



گرفتگی های
سیستم پخت سیمان



محمد رضا عزیزیان

زمستان ۱۳۸۷

" ان للمتقين مفازا "

تقدیم به ارواح پاک پدر و مادرم.
بزرگوارانی که انس با کتاب را در کودکی از آنها آموختم .
عزیزانی که هرگاه فارغ از کار روزمره می شدند سر بر کتاب داشتند و تنها مونسی که تا روز های پایانی عمر در دست داشتند کتاب بود.

یاد شبهای دراز زمستان های همدان بخیر که پدرم برای فامیل داستان های حماسی میخواند . خوش آن لحظات روحانی دوران کودکی که برای ما قصه های قرآنی می گفت و پند های نهفته در آنها را در اعماق وجود ما جای می داد . پدرم نمونه ای از انسان هائی بود که بی اعتنا به مال دنیا سعی در پاک زیستن داشت . از جمله اینکه بارها صحبت از مجتهد مسنجاب الدعوه ای را میکرد که بوجوهات دست نمی زد و از دسترنج خود که کشت و کار بود استفاده میکرد . شبی که نوبت آب قطعه ای از زمین هایش بود میرآب خواب مانده بود و چند ساعتی آب اضافه به زمین او رفته بود . با وجودیکه در نوبت آبیاری بعدی جبران کرده بود ولی آن سال دست به محصول آن قطعه زمین نزد.

مادرم جوهر کار و تلاش بود و هیچگاه ابراز درد و خستگی نمی کرد . چه ظرافت هائی که از زندگی انسان های پاک و خدا دوست از مادرم شنیدم و چه اشک های شوقی که از وفاداری و ایمان یاران حق بر چشمانم جاری نکرد . از جمله اینکه ماهرانه این باور را در ذهن من کاشت که بازیگران نینوا از سال های بسیار دور با یکدیگر تمرین بازی نرد عشق با جان جانان می کرده اند و در روز نمایش باشکوه ترین حماسه وفاداری و عشق نقش خود را ماهرانه بازی کردند و جاویدان شدند.

چهل روز پیش بود که پیش مادرم بودم و سپس برای تدریس به کارخانه سیمانی رفتم . داشتم یادداشت هایم از این سفر را به فصل ششم این مجموعه اضافه میکردم که خبر رفتنش به سرای باقی را شنیدم . غم سنگینی است ولی در ته دل حس می کنم که : " پرهیزکاران در آسایش هستند. " روحشان شاد باد و برخوردار از رحمت بی پایان الهی .

محمد رضا عزیزیان

۸۷/۱۰/۱۴

پیش گفتار

بیست و پنج سال پیش، اولین کتاب اینجانب به نام **تکنولوژی پخت سیمان** که در باره راهبری سیستم پخت سیمان بود، به چاپ رسید. بدنبال چاپ آن و بدلیل سوالات فراوانی که در مورد ماهیت سیمان از اینجانب میشد، **کتاب سیمان** را تدوین نمودم. در فصل ششم این کتاب اشاره ای به برخی عوامل ایجاد گرفتگی در سیستم پخت سیمان شده بود.

سال ها گذشته است و تحولات غرور انگیزی در صنعت سیمان ایران رخ داده است. در سال ۱۳۶۲ تعداد کوره های دارای کلساینر دو دستگاه بود ولی حالا تعداد این نوع کوره ها به **پنجاه** دستگاه رسیده است و تا پایان سال آینده به **هفتاد** دستگاه می رسد..

آنچه که هم اکنون بصورت مکتوب در باره کار با کوره های جدید صنعت سیمان ایران به زبان فارسی وجود دارد، دارای کاستی هایی است. لذا با استعانت از پروردگار دانا این لوح فشرده را تدوین نمودم. با این نیت که پاسخی به برخی از سوالات در باره گرفتگی های سیستم پخت سیمان و همچنین مآخذی برای کلاس های درس باشد ..

معروف است که مقدمه هر کتاب نیمی از آن کتاب است. راهی که برای نشان دادن سیر تحول غرور انگیز صنعت سیمان ایران به نظر رسید، ذکر مجدد مقدمه های کتاب های: **سیمان، شیمی و فیزیک سیمان برای مهندسين راه و ساختمان**، **سیمان های پوزولانی و آلومینی** و همچنین **تکنولوژی سیمان** بود. از یک سو با این نیت که خواننده با مطالعه آنها متوجه سیر تحول میشود و از سوی دیگر چون فصل هایی از این کتاب تلفیقی از بخش هایی از کتب مذکور است، لذا خود را معاف از ذکر مقدمه طولانی جدید بدانم.

هدف اصلی از تدوین این لوح فشرده (CD) تشریح ماهیت گرفتگی های سیستم پخت سیمان و راه های رفع آنهاست. برای بیان این موضوع لازم بود در باره

ماهیت سیمان و چگونگی تولید آن مطالبی عرضه شود. همچنین مبحث پخت سیمان و راهبری سیستم پخت از پایه های اصلی موضوع تدوین این لوح است. بدلیل محدودیت وقت اینگونه مطالب و موضوعات را از کتب قبلی خود استخراج کردم و همراه با **عکس هائی** که در بازدید ها گرفته بودم تدوین مجدد نمودم.

بخش عمده مطالب گرفتگی های سیستم پخت مربوط به کارخانجات سیمان جدید ایران است و اطلاعات ارائه شده عموماً توسط بزرگواران شاغل در این صنعت در حین برگزاری کلاس های درس راهبری کوره سیمان، گرفتگی های سیستم پخت و یا بازدید های کارشناسی به من داده شده است. قبل از تشکیل هر کلاس از مدیریت کارخانه محل تشکیل کلاس درخواست ارایه اطلاعاتی را می کنم. این اطلاعات شامل موارد زیر است:

- ۱- آنالیز شیمیایی چند مورد خوراک کوره، کلینکر، سیمان، مواد اولیه همانند: سنگ آهک، مارل، آلویوم، سنگ آهن، سنگ گچ، پوزولان و امثالهم.
- ۲- عکس های دیجیتالی مربوط به گرفتگی ها و آنالیز شیمیائی آنها.
- ۳- گزارش ساعتی کوره (ها) در شرایط عادی و غیر متعارف
- ۴- دیاگرام نسوزکاری کوره (ها)، در چند سال اخیر و..

از مزیت های جالب اینگونه جمع آوری اطلاعات و سپس تحلیل و عرضه آنها اینست که افراد شاغل در صنعت سیمان ایران در جریان مسایل یکدیگر قرار میگیرند و در نتیجه از تکرار مشکلات پیش گیری میشود و در صورت بروز مشکل راه حل های عملی که حاصل تجربه نه چندان ارزان سایرین است، در اختیار آنها قرار میگیرد.

ارتقای دانش فنی کارکنان صنعت سیمان، تولید بهینه کارخانه های سیمان، کاهش مصرف انرژی، کاهش ضایعات انسانی و زیست محیطی، مصرف بهینه سیمان و بالاخره ادای دین به ایران عزیز از جمله اهداف اینجانب در تدوین چنین مجموعه هایی است. اینکه تا چه حد در رسیدن به این اهداف توفیق داشته ام نمیدانم. ولی اگر اینگونه کارها بتواند جلو چند در صد افت تولید را بگیرد،

باعث چند درصد افزایش تولید بشود و چند درصدی هم مصرف انرژی را کاهش بدهد ، ارزش شکر گزاری دارد.

این لوح فشرده از باب سپاس از قادر یکتا و تشکر از همه کسانی که به من کمک کرده اند که محتوایی ارزشمند داشته باشد ، همانند لوح فشرده " **سیمان ۹۰۰** " به شما رایگان هدیه می شود ، **آنها تکثیر نموده به سایرین هم بدهید.** اینگونه انتقال اطلاعات ارزش های زیادی دارد. از جمله اینکه جلو مصرف کاغذ گرفته میشود و به تبع آن درختان افراشته کمتری بر زمین میافتند. موجودات عزیزی که سر بر آسمان همزبان با ستارگان تسبیح گوی او هستند " **والنجم والشجر یسجدان**".

حدود ۲۸۰ جدول ، عکس و شکل همراه با شرح در این مجموعه وجود دارد . خواهشم اینست که در صورت استفاده از مطالب و عکس ها به ماخذ آنها اشاره شود.

به امید برخورداری بیشتر از برکات و الطاف الهی، با ذره ذره وجودم شکر گزار خداوند یکتا هستم و از تمام بزرگواری که در این راه ، یاریم کرده اند سپاسگزارم.

محمد رضا عزیزیان

۸۷/۱۰/۱۶

پیش‌گفتار چاپ اول کتاب سیمان

هدف از تدوین کتاب «سیمان» ارائه اطلاعات در جهت شناخت ماهیت، خواص و انواع سیمان می‌باشد. مطالب کتاب طوری تهیه شده است که قابل استفاده، برای تولید کننده و مصرف کننده سیمان باشد. منظور از تولید کننده گروه وسیعی از افراد و تخصص‌هائست که بطریقی در کارخانه سیمان نقش دارند و همچنین منظور از مصرف کننده طیف وسیعی شامل تولید کنندگان محصولات بتنی، مهندسين راه و ساختمان، معماران و فروشندگان مصالح ساختمانی می باشد.

اساس کتاب بر چگونگی کار با دستگاه‌های تولید سیمان نیست بلکه اساس بر دادن اطلاعات عمومی در رابطه با نحوه تولید، ماهیت و خواص سیمان، انواع سیمان، موارد کاربرد انواع سیمان، کنترل کیفی و استانداردهای سیمان است. بطوریکه مصرف کننده و تولید کننده یک دید کلاسه شده نسبت به خواص سیمان و انواع آن پیدا نمایند. همچنین از جنبه تئوریک و عملی تا مرحله ای از شناساندن سیمان بحث شده که خواننده آشنائی و قابلیت لازم با چگونگی انتخاب نوع سیمان برای کارهای ساختمانی مختلف را کسب کند.

به منظور احتراز از پیچیدگی موضوع از داخل شدن عمیق تر در مباحث هیدراتاسیون سیمان، چگونگی تهیه و ساخت بتن، همچنین بحث در روی شن، ماسه، سنگ شکسته و نقش آنها در کیفیت بتن خودداری شده است. دلیل این احتراز اینست که بحث در این موارد آنچنان گسترده است که نیاز به کتاب دیگری دارد. با این وصف بخشی از کتاب مختصراً به این گونه مطالب اختصاص داده شده است.

در بحث مربوط به انواع سیمان، ضمن اینکه سعی شده است در مورد تمام سیمان‌های ساختمانی مطالبی عرضه شود، عمده مطلب در مورد سیمان هائی است که در ایران کاربرد عام تری دارند و شناخته شده تر می باشند. از اینرو در

مورد نوعی از سیمان که از مخلوط خاکستر ذغال سنگ (بعنوان سازنده فرعی) و کلینکر سیمان پرتلند حاصل می شود ، چندان بحثی به میان نیامده است. در مورد برخی سیمانها نظیر سیمان آلومینایی و سیمان تراس که در ایران زمینه تولید و مصرف محدودی دارند بطور گذرا بحث شده است. همچنین در بحث درباره انواع سیمان، بیشتر از دید یک مصرف کننده به موضوع نگرسته شده است و در مورد چگونگی ساخت آنها و مواد اولیه مورد نیاز جهت ساخت گونه های مختلف سیمان در حد اختصار مطالبی عرضه شده است .

اصولاً در مقطع کنونی تاریخ صنعت سیمان ، تنوع تولید و چگونگی تولید انواع سیمان، از جنبه مواد اولیه، تکنیک پخت، و مصرف بستگی به شرایط صنعتی ، اقتصادی و اجتماعی کشورها دارد. توضیح اینکه در کشورهایی نظیر کشور فرانسه که ذغال سنگ بعنوان سوخت دارای نقش بالائی است ، استفاده از خاکستر ذغال سنگ مصرفی در نیروگاه ها، اهمیت خاص خود را دارد ، از اینرو ساخت سیمان های حاوی خاکستر ذغال سنگ از رقم تولید قابل توجهی برخوردار می باشد. یا در کشور ایتالیا که برخوردار از منابع عظیم سنگ ها و خاکسترهای آتشفشانی است. تولید سیمان های تراس یا پوزولان رونق خاصی دارد. در کشوری نظیر آلمان غربی که دارای صنایع عظیم و گسترده ذوب آهن و فولادسازی است، تکنیک های ابداعی و ارزشمندی در زمینه اکتیو کردن روباره کوره ذوب آهن ، جهت مصرف در صنعت سیمان بوجود آمده است که نهایتاً باعث گردیده است رقم تولید سیمان های روباره ای (سرباره ای - ذوب آهنی) در این کشور و در قیاس با سایر کشورها بالا باشد. قابل ذکر است که با وجود تنوع تولید سیمان های نظیر آنچه که بدانها اشاره شد، هم اکنون در تمام کشورها و در سطح جهانی میزان تولید سیمان پرتلند معمولی، هنوز بالاترین رقم را بخود اختصاص داده است.

در مورد برخی سیمان ها نظیر سیمان های هوازا، انبساطی و امثالهم که دارای خواص ویژه و کاربردهای فنی جالبی هستند و همچنین در مورد برخی مواد

افزودنی که باعث می گردند سیمان و بتن حاصل از آن ها دارای رفتارهای ویژه برای کاربردهای خاص شود، بحث هائی شده است . با وجودیکه تولید و مصرف اینگونه سیمان ها در ایران چندان مرسوم نیست، ولی بدلیل خواص کاربردی جالب آنها ، مطرح گردیده اند.

اصولاً این نوع سیمانها در ساختن بزرگراه ها و کارهای مشابه مورد مصرف دارد و دلیل اینکه در ایران هنوز از اینگونه سیمانها استفاده نمی شود اینست که امکانات طبیعی، صنعتی و تدارکاتی قابل ملاحظه ای برای استفاده از آسفالت و ساختن بزرگراههای آسفالته وجود دارد. به دلیل وجود شرایط متنوع آب، هوا و خاک در کشور عزیزمان توجه به اینگونه سیمان ها ضروری است.

اندازه گیری و طرق سنجش برخی خواص و مشخصات سیمانها، بطور خلاصه و در حد نیاز اولیه مصرف کننده و احتمالاً یک آزمایشگر مطرح گردیده است. اصولاً در فصل کنترل کیفی سعی شده است که مفاهیم مربوط به برخی اصطلاحات کنترل کیفی و مشخصه های سیمان بیان شود. این بدان معنی نیست که با شرحی که در این فصل از کتاب آمده است ، یک آزمایشگر قادر خواهد بود عیناً با تبعیت از آن و انجام آزمایش به ارقام دقیق دست یابد. توصیه اینست که بدلیل اهمیت و ظرافت آزمایشات کنترل کیفی اولاً استاندارد مشخص شود، ثانیاً در مورد هر آزمایش و سنجش عیناً و مو به مو از دستورالعمل های مندرج در استاندارد انتخاب شده، تبعیت شود.

ذکر این نکته ضروریست که ورود در بحث تاریخچه و دلائل وجودی چنین دستورالعمل هائی و همچنین واکنش های شیمیائی مربوط به کنترل کیفی و کمی و بیان این واکنش ها ، خارج از موضوع این کتاب است. مضافاً اینکه پرداختن به موضوع کنترل کیفی و کمی با دید مطرح کردن واکنشهای شیمیائی بحث جداگانه و مفصلی است که نیاز به مقدمات اصول واکنش های شیمیایی شناخت پدیده های شیمی معدنی دارد که مسلماً از حوصله چنین کتابی خارج است. در مبحث کنترل کیفی تا حد امکان سعی شده است اهمیت هر یک از

پارامترها و یا مشخصه های سیمان چه از جنبه تولیدی و چه از جنبه کاربردی بیان گردد.

آنچه که مسلم است تعداد زیادی از کشورهای تولید کننده سیمان دارای استاندارد خاص خود می باشند و بسیاری از سیمان های تولیدی خود را استاندارد کرده اند. در میان این کشورها ، مواردی یافت می شود که تولیدچندان قابل توجهی ندارند و در مقایسه با تولید سیمان ایران، رقم بسیار پائینی است. ضمن آرزوی کاربرد استاندارد ملی برای سیمان ایران، با توجه به معروفیت و عمومیت کاربرد استانداردهای سیمان آمریکا و آلمان در صنعت سیمان ایران ، در این کتاب به صورت یک فصل جداگانه در مورد این دو استاندارد بحث شده است. البته میزان بحث در این مورد تا حد بیان مشخصه ها و محدودیت های تعیین شده در این دو استاندارد است. آنچه که در فصل استانداردها مدنظر بوده است، بیان کلی این دو نوع استاندارد و در نتیجه روشن شدن وجه تمایز انواع سیمان و موارد کاربرد آنها می باشد.

با توجه به اینکه محتوای کتاب حاضر بررسی خواص و انواع سیمان تولیدی در ایران و دنیا و ذکر مشخصه های آنها می باشد، لذا موارد مکرری پیش می آید که مشخصه ای از سیمان بصورت رقم های دارای واحدهای مختلف ذکر شده است. به عنوان مثال مقاومت (تاب) فشاری سیمان در استانداردهای مختلف برحسب واحدهای مختلفی بیان می گردد.

در برخی استانداردها بصورت PSI ، در برخی بصورت Kp/Cm^2 و در برخی بصورت N/mm^2 بیان میشود. تا آنجا که امکان بوده سعی شده است که در موارد مختلف و بیان اندازه مشخصه های گوناگون سیمان ، از واحدهای سیستم متریک استفاده شود.

سیمان بعنوان کالائی که در تهیه آن مقادیر زیادی نیرو، سرمایه و انرژی صرف شده است و در شرایط حاضر مملکت شدت نیاز بدان روشن تر از آنست که در اینجا بحث شود، دارای آنچنان ماهیتی است که در صورتیکه بدان توجه

نشود، تبدیل به جنس و کالای خراب و غیرقابل استفاده می گردد. از جمله اینکه سیمان دارای خاصیت جذب رطوبت از هوای محیط است، لذا میبایستی بسته بندی و نگهداری آن بصورتی باشد که اولاً تا حد امکان، جلو راه نفوذ هوا و رطوبت بدان گرفته شود و ثانیاً آنچنان انبار شود که تحت فشار نباشد. در صورت وجود رطوبت و فشار، سیمان سریعاً کلوخه میشود. ثالثاً درجه حرارت آسیاکردن، بسته بندی و نگهداری سیمان نبایستی آنقدر بالا باشد که باعث دهیدراته شدن گچ خام موجود در آن و در نتیجه، کلوخه شدن سیمان شود.

با توجه به نکات فوق است که در فصولی از کتاب مکرراً به اثرات نحوه نگهداری سیمان روی خواص سیمان اشاره شده است. در مورد نگهداری سیمان، نکته قابل ذکر دیگر اینست که مدت زمان نگهداری سیمان روی کیفیت سیمان تاثیر دارد. آنچه مسلم است در بهترین شرایط نگهداری سیمان، با گذشت زمان، کیفیت سیمان پائین خواهد آمد. از اینرو میبایستی برنامه ریزی تدارک و مصرف سیمان آنچنان باشد که مدت زمان نگهداری سیمان در سیلو یا انبار به حداقل ممکن کاهش یابد.

همچنین به دلایل اقتصادی و کیفی اشاره به اهمیت و مزیت استفاده از سیمان فله شده است تا بدینطریق میل به مصرف سیمان فله خصوصاً در پروژه های ساختمانی متوسط به بالا و واحدهای تولید محصولات بتنی تقویت گردد.

در فصل ششم: (اثرات روند تولید روی خواص سیمان)، درباره اثرات نحوه تولید سیمان روی خواص سیمان، نسبتاً مشروح بحث شده است. خصوصاً اینکه در این فصل، چکیده ای از تحقیقات مختلف روی شرایط مختلف تولید و آماده سازی کلینکر، سیمان و به ویژه سازنده های فرعی نظیر روباره کوره ذوب آهن، عرضه شده است. همچنین در رابطه با انبار کردن و نگهداری سیمان، اثرات چگونگی اثرات این مواد روی روند تولید و خواص کلینکر و سیمان، مطالبی ارائه شده است. در این فصل و در فصل دوم کتاب درباره نقش

مواد قلیائی روی خواص سیمان، چگونگی اثرات این مواد روی روند تولید و خواص کلینکر و سیمان، در حد تفصیلی بحث شده است. خصوصاً اینکه در فرآیند تولید سیمان، وجود مقادیر بیش از حد مواد قلیائی، ایجاد عوارض و تنگناهایی روی نحوه تولید می نمایند. برای احتراز از این عوارض و رفع تنگناها، روشهایی بکار گرفته می شود که نهایتاً ضمن داشتن مزایای مرتبط با فرآیند تولید، دارای اثرات مثبت و منفی روی خواص سیمان نیز می باشند.

در فصل هفتم: بعنوان مقدمه ای بر فرهنگ اصطلاحات سیمان تعداد قابل توجهی از اصطلاحات را که در رابطه مستقیم با تولید و کاربرد سیمان هستند، با معانی توضیحی ارائه شده است.

شکر خدای را که شکرگزاریش شرف شکرگزار است، سپاس او را که به این بنده ناچیز نعمت و سعادت قلم بدست گرفتن را عطا فرموده است. برخورد لازم و واجب می دانم که از بسیاری از همکاران صنعت سیمان و سایر دوستانی که از طریق روابط کاری یا آشنائی های سببی و نسبی یاری گر و مشوق اینجانب در تهیه و تدوین این کتاب بوده اند، نهایت تشکر و سپاس را بنمایم. آرزوی سلامت و عزت برای همکاران را دارد.

محمد رضا عزیزیان

۱۳۶۳/۲/۱۷

مقدمه مترجم برای چاپ دوم کتاب شیمی و فیزیک سیمان

کدام هدف ملی است که بی نیاز از سیمان باشد؟

آیا بدون سیمان اهداف ملی شکل خواهند گرفت؟

آیا امکان دارد و یا به صلاح مملکت است که از خارج سیمان وارد شود؟

سیمان جزء اساسی و جدائی ناپذیر بتن است و بتن بعنوان یک ماده و مصالح ساختمانی با مفهوم ملات و سنگ مصنوعی دارای قدمت زیادی است. فینیقی ها در حدود ۱۰۰۰ سال پیش از میلاد، یونانی ها در حدود ۲۰۰ سال پیش از میلاد و رومی ها در حدود ۱۰۰ سال پیش از میلاد قادر به تهیه مصالحی بوده اند که در مقابل آب سخت می شده اند.

آثار باقیمانده در تخت جمشید و پل های قبل از اسلام موید اینست که ایرانیان از ازمه بسیار قدیم قادر به تهیه ملات های آبی بوده اند و مصالحی را ابداع کرده اند که قادر به تحمل فشار و حفظ انسجام خود در مجاور آب بوده اند.

اغلب مواد باقیمانده از آتشفشان ها (خاکستر آتشفشان) دارای خاصیت سیمانی هستند. رومی ها با استفاده از این مواد بنا هائی ساخته اند که بسیاری از آنها هنوز پا بر جاست. از جمله این بنا ها معبد پانتئون در رم است که در سال ۱۲۰ میلادی ساخته شده است و دارای بدنه استوانه ای بقطر ۴۳ متر و سقف گنبدی شکل است. از جمله قدیمی ترین بنا هائی که با سیمان پرتلند (تقریباً مشابه سیمان های فعلی) ساخته شده است، میتوان بنای پارلمان انگلستان را نام برد که در فاصله سال های ۱۸۴۰-۱۸۵۲ ساخته شده است.

تا اواخر قرن هیجدهم روال تهیه مصالح ساختمانی از نوع بتن که در آنها ماده چسبنده سیمانی وجود داشته باشد، چندان تغییر اصولی نکرده بود. از اواخر قرن هیجدهم یک سری مطالعات علمی برای کشف خواص سیمانی برخی

مصالح صورت گرفت که در نهایت در طی زمانی حدود ۷۰ سال ، منجر به ساخت آن چیزی که امروز به نام **سیمان پرتلند** می نامیم ، شد.

تولید صنعتی سیمان پرتلند از اوائل قرن نوزدهم شروع شده است . در ابتداء از کوره هائی با ظرفیت پنج تن در هفته که کاملا شبیه کوره های آهک پزی بوده اند ، استفاده میشده است. به مرور و هماهنگ با افزایش تقاضا برای این کالای معجزه گر ابداعاتی در ساختمان کوره ها و نحوه تولید صورت گرفت . در اواخر قرن نوزدهم **کوره های دوار** سیمان ابداع شد و قدم دیگری در جهت پاسخگوئی به تقاضای روز افزون سیمان برداشته شد. ثمره ۸۰ سال کار و استفاده از تکنولوژی روز در کوره های دوار سیمان منتج به این شده است که هم اکنون کوره های با ظرفیت روزانه بیش از **ده هزار تن** در حال کار است.

پیشگامان توسعه صنعت سیمان کشور های انگلستان ، آلمان و فرانسه بوده اند. اولین محموله های ثبت شده سیمان از کشور های اروپائی به آمریکا مربوط به سال ۱۸۶۸ می باشد. به دلیل ارزانی کرایه حمل با کشتی های بخارآبی در سال ۱۸۹۵ حدود ۵۱۰ هزار تن سیمان از اروپا به آمریکا حمل شده است.

هم اکنون تولید جهانی سیمان بیش از یک میلیارد تن است و پیش بینی میشود تا سال ۱۹۹۰ تولید جهانی به یک میلیارد و دویست میلیون تن برسد. از نظر وزنی تولید سیمان دارای بالاترین رقم در میان کالا های صنعتی جهان است. بطور متوسط برای تولید هر تن سیمان ۱/۷ تن مواد اولیه معدنی نظیر سنگ آهک ، خاک رس ، سنگ گچ ، سنگ آهن ، مارل و سیلیس لازم است. در نتیجه در سطح جهانی صنعت سیمان سالانه نزدیک به دو میلیارد تن مواد اولیه مصرف میکند. با یک حساب تقریبی وزن شن و ماسه ای که برای تبدیل این میزان سیمان به بتن و فرآورده های بتنی لازم است بالغ بر شش میلیارد تن است.

اولین کوره سیمان ایران با ظرفیت روزانه ۱۰۰ تن در سال ۱۳۱۲ در **شهر ری** به بهره برداری رسید. یعنی تقریبا ۵۰ سال پس از ژاپن ، ۶۰ سال پس از آمریکا

، ۷۰ سال پس از آلمان و ۱۰۰ سال پس از انگلستان. هم اکنون ظرفیت اسمی کارخانجات سیمان ایران در حدود ۱۷/۵ میلیون تن است و متوسط تولید سالانه سه ساله اخیر بالغ بر ۱۲ میلیون تن بوده است که معادل تولید و مصرف سرانه ۲۲۰ کیلوگرم است.

این میزان تولید تولید سرانه با توجه به نیاز های اساسی زیر بسیار کم است:

۱- نیمی از جمعیت ایران در دهات زندگی میکنند و غالب خانه های **دهات خشت و گلی** است و باید تبدیل به احسن شوند.

۲- در صد عمده ای از خانه های شهرها فرسوده شده اند و خارج از **ضوابط استاندارد و ایمنی** میباشند و باید باز سازی شوند. (تفاوت عمل کرد موشک های اصابت کرده به نقاط مختلف تهران و زیان های ناشی از آن مشخص کننده فرق یک خانه خوب با یک خانه کهنه و فرسوده است).

۳- بخش های عمده ای از کشورمان روی **کمر بند زلزله** واقع شده اند ، احداث خانه های مقاوم در برابر زلزله از ضروریات است.

۴- میزان **رشد جمعیت ۳-۴ در صد** ایجاب می کند که سالانه حدود ۵۰۰ هزار واحد مسکونی جدید اضافه شود، وگرنه بی خانه بودن فجایع بی حسابی به بار می آورد.

۵- راه آهن ، راه ها و پل های موجود عمدتاً فرسوده شده اند و علاوه بر اینها ، به میزان **صدها برابر** مقدار موجود به **راه و راه آهن و سیستم های ارتباطی** شهری ، روستائی و کشوری و فرودگاه ، نیاز داریم.

۶- **باز سازی ویرانه های** ناشی از جنگ تحمیلی ، احداث دو باره خرمشهر ها ، قصر شیرین ها و زدودن خسارات وارده به دزفول ، اندیمشک ، کرمانشاه ، همدان و مریوان و صد ها شهر بزرگ و کوچک دیگر در ۱۷

استان کشور که هر یک بطریقی از جنگ آسیب دیده اند، نیاز به سیمان دارد .

۷- صنایع کشورمان آسیب بسیاری از جنگ تحمیلی دیده اند، بسیاری از **کارخانجات** فرسوده شده اند و باید تعمیر ، بازسازی و مدرنیزه شوند.

۸- خاموشی فراوان داریم و این همه خاموشی در شرایطی است که بسیاری از واحد های تولیدی متوقف شده اند و **نیروی برق** مصرف نمی کنند. واحد های مولد برق از نوع اتمی ، گازی ، حرارتی و آبی و همچنین خطوط انتقال نیروی جدید لازم داریم.

۹- مملکت ایران وسیع است ، جمعیت آن رو به رشد است ، بارندگی کم است . از مقدار محدود نزولات آسمانی باید حداکثر استفاده برای تولید برق ، امور کشاورزی و تامین غذای جمعیت رو به رشد را نمود. لازمه این امر **احداث سدها** ، کانال های آبیاری و پوشش انهار می باشد.

۱۰- کتاب مقدس **قرآن** با "**بخوان**" شروع شده است و با تاکید فراوان بر علم و علم اندوزی. این در حالیست که متاسفانه در **صد بالائی بی سواد** داریم ، دانشگاه ، هنرستان ، دبیرستان و دبستان بسیار کم داریم. آیا بدون اینگونه فضاها قادر خواهیم بود سری بالای سرها داشته باشیم ؟

۱۱- شهر ها و قصبه های کشورمان عموماً فاقد سیستم های **آبرسانی و دفع فاضلاب** اصولی هستند، آنهایی هم که دارند بدلائل عدیده باید تعمیر و نو سازی شوند.

۱۲- کشورمان چه در حال جنگ باشد چه در حال صلح و سازندگی نیاز به تاسسات **نظامی و دفاعی** دارد.

براساس آنچه که ذکر شد و با توجه به دلایل زیر پاسخ هر سه سؤال ابتدای مقدمه منفی خواهد بود و باید در هر شرایطی تولید سیمان اضافه بر نیاز مملکت باشد:

۱- تا سیمان نباشد پروژه و هدفی (مثلا سد سازی و آموزشی و...) شکل نخواهد گرفت. اصولا با سیمان (به معنی چسب) است که **اهداف ملی بیکدیگر میچسبند** و هماهنگ با هم حرکت می کنند.

۲- در اغلب پروژه ها سهم هزینه بابت سیمان در صد ناچیزی است (مثلا در خانه سازی حدود **۳-۵ درصد** است). آیا عاقلانه است بنحاطر این در صد ناچیز پروژه های عدیده ای ناقص بمانند ، اهداف مقدسی به فراموشی سپرده شوند و بدنباشان بیکاری ها و پس روی های وحشتناک داشته باشیم؟

۳- سیمان کالائی است **ارزان و سنگین** که حمل آن برای مقاصد دور مقرون به صرفه نیست و همراه با ضایعات است و حتی الامکان باید نزدیک به محل مصرف ، تولید شود . لذا واردات آن مشکل است و مقرون به صرفه نیست. بعلاوه بر مبنای بهای سیمان در بازار بین المللی و با توجه به ارزبری بسیار کم این صنعت ، عملا در فاصله زمانی کمتر از دو سال ارز مصرف شده برای یک واحد تولید سیمان مستهلک میشود. جالب تر اینکه با داشتن **مواد اولیه فراوان ، انرژی ارزان ، نیروی کار متبحر و ارزان ،** براحتی قادر به قبضه کردن بازار سیمان مناطق خلیج فارس ، هندوستان و شرق آفریقا نیز می باشیم.

بدلیل شکل پذیری بتن و پس از ابداع بتن مسلح و بتن پیش فشرده ، موارد مصرف بتن آنچنان گسترده شد که بلا استثناء در هر زمینه ای از فعالیت ساختمانی منجمله : خانه سازی ، کارخانه سازی ، پل سازی ، جاده سازی ، احداث راه آهن ، ساخت فرودگاه ، فضا های آموزشی ، سد سازی ، تاسیسات آبیاری ، معدن کاری ، ساختمان رآکتور هسته ای وغیره مورد استفاده قرار گرفت. در مقطع زمانی کنونی از تمدن بسیاری از بنا های همانند سدهای عظیم و پر برکت (همچون **سد دز و سد کارون**) و پل های بتنی با دهانه وسیع بعنوان سمبل هایی از تمدن کنونی برای نسل های آینده

باقی خواهند ماند. خلاصه اینکه اثرات سیمان و بتن در حیات بشر آنچنان گسترده است که شرح و بیان آنها خارج از حوصله و ظرفیت مقدمه حاضر است. بر اساس اطلاعات و استنتاجات فوق و بر اساس اطلاعات آماری کشور های مختلف جهان ، کشور ایران نیاز به تولید سرانه ۵۰۰ کیلوگرم سیمان دارد . با توجه به جمعیت ۶۰ میلیون نفری در ۵ سال آینده ، باید ظرفیت تولید سیمان کشور به ۳۰ میلیون تن برسد. ۳۰ میلیون تن سیمان به معنی مصرف ۵۰ میلیون تن مواد معدنی است. برای تولید این مقدار سیمان سالانه ۸۰ میلیون تن مواد و محصول باید جابجا شود. اگر متوسط فاصله معادن تا کارخانه را سه کیلومتر و متوسط شعاع توزیع را ۱۵۰ کیلومتر در نظر بگیریم ، حجم باری که باید جابجا شود برابر ۴/۵۶ میلیارد تن کیلومتر خواهد شد. این به معنی اختصاص یافتن بخش عظیمی از توان حمل و نقل کشور برای جابجائی سیمان و مواد اولیه آن است. برای تبدیل این مقدار سیمان به بتن و در نهایت ساختمان نیاز به ۱۸۰ میلیون تن شن ، ماسه و سنگ وجود دارد.

از نظر نیروی انسانی تولید این میزان سیمان به اشتغال مستقیم حدود ۳۰ هزار نفر در کارخانجات سیمان کشور و حدود ۱۵۰ هزار نفر در صنایع فرآورده های بتنی و کارگاه های ساختمانی (در مرحله سفت کاری و بتن ریزی) نیاز دارد. با تخصیص یک میلیون تن برای صادرات ، ارز لازم برای تولید ۳۰ میلیون تن سیمان تامین خواهد شد. و بالاخره ، در صورتیکه یک سوم این تولید صرف خانه سازی شود سالانه ۸۰۰ هزار خانواده صاحب خانه خواهند شد.

شما ای مهندس عمران و معمار عزیز:

ما سازندگان سیمان ، این کالای معجزه گر با انواع و اقسام خواص برای کاربرد های گوناگون : از اعماق گرم ، داغ و تحت فشار درون زمین تا استفاده در نقاط یخبندان ، سطوح طوفان زا و موج خیز بنادر و اقیانوس ها ، از کف همیشه در معرض فرسایش اتوبان ها تا رویه آثار چشم نواز معماری ، از بناهای سر به فلک کشیده مسکونی تا مجاری انتقال فاضلاب ها ی زیر زمینی، تهیه و در اختیار شما قرار میدهیم تا شما با فکر خلاق و دستان هنرمند خود بانی و عامل ساختن و شکل گیری شهر ها و

تاسیسات زیر بنائی و همه آن چیز هائی که سمبل و نشانه های ماندنی تمدن فعلی هستند ، نظیر سد ها ، تونل ها ، جاده ها و پل ها بشوید و بدنبال آنها آسایش و آرامش برای ابناء بشر فراهم نمائید.

خواهش ما اینست که در راه استفاده فنی ، اصولی و به جای این کالای آبادگر و ترویج روش های استفاده صحیح از سیمان و بتن در جامعه در حال تحول ایران عزیز، قدم های بیشتری بردارید. ترجمه این کتاب ذیقیمت هدیه ایست چون چراغ ، فرا راه قدم های ارزشمندی که بر میدارید.

محمد رضا عزیزیان

۱۳۶۸/۳/۱۸

پیش گفتار کتاب سیمان های پوزولانی و آلومینی

با نگاهی به منحنی سیر تولید و مصرف سیمان در کشورهای پیشرفته اروپائی ملاحظه می شود که ، تا حدود ۱۲ سال پیش (۱۹۸۰) این منحنی ها عموماً سیر صعودی داشته اند و پس از این تاریخ یا منحنی ها بصورت خط افقی درآمده اند و یا اینکه در حال نزول هستند. بعکس کشورهای در حال توسعه ، منحنی های تولید و مصرف سیمان دارای سیر صعودی هستند. بعنوان نمونه، متوسط مصرف کشورهای جامعه مشترک اروپا تا سال ۱۹۸۰ سیر صعودی داشته و به رقم ۴۵۰ کیلوگرم مصرف سرانه در سال رسیده است و سپس شروع به افت کرده است . در حالیکه در کشورهای بلوک شرق اروپا این صعود تا سال ۱۹۹۰ ادامه داشته است و به رقم ۵۲۰ کیلوگرم رسیده است و سپس شروع به افت کرده است. یکی از اساسی ترین دلایل کم شدن مصرف اینست که در این کشورها از یک سوی کارهای زیربنائی ساختمانی عموماً انجام شده است و از سوی دیگر افزایش جمعیت در آنها در حد صفر (یا در مواردی منفی) است. بعکس در کشورهایی مثل هندوستان، برزیل، مکزیک با درصد رشد جمعیت زیاد و نیاز به انجام کارهای زیربنائی قابل توجه، هنوز میزان تولید و مصرف آنقدر کمتر از نیاز است که اگر ظرفیت های تولید را به چند برابر هم برسانند باز هم کم است. در سال ۱۹۸۳ گروه کشورهای هندوستان، برزیل، مکزیک بطور متوسط ۷۰ کیلوگرم مصرف سرانه سیمان داشته اند.

کشور چین نمونه بارزی از جنبه های رشد جمعیت ، نیاز به مصرف سیمان و تولید برنامه ریزی شده است. این کشور در سال ۱۹۶۵ مصرف سرانه ای کمتر از ۳۰ کیلوگرم داشته است. این رقم در سال ۱۹۸۳ به ۹۱ کیلوگرم و در سال ۱۹۹۱ به ۲۲۰ کیلوگرم رسیده است در همین فاصله زمانی جمعیت کشور چین در حد دو برابر شده است. به تعبیر دیگر در کشور چین در سال ۱۹۶۵ تولید سیمان ۱۶/۴ میلیون تن ، در سال ۱۹۸۳ تولید سیمان ۱۰۵ میلیون تن و در سال

۱۹۹۱ تولید سیمان برابر ۲۳۰ میلیون تن بوده است و همزمان با رشد کنترل شده جمعیت، سیر صعودی تولید سیمان ادامه دارد. نتیجه کار اینست که تغییر چهره شهرهای این کشور و حجم کارهای زیربنایی انجام شده سال به سال برای هر بیننده ای محسوس است.

بدلائل عدیده ای که جای بحث آن در اینجا نیست کشور ایران نیاز به افزایش تولید و مصرف سیمان دارد و لازم است از تولید سرانه ۲۵۰ کیلوگرم به حدود ۵۰۰ کیلوگرم برسیم.

با نگاهی به وضعیت راه ها، پل ها، راه آهن، بافت شهرها و دهات، امور زیربنایی شهرها و دهات، حجم کارهای صنعتی که باید صورت گیرد، مشکل تأمین مسکن، امور دفاع و نظامی و مهمتر از همه اینها کارهای زیربنایی کشاورزی و کنترل نزولات آسمانی که هر قطره اش برای ما ارزش حیاتی دارد و صدها مورد دیگر توجیه کننده نیاز به سیمان بیشتر است. در سال های اخیر در کشور ایران عمده توجه به یکی از راه های پرخرج و زمان بر، و البته اساسی یعنی اجرا پروژه های جدید سیمان شده است و به راه حل های دیگر توجه آنچنانی نشده است. برای به ثمر رسیدن یک تدبیر یا راه حل زمان لازم است. زمان لازم برای تدابیر مختلف را میتوانیم به گروه های درازمدت، میان مدت و کوتاه مدت تقسیم نمائیم که در این میان پروژه های جدید سیمان از جمله تدابیر دراز مدت هستند.

پروژه های احداث کارخانجات جدید سیمان میتواند شامل واحدهای با ظرفیت بالا و یا واحدهای مقیاس کوچک باشد. البته تصمیم به احداث کارخانه سیمان کوچک منوط به روشن شدن برخی پارامترهای بحرانی و تعیین کننده، نظیر در دسترس بودن مواد اولیه و مواد مصرفی، تسهیلات حمل و نقل، هزینه های تولید، کمک ها و تسهیلات مالی دولت، است.

از جمله تدابیر کوتاه مدت می توان موارد بازسازی و نوسازی و مدرنیزه کردن کارخانجات موجود ، همچنین آموزش نیروی کار و تأسیس مراکز آموزشی موقت در جوار کارخانجات را نام برد.

از جمله تدابیر میان مدت میتوان از تأسیس مرکز آموزش برای تربیت نیروی کار و همچنین ترتیب مدرسین را نام برد. در این گروه از تدابیر راه حل جالبی برای افزایش تولید سیمان بدون نیاز به افزایش کلینکر وجود دارد که عبارتست از تولید و ارائه سیمان های مخلوط . همانطور که در نقشه شماره ۱ ملاحظه می شود بجز منطقه زاگرس و امتداد جنوبی شرقی آن بقیه نقاط ایران در فواصل معقولی از ذخائر مواد پوزولانیک مناسب برای تولید سیمان های مخلوط هستند.

سیمان های مخلوط حاوی کلینکر سیمان پرتلند و برخی مواد افزاینده (Addition) هستند. این مواد ممکن است طبیعی و یا مصنوعی باشند و مشخصه اساسی آنها اینست که در حضور عامل فعال کننده ای نظیر آهک ، هیدراته میشوند و از خود خواص هیدرولیکی و سیمانی بروز می دهند. عمده ترین این مواد افزاینده عبارتند از :

روباره یا سرباره کوره ذوب آهن (Slag)

پوزولان یا باقیمانده های آتشفشانی (Pozzolan)

خاکستر سبک یا خاکستر ذغال سنگ (Fly Ash)

دیاتومه یا ترکیبات طبیعی دارای سیلیس فعال (Diatomaceous Earth)

در مواردی سیمان هائی که از آسیاب کردن همزمان کلینکر و برخی مواد خنثی و پرکننده نظیر سنگ آهک بدست آمده اند را جزو سیمان های مخلوط نام می برند.

از اوائل قرن حاضر تولید سیمان های مخلوط همواره مدنظر بوده است. پس از ارائه گزارشات مستند در مورد خواص ویژه این نوع سیمان ها، در حدود ۶۰ سال پیش، استفاده از آنها بتدریج رونق پیدا کرد. تا اینکه در سال ۱۹۷۴ بدنبال

افزایش سریع بهای انرژی، میزان تولید و مصرف این نوع سیمان ها که نیاز به انرژی حرارتی کمتری دارند ، بسرعت افزایش یافت ، هم اکنون بالغ بر ۷۰ درصد سیمان تولیدی دنیا از نوع سیمان های مخلوط است.

ضمن اینکه تولید سیمان های مخلوط در مقایسه با سیمان پرتلند نیاز به سرمایه گذاری کمتر، مصرف انرژی (حرارتی و الکتریکی) کمتر و زمان کمتر برای رسیدن به تولید بیشتر دارد ، دارای مزایای کیفی فراوانی نیز هست.

با توجه به سوابق مطالعاتی و همچنین طرحی که در سال ۱۳۶۴ در زمینه سیمان پوزولانی ارائه داده بودم ، از اوائل سال ۱۳۷۰ وظیفه پیگیری تولید و اشاعه مصرف سیمان پوزولانی را عهده دار شدم. حاصل این پیگیری ها گزارشاتی بود که ذیلاً بخش هائی از آنها که مناسب این پیش گفتار است نقل می شود.
در بخشی از گزارش مهر ماه ۱۳۷۰ آمده است:

«از جنبه صنعتی استفاده از این مواد در صنعت سیمان جهان به اوائل قرن حاضر بر می گردد. در ایران سابقه کشف معدنی این مواد به ۵۰ سال پیش می رسد. شواهد موجود در معدن تراس (پوزولان) جاجرود حاکی از آنست که در طول این پنجاه سال، مقدار بهره برداری شده از معدن جمعاً به پنجاه هزارتن نرسیده است. این رقم به مفهوم تولید حدود ۳۰۰۰۰۰ تن سیمان تراس در طول ۵۰ سال گذشته است. این در حالیست که به دلایل عدیده ، در صنعت سیمان ایران می توان همواره در حد ۱۰ درصد ظرفیت صنعت سیمان (در برخی واحدها تا ۳۰ درصد) از اینگونه مواد استفاده کرد.

بعبارت دیگر می باید تاکنون حداقل در حدود ۵ میلیون تن از ذخائر پوزولانی بیکران این مرز و بوم استفاده می شد و در نتیجه حدود ۲۵ میلیون تن سیمان پوزولانی عرضه می گردید، که متأسفانه چنین نشده است.

برای درک اثر این تفاوت عظیم در بهره برداری از ذخائر خدادادی و سهل الوصول کافی است ذکر شود که جمع سیمان مصرفی در پروژه سد کارون کمتر از ۴۰۰۰۰۰ تن بوده است. به عبارت دیگر با استفاده از ۵ میلیون تن ذخائر

ولکانیک می توانسته ایم سیمان لازم برای احداث ۱۲ سد عظیم را فراهم نمائیم . از نقطه نظر دیگر چنانچه سیمان مصرفی برای هر واحد آپارتمان مسکونی، دارای ۱۰۰ متر مربع زیربنا را ده تن فرض نمائیم، با این تفاوت تولید قادر می بودیم سیمان لازم برای احداث ۵ میلیون واحد مسکونی را فراهم کنیم. بهرحال غفلی است که در صنعت سیمان ایران صورت گرفت و متأسفانه این غفلت هنوز ادامه دارد.

در طول سالهای گذشته بررسی هائی روی استفاده از این مواد توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، آزمایشگاه های برخی از کارخانجات سیمان کشور و شرکت احداث صنعت شده است و گزارشات ارزشمندی تاکنون عرضه شده است. نتایج بررسی ها و تحقیقات حاکی از آنست که به اندازه کافی مواد پوزولانی خوب برای تولید معادل بیش از ۱۰ درصد ظرفیت اسمی کوره های سیمان ایران وجود دارد. حتی با احداث واحدهای آسیاب سیمان در جوار برخی ذخائر پوزولانی می توان به سهولت در صد مصرف مواد پوزولانی را با استفاده از آهک و یا کلینکر پرتلند بالا برد و در مواردی تا ۴۰ درصد هم رسید

در بخشی از گزارش اسفند ماه ۱۳۷۰ آمده است:

«هم اکنون شواهد امر حاکی از آنست که از مرداد ماه سال جاری تاکنون، یعنی طی هفت ماه بالغ بر ۶۰/۰۰۰ تن مواد پوزولاتی به کارخانجات سیمان حمل شده است و با عناوین مختلف به بازار مصرف عرضه شده است. این رقم به مفهوم آنست که پوزولان (پامیس - تراس) مصرف شده در ۷ ماه گذشته بیش از مقداریست که در طول ۵۰ سال پیش و به تعبیری در طول عمر صنعت سیمان ایران مصرف شده است. در این فاصله زمانی کوتاه چنین توفیقی پاسخی است به غفلت های گذشته.

در زمینه تولید سیمان های مخلوط میتوان چنین گفت که سیمان های مخلوط تولیدی ایران شامل سه گروه اصلی زیر می توانند باشند:

انواع سیمان پرتلند- پوزولان

انواع سیمان پرتلند- روباره

انواع سیمان پرتلند - سنگ آهک

که می توان کارخانجات سیمان ایران را برای تولید سیمان های فوق به ترتیب زیر دسته بندی کرد:

الف- تولیدکنندگان سیمان های پرتلند - روباره:

سپاهان، اصفهان ، بهبهان، دورود و کرمان

ب- تولیدکنندگان سیمان های پرتلند- پوزولان:

تهران، صوفیان، شمال، ارومیه، کرمان، غرب، شرق، خزر، لوشان، آبیک، مازندران و دورود.

ج- تولیدکنندگان سیمان های پرتلند- سنگ آهک:

فارس، آبیک، تهران، دورود، کرمان، اصفهان، سپاهان و صوفیان

با توجه به نتایج قطعی حاصل از بررسی آزمایشگاهی، اکتشافات معدنی، تولید صنعتی و نتایج حاصل از مصرف انواع سیمان های مخلوط تولیدی در سال ۱۳۷۰ میتوان پیش بینی مصرف مقادیر مواد افزاینده زیر را برای سال ۱۳۷۱ کرد:

پوزولان ۹۰۰/۰۰۰ تن

روباره ۴۰۰/۰۰۰ تن

سنگ آهک ۱۰۰/۰۰۰ تن

از ابتدای بحث تولید و اشاعه مصرف سیمان پوزولانی مکرراً تأکید شده بود که شرط توفیق در این راه تعیین قیمت ترجیحی برای این نوع سیمان است. شاید در ظاهر سیمان پوزولانی با معیارهای مسلم علمی، فنی جهانی ارزانتر از سیمان پرتلند تمام می شود، ولی نکته مهم اینست که قیمت سیمان پرتلند در ایران بسیار ارزان است. آنقدر ارزان که میتوان ادعا کرد خروج هر کیسه سیمان از کارخانه به مفهوم خروج بخشی از سرمایه کارخانه است .

در ادامه تلاش برای حل گره قیمت سیمان پوزولانی، اخیراً تصویب شد که تولید بالاتر از ۸۵ درصد ظرفیت کارخانجات بصورت آزاد فروخته شود. بازده متوسط کارخانجات سیمان ایران در سال ۱۳۷۰ برابر ۸۳/۳ درصد بود. معنی این رقم اینست که کارخانجات بسیاری با مختصر تلاش برای افزایش تولید، خصوصاً از طریق استفاده از مواد افزایشنده نظیر پوزولان قادر خواهند شد به بالای ۸۵ درصد برسند. در نتیجه با توجه به درآمد اضافی حاصله، ضمن جبران زیان های گذشته نقدینگی لازم برای بهینه سازی و مدرنیزه کردن ماشین آلات را بدست آورند، که در نهایت به مفهوم تولید بیشتر با هزینه کمتر می باشد.

پیش بینی مصرف ۹۰۰/۰۰۰ تن سیمان پوزولانی در سال ۱۳۷۱ دقیقاً به مفهوم ۹۰۰/۰۰۰ تن اضافه تولید است و این رقم معادل ظرفیت تولید سالانه یک واحد ۳۰۰۰ تنی است. برای احداث یک واحد ۳۰۰۰ تنی شرایط زیر لازم است:

تخصیص حدود ۸۰ میلیون دلار ارز

هزینه کردن حدود ۳۰ میلیارد ریال، هزینه ریالی

صرف ۶ سال وقت

مصرف حدود ۲۰/۰۰۰ تن آهن آلات و ۷۰/۰۰۰ متر مکعب بتن ریزی.

امتیاز دیگر این میزان مصرف پوزولان اینست که سیمان حاصل از آن در سطح کشور عرضه میشود. بعبارت دیگر این تولید در یک نقطه ارائه نمی شود تا برای توزیع آن مشکل ترانسپورت وجود داشته باشد، بلکه در ۱۲ نقطه مختلف کشور عرضه میشود.

ذکر این نکته ضروری است که کلمات *Addmixture*, *Addition* , *Additive* متناوباً بجای یکدیگر و برای موادی که به سیمان یا کلینکر پرتلند اضافه می شوند بکار رفته اند. اینجانب در نوشته های خود کلمه «افزودنی» را برای موادی بکار برده ام که در حد چند دهم درصد یا چند درصد به سیمان

افزوده میشوند تا به سیمان خواص خاصی نظیر هوازا بودن، تندگیر بودن، کار پذیر بودن را بدهند.

برای موادی نظیر پوزولان ها، روباره و امثالهم که بین ۴۰-۱۰ درصد مصرف میشوند، قبلاً از اصطلاح طولانی «سازنده های فرعی» استفاده شده است. از آنجائیکه در منابع خارجی کلمه **Addition** (بمعنی افزایش) برای اینگونه مواد بکار رفته است و از سوئی مصرف اینگونه مواد:

افزاینده تولید، افزایش درآمد کارخانجات، افزایش مقاومت شیمیائی سیمان، افزایش نفوذناپذیری بتن و خلاصه اینکه افزایش کیفیت و کمیت سیمان هستند لذا در این کتاب نام «افزاینده» را برای آنها برگزیده ام.

محمد رضا عزیزیان

۱۳۷۱/۳/۱۲

پیش گفتار چاپ اول کتاب تکنولوژی سیمان

کدام هدفی است که بتواند بدون سیمان شکل بگیرد؟
ساختن خانه، راه، سد، پل و راه آهن؟
ارتقاء آموزش و گسترش فضاهای آموزشی؟
بهبود بهداشت و ایجاد تأسیسات بهداشتی و بیمارستان ها؟
پی ریزی و احداث تأسیسات اقتصادی، دفاعی و کارخانه ها؟
مهار آب های جاری و هدایت آن بسوی مزارع و کشتزارها؟
پی افکندن بناهای مقاوم در برابر بلایای طبیعی همچون زلزله، سیل و ایجاد
آب بندها و سیل بندها؟
و یا شهرسازی ها بندرسازی ها و هر گونه فضائی برای زیست، کار، آسایش
و عبادت انسانها؟

مسلماً هیچیک از اهداف فوق بدون سیمان شکل نمیگیرد و تحقق نمی یابد. با
سیمان است که چنین اهدافی که در واقع مجموعه اهداف ملی هر کشوری
هستند، شکل می گیرند و به منصفه ظهور میرسند. برای احداث یک کارخانه
سیمان شرایط اساسی بسیاری لازم است که اهم آنها عبارتند از:
مواد اولیه با کیفیت مناسب و ذخیره کافی، در دسترس بودن و سهولت
استخراج آنها. اصولاً سیمان ترکیبی است که از پختن مخلوط مواد آهکی و
رسی بدست میآید. عمده ترین ماده اولیه مورد نیاز، ترکیبات آهکی است که
مشخص ترین آن سنگ آهک است. ماده اولیه بعدی ترکیبات رسی است که
مشخص ترین اینگونه مواد خاک رس است.

سنگ آهک عموماً بصورت ذخایر عظیمی از کوه ها و تپه های آهکی است و
مواد رسی میتواند بصورت تپه ها و یا دشتهایی در نزدیکی کوه های آهکی
باشد. در مواردی طبیعت کار مخلوط کردن اینگونه مواد یعنی مواد آهکی و
رسی را انجام داده است و مخلوط های آماده ای را در دسترس قرار داده است.

علاوه بر این دو ماده اصلی برخی مواد دیگر برای تصحیح ترکیب شیمیایی و یا تولید سیمان های مختلف لازم است که از جمله آنها میتوان کائولن، مواد سیلیسی، سنگ آهن، بوکسیت و برخی مواد افزاینده نظیر سنگ گچ، تراس، پوزولان و روباره را نام برد.

از دیگر شرایط اساسی، در دسترس بودن برق و میزان سرمایه گذاری اولیه برای برق رسانی، در دسترس بودن سوخت، نوع سوخت و هزینه حمل و آماده سازی آن، وجود آب کافی و با کیفیت مناسب و نحوه دسترسی به آن، اعم از حفر چاه یا انتقال بوسیله لوله از مناطق دور و نزدیک است.

نیروی انسانی، از جنبه فراهم بودن نسبی نیروی کار متخصص، ماهر، نیمه ماهر و ساده، امکانات طبیعی و زیستی مناسب برای جذب این نیروها و بالاخره سطح دستمزدها.

سیمان کالایی ارزان، سنگین و آسیب پذیر است و باید حتی الامکان در نزدیکی بازار مصرف داخلی و یا درجوار بنادر صادراتی باشد.

و بالاخره توجیه پذیر بودن سرمایه گذاری از نقطه نظر اجرای پروژه های عمرانی، اشتغال زایی، مسایل سیاسی، بازار مصرف داخلی و خارجی، برگشت سرمایه و ملاحظات زیست محیطی.

برای بررسی امکان احداث یک کارخانه سیمان سرمایه گذار اعم از دولتی یا خصوصی کار بررسی عوامل اساسی را به مهندسین مشاور محول مینماید. مهندسین مشاور ممکن است صرفاً دارای تخصص بررسی مواد اولیه باشند و یا اینکه مجموعه ای از تخصص های مورد نیاز از ابتدای کار یعنی بررسی مواد تا بررسی های اقتصادی و مشاوره کارهای ساختمانی، ساخت داخل، نصب و راه اندازی را در تشکیلات خود گردآورده باشند.

بهرحال عناوینی نظیر مهندس مشاور معدن، صنعتی، مادر، ساختمانی، آب، نصب و امثالهم شامل طیف وسیعی از تخصص هایی است که هر یک بخشی از کارهای اولیه و اجرایی یک پروژه سیمان را انجام می دهند.

شروع کار اکتشاف مواد اولیه از بررسی نقشه های زمین شناسی و کارهای پی جویی صحرائی آغاز می شود. پس از نمونه برداری های سطحی و انجام برخی آزمایشهای مقدماتی و اطمینان از اینکه ترکیب شیمیایی مواد تا حدودی نزدیک به محدوده ترکیبات مورد نیاز است ، مناطق مختلفی برای بررسی های مفصل تر و جزئی تر مدنظر قرار می گیرد. در نهایت دو یا سه نقطه یا واریانت مختلف به کارفرما پیشنهاد میشود. در مقایسه این واریانت ها عواملی نظیر کیفیت مواد ، مقدار ذخیره ، در دسترس بودن ، سهولت استخراج ، تنوع مواد ، دسترسی به امکانات زیربنایی نظیر راه ، برق ، آب ، سوخت ، بازار مصرف و مسایل زیست محیطی مدنظر قرار می گیرد.

براساس آنالیز شیمیایی مواد و تنوع مواد اولیه موردنیاز ، درصد مصرف هر یک برای تولید انواع سیمان محاسبه می شود. این نوع محاسبات موسوم به محاسبات سیمان سازی هستند که مشخص می کنند برای تولید انواع سیمان چه مواد اولیه ای و با چه درصدهایی لازم است.

در بررسی های تفصیلی روی مواد اولیه مشخصه هایی نظیر قابلیت پخت ، خردشوندگی و خواص مینرالوژیکی تعیین می شود که با استفاده از نتایج آنها میتوان محاسبات مربوط به طراحی ماشین آلات ، مشخصات سیستم پخت و دستگاه های آماده سازی خوراک کوره و سیمان را انجام داد.

به موازات بررسی روی مواد اولیه، بررسی های مقدماتی دیگری روی عوامل زیربنایی و ماشین آلات خط تولید صورت می گیرد و در نهایت گزارشی موسوم به گزارش امکان پذیری یا توجیه پذیری بوسیله مهندسين مشاور تهیه و در اختیار سرمایه گذار قرار می گیرد. این گزارش حاوی مطالبی بدین شرح است:

فرآیند تولید سیمان ، موقعیت آلترناتیوهای مختلف ، امتیازبندی آلترناتیوها از جنبه عوامل زیربنایی نظر جاده ، دسترسی به مواد ، برق ، آب و سوخت ،

مشخصات مواد اولیه ، محاسبات سیمان سازی ، زمان بندی اجرای پروژه ، شرح مقدماتی کارهایی که باید صورت گیرد ، برآورد نیروی انسانی .

همچنین بحث مالی پروژه نظیر بودجه مورد نیاز و ارزیابی اقتصادی و بازار مصرف ، جدول جمع بندی بودجه اجرای پروژه ، جدول های مربوط به هزینه های زمین و احداث راه ، ساختمانهای جنبی و تولیدی ، ماشین آلات و تجهیزات ، برق رسانی ، لوازم اداری ، وسایط نقلیه و سرمایه در گردش .

در این بخش از گزارش است که جدول های مالی مربوط به هزینه های پرسنلی ، برق ، سوخت ، مواد اولیه ، مواد نسوز ، گلوله فولادی ، لوازم یدکی ، پاکت ، استهلاک و سایر هزینه ها تهیه و در نهایت قیمت تمام شده محصول و پیش بینی سود و زیان و برگشت سرمایه ارائه می شود .

با فراهم بودن شرایط اساسی ، وجود مواد اولیه و مواد افزاینده مختلف میتوان کارخانه سیمان احداث کرد و سیمان های گوناگون برای موارد مصرف مختلف تولید نمود . انواع سیمان برای مصرف در سرزمینهای یخبندان تا مناطق گرمسیر ، اعماق دریاها تا ستیغ کوهها ، در چاه های چند هزارمتری نفت تا آسمانخراش های با ارتفاع چند صد متر ، پلها و اتوبانهای مناطق کویری تا بندرگاه های مواجه با تهاجم آب اقیانوس ها .

پس از انجام مراحل که شرح داده شد ، سرمایه گذار تصمیم قطعی را می گیرد و با کسب مجوزهای لازم از وزارتخانه ها و سازمان های مربوطه اقدام به احداث کارخانه می نماید .

در ابتدا اسناد مناقصه تهیه میشود و پس از دریافت پیشنهادات ، ماشین آلات انتخاب می شوند و زمان بندی اجرای پروژه تدوین می شود . نقشه توپوگرافی محل احداث کارخانه تهیه میشود . ضمن آزمایشات مکانیک خاک ، نقشه جانمایی کارخانه پیاده شده و خاکبرداری آغاز می گردد . به موازات این کارها ، نقشه های ساختمانی به مرور تکمیل و جهت اجرا به کارفرما داده می شود .

انجام کارهای ساختمانی خط تولید و ساختمان های فرعی، یکی از بخش های سنگین ، هزینه بر و زمان بر یک پروژه سیمان است. پیشرفت براساس برنامه زمانی، نیاز به تدارکات مداوم، پشتیبانی مالی کافی تجهیزات کارگاهی مفصل و نیروی کاری متخصص تا ساده دارد.

برای کارهای ساختمانی یک پروژه سیمان با ظرفیت ۷۰۰/۰۰۰ تن در سال نیاز به ۱۰۰/۰۰۰ متر مکعب خاکبرداری، ۷۰۰۰ تن آرماتوربندی ، ۱۰۰۰۰۰ متر مربع قالب بندی و ۷۰۰۰۰ متر مکعب بتن ریزی وجود دارد. انجام این حجم عظیم از کار در فاصله زمانی حدود ۱۵ ماه به مفهوم وجود مدیریتی قوی با پشتوانه مالی و تدارکاتی کافی می باشد.

در ابتدا کارگاه تجهیز می شود ، دستگاه مرکزی تهیه بتن ، شن و ماسه نصب می گردد. سپس تجهیزاتی نظیر جرثقیل هوایی، لودر، بولدوزر، اکسکواتور، کامیون کمپرسی و امثالهم بتدریج و متناسب با پیشرفت کار بکار گرفته می شوند. مواد اولیه ساختمانی یعنی سیمان ، شن و ماسه ، تخته و آرماتورفراهم میگردد. به مرور خاکبرداریها به اتمام میرسد، آماتورها شکل می گیرند، قالبها بسته می شوند و بتن ریزی در بخشهای مختلف خط تولید آغاز می شود. کار بدون وقفه پیش می رود، شکل کارگاه هر روز در حال تغییر است.

به موازات اجرای کارهای ساختمانی، کار تهیه نقشه های ساخت در داخل و خارج کشور پیش میرود . بتدریج نقشه ها جهت اجرا به کارگاه های ساخت داده می شوند. تجهیزات خط تولید یک پروژه سیمان ۲۰۰۰ تنی حدود ۷۰۰۰ تن وزن دارد که در کارگاه های مختلف ساخته میشوند.

بسیاری از قطعات بدلیل سادگی ساخت، حجم زیاد و کرایه حمل بالا لزوماً می باید در محل اجرای پروژه ساخته شوند . به همین دلیل پس از تجهیز کارگاه ساختمانی ، کارگاه ساخت فعالترین بخش یک پروژه سیمان است. حدود ۳۰ درصد وزنی از تجهیزات خط تولید قابل ساخت در محل اجرای پروژه می

باشد ، حدود ۳۰ درصد در سایر کارگاههای داخل کشور و ۴۰ درصد بقیه در خارج از کشور ساخته می شوند.

به موازات شکل گیری ساختمانهای بتنی و ساختن قطعات فلزی، اسکلت های فلزی هم آماده میشوند و نصب آنها آغاز می گردد. عموماً ساختمان های جنبی نظیر انبارها، کارگاه های نوسازی و تعمیرات با استفاده از اسکلت فلزی ساخته میشوند.

مجموعه ای از فکر و قرنهای تجربه بکار گرفته می شود. بیاری دستها و بازوها، تلاش وسعی شبانه روزی گروه گسترده ای از انسانها ، بتدریج پروژه شکل میگیرد. کرد ، ترک ، بلوچ ، و فارس ، ایرانی و فرنگی، بیگانه و خودی، مهندس و کارگر، جوشکار ، تراشکار و برشکار، تکنسین و نقشه کش، آشپز، نگهبان، راننده، نجار، آرماتوربند، قالب بند همه و همه دوشادوش یکدیگر در سرمای زمستان ، در گرمای تابستان ، در آفتاب سوزان نیمروز و سرمای جانسوز شبانه تلاش می کنند. به فکرها و تجربه ها شکل می دهند و مظهری از مظاهر تمدن بشری را بوجود میاورند. مجموعه ای منسجم و شکیل از بتن و آهن پدید می آید و انبوهی از ماشین آلات ساخته میشوند تا روی پایه ها و فونداسیون ها جای گیرند.

در این مرحله از کار، خط تولید سیمان شکل گرفته است ، ماشین آلات ساخت داخل ساخته شده اند، تجهیزات ساخت خارج بتدریج از راه میرسند. بدنبال مهندسی ساختمان و مهندسی ساخت، مهندسی نصب آماده کار می شود. تجهیزات فراوانی از آنسوی دریاها و راههای دور و نزدیک به کارگاه حمل می شوند و بدنبال آن نصب ماشین آلات آغاز میشود.

سنگ شکن ، نمونه گیر، سالن مواد ، آسیاب مواد ، سیلوهای مواد ، پیش گرمکن ، کوره ، خنک کن ، انبار کلینکر ، آسیاب سیمان ، بارگیرخانه ، سیستم های برقی، اتوماسیون ، کنترل کیفی همه و همه نصب می شوند و سپس تنظیمات لازم صورت می گیرد.

برق رسانی به اتمام رسیده و راه آماده شده است ، سینه کارها در معدن باز شده اند، ماده اولیه آماده حمل به کارخانه هستند. در پایان این مرحله است که راه اندازی بدون بار (سرد) و سپس راه اندازی با بار (گرم) آغاز می شود . چند ماه پس از آغاز راه اندازی سرد ، کارخانه بتدریج به ظرفیت اسمی تولید خود می رسد. احداث پروژه سیمان در هر منطقه به مفهوم تزریق دائمی مقدار زیادی پول و امکانات کاری به آن منطقه و پی ریزی یک رشته صنایع جنبی اشتغال زاست . در طول پنج سال زمان اجرای متوسط یک پروژه تخصصهای گوناگونی برای انجام اموری نظیر اکتشاف معدن ، کارهای ساختمانی و نصب و راه اندازی بکار گرفته می شوند. عموم این تخصص ها از خارج از منطقه می آیند و ضمن حضور خود علاوه بر اینکه منشاء اثری هستند ، بخشی از تجارب خود را به افراد بومی و محلی منتقل مینمایند . در نتیجه حاصل کار ارتقاء مهارت و تغییر روال زندگی بخش قابل توجهی از مردم منطقه و پیشگیری از مهاجرت نیروی جوان منطقه خواهد بود.

سیمان کالائی انرژی بر است ، مواد اولیه فراوان و خوب می خواهد ، تجهیزات و نیروی تخصصی و بازار مصرف لازم دارد. اینهمه عوامل در این سرزمین پربرکت فراهم است. تا بدان حد که میتوانیم بیش از نیاز تولید کنیم و با قیمت های قابل رقابت به بازارهای جهانی صادر نمائیم. بر این اساس علاوه بر کارخانجات موجود سیمان و برنامه های بهینه سازی آنها ، برای تولید سیمان بیشتر، پروژه های جدیدی در دست اجراست.

نویسنده توفیق بازدید از اغلب این پروژه ها را داشته است. تصور اینکه با راه اندازی هر یک از آنها چه اعجازی در منطقه هر یک از این پروژه ها پدید خواهد آمد، شوق فراوانی را در انسان پدید میآورد. دیدن کارگران و استادکاران ترک در سیستان و بلوچستان ، ملاحظه استادکاران کرد و لر در آذربایجان ، هم صحبتی با مهندسین تهرانی و شمالی در هرمزگان و دیدن تلاش گروهی و پیگیر قوم های گوناگون این مرز و بوم که حاصل تلاش ، فکر، اندیشه و

نیروی بازوان آنها شکل گیری کارخانه های سیمانی است که محصول آن کالائی معجزه گر و آبادساز برای آباد کردن ایران عزیز است ، بسیار شوق انگیز و غرور آفرین می باشد.

چه ظرافت هائی در اجرای این پروژه ها به چشم می خورد. بعنوان نمونه در اغلب پروژه ها کار حساس ، سخت و حوصله بر آرماتوربندی را مردان خطه اردبیل انجام می دهند . ملاحظه مردانی از دامنه همیشه پربرف سبلان در بیابان های سوزان بندر خمیر و سرزمین بادخیز خاش ، این نقش را در ذهن ایجاد می کند که نبوغ قالبیافی زنان این قوم بصورت دیگری دردست و بازوی مردان آنها تجلی می یابد.

با گشت و گذار در پروژه های سیمان :

از خاش تا بیجار ، بجنورد و بندر خمیر

از قائن تا استهبان ، اکباتان ، هگمتان ، خوزستان و کارون

از ساوه تا نیریز ، بنوید و ارومیه

از یزد تا مشهد ، شاهرود ، ایلام و اردبیل

در زیر آفتاب داغ جنوب ، در معرض وزش بادهای تند و شن دار سیستان و یزد ، در سرمای طاقت فرسای همدان و آذربایجان ، از گودال های غرقه در آب تا ارتفاعات سرگیجه آور ، همه جا چهره های مردانه و زحمت کشیده ، بازوان توانا و دستهای پینه بسته فرزندان خطه اردبیل را می توان دید که به آهن و آرماتور شکل می دهند.

زن و دختر اردبیلی در تاروپودی از نخ و پشم گره بر ابریشم می زنند و بافته ای زیبا و چشم نواز و سرشار از ذوق ، قریحه و قرنهای هنر را پدید میاورند. در جای دیگری از وطن ، سدها فرسنگ دور ، شوی و برادرشان در مجموعه ای از آهن و فولاد بی شکل ، از جان مایه می گذارند و به حاصل اندیشه ، فکر و محاسبه برادران مهندس خود شکل می بخشند.

شکلی که تار و پودش آرماتور است و مایه استواری و پیوستگی و دوام بتن می شود و پایه ماشین آلاتی می گردد که با چرخش آنها اکسیر آبادانی یعنی سیمان تولید می شود.

این اکسیر آب را مهار می کند ، زمین ها را آباد میسازد ، رفاه می آورد و خانه آباد. در این خانه آباد است که عرق سخت کوشی ها و گرد راه های پیموده در غربت زدوده می شود ، میهمانی عشق و محبت بر گستره ای زیبا از نور چشم زن و سرائی پی افکنده از فکر و بازوی شوی ، آغاز می شود.

در اینجاست که ما انسان ها به فرشتگان فخر می فروشیم:

چون آنچه داریم حاصل سعی و تلاش ما است.

محمد رضا عزیزیان

بهار ۱۳۷۳