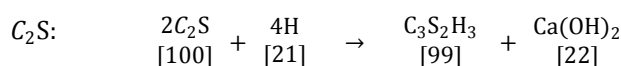
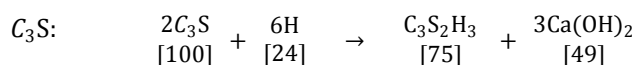


هیدراتاسیون سیمان

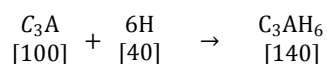
در ترکیب آب با سیمان، سیلیکات ها و آلومینات های سیمان هیدراته شده و به تدریج سخت می شوند. سیلیکات های سیمان (C_2S و C_3S) اصلی ترین فعل و انفعال را با آب ایجاد می کنند. لیکن سه کلسیم سیلیکات (C_3S) معمولاً با سرعت بیشتری ترکیب می شود. در سیمان های تجارتي سیلیکات های کلسیم نسبت به سایر اکسیدهای موجود در کلینکر ناخالصی بسیار کمی دارند. این ناخالصی ها در خواص سیلیکات های هیدراته شده تأثیر بسزایی دارند. C_3S ناخالص الایت (alite) و C_2S ناخالص بلایت (belite) نام دارند.

فعل و انفعال C_3S و آب، هیدرات میکروکریستالی $C_3S_2H_3$ و همچنین هیدروکسید کلسیم کریستالی $Ca(OH)_2$ تولید می کند. دو کلسیم سیلیکات (C_2S) نیز ترکیباتی مشابه تولید می کند، لیکن میزان آهک تولید شده کمتر است. امروزه به سیلیکات های کلسیم هیدراته شده $C-S-H$ گفته می شود. (قبلاً به نام ژل توبرموریتی بوده است). فعل و انفعالات به صورت زیر خلاصه می گردد.



اعداد داخل پرانتز نماینده وزن ترکیبات فوق بوده و بر این اساس، مشاهده می شود که سیلیکات ها هر دو تقریباً به یک میزان آب برای فعل و انفعال احتیاج دارند. لیکن C_3S تقریباً بیش از ۲ برابر C_2S تولید $Ca(OH)_2$ می کند. مقدار C_3A در اکثر سیمان ها بسیار کم بوده و بعد از فعل و انفعال به صورت بلورهای مکعبی درآمده و توسط سیلیکات های کلسیم هیدراته شده محاصره می گردد.

فعل و انفعال C_3A خالص با آب، گیرش بسیار سریع داشته و این امر با اضافه کردن گچ کنترل می گردد. به هر حال گیرش C_3A سریعتر از گیرش سیلیکات های کلسیم بوده و به صورت فرمول زیر بیان می گردد.



مقدار وزن داخل پرانتز نشان می دهد که C_3A در مقایسه با سیلیکات ها به آب بیشتری برای فعل و انفعال نیاز دارد. فعل و انفعالات و هیدراتاسیون سیمان و آب و مواد تشکیل دهنده در نمودار زیر خلاصه می گردد. (شکل ۱).

حرارت هیدراتاسیون و مقاومت

هیدراتاسیون سیمان همانند بسیاری از فعل و انفعالات شیمیایی حرارت زا بوده و حرارت هیدراتاسیون به مقدار حرارت تولید شده (به ژول یا کالری) در اثر هیدراتاسیون کامل هر گرم سیمان اتلاق می شود. روش های تعیین حرارت هیدراتاسیون در درجه حرارت معین، در قسمت سوم استاندارد BS 4550 و استاندارد ASTM C 186_82 به وضوح بیان گردیده است.

عناصر تشکیل دهنده	O_2	Si	Ca	Al	Fe
اکسیدهای تشکیل دهنده	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	
ترکیبات سیمان	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	
تیپ های مختلف سیمان های پرتلند					
ترکیبات حاصل از هیدراتاسیون سیمان	$C_S_H\ gel$	$Ca(OH)_2$			

شکل (۱) - نمودار تشکیل و هیدراتاسیون سیمان پرتلند

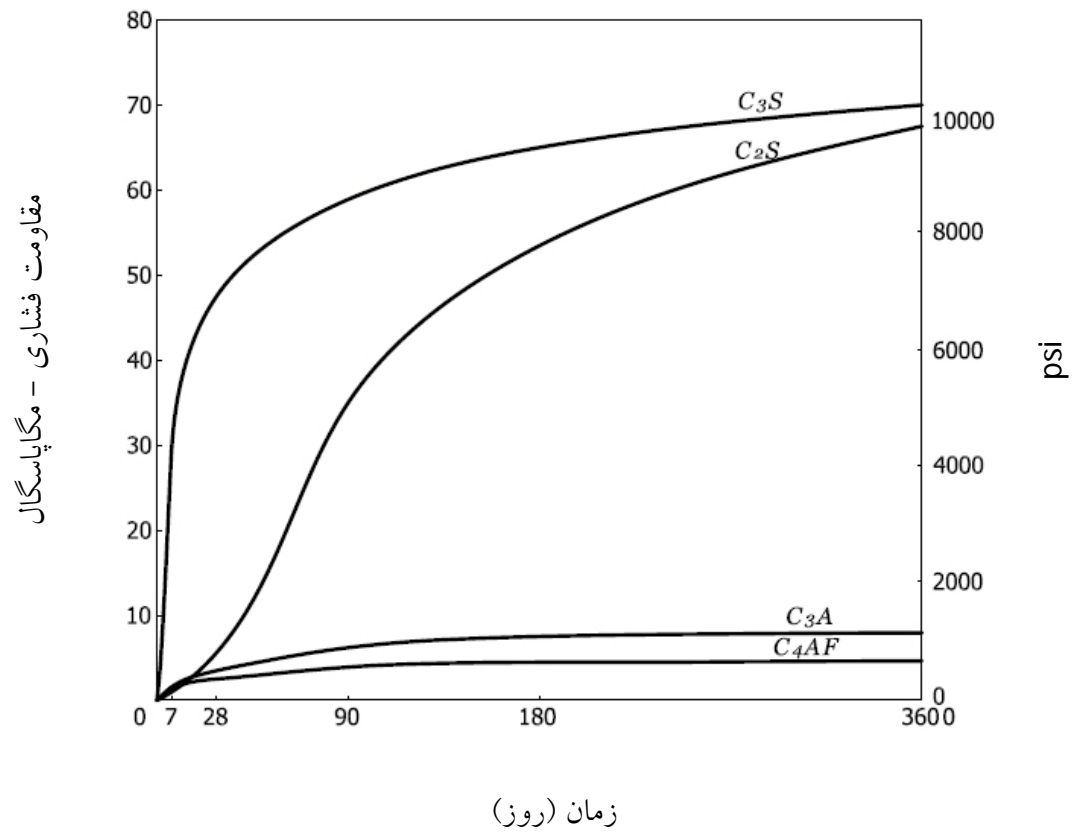
درجه حرارتی که در آن فعل و انفعال صورت می پذیرد، اثر بسزایی در حرارت تولید شده داشته و در عمل مهم تر از کل حرارت هیدراتاسیون می باشد. برای سیمان های پرتلند حدود نیمی از کل حرارت در مدت بین ۱ تا ۳ روز، ۷۵ درصد آن در ۷ روز و ۹۰ درصد آن در مدت ۶ ماه آزاد می شود. میزان حرارت ایجاد شده بستگی به ترکیبات سیمان داشته و در واقع کل حرارت، مجموع حرارت متصاعد شده از هر یک از ترکیبات می باشد. حرارت هیدراتاسیون این ترکیبات در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱) - حرارت هیدراتاسیون ترکیبات مختلف سیمان

حرارت هیدراتاسیون		ترکیب
J/g	Cal/g	
502	120	C_3S
260	62	C_2S
867	207	C_3A
419	100	C_4AF

با تقلیل درصد ترکیبات C_3S و C_3A ، حرارت هیدراتاسیون و میزان آزاد شدن آن نیز تقلیل می یابد. ریزی سیمان در سرعت حرارت آزاد شده تأثیر داشته، لیکن در کل حرارت ایجاد شده تأثیری ندارد. کل حرارت ایجاد شده در بتن، با میزان سیمان در آن کنترل می گردد. بایستی متذکر گردید که بین حرارت هیدراتاسیون و فرآیند سیمانی شدن هر ترکیب، ارتباط مشخصی وجود ندارد. همانطور که بیان گردید، ترکیب C_3S و C_2S نقش اصلی در افزایش مقاومت سیمان را داشته، و C_3S در مقاومت تا ۴ هفته اول و C_2S در مقاومت بعد از آن تأثیر می گذارد. بعد از یک سال، دو ترکیب به یک میزان روی مقاومت سیمان هیدراته شده تأثیر می گذارند.

شکل (۲) میزان افزایش مقاومت ترکیبات خالص سیمان با زمان را نشان می دهد. به هر حال بر خلاف پیش بینی که می توان برای حرارت تولید شده از ترکیبات مختلف سیمان داشت، امکان پیش بینی مقاومت سیمان هیدراته شده از روی ترکیبات آن وجود ندارد.



شکل (۲) - افزایش مقاومت ترکیبات خالص سیمان به تنهایی