و ۱۵ و ۲۰٪ پوزولان) ۱۲۱
- شکل ۵۹ منحنی مقاومت شصت روزه با درصد گچ (برای ۱۰ و ۱۵ و ۲۰٪ پوزولان) ۱۲۲
- شکل ۶۰ منحنی مقاومت ۹۰ روزه با درصد گچ (برای ۱۰ و ۱۵ و ۲۰٪ پوزولان) ۱۲۳
- شکل ۶۱ منحنی مقاومت با درصد گچ با ۱۰٪ سنگ آهک (۳ و ۷ و ۲۸ و ۶۰ و ۹۰ روز) ۱۲۴
- شکل ۶۲ منحنی مقاومت با درصد گچ با ۱۵٪ سنگ آهک (۳ و ۷ و ۲۸ و ۶۰ و ۹۰ روز) ۱۲۵
- شکل ۶۳ منحنی مقاومت با درصد گچ با ۲۰٪ سنگ آهک (۳ و ۷ و ۲۸ و ۶۰ و ۹۰ روز) ۱۲۶
- شکل ۶۴ نمودار مقاومت سه روزه بر حسب درجه حرارت ۱۲۷
- شکل ۶۵ نمودار مقاومت هفت روزه بر حسب درجه حرارت ۱۲۷
- شکل ۶۶ نمودار مقاومت ۲۸ روزه بر حسب درجه حرارت ۱۲۷
- شکل ۶۷ منحنی گرمای هیدراتاسیون ۷ روزه بر حسب درصد گچ برای نمونه ۱۵٪ پوزولان ۱۲۹
- شکل ۶۸ منحنی گرمای هیدراتاسیون ۲۸ روزه بر حسب درصد گچ برای نمونه با ۱۵٪ پوزولان ۱۲۹
- شکل ۶۹ ارتباط درصد انبساط با درجه حرارت گچ ۱۳۰
- شکل ۷۰ ارتباط درصد سیلان با W/C ۱۳۱
- شکل ۷۱ ارتباط سیلان بانوع سیمان ۱۳۲

فهرست جداول

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۳	جدول ۱ مشخصات شیمیایی استاندارد
۴	جدول ۲ مشخصات شیمیایی دلخواه (اختیاری)
۵	جدول ۳ مشخصات فیزیکی استاندارد
۶	جدول ۴ مشخصات فیزیکی دلخواه (اختیاری)
۱۰	جدول ۵ حلالیت سولفات های گوناگون
۱۶	جدول ۶ مفروضات فیزیکی بر حسب استاندارد BS برای گچ های شیمیایی
۱۶	جدول ۷ تجربه شیمیایی و نرمی سه نوع سیمان
۲۵	جدول ۹ آنالیز دو نوع کلینکر استفاده شده
۲۶	جدول ۱۰ آنالیز چهار نوع گچ مورد استفاده
۳۵	جدول ۱۱ درصد وزنی ترکیبات سه نوع سیمان
۳۷	جدول ۱۲ نتیجه تحقیقات انجام شده با سیمانهای مختلف
۴۲	جدول ۱۳ آسیابهای $12/5 \times 4/6$ سه خانه‌ای و دو خانه‌ای
۵۳	جدول ۱۴ تزریق آب در دو روش شرکت های پلیزیوس و F-L-S
۵۷	جدول ۱۵ اعداد واقعی دبی آب و هوای مکش را باید با بستن موازنه حرارتی آسیاب محاسبه نمود
۶۱	جدول ۱۶ ارتباط درصد گچ با بلین برای سیمان با ۱۰٪ پوزولان
۶۲	جدول ۱۷ مقایسه ورودی‌های مواد به دو آسیاب ۳ و ۴
۶۳	جدول ۱۸ ارتباط سولفات کلسیم با خردایش
۶۵	جدول ۱۹ ارتباط نرمی یک نمونه با میزان کمک ساینده در حد صنعتی
۶۹	جدول ۲۰ اثر اسیدهای چرب اشباع شده بر فرآیند آسیاب سیمان پرتلند
۷۲	جدول ۲۱ میزان SO_3 در زیر الک ۴۵ میکرون برای سیمان
۷۳	جدول ۲۲ میزان SO_3 روی الک ۴۵ میکرون برای سیمان
۷۴	جدول ۲۳ میزان SO_3 در سیمان خط ۱
۷۵	جدول ۲۴ میزان SO_3 در کلینکر خط ۲
۷۶	جدول ۲۵ میزان SO_3 در کلینکر خط ۱

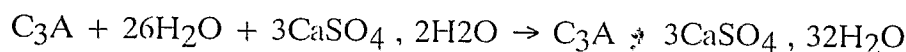
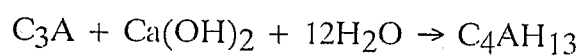
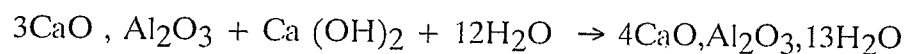
۷۷	جدول ۲۶ میزان SO_3 در خوراک کوره
۷۸	جدول ۲۷ میزان SO_3 در پوزولان طبیعی (چاه شماره ۶ معدن پوزولان)
۷۹	جدول ۲۸ میزان SO_3 در گچ لمبران (طالقان)
۸۰	جدول ۲۹ آنالیز مازوت مصرفی برای کوره
۸۰	جدول ۳۰ آنالیز گاز مصرفی برای کوره
۸۱	جدول ۳۱ آنالیز از برگشتی گرد الکتروفیلتر شماره A
۸۱	جدول ۳۲ آنالیز برگشتی گرد الکتروفیلتر شماره B
۸۷	جدول ۳۳ خردایش کلینکر و گچ به تنهائی و مخلوط با هم در دمای $110^{\circ}C$
۸۹	جدول ۳۴ نتایج دانه بندی گچ روی الک های مختلف
۹۰	جدول ۳۵ نتایج دانه بندی کلینکر ورودی به آسیاب سیمان
۹۱	جدول ۳۶ آنالیز نمونه های ۸ روز غیر متوالی از ورودی آسیاب سیمان (گچ - کلینکر - پوزولان)
۹۲	جدول ۳۷ نتیجه دانه بندی ۸ نمونه خارج شده از آسیاب سیمان
۹۳	جدول ۳۸ با درشت شدن ذرات پوزولان درصد SiO_2 افزایش و آهک کاهش می یابد
۹۴	جدول ۳۹ آنالیز کلینکر خط ۱ روی الک های مختلف
۹۵	جدول ۴۰ گیرش و درصد آب برای سیمانهای پوزولانی با گچ های متفاوت
۹۶	جدول ۴۱ گیرش و درصد آب برای سیمانهای P-K-Z با گچ های متفاوت
۹۷	جدول ۴۲ گیرش و درصد آب برای یک گچ در درجات حرارت متفاوت
۹۸	جدول ۴۳ مقاومت های ۳ و ۷ و ۲۸ و ۶۰ و ۹۰ روزه در درصد های مختلف پوزولان و گچ
۹۹	جدول ۴۴ مقاومت های ۳ و ۷ و ۲۸ و ۶۰ و ۹۰ روزه در درصد های مختلف سنگ آهک و گچ
۹۹	جدول ۴۵ مقاومت های ۳ و ۷ و ۲۸ روزه برای سیمانهای ساخته شده از ۴ نوع گچ
۱۰۰	جدول ۴۶ نتایج آزمایشات اتوکلاو برای سیمانهای پوزولانی با گچ های متفاوت
۱۰۰	جدول ۴۷ نتایج آزمایشات اتوکلاو برای سیمانهای پرتلند آهکی با گچ های متفاوت
۱۰۱	جدول ۴۸ نتایج اتوکلاو برای چهار گچ ساخته شده در درجات حرارت متفاوت
۱۰۱	جدول ۴۹ ارتباط گرمای هیدراتاسیون با زمان در درصد های متفاوت گچ
۱۰۱	جدول ۵۰ مقایسه SO_3 در سه ماده اولیه آهن - سنگ آهک - گچ

فصل اول - گچ در سیمان

۱-۱ - مقدمه

بررسی استاندارد ASTM برای تیپ های مختلف سیمان نشان می دهد که هرچه میزان C_3A بیشتر باشد میزان گچ لازم برای به تعویق انداختن عمل گیرش بالا می رود زیرا پودر کلنیکر خالص سریع در آب می گیرد و این به علت ترکیب شدید C_3A با آب می باشد.

با افزایش میزان گچ، سولفات موجود در سنگ گچ با C_3A (تری کلسیم آلومینات که یکی از بلورهای تشکیل دهنده سیمان است) ترکیب شده و لایه ای از ترنژیت روی دانه های ریز C_3A (با نرمی های مختلف) را می پوشاند.



اترنژیت خیلی نامحلول است و روی C_3A رسوب کرده و بصورت سدی جلوی ترکیب C_3A با آب را می گیرد و این عمل را تأخیر در گیرش می نامند. فاصله زمانی که طول می کشد آب از لایه های اترنژیت عبور کرده و با C_3A ترکیب گردد زمان گیرش گویند.

که این فاصله زمانی فرصتی برای به شکل در آوردن ملات سیمان و بتن می باشد که در فصل بعدی توضیحات بیشتری راجع به گیرش اولیه و ثانویه آمده است.

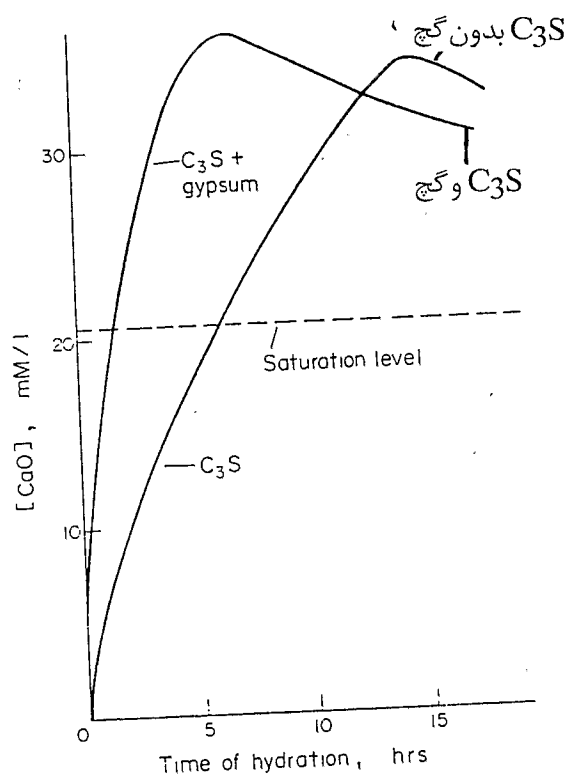
ترکیب C_3A با سولفات و تشکیل اترنژیت تا مصرف کامل گچ ادامه می یابد و زمانی که تمام گچ با سولفات ترکیب شد آن موقع براحتی C_3A با آب ترکیب می گردد و این اتفاق موقعی انجام می گیرد که تمام شکل پذیری بتن و ملات پایان یافته است.

۱-۲ - میزان گچ در سیمانهای مختلف

با کاهش میزان C_3A میزان گچ اضافه شده برای تأخیر در گیرش کاهش می یابد مثلاً برای سیمان تیپ ۵ میزان SO_3 لازم به $2/3$ کاهش می یابد.

۱-۳ - هیدراتاسیون سیلیکات در حضور و غیاب گچ

به طور کلی با هیدراتاسیون سیلیکات کلسیم خشک در هنگام سخت شدن خمیر سیمان CSH تشکیل می‌گردد، که CSH با حضور CaSO_4 در خمیر سیمان تحت تأثیر قرار می‌گیرد. گچ عکس العمل سیلیکات مخصوصاً C_3S را در اولین مرحله هیدراتاسیون تحت تأثیر قرار می‌دهد. ^۹ Menetrier و همکاران با اندازه‌گیری غلظت یون Ca^{2+} در فاز مایع (شکل ۱) نشان دادند، که میزان هیدراتاسیون C_3S در حضور گچ اضافه می‌شود و پس از ۱۰ ساعت با کاهش میزان گچ از هیدراتاسیون کاسته می‌شود. این موضوع در منحنی بدون گچ مشاهده نمی‌گردد، زیرا گچ به صورت SO_4^{2-} که در ماتریس CSH وارد می‌شود، تعداد یونهای SO_4 که در ماتریس CSH وارد می‌شود هنوز مشخص نیست.



شکل ۱: غلظت یون Ca^{2+} با زمان هیدراتاسیون برای C_3S با گچ و بدون گچ

(CSH عبارتست از ژل توپرمولیت که از ترکیب C_3S با آب ایجاد می‌گردد)

Kantro, Copeland در زمره کسانی هستند که برای اولین بار به داخل شدن SO_4^{2-} در CSH اشاره می‌کنند. آنها نتیجه گرفتند که SO_4^{2-} همراه با Fe^{3+} , Al^{3+} می‌تواند وارد CSH شود و این عمل تا