

R. FERET.

Вып. I.

666
оруж

82982

ТЕХНОЛОГІЯ СТРОИТЕЛЬНЫХЪ ВЯЖУЩИХЪ МАТЕРІАЛОВЪ.

ПЕРЕВОДЪ СЪ ФРАНЦУЗСКАГО ПОДЪ РЕДАКЦІЕЙ

Н. Н. Лямина.

Адъюнкта-Профессора, завѣдующаго Химической Испытательной Станціей Института
Инженеровъ Путей Сообщенія.



Изданіе Ф. В. Щепанскаго.

С.-Петербургъ, Невскій просп. № 34.

1899.

Цѣна въ двухъ выпускахъ (около 300 стр. съ 74 рис.) 2 руб.

К. КРЮГЕРЪ.
СПРАВОЧНАЯ КНИГА
ПО ТЕХНОЛОГИИ
СТРОИТЕЛЬНЫХЪ МАТЕРІАЛОВЪ.

Переводъ съ нѣмецкаго подъ редакціей и съ дополненіями

Профессора

Адъюнкта-Профессора

Н. А. Бѣлелюбскаго

Н. Н. Лямина.

Завѣдующаго Механ. Лабораторіей

Завѣдующаго Химич. Лабораторіей

Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I.

Книга R. Krüger'a представляетъ полный обзоръ всѣхъ современныхъ строительныхъ матеріаловъ, и, составленная авторомъ съ большимъ знаніемъ дѣла, является единственной въ литературѣ этого рода.

Нижеслѣдующее краткое оглавленіе даетъ представленіе о богатствѣ предлагаемаго матеріала.

Содержаніе!

Каменные строительные матеріалы, естественные и искусственные. Дерево. Металлы. Вяжущія вещества, Вспомогательные строительные матеріалы: стекло, смола, краски, лаки, каучука, гутаперча, асбестовыя издѣлія и т. д.

Въ первый разъ является въ русской технической литературѣ дѣйствительно полное и обстоятельное сочиненіе о строительныхъ матеріалахъ. вмѣсто всякой рекомендаціи мы указываемъ только на имена г. г. редакторовъ перевода, которые не только перевели но и дополнили русское изданіе цѣнными данными изъ собственной практики что дѣлаетъ переводъ дѣйствительно полезнымъ вкладомъ въ русскую литературу по строительной части.

2 тома около 1000 стран. съ 443 рисунками и алфавитнымъ указателемъ предметовъ

Цѣна* 6 рублей.

А. Н. Альмедингенъ.
ТЕХНО-ХИМИЧЕСКІЙ АНАЛИЗЪ

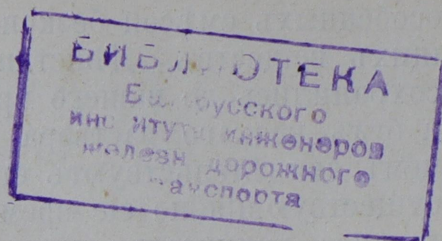
Руководство для химиковъ, техниковъ, заводчиковъ,

и вообще cadaго соприкасающагося съ химической промышленностью.
521 стр. съ алфавитнымъ указателемъ и 86-ю рисунками.

Содержаніе:

I. Изслѣдованіе органическихъ веществъ. II. Изслѣдованіе кислотъ. III. Изслѣдованіе топлива. IV. Изслѣдованіе рудъ, металловъ и сплавовъ V. Изслѣдованіе важнѣйшихъ минеральныхъ веществъ. VI. Химическое изслѣдованіе металлическихъ красокъ. VII. Изслѣдованіе органическихъ красокъ. VIII. Изслѣдованіе почвы и удобрений. IX. Изслѣдованіе сырыхъ матеріаловъ главнѣйшихъ техническихъ производствъ. X. Дополнительные свѣдѣнія объ анализѣ органическихъ и минеральныхъ веществъ. Приложеніе. Приборы.

Цѣна 3 р. 50 коп. въ переплетѣ 4 р.



ГЛАВА I.

ИСТОРИЧЕСКІЙ ОЧЕРКЪ.

§ 1. Открытіе и послѣдовательное развитіе примѣненія гидравлическихъ вяжущихъ веществъ.

I. Растворы древнихъ.—Введенные уже египтянами для связыванія кладки ихъ огромныхъ сооружений, известковые растворы получили у Грековъ болѣе разнообразное примѣненіе. Затѣмъ Римляне, единственные оставившіе описаніе примѣняемыхъ ими вяжущихъ веществъ, употребляли известь въ своихъ постройкахъ и главнѣйшія свойства ея имъ были, повидимому, достаточно извѣстны. Такъ Св. Августинъ описываетъ въ своихъ „De civitate Dei liber XXII“ явленія, сопровождающія гашенія обожженной извести, а Плиніи и Витрувій цитируютъ въ своихъ сочиненіяхъ различные способы ея примѣненія.

Однако они не отличаютъ „жирной извести“ отъ „тощей“ и даже можно сомнѣваться, что послѣдняя была имъ извѣстна.

Не останавливаясь на описаніи такихъ странныхъ продуктовъ, какъ „Maltha“, въ который входила известь, погашенная въ винѣ, топленое свиное сало и винныя ягоды, и которая примѣнялась для предварительно промасленныхъ поверхностей (Плиніи), мы укажемъ лишь на существованіе обычая, которымъ Плиніи, не безъ причины объясняетъ прочность примѣняемой до его времени штукатурки, и въ силу коего древніе законы запрещали употребленіе извести ранѣе трехъ годичнаго срока по ея изготовленіи.

Вводя малое количество песка, или даже при совершенномъ его отсутствіи, они, прибавляли мелкіе кусочки обожженной глины или вулканическаго пепла, называвшагося „pulvis putolaneus“, и получаемого изъ города Пуццолы, находившагося у подошвы Везувія. Эти вещества, особенно послѣднее, придавало растворамъ способность твердѣть подъ водой, на что Плиніи и Сенека указываютъ съ крайнимъ удивленіемъ. Отсюда и ведетъ свое начало названіе „пуццоланы“, придаваемое различнымъ естественнымъ и искусственнымъ продуктамъ, имѣющимъ означенныя гидравлическія свойства.

Таковы были единственныя вяжущія вещества которыми располагали римляне для своихъ каменныхъ сооружений; такимъ образомъ едва ли имѣетъ основаніе приписываемое имъ знаніе

особенныхъ смѣсей безконечно увеличивающихъ твердѣніе вяжущихъ веществъ. Дѣйствительно, что ихъ сооруженія, которыя сохранились до нашего времени, были бы вѣроятно таковыми же и безъ всякаго раствора употребленнаго при ихъ возведеніи, о чемъ свидѣлствуютъ огромныя постройки на „сухой кладкѣ“, существующія по сіе время и ничто не доказываетъ, что относительное количество современныхъ сооружений, которое останется стоять по прошествіи двадцати вѣковъ, не превзойдетъ значительно число нынѣ существующихъ древнихъ сооружений.

Уже давно Араго призналъ въ своемъ докладѣ палатѣ депутатовъ несправедливость этого предразсудка, приписывающаго чудесное превосходство растворовъ древнихъ надъ нынѣ примѣняемыми.

2. Первые успѣхи.—Нужно сдѣлать рѣзкій переходъ къ серединѣ XVIII столѣтія, чтобы указать на что-либо новое по отношенію къ вяжущимъ веществамъ

Въ 1756 во время постройки Эдистонскаго маяка англійскій инженеръ Smeaton открылъ, что при обжогѣ нѣкоторыхъ слегка глинистыхъ известняковъ, получается продуктъ, имѣющій въ известной степени свойство схватываться подъ водой. Но его наблюденія прошли почти незамѣченными и только значительно позднѣе оцѣнили ихъ важное значеніе.

Втеченіе нѣсколькихъ лѣтъ не появлялось на свѣтъ никакого важнаго открытія и приходится ограничиться цитированіемъ различныхъ попытокъ Lorient (1775), La Faye (1777) и Higgins (1790) въ усовершенствованіи растворовъ, касающихся лишь способовъ гашенія извести, пропорцій песку или пуццоланическихъ веществъ вводимыхъ въ растворы, или самыхъ работъ при гашеніи и примѣненіи растворовъ въ практикѣ.

Однако начинаетъ проявляться желаніе отыскать первоначальныя причины гидравлическихъ свойствъ констатированныхъ для нѣкоторыхъ известей. Шведъ Бергманъ приписывалъ это марганцу и, во Франціи, Guyton de Morveau, а потомъ Saussure согласились съ этимъ мнѣніемъ, произведя мало убѣдительные опыты.

Позднѣе, другіе, приписывали это свойство окиси желѣза или магnezіи; болѣе ясно Collet-Descotils указывалъ на кремнеземъ и глиноземъ глины, но только Vicat принадлежитъ слава полного освѣщенія дѣйствительной теоріи гидравлическихъ растворовъ.

Конецъ XVIII вѣка ознаменовался важнымъ фактомъ вѣстопріи гидравлическихъ продуктовъ, заключавшемся въ томъ, что Parker, въ Англіи взялъ въ 1796 г. патентъ и приготовилъ вещество, названное имъ «романскимъ цементомъ». Фабрикація состояла въ обжогѣ нѣкоторыхъ известковыхъ конкрецій, содержащихъ 30%—35% глины, при температурѣ превосходящей таковую при обыкновенномъ обжигѣ извести.

Въ то время какъ въ Англіи Smeaton возобновилъ римскій способъ примѣненія пуддоланы, а въ Голландіи ихъ съ успѣ-

хомъ замѣнили веществомъ, добываемомъ на берегу Рейна въ Боннѣ и Андернахѣ, извѣстнымъ подъ названіемъ «трасса», на югѣ Франціи уже издавна стали примѣшивать къ извести толченный кирпичъ и черепичный ломъ. Къ получаемымъ продуктамъ, называвшимся цементами, нерѣдко прибавляли золу и остатки отъ фабрикаціи азотной кислоты.

Во многихъ мѣстахъ Франціи инженеры и ученые изыскивали естественные пуццоланы и особенно усилили свое рвеніе послѣ того какъ шведъ Bagge de Gothembourg получилъ, въ срединѣ XVIII столѣтія, хорошіе результаты при обжогѣ глинистыхъ и аспидныхъ сланцевъ изъ Веннерсбурга. Не входя въ описаніе этого рода попытокъ, мы ограничимся здѣсь лишь упоминаніемъ именъ:

Desmarets, Fanjas de Saint-Fond, Guyton de Morveau, Cessart, Chaptal, Daudin, Dillon, Vauvilliers, Vitalis, Lemasson и Gratien-Lepère,

Но еще Vicat принадлежатъ долгія и кропотливыя изслѣдованія искусственныхъ пуццоланъ.

Прибавимъ однако, что всѣ таковыя усилія остались почти безплодными вслѣдствія изготавленія «цементовъ». И, что если примѣненіе естественныхъ пуццоланъ удержалось хотя и въ маломъ количествѣ, по наши дни, пуццоланы искусственныя, сколько намъ извѣстно, не служили матеріаломъ для послѣдующихъ фабрикацій.

Первое примѣненіе цемента во Франціи было сдѣлано Lesage, представившимъ въ комиссію продуктъ подъ названіемъ «plâtréciment», который получился изъ нѣкоторыхъ валуновъ близъ Boulogne-sur-Mer. Вообще говоря, это было ничто иное какъ романскій цементъ открытый уже нѣсколько лѣтъ тому назадъ Parker'омъ. Не безъ интереса замѣтить, что вышеупомянутый цементъ фабриковался и много времени спустя послѣ изобрѣтенія портландъ-цемента, и еще нѣсколько лѣтъ тому назадъ существовалъ заводъ въ Boulogne, работавшій по вышеописанному принципу.

3. Vicat. — Въ 1812 г. Знаменитый французскій инженеръ Vicat, началъ цѣлый рядъ изслѣдованій гидравлическихъ вяжущихъ веществъ, которыя были прерваны лишь его смертью, послѣдовавшей 10 Апрѣля 1861 года. Основательность методовъ, примѣняемыхъ этимъ инженеромъ, точность его наблюденій, обширность изучаеомъ имъ предмета и необычайная важность его открытій, справедливо заслужили ему славу творца промышленности гидравлическихъ известій и цементовъ. Онъ опубликовалъ въ 1818 году подробно свои первыя изслѣдованія *) и полученные имъ результаты произвели столь сильное впечатлѣніе среди ученыхъ, что назначена была комиссія для провѣрки его опытовъ и наблюденій. Онъ доказалъ, что свойство нѣкоторыхъ известей

*) Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires. Paris 1818.

твердѣть подѣ водой зависитъ лишь отъ присутствія глины въ известковыхъ камняхъ, служащихъ для ихъ приготовленія; онъ приходитъ къ заключенію, что для полученія «*гидравлическихъ известей*» (какъ онъ называетъ этотъ продуктъ) достаточно обжечь соответствующую смѣсь глины и углекислой извести. Кромѣ того Visat показалъ опытнымъ путемъ, что при достиженіи количества глины 0,33 или 0,40 на одну часть извести, получается продуктъ не гасящійся, но послѣ измола дающій вещество быстро твердѣющее подѣ водой. Это и было открытіе искусственнаго цемента. Наконецъ, въ томъ же самомъ сочиненіи разсматриваются растворы на естественныхъ и искусственныхъ пуццоланахъ, различныя причины вліяющія на качество растворовъ и вообще множество вопросовъ, относящихся къ природѣ гидравлическихъ вяжущихъ веществъ.

Не ограничиваясь этимъ широкимъ полемъ изслѣдованія Visat занялся отыскиваніемъ во Франціи мѣсторожденій известняковъ, пригодныхъ для изготовленія гидравлическихъ известей. Слѣдствіемъ двадцатилѣтнихъ путешествій его былъ составленный имъ списокъ 900 каменоломенъ съ анализами добываемыхъ въ нихъ матеріаловъ и съ указаніемъ природы тѣхъ продуктовъ, которые должны получаться при обжигѣ ихъ. *) Эти замѣчательныя работы послужили къ основанію многочисленныхъ заводовъ гидравлической извести.

Въ 1840 году Вика указалъ на опасность приготовленія гидравлическихъ известей изъ нѣкоторыхъ известняковъ, содержащихъ 20%—23% глины, которую онъ назвалъ «*Chaux limites*» **). Въ 1851 онъ подтвердилъ это и добавилъ ***), что такіе известняки могутъ, напротивъ, дать гидравлическое вещество высокаго качества, если обжечь ихъ при температурѣ близкой къ остеклованію продукта. Эти условія фабрикаціи совершенно соответствующи производству современнаго портландскаго цемента, развившагося въ настоящее время въ огромную отрасль промышленности.

Несмотря на успѣшное осуществленіе способовъ производства гидравлической извести и цементовъ, Вика не оставлялъ и своихъ первыхъ изслѣдованій искусственныхъ пуццоланъ; причиной возвращенія его къ этому вопросу послужили разрушенія, которыя притерпѣвали пуццолановые растворы при погруженіи ихъ въ морскую воду. Въ 1846 году онъ опубликовалъ изслѣдованіе ****), въ которомъ старался опредѣлить наилучшія условія обжига глины, при которомъ получается дѣйствительно пуццолановое вещество, способное противустоять дѣйствию соленой воды. Въ то-

*) *Recherches statistiques sur les substances calcaires à chaux hydrauliques et à ciments naturels.* Paris 1853.

**) *Recherches chimiques et pratiques sur les substances calcaires argilifères imparfaitement cuites.* Paris. 1840.

***) *Recherches chimiques et pratiques sur les ciments éventés et brûlés (Annales des Ponts et Chaussées 1851. 1,236).*

****) *Nouvelles études sur les pouzzolanes artificielles comparées à la pouzzolane d'Italie, dans leur emploi en eau douce et en eau de mer.* Paris. 1846.

же самое время онъ приступилъ къ изученію весьма важнаго вопроса о разложеніи растворовъ погруженныхъ въ морскую воду; и съ этихъ поръ онъ до конца своей жизни постоянно занимался этимъ предметомъ, и не замедлилъ доказать, что главной, если не единственной, причиной этого разложенія служить дѣйствіе сѣрнокислой магнезіи, выдѣляющей, въ соприкосновеніи съ известью растворовъ, магнезію съ образованіемъ сѣрнокислой извести. Работы по этому вопросу, оконченныя имъ въ 1854 и опубликованныя въ 1857 увѣнчаны преміей общества: «Société d'Encouragement pour l'industrie nationale» *).

Главный выводъ, къ которому онъ приходитъ, заключается въ томъ, что известь, за исключеніемъ углекислой соли ея, существуетъ въ растворахъ въ видѣ весьма нестойкихъ соединений, которыя должны необходимо разрушиться въ морской водѣ и даже въ прѣсной водѣ, если нѣтъ обстоятельствъ препятствующихъ проникновенію и возобновленію этихъ водъ. Съ другой стороны сродство извести съ углекислотою весьма значительно, и образующаяся углекислая известь препятствуетъ вредному выщелачиванію массы раствора.

Кромѣ вышеупомянутыхъ основныхъ работахъ Вика и нѣкоторыхъ другихъ, представляющихъ лишь развитіе ихъ, онъ опубликовалъ много мелкихъ брошюръ, имѣющихъ въ большинствѣ случаевъ цѣлью опроверженіе или заблужденій другихъ авторовъ, или отвѣты на возраженія по поводу его собственныхъ работъ. Впродолженіе сорока лѣтъ, когда онъ трудился надъ изученіемъ гидравлическихъ вяжущихъ веществъ, ни одна работа по данному вопросу не ускользнула отъ его вниманія и въ многочисленныхъ преніяхъ рѣдко послѣднее слово не оставалось за нимъ.

И нынѣ еще при соприкосновеніи съ тѣмъ или другимъ частнымъ вопросомъ въ обширной области изученія гидравлическихъ вяжущихъ веществъ, приходится рано или поздно убѣдиться, что Вика уже давно разбиралъ его или даже совершенно выяснилъ.

4. Развитіе производства въ Англіи.

Въ то время какъ Вика (Vicat) во Франціи производилъ свои научныя изысканія, въ Англіи производство цемента, основываясь почти исключительно на опытныхъ данныхъ приняло мало-по-малу промышленный характеръ.

Благодаря извѣстности быстро прибрѣтенной цементами Паркера, явились подражатели: въ 1810 году Dobbs, въ 1818 — Saint-Léger и 1824 — Aspdin получили привиллегію на изгото-

*) Recherches sur les causes chimiques de la destruction des composés hydrauliques par l'eau de mer et sur les moyens d'apprécier leur résistance à cette action. Paris. 1857. (2-е édition revue et complétée en 1858).

вление продукта получаемого обжиганіемъ смѣси глины съ порошкомъ извести или известняками. Aspdin именно и далъ своему продукту названіе *портландскаго цемента*, по сходству которое представлялъ полученный матеріалъ съ портландскимъ камнемъ очень цѣннымъ въ строительномъ дѣлѣ. Нужно замѣтить однакожь, что этотъ цементъ не имѣлъ ничего общаго съ продуктомъ нынѣ извѣстнымъ подъ этимъ наименованіемъ. Это былъ родъ гидравлической извести полученной посредствомъ обжига при температурѣ выдѣленія углекислоты изъ известняка, изъ смѣси мало опредѣленнаго состава.

Въ 1825 г. Фростъ (Frost) основалъ первый заводъ на Темзѣ, гдѣ онъ старался примѣнить идеи Вика къ фабрикаціи искусственнаго цемента. Спустя нѣсколько времени Паслей (Pasley) съ своей стороны обнародовалъ длинный рядъ изысканій по тому же самому вопросу. Согласно этому автору въ 1838 г., во время перваго изданія этого сочиненія, въ Англіи было два рода естественныхъ цементовъ, изъ которыхъ одинъ велъ свое начало отъ цемента Паркера, а другой отъ цемента Фроста; и тотъ, и другой представляютъ характерныя черты быстро схватывающихся цементовъ, называемыхъ романскими цементами. Въ 1847 году тотъ же авторъ насчитывалъ три значительныхъ завода, для приготовленія искусственнаго цемента. Однако кажется онъ забылъ заводъ основанный преемниками Aspdin'a. Такъ какъ каждый фабрикантъ старался по мѣрѣ возможности сохранять тайну своего способа, то трудно точно установить время, съ котораго Портландъ-цементъ сдѣлался тѣмъ самымъ продуктомъ, которому присвоено современное названіе. Вѣроятно измѣненіе способа производства происходило послѣдовательно, и оно одинаково касалось какъ состава смѣси, такъ и степени обжига, которому она подвергалась. Во всякомъ случаѣ, доказано, что въ Англіи производство портландъ-цемента распространилось весьма быстро.

Между инженерами, труды которыхъ содѣйствовали развитію этой промышленности этой страны, надо назвать главнымъ образомъ Grant'a, который подвергалъ цементы многочисленнымъ опытамъ, примѣняя однообразные способы испытанія, послужившіе основаніемъ большаго числа методовъ, примѣняемыхъ въ настоящее время для испытаній цемента при его приѣмкѣ. Его испытанія показали превосходство растворовъ Портландскаго цемента надъ растворами романскаго цемента въ отношеніи сопротивленія ихъ механическимъ условіямъ.

5. Развѣтіе производства во Франціи.

Во Франціи прежде всего развилось производство гидравлической извести. Giraut—архитекторъ въ Немурахъ первый сталъ приготавливать гидравлическія извести, изъ смѣси извести и глины, слѣдуя указаніямъ Вика. Но Saint-Léger значительно усо-

вершенствовалъ и упростилъ способъ производства, основавъ въ 1826 г. въ Moulineaux, близъ Парижа, заводъ для приготовленія искусственной извести, единственный изъ дѣйствующихъ по этому способу еще и до сихъ поръ.

Что же касается естественныхъ гидравлическихъ известей, то статистическія изысканія Вика, показали широкое распространеніе сырыхъ продуктовъ годныхъ для ихъ фабрикаціи. Мы ограничимся только указаніемъ основаннаго въ 1830 г. Тейльскаго завода, продукты котораго не замедлили получить всеобщую извѣстность.

Только около 1830 года началось промышленное производство цемента, и прежде всего въ области (Vassy), которая сдѣлалась центромъ производства естественныхъ быстросхватывающихся цементовъ.

Въ 1842 г. полковникъ Breton открылъ около Гренобля залежи известняка, годнаго по своей однородности для приготовленія цемента.

Послѣ этого производство цемента получило большое распространеніе въ Дофинѣ, вслѣдствіе основанія нѣсколькихъ новыхъ заводовъ *).

Большая часть ихъ, какъ и первый заводъ, производила главнымъ образомъ естественные цементы съ болѣе или менѣе быстрымъ схватываніемъ.

Однако одинъ изъ нихъ, основанный въ 1857 г. сыномъ Vicas, дѣйствуетъ совершенно иначе и приготовляетъ искусственный Портландъ-цементъ обжигомъ при высокой температурѣ хорошо приготовленной и точно составленной смѣси изъ гашеной и просѣяной жирной извести и изъ естественнаго цемента.

Въ 1845 г. Dupront возобновилъ способъ производства описанный въ началѣ столѣтія Лезажемъ и устроилъ въ Булони заводъ, на которомъ приготовлялъ естественный цементъ посредствомъ обжига известковыхъ валуновъ.

Вскорѣ къ нему присоединился Demarle, благодаря неустаннымъ изслѣдованіямъ котораго это производство быстро развилось.

Затѣмъ валуны были замѣнены глинистыми известняками изъ сосѣднихъ мѣстностей, и наконецъ, послѣ многочисленныхъ анализовъ англійскихъ цементовъ, которые тогда считались очень хорошими, онъ сталъ обжигать искусственныя смѣси мергелей, болѣе или менѣе богатыхъ глиной. Чтобы имѣть увѣренность въ правильномъ составѣ смѣси, онъ придумалъ бассейны, въ которыхъ матеріалы взмученные водой, по англійской системѣ, собирались въ одинъ общій бассейнъ, съ такимъ расчетомъ, чтобы составъ смѣси приближался къ желаемому.

Въ 1855 году были установлены способы новаго производства, но осуществлены только въ 1859 году.

*) Gobin. Étude sur la fabrication et les propriétés des ciments de l'Isère (Ann. des Ponts et Chaussées, Juin. 1889).

Благодаря трудамъ приложеннымъ къ этому дѣлу, качество продукта быстро улучшилось, и фирма, основанная Demarle'емъ и Lonquet'у стала пользоваться довѣріемъ инженеровъ, наравнѣ съ лучшими англійскими фирмами.

Въ окрестностяхъ Булонскаго завода, сдѣлавшимся впослѣдствіи однимъ изъ важнѣйшихъ, было основано много другихъ заводовъ, работающихъ на тѣхъ же основаніяхъ и большею частью съ такою же тщательностью. Съ 1885 г. имъ были отданы правительственныя работы, и такимъ образомъ окончательно вытѣснены съ французскаго рынка англійскія фирмы, которыя первенствовали въ теченіе пятнадцати лѣтъ. Въ настоящее время окрестности Булоньи представляетъ изъ себя наиболѣе важный центръ французскаго производства искусственнаго Портландскаго цемента. Кромѣ этихъ мѣстностей, были основаны, особенно за послѣдніе нѣсколько лѣтъ, въ различныхъ мѣстахъ Франціи, заводы, способъ производства на которыхъ болѣе или менѣе отличается отъ выше перечисленныхъ.

Не смотря, на то, что были сдѣланы многія измѣненія въ способѣ приготовленія и въ обжигѣ матеріаловъ, что является слѣдствіемъ высокаго развитія достигнутаго въ производствѣ цемента, измѣненія эти нисколько не коснулись ни самой сущности производства, ни природы сырыхъ матеріаловъ.

Было бы несправедливымъ обойти молчаніемъ многочисленныя научныя труды, произведенныя во Франціи, которые сопровождали а иногда даже были причиною развитія производства гидравлическихъ вяжущихъ веществъ. Нѣкоторые изъ нихъ принадлежатъ фабрикантамъ, другіе ученымъ по профессіи; но большая часть ихъ произведена инженерами, которымъ по роду ихъ занятій приходилось пользоваться этими продуктами; что видно изъ многихъ статей появившихся со времени Vicat.

Между работами имѣющими наибольшее значеніе особое мѣсто занимаетъ „Техническія условія по поставкѣ цемента для портовъ въ Булони и Калэ“, составленныя въ 1885 году. Кромѣ того, что эта работа установила способъ испытаній, постепенное введеніе которыхъ при большихъ сооруженіяхъ много содѣйствовало объединенію этихъ методовъ; эти техническія условія вызвали учрежденіе официальнаго контроля надъ производствомъ тѣхъ заводовъ, которымъ сдавались правительственныя работы; контроль этотъ имѣлъ то значеніе (по крайней мѣрѣ для Булонскихъ заводовъ), что совершенствовалъ ихъ производство, предупреждая недостатки его, и содѣйствовалъ рапространенію продукта, въ ущербъ иностраннымъ конкурентамъ.

Итакъ въ то время, какъ производство цемента въ Англіи, гдѣ оно собственно и началось, предоставленное самому себѣ и существующее, благодаря старой репутациі, какъ-бы осталось въ неподвижномъ состояніи, во Франціи оно, не переставая совершенствоваться, прогрессивно развивалось.

6. Развѣтіе производства въ Германіи и другихъ странахъ.

Производство портландскаго цемента въ теченіе послѣднихъ лѣтъ приняло значительные размѣры особенно въ Германіи.

Хотя основаніе перваго завода въ Штеттинѣ относится къ 1855 году, но ростъ производства начался главнымъ образомъ съ 1877 года, когда было основано общество нѣмецкихъ цементныхъ заводчиковъ.

Развѣтіе цементной промышленности этой страны обязано главнымъ образомъ стараніямъ этого могущественнаго синдиката, который въ 1878 г. оффиціально принялъ передъ прусскимъ правительствомъ нормальныя условія для поставки и испытаній цемента, и со времени своего основанія пользовался всѣми средствами, для наибольшаго развѣтія своей промышленности. Онъ, конечно, также интересовался вопросами желѣзно-дорожнаго тарифа, фрахта, пошлинъ; но одна изъ главныхъ причинъ роста промышленности заключается, безъ сомнѣнія, въ личной предпріимчивости фабрикантовъ и въ терпѣливыхъ изысканіяхъ, которыми занимались въ этой странѣ техники, работая большею частью на счетъ самихъ заводчиковъ.

Съ чисто исторической точки зрѣнія, производство цемента въ другихъ странахъ представляетъ только второстепенный интересъ. Мы объ немъ здѣсь ничего не скажемъ, кромѣ того, что оно день ото дня развивается, причѣмъ примѣняются послѣднія усовершенствованія, и что, благодаря изобилію на поверхности земли сырыхъ матеріаловъ, годныхъ для приготовленія гидравлическихъ продуктовъ, многія страны, прежде бывшія покупателями у своихъ сосѣдей, теперь сами основываютъ у себя заводы, имѣющія очень хорошую репутацію *).

7. Другія разновидности цементовъ.

Въ только что сдѣланномъ бѣгломъ очеркѣ развѣтія производства гидравлическихъ вяжущихъ веществъ, рѣчь шла послѣдовательно о смѣси жирной извести съ пуццолонами, объ гидравлическихъ известяхъ и объ естественныхъ и искусственныхъ цементахъ.

Рядомъ съ этими продуктами, которые мы могли бы назвать основными, образовались другіе—производство которыхъ до настоящаго времени довольно ограничено, и изъ которыхъ мы назовемъ главнымъ образомъ магнезіальные цементы, цементъ изъ „gтарriers“ и шлаковый цементъ.

Основанія производства магнезіальныхъ цементовъ предложенныхъ Вика, заключаются въ замѣнѣ въ обыкновенномъ це-

*) Среди послѣднихъ странъ особенно выдѣляется Россія, какъ это видно изъ ниже приведенныхъ мною данныхъ для современной русской цементной промышленности.

ментъ извести магнезіей съ тою цѣлью, чтобы препятствовать разрушенію растворовъ, погруженныхъ въ морскую воду, происходящему вслѣдствіе замѣны извести въ цементъ магнезіей изъ морской воды. Однако, въ виду относительно высокой стоимости этихъ цементовъ, примѣненіе ихъ не привилось. Обожженная магнезія гасится кромѣ того значительно медленнѣе извести, что можетъ представлять опасность, какъ это доказано для цементовъ, полученныхъ обжигомъ слишкомъ доломитизированныхъ известняковъ.

При обжигѣ известняковъ болѣе или менѣе глинистыхъ трудно достигнуть равномернаго обжига всей массой.

Степень обжига вообще бываетъ различна въ разныхъ мѣстахъ одного и того же куска. Изъ этого слѣдуетъ, что даже при совершенно однородныхъ, по химическому составу, сырыхъ матеріалахъ, степень соединенія извести съ элементами глины измѣняется въ разныхъ мѣстахъ, сообразно температурѣ обжига, такъ что окончательно получается смѣсь продуктовъ съ очень различными качествами, хотя одного и того же элементарнаго химическаго состава. Тѣмъ болѣе это должно имѣть мѣсто, когда сами обжигаемые известняки не особенно однородны, что бываетъ въ томъ случаѣ, когда они поступаютъ въ печь непосредственно изъ каменоломни. Вообще чѣмъ сильнѣе обжигъ, тѣмъ темнѣе цвѣтъ полученныхъ кусковъ, и въ тоже время тѣмъ они болѣе тверды и медленнѣе гасятся подѣйствіемъ влажности.

— При производствѣ гидравлической извести разсыпающейся при гашеніи въ порошокъ непогасившіяся зерна называются «grappiers». Ихъ можно отдѣлить просѣиваніемъ, и измолоть отдѣльно послѣ новаго, болѣе продолжительнаго гашенія, тогда получается продуктъ похожій по своимъ свойствамъ на цементъ и называемый: «цементомъ изъ граппье». Такимъ способомъ Тейльскій заводъ съ 1869 г. приготовляетъ цементъ который пользуется хорошей репутацией.

Хотя привиллегія на приготовленіе шлаковаго цемента была взята въ 1866, но съ промышленною цѣлью его стали готовить только спустя 12 лѣтъ. Производство этого продукта основано на томъ же принципѣ какъ и производство цемента изъ смѣси извести съ пуццоланами, причемъ какъ пуццолоническія вещества употребляются нѣкоторые шлаки доменныхъ печей, подвергнутые предварительно особой обработкѣ и тонко измолотые; причемъ ихъ предварительно смѣшиваютъ съ известью механическимъ способомъ, для полученія совершенной однородной массы.

§ 2. Современное состояніе производства гидравлическихъ продуктовъ.

8. **Производство во Франціи.** Мы заимствуемъ изъ послѣдняго изданія книги Кандло данныя помѣщенные въ трехъ слѣдующихъ таблицахъ, которыя представляютъ современное состояніе производства главнѣйшихъ гидравлическихъ продуктовъ во Франціи, ввозъ и вывозъ ихъ въ теченіи послѣднихъ лѣтъ.

Производство во Франціи въ 1895 г.

НАЗВАНІЕ ЗАВОДОВЪ.	Мѣстонахожденіе завода.	Годовая производи- тельность.	
		ВЪ ТОННАХЪ	
<i>Естественныя гидравлическія извести.</i>			
Pavin de Lafarge au Teil	Ardèche	300,000	
Valette Viallard à Cruas	"	20 до 25,000	
Contes-les-Pins près Nice	Alpes-Maritimes	25,000	
Marseille	Bouches-du-Rhône	—	
Sauveterre-la-Lémance	Lot-et-Garonne	20,000	
Libos	"	—	
Castel-Franc	"	—	
Laborie	Dordogne	6,000	
Société Générale des chaux de Saint-Astier	"	7,500	
La Massoulie et Puyonem	"	7 до 8,000	
Saint-Astier (M. Malleboy)	"	4 " 5,000	
Saint Astier (M. Eymery)	"	10,000	
Marans (4 usines)	Vendée	—	
Echoisy	Charente	1,000	
Paviers	Indre-et-Loire	20,000	
Trogues	"	—	
Société des Chaux de Beffes	Cher	30 до 40,000	
Beffes (M. M. Polliet, Baillet et Villevieille)	"	—	
Beffes (M. Langlois)	"	—	
Senonches	Eure-et-Loir	—	
Laigle	Orne	—	
Louvières près Vitry-le-François	Marne	26,000	
Vitry-le-François (Pavin de Lafarge)	"	—	
Société des Chaux de l'Aube {	Le Seilley à Ville-sous-la-Ferté	Aube	10,000
	Saint-Bernard à Clairvaux	"	10,000
	La Gravière à Mussy-sur-Seine	"	8,000
	Côtes d'Alun	Haute-Marne	3,000
Ancy-le-Franc	Yonne	5,000	
Xeuilley	Meurthe-et-Moselle	15,000	
Virieu-le-Grand	Ain	25 до 28,000	
Béon (Culoz)	"	—	
Bons	"	—	
Buséal	"	—	
Montalieu et Bouvesse	Isère	30,000	
<i>Искусственныя гидравлическія извести.</i>			
Les Moulineaux	Seine	15 до 20,000	
<i>Естественные цементы.</i>			
M. Dumarcet à Provency	Yonne	14 до 15,009	
MM. Millot à Marsy et à Sainte-Colombe	"	14 " 15,000	
Joudrier et C ^o { Région	"	8 " 10,000	
M. Prévost { de	"	8 " 10,000	
M. Bougault. { Bassy	"	8 " 10,000	
M. Landry à Vénarey-les-Laumes	Côte-d'Or	8 " 10,000	
M. Journault à Marigny-le-Cahouet	"	6 " 8,000	
M. Tripier à Venarey et environs	"	10 " 15,000	
M. Détang à Pouilly	"	6,000	
Ciment de Roquefort à la Bedoule	Bouches-du-Rhône	—	

Производство во Франціи въ 1895 г. (продолженіе).

НАЗВАНІЕ ЗАВОДОВЪ.	Мѣстонахожденіе завода.	Годовая производи- тельность.
		ВЪ ТОННАХЪ
Ciment de la Valentine	Bouches-du-Rhône	30,000
Romain Boyer et C ^o à la Bedoule	"	40,000
MM. Rastoin frères à la Bedoule	"	20,000
Société générale et unique des Ciments de la Porte de France à Grenoble	Isère	180,000
Thorrand et C ^o à Voreppe	"	
Vicat et C ^o { à Saint-Laurent-du-Pont	"	
à Uriage	"	
Guingat et C ^o à Grenoble et aux environs	"	
M. Berthelot à Vif	"	
Pelloux et C ^o à Valbonnais	"	8,000
Société Générale du Portland - Laitier à Saint- Ismier	"	
Cahors, Castel-Franc, Libos	Lot-et-Garonne et Lot	
Allas de Berbiguières	Dordogne	14,000
Sauveterre-la-Lémance	Lot-et-Garonne	5,000
<i>Искусственный портландъ-цементъ.</i>		
Demarle et Lonquétу à Boulogne et Desvres	Pas-de-Calais	130,000
Darsy Lefebvre et Lavocat à Neufchâtel	"	25,000
Sollier et C ^o à Neufchâtel	"	30,000
M. Basquin à Neufchâtel	"	10 до 15,000
Portland-Couronne à Dannes	"	20,000
Delbende et C ^o à Desvres	"	20,000
C ^o Nouvelle des Ciments Portland du Boulonnais à Desvres	"	40 „ 50,000
Samer	"	—
Lumbres	"	—
Lottinghem	"	—
Camiers	"	—
E. Cambier et C ^o à Pont-à-Vendin	"	15,000
Pernes en Artois	"	5 „ 6,000
Vicat et C ^o à Vif près Grenoble	Isère	20,000
Vicat et Armand près de Marseille	Bouches-du-Rhône	15 „ 20,000
M. Romain-Boyer à Marseille	"	—
MM. Quillot frères à Frangey	Yonne	20 „ 25,000
M. Chantemille à Montot	"	—
C ^o Parisienne près Mantes	Seine-et-Oise	15,000
<i>III Лаковый цементъ.</i>		
M. Henry à Saint-Dizier	Haute-Marne	10 до 15,000
M. Raty à Saulnes	Meurthe-et-Moselle	10 „ 15,000
Neuves-Maisons	"	—
Pavin de Lafarge à Vitry-le-François	Marne	10 „ 15,000
M. Henry à Bourges	Cher	—
Société Générale du Portland - Laitier à Saint- Ismier	Isère	—
Société Générale du Portland-Laitier à Laudun	Gard	—
Société Générale du Portland-Laitier au Boucau	Pyrénées-Orientales	—

Ввозъ и вывозъ Франціи съ указаніемъ портовъ отправленія и доставки.

Мѣсто отправленія или доставки.	1893				1894			
	Извести.		Цемента.		Извести.		Цемента.	
	ВВОЗЪ	ВЫВОЗЪ	ВВОЗЪ	ВЫВОЗЪ	ВВОЗЪ	ВЫВОЗЪ	ВВОЗЪ	ВЫВОЗЪ
	ТОННЫ	ТОННЫ	ТОННЫ	ТОННЫ	ТОННЫ	ТОННЫ	ТОННЫ	ТОННЫ
Hazebrouck à Charleville	183,649	1,508	10,546	1,472	188,429	1,365	10,320	6,672
Longwy à Pontarlier	51,522	8,353	383	6,906	59,071	9,318	295	7,569
Bellegarde à Modane	80	35,452	18	22,090	100	41,351	16	27,210
Nice, Marseille, Cette, Perpignan	27	107,352	203	100,571	73	115,708	133	116,278
Beyonne à Saint-Nazaire	28	1,654	1,256	3,987	—	3,085	1,393	4,144
Brest à Dunkerque	413	460	5,804	39,822	442	445	2,077	23,248
Всего	238,719	154,959	18,210	174,848	248,115	171,272	14,234	183,121

Ввозъ и вывозъ Франціи съ указаніемъ странъ.

НАЗВАНІЕ СТРАНЫ.	Извести.	Ц е м е н т а .			
	1891	1891	1892	1893	1894
<i>Ввозъ.</i>	ТОННЫ	ТОННЫ	ТОННЫ	ТОННЫ	ТОННЫ
Германія	25,673	—	—	—	—
Англія	—	7,845	3,472	3,492	—
Бельгія	191,940	14,072	12,658	10,548	—
Испанія	—	1,535	895	768	—
Швейцарія	3,132	—	—	281	—
Страны, для которыхъ не даны цифры	106	2,555	1,144	1,712	—
Всего	220,851	26,007	18,161	16,801	14,235
<i>Вывозъ.</i>					
Алжиръ	41,118	23,036	16,835	18,215	—
Германія	8,569	6,139	4,675	5,577	—
Бельгія	1,763	—	—	—	—
Бразилія	—	12,471	6,709	5,765	—
Египетъ	7,086	—	5,120	6,077	—
Испанія	19,473	28,049	32,918	34,086	—
Греція	14,957	—	—	—	—
Индо-Китай	—	—	5,560	8,523	—
Италія	—	22,943	18,166	18,527	—
Мексика	2,436	—	—	—	—
Португалія	4,233	9,586	4,281	6,267	—
Румынія	—	—	4,552	4,369	—
Россія	—	5,487	4,530	6,565	—
Швейцарія	34,427	17,910	11,452	13,822	—
Тунисъ	6,007	5,893	6,333	6,949	—
Турція	6,728	11,488	16,242	17,238	—
Страны, для которыхъ не даны цифры	7,910	38,411	15,542	22,868	—
Всего	154,707	181,413	152,915	174,848	185,128

9. Производство въ другихъ государствахъ. Очень трудно получить точныя свѣдѣнія о производствѣ иностранныхъ заводовъ. Въ различныхъ изданіяхъ мы нашли нѣкоторыя данныя, помѣщенные въ слѣдующихъ таблицахъ, сожалѣя что не имѣемъ возможности дать новѣйшихъ и болѣе полныхъ свѣдѣній

Германія.

МѢСТНОСТИ	ОБЩЕСТВА	Производство въ тоннахъ 1897 г.
Hamburg	Alsen'skii Portland Cement Fabriken .	150,000
Lehrte	„Germania“ H. Manske et Co	135,000
Amöneburg (близъ Bi- brich)	Dyckerhoff und Söhne, Portland Ce- ment Fabrik	126,000
Heidelberg	P. C. Werk Heidelberg	90,000
Mannheim	Mannheimer P. C. F.	90,000
Hemmoor a. d. Oste	P. C. F. Hemmoor	99,000
Stettin	Pommerscher Industrie Verein auf Aktien	72,000
Groschowitz	Schlesische Aktien Gesellschaft für P. C. Fabrikation	72,000
Stuttgart	Stuttgarter C. F. Blaubeuren	63,000
Berlin	„Rudersdorf“	72,000
Oppeln	Oberschlesische P. C. F.	54,000
Oppeln	Oppelner P. C. Fabriken	63,000
Cammin (Померанія)	Stettin Gristower P. C. F. E. Kanter et Co	45,000
Hannover	Hannoversche P. C. F. Actiengesell- schaft	45,000
Lüneburg	P. C. F.	54,000
Obercassel	Bonner Bergwerks-und Hüttenverein C.F.	45,000
Stettin	P. C. F. „Stern“	45,000
Stettin	Stettiner P. C. F.	45,000
Hamburg	Breitenburger P. C. F.	36,000
Karlstadt	P. C. F.	54,000
Beckum	Aktien-Gesellschaft „Westfalia“	27,000
Blaubeuren.	P. C. F. Blaubeuren Gebr. Spohn . . .	27,000
Glöthe	„Saxonia“	27,000
Göschwitz	Sächsisch - Thüringische P. C. F. Prüs- sing und Co	27,000
Halle a. S.	P. C. F. Halle a. S	36,000
Hamburg	Lägerdorfer P. C. F. von E. Lion und Co.	27,000
Höxter	Aktien Gesellschaft Höxter'sche P. C. F.	27,000
Höxter	P. C. W. Höxter-Godelheim A. G. . . .	27,000
Lauffen am Neckar	Württembergisches P. C. W.	27,000
Malstatt	C. H. Böcking und Dietsch P. C. F. . .	27,000
Offenbach a. M.	Offenbacher P. C. F. Aktien Gesellschaft.	27,000
Oppeln	P. C. F.	36,000
Porta	Bremer P. C. F. „Porta“	27,000
Recklinghausen	Wicking'sche P. C. und Wasserkalk- werke	27,000
Stettin	Stettin Bredower P. C. F.	27,000
Zossen	„Adler“ Deutsche P. C. F.	27,000
	Болѣ 12 заводовъ на 18,000 тоннъ.	234,000
	11 заводовъ на 9,000 тоннъ	108,000
	В с е г о	2.247,000

Въ этой таблицѣ не указаны немногочисленные, впрочемъ, заводы, не входящіе въ составъ Общества нѣмецкихъ цементныхъ заводчиковъ. Указанныя цифры производства, основанныя на показаніяхъ заинтересованныхъ фабрикантовъ, безъ сомнѣнья округлены съ излишкомъ, именно точность ихъ 9000 тоннъ, т. е. 50.00 бочекъ вѣсомъ брутто по 180 килограммовъ. Дѣйствительное производство должно быть ниже данныхъ цифръ.

Англія (въ 1884 г.).

ЗАВОДЫ.	Годовое производство въ тоннахъ.
White Brothers	100,000
Knight, Bevan and Sturge	80,000
Lee Son and Smith	80,000
Burham	80,000
Robins	80,000
Johnson	60,000
London Portland Cement Co	45,000
Wouldham	25,000
Harwich	25,009
Formby	25,000
Walsend	?
Общее годовое производство распредѣляется:	
На Medway, la Swale и ихъ притокахъ	400,000
На Темзѣ	400,000
На Tyne и въ остальной Англіи	700,000
Всего	1.500,000

Въ 1896 году въ Англіи было около 200 заводовъ, большею частью незначительныхъ и приготавливающихъ естественные цементы. Въ настоящее время общее производство исчисляется отъ 1.500,000 до 2.000,000 тоннъ и скорѣе стремится уменьшаться.

Австро-Венгрія (1894 г.) ¹⁾

Австрійскіе заводы, входящіе въ составъ Общества нѣмецкихъ цементныхъ заводчиковъ расположены въ Цезаковѣ, Будапештѣ, Зальцбургѣ, Линцѣ, Прагѣ (2 завода), Юдендорфѣ, Лабатланѣ, Ледецѣ, Маріашенѣ и въ Штиріи. Общее производство ихъ,

*) По даннымъ доклада на засѣданіи 26 и 24 февраля 1895 года Общества нѣмецкихъ цементныхъ заводчиковъ.

вычисленное такъ же какъ и для германскихъ заводовъ, достигаетъ 17,000 тоннъ.

Мы не имѣемъ возможности дать свѣдѣнія о другихъ заводахъ.

Бельгія (1890 г.).

Заводы искусственнаго портландъ-цемента.

МѢСТНОСТЬ.	Ф И Р М А.	Годовое производство въ тоннахъ.
Niel on Ruppel	Société Anonyme	72,000
Cronfestu	Dufosse et Henry	20,000
Cronfestu	Locose et Lévie	30,000
Beersse	Schmole et C ^o	20,000
В с е г о		142,009

Кромѣ того въ Бельгіи значительно развито производство гидравлической извести и естественныхъ цементовъ, главнымъ образомъ въ области Турне.

Скандинавія.

ГОСУДАР- СТВА.	ЗАВОДЫ.	Годовое производство въ тоннахъ.		
		1889 г.	1894 г.	1896 г.
Данія .	Aalborg	22,500	27,000	40,000
	„Dania“	18,000	—	17,000
	„Cimbria“	7,200	18,000	12,000
	Два другихъ небольшихъ завода	1,800	—	—
Швеція {	Oeland	22,500	9,000	—
	„Skanska“ (Malmö)	39,600	36,000	76,500
	Yisby	9,000	—	—
Норвегія .	Christiania	12,600	—	12,000
В с е г о		133,200	—	157,500

Соединенные Штаты Сѣверной Америки (1888 г.).

Естественные цементы.

ЗАВОДЫ.	Годовое
	производство въ тоннахъ.
Rosendale, Ulster Co, N. Y.	307,000
Akron, N. Y.	97,000
Louisville, Ky	165,000
La Salle, Ill	45,000
Mankato, Minn	22,000
Milwaukee, Wis.	54,000
Lehigh Valley, Pa	68,000
Potomac River	13,500
Fort Scott, Kas	5,500
Howes Cave, N. Y.	6,500
Eastern Ohio	11,000
Onondaga, N. Y	34,000
Kansas City, Mo	7,000
Cement, Ga	2,500
Virginia, Texas, and New-Mexico	24,500
В с е г о	862,500

Кромѣ того въ 1888 году было произведено 45000 тоннъ портландскаго-цемента.

Послѣ этихъ статистическихъ данныхъ въ Соединенныхъ Штатахъ были основаны новые заводы искусственнаго портландскаго цемента. *)

Испанія.

Цементныхъ заводовъ мало. Нѣкоторою извѣстностью пользуется быстро-схватывающійся цементъ Zumaya.

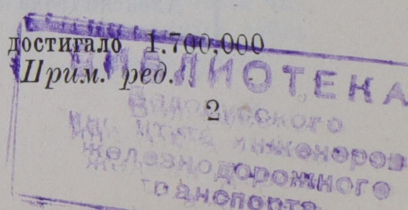
Италія.

Въ Италіи производства собственно искусственнаго цемента не имѣется. Главные заводы находятся въ Cazale'ѣ и Bergame'ѣ.

Швейцарія.

Заводы въ Aarau, Zur Linden, Saint-Sulpice, Neufchâtel, и др. Производится главнымъ образомъ естественный цементъ.

*) И въ 1896 г. общее производство цемента въ сѣв. Америкѣ достигало 1.700.000 тоннъ.



Р о с с і я.

Производство портландъ-цемента на 1897 г., въ бочкахъ (по даннымъ 4-го Съѣзда Русскихъ цементныхъ техникувъ и заводчиковъ).

НАЗВАНІЕ ЗАВОДОВЪ.	Годъ основанія.	Производи- тельность на 1897 г.	Производи- тельность въ началѣ су- ществованія завода.
Т-ва К. Х. Шмидта въ Ригѣ.	1868	185,000	140,000
„Портъ-Кун а“ въ Кунди (Эстлянд губ.).	1871	175,000	160,000
Черноморскаго цементнаго производства въ Новороссійскѣ	1882	500,000	300,000
Московского акціонернаго О-ва въ По- дольскѣ	1875	250,000	135,000
„Гродзецъ“	1857	150,000	125,000
„Высока“	1886	300,000	150,000
Т-ва Глухоозерскаго цементнаго завода .	1884	250,000	—
Т во Лангартъ, возлѣ Коломны	—	100,000	60,000
Франко-Русской Комп. въ Геленджикѣ (Черное море)	1895	200,000	50,000
„Фирлей“ въ Люблинѣ	—	100,000	—
„Савіо“ въ Финляндіи	—	50,000	—
Вейсмана въ Одессѣ	—	200,000	—
Богословскій на Уралѣ	—	40,000	—
Здолбуново Волынской губ	—	10,000	—
Фандѣева, Ростовъ на Дону	—	50,000	—
„Рудники“ }	—	100,000	—
„Ключе“ }	—	100,000	—
Заводы въ Сибири	—	100,000	—
Всего	—	2,760,000	—

Производство Романскаго цемента.

НАЗВАНІЕ ЗАВОДОВЪ.	Производи- тельность на 1897 г., въ пудахъ.
Т-ва К. Х. Шмидта въ Ригѣ	600,000
Московского Акціонернаго О-ва въ Подольскѣ	1,800,000
„Медвѣдь“ въ С.-Петербургѣ	350,000
Т-ва Э. Липгардтъ и Ко, близъ Коломны	950,000
„Звѣзда“ въ С.-Петербургѣ	350,000
Филищева въ Москвѣ	300,000
Базыкина и Сафатова въ Москвѣ	400,000
Шапошникова и Челнокова въ Москвѣ	300,000
Александрова въ Москвѣ	400,000

ГЛАВА II.

К Л А С С И Ф И К А Ц И Я .

10. **Прежнія классификаціи.** — Познавъ, что степень гидравличности известей зависитъ отъ присутствія въ известнякахъ большаго или меньшаго количества глины, Vicat естественно пришелъ къ классификаціи ихъ по содержанію въ известнякахъ глины. Но этотъ методъ классификаціи отличался нѣкоторою сложностью, требуя вычисленія количества чистой извести, заключающейся въ известнякѣ.

Подобный же способъ классификаціи, но болѣе простой, также предложенный Vicat, основывается на величинѣ «гидромо-дуля», т. е. отношенія количества элементовъ, обусловливающихъ гидравличность, а именно кремнезема и глинозема къ количеству извести. Этотъ способъ одинаково примѣнимъ и къ известнякамъ, и къ обожженнымъ продуктамъ, какова бы не была степень ихъ чистоты. Однако знаменитый инженеръ часто мѣнялъ предѣлы гид-ромодуля, чтобы раздѣлить гидравлическіе продукты на различ-ныя категоріи.

Durand-Claye по изученіи многочисленныхъ изысканій Vicat нашелъ возможность согласовать классификацію различныхъ вя-жущихъ веществъ въ зависимости отъ содержанія въ нихъ изве-сти, какъ это приведено въ нижеслѣдующей таблицѣ:

ОБОЗНАЧЕНІЕ ПРОДУКТОВЪ.	Гидромодуль *).	Соотвѣтственное со- держаніе глины въ известнякахъ, пред- полагая отсутствіе въ послѣднихъ посто- роннихъ примѣсей.
Извести жирныя или тощія	отъ 0,00 до 0,10	отъ 0,0 до 5,3
„ слабо гидравлическія	„ 0,10 „ 0,16	„ 5,3 „ 8,2
„ средней гидравличности.	„ 0,16 „ 0,31	„ 8,2 „ 14,8
„ собственно гидравлическія	„ 0,31 „ 0,42	„ 14,8 „ 19,1
„ въ высшей степени гидравли- ческія	„ 0,42 „ 0,50	„ 19,1 „ 21,8
Цементы медленно схватывающіеся	„ 0,50 „ 0,65	„ 21,8 „ 26,7
Цементы быстро схватывающіеся	„ 0,65 „ 1,20	„ 26,7 „ 40,0
Цементы тощіе	„ 1,20 „ 3,00	„ 40,0 „ 62,6
Пуццоланы	выше, чѣмъ 3,00	выше, чѣмъ 62,6

*) Принятый у насъ гидромодуль представляетъ, обратно французскому, отношеніе коз-
личества извести къ количеству кремнезема + глинозема, слѣдовательно, для полученія чи-
селъ, согласно нашему обозначенію, требуется раздѣлить единицу на приведенныя здѣсь
числовыя значенія гидромодуля.

Прим. ред.

Пользуясь этой классификаціей, можно въ известной степени предсказать природу продукта, который можетъ быть полученъ обжигомъ даннаго естественнаго известняка. Напротивъ, она не достаточна для отличія обожженныхъ продуктовъ. Дѣйствительно природа и свойства подобныхъ веществъ зависятъ не только отъ общаго содержанія глинозема и кремнезема, но и отъ относительной пропорціи этихъ составляющихъ, находящейся въ продуктѣ въ видѣ соединенія съ известью, а пропорція эта тѣмъ болѣе чѣмъ энергичнѣе былъ обжогъ.

Разсмотримъ напр. известнякъ, содержащій 20⁰/₀ извести. Въ началѣ обжига выдѣляется углекислота изъ углекислой извести и въ то же самое время глина подвергается мало изученному измѣненію, превращающему ее въ вещество, подобное пуццоланамъ. Если взять кусокъ, обжигъ котораго остановленъ на этой точкѣ, то онъ въ соприкосновеніи съ влажнымъ воздухомъ претерпѣваетъ явленіе, подобное гашенію извести и весьма вѣроятно, что онъ представляетъ тогда смѣсь извести съ искусственной пуццоланой. При нѣсколько болѣе сильномъ обжигѣ глиноземъ входитъ въ соединеніе съ известью и такъ какъ алюминаты имѣютъ свойство быстро схватываться въ соприкосновеніи съ водой, то и получается быстро-схватывающійся цементъ. При дальнѣйшемъ обжигѣ кремнеземъ и глина соединяются въ возрастающимъ количествомъ извести, и продуктъ принимаетъ все болѣе и болѣе темный цвѣтъ, въ то самое время возрастаетъ и его плотность. Схватываніе становится болѣе медленнымъ, очевидно вслѣдствіе замѣщенія кремнекислымъ глиноземомъ первоначальныхъ алюминатовъ; но мѣрѣ того какъ уменьшается пропорція свободной извести, продуктъ все болѣе и болѣе теряетъ способность распадаться на влажномъ воздухѣ вслѣдствіе гашенія этой извести. Когда обжигъ достигнетъ такой интенсивности, что продуктъ подвергается нѣкоторому размягченію, получается черное, плотное и твердое каменистое вещество, которое можетъ нѣсколько лѣтъ оставаться безъ измѣненія во влажномъ воздухѣ, и которому послѣ его измельченія, придаютъ названіе *Портландъ-цемента*.

Наконецъ, высшая степень обжига ведетъ къ образованію болѣе тѣснаго соединенія составляющихъ элементовъ, и происходитъ шлакообразное вещество, которое, по измельченіи, не схватывается въ соприкосновеніи съ водой, какъ это было констотировано нами обжигомъ подобнаго продукта въ электрической печи.

Для пропорцій глины иныхъ чѣмъ въ приведенномъ примѣрѣ, процессъ протечетъ, очевидно, аналогичнымъ путемъ.

Температура, соотвѣтствующая главнѣйшимъ измѣненіямъ свойствъ продукта, должна варіировать въ зависимости отъ количества составляющихъ элементовъ и особенно въ зависимости отъ большаго или меньшаго содержанія въ известнякѣ такихъ веществъ, какъ окись желѣза и щелочи, играющихъ роль плавней.

Рациональная классификація можетъ быть основана только на относительной пропорціи вошедшихъ въ химическое соединеніе такихъ элементовъ, какъ кремнеземъ и глиноземъ, которые

могутъ дать съ известью соли, имѣющія свойство схватываться въ соприкосновеніи съ водой. Въ этой классификаціи кромѣ того долженъ быть въ извѣстной степени принятъ въ соображеніе способъ фабрикаціи и каждая категорія продуктовъ должна быть опредѣлена столь достаточно ясно, чтобы можно было избѣгнуть всякаго подлога, стремящагося перевести продуктъ нисшаго достоинства въ наиболѣе заслужившую довѣрія категорію.

Очевидно, что представляется весьма труднымъ соединить всѣ эти условія, потому что въ настоящее время не имѣется никакого способа съ совершенной положительностью опредѣлить природу химическихъ соединений, образующихся изъ химическихъ элементовъ, входящихъ въ составъ даннаго продукта, а съ другой стороны невозможно, *a priori* предвидѣть всѣ поддѣлки, которыми могутъ подвергаться вяжущія вещества.

Вопросъ усложняется еще соображеніями коммерческаго свойства, вслѣдствіе того, что нѣкоторые фабриканты придаютъ названіямъ изготовляемымъ ими продуктамъ нѣкоторую двусмысленность и неопредѣленность.

Такимъ образомъ въ настоящее время еще не существуетъ строгой классификаціи вяжущихъ веществъ.

II. Классификація, предложенная авторомъ. — За неимѣніемъ лучшаго, мы предлагаемъ въ этомъ сочиненіи нижеслѣдующую классификацію, которая, какъ намъ кажется, болѣе соотвѣтствуетъ наиболѣе распространенной терминологіи.

Мы раздѣлимъ сперва всѣ продукты являющіеся результатомъ обжига болѣе или менѣе глинистыхъ известняковъ на три класса: извести, цементы и пуццоланы.

A. Извести. — Извести отличаются характернымъ свойствомъ *гаситься* въ соприкосновеніи съ водой съ выдѣленіемъ тепла и распаденіемъ массы въ порошокъ.

Мы ихъ раздѣлимъ на три категоріи въ значительной степени соотвѣтствующія классификаціи Vicat, а именно:

1. *Жирная известь.* — Извести, происходяція изъ известняковъ, содержащихъ менѣе 6% по вѣсу глины или другихъ постороннихъ веществъ, а потому имѣющихъ до гашенія менѣе 8%—9% постороннихъ веществъ и послѣ гашенія не болѣе 6%—7% этихъ примѣсей.

2. *Тощая известь.* — Извести, содержація болѣе постороннихъ веществъ, чѣмъ жирныя и отличающіяся тѣмъ свойствомъ, что зотворенныя, послѣ окончательнаго гашенія, въ твердое тѣсто, онѣ не схватываются втеченіи цѣлаго мѣсяца при погруженіи такого тѣста въ спокойную прѣсную (не морскую) воду.

3. *Гидравлическая известь.* — Продукты, представляющіе результатъ обжига естественныхъ глинистыхъ известняковъ или искусственной смѣси глины и известняка, превращенные въ поро-

шокъ гашеніемъ и слѣдующимъ затѣмъ просѣиваніемъ съ прибавкой или безъ прибавки измельченныхъ веществъ отдѣленныхъ просѣиваніемъ (*grappiers*). Можно кромѣ того различать сорта гидравлическихъ известей въ зависимости отъ времени, которое требуетъ продуктъ для своего схватыванія, послѣ того какъ по окончаніи гашенія и зотворенія въ твердое тѣсто онъ немедленно погруженъ въ спокойную воду.

Продолжительность такого схватыванія близко подходитъ для различныхъ сортовъ къ геометрической прогрессіи:

Известь слабо гидравлическая:	Конецъ схватыванія между 2 нед. и 1 м.
„ средней гидравлическости	„ „ между 1 нед. и 2 нед.
„ собственно гидравлическая	„ „ между 4 дн. и 1 нед.
„ въ высшей степени гидравлическая	„ „ менѣе 4 дней.

Если продуктъ содержитъ еще небольшое количество окиси кальція, оставшейся вслѣдствіе недостаточнаго гашенія то она, гидратируясь въ соприкосновеніи съ водой, вызываетъ повышеніе температуры, дѣйствуя ускоряюще на схватываніе.

При болѣе значительномъ количествѣ не погасившейся извести масса напротивъ можетъ сильно вздуться, становясь совершенно неспособной къ дальнѣйшему тверднѣнію.

В. Цементы.—Цементы получаютъ обжиганіемъ известняковъ, вообще говоря болѣе глинистыхъ чѣмъ примѣняемые для полученія известей, и содержаніе глины въ нихъ должно быть не менѣе 18⁰/₁₀₀. Почти всегда цвѣтъ цементовъ болѣе темный, плотность болѣе значительна, схватываніе быстрѣе и сопротивленіе механическимъ усиліямъ выше чѣмъ у известей; они отличаются также отъ послѣднихъ и тѣмъ, что для приведенія ихъ въ порошокъ пользуются механическими средствами.

Подобно известямъ мы раздѣлимъ цементы на нѣсколько категорій.

1. — *Цементъ изъ grappiers* *). — Продукты, получаемые при измельченіи, безъ прибавки постороннихъ веществъ, граппье изъ гидравлическихъ известей, съ предварительнымъ удаленіемъ необожженныхъ и шлакообразныхъ веществъ, или безъ онаго. (Граппье представляютъ изъ себя куски или крупныя зерна не рассыпавшіеся въ порошокъ при гашеніи и отдѣленные отъ гидравлической извести при просѣиваніи ея *).

Цементы изъ граппье представляютъ въ нѣкоторомъ родѣ переходъ отъ известей къ цементамъ и имѣютъ свойства среднія между этими двумя классами вяжущихъ веществъ. Ихъ схватываніе, вообще говоря, болѣе медленно чѣмъ у цементовъ, а сопротивленіе механическимъ усиліямъ, сначала слабое, прогрессивно возрастаетъ со временемъ.

*) Мы не имѣемъ въ русской терминологіи вяжущихъ веществъ слова соотвѣтствующаго понятію *grappiers*, значеніе котораго объяснено ниже.

2. *Быстро схватывающіеся цементы.* — Продукты получаемые сравнительно слабымъ обжиганіемъ сильно глинистыхъ известняковъ, богатыхъ, въ частности, глиноземомъ и сѣрнокислыми солями. Эти цементы въ нѣсколько минутъ пріобрѣтаютъ очень значительную твердость, но которая затѣмъ лишь слабо возрастаетъ. Можно различить, въ зависимости отъ способа фабрикаціи, быстро схватывающійся естественный цементъ или *романскій цементъ*, и быстро схватывающійся искусственный цементъ, но послѣдній фабрикуется весьма рѣдко.

3. *Естественный цементъ съ болѣе или менѣе медленнымъ схватываніемъ.* — Болѣе сильный обжигъ известняковъ примѣняемыхъ для приготовленія романскихъ цементовъ, даетъ продуктъ нѣсколько медленнѣе схватывающійся и которому придаютъ иногда названіе цемента съ ослабленнымъ схватываніемъ (*ciment à prise atténué, ciment demi-lent*). Еще болѣе интенсивный обжигъ совмѣстно съ уменьшеніемъ содержанія глины и главнѣйшее глинозема ведетъ къ образованію продукта свойства котораго могутъ значительно приблизиться къ свойствамъ портландскаго цемента. Однако мы думаемъ, что естественные известняки никогда не могутъ представлять такой однородности, которая отвѣчаетъ искусственной смѣси и которая присуща лишь портландскому цементу изъ искусственной смѣси *).

4. *Портландскій цементъ.* — Въ техническихъ условіяхъ, принятыхъ въ Boulogne и Calais, портландскій цементъ опредѣляется какъ «продуктъ полученный измельченіемъ каменистаго ошлаковавшагося вещества, образовавшагося при посредствѣ обжига, до начала размягченія, тѣсной смѣси углекислой извести и глины, строго опредѣленно составленной и однородной физически и химически во всѣхъ своихъ частяхъ».

*) У насъ по берегу Чернаго моря отъ Новороссійска до Сочи расположены залежи мергеля весьма близко подходящаго по своему составу къ искусственнымъ смѣсямъ глины и известняка, примѣняемыхъ для изготовленія лучшаго портландскаго цемента. Заводъ въ Новороссійскѣ и особенно заводъ въ Геленджикѣ готовятъ непосредственнымъ обжигомъ изъ этого мергеля портландскій цементъ высокаго качества. Мергеля эти столь однородны, какъ намъ хорошо извѣстно, по ихъ структурѣ, что никакими искусственными средствами нельзя и думать получить таковое смѣшеніе глинъ и известняковъ. М. Feret, очевидно, неизвѣстны были эти мергели и получаемые изъ нихъ продукты. Въ дополненіе приводимъ химическій составъ черноморскихъ мергелей изъ трехъ различныхъ пластовъ по анализамъ Химической Испытательной Станціи И. И. П. С.

	№ 1	№ 2	№ 3.
Летучихъ веществъ	35,64 ⁰ / ₁₀₀	35,98 ⁰ / ₁₀₀	34,97 ⁰ / ₁₀₀
Кремнезема	13,48,,	12,78,,	17,15,,
Окиси железа	1,35,,	1,62,,	1,08,,
Глинозема	4,75,,	4,35,,	4,36,,
Извести	44,47,,	45,33,,	42,08,,
Магнезій	0,10,,	0,17,,	0,31,,
Ангидрида сѣрой кислоты	слѣды	0,16,,	0,79,,

Прим. ред.

По смыслу этой формулировки цементъ, поставляемый въ оба упомянутые порта долженъ содержать только вполне обожженный продуктъ, безъ всякой прибавки послѣ обжига какихъ бы то ни было постороннихъ веществъ *).

Мы думаемъ однако, что отказываясь отъ наименованія портландскимъ цементомъ такихъ цементовъ, къ которымъ добавлены какія бы то ни было постороннія вещества, необходимо сохранить такое названіе за продуктомъ, содержащимъ кромѣ совершенно обожженного вещества, которое должно всегда быть въ преобладающемъ количествѣ, еще и части менѣе обожженные и нѣкоторое количество пыли, собирающейся при разгрузкѣ обжигательной печи. Такъ въ Boulogne многіе заводчики изготовляютъ цементъ нѣсколькихъ сортовъ, отличающихся лишь болѣе или менѣе тщательной сортировкой извлеченнаго изъ печи продукта **).

Техническія условія Boulogne и Calais не полагаютъ какихъ либо предѣловъ для пропорціи глины и углекислой извести въ смѣси до обжига цемента; но условное отношеніе, называемое гидромодулемъ должно быть въ обожженномъ продуктѣ не ниже 0,44. Въ Россіи же и въ др. странахъ сѣвера и востока Европы ставится минимальнымъ предѣломъ въ 1,7 отношеніе количества извести къ глинистымъ веществамъ ***) обожженного продукта, что соотвѣтствуетъ принятому во Франціи гидромодулю не выше 0,6.

Н. Le Chatelier, основываясь на составѣ изученныхъ имъ главнѣйшихъ составляющихъ цемента, обозначаетъ предѣлы нормальнаго состава портландскаго цемента двумя нижеслѣдующими неравенствами, въ которыхъ химическія формулы символизируютъ эквивалентное вѣсу ихъ частицы значенія:

$$\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 + \frac{1}{3}\text{SO}_3} > 3 \text{ и } \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \frac{1}{3}\text{SO}_3} < 3$$

Въ практикѣ содержаніе глины въ сырой смѣси измѣняется, вообще говоря, въ различныхъ странахъ между 19% и 25% смѣси. Температура обжига зависитъ въ такомъ случаѣ отъ относительнаго количества и состава глины, почему получаемый продуктъ будетъ, очевидно, не всегда одинаковаго качества. Принимая однако въ соображеніе, что эти измѣненія происходятъ лишь въ опредѣленныхъ предѣлахъ, возможно при выполненіи прочихъ вышеозначенныхъ условій сохранить за продуктомъ названіе портландъ-цемента.

*) Инженеры и фабриканты Россіи, Германіи, Австріи и Швеціи признаютъ еще подъ названіемъ портландскаго цемента смѣсь полученную прибавленіемъ къ продукту, вышедшему изъ печи, нѣкотораго количества слѣдующей извести, не превосходящаго 2%.

**) Три фабрикуемыхъ здѣсь сорта получаютъ названіе „ciment d'usage“, продаваемого въ мѣшкахъ съ двумя пломбами, „première qualité“, съ одной пломбой и „qualité à machine“, продаваемого безъ фабричной марки. Часто къ нимъ прибавляется еще „garanti“, означающій, что къ цементу не было прибавлено послѣ обжига никакихъ болѣе или менѣе инертныхъ постороннихъ веществъ.

***)) Максимальной величиной гидромодуля въ нашихъ техническихъ условіяхъ принято 2,2.

Портландскій цементъ представляетъ сѣрый порошокъ уд. в. отъ 3,05 до 3,16, превосходящій удѣльный вѣсъ всякихъ другихъ гидравлическихъ вяжущихъ веществъ. Онъ схватывается подъ водой въ нѣсколько часовъ и употребляемый въ смѣси съ пескомъ или чистый достигаетъ сопротивленія высшаго сравнительно съ другими продуктами этого рода.

При хорошей фабрикаціи онъ не долженъ измѣнять объема даже въ морской водѣ и его главное превосходство состоитъ именно въ наибольшемъ сопротивленіи разрушительному дѣйствію морской воды сравнительно съ другими гидравлическими вяжущими веществами. По этой причинѣ, не смотря на свою значительную стоимость, онъ приобрѣлъ огромное распространеніе среди инженеровъ и строителей, но вслѣдствіе такой извѣстности этого продукта, придаютъ названіе портландъ-цемента большому количеству другихъ продуктовъ, совершенно не подходящихъ къ вышеприведенному опредѣленію.

5. *Смѣшанные цементы.*—Мы придаемъ названіе смѣшанныхъ цементовъ всѣмъ продуктамъ этого рода, которыя являются результатомъ примѣшиванія послѣ обжига продуктовъ различнаго происхожденія, имѣющихъ или неимѣющихъ гидравлическихъ свойствъ. Мы ихъ раздѣляемъ на три класса;

а) *Собственно смѣшанные цементы* представляютъ смѣсь гидравлическихъ веществъ разныхъ классовъ, такъ напр., быстро схватывающагося цемента и граппе изъ гидравлической извести, причемъ получаемому продукту нѣкоторые заводчики придаютъ названіе искусственнаго портландъ-цемента *).

б. *Цементы съ добавками* получаютъ введеніемъ въ цементы болѣе или менѣе значительнаго количества постороннихъ веществъ съ цѣлью измѣнить нѣкоторыя свойства продуктовъ, такъ прибавляютъ сѣрноокислую известь, или просто съ цѣлью понизить цѣну, для чего вводятъ напр. гарь, шлаки, песокъ, различные каменистыя вещества и т. п. Въ случаѣ введенія шлаковъ, конечно, цементъ этого класса не продается какъ «шлаковый», а производится съ цѣлью фальсификаціи.

с. *Пуццолановые цементы* представляютъ тѣсную смѣсь полученную механическимъ измельченіемъ пуццоланическихъ веществъ съ гидравлической известью или даже съ цементами.

Болѣе важное подраздѣленіе этого класса составляютъ *шлаковые цементы*, въ составъ которыхъ входитъ жирная или гидравлическая известь и нѣкоторые основные шлаки доменнаго производства, приведенные быстрымъ охлажденіемъ въ особое физическое состояніе.

*) Вслѣдствіе отсутствія у насъ производства гидравлической извести, не имѣется подобнаго русскаго фабrikата.

Необходимо еще упомянуть здѣсь вновь появившійся продукт *песчаный цементъ*, или *silico-ciment* (а также *sand-cement*), получаемый весьма тонкимъ измельченіемъ смѣси цемента и кварцеваго песку. Далѣе мы возвратимся къ разсмотрѣнію этого продукта.

С. Пуццоланы.—Представляютъ вообще вещества богатые кремнеземомъ и отличающіяся отъ цементовъ и известей тѣмъ, что при затвореніи съ водой онѣ сами по себѣ не имѣютъ свойства схватываться; но если къ нимъ добавить извести они частью соединяются съ ней, увеличивая ея твердѣніе. Такъ съ добавленіемъ пуццоланъ можно примѣнять для подводныхъ сооруженій известъ, которая сама по себѣ являлась жирной.

Успѣхи цементной промышленности сильно ослабили примѣненіе пуццоланъ, которыя даютъ лишь растворы весьма медленно твердѣющіе и неспособные достигать столь значительнаго сопротивленія, присущаго цементамъ.

Весьма вѣроятно, что способъ ихъ примѣненія ввидѣ песка, содержащаго довольно много крупныхъ зеренъ даетъ возможность лишь въ слабой степени воспользоваться присущимъ имъ дѣятельнымъ началомъ. Ихъ дѣйствіе приписывается особому состоянію части кремнезема, входящему въ ихъ составъ, которое дѣлаетъ его усвояемымъ. Что касается другихъ, наичаще встрѣчающихся въ нихъ элементовъ, и въ частности глинозема, то, не смотря на изслѣдованія Vicat, ихъ роль еще мало опредѣлена.

Нерѣдко было также констатировано, что вещества этого рода имѣя одинаковый элементарный химическій составъ и встрѣчаясь въ сосѣднихъ мѣсторожденіяхъ, проявляютъ весьма разныя пуццоланическія свойства,

Пуццоланы подраздѣляются на двѣ группы:

1. „Естественные пуццоланы“ представляютъ вещества вулканическаго происхожденія, каковы пуццоланы изъ Италіи (Неаполь и Римъ) Санторина, Азорскихъ острововъ и трассъ съ береговъ Рейна. Во Франціи различныя горныя породы имѣютъ пуццоланическія свойства, какъ напр. лавы изъ Канталя, горная порода (Gaize) *) изъ Арденнъ и нѣкоторые сорта мелкаго щебня, образующагося при вывѣтриваніи гранитовъ.

2. „Искусственные пуццоланы“ въ большинствѣ случаевъ представляютъ продукты, являющіеся результатомъ обжига глинистыхъ сланцевъ и глины, изъ нихъ наиболѣе извѣстные и единственные изъ нынѣ приготовляемыхъ получаютъ изъ толченаго кирпича и обломковъ гончарныхъ трубъ. Къ этому классу относятся также: зола различнаго рода горючихъ матеріаловъ, нѣкоторые шлаки доменнаго производства, служащіе для фабрикаціи

*) Подъ названіемъ gaize извѣстна во Франціи горная порода, залегающая на большомъ протяженіи въ Арденнахъ, тонкимъ слоемъ,—она отличается большимъ содержаніемъ кремнезема, нѣкоторымъ количествомъ глины и присутствіемъ зеленоватыхъ зеренъ глауконита; выдѣляемый изъ этой горной породы кремнеземъ легко растворимъ въ щелочахъ.

шлакового цемента, различные другіе отбросы химико-технической промышленности и т. д.

Чтобы не возвращаться далѣе къ вопросу о пуццоланахъ замѣтимъ только, что Vicat оцѣнивалъ достоинство ихъ, какъ по времени схватыванія раствора образуемаго ими съ жирной известью, такъ и по тому количеству извести, которое онѣ требуютъ для полученія раствора соотвѣтственныхъ качествъ.

Нынѣ при сужденіи о пуццоланахъ ограничиваются ихъ внѣшнимъ видомъ, происхожденіемъ и, особенно, той степенью довѣрія, которую пользуется поставщикъ этого продукта.

Въ заключеніе приводимъ синоптическую таблицу вышеизложенной классификаціи:

Извести.	Извести негидравлическія.	{ Жирныя извести. Тоція извести.
	Гидравлическія извести,	{ Известы слабогидравлическія. Известы средней гидравлич. Собственно гидравлическ. извести. Известы въ высшей степени гидравлич.
Цементы.	Цементъ изъ граппье.	{ Цементы изъ grappiers.
	Быстро схватывающіеся цементы.	{ Романскій цементъ (естественный). Цементъ быстро схватывающійся (искусственный).
	Естественные цементы болѣе или менѣе медленно схватывающіеся.	{ Цементъ съ ослабленнымъ схватываніемъ. Естественный цементъ съ медленнымъ схватываніемъ.
	Портландскій цементъ.	{ Портландскій цементъ.
	Смѣшанный цементъ.	{ Собственно смѣшанный цементъ. Цементъ съ добавками. Пуццолоновые цементы (шлаковый цементъ и т. д.).
Пуццоланы.	Естественныя пуццоланы.	{ Итальянскія пуццоланы. Трассы. Санторинская земля. Gaize и т. п. И др.
	Искусственныя пуццоланы.	{ Обожженная глина. Зерновые шлаки И др.

Н. Le-Chatelier указывает для главнѣйшихъ изъ этихъ веществъ нижеслѣдующій химическій составъ:

	Кремнеземъ,	Гидроземъ,	Оксидъ железа,	Известь,	Магнезія,	Ангидридъ серной кислоты,	Вода и углекислота,
Лучшія гидравлическія извести ^{*)} ,	22	2	1	63	1,5	0,5	10
Цементъ изъ стар- pierss	26,5	2,5	1,5	63	1	0,5	5
Естественный цементъ съ быстрымъ схватываніемъ	22 до 24	7 до 10	4 до 6	45 до 55	1 до 5	2 до 4	4 до 8
Портландскій цементъ хорошихъ качествъ	21 до 24	6 до 8	2 до 4	60 до 65	0,5 до 2	0,5 до 1,5	1 до 3
Шлаковый цементъ хорошихъ качествъ	24	14	1	51	2	1	7

^{*)} Для гидравлическихъ известей содержаніе кремнезема, прихвощихъ качествахъ продукта можетъ понижаться до половины указаннаго въ таблицѣ, а количество воды и глинозема можетъ даже удвоиться; содержаніе же извести почти всегда остается тоже самое, измѣняясь отъ 55 до 65⁰/₀.

12. Различныя другія вяжущія вещества.—Только что описанныя вещества подъ общимъ названіемъ известей, цементовъ и пуццоланъ не являются единственными, имѣющими свойства схватываться сами по себѣ или вызывать твердѣніе продуктовъ другой группы.

Вещества простого химическаго состава.—Большинство солей смѣшанные съ небольшимъ количествомъ воды имѣютъ свойство пріобрѣтать нѣкоторое сцѣпленіе. Le-Chatelier показалъ, что это явленіе, такъ же какъ и въ цементахъ, происходитъ въ слѣдствіе свойства этихъ веществъ образовывать гидраты разной растворимости; наиболѣе растворимые изъ такихъ гидратовъ быстро образуютъ пересыщенный растворъ, въ средѣ котораго кристаллизуются другіе гидраты съ меньшей растворимостью, тогда какъ освобождающаяся послѣ ихъ выдѣленія изъ раствора вода даетъ возможность непрерывно возобновляться этому явленію до полного выдѣленія первоначальнаго вещества. Среди веществъ простаго химическаго состава, имѣющихъ такія свойства, Le-Chatelier приводитъ сернокислый натръ, уксуснокислый натръ, серноватисто-кислый натръ, алюминаты извести, кремнекислый баритъ и сернокислую известь. ^{*)}

^{*)} Annales des mines: mai—juin. 1887.

Гипсъ — примѣняемый въ архитектурѣ представляетъ продуктъ, являющійся результатомъ обжига водной сѣрнокислой извести, содержащей двѣ частицы воды, при температурѣ 120—130°C. Обработанный такимъ образомъ имъ не является безводнымъ какъ это долго предполагали, но содержитъ еще $\frac{1}{2}$ частицы воды. (Le Chatelier).

Схватываніе гипса происходитъ болѣе быстро чѣмъ известей и цементовъ, и въ противоположность этимъ веществамъ онъ примѣняется исключительно въ чистомъ видѣ, т. е. безъ примѣси песку.

Цементъ Сореля. — Если привести въ соприкосновеніи порошкообразную окись цинка съ жидкимъ хлористымъ цинкомъ, или съ растворомъ хлористыхъ желѣза магнезін, никкеля или кобальта, или даже съ растворомъ хлористоводородной кислоты, то образуется хлорокись которая, кристаллизуясь, обуславливаетъ схватываніе смѣси въ твердую нерастворимую массу.

Этотъ цементъ съ успѣхомъ примѣнялся при реставраціи парижскихъ памятниковъ *)

Въ практикѣ онъ примѣняется такъ, что передъ самымъ употребленіемъ смѣшиваютъ порошокъ и жидкость нижеописаннаго состава.

Порошокъ готовится изъ 40% по вѣсу окиси цинка, 40% толченаго известняка, и 20% мелко толченаго песка, съ нѣкоторымъ количествомъ охры для полученія желаемаго оттѣнка.

Жидкость получается раствореніемъ цинка до насыщенія въ продажной соляной кислотѣ, и къ 6 вѣсовымъ частямъ этого раствора прибавляется одна часть хлористаго аммонія; полученная жидкость разбавляется $\frac{2}{3}$ ея объема водой.

На одинъ килограммъ порошка берется 3 литра этой жидкости.

Другіе составы. Въ спеціальныхъ журналахъ нерѣдко можно встрѣтить новѣйшіе рецепты для полученія составовъ, имѣющихъ способность схватываться на подобіе цементовъ, и предлагаемыхъ для различныхъ промышленныхъ цѣлей.

Вообще примѣненіе ихъ, особенно для каменныхъ сооружений, сильно ограничено; мы упомянемъ здѣсь лишь только о нѣкоторыхъ.

Химическія обмазки. Соотвѣтственно тому, какъ пуццоланы препятствуютъ выщелачиванію извести и увеличиваютъ твердость, вслѣдствіе образованія съ этимъ основаніемъ нерастворимыхъ соединений элементами кислотнаго характера, какъ напр. кремнеземъ, — возможно полученіе смѣсей, твердѣющихъ довольно быстро, при посредствѣ гашенія извести нѣкоторыми растворами солей, дающими съ ней реакціи подобныя пуццоланамъ.

Такъ Kuhlmann предложилъ въ 1841 г. приготовленіе растворовъ дѣйствіемъ силикатовъ и алюминатовъ щелочныхъ метал-

*) Онъ служитъ также для пломбировки зубовъ.

ловъ на гидравлическія извести, причемъ по желанію можно регулировать степень гидравличности. Однако примѣненіе этихъ жидкостей ограничивается лишь сооружениями уже возведенными и главнѣйше обмазываніемъ камней, съ цѣлью уничтоженія въ нихъ поръ и трещинъ и увеличенія ихъ твердости.

Подобное же дѣйствіе производитъ баритовая вода, которая даетъ нерастворимый углекислый баритъ въ порахъ покрываемыхъ ею камней.

Нѣсколько лѣтъ тому назадъ было указано на неудобство примѣненія силикатовъ щелочей для означенныхъ цѣлей, вслѣдствіе того, что щелочи, освободившіяся при двойномъ разложеніи образуютъ гигроскопическія углекислыя соли, влага которыхъ, не находя выхода изъ подъ твердой корки, можетъ служить причиной разрушительнаго дѣйствія при морозахъ. Было предложено замѣнить эти соли растворами кремнефтористыхъ солей (флюатовъ), имѣющихъ общую формулу M_2SiF_6 (гдѣ М—одноатомн. металлъ), которая въ соприкосновеніи съ углекислой известью даютъ фтористый кальцій, кремнеземъ, окись введеннаго металла и углекислоту; этотъ газъ, выдѣляясь, при своемъ образованіи производитъ въ твердой массѣ небольшое количество поры, черезъ которыя постепенно выдѣляется влажность подъ вліяніемъ тепла и морозовъ. Лабораторные опыты, произведенные надъ обработанными этимъ способомъ камнями, показали, что камни становились менѣе пористы и лучше сопротивлялись механическимъ усиліямъ, чѣмъ до флюатирования. Способъ употребленія состоитъ въ обмазываніи кистью флюатируемой поверхности, покрывая ее нѣсколькими слоями, наводимыми все болѣе и болѣе богатыми солью растворами.

Къ этого же рода веществамъ можно отнести и растворы, пропагандированные Vicat и его послѣдователями, которые назначались для воспрепятствованія проникновенія морской воды въ гидравлическіе растворы, и стремящіеся съ этой цѣлью вызвать возможно большія отложенія растительнаго и животнаго происхожденія на стѣнкахъ сооруженія, а также—превращеніе извести въ углекислую известь съ поверхности каменной кладки. Однако мы не знаемъ пока случая гдѣ бы искусственно вызывали такого рода превращеніе извести раствора въ углекислую известь. **)

Оставляя въ сторонѣ различнаго рода продукты этой послѣдней категоріи, мы изучимъ ихъ параллельно съ известями и цементами, которымъ главнѣйше и посвѣщаемъ дальнѣйшее изложеніе.

*) О флюатахъ см. подробнѣе; Hauenschuld, а также Krüger. *Прим. ред.*

**) Наши изысканія сдѣланныя въ этомъ направленіи показали, что имѣется много преимуществъ въ способѣ гашенія растворовъ мочеи. Дѣйствительно, эта жидкость содержитъ отъ 20 до 30 грам. въ литрѣ мочевины, способной выдѣлить въ соприкосновеніи со свободной известью отъ 15 до 22 гр. углекислоты, согласно уравненію: $CH_4N_2O + H_2O = CO_2 + 2NH_3$. Выдѣленіе амміака при этомъ способѣ затверенія легко распознается по его запаху. Интересно было бы произвести эти опыты въ большемъ масштабѣ, какъ употребляя мочу при затвереніи растворовъ, такъ и смазывая этой жидкостью отвердѣвшіе растворы уже существующихъ сооруженій втеченіи болѣе или менѣе долгихъ промежутковъ времени.

ГЛАВА III.

Производство вяжущихъ веществъ.

§ 1. Производство известей и цементовъ изъ граппье.

13. Сырые продукты. Въ настоящее время, какъ сказано выше, производятся только естественныя извести. такъ какъ залежи известняковъ, пригодныхъ для производства известей всѣхъ сортовъ, весьма значительны и повсемѣстны.

Добыча известняка производится въ большинствѣ случаевъ открытыми работами, при чемъ необходимо смѣшивать камни изъ различныхъ мѣстъ карьера, исправляя этимъ, по возможности, могущую встрѣтиться неоднородность состава карьера. Кромѣ того необходимо, чтобы куски горной породы, назначенные для обжига, были по возможности болѣе или менѣе опредѣленныхъ размѣровъ, безъ мелкихъ осколковъ и пыли, которые обусловливаютъ образованіе въ печи плотно слежавшейся массы мѣшающей свободному проходу газа и правильной разгрузки печи, что вызываетъ увеличиваніе недожога. Слѣдуетъ также избѣгать введеніе въ печь излишне влажныхъ камней, которыя разваливаясь при выдѣленіи содержащейся въ нихъ воды, производятъ тѣ же упомянутыя неудобства. Куски обжигаемаго известняка должны быть тѣмъ менѣе, чѣмъ плотнѣе порода, чтобы теплота легко проникала до центра куска.

14. Обжигъ. Обжигъ известей составлялъ предметъ спеціального изученія М. Petot *). Процессы обжига детально описаны также Duquesnay **) и Durand-Claye ***), у которыхъ мы и заимствуемъ главнѣйше нижеслѣдующее.

Въ зависимости отъ природы сыраго матеріала возможно примѣненіе различныхъ способовъ обжига. Во всякомъ случаѣ необходимо, чтобы обжигаемый продуктъ подвергался температурѣ, достаточной для полного разложенія углекислой извести, и чтобы въ печи былъ токъ газа уносящій выдѣляемую углекислоту; иначе разложеніе прекратилось бы при достиженіи печными газами нѣкоторой упругости, измѣняющейся въ зависимости отъ

*) Petot, Essai sur la Chaufournerie. Paris. 1883.

**) Calcaires, Chaux, Ciments, Mortiers (Encyclopedie Chimique) 1883.

***) Chimie appliquée à l'art de l'ingenieur. 1-er édition. 1885.

температуры. Обжигъ облегчаютъ нерѣдко, заставляя проникать черезъ массу токъ водяныхъ паровъ.

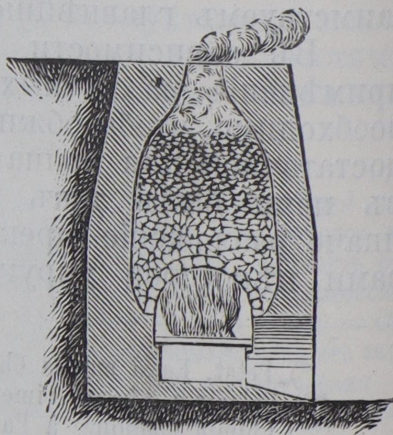
Чтобы обжигъ былъ достаточенъ, необходимо достиженіе температуры близкой къ свѣтло-красному каленію, а также, во избѣжаніе охлажденія, требуется оболочка достаточно мало теплопроводная; вслѣдствіе этого стѣнкамъ печей придаютъ значительную толщину при кругломъ сѣченіи, отвѣчающемъ наименьшей внѣшней поверхности. По той же самой причинѣ прислоняютъ обыкновенно печи къ землянымъ откосамъ, или даже врѣзываютъ въ материкъ, чтобы онѣ были окружены съ нѣсколькихъ сторонъ, что уменьшаетъ потерю тепла лучеиспусканіемъ, а также даетъ легкій доступъ къ верхнимъ и нижнимъ частямъ печи.

Известковообжигательныя печи раздѣляются на печи съ длиннымъ и печи съ короткимъ пламенемъ, причемъ дѣйствіе ихъ можетъ быть или періодическое или непрерывное.

1. *Обжигъ въ періодически дѣйствующихъ печахъ съ короткимъ пламенемъ.*—Это наиболѣе примитивная система. При такомъ способѣ располагаютъ перемежающимися слоями горючее вещество и обжигаемую породу, стараясь забрасывать въ верхніе слои наиболѣе крупные куски, которые подвергнутся въ такомъ случаѣ обжигу втеченіе болѣе долгаго промежутка времени. Печь зажигается воспламенѣмъ у ея устья кучи хвороста. Обжигъ заканчивается, вообще говоря, черезъ три, четыре дня, и печь довольно легко разгружается, причемъ необходимо отдѣлять куски извести отъ золы горючаго матеріала. Во многихъ случаяхъ, когда требуется получить наибольшее количество извести для какихъ либо опредѣленныхъ работъ, устраиваются временныя печи. Онѣ возводятся даже безъ всякой каменной кладки, покрывая непосредственно кучу обжигаемаго матеріала слоями земли или дерна въ которыхъ мѣстами оставляются отверстія для болѣе равномерной тяги во всей массѣ.

2. *Обжигъ въ періодически дѣйствующихъ печахъ съ длиннымъ пламенемъ.*—Печи для этого рода обжига имѣютъ въ своей нижней части отверстіе, надъ которымъ расположенъ сводъ, сложенный изъ известняка назначеннаго для обжига и поддерживающаго остальную массу обжигаемаго продукта. Большіе куски располагаются въ нижнихъ частяхъ печи. малые же вверху и по бокамъ ея, т. е. въ мѣстахъ болѣе низкой температуры. Подъ сводомъ разводится огонь на древесномъ топливѣ, сначала слабый, потомъ все болѣе и болѣе сильный, до окончательнаго обжига продукта.

Собственно обжигъ длится около трехъ дней, послѣ чего печь охлаждается одинъ или два дня, затѣмъ разбираютъ сводъ и выгружаютъ падающую на подъ печи известь.



Фиг. 1.

Общая толщина обжигаемого продукта не должна превосходить 2—3 метровъ, при томъ же и потеря тепла тѣмъ менѣе чѣмъ значительнѣе діаметръ печи.

Этой довольно примитивной модели печи придаютъ нѣкоторыя усовершенствованія, такъ напр., прикрываютъ ее кровлей для защиты отъ непогоды; для избѣжанія же постройки послѣ каждаго обжига новаго свода, отдѣляютъ топку отъ пространства, за-полняемаго обжигаемымъ продуктомъ, желѣзной рѣшеткой или колосниками (печи Finck'a, Deblinne и Donop'a).

Наконецъ были попытки, но безъ достаточнаго успѣха, увеличить число очаговъ въ печи, то различно располагая ихъ на одномъ и томъ же уровнѣ (печь Vicat), то на двухъ различныхъ этажахъ (горизонтахъ, печь Petot). Сужденіе о томъ достаточно ли известъ обожжена въ печи производится по нижеслѣдующимъ признакамъ: по осѣданію въ печи обжигаемого продукта, по цвѣту дыма, по отсутствію выдѣленія углекислоты при обливаніи извести кислотой, по гашенію извести водой, по той легкости, съ которой, безъ особеннаго сопротивленія, можно ввести въ печь желѣзный ломъ и, еще проще, по цвѣту обжигаемого продукта; этотъ цвѣтъ весьма характеренъ для каждой извести и зависитъ, какъ отъ содержанія въ ней постороннихъ веществъ, такъ и отъ степени обжига, которой она подвергалась.

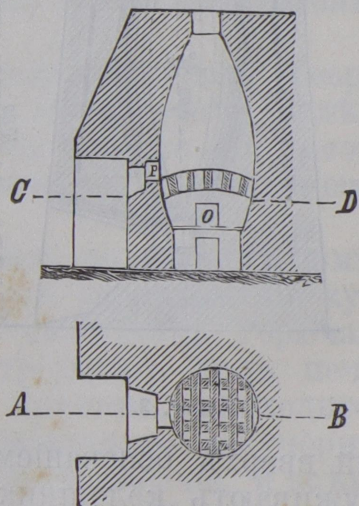
3. *Обжигъ въ непрерывно дѣйствующихъ печахъ съ длиннымъ пламенемъ.*—Этотъ способъ обжига достигается тѣмъ, что въ нижней части печи имѣется два отверстія, — одно служитъ для введенія горючаго матеріала, другое для извлеченія изъ печи обожженного продукта.

На нѣкоторой высотѣ надъ подомъ печи устраивается изъ огнеупорнаго кирпича сводъ, раздѣляющій печь на двѣ части изъ которыхъ нижняя представляетъ очагъ. а верхняя служитъ для помѣщенія обжигаемого продукта (фиг. 2). Одно изъ вышеупомянутыхъ отверстій располагается на уровнѣ пода печи, другое непосредственно подъ сводомъ.

Печь можетъ находиться „въ ходу“, когда полагая, что известъ, находящаяся въ нижней части печи достаточно обожжена, открываютъ отверстіе Р (фиг. 38) и, выгрузивши часть продукта, снова его закрываютъ. Послѣ этого черезъ колошникъ вводятъ новую нагрузку, продолжая поддерживать огонь подъ сводомъ.

Главный недостатокъ этой системы состоитъ въ томъ, что при разгрузкѣ печи происходитъ значительная потеря тепла.

Предпочтительнѣе боковое расположеніе очага, такъ что нагрѣтый газъ входитъ черезъ отверстіе Р. Въ такомъ случаѣ сводъ



Фиг. 2.

устраняется, и известь опускается до пода, гдѣ ее выгружаютъ черезъ отверстіе О, совершенно охлаждаемое струей холоднаго воздуха, входящаго въ печь, и возвращающаго ей отнятую теплоту.

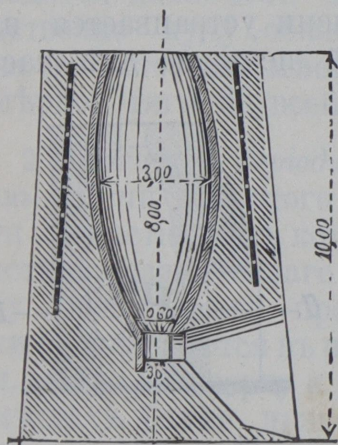
Для урегулированія обжига придаютъ иногда очагу такую форму, что нагрѣтые газы входятъ одновременно черезъ нѣсколько отверстій, расположенныхъ по периферіи печи на одномъ уровнѣ и на одинаковомъ другъ отъ друга разстояніи. Высота печи должна быть такова, чтобы выходящіе изъ колошника газы были достаточно охлаждены, но излишняя высота вредить тягѣ.

Общее расположеніе печей бываетъ различно, такъ извѣстны печи описанныя Duquesnay: рюдерсдорфскія, печи Chanard'a, Raucourt, Simoneau и др.

Иногда замѣняютъ твердое горючее газообразнымъ (печи Steinman'a, Virgeux и Leroy-Desclauzages), проводимымъ или отъ колошниковъ доменныхъ печей, или изъ коксовыхъ печей.

Наконецъ, къ категоріи непрерывно дѣйствующихъ известковообжигательныхъ печей съ длиннымъ пламенемъ можно отнести кольцевую печь Hoffmann'a, нижеописанную при фабрикаціи цемента, и печь Swann'a въ которой нагрѣтые газы протекаютъ послѣдовательно черезъ цѣлый рядъ камеръ, наполненныхъ известнякомъ; наоборотъ, въ тунельной печи Воск'a вагонетки, наложенныя известнякомъ послѣдовательно пересѣкаютъ зоны съ высокой температурой.

4. *Обжигъ въ непрерывно дѣйствующихъ печахъ съ короткимъ пламенемъ.*—Не смотря на большое разнообразіе печей съ длиннымъ пламенемъ, большинство хорошихъ заводовъ предпочитаютъ имъ при производствѣ гидравлическихъ известей, печи непрерывно дѣйствующія съ короткимъ пламенемъ, при которыхъ менѣе можно стѣсняться въ выборѣ горючаго.



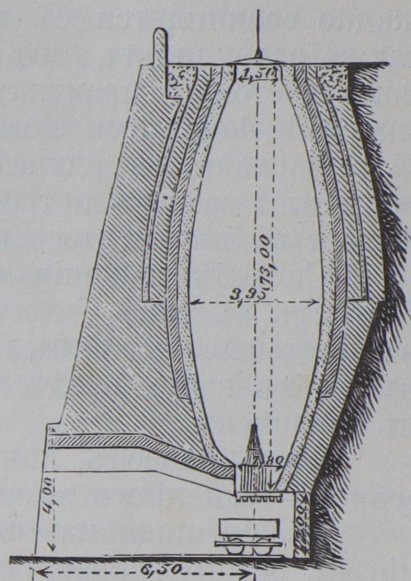
Фиг. 3.

Смотря по обстоятельствамъ, пользуются древеснымъ углемъ, коксомъ, тощимъ каменнымъ углемъ, или антрацитомъ. горючее, приводящее въ непосредственное соприкосновеніе съ известнякомъ, располагается перемежающимися съ нимъ слоями, относительная толщина которыхъ зависитъ отъ природы этихъ обоихъ веществъ.

Форма печей весьма различна,—то шахта представляетъ конусъ, обращенный вверхъ основаніемъ, то, съ цѣлью уменьшенія потери тепла суживаютъ колошникъ, располагая конусъ надъ цилиндрической частью, или печь представляетъ два конуса, соединенные основаніями. Огругляя линіи очертанія, получаютъ яйцевидную форму, нынѣ наиболѣе употребительную для непрерывнодѣйствующихъ печей. Фигура 3 представляетъ такую печь завода Raviers.

Фигура 4 представляет типъ печей, нынѣ дѣйствующихъ на заводѣ, изготовляющемъ тейльскую известь.

Для приведенія печи въ дѣйствіе, растапливаютъ ее снизу, и огонь постепенно пробирается въ верхнія части печи, обусловливая осѣданіе заполняющей ее массы; прекращаютъ нагрузку печи, когда убѣдятся, что въ нижней ея части продуктъ достаточно обожженъ, и начинаютъ въ такомъ случаѣ выгружать известь. Въ нѣкоторыхъ печахъ, такъ напр. построенныхъ въ Malain для сооруженій желѣзной дороги между Парижемъ и Ліономъ, выгрузка производится черезъ особыя отверстія въ стѣнкахъ печи, расположенныхъ надъ колосниками; но въ большинствѣ случаевъ этихъ боковыхъ отверстій не устраиваютъ и довольствуются выдвиганіемъ колосниковой рѣшетки, такъ что обжигаемый продуктъ падаетъ на подъ печи, оттуда его и извлекаютъ черезъ опредѣленные промежутки времени. Въ такомъ случаѣ колосники служатъ лишь при растопкѣ печи.



Фиг. 4.

Тейльскій заводъ сдѣлалъ въ этомъ отношеніи патентованный имъ усовершенствованіа, состоящія въ томъ, что колосники устраиваются подвижными и, кромѣ того, надъ ними помѣщается рѣшетка въ видѣ конуса, служащая раздѣлителемъ опускающейся изъ печи массы, а также увеличивающая тягу въ нижнихъ частяхъ печи.

Вообще говоря, разгружается ежедневно около $\frac{1}{3}$ или $\frac{1}{4}$ печи, послѣ того какъ окончено наполненіе ея новыми слоями известняка и горючаго.

Объемъ печей бываетъ разный на разныхъ заводахъ. Теоретически печи большаго объема должны быть экономичнѣе, вслѣдствіе наименьшей потери ими тепла. Въ дѣйствительности высота ихъ измѣняется обыкновенно отъ 7 до 13 метровъ, а вмѣстимость достигаетъ 75 кубическихъ метровъ.

Ходъ обжига весьма трудно регулировать, по причинѣ измѣненія въ силѣ тяги, зависящей отъ вѣтра, отъ расположенія кусковъ нагрузки въ печи, отъ разности въ качествахъ горючаго и т. д. Не слѣдуетъ кромѣ того, никогда прерывать ходъ печи. Если вслѣдствіе какихъ бы то ни было причинъ, приходится быстро остановить ходъ печи, слѣдуетъ старательно закупорить всѣ ея отверстія, *задушить* огонь, какъ говорятъ рабочіе, и всѣми средствами противодѣйствовать охлажденію массы. Дѣйствительно констатированъ фактъ, еще мало объясненный, что если температура печи быстро понизилась послѣ достиженія полного обжига, почти невозможно затѣмъ, какъ бы высоко не была поднята температура, выдѣлить оставшуюся углекислоту.

15. **Процессъ гашенія.** Въ продажѣ известъ существуетъ или въ видѣ кусковъ, или въ видѣ порошка. Въ порошкообразномъ видѣ она содержитъ воду, служившую для ея гашенія, порція которой не всегда извѣстна и которая, увеличивая вѣсъ продукта, вызываетъ излишнія издержки по его перевозкѣ. Напротивъ, покупая известъ въ кускахъ, рискуютъ приобрести куски недостаточно обожженные или пережженные, составляющіе иногда довольно значительное количество; кромѣ того это вещество весьма жадно соединяется съ водой, вызывая значительное вздутіе, что также затрудняетъ его перевозку. Поэтому доставка въ послѣднемъ состояніи практикуется все рѣже и рѣже и оставлена уже многими большими заводами.

Во всякомъ случаѣ будетъ ли произведено гашеніе на заводѣ или самимъ потребителемъ, существуетъ нѣсколько способовъ выполненія этого процесса.

Способъ гашенія *погруженіемъ въ воду*, предложенный Vicat, состоитъ въ томъ, что куски обожженной извести складываются въ плетенныя корзины, которыя погружаются на нѣсколько секундъ въ воду; послѣ чего известъ начинаетъ сама разсыпаться въ порошокъ.

Этотъ способъ, почти оставленный въ настоящее время, замѣненъ гашеніемъ *поливкой*.

Обожженная известъ складывается при этомъ способѣ гашенія въ особые сарай, гдѣ ее поливаютъ водой изъ насосовъ, и затѣмъ складываютъ въ кули. Гашеніе происходитъ быстро съ большимъ выдѣленіемъ тепла и паровъ воды. Однако чтобы гашеніе было полно, необходимо предоставить известъ самой себѣ недѣли на двѣ, чтобы вызвать дѣйствіе воды на куски болѣе обожженные и содержащіе большее количество глинозема.

Замѣчено также, что гашеніе происходитъ тѣмъ болѣе энергично, чѣмъ взята сразу большая масса гашеной извести. Такъ напр. если производятъ въ лабораторіи гашеніе только нѣсколькихъ кусковъ обожженной извести, то она гасится съ большимъ трудомъ, особенно если получена обжигомъ плотнаго известняка. Это явленіе обязано дѣйствію теплоты и паровъ воды, одновременно участвующихъ въ гидратациі.

Въ большихъ массахъ извести внѣшнее охлажденіе дѣйствуетъ относительно слабо и температура можетъ подняться до 300°. Въ такомъ случаѣ надо вести процессъ осторожно и прибавлять воду въ нѣсколько пріемовъ, вознаграждая тѣмъ потерю ея отъ испаренія. По той же причинѣ примѣненіе подогрѣтой воды предпочтительнѣе.

Наиболѣе частымъ и существеннымъ недостаткомъ извести является неудовлетворительное гашеніе ея. Въ такомъ случаѣ, гидратациа заканчивается уже въ болѣе или менѣе отвердѣвшемъ растворѣ и сопровождающее ее увеличеніе въ объемѣ можетъ вызвать разрушеніе кладки. При подобномъ процессѣ для жирной извести предпочтительнѣе прибавлять большее количество воды, чѣмъ то потребно для гашенія, приводя массу въ состояніе тѣста,

которое и сохраняется въ ямѣ, прикрытое пескомъ, до момента ея употребленія. Качества такой извести улучшаются съ постепеннымъ гашеніемъ всѣхъ болѣе или менѣе инертныхъ зеренъ, а известковое тѣсто можетъ такимъ образомъ сохраняться въ теченіи вѣковъ.

16. Просѣиваніе.—Убѣдившись, что известь достаточно погашена, ее сбрасываютъ на рѣшетку, на которой удерживаются большіе куски, представляющіе главнѣйше недостаточно обожженное вещество; затѣмъ известь отсѣивается для извлеченія оставшихся еще круглыхъ зеренъ.

Ситы, вообще говоря, состоятъ изъ длинныхъ барабановъ съ многоугольнымъ сѣченіемъ, обтянутыхъ по бокамъ металлической сѣткой, которая внутри защищена или рѣшетками или болѣе прочной сѣткой съ болѣе широкими отверстиями. Эти барабаны приводятся въ медленное вращательное движеніе вокругъ своей оси, нѣсколько наклоненной къ горизонтальной линіи.

Известь, вводимая непрерывно въ верхнюю часть аппарата, увлекается его движеніемъ, и отсѣенная черезъ сито, собирается въ видѣ тонкаго порошка, носящаго въ продажѣ названіе легкой извести или *«fleur de Chaux»*. Круглые куски, не прошедшіе черезъ сито, вываливаются въ нижнюю часть барабана. Они носятъ названіе «граппье» и состоятъ изъ недожога, мало погасившихся кусковъ, а въ гидравлическихъ известяхъ—главнѣйше изъ болѣе глинистыхъ и пережженныхъ кусковъ, въ которыхъ известь вступила въ соединеніе съ кремнеземомъ и глиноземомъ и составъ которыхъ болѣе или менѣе приближается къ составу цементовъ.

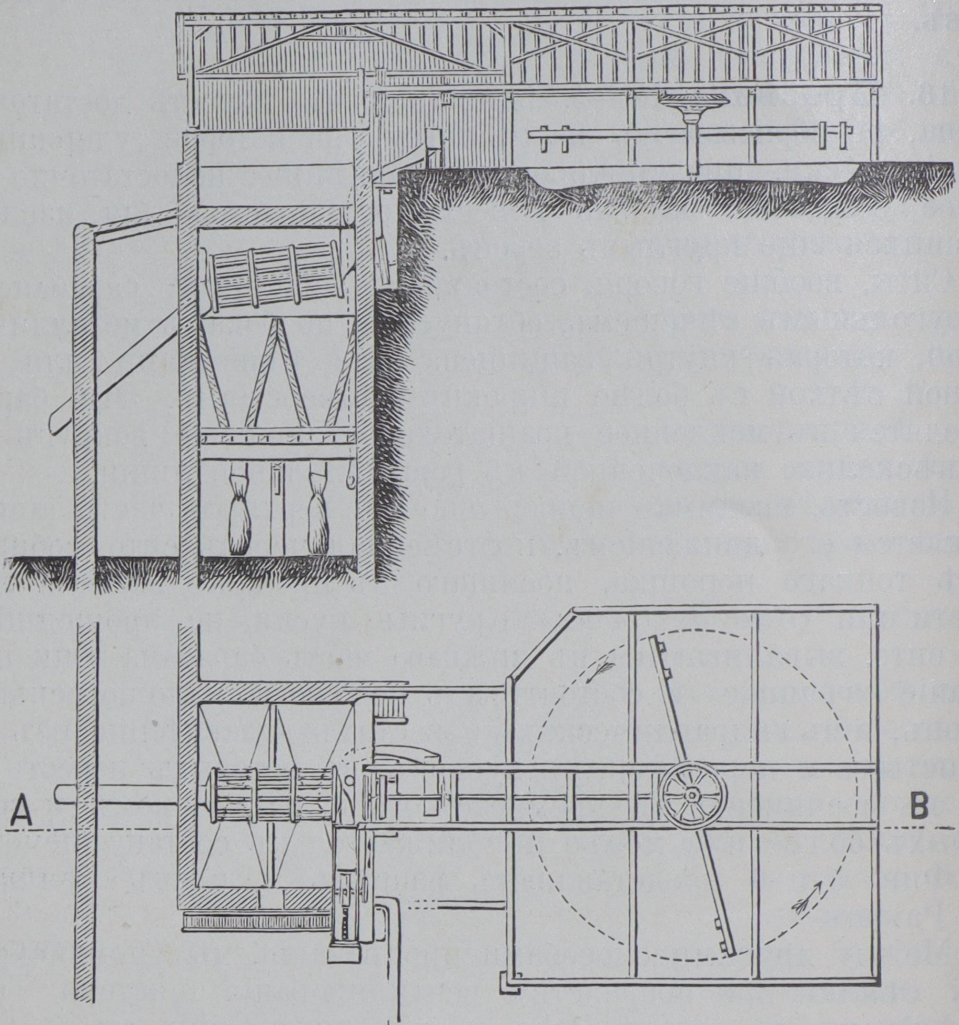
Фиг. 5 и 6 представляютъ разрѣзъ и планъ сѣялки завода Raviers.

Между другими способами просѣиванія, мы упомянемъ систему сѣялки при посредствѣ вентилированія (система Trolliet) примѣняемую на заводѣ Bohs, и описанную Gobin'омъ *) Измельчаемое вещество вводится при посредствѣ трубки *A* (фиг. 7) въ цилиндръ изъ листового желѣза *B*, длиною въ 1,5 метра и діаметромъ въ 0,5 метра, снабженный внутри небольшими ребордами *CC*, по длинѣ которыхъ протекаетъ воздухъ въ направленіи указываемомъ стрѣлками, и противоположномъ движенію извести. Вслѣдствіе вращательнаго движенія цилиндра вокругъ своей оси, расположенной почти горизонтально, известь постоянно переворачивается ребордами и наиболѣе тонкія частицы ея уносятся струей воздуха въ смежную камеру *D*, между тѣмъ какъ граппье достигаетъ постепенно другаго конца цилиндра, гдѣ и собирается въ *E*.

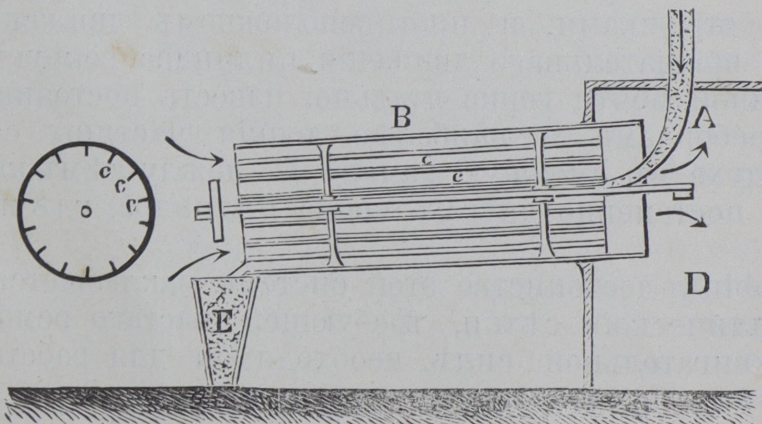
По Gobin'у достоинство этой системы заключается въ отсутствіи металлической сѣтки, требующей частаго ремонта, въ небольшой двигательной силѣ, необходимой для работы аппарата,

*) Gobin. Etude sur la fabrication des chaux hydrauliques dans le bassin du Rhône (Ann. des Ponts et Chaussées, octobre 1887).

въ отсутствіи пыли, въ возможности легко регулировать тонкость
отсѣваемаго продукта, увеличивая или уменьшая силу воздуш-
ной струи, и весьма правильномъ дѣйствіи аппарата.



Фиг. 5 и 6.



Фиг. 7.

17.—Обработка граппье —Составъ граппье измѣняется въ зависимости отъ природы извести и отъ большей или меньшей тщательности фабрикаціи его. При мало гидравлическихъ известяхъ оно представляютъ главнѣйше части малообожженные и плохо погашенныя.

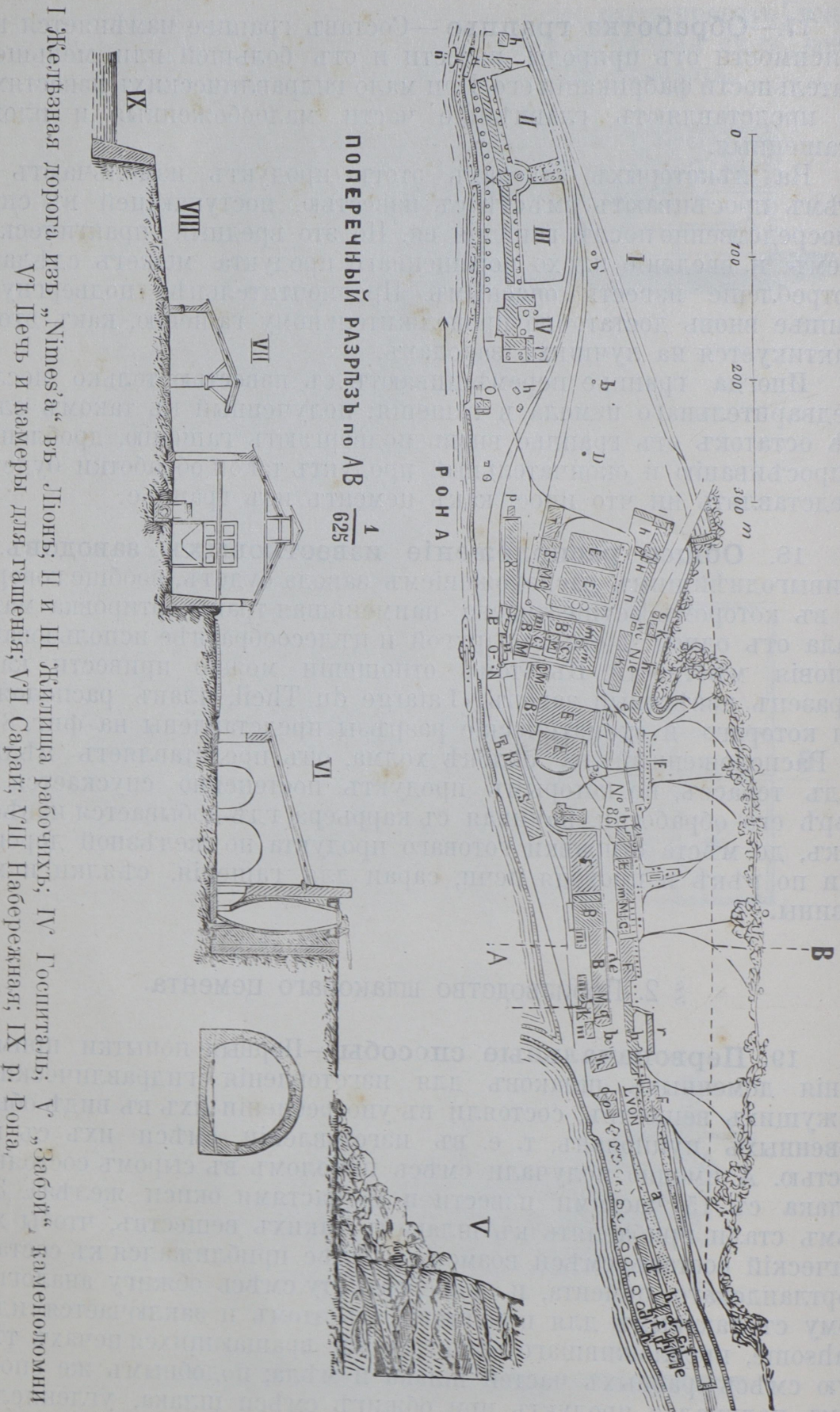
На нѣкоторыхъ заводахъ этотъ продуктъ измельчаютъ и затѣмъ просѣиваютъ вмѣстѣ съ известью, поступающей въ сита непосредственно послѣ гашенія ея. Но это вредный практическій пріемъ, и введеніе плохо погашеннаго продукта можетъ сдѣлать употребленіе извести опаснымъ. Предпочтительнѣе подвергнуть граппье вновь достаточно продолжительному гашенію, какъ это и практикуется на лучшихъ заводахъ.

Иногда граппье перемѣшиваютъ съ известью только послѣ предварительнаго измола и гашенія; полученный въ такомъ случаѣ остатокъ отъ граппье вновь подвергаютъ гашенію, дробленію и просѣиванію и окончательный продуктъ такой обработки будетъ представлять ни что иное, какъ цементъ изъ граппье.

18. Общее расположеніе известковыхъ заводовъ.—Наивыгоднѣйшимъ расположеніемъ завода будетъ, вообще говоря, то, въ которомъ осуществлена наименьшая транспортировка матеріала отъ одной части къ другой и цѣлесообразнѣе использованы условія мѣстности. Въ этомъ отношеніи можно привести какъ образецъ извѣстный заводъ «Lafarge du Theil, планъ расположенія котораго и схематическіе разрѣзы представлены на фиг. 8 и 9. Расположенный на склонѣ холма, онъ представляетъ цѣлый рядъ терасъ, по которымъ продуктъ постепенно спускается по мѣрѣ его обработки, начиная съ карьера, гдѣ добывается извѣстнякъ, до мѣста отправки готоваго продукта по желѣзной дорогѣ, или по рѣкѣ и проходя печи, сараи для гашенія, сѣялки и магазины.

§ 2. Производство шлаковаго цемента.

19. Первоначальныя способы.—Первыя попытки примѣненія доменныхъ шлаковъ для изготовленія гидравлическихъ вяжущихъ веществъ, состояли въ употребленіи ихъ въ видѣ обыкновенныхъ пуццоланъ, т. е. въ изготовленіи смѣси ихъ съ известью. А именно получали смѣсь измоломъ въ сыромъ состояніи шлака съ 15 частями извести и 15 частями окиси желѣза. Затѣмъ стали прибавлять къ шлакамъ такихъ веществъ, чтобы химическій составъ смѣси возможно болѣе приближался къ составу портландскаго цемента, и подвергать эту смѣсь обжигу аналогичному съ таковымъ для цементовъ. Въ этомъ и заключается идея Rahsome, предложившаго обжигать въ вращающихся печахъ тѣсную смѣсь равныхъ частей шлака и мѣла; подобнымъ же способомъ получался продуктъ при обжигѣ смѣси шлака, углекислой извести и боксита (естественной водной окиси алюминія)



Фиг. 3 и 9.

Къ аналогичнаго рода идеямъ относится предложеніе Farinaux воспользоваться теплотой шлаковъ, прибавляя необходимыя вещества къ еще расплавленной массѣ шлаковъ. Полученные результаты оказались неудовлетворительными для практическихъ цѣлей.

Современный способъ, какъ уже упомянуто выше, заключается въ тѣсномъ смѣшиваніи гашеной извести и шлака хорошо высушеннаго и тонко измельченнаго. Такъ Larsen перемалываетъ 75% сухаго шлака съ 25% гашеной извести въ особой машинѣ, дающей совершенно однородную массу.

Но Bosse и Wolters предложили болѣе общій методъ, описаніе котораго приведено вслѣдъ за этимъ.

Шлаковые цементы составляли также предметъ обширныхъ лабораторныхъ изысканій, между которыми особенно серьезны изслѣдованія профес. Tétmajer'a *), а также горнаго инженера Prost'a, сочиненіе **) котораго отличается большею полнотой, и матеріалами его мы пользуемся въ нижеслѣдующемъ изложеніи.

20.—Выборъ шлаковъ.—Далеко не всѣ шлаки одинаково пригодны для изготовленія цемента. Для того чтобы они имѣли тѣ пуццоланическія свойства, которыя отъ нихъ требуются, необходимъ извѣстный химическій составъ и физическое состояніе ихъ.

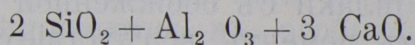
Главнѣйшими составляющими шлаковъ являются кремнеземъ глиноземъ и известь; практика показала, что пропорція этихъ веществъ должна быть такова, чтобы шлаки были основными.

Это условіе, принимаемое за необходимое, еще недостаточно. Профес. Tetmayer полагаетъ, что пуццоланическое достоинство шлака возрастаетъ вмѣстѣ съ возрастаніемъ отношенія извести къ кремнезему, однако содержаніе извести не должно быть такимъ, чтобы шлакъ становился легкоплавкимъ. Онъ полагаетъ также, что наилучшіе результаты получаются, когда отношеніе глинозема къ кремнезему заключается между 0,45 и 0,50, и вѣсовые количества трехъ составляющихъ: извести, кремнезема и глинозема должны быть пропорціональны числамъ: 46, 30 и 16.

На основаніи синтетическихъ опытовъ, инженеръ Prost полагаетъ, что шлаки тѣмъ предпочтительнѣе, чѣмъ больше они содержатъ одновременно извести и глинозема, условіе осуществленное особенно въ *литейныхъ шлакахъ*.

Samergan наблюдалъ, что достоинство шлаковъ почти точно пропорціонально вѣсовому отношенію содержащагося въ нихъ кислорода основаній (извести и глинозема) къ кислороду кремнезема, однако если это отношеніе не превосходитъ 2,66.

Наконецъ Le Chatelier полагаетъ, что наилучшіе въ этомъ отношеніи шлаки должны приближаться по своему составу къ формулѣ:



*) Tetmayer. Der Schlackenzement. Berlin. 1887.

**) Prost. Note sur la fabrication et les propriétés des ciments de laitier (Ann. des Mines, 1889).

Уже по даннымъ этихъ авторовъ видно, что пока не установлено точныхъ признаковъ для распознаванія шлаковъ, наилучшихъ въ этомъ отношеніи. Кромѣ того вѣроятно, что не только вышецитированные, но и другіе элементы играютъ нѣкоторую роль; такъ напр. констатировано, что большинство шлаковъ содержатъ желѣзо и сѣру, соединенія которыхъ характеризуютъ зеленоватое окрашиваніе растворовъ, при погруженіи ихъ въ воду.

21. Зерненіе шлаковъ.—Чтобы шлакъ былъ пригоденъ для приготовленія цемента, необходимо привести его быстрымъ охлажденіемъ въ состояніе рыхлаго песка, хотя при этомъ и не измѣняется его элементарный химическій составъ.

Дознано, что качества шлака становятся тѣмъ лучше, чѣмъ больше разница температуръ, черезъ которыя прошелъ шлакъ въ данный, весьма короткій, промежутокъ времени,

Иногда объясняютъ это явленіе болѣе пористымъ состояніемъ получаемого шлака, обусловливающимъ тѣсное соприкосновеніе его со взаимодействующими веществами.

Что касается вліянія самаго зерненія, пока нѣтъ достаточно опредѣленныхъ на то объясненій. Tetmayer и Camerman приписываютъ это нѣкотораго рода перемѣщенію, которое претерпѣваютъ подъ вліяніемъ воды первоначальныя химическія группировки, переходя въ другія, болѣе способныя къ образованію соединеній съ известію. Le-Châtelier думаетъ, напротивъ, что зерненные шлаки, оставаясь въ стеклообразномъ состояніи, удерживаютъ теплоту кристаллизациі, которая превращается въ значительную химическую энергію. Къ этому же объясненію приходитъ и Prost путемъ микрографическихъ и калориметрическихъ изысканій.

Въ практикѣ зерненіе шлаковъ достигается выпусканіемъ струи расплавленныхъ шлаковъ или въ струю же холодной воды или въ столь значительную массу ея, чтобы нагрѣваніе было весьма слабо. Полученный стекловидный песокъ извлекаютъ черпаками, отдѣляя, если то нужно, грохотаніемъ оставшіеся крупные куски.

22. Сушка шлаковъ.—На различныхъ заводахъ примѣняются разные способы для удаленія воды изъ шлаковаго песка. Иногда шлакъ располагаютъ на площадкахъ, подогреваемыхъ снизу горящими газами, циркулирующими по трубамъ, то спускаютъ шлакъ по расположеннымъ другъ противъ друга наклоннымъ плоскостямъ, распределеннымъ вокругъ трубы, по которой циркулируетъ нагрѣтый газъ; то шлаки постоянно переворачиваются въ цилиндрѣ нагрѣваемомъ изнутри. Во всѣхъ этихъ случаяхъ весьма выгодно пользоваться тепломъ доменныхъ газовъ.

На нѣкоторыхъ заводахъ устраняютъ процессъ сушки, смѣшивая прямо сырые шлаки съ обожженной известію; но полученный такимъ способомъ цементъ, вслѣдствіе содержанія нѣкотораго количества свободной окиси кальція внушаетъ меньше довѣрія чѣмъ цементъ изготовленный изъ сухихъ шлаковъ и хорошо гашеной извести.

23. Измельчение и просѣиваніе шлаковъ.—Прежде чѣмъ смѣшать съ известью для образованія шлаковаго цемента, необходимо сильно измельчить шлаки.

Мы не будемъ здѣсь описывать многочисленныхъ аппаратовъ примѣняемыхъ съ этой цѣлью.

На заводахъ примѣняются то горизонтальныя, то вертикальныя мельницы, то дробилки различныхъ системъ, иногда соединяють нѣсколько аппаратовъ, производящихъ и дробленіе и помолъ. Наиболѣе часто сита устраиваютъ такимъ образомъ, что непрошедшіе черезъ сито куски автоматически возвращаются въ дробилку. Въ другихъ случаяхъ сито устанавливается отдѣльно и разнятся отъ примѣняемыхъ при фабрикаціи извести и цемента лишь наибольшею тонкостью отсеиваемаго продукта.

24. Природа и количество извести.—Въ началѣ фабрикаціи шлаковаго цемента примѣнялась только жирная известь. Но спустя нѣкоторое время многіе заводы стали пользоваться гидравлическою известью. Получаемый цементъ пріобрѣталъ большую быстроту схватыванія и менѣе подвергался растрескиванію на воздухѣ; сопротивленіе же механическимъ усиліямъ оставалось почти тоже самое.

Вообще вліяніе природы извести на свойства шлаковаго цемента еще мало извѣстно.

Количество извести для смѣшенія со шлакомъ измѣняется въ зависимости отъ состава обоихъ этихъ веществъ; трудно предписать въ этомъ отношеніи какія-либо общія правила, и каждый заводъ лишь цѣлымъ рядомъ иногда весьма продолжительныхъ опытовъ приходятъ къ отысканію наилучшей пропорціи для смѣшенія имѣющихся въ его распоряженіи продуктовъ.

Въ общемъ количество извести измѣняется отъ 30 до 55 килограм. на 100 килограм. шлаковъ.

25. Добавки.—Съ цѣлью ускоренія схватыванія и уменьшенія растрескиванія иногда добавляютъ къ шлаковому цементу различныхъ пуццоланическихъ веществъ, такъ напр., естественныя пуццоланы, обожженную глину, нѣкоторые отбросы отъ фабрикаціи квасцовъ и т. п.

Кромѣ того, для приданія нѣкоторой глянцеvitости штукатуркамъ вводятъ при самой фабрикаціи цемента нѣкоторое количество соды. Но вѣроятно вслѣдствіе этого продуктъ получаетъ свойство плохо сохраняться, вслѣдствіе гигроскопичности соды и реагированія ея на свободную известь.

26. Смѣшиваніе веществъ.—Шлаки, известь и добавки будучи предварительно измельчены и хорошо высушены, отвѣшиваются и перемѣшиваются въ особыхъ аппаратахъ, гдѣ эти вещества кромѣ перемѣшиванія еще болѣе измельчаются и истираются, что обусловливаетъ сближеніе частицъ перемѣшиваемыхъ веществъ.

Наиболѣе часто это суть горизонтальные цилиндры, вращающіеся вокругъ своей оси и имѣющіе внутри чугунные шары.

Смѣсь, введенная черезъ особое отверстіе истирается нѣкое время и выбрасывается въ тоже отверстіе, замѣняясь новой, остается только нагрузить продуктъ въ мѣшки, и онъ готовъ для продажи, безъ всякаго магазинированія.

§ 3. Производство собственно цементовъ.

27. Сырые матеріалы. Большое разнообразіе веществъ, способныхъ давать цементъ или при непосредственномъ обжигѣ ихъ, или при обжигѣ соотвѣтственно изготовленной смѣси обуславливаетъ то обстоятельство, что выборъ сырыхъ матеріаловъ имѣетъ довольно второстепенное значеніе, такъ какъ главные элементы встрѣчаются въ пропорціяхъ, лежащихъ въ извѣстныхъ, кромѣ того довольно широкихъ, предѣлахъ.

Для производства естественнаго цемента необходимо, чтобы разрабатываемыя залежи занимали довольно большое пространство и были достаточно однородны.

Хотя для искусственнаго цемента послѣднее условіе не такъ важно, но все таки надо стараться его выполнить, такъ какъ оно устраняетъ необходимость частаго анализа сырыхъ матеріаловъ и исключаетъ возможность неожиданныхъ значительныхъ измѣненій состава добываемыхъ сырыхъ матеріаловъ, что можетъ задержать все производство завода. Смотря по мѣсторожденію, разработка его производится или подземными или открытыми работами; она ничѣмъ не отличается отъ разработки обыкновенныхъ каменоломенъ. Камни, предназначенные для обжига въ сыромъ видѣ, должны быть разбиты на куски отъ 8 до 15 сантим. въ окружности, такъ чтобы они при обжигѣ равномерно подвергались дѣйствію жара, не препятствуя однако тягѣ печи.

Составъ камней, подвергаемыхъ обжигу для приготовленія искусственныхъ цементовъ, непосредственно или въ видѣ смѣси измѣняется сообразно роду цемента, который желаютъ получить. Выше мы видѣли, что для портландъ-цемента количество глины, въ сухой смѣси должно заключаться въ предѣлахъ отъ 19 до 25% по вѣсу. Слишкомъ большое количество глины требуетъ болѣе слабого обжига, но зато даетъ продуктъ распадающійся въ почти инертный порошокъ, особенно если его рано вынуть изъ печи. Слишкомъ же малое количество глины, наоборотъ требуетъ сильнаго обжига и даетъ куски очень твердые и трудно перемалываемые, изъ которыхъ получается ненадежный цементъ, содержащій обыкновенно излишекъ свободной, не вошедшей въ соединеніе, окиси кальція.

Наконецъ, съ точки зрѣнія однородности получаемаго тѣста, выгодно составлять его изъ смѣси нѣсколькихъ сырыхъ матеріаловъ, изъ которыхъ одинъ по возможности близокъ по составу къ желаемой смѣси.

28. *Способъ двойного обжига.* Самый старый способъ былъ примененъ въ первый разъ Wicat, при постройкѣ моста на Souillac'ѣ, а затѣмъ Анединомъ для приготовленія своего перваго цемента. Теперь онъ употребляется только на заводѣ Vif'a, приготовляющемъ искусственный портландъ-цементъ Вика; этотъ способъ состоитъ въ томъ, что заготавливаютъ сперва жирную известь, а затѣмъ обжигаютъ хорошо приготовленную и точно составленную смѣсь изъ порошка этой извести и глинистаго известняка, также предварительно высушеннаго и измолотаго ¹⁾).

Известь обжигается въ обыкновенныхъ печахъ, устроенныхъ по близости отъ каменоломни. Ее очищаютъ отъ необожженныхъ кусковъ и переносятъ въ главное зданіе завода гдѣ она гасится погруженіемъ въ воду и затѣмъ просѣивается. Отобранные куски (grappier) подвергаются новому гашенію и вторичному измолу, затѣмъ ихъ присоединяютъ къ общей массѣ и послѣ анализа смѣсь направляется въ особые помѣщенія. Полученные изъ каменоломни известняки, содержащіе около 40% глины, подвергаются въ постоянно дѣйствующихъ известковыхъ печахъ, служащихъ для приготовленія извести, полному высушиванію, затѣмъ раздробляются машиною на небольшіе куски, размалываютъ каменными жерновами, просѣиваются и переносятся въ помѣщенія, для составленія смѣси. Тамъ специальный аппаратъ отбираетъ среднюю пробу для анализа и по найденному въ ней содержанію глины можно вычислить вѣсъ извести, который надо смѣшать со 100 килгр. известняка. Эти составныя части одновременно отвѣшиваются и насыпаются въ приборъ, гдѣ онѣ смѣшиваются, а затѣмъ ихъ разводятъ водою до полученія тѣста, которое и накладываютъ въ формы. Тѣсто это быстро схватывается и черезъ нѣсколько минутъ въ видѣ кирпичей вынимается изъ формы и до окончательнаго обжига остается ихъ только высушить.

2. *Мокрый способъ.* Принципъ этого способа заключается во взмучиваніи водою матеріаловъ, изъ которыхъ хотятъ составить смѣсь, какъ-то: мѣла, мергеля, глины.

Обыкновенно эта операція производится въ круглыхъ бассейнахъ, въ которыхъ приспособленіе, напоминающее грабли вращающіеся на вертикальномъ валу, размѣшиваетъ матеріалы, въ то время какъ струей, протекающей въ бассейнъ вода, не даетъ осѣдать на дно наиболѣе мелкимъ частицамъ. Этотъ аппаратъ дѣйствуетъ непрерывно, и останавливать его дѣйствіе приходится только для извлеченія камней и слишкомъ твердыхъ кусковъ, которые не могли размягчиться въ водѣ. Известняки и глина, составъ которыхъ опредѣляется предварительно, берутся въ такомъ количествѣ, чтобы полученная смѣсь имѣла по возможности близкій къ желаемому составу.

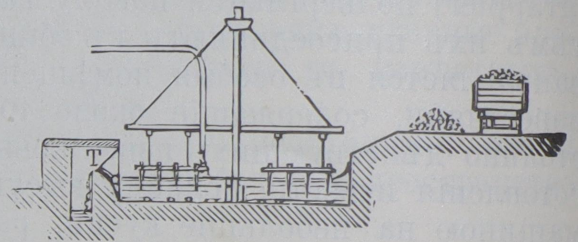
¹⁾ См. статью Gobin'a, La fabrication et les Propriétés des Ciments de l'Isère (Annales des Ponts et Chaussées Inin, 1889).

Нѣкоторые иностранные фабриканты, довѣряясь постоянству своихъ каменоломень и глазомѣру мастера, считаютъ тѣсто выходящее изъ бассейновъ хорошо составленнымъ и пользуются имъ, безъ всякихъ повѣрокъ, кромѣ механическаго испытанія полученнаго цемента. Другіе поступаютъ нѣсколько внимательнѣе и болѣе или менѣе часто производятъ химическій анализъ полученнаго изъ бассейновъ тѣста, на основаніи котораго и измѣняютъ, если это окажется необходимымъ, пропорцію составныхъ частей при дальнѣйшемъ производствѣ, но не располагая средствами, которыя позволили-бы исправить составъ уже приготовленной смѣси.

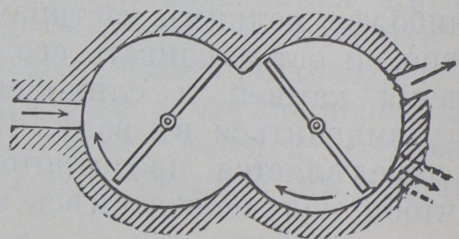
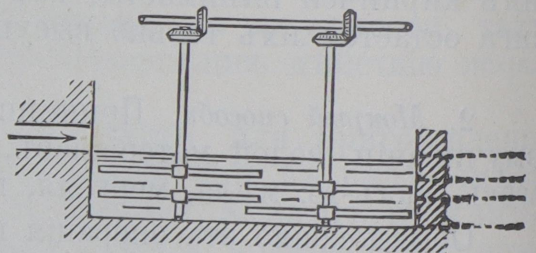
Въ окрестностяхъ Булони, гдѣ примѣняется почти исключительно мокрый способъ; матеріалы разбавляются 65—100% воды, до получения смѣси, похожей на густое молоко.

По окружности верхней части бассейна, натянута (черт. 10) металлическая сѣтка Т, черезъ которую проходятъ только очень мелкія частицы, между тѣмъ какъ недостаточно измельченные куски остаются въ бассейнѣ; отсюда эта муть медленно течетъ по длиннымъ и плоскимъ каналамъ, гдѣ осаждаются болѣе крупныя частицы (черт. 10) и выливается въ большіе резервуары (bassin doseurs) (черт. 11 и 12) гдѣ ее размѣшиваютъ лопатами. До совершеннаго наполненія бассейна берутъ пробу и быстро подвергаютъ ее анализу, на основаніи котораго измѣняютъ, если это окажется необходимымъ, составъ тѣста, прибавляя или болѣе известковистое или болѣе глинистое (черт. 11 и 12). Тѣсто идетъ на изготовленіе цемента только въ томъ случаѣ, если анализъ покажетъ удовлетворительность состава его. Часто для большей увѣренности, передъ помещеніемъ тѣста въ сушила, сливаютъ въ одинъ резервуаръ тѣсто изъ нѣсколькихъ бассейновъ. До обжига приготовленное тѣсто должно быть высушено, что достигается разными способами.

1) По выходѣ изъ бассейна, гдѣ часть воды уже удалена декаптаціей, тѣсто остается на открытомъ воздухѣ въ широкихъ бассейнахъ съ водопроницаемымъ дномъ, причемъ толщина слоя его рѣдко больше 1 метра; въ этомъ бассейнѣ оно теряетъ часть своей воды сразу декаптаціей, фильтраціей



Фиг. 10.



Фиг. 11 и 12.

и испареніемъ; оно остается здѣсь различное время, смотря по времени года и по надобности заводу, но, вообще говоря, до 3—4 мѣсяцевъ, пока не достигнетъ консистенціи, позволяющей его взять на лопатку. При такомъ состояніи оно содержитъ около 20—30% воды.

Затѣмъ, для окончательнаго высушиванія тѣста, его переносятъ въ спеціальныя сушила, представляющія платформы, нагрѣваемые снизу печами, которыя служатъ въ тоже время для приготовления кокса.

2) На большинствѣ заводовъ печи для обжига устроены такъ, чтобы возможно было утилизировать теплоту продуктовъ горѣнія для высушиванія тѣста. Въ этомъ случаѣ тѣсто помѣщается прямо въ сушила, гдѣ во время обжига цемента оно должно выдѣлить всю свою воду передъ нагрузкой въ печь для послѣдующаго обжига.

Эти печи называемыя «англійскими» будутъ описаны ниже.

Вышеописанный способъ взмучиванія и перемѣшиванія матеріаловъ большимъ количествомъ воды, имѣетъ то преимущество, что онъ обезпечиваетъ совершенство смѣси, которую легко, въ случаѣ если послѣдняя не имѣетъ сразу желаемого состава, измѣнить, если только она не заключаетъ въ себѣ известковыхъ зеренъ значительной величины, представляющихъ большую опасность вслѣдствіе остающихся послѣ обжига кусочковъ извести, не вошедшей въ химическое соединеніе.

Напротивъ, необходимость испарять большое количество воды ведетъ за собою дополнительный расходъ на топливо, или на рабочія руки, или же требуетъ громоздскихъ построекъ и большого пространства земли.

Другое видоизмѣненіе мокраго способа названное по имени его изобрѣтателя способомъ Gorgeham'a, примѣняется особенно въ Англіи; по этому способу матеріалы идущіе на приготовленіе смѣси разбавляются небольшимъ количествомъ воды до полученія густой массы.

Отмучивающіе бассейны почти такіе же, только металлическая сѣтка замѣнена простой рѣшеткой, которая удерживаетъ только очень большіе куски; оттуда тѣсто идетъ въ мельницы, гдѣ перемалывается и окончательно размѣшивается.

Значительная густота тѣста, заключающаго въ себѣ не болѣе 40% воды по вѣсу, устраняетъ необходимость устройства испарительныхъ бассейновъ на открытомъ воздухѣ.

Тѣсто помѣщается непосредственно въ сушила, нагрѣваемые или спеціальными очагами или теплотой теряемой обжигательными печами.

Замѣтимъ, что этотъ способъ не позволяетъ измѣнять составъ тѣста, оказавшагося неудовлетворительнымъ.

3) *Сухой способъ*. Если смѣшиваемые матеріалы содержатъ постороннія вещества, которыя необходимо удалить, каковы кремьнь или песокъ, то мокрый способъ является наиболѣе удобнымъ. На-

противъ онъ оказывается непримѣнимымъ, когда имѣющіеся подъ рукой известняки слишкомъ тверды, чтобы ихъ можно было размягчить водой.

Изыскивались способы избѣжать большинство неудобствъ, связанныхъ съ измолотъ сухихъ веществъ и смѣшиваніемъ въ соотвѣтствующей пропорціи порошковъ болѣе или менѣе богатыхъ глиной. Поэтому процессъ начинаютъ высушиваніемъ известняка и глины, для чего служатъ или коксовые печи или туннели, въ которыхъ по одному направленію идетъ теплый воздухъ, а по противоположному тѣлѣжки съ матеріалами, или вращающіеся цилиндры съ двойными стѣнками, снабженные внутри *геликоидальными* полками, и пересѣкаемый горячими газами, или обыкновенныя известковообжигательныя, или, наконецъ, разныхъ системъ спеціальныя сушила. Послѣ предварительнаго измельченія матеріалы отдѣльно подвергаются анализу, на основаніи котораго и вычисляется пропорція смѣси, а затѣмъ уже смѣсь эта подвергается окончательному измолу до полученія весьма тонкаго порошка.

Полученная такимъ образомъ „мука“ слегка смачивается водой, до полученія довольно густого тѣста, которое формуется въ кирпичи или прессованіемъ, или пропусканіемъ черезъ волочильню съ прямоугольнымъ сѣченіемъ, причемъ выходящая изъ нея полоса разрѣзается параллельно расположенными ножами.

Такимъ образомъ до помѣщенія въ печь остается только высушить кирпичи, что часто достигается раскладываньемъ ихъ по полкамъ въ камерѣ, въ которую, открывая заслонку, можно ввести горячій газъ или изъ спеціальной печи, или изъ печи для обжига. Иногда для этой цѣли пользуются лучеиспусканіемъ печи, у которой тогда можно уменьшать толщину стѣнокъ.

Выгода смѣшиванія въ сухомъ видѣ заключается въ экономіи топлива расходуемаго на высушиваніе матеріаловъ, въ небольшой величинѣ нужнаго пространства и въ устраненіи зависимости отъ времени года и погоды, столь многозначащихъ при мокромъ способѣ производства. Кромѣ того тѣсто получается въ видѣ правильно формованныхъ кусковъ, удобныхъ для обжиганія, напирѣмъ, въ печи Гофмана. Этотъ способъ все болѣе и болѣе входитъ въ употребленіе. Его сторонники утверждаютъ, что онъ даетъ лучшую и болѣе однородную смѣсь, вслѣдствіе чего получается продуктъ высшаго качества, чѣмъ при мокромъ способѣ. Это утвержденіе справедливое, можетъ быть, для способа Goreham'a намъ кажется очень спорнымъ при сравненіи сухаго способа съ мокрымъ способомъ — при разбавленіи большимъ количествомъ воды, какъ это практикуется на Булонскихъ заводахъ.

4. *Смѣшанный способъ.* На нѣкоторыхъ заводахъ часть тѣста готовится мокрымъ способомъ, а остальная сухимъ, затѣмъ порошокъ и тѣстообразное вещество смѣшиваются вмѣстѣ, такъ что получается довольно густая масса, которую можно формовать въ кирпичи.

Такъ-же поступаютъ на заводахъ, работающихъ исключительно мокрымъ способомъ, но которымъ, для печи Гофмана, нужны кирпичи правильной формы.

При этомъ тѣсто смѣшивается съ остатками сухого, полученнаго въ другой части завода, и такимъ образомъ получается тѣсто вполне достаточной густоты для формованія или волоченія. Въ обоихъ случаяхъ полученные кирпичи высушиваются такъ же, какъ при сухомъ способѣ. Напримѣръ при печахъ Гофмана, обыкновенно покрытыхъ деревянной кровлей, подъ которой устроены полки, гдѣ кирпичи могутъ высушиваться лучеиспусканіемъ печи. (Смолр. фиг. 17).

29. **Обжигъ.** Для обжига цемента употребляется такое разнообразіе системъ печей, что трудно найти два значительныхъ завода, на которыхъ устройство ихъ было бы одинаково. Часто даже на одномъ и томъ же заводѣ встрѣчаются печи отличающіяся по формѣ, емкости и способу дѣйствія.

Не смотря на такое разнообразіе печей, происходящее конечно отъ тѣхъ усовершенствованій, которыя каждый фабрикантъ старается примѣнить къ этой важной части производства. всѣ эти печи можно свести къ нѣсколькимъ типамъ; мы ограничимся краткимъ описаніемъ главнѣйшихъ изъ нихъ.

1) *Обыкновенныя печи съ короткимъ пламенемъ.* Вообще говоря чаще всего употребляются печи съ короткимъ пламенемъ, съ вертикальной шахтой, похожія на печи, служащія для обжига извести. Емкость ихъ очень различна и достигаетъ иногда 150 куб. м. при наибольшей нагрузкѣ въ 100 тоннъ.

Шахта имѣетъ форму опрокинутого конуса, оканчивающагося цилиндрической частью, или сложенныхъ широкими основаніями двухъ конусовъ съ цилиндрическимъ соединеніемъ или безъ него, или же она представляетъ яйцеобразную поверхность вращенія съ кривой образующей.

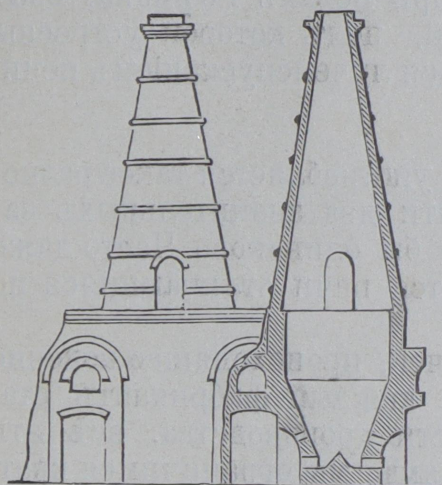
Кожухъ печи долженъ находиться въ зависимости отъ температуры обжига, которой предполагается достигать. Напримѣръ, при производствѣ быстро схватывающихся цементовъ, когда не требуется очень высокой температуры, можно ограничиться болѣе или менѣе огнеупорными кирпичами.

Напротивъ, для портландъ-цемента, когда температура достигаетъ около 2000°, стѣны печи должны представляться весьма огнеупорными; ихъ выкладываютъ кирпичами покрытыми огнеупорной обмазкой, подобной по составу цементному тѣсту или изъ песчанника, или искусственными камнями изъ прессованнаго цемента. Форма трубы также зависитъ отъ температуры обжига.

Для цементовъ съ быстрымъ схватываніемъ нѣтъ необходимости въ особо устроенной трубѣ и печи обыкновенно такія же, какъ и для приготовленія извести. Если же требуется болѣе сильный обжигъ, то колошникъ покрывается желѣзной крышкой, которая позволяетъ легче регулировать тягу печи и предохраняетъ

содержимое печи отъ переменъ температуры. Когда колошникъ закрытъ, то для газа остается проходъ черезъ отверстія въ верхней части печи, этотъ газъ вытягивается трубой, общей для нѣсколькихъ печей.

При производствѣ портландъ-цемента для концентраціи жара и усиленія тяги, каждая печь покрывается куполомъ или болѣе или менѣе высокой трубой.



Фиг. 13.

Форма такого купола иногда напоминаетъ сплюснутый колпакъ, оканчивающійся небольшою цилиндрической трубой, иногда удлиненный конусъ, высотой достигающій 15 м. (фиг. 13). Одна или двѣ дверцы, продѣланныя въ куполѣ или въ трубѣ, могутъ пропускать рабочаго съ матеріаломъ; во время обжига онѣ закрываются желѣзнымъ листомъ и замазываются.

Обжиганіе цемента быстро схватывающагося можно производить въ печахъ съ постояннымъ дѣйствіемъ, какъ при приготовленіи извести; дѣйствительно, куски матеріала не выка-

зываютъ никакихъ признаковъ спеканія, и масса свободно сползаетъ. По утрамъ, напримѣръ, вынимаютъ снизу печи извѣстное количество готоваго цемента, а черезъ колошникъ накладываютъ куски матеріала и топливо.

Для медленно схватывающихся цементовъ, въ особенности для портландскихъ, этотъ способъ представляетъ серьезныя неудобства. Вслѣдствіе высокой температуры обжига, поверхность кусковъ размягчается, они пристають къ стѣнкамъ печи, и сплавляясь между собою, образуютъ часто слишкомъ большія массы, которыя не могутъ равномерно опускаться. До изобрѣтенія новѣйшихъ типовъ специальныхъ печей, приходилось пользоваться печами съ періодическимъ дѣйствіемъ и очень многіе заводы примѣняютъ еще этотъ способъ.

Топливо и тѣсто укладываются въ печи переменными рядами, причемъ количество того и другого тщательно отмѣривается, измѣняясь для разныхъ частей печи. Всѣ уголь на одно и то же количество тѣста, долженъ быть меньше для верхнихъ рядовъ, чѣмъ для нижнихъ. Тѣсто должно быть въ видѣ хорошо разбитыхъ кусковъ, извѣстнаго размѣра, чтобы не препятствовать тягѣ печи; желательно возможно равномернѣе располагать ихъ въ каждомъ слоѣ. Топливомъ служитъ или коксъ, или простой каменный уголь. Иногда употребляется коксъ для нижней части печи, и уголь для остальной. И химическій составъ топлива, впрочемъ, безразличенъ вслѣдствіе возможности выдѣленія сѣрнистаго газа и смѣшиванія зола съ цементомъ.

Заполняютъ не только шахту, но даже и часть трубы на высоту человѣческаго роста. Затѣмъ закрываютъ двери, зажигаютъ

растопки внизу и огонь мало по малу распространяется по всей печи.

Продолжительность обжига измѣняется въ зависимости отъ времени года, силы и направленія вѣтра, количества и природы топлива. Обыкновенно онъ продолжается отъ 4 до 12 дней. По мѣрѣ того, какъ уголь сгораетъ, и углекислота выдѣляется изъ известняка, масса матеріала оседаетъ, плотность ея увеличивается, вслѣдствіе чего верхняя поверхность массы опускается.

На многихъ заводахъ, когда объемъ массы значительно уменьшится, производятъ добавочное наполненіе печи; для этого открываютъ отверстія въ трубѣ и лопатой бросаютъ туда новое количество тѣста и на раскаленную массу немного топлива. Дверцы закрываютъ и ждутъ конца обжига, затѣмъ, когда нагрузка печи достаточно охладится, начинаютъ выгружать ее съ низу печи, выдвинувъ колосники. Слишкомъ большія массы спекшихся кусковъ разбиваютъ ломами, черезъ особые отверстія, заложенные во время обжига.

Постройка этихъ печей обходится сравнительно дешево, и съ ними легко обращаться. Зато ихъ періодическое дѣйствіе вызываетъ значительную потерю тепла и довольно скорую порчу. Кромѣ того, при обжигѣ искусственныхъ цементовъ, они требуютъ предварительнаго совершеннаго высушиванія тѣста.

2. *Періодически дѣйствующія печи съ горизонтальными сушилами.*—Чтобы избѣгнуть послѣдняго неудобства, придумали такое расположеніе печи, при которомъ теряемая теплота идетъ на высушиваніе приготовленнаго для обжига тѣста. Это усовершенствованіе было примѣнено первый разъ въ Англіи, почему и печи эти называются „англійскими“.

Шахта такая же какъ и у вышеописанныхъ печей, но труба расположена не прямо надъ шахтой, а обыкновенно устраивается одна высокая труба общая для нѣсколькихъ печей, соединенная съ ними горизонтальными сводчатыми каналами такой же ширины, какъ и шахта.

Жидкое тѣсто вводится или внутрь этихъ каналовъ или на ихъ поверхности, нагрѣваемой снизу горячимъ газомъ, или на желоба, покрывающіе своды. Часто комбинируютъ оба способа, такъ что сушится сразу нѣсколько рядовъ тѣста (фиг. 14).

Иногда труба помѣщается сбоку печи, а каналы для высушиванія тѣста дѣлаютъ двойными, благодаря чему получается болѣе полная утилизація тепла.

Наконецъ, иногда рядомъ устраиваютъ небольшіе добавочные очаги, назначенные или для усиленія тяги или дожиганія выдѣляющихся газовъ.

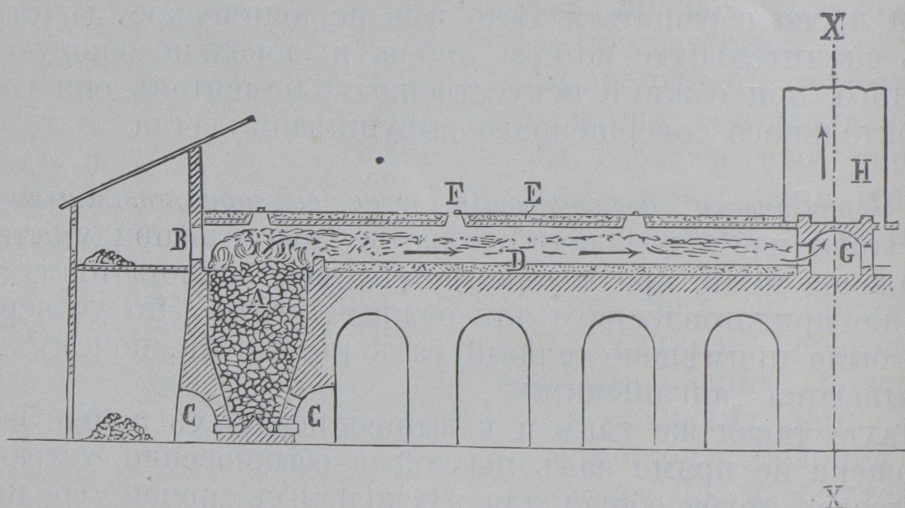
Главные типы сушиль принадлежатъ Johnson, Gamchon, Michele, Michaëlis, White и другимъ.

Наполненіе и дѣйствіе печи происходитъ такъ же какъ при обыкновенныхъ печахъ, выгрузка же матеріала производится черезъ отверстіе въ нижней части печи (фиг. 14).

Хотя принципъ этихъ печей и болѣе рационаленъ, но, вообще, онѣ имѣютъ почти тотъ же недостатокъ, какъ и вышеописанныя печи, такъ какъ экономія на рабочія руки уничтожается значительными затратами на постройку, и большимъ расходомъ топлива, въ виду значительнаго объема кладки и нагрузки нагреваемыхъ снова послѣ каждой выгрузки печи.

3. *Постоянно дѣйствующія печи для портландъ-цемента* *).— Мы указали на главный недостатокъ непрерывнаго обжига при высокой температурѣ, заключающійся въ томъ, что размягченные отъ жара куски сплавляются между собою и со стѣнками печи.

Для избѣжанія этого недостатка уменьшаютъ толщину стѣнокъ, чтобы вслѣдствіе лучеиспусканія, температура у стѣнокъ была меньше, чѣмъ въ центрѣ (печь Hauenschild'a) печи, или же, придаютъ круглую форму обжигаемымъ кускамъ, чтобы по возможности уменьшить число точекъ соприкосновенія между собою и со стѣнками печи и оставить постоянный безпрепятственный проходъ для газовъ (печь Hauenschild'a, печь Brentano).



Фиг. 14.

Емкость той части печи, гдѣ происходитъ наиболѣе сильный обжигъ, по возможности уменьшаютъ (придавая ей названіе горна) и въ разныхъ мѣстахъ печи продѣлываютъ отверстія, черезъ которыя можно ломами разбивать слишкомъ большія спекшія массы. Наконецъ, для облегченія опусканія, уже обожженной массы, нижнюю часть горна печи дѣлаютъ расширенной.

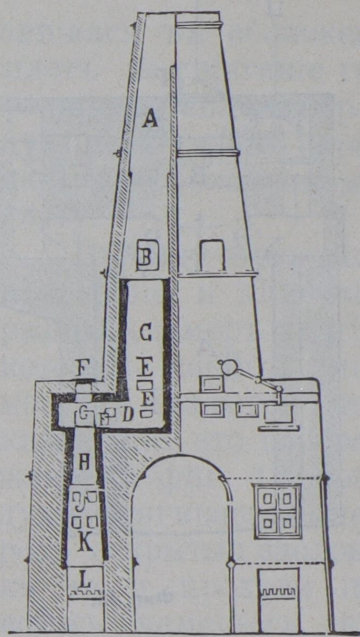
Какъ по формѣ такъ и по своему дѣйствию эти печи обыкновенно можно считать состоящими изъ трехъ отдѣльныхъ поясовъ, расположенныхъ или по одной и той же оси (печь Schofer'a, печь Brentano) или иначе (печь Dietzsch'a печи Pasquier).

Въ верхней части куски тѣста, уложенные по возможности такъ, чтобы остался свободный проходъ газу изъ горна, оконча-

*) Описаніе большей части названныхъ здѣсь печей, а также нѣкоторыхъ приборовъ для размалыванія и просѣиванія, о которыхъ дальше идетъ рѣчь, можно найти въ статьѣ Candlot, напечатанной въ „Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale“ за декабрь 1895 года.

тельно высушиваются и дѣйствіемъ того-же газа, всю теплоту котораго они должны расходовать, начинаютъ обжигаться, что характеризуется выдѣленіемъ углекислоты изъ известняка. Слѣдующая часть состоитъ изъ камеры для обжига и горна. Матеріалы уже нагрѣтые докрасна, опускаются туда или силою своей тяжести или при помощи механическихъ приспособленій, и въ то же время чрезъ особыя отверстія накладывается уголь.

Здѣсь начинается горѣніе и въ плавильникѣ достигаетъ наибольшаго напряженія. Затѣмъ обожженные матеріалы опускаются въ нижнюю часть, расположенную непосредственно подъ горномъ, гдѣ они медленно охлаждаются, отдавая всю свою теплоту воздуху, протекающему черезъ колосники, образующія дно печи; такимъ образомъ воздухъ уже нагрѣтымъ достигаетъ пояса горѣнія, а обожженный цементъ вынимается холоднымъ чрезъ колосники. Такія печи примѣняются главнымъ образомъ заграницей, гдѣ очень распространены печи системы Dietzsch'a *). Фигура 15 изображаетъ двойную печь Dietzsch'a, каковыми онѣ обыкновенно строятся. Тѣсто вводится чрезъ отверстіе В, у подошвы трубы А; по выходѣ изъ подогревателя С оно принимаетъ на площадкѣ D уголь естественнаго откоса и по мѣрѣ надобности ломаетъ, чрезъ отверстіе G, передвигается въ горнѣ Н. (Фигура 15). Чрезъ это же отверстіе накладывается мелкій уголь съ помощью особаго ковша, служащаго въ то-же время мѣрою его. Отверстіе Е позволяетъ содѣйствовать опусканію тѣста ломомъ, а черезъ отверстія F и G разламываются глыбы, образовавшіяся отъ сплавленія обожженныхъ кусковъ. Цементъ подвергается дѣйствию полнаго жара приблизительно въ теченіи 2-хъ часовъ, и охлаждается въ камерѣ К, дѣйствіемъ воздуха, притекающаго чрезъ колосники L.



Фиг. 15.

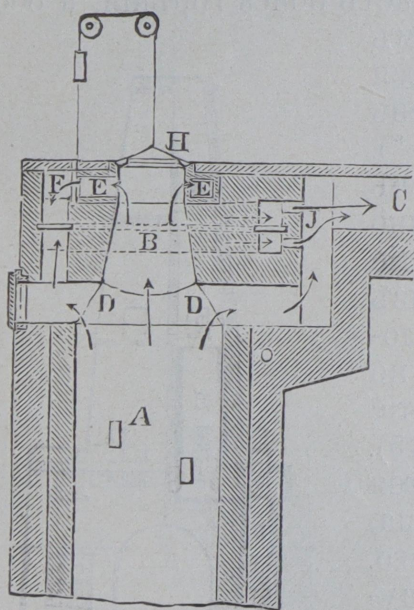
Эта печь заманчива по своей удобной формѣ и раціональному дѣйствию. Но она требуетъ внимательнаго обращенія, и опытнаго рабочаго.

За послѣднее время на нѣкоторыхъ заводахъ во Франціи стали примѣнять для обжиганія портландъ-цемента, постоянно-дѣйствующія печи, но въ которыхъ можно высушивать сырое тѣсто, какъ въ англійскихъ печахъ. Одна изъ нихъ, изобрѣтенная инженеромъ Ваucher'омъ, предсѣдателемъ общества цементныхъ заводчиковъ въ окрестностяхъ Boulogne и Desvres, на которую въ 1894 г. взята привилегія этимъ Обществомъ устроена, слѣдующимъ образомъ: (фиг. 16). Цилиндрическая шахта А оканчивается вверху

*) Печи Дитша имѣютъ распространеніе и въ Россіи.

коническимъ отверстіемъ В, чрезъ которое вводится сухое тѣсто и топливо; расширяющаяся вверху форма его позволяетъ кускамъ известняка увлекать съ собою уголь, во время осѣданія, не оставляя его вдоль стѣнъ печи, что благопріятствуетъ обжигу.

Образующіеся отъ горѣнія газы вытягиваются трубой чрезъ каналъ С, расположенный подъ сушилами и идутъ по двумъ системамъ каналовъ, одной D въ широкой части конуса, служащей для нагрузки и другой Е по окружности верхняго конуса печи. Послѣдній каналъ закрывается автоматически заслонкой, каждый разъ, когда для нагрузки открывается крышка Н, такъ что нагрузка производится безъ выдѣленія газа изъ колошника и безъ остановки или уменьшенія тяги.



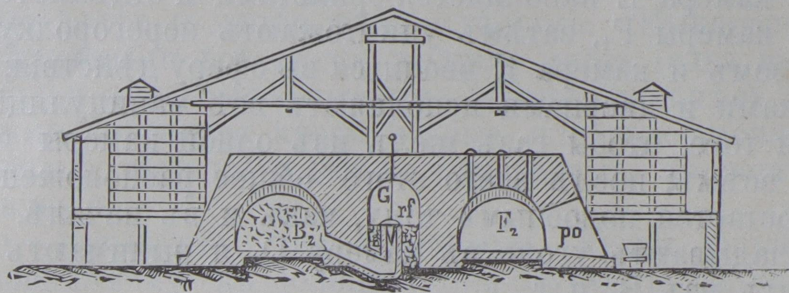
Фиг. 16.

Каналы устроены такъ, что продукты горѣнія непрерывно, и сохраняя постоянную температуру, идутъ по каналу J до самаго сушила, гдѣ они сгораютъ, соприкасаясь съ притекающимъ извнѣ нагрѣтымъ воздухомъ, что необходимо для полученія полного сгорания газа и поддержанія внутри печи постоянного давленія, позволяющаго вести правильный обжигъ. Наконецъ постоянное вспрыскиваніе небольшихъ струекъ водяного пара подъ рѣшетку печи вызываетъ распаденіе обожженныхъ продуктовъ, вслѣдствіе гашенія окиси кальція, которая можетъ присутствовать въ обожженныхъ кускахъ.

4. *Кольцевая печь Гольфмана.* На многихъ заводахъ для обжига портланд-цемента примѣняется система печей Гольфмана, которая часто служатъ для обжига кирпичей. Эта печь (фиг. 17 и 18) состоитъ изъ ряда сводчатыхъ камеръ, соединенныхъ между собою такъ, что они образуютъ болѣе или менѣе удлиненное кольцо, причемъ каждая камера можетъ сообщаться съ предыдущей и съ послѣдующей камерой, съ внѣшнимъ воздухомъ и наконецъ съ центральной трубой.

Тѣсто формируется въ кирпичи, въ видѣ параллелипипедовъ, которые послѣ высушиванія укладываются въ клѣтку такимъ образомъ, чтобы горячій газъ циркулировалъ одинаково по всѣмъ частямъ камеры, чѣмъ достигается равномерность обжига. Въ потолкѣ камеръ продѣланы отверстія, подъ которыми оставляется пустое пространство между клѣтками кирпичей; черезъ эти отверстія сперва накладываютъ уголь, а затѣмъ небольшими порціями тѣсто; для предупрежденія же слишкомъ сильнаго притока воздуха они снабжены крышками.

Принципъ устройства заключается въ послѣдовательномъ обжигѣ материала, уложеннаго въ клѣтку въ различныхъ камерахъ такъ, что огонь проходитъ подрядъ по всѣмъ камерамъ, причемъ возвращается вся теплота не утилизированная при обжигѣ цемента.

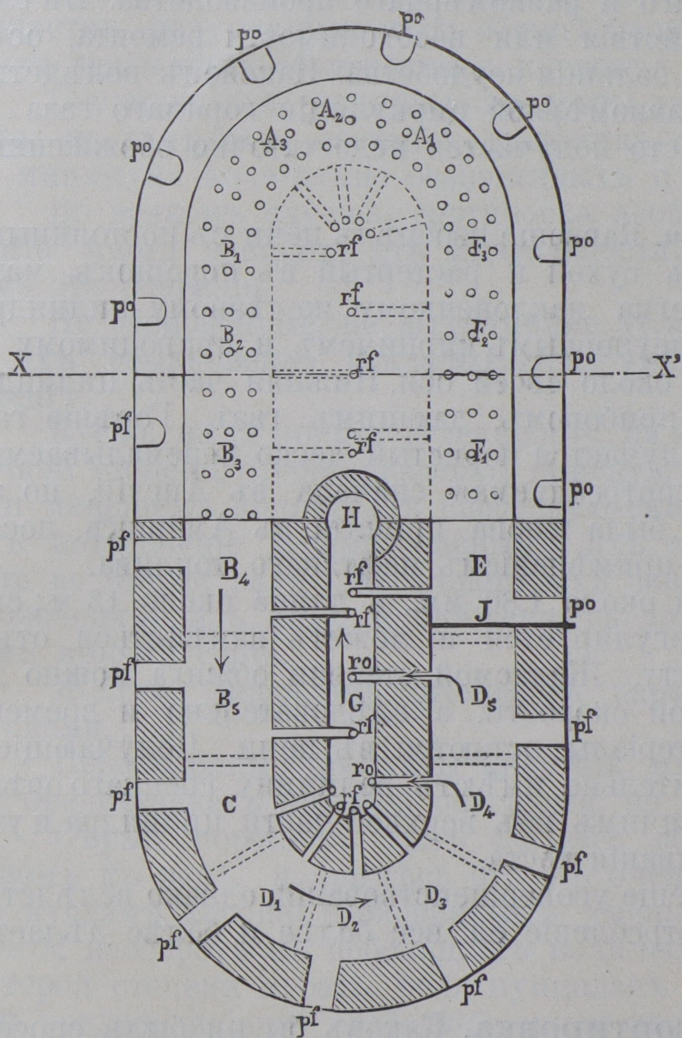


Фиг. 17.

Это достигается тѣмъ, что теплота оставшаяся въ обожженныхъ кускахъ передается воздуху, который идетъ на сжиганіе горючаго, а теплота образующихся газовъ передается необожженному тѣсту.

Въ виду этого расположение и дѣйствіе разныхъ камеръ въ нѣкоторый данный моментъ, являются такими, какъ это изображено на фиг. 17, воздухъ втягивается черезъ открытыя заслонки r_0 и проходя по всѣмъ камерамъ, въ которыхъ уложенъ матеріалъ, входитъ въ печь черезъ отверстіе r_0 , охлаждая на пути обожженный продуктъ, находящійся въ отдѣленіяхъ A_1 до B_3 и приходя уже горячимъ въ камеры C , гдѣ происходитъ горѣніе и куда накладывается уголь черезъ отверстія въ сводѣ.

Образующіеся отъ горѣнія газы идутъ дальше и, сжигаемые окончательно воздухомъ, притекающимъ черезъ нарочно оставленные промежутки между кусками угля слѣдующаго отдѣленія,



Фиг. 18.

окончательно воздухомъ, притекающимъ черезъ нарочно оставленные промежутки между кусками угля слѣдующаго отдѣленія,

начинають обжигъ матеріалъ въ D_1 , и нагрѣвають послѣдовательно содержимое камеръ $D_2—D_3$, выходя наконецъ охлажденными черезъ каналъ G и трубу H .

Черезъ нѣкоторое время достаточное для обжига въ одномъ отдѣленіи, камера E наполняется брикетами и отдѣляется листомъ папки отъ камеры F_1 , затѣмъ уничтожаютъ перегородку J , и такимъ образомъ и камера E вводится въ сферу дѣйствія; при этомъ съ заслонками и дверцами исполняютъ всѣ манипуляціи, необходимыя для того, чтобы газъ шелъ изъ одной камеры послѣдовательно по всѣмъ; послѣ всего этого общее расположеніе отдѣлений печи остается подобнымъ тому, какъ и въ началѣ. Въ то же время накладываютъ уголь въ камеру D_1 и вынимаютъ обожженный цементъ изъ B_1 и т. д.

Эта печь расходуя немного топлива, требуетъ однако значительнаго рабочаго труда для приготовленія и укладки кирпичей и вмѣстѣ съ тѣмъ внимательнаго обращенія; она оказывается удобной для непрерывнаго и равномернаго производства. Въ случаѣ же перерыва ея дѣйствія или необходимости ремонта, остановка ея представляетъ большія неудобства. Наконецъ вслѣдствіе трудности достигнуть равномерной циркуляціи горячаго газа по всей массѣ матеріала, часто получается недостаточно обожженный продуктъ.

5. *Вращающіяся печи.* Ransome изобрѣлъ печи съ постояннымъ дѣйствіемъ, въ которыхъ сухой и растертый въ порошокъ матеріалъ проходитъ по слегка наклоненному желѣзному цилиндру, обложенному внутри огнеупорнымъ кирпичемъ и приводимому во вращательное движеніе около своей оси. Нижняя часть цилиндра соединена трубкой съ приборомъ, дающимъ газъ. Горѣніе газа обжигаетъ цементъ, и получается пористый легко перемалываемый продуктъ. Эта система употребляемая сначала въ Англіи, но затѣмъ оставленная тамъ была снова принята въ Америкѣ, послѣ ея усовершенствованія примѣненіемъ нефтянаго топлива.

Діаметръ цилиндра около 1,80 м., а длина около 13 м.; скорость вращенія легко регулируется и можетъ измѣняться отъ 1 до 3 оборотовъ въ минуту. Желанной степени обжига можно достигать измѣненіемъ этой скорости, а слѣдовательно и времени, въ теченіи котораго матеріалы остаются въ печи. Получающіеся куски цемента приблизительно имѣютъ величину грецкаго орѣха. Газъ выходитъ еще горячимъ изъ верхней части цилиндра и утилизируется для высушиванія тѣста.

Эта печь требуетъ еще усовершенствованій; однако вслѣдствіе вздорожанія нефти употребленіе ея все болѣе и болѣе дѣлается невыгоднымъ.

30. **Выгрузка и сортировка.** Каковъ бы ни былъ способъ обжига, важно чтобы продукты медленно охладились еще до выгрузки. Въ противномъ случаѣ (особенно для известняковъ сравнительно богатыхъ глиной и обожженныхъ при температурѣ образованія портландъ-цемента), рискуютъ получить продуктъ само со-

бою рассыпающийся въ порошокъ, если не совсѣмъ инертный, то, по крайней мѣрѣ, похожій по своимъ свойствамъ на гидравлическую известь, слабѣе дѣйствующую, чѣмъ цементъ.

Такъ какъ не всѣ части печи подвергаются дѣйствию одинаковаго жара, то при выгрузкѣ продуктовъ встрѣчаются куски обожженные болѣе и менѣе чѣмъ слѣдуетъ. Обыкновенно считаютъ необожженными всѣ куски желтаго цвѣта (едва выдѣлившіе углекислоту) и сѣраго (обожженные немного сильнѣе), хорошо же обожженными считаются куски черные или совершенно темнозеленые, тяжелые, твердые и весьма однородные, подвергшіеся началу оплавленія.

Часто называютъ пережженными куски оплакованные, которые повидимому въ большинствѣ случаевъ получаются изъ остатковъ топлива или изъ матеріала стѣнокъ печи.

Кромѣ кусковъ оказываются еще порошки разнаго цвѣта и вида: одни желтые—это остатки необожженной массы, другіе сѣровато-голубые—это смѣсь золы и болѣе или менѣе активныхъ веществъ, полученныхъ и отъ обжига мелкихъ зеренъ сырой массы, и отъ распаденія обожженныхъ кусковъ.

Очевидно эти различные продукты имѣютъ и различныя свойства; въ томъ то и состоитъ искусство *обжигаль*, чтобы довести до минимума количество бесполезныхъ и вредныхъ продуктовъ.

Во всякомъ случаѣ сортировка необходима и качество цемента много зависитъ отъ тщательности, съ которой производилась эта операція.

Не обожженные, не выдѣлившіе углекислоты куски инертны и ихъ обыкновенно откладываютъ, чтобы подвергнуть новому обжигу.

Куски, выдѣлившіе углекислоту, но не обожженные въ достаточной степени, чтобы образовать цементъ, содержатъ въ большемъ или меньшемъ количествѣ свободную окись кальція, что дѣлаетъ ихъ потребление весьма опаснымъ, ихъ также приходится обжигать во второй разъ. На нѣкоторыхъ заводахъ выбираютъ болѣе обожженные изъ нихъ и примѣняютъ для приготовленія продуктовъ второго сорта.

Желтый порошокъ отбираютъ наравнѣ съ недожженными кусками.

Пережженные продукты инертны; ихъ введеніе въ цементъ не представляетъ никакой опасности, но уменьшаетъ его энергію.

Сѣрый порошокъ самъ по себѣ обладаетъ слабымъ средствомъ къ водѣ, и примѣсь его въ очень большомъ количествѣ къ кускамъ хорошо обожженнымъ, уменьшаетъ сопротивленія цемента; наоборотъ въ небольшомъ количествѣ онъ можетъ въ нѣкоторой степени играть роль пуццоланъ и нейтрализовать отчасти вредное вліяніе свободной окиси кальція, могущей еще оказаться въ цементѣ. На разныхъ заводахъ его примѣшиваютъ къ кускамъ хорошаго качества въ разныхъ пропорціяхъ. Впрочемъ, онъ содержитъ большое количество кремнезема, чѣмъ собственно цементъ, чѣмъ и объясняется разница въ химическомъ составѣ,

констатируемая всегда между измолотымъ продажнымъ цементомъ и чистыми кусками его, вынутыми изъ печи. Иногда куски передъ перемалываньемъ выставляются на воздухъ, или даже поливаются водой, чтобы ускорить гашеніе находящейся въ нихъ свободной окиси кальція. Для этой цѣли должно быть особенно дѣйствительнымъ примѣненіе водянаго пара, уже описанное при печи Бошера. Однако, какой бы ни примѣнялся способъ, надо не упускать изъ виду окончательной цѣли, и не брать воду въ видѣ жидкости или пара въ избыточномъ количествѣ.

31. Измельченіе. Для большей части примѣненій цемента требуется, чтобы онъ былъ въ видѣ мелкаго порошка. Для этой цѣли пользуются специальными дробилками, самый распространенный типъ которыхъ состоитъ изъ двухъ сильныхъ бороздчатыхъ челюстей, почти вертикальных, изъ которыхъ одна закрѣплена неподвижно, а другая приводится въ движеніе; между ними и бросаютъ вынутые изъ печи куски. Иногда же для этой цѣли служатъ пары гладкихъ или бороздчатыхъ цилиндровъ, которыя можно расположить въ нѣсколько рядовъ одну надъ другой, чтобы матеріалъ молотся послѣдовательно между все болѣе и болѣе сближенными цилиндрами. Другіе приборы напоминаютъ кофейныя мельницы, главная часть которыхъ состоитъ изъ бороздчатой или гладкой шестеренки, вращающейся въ чашкѣ соотвѣтственной формы, куда матеріалы изъ совка увлекаются собственной тяжестью.

Разбитый на болѣе или менѣе большія куски, величиной приблизительно съ грѣцкій орѣхъ, цементъ затѣмъ отправляется въ аппараты для перемалыванія въ тѣсномъ смыслѣ. Чаще всего это мельницы съ горизонтальными жерновами, подобныя мельницамъ для зернового хлѣба; одинъ изъ жернововъ, обыкновенно нижній, неподвиженъ, а другой вращающійся. Не смотря на постоянный ремонтъ, котораго они требуютъ вслѣдствіе стиранія рабочей поверхности жернова, это кажется одинъ изъ самыхъ выгодныхъ приборовъ для растиранія въ мельчайшій порошокъ такихъ крѣпкихъ матеріаловъ, какъ цементъ.

Другой способъ состоитъ въ разбиваніи продукта жерновами, или катками болѣе или менѣе вертикальными, катящимися по горизонтальной площадкѣ.

Иногда площадка неподвижна, а жернова, число которыхъ мѣняется въ разныхъ системахъ, расположены около общей оси, вращаясь въ тоже время вокругъ своихъ осей, вслѣдствіе тренія объ измалываемый цементъ. Такъ именно устроены обыкновенныя дробилки, съ двумя вертикальными жерновами, дробилки Neate съ четырьмя жерновами, слегка наклонными и дробилка Vanneweiсh'a, въ которой зерна, размалываясь все мельче, сгребаются скребками въ болѣе и болѣе тонкіе слои, на концентрически расположенные уступы, по каждому изъ которыхъ пробѣгаетъ отдѣльный жерновъ. Иногда же, какъ напримѣръ въ дробилѣ Тейлора, напротивъ, площадка вращается вокругъ центральной оси,

и увлекает перемалываемые материалы под жернова, которые вращаются вокруг своей оси, только вследствие трения, причем они могут приподыматься немного, чтобы пропускать слишком твердые куски.

Какъ бы ни были расположены только что рассмотрѣнные жернова, вертикально или горизонтально, въ обоихъ случаяхъ они дѣйствуютъ своей тяжестью и треніемъ. Въ другихъ приборахъ дробленіе производится силой небольшихъ ударовъ отъ толчковъ тяжелыхъ тѣлъ. Таковы дробилки съ свободными ядрами, т. е. горизонтальные вращающіеся цилиндры, въ которыхъ цементъ размалывается треніемъ о желѣзные или стальные ядра. Въ разныхъ системахъ ядра бываютъ или равныя по величинѣ или различныя и дѣйствіе прибора періодическое или постоянное.

Въ послѣднемъ случаѣ аппаратъ дополняется обыкновенно приборомъ для просѣиванія, который различными приспособленіями автоматически переводитъ обратно въ дробилку недостаточно мелкія зерна. Наиболѣе распространены дробилки Ленерта или Лениша, Силлера и Дюбуа, Смидта, Ганктена, Лютера, Саксенберга, Грюзона и другихъ.

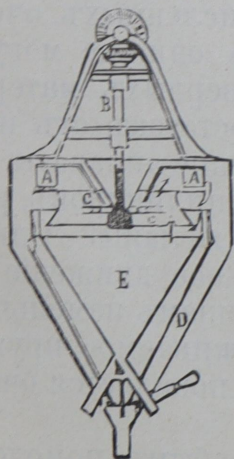
Наконецъ въ другой категоріи аппаратовъ утилизируется кромѣ того и центробѣжная сила; и цементъ раздавливается между укрѣпленнымъ стальнымъ поясомъ и тяжелыми подвижными ядрами, внутри образуемаго кольцеваго пространства, при быстромъ вращательномъ движеніи, посредствомъ передаточнаго механизма прикрѣпленнаго къ оси прибора. Таковы напримѣръ дробилки Мореля съ вертикальною или горизонтальною осью, горизонтальная дробилка Пфейффера, дробилка Люкопа и дробилка Askham'a. Въ американской дробилкѣ Griffin'a ядра замѣнены дискомъ, качающимся на концѣ длиннаго коромысла, который долженъ удалять готовую пыль, производимую главными частями аппарата. Когда подобный же приборъ снабжается двумя симметрически расположенными коромыслами, то такое устройство увеличиваетъ прочность и продуктивность его. Наоборотъ въ дробилкѣ Вара само измельчаемое вещество ударяется о неподвижныя части, отчего и разсыпается въ порошокъ.

Нѣкоторые аппараты, изъ только что перечисленныхъ, очень удобны для быстрого перемалыванія цемента, но они не могутъ дать достаточно мелкаго порошка изъ такихъ твердыхъ материаловъ, какъ портландъ-цементъ, поэтому часто остатокъ отъ просѣиванія отправляется въ спеціальныя измельчающіе аппараты, состоящіе обыкновенно изъ пары горизонтальныхъ цилиндровъ, разстояніе между которыми можно регулировать по желанію. Одинъ изъ этихъ цилиндровъ приводится въ вращательное движеніе вокругъ своей оси, а другой просто увлекается треніемъ измельчаемаго вещества. Разстояніе между осями, поддерживаемое пружинами, можетъ быстро увеличиться, если случайно попадаетъ очень твердое постороннее тѣло.

Прежде довольствовались относительно грубымъ помоломъ цемента; но для лучшей утилизаціи дѣятельныхъ составныхъ ча-

стей продукта съ цѣлью возвышенія сопротивленія механическимъ усиліямъ, cemento-заводчики были вынуждены мало-по-малу увеличивать тонкость помоловъ. Однако этотъ результатъ могъ быть достигнутъ только цѣною довольно значительныхъ расходовъ, такъ какъ измоль становится тѣмъ дороже и труднѣе, чѣмъ большее количество желаютъ получить тончайшей пыли. Въ слѣдующей главѣ мы еще вернемся къ этому вопросу, и увидимъ насколько тонкость помола вліяетъ на качества цемента.

32. Просѣиваніе. Нѣкоторыя дробилки, а особенно дробилки съ ядрами, могутъ быть такъ устроены, чтобы они давали непосредственно порошокъ желаемой тонкости. Другіе же требуютъ чтобы продуктъ былъ очищенъ отъ излишне крупныхъ зеренъ, которыя онъ еще содержитъ. Иногда эти аппараты устраиваются прямо при дробилкахъ и постоянно возвращаетъ ей оставшіяся на ситахъ зерна. Въ этомъ случаѣ отсѣиваніе почти всегда производится металлическими ситами, устройство которыхъ бываетъ различное. Иногда же напротивъ они совершенно отдѣлены отъ дробилки, и относятся тогда къ одному изъ слѣдующихъ типовъ: сита, наичаще примѣняемые состоятъ изъ вращающагося многограннаго барабана слегка наклоннаго къ горизонтальной линіи. Стѣнки его сдѣланы изъ металлическихъ ситъ, защищенныхъ внутри просверленными желѣзными листами, которые удерживаютъ слишкомъ крупные куски. Перемолотый матеріалъ вводится въ верхнюю часть барабана и опрокидывается вслѣдствіе вращенія его и постоянно падаетъ на сито. Просѣянная пыль отправляется въ магазинъ, а остатокъ, собравшейся въ нижней части барабана идетъ опять въ мельницу. Обыкновенно при началѣ прибора, гдѣ болѣе всего скопляется матеріалъ, сита дѣлаютъ немного крупнѣе, чѣмъ въ его нижней части. Этотъ приборъ уже описанъ и изображенъ на фиг. 5 и 6, въ статьѣ о приготовленіи извести. Качающіяся сита Нагеля и Кемпа состоятъ изъ плоскаго слегка наклоннаго сита, приводимаго постоянно въ сотрясеніе съ помощью вала, снабженнаго кулаками. Другія наклонныя сита того же завода представляютъ такое же устройство, съ тою лишь особен-



Фиг. 19.

ностью, что можно по желанію регулировать, меняя сита, тонкость порошка, для чего измѣняютъ наклонъ сита и амплитуду колебаній. Съ помощью нѣкотораго уклона можно получить тонкое просѣиваніе и при ситѣ съ широкими отверстіями. Наконецъ существуютъ аппараты устраняющіе совершенно примѣненіе ситъ, производя отдѣленіе крупныхъ зеренъ струей воздуха. На этомъ принципѣ устроенъ аппаратъ Trolliet'a, уже описанный въ статьѣ о приготовленіи извести, и „сепараторы“ Mumfort'a и Moodie, Pfeiffer'a и т. д.

На фигурѣ 19 схематически представленъ сепараторъ Мумфорта и Модди. Токъ воздуха

производится вентилятором АА, вращающими вокруг вертикальной оси В, которая оканчивается внизу круглой пластиной С. Цементъ постоянно насыпается на эту пластину и подѣйствіемъ центробѣжной силы распредѣляется тонкимъ слоемъ, изъ котораго наиболѣе мелкія частицы уносятся струей воздуха и попадаютъ во внѣшнюю воронку D, между тѣмъ какъ болѣе крупныя зерна падаютъ во внутреннюю воронку Е. Система круговъ, дисковъ и конусовъ, расположенныхъ подѣ вентиляторомъ и измѣняемая сообразно желаемой тонкости помола, позволяютъ регулировать токъ воздуха.

33. Магазинированіе и отправка цемента. Иногда, если производительность завода не велика, полученный цементъ прямо изъ сѣялки, накладывается въ мѣшки, но чаще его отправляютъ въ большія помѣщенія, называемыя магазинами, гдѣ онъ хранится до времени упаковки въ мѣшки или бочки для отправки. На нѣкоторыхъ заводахъ емкость этихъ магазиновъ достигаетъ 2500 тоннъ, и насыпаемый туда еще теплымъ, по выходѣ изъ ситъ, цементъ очень долго сохраняетъ возвышенную температуру, не подвергаясь замѣтному измѣненію. Можно полагать также, что это выдерживаніе цемента обусловливаетъ гашеніе свободной окиси кальція, заключающейся въ цементахъ, полученныхъ изъ тѣста очень богатаго углекислой известью, или недостаточно обожженного. Чтобы сдѣлать эту известь безвредной, необходимо, хотя и не всегда достаточно, рассыпать цементъ неглубокимъ слоемъ на большой площадкѣ и отъ времени до времени переворачивать массу, какъ это дѣлается на нѣкоторыхъ англійскихъ заводахъ. Во Франціи цементъ продается обыкновенно боченками по 200 килограммовъ или мѣшками по 50 килограммовъ. Въ Германіи оффиціальныя правила установили общій вѣсъ для боченковъ 180 килограммовъ, и для $1\frac{1}{2}$ боченка 90 кил.; такимъ образомъ боченокъ оказывается единицею, которою заводчики охотнѣе пользуются, чѣмъ *тонною*, особенно для показанія цифры производства. Впрочемъ, тоже самое происходитъ и въ большинствѣ другихъ странъ, напр. въ Англіи, гдѣ считаютъ боченками по 400 фунтовъ въ каждомъ, т. е. около 180 килограммовъ *).

34. Общее устройство цементнаго завода. — Кромѣ существенныхъ аппаратовъ, о которыхъ шла рѣчь выше, цементный заводъ содержитъ безчисленное множество вспомогательныхъ приборовъ, обыкновенно общихъ съ другими производствами, но компетентный выборъ которыхъ способствуетъ качеству и экономіи производства.

Не останавливаясь на описаніи паровыхъ, гидравлическихъ или электрическихъ машинъ, необходимыхъ для полученія движущейся силы, ни на описаніи деталей различныхъ специальныхъ

*) Согласно техническимъ условіямъ нашего М-ва Путей Сообщенія бочки портландъ-цемента должны имѣть однообразный вѣсъ въ $10\frac{1}{4}$ пуда netto и 11 пуд. brutto.

Прим. ред.

приспособленій, каковы автоматическіе вѣсы, вентиляторы, поглотители пыли, аппараты съ магнитомъ для отдѣленія изъ готового цемента частицъ желѣза, могущихъ тамъ оказаться, пресса для формовки брикетовъ и т. д. мы скажемъ только нѣсколько словъ о способахъ передвиженія различныхъ матеріаловъ изъ одного мѣста завода на другое. Для твердыхъ тѣлъ въ кускахъ, каковы сырые известняки, каменный уголь, сухое тѣсто, куски обожженного продукта и т. д. чаще всего примѣняется перевозка на телегахъ и тачкахъ, съ механической или животной тягой; въ зависимости отъ разстоянія, на которое совершается перевозка.

Чтоже касается жидкаго тѣста, то если мѣстоположеніе не допускаетъ его теченіе по желобамъ, наклоннымъ къ мѣсту назначенія, то оно обыкновенно собирается въ резервуары, откуда вытягивается насосами и разгоняется по трубамъ или же его поднимаютъ на высоту, откуда онъ можетъ собственною тяжестью стекать по деревяннымъ желобамъ, распредѣляющимъ его по заводу.

Для перемѣщенія въ вертикальномъ или наклонномъ положеніи твердыхъ кусковъ небольшихъ размѣровъ, какъ напримѣръ, раздробленные куски обожженного цемента, служатъ норіи.

Наконецъ, для перемѣщія сухихъ порошковъ, какъ напримѣръ, смѣси сырыхъ матеріаловъ, при производствѣ сухимъ способомъ, остатковъ отъ помола или готового цемента выгодно примѣнять архимедовъ винтъ и передаточные ремни.

Кромѣ того всѣ аппараты надо тщательно предохранять отъ всегда оказывающейся въ изобиліи пыли, которая быстро портитъ ихъ. Лабораторія, гдѣ производятся всѣ изслѣдованія, касающіяся производства,—именно химическій анализъ сырыхъ матеріаловъ и механическія испытанія готового цемента, должна быть предметомъ особеннаго вниманія со стороны заводчика.

Сказанное выше объ общемъ устройствѣ завода для приготовления извести, равнымъ образомъ относится и къ производству цемента.

Кромѣ того что заводъ долженъ располагать желѣзной дорогой или водяными путями и находится по близости отъ мѣста, рожденія сырыхъ матеріаловъ, надо стараться такъ расположить отдѣльныя его части, чтобы матеріалы приходилось перевозить на возможно меньшее разстояніе и можно было для ихъ перемѣщенія пользоваться силою тяжести. Но такъ какъ производство цемента дороже производства извести, въ виду необходимости полученія высокой температуры и размалыванія очень твердыхъ продуктовъ, то очень важенъ выборъ способа производства и системы аппаратовъ; кромѣ того этотъ выборъ долженъ зависѣть отъ экономическихъ условій каждой мѣстности, особенно отъ относительныхъ цѣнъ на землю, на движущую силу, на топливо и на рабочія руки *).

*) Производство гидравлическихъ вяжущихъ веществъ описано очень подробно въ сочиненіи G. Schoch: Die moderne Aufbereitung und Wertung der Mörtel-Materialien, Berlin, 1896.

ГЛАВА IV.

СВОЙСТВА.

35. **Внѣшній видъ.** — За исключеніемъ весьма рѣдкихъ случаевъ продажи извести въ кускахъ, известъ и цементъ являются въ видѣ мелкаго порошка, тѣмъ болѣе мягкаго на ощупь, чѣмъ меньше содержится въ нихъ крупныхъ зеренъ, что позволяетъ при небольшой опытности непосредственно на рукѣ отличить степень помола и просѣиванія ихъ.

Цвѣтъ этихъ веществъ измѣняется съ природою ихъ; вообще бѣлый для извести онъ становится тѣмъ болѣе сѣрымъ, чѣмъ болѣе глинистыми были известняки, служащіе для приготовленія ихъ; романскіе цементы имѣютъ обыкновенно желтоватый или коричневый оттѣнокъ; портландскіе цементы имѣютъ темно-сѣрый оттѣнокъ, переходящій болѣе или менѣе въ желтоватый, голубоватый или зеленоватый; шлаковые цементы — бѣловатлаго цвѣта. Послѣ примѣненія въ дѣло эти послѣдніе принимаютъ темнозеленую окраску, которая можетъ долго сохраняться въ мѣстахъ не подверженныхъ дѣйствію воздуха, но замѣняется желтой окраской солей окиси желѣза вездѣ, гдѣ есть къ раствору доступъ кислорода воздуха *).

При разсматриваніи въ лупу, особенно если удалены наиболѣе мелкія части продукта, оказывается что существующія въ продажѣ вяжущія вещества, состоятъ изъ угловатыхъ зеренъ весьма различнаго внѣшняго вида. Дѣйствительно, невозможно получить промышленными способами совершенно однородный продуктъ и всѣ вещества, присутствующія послѣ выгрузки его изъ печи, въ большемъ или меньшемъ количествѣ входятъ въ составъ его, съ характернымъ для нихъ цвѣтомъ.

36. **Тонкость помола.** — Тонкость помола гидравлическихъ вяжущихъ веществъ измѣняется въ зависимости отъ природы ихъ и тщательности изготовленія. Присутствіе крупныхъ зеренъ,

*) На свѣжихъ плоскостяхъ пористыхъ растворовъ шлаковаго цемента, погруженнаго въ воду, весьма хорошо замѣтна линія рѣзко раздѣляющая оба эти окрашиванія, — желтое обыкновенно занимаетъ весь периметръ тѣмъ болѣе широкой полосой, чѣмъ болѣе пористъ растворъ, тѣмъ больше погруженъ онъ въ воду. Въ темно-зеленой части ощущается сильный запахъ сѣроводорода. Подобные растворы, оставленные на воздухѣ, не замедляютъ совершенно окраситься въ желтый цвѣтъ.

Для цементовъ и известей въ аналогичныхъ обстоятельствахъ наблюдается лишь различіе во влажности въ центрѣ и въ периферіи плоскости разрыва.

имѣющихъ напр. болѣе полумиллиметра въ діаметрѣ, свидѣтельствуеетъ вообще о небрежной сортировкѣ и гашеніи извести и, во всякомъ случаѣ, недостаточномъ просѣиваніи.

Количество мелкихъ и средней величины зеренъ, остающихся на ситѣ въ 4900 отверстій на одномъ кв. сантиметрѣ, зависитъ отъ твердости вещества. Весьма слабое для известей и шлаковыхъ цементовъ, оно составляетъ существенную часть для собственно цементовъ. Кромѣ того для этихъ послѣднихъ оно измѣняется со степенью усовершенствованія измелчающихъ аппаратовъ и въ зависимости отъ спроса потребителя. Наконецъ тончайшая пыль, проходящая черезъ сито въ 4900 отверстій можетъ быть разложена атмучиваніемъ въ струѣ жидкости или газа при различныхъ скоростяхъ на еще болѣе мелкія частицы. Обиліе такой пыли въ известяхъ и шлаковыхъ цементахъ объясняетъ большое количество воды потребное для затворенія въ тѣсто этихъ продуктовъ.

Измелчая болѣе или менѣе тонко, но безъ просѣиванія, обожженный весьма однородный цементъ и подвергая затѣмъ атмучиванію полученное порошкообразное вещество, чтобы отдѣлить зерна совершенно опредѣленной величины, мы показали, это для одного и того же первоначальнаго вещества увеличеніе помола ведетъ лишь къ уменьшенію количества крупныхъ зеренъ, не измѣняя относительнаго количества зеренъ различной степени тонкости.

Съ своей стороны Dr. Michaelis констатировалъ, что, вопреки весьма распространенному мнѣнію, зерна портландскаго цемента, полученные при различныхъ нынѣ извѣстныхъ способахъ помола, имѣютъ почти совершенно одну и ту же неправильную угловатую форму, напоминая своей формой куски обожженнаго цемента, вынутаго изъ печи; внимательное изученіе опубликованныхъ имъ *) результатовъ атмучиванія, показываетъ кромѣ того, что если удалить всѣ зерна превосходящія данную крупность ихъ, то оставшійся порошокъ имѣетъ почти совершенно такой же составъ.

Дознано также, что, каковы бы не были аппараты, примѣняемые для измелченія и способы ихъ примѣненія, весьма трудно увеличить пропорцію мельчайшей пыли (проходящей черезъ сито въ 4900 отверстій). Въ настоящее время принимаютъ вообще, что только одна эта пыль является въ цементахъ дѣятельнымъ веществомъ, и что болѣе крупныя зерна представляются инертными. А потому стремятся къ уменьшенію послѣднихъ. Нѣкоторые инженеры однако полагаютъ, что слишкомъ большая, тонкость помола, порождая очень быстрое схватываніе, обуславливаетъ трудность сохраненія цемента въ магазинахъ, и даже можетъ быть вредна въ нѣкоторыхъ случаяхъ, особенно въ морскихъ сооруженияхъ.

Они признаютъ также необходимымъ, чтобы цементъ содержалъ нѣкоторое количество относительно крупныхъ зеренъ, кото-

*) Thonindustrie—Zeitung, 1895. № 34, 47.

рия своимъ замедленнымъ дѣйствіемъ способствуютъ уменьшенію вреднаго вліянію морской воды въ началѣ твердѣнія раствора.

Многочисленными лабораторными опытами установлено, что растворы, приготовленные съ однимъ и тѣмъ же количествомъ одного и того же песка, но изъ цементовъ разной тонкости помола, сохраняясь въ теченіе одного и того же срока при аналогичныхъ условіяхъ, имѣютъ тѣмъ большее сопротивленіе чѣмъ тоньше измельченъ цементъ. Нижеслѣдующіе опыты, произведенные для разныхъ цементовъ при различныхъ условіяхъ, позволили намъ опредѣлить приблизительно предѣльную величину зеренъ, которыя можно считать инертными. При посредствѣ цемента *A* мы изготовили два другихъ цемента *B* и *C*, замѣняя въ *A* или зерна остающіяся на ситѣ въ 900 отверстій, или зерна удерживаемыя ситомъ въ 4.900 отверстій эквивалентнымъ количествомъ песку той же самой крупности; затѣмъ мы изготовили изъ этихъ трехъ цементовъ *A*, *B* и *C* и того же самага песку растворы одного и того же состава, опредѣляя ихъ сопротивленію въ сроки твердѣнія, достигающіе шести лѣтъ. Цементы *A* и *B* достигали всегда одного и того же сопротивленія, что доказываетъ полную инертность зеренъ, остающихся на ситѣ въ 900 отверстій, даже послѣ нѣсколькихъ лѣтъ твердѣнія раствора. Что касается цемента *C*—онъ давалъ растворы съ сопротивленіемъ вообще весьма немного ниже, чѣмъ растворы изъ цемента *A*. Такимъ образомъ практически можно принять, что активной частью цемента нужно считать лишь зерна, проходящія сквозь сита въ 4.900 отверстій на кв. сантиметрѣ.

Нижеслѣдующая таблица заключаетъ числовыя данныя для одной изъ группъ цѣлаго ряда испытаній, въ которой отступленія наиболѣе значительны.

Схватываніе тѣста изъ чистаго цемента происходятъ быстрѣе для цементовъ съ болѣе тонкимъ помоломъ; но если разсматривать растворы съ пескомъ, въ которыхъ входилъ одинъ и тотъ же цементъ различной степени измельченія, но въ такой пропорціи, чтобы всѣ растворы содержали одинаковое количество активныхъ зеренъ, то оказывается, что продолжительность схватыванія будетъ почти одна и таже.

Что касается плотности, пористости и проницаемости растворовъ, а также разрушенія ихъ внѣшними причинами, то вліяніе тонкости помола цемента должно признать ничтожнымъ въ сравненіи съ вліяніемъ степени крупности песка.

Только одно сопротивленіе измѣняется въ зависимости отъ большаго или меньшаго содержанія активныхъ зеренъ.

Что касается вліянія внутреннихъ разрушительныхъ дѣятелей, то оно оказывается различнымъ въ зависимости отъ тонкости измельченія продукта. При испытаніяхъ чистаго тѣста изъ весьма тонкаго цемента констатировано, что увеличеніе его объема (вздутіе) происходитъ безъ появленія трещинъ, вслѣдствіе того, что всѣ части цемента расширяются равномерно; въ цементахъ крупнаго помола это явленіе вызываетъ трещины и разрывы. И то и другое

Составъ образцовъ.

	Крупныя зерна, оставшіяся на ситѣ въ 900 отв.	Среднія зерна, 900—4900	Мелкія зерна, прошедшія черезъ сито въ 4900 отв.	
	19%	31%	50%	
Чистый цементъ	цемента	цемента	цемента	образецъ А.
Тотъ-же цементъ, въ 900 отв. на которомъ замѣнены пескомъ той же са- мой крупности зер- на, остающіеся на ситѣ въ: { кв. см .	песку	цемента	цемента	образецъ В.
	песку	песку	цемента	образецъ С.

Испытаніе схватыванія.

	Образецъ А.		Образецъ В.		Образецъ С.	
	часовъ:	мин.:	часовъ:	мин.:	часовъ:	мин.:
Испытаніе съ чистымъ тѣстомъ. На- чало схватыванія, определенное иглой Вика въ 300 грамъ,	—	28	—	13	—	16
Испытаніе раствора { съ естественнымъ пескомъ (1 ч, це- мента, 3 песку)	Стержень въ 5 мм. въ сторону кв. сѣченія и съ нагрузкой въ 2500 гр.					
Время, по прошествіи котораго опускае- мый съ предосто- рожною стержень квадратн. сѣченія, останавливается на половинѣ высоты въ толщѣ раствора, достигающей 9 сан- тиметровъ	1	30	2	10	1	35
	Стержень въ 10 мм. въ сторону кв. сѣченія и съ нагрузкой въ 1000 гр.					
	9	30	9	10	10	45

Испытаніе сопротивленія.

1. Испытанія нормальныхъ изразцовъ, погруженныхъ въ морскую воду.

Родъ испытанія.	Составъ.	Срокъ твер- дѣнія.	Сопротивленіе въ kilo на □ ctm.		
			Образецъ А.	Образецъ В.	Образецъ С.
На разрывъ (Среднее изъ 6 образцовъ).	Чистый це- ментъ.	4 недѣли .	29,7	47,0	21,8
		1 годъ . .	51,8	46,3	31,5
	Нормальный растворъ 1:3.	4 недѣли .	10,5	10,7	9,0
		1 годъ . .	19,4	20,7	15,2

Испытаніе нетрамбованнаго раствора изъ 21 части цемента на 3 естественнаго песку *).

Родъ испытанія.	Среда въ ко- торой сохра- нялись образцы.	Срокъ твер- дѣнія.	Сопротивленіе въ kilo на □ ctm.		
			Образецъ А.	Образецъ В.	Образецъ С.
На разрывъ (Среднее изъ 6 образцовъ).	Морская вода.	12 недѣль .	8,1	8,1	8,6
		1 годъ . .	12,7	14,6	14,4
		6 лѣтъ . .	21,1	24,3	22,8
	Прѣсная вода.	12 недѣль .	6,2	5,9	5,5
		1 годъ . .	10,3	10,9	10,0
		6 лѣтъ . .	17,6	17,3	14,8
	Воздухъ	12 недѣль .	5,4	9,6	6,5
		1 годъ . .	12,2	18,2	13,7
		6 лѣтъ . .	15,1	17,5	12,7
На раздавли- ваніе (Среднее изъ 2 кубиковъ).	Морская вода.	12 недѣль .	23	28	18
		1 годъ . .	38	37	28
		6 лѣтъ . .	82	81	53
	Прѣсная вода.	12 недѣль .	33	35	21
		1 годъ . .	52	51	30
		6 лѣтъ . .	90	88	49
	Воздухъ.	12 недѣль .	30	32	23
		1 годъ . .	59	61	32
		6 лѣтъ . .	80	75	49

*) Тотъ же самый песокъ, что и для растворовъ въ табл. III (въ концѣ книги).

одинаково плохо; но вѣроятно, что въ первомъ случаѣ вліяніе на цементъ заключающихся въ немъ слишкомъ дѣятельныхъ *) составляющихъ менѣе сказывается до употребленія его въ дѣло, чѣмъ во второмъ случаѣ.

Приведенныя данныя склоняютъ къ предпочтенію цементовъ съ наиболѣе тонкимъ измолотъ и нижеприведенная таблица дѣйствительно указываетъ, что за послѣдніе двадцать лѣтъ возрастаетъ требованіе цемента все болѣе и болѣе тонкаго помола.

Техническія условія или указанія практики.	Количество остатка на 100 гр. цемента на ситѣ, содержащемъ въ квадр. сант. отверстій:		
	400	900	4,900
Старыя французскія условія	менѣе 10	„	„
Германскія условія (1878)	„	менѣе 20	„
Германская практика этого времени . .	„	менѣе 10	„
Англійская практика (1880)	15 до 17	„	„
Датскія условія (1881)	„	менѣе 25	менѣе 50
Нью-Йоркскій портъ (1881)	менѣе 10	„	„
Швейцарскія условія (1883)	„	менѣе 15	„
Портъ Leixoes (Португалія 1884) . . .	„	менѣе 15	„
Французская практика (1885)	0	5 до 10	25 до 30
Новыя германскія условія (1886—1887).	„	менѣе 10	„
Англійская практика (1892)	„	„	около 40
Румынія (1893)	„	менѣе 12	„
Компанія Сѣверной желѣзной дороги .	„	„	25—30
Различныя бельгійскія техническія усло- вія (1895—1896)	„	менѣе 10	„

37. Удѣльный вѣсъ.—Различнымъ сортамъ известей и цементовъ вообще соотвѣтствуетъ различный удѣльный вѣсъ, но разница не всегда столь значительна, чтобы ею могли рѣзко характеризоваться эти продукты.

Удѣльный вѣсъ жирной извести, погашенной въ порошокъ близокъ къ 2,25, а удѣльный вѣсъ наиболѣе извѣстныхъ гидравлическихъ известей измѣняется въ предѣлахъ отъ 2,70 до 2,90. Удѣльный вѣсъ портландскаго цемента вообще болѣе высокъ,—онъ измѣняется отъ 3,05 до 3,20 и можетъ даже превосходить эту величину, если количество заключающагося въ немъ желѣза превосходитъ обыкновенное содержаніе его. Между этими двумя категориями остается весьма узкое мѣсто для удѣльныхъ вѣсовъ другихъ родовъ цементовъ. Дѣйствительно цементы изъ граппье, смѣшанные цементы, быстросхватывающіеся или естественные цементы съ медленнымъ схватываніемъ, имѣютъ часто удѣльный вѣсъ ниже 3,00; такъ что, если и можно сказать, что цементъ, имѣющій удѣльный вѣсъ отъ 3,00 до 3,05 не принадлежитъ къ

*) Энергично гидратизирующихся.

классу портландъ-цементовъ, еще вовсе нельзя утвердить, что къ таковымъ непременно принадлежитъ продуктъ имѣющій удѣльный вѣсъ, превосходящій эту послѣднюю цифру. Съ другой стороны шлаковые цементы, удѣльный вѣсъ которыхъ колеблется между 2,75 и 2,90. и тѣмъ рѣзко разнится отъ собственно цементовъ, смѣшиваются съ классомъ гидравлическихъ известей.

Удѣльный вѣсъ портландъ-цемента не зависитъ отъ степени обжига, которому цементъ подвергался: съ другой стороны—онъ понижается вообще при стремленіи его фальсифицировать прибавкой постороннихъ веществъ. Однако опредѣленіе удѣльнаго вѣса можетъ дать иногда полезное указаніе.

Опредѣленіе удѣльнаго вѣса необходимо производить надъ невывѣтрившимся вяжущимъ веществомъ, такъ какъ поглощенные влажность и углекислота уменьшаютъ удѣльный вѣсъ.

Наконецъ каковъ бы то ни былъ примѣняемый продуктъ, необходимо знать его удѣльный вѣсъ, чтобы имѣть возможность высчитать (какъ это ниже указано) элементарный объемный составъ и плотность раствора, въ который входитъ это вяжущее вещество.

Въ столбцѣ 3 таблицы указаны удѣльные вѣса нѣкоторыхъ вяжущихъ веществъ (см. конецъ книги).

38. Вѣсъ единицы объема.—Вѣсъ единицы объема известей и цементовъ (или „кажущаяся плотность“) весьма измѣняется въ зависимости отъ способа его опредѣленія, имъ пользуются для перевода вѣсовыхъ отношеній на объемныя и наоборотъ. Перечисленія этого рода могутъ быть точны лишь въ томъ случаѣ, когда вѣсъ единицы объема опредѣленъ въ условіяхъ аналогичныхъ тѣмъ, которыя будутъ существовать при самыхъ работахъ, требующихъ этого перечисленія; а именно нужно принимать въ соображеніе объемъ и степень уплотненія порошкообразнаго продукта. Напримѣръ, вѣсъ кубическаго метра, вычисленный для одного и того же цемента, можетъ быть равенъ 1250 или 1350 kilo, смотря потому производилось ли измѣреніе для одного литра или одного гектолитра.

Это совершенно невѣрное мнѣніе, что вѣсъ единицы объема указываетъ на качество продукта, даже если измѣреніе производится всегда въ одинаковыхъ условіяхъ. Вѣсъ единицы объема менѣе зависитъ отъ удѣльнаго вѣса вещества, чѣмъ отъ степени его измельченія, и болѣе тонкій порошокъ будетъ и болѣе легкимъ.

Скорѣе еще можно искать нѣкоторыя указанія, сравнивая вѣсъ литра вяжущихъ веществъ, удаливъ предварительно наиболѣе крупныя зерна извѣстнымъ ситомъ. Вообще существуетъ большая разница между вѣсомъ литра цемента и большинства постороннихъ веществъ, которыя могутъ быть къ нему примѣшаны. Даже можно констатировать, тщательно удаляя зерна извѣстной крупности, что извести и шлаковые цементы вѣсятъ менѣе, чѣмъ собственно цементы, между которыми портландскій цементъ вообще имѣетъ наибольшій вѣсъ литра. Однако весьма вѣроятно, что

этотъ результатъ обязанъ въ большей мѣрѣ значительной степени измельченія такихъ мягкихъ веществъ, какъ известъ и мало обожженный цементъ, содержащихъ большое количество весьма тонкой пыли.

Принимаютъ, что всѣхъ литра неуплотненной тонкой пыли, прошедшей черезъ сито въ 4.900 отверстій на кв. сантиметръ измѣняется вообще отъ 500 до 800 gr. для известей, болѣе или менѣ гидравлическихъ, отъ 700 до 1000 граммъ для мало обожженныхъ цементовъ и съ примѣсями и отъ 950 до 1.200 граммъ для портландскаго цемента.

39. Химическій составъ.—Вышеприведена таблица средняго состава различныхъ гидравлическихъ вяжущихъ веществъ. Столбцы 4 и 10 таблицы I указываютъ въ частности химическіе составы для нѣкоторыхъ изъ нихъ (см. конецъ книги).

Но хотя анализъ съ большой точностью указываетъ количество химическихъ элементовъ, весьма трудно распознать какимъ образомъ они соединены между собой въ безводномъ продуктѣ, и какъ они группируются подѣ дѣйствіемъ воды во время схватыванія и твердѣнія продукта.

Въ настоящее время близко извѣстно вліяніе большинства химическихъ составляющихъ, наичаще встрѣчаемыхъ въ гидравлическихъ вяжущихъ веществахъ; для известей вліяніе это уже описано *) Durand Claye и Derôme, которое здѣсь и приводится.

„Посторонними веществами составляющими известняки, кромѣ углекислоты и извести, являются существенно: кремнеземъ, глиноземъ, окись желѣза, магнезія, и въ подчиненномъ количествѣ: сѣрная кислота, **) фосфорная кислота **) органическія вещества и вода.

„Кромѣ того известъ, полученная обжиганіемъ известняковъ, содержитъ часто нѣкоторое количество золы горючаго матеріала, примѣнявшагося для обжига.

„Изучимъ послѣдовательно вліяніе этихъ веществъ на качества извести.

„*Летучія вещества.*—Летучія вещества,—вода, органическія вещества не оказываютъ вліянія, такъ какъ они устраняются во время обжига и не переходятъ въ известъ. Однако известъ почти всегда содержитъ нѣкоторое количество углекислоты, не выдѣлившей при обжигѣ, или поглощенной во время пребыванія ея на воздухѣ; а также немного влажности, происшедшей тѣмъ же путемъ. Присутствіе углекислоты, когда оно значительно, ослабляетъ въ извести присутія ей свойства.

„*Кремнеземъ.*—Кремнезему принадлежитъ наибольшее вліяніе на гидравличность известей. Всѣ известняки, примѣняемые для

*) Ниже приводимое описаніе вліянія химическихъ составляющихъ на свойства известей (и отчасти цементовъ) находится въ I-ой части „Chimie appliquée“ (стр. 66 и 72) изъ которую и ссылается Feret, мы здѣсь его переводимъ, отмѣчая кавычками (“)

**) Конечно въ видѣ солей.

приготовленія гидравлическихъ известей, заключаютъ кремнеземъ. Этотъ кремнеземъ находится въ нихъ, то въ соединеніи съ известью, то съ другими основаніями,—это становится очевиднымъ при дѣйствіи на гидравлическую известь сильныхъ кислотъ, при чемъ кремнеземъ садится тогда въ студенистомъ видѣ. Наиболѣе извѣстныя гидравлическія извести представляютъ кремнеземистую известь. Такъ тейльская известь содержитъ обыкновенно отъ 23 до 40% по вѣсу кремнезема.

„При обжигѣ известняковъ, содержащихъ кремнеземъ въ заключающейся въ нихъ глинѣ, или имѣющихъ его въ видѣ весьма тонкой пыли, разсѣянной по всей массѣ, онъ воздѣйствуетъ химически, и известь при этомъ становится гидравлической. Когда кварцевый песокъ находится въ формѣ болѣе или менѣе замѣтныхъ по величинѣ зеренъ, то онъ, входитъ при обжигѣ въ химическое соединеніе съ известью. Не сообщая вовсе извести гидравлическихъ свойствъ, онъ дѣлаетъ ее лишь болѣе тощей.

„*Глиноземъ*—Роль глинозема не столь существенна. Присутствіе его иногда не такъ необходимо, чтобы сдѣлать известь гидравлической, такъ онъ почти совершенно отсутствуетъ въ Тейльской извести.

„Однако свойства этого вещества далеки оттого, чтобы оно было инертно. Въ присутствіи кремнезема, вѣроятно вслѣдствіе химическаго сродства его къ этой кислотѣ, онъ увеличиваетъ гидравлическія свойства известей, которыя возрастаютъ не только съ количествомъ кремнезема, но и съ количествомъ глины, т. е. кремнекислаго глинозема. Однако отношеніе глинозема къ кремнезему должно заключаться въ нѣкоторыхъ предѣлахъ. Когда этотъ предѣлъ пройденъ, только часть глинозема является дѣятельной, остальная становится инертной, только отощая известь.

„*Окислы желѣза и марганца*.—Присутствіе этихъ окисловъ остается, повидимому, безъ вліянія на свойства извести. Но они, вѣроятно, полезны при обжигѣ цементовъ, облегчая образованіе сложныхъ силикатовъ, которымъ приписываютъ свойства присущія этимъ продуктамъ.

„*Магнезія*.—Дѣйствіе магнезіи не опредѣлено съ полнотью до сихъ поръ. Vicat послѣдовательно приписывалъ ей нулевое значеніе и весьма замѣтное вліяніе на гидравличность известей въ зависимости отъ увеличенія ея количества. Но едва ли можно получить промышленнымъ путемъ гидравлическую известь изъ магнезіальныхъ известняковъ, особенно при отсутствіи въ нихъ кремнезема и глинозема, элементовъ преимущественно обуславливающихъ на гидравлическія свойства.

„Но магнезія, когда она присутствуетъ въ значительномъ количествѣ въ сильно обожженномъ продуктѣ, какъ напр. цементы, можетъ быть источникомъ серьезныхъ измѣненій въ возведенной постройкѣ. Она, кажется, не соединяется подобно извести съ глиноземомъ и кремнеземомъ известняковъ, а остается въ состояніи

свободной жженой магнезии тѣсно перемѣшенной съ цементомъ. Последняя, вслѣдствіе свойственнаго ей сродства къ водѣ, гидратируется послѣ употребленія въ дѣло раствора, въ которомъ она включена, съ болѣе или менѣе значительной быстротой, смотря по влажности атмосферы, въ которой находится возведенное сооруженіе. *) Гидратация магнезии вызываетъ значительное увеличеніе въ объемѣ (вздутіе), порождающее огромное давленіе въ швѣ кладки, что можетъ повлечь за собой разрушеніе каменной кладки.

„*Сѣра и сѣрная кислота.* Нѣкоторые известняки содержатъ сѣрную кислоту въ формѣ сѣрнокислой извести или сѣрнистыя соединенія, напр. сѣрный колчеданъ. Во время обжиганія горючіе газы производятъ различное дѣйствіе въ зависимости отъ состава ихъ. При окислительномъ пламени сѣрнистыя соединенія могутъ превращаться въ сѣрнокислыя, наоборотъ, при восстановительномъ пламени сѣрнокислыя соединенія переходятъ въ сѣрнистыя. При присутствіи сѣрнокислой извести считается вредной для гидравлическихъ продуктовъ, съ одной стороны вслѣдствіе растворимости ея въ водѣ, а съ другой по причинѣ того, что, будучи сильно обожжена она гидратируется медленно, подобно магнезии, и производитъ аналогичное послѣдней дѣйствіе.

„Что касается сѣрнистыхъ соединеній, то вліяніе ихъ не опредѣлено вполне хорошо, но вѣроятно, что они вскорѣ переходятъ въ сѣрнокислыя соли.

„*Фосфорная кислота.*—Въ большинствѣ известняковъ находятся слѣды фосфорной кислоты, и нѣкоторые портландскіе цементы содержатъ ее до $\frac{1}{1000}$ по вѣсу. Еще не изучено какое вліяніе имѣетъ фосфорная кислота на схватываніе известей. Если количество ея незначительно, то вѣроятно, что она только нейтрализуетъ известь и дѣлаетъ инертной небольшую часть ея. Рѣже бываетъ, что известняки содержатъ значительное количество фосфорной кислоты, но въ такомъ случаѣ они примѣняются въ агрономіи, а не для приготовленія извести.

„*Щелочи.* Въ большей части известей и особенно цементовъ встрѣчается небольшое количество щелочей, кали или натра, попавшихъ или изъ глины, или изъ золы горючаго матеріала. Щелочи, кажется, имѣютъ нѣкоторое вліяніе, по крайней мѣрѣ косвенное, на качества извести. Когда обжигаютъ глинистый известнякъ въ соприкосновеніи со щелочами, то послѣднія дѣйствуютъ на силикаты, облегчая плавленіе ихъ.

При одной и той же степени жара можно получить въ присутствіи щелочей болѣе прочное соединеніе кремнезема и болѣе энергичныя химическія реакціи. Это вліяніе ощутительно особенно

*) Роль магнезии объяснена здѣсь не достаточно ясно. Дѣло въ томъ, что окись магнезии имѣетъ меньшее сродство къ водѣ чѣмъ окись кальція, гидратация магнезии медленнѣе гидратация извести, и обыкновенно начинается когда послѣдняя уже закончилась, и общая масса вяжущаго вещества, содержащаго избытокъ извести, достаточно отвердѣла.

при фабрикаціи цементовъ, качества которыхъ въ большой степени зависятъ отъ обжига и отъ температуры плавленія получающихся силикатовъ.“

Вліяніе въ цементахъ выше разсмотрѣнныхъ веществъ почти тоже самое. Во § 2 этой главы мы увидимъ, что главными дѣятелями при схватываніи и твердѣніи являются кремнеземъ и глиноземъ, къ нимъ присоединяется также, хотя болѣе косвенно, сѣрная кислота и, можетъ быть, щелочи и часть желѣза. Мы скажемъ здѣсь только нѣсколько словъ о послѣдствіяхъ присутствія болѣе или менѣе значительнаго количества желѣза, сѣрной кислоты и магнезій.

Микроскопическія изслѣдованія обожженного портландъ-цемента до его измола, а затѣмъ послѣ его схватыванія показали, что часть желѣза играетъ во время обжига роль плавня, но что этотъ плавень, среди коего образуются химически дѣятельные кристаллы, самъ остается инертнымъ и находится въ неизмѣненномъ видѣ въ отвердѣвшемъ цементномъ тѣстѣ. Изъ этого можно заключить, что избытокъ желѣза, введеннаго напр. ввидѣ окиси желѣза въ известковую смѣсь, чтобы облегчить обжигъ, можетъ представлять опасность, изолируя инертнымъ и непроницаемымъ для воды веществомъ активныя составляющія цемента. Что касается сѣрной кислоты, присутствіе ея въ цементахъ въ большомъ количествѣ считается опаснымъ. Дѣйствительно констатировано, что прибавленіе нѣкотораго количества, даже довольно слабого, гипса или алебаstra, вызываетъ разрушеніе главнѣйше въ растворахъ, погруженныхъ въ воду, и въ частности особенно въ морскую воду. Возможно однако, что сѣрнокислая известь, содержащаяся въ известнякахъ и обожженная при приготовленіи цемента, не имѣетъ столь вредныхъ свойствъ и возможно допустить ее содержаніе до нѣсколькихъ сотыхъ. Магнезія можетъ быть не заслуживаетъ вполнѣ той дурной репутаціи, которую ей придаютъ послѣ неблагопріятныхъ случаевъ съ цементами, содержавшихъ значительное количество ея. Въ настоящее время повидимому доказано, что констатируемое вспучиваніе, происходитъ вслѣдствіе медленнаго гашенія этого основанія въ отвердѣвшей уже кладкѣ. Но вслѣдствіе того, что известь гасится болѣе или менѣе трудно, въ зависимости отъ природы вещества, изъ которой ее извлекаютъ, а также и высоты температуры, достигнутой при обжигѣ, нѣтъ ничего невѣроятнаго въ томъ, что для магнезіальныхъ цементовъ возможно отыскать способы фабрикаціи, устраняющія опасенія подобныхъ неблагопріятныхъ измѣненій съ таковыми цементами. Какъ бы то ни было, мы не имѣемъ въ настоящее время никакихъ данныхъ, позволяющихъ опредѣлить предѣльное количество магнезій, которое безъ опасенія можно допустить въ гидравлическихъ вяжущихъ веществахъ.

Дѣйствіе атмосферы.—Выше было указано, что если оставить на воздухѣ куски извести или цемента, еще не превращенные въ порошокъ, то они гасятся и распадаются въ мелкія крошки послѣ болѣе или менѣе продолжительнаго времени, въ зависимости отъ

ихъ химическаго состава и температуры при которой они обожжены. Для порошкообразныхъ продуктовъ происходитъ тоже самое, съ тою лишь разницею, что явленіе ускоряется измельченіемъ вещества.

Подъ вліяніемъ атмосферной влаги оставшаяся еще свободной окись кальція гасится, разсыпаясь въ мелкія зерна, и обуславливаетъ увеличеніе объема продукта. Это увеличеніе объема, весьма слабое для хорошо погашенныхъ известей, достигаетъ значительной степени для цементовъ, въ томъ случаѣ когда они содержатъ большое количество свободной окиси кальція, не вошедшей въ соединеніе, вслѣдствіе недостаточнаго обжига цемента.

Углекислота воздуха соединяется также съ нѣкоторой частью извести, входящей въ составъ гидравлическаго вяжущаго вещества, и дѣлаетъ ее безучастной въ схватываніи продукта, уменьшая тѣмъ его энергію.

Если дѣйствіе атмосферы продолжается, влажность можетъ вызвать затвердѣніе части цемента, что выражается присутствіемъ въ продуктѣ болѣе или менѣе твердыхъ кусочковъ.

Произведенные нами анализы подобныхъ кусочковъ и цементовъ, мало подвергшихся дѣйствію атмосферы, показали, что вообще количество углекислоты, содержащейся въ этихъ кусочкахъ, почти вдвое больше количества поглощенной ими воды.

Вообще говоря, константировано, что свѣже-приготовленные цементы имѣютъ склонность вспучиваться при употребленіи ихъ въ дѣло. Ускоренное дѣйствіе атмосферы (вывѣтриваніе) вызываетъ въ цементѣ гидратацию излишне энергичныхъ соединений и устраняетъ отчасти причиняемая ими неудобства.

При продолжительномъ дѣйствіи атмосферы схватываніе цемента подвергается значительнымъ измѣненіямъ, оно всегда оканчивается уменьшеніемъ быстроты схватыванія, но менѣе продолжительное вывѣтриваніе часто вызываетъ и сильное ускореніе схватыванія *).

Что касается сопротивленія растворовъ (сохранявшихся въ одинаковыхъ условіяхъ), механическимъ усиліямъ, то оно, вообще говоря, тѣмъ слабѣе, чѣмъ долѣе подвергался цементъ, до его примѣненія въ дѣло, дѣйствію атмосферы. Нижеслѣдующія двѣ таблицы иллюстрируютъ только что описанныя явленія; первая изъ этихъ таблицъ извлечена изъ нашего сочиненія, подробно рассматривающаго вывѣтриваніе портландъ-цемента **).

Результатомъ вышесказаннаго является то, что если продолжительное вывѣтриваніе цемента ослабляетъ его вяжущую способность, то, съ другой стороны, часто опасно бываетъ примѣнять въ дѣло слишкомъ свѣжій цементъ; т. е. вообще говоря, лучше держаться середины. Мы полагаемъ, что если общее содержаніе

*) Candlot приписываетъ причину этого ускоренія образованію соединенія, происходящаго въ соприкосновеніи съ водой, между сѣрно-кислой известью и глиноземомъ, возникновенію котораго въ свѣжихъ (невывѣтрившихся) цементахъ препятствуетъ присутствіе свободной извести.

**) Annales des Ponts et chaussées, 1890, I p. 364 и 375.

Состояніе це- мента передъ примѣненіемъ въ дѣло.	Срокъ схваты- ванія.	Колѣчество воды для затворенія.	Сопротивленіе въ кіло на <div>□</div> см. послѣ различныхъ сроковъ тверднія въ морской водѣ.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
			Разрыву						Раздавливанія																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
			Среднее для 6 образцовъ въ 5 см.						Среднее для 4 кубиковъ въ 5 см.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Продолжи- тельность вывѣтри- ванія ¹⁾ .	Начало.	Конечъ.	Чист. цементъ. %	Норм. растворъ %	1 недѣля.	4 недѣли.	12 недѣль.	26 недѣль.	1 годъ.	2 годъ.	Чистый цементъ.						Нормальный рас- творъ 1:3.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
											Чистый цементъ.						Нормальный растворъ 1:3.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
											Чистый цементъ.						Нормальный растворъ 1:3.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
											Чистый цементъ.						Нормальный растворъ 1:3.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
											Чистый цементъ.						Нормальный растворъ 1:3.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
летучаго.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	ч. м.	

¹⁾ Тотъ же самый порландъ-цементъ, тонкій слой котораго подверженъ дѣйствію влажной атмосферы; время отъ времени образующіеся комки разались и цементъ превращивался.

²⁾ Цементъ затворенъ непосредственно послѣ выхода изъ ситъ и охлажденія.

воды и углекислоты (летучихъ веществъ) въ цементъ не превосходитъ по вѣсу 5⁰/₀, нечего опасаться за потерю сопротивленія отъ происшедшаго вывѣтриванія. Если же содержаніе летучихъ веществъ болѣе значительно, то нѣтъ необходимости изъ за этого браковать цементъ, но придется увеличить его пропорцію въ растворѣ *). Невозможно „à priori“ опредѣлить предѣлъ срока сохраненія цементовъ, обусловливающаго съ одной стороны гашеніе опасныхъ, излишне дѣятельныхъ веществъ, содержащихся въ цементѣ, а съ другой—значительное ослабленіе энергіи цемента, такъ какъ скорость поглощенія воды и углекислоты зависитъ отъ состоянія атмосферы и отъ условій магазинированія и сохраненія цемента. Въ бочкахъ цементъ сохраняется весьма долго безъ измѣненія; въ мѣшкахъ измѣненіе происходитъ болѣе быстро, особенно въ мѣстахъ соприкосновенія съ холстомъ и даже вслѣдствіе увеличенія объема могутъ происходить разрывы послѣдняго. Трудно судить о степени вывѣтриванія извѣстнаго запаса цемента по времени, протекшему съ его приготовленія; болѣе основательно отъ времени до времени брать пробы изъ различныхъ мѣстъ магазина и подвергать испытанію на потерю при прокаливаніи, постоянство объема, срока схватыванія и сопротивленія механическимъ усиліямъ.

Во всякомъ случаѣ необходимо избѣгать оставлять на дворѣ мѣшки или открытые бочки съ цементомъ, или недостаточно предохраненныя отъ непогоды, потому что въ такомъ случаѣ цементъ быстро портится. Очевидно, что воздухъ дѣйствуетъ не съ одинаковой силой на разнаго рода гидравлическія вяжущія вещества, и что тѣ изъ нихъ, которыя имѣютъ большую жадность къ водѣ, измѣняются быстрѣе. Такъ быстро схватывающіеся цементы при сохраненіи въ магазинѣ, въ большинствѣ случаевъ сравнительно въ короткое время, теряютъ свои характерныя свойства. Наоборотъ, шлаковыя цементы и особенно гидравлическія известы, схватываніе которыхъ вообще болѣе медленно чѣмъ портландскаго цемента, могутъ кажется дольше сохраняться безъ замѣтнаго измѣненія, чѣмъ этотъ послѣдній. Кромѣ того эти вещества, въ которыхъ известъ находится въ видѣ гидрата, должны (если гашеніе ихъ было совершенно) имѣть весьма малое стремленіе къ соединенію съ атмосферной влагой и могутъ быть измѣняемы лишь дѣйствіемъ углекислоты воздуха.

Наконецъ вяжущія вещества одной и той же природы, но различающіяся тонкостью помола, должны вывѣтриваться тѣмъ быстрѣе, чѣмъ тоньше измельчены. Но каковъ бы ни былъ рассматриваемый продуктъ, будетъ неправильно заключеніе, что чѣмъ ниже его качества, тѣмъ онъ больше способенъ измѣняться подъ дѣйствіемъ атмосферы. Напротивъ, это указываетъ обыкновенно на значительную энергію, еще остающуюся въ большинствѣ случаевъ послѣ умѣренного дѣйствія влажнаго воздуха.

*) Очевидно, что это правило не относится ни къ известямъ, ни къ шлаковымъ цементамъ, которые уже и въ свѣжемъ состояніи имѣютъ значительное содержаніе летучихъ веществъ, главнѣйше воды, послужившей для гашенія.

41. Дѣйствіе воды или соляныхъ растворовъ.—При взбалтываніи порошкообразныхъ гидравлическихъ матеріаловъ съ избыткомъ воды, они подвергаются разложенію, увеличивающемуся съ теченіемъ времени. Но констатируемыя при этомъ явленія не аналогичны тѣмъ, которыя сопровождаютъ схватываніе, потому что разбавленіе водой совершенно различно для обоихъ случаевъ, и условія химическаго равновѣсія не одни и тѣ же.

Вслѣдствіе таковой же причины неправильно было бы считать свободной известью ту, которая растворяется въ избыткѣ воды и примѣнять это какъ средство для ея опредѣленія. Кромѣ того показано, что количество извести, извлекаемое изъ одного и того же цемента измѣняется въ широкихъ предѣлахъ въ зависимости отъ условій опыта. Дѣйствительно она является въ такомъ случаѣ продуктомъ неполнаго разложенія известковыхъ солей, мало стойкихъ въ присутствіи воды, разложенія довольно медленнаго и останавливающагося при томъ или другомъ предѣлѣ, въ зависимости отъ температуры, количества воды, природы и количества различныхъ другихъ веществъ, присутствующихъ въ цементѣ.

Нижеслѣдующая таблица указываетъ количество извести извлекаемое чистой водой или растворомъ сахара 1:10 изъ одного и того же портландскаго цемента при постоянной температурѣ и при измѣняющихся условіяхъ времени и массы.

Вѣсъ цемента, приводимаго въ соприкосновеніе съ 1 литромъ жидкости	2	10	50	10	10	10	граммъ.
	минуть	минуть	минуть	часа	часа	дней	
Продолжительность соприкосновенія (при частомъ взбалтываніи)	15	15	15	2	24	7	
Вѣсъ извести, растворяющейся въ 1 литрѣ воды. { чистой раствор. сахара	0,13	0,19	0,36	0,24	0,29	1,09	граммъ.
	0,18	0,47	0,66	0,52	0,64	0,68	граммъ.
Вѣсовое количество извести, извлеченной водой изъ 100 вѣсов. частей цемента { чистая вода растворъ сахара	6,5	1,9	0,7	2,4	2,9	10,9	%
	9,0	4,7	1,3	5,2	6,4	6,8	%

Взбалтывая порошкообразный портландскій цементъ съ чет-
вернымъ по вѣсу количествомъ воды въ нѣсколькихъ совершенно
одинаковыхъ и хорошо закупоренныхъ стеклянкахъ и отфильтро-
вывая содержимое каждой стеклянки черезъ различные проме-

жутки времени, мы производили анализы отфильтрованных жидкостей, причемъ было констатировано, что ранѣе всего растворяются щелочи, известъ, сѣрная кислота и иногда глиноземъ. По прошествіи нѣкотораго промежутка времени, который не превосходилъ вообще $1\frac{1}{2}$ часа послѣдняя составляющая исчезла изъ жидкости; въ тоже самое время количество сѣрной кислоты, существовавшей въ видѣ растворимыхъ соединений, увеличивалось повидимому тѣмъ быстрѣе, чѣмъ большей быстротой схватыванія обладалъ испытуемый цементъ, и также затѣмъ исчезли, такъ что въ концѣ опыта жидкость содержала лишь известъ и свободныя щелочи ¹⁾.

Если опытъ производить со значительно большимъ количествомъ воды, и при томъ продолжать его до нѣсколькихъ дней, или даже нѣсколькихъ мѣсяцевъ, то можно констатировать, что щелочность жидкости увеличивается со временемъ до извѣстнаго предѣла зависящаго отъ природы цемента и количества воды, взятыхъ для опыта.

Кромѣ того, по прошествіи извѣстнаго момента, когда цементъ обнаружить стремленіе къ схватыванію, которому надо тщательно воспрепятствовать частымъ взбалтываніемъ, то происходитъ образованіе въ жидкости весьма легкихъ хлопьевъ, объемъ которыхъ можетъ сдѣлаться весьма значительнымъ.

Обрабатывая тотъ-же самый цементъ сильно разбавленными кислотами или растворами солей, можно наблюдать также, что получаемые результаты зависятъ отъ времени соприкосновенія и объема, примѣняемыхъ растворовъ, съ цементомъ. Нельзя думать, что при этомъ разлагаются главныя составляющія гидравлическихъ вяжущихъ веществъ, и скорѣе возможно, что мало стойкія въ подобныхъ условіяхъ соединенія подвергаются болѣе или менѣе полному разложенію въ зависимости отъ природы и количества различныхъ веществъ, при этомъ присутствующихъ. Въ частности является интереснымъ дѣйствіе на известъ и цементы хлористаго магнія и сѣрнокислой магнезій. При этомъ часть извести вяжущаго вещества соединяется съ кислотной группой этихъ солей, а магнезія выдѣляется въ видѣ бѣлаго осадка. Этотъ опытъ, продѣланный впервые Vicat, выясняетъ до нѣкоторой степени разрушительное дѣйствіе морской воды на известковые растворы. Также само растворимыя сѣрнокислыя соли даютъ съ известью гидравлическихъ вяжущихъ веществъ сѣрнокислую известъ, которая, если встрѣчается въ растворѣ выше нѣкотораго весьма малаго количества, можетъ вызвать, особенно въ соприкосновеніи съ водой, весьма опасныя разрушенія раствора.

¹⁾ Candlot сдѣлалъ въ этомъ отношеніи много опытовъ, которые привели его къ интереснымъ заключеніямъ (Ciments et Chaux hydrauliques. Annexe II). Однако его методъ, состоявшій въ томъ, что брались отдѣльныя фракціи изъ одного и того же сосуда, а удаленное количество жидкости, замѣщаясь водой, имѣлъ то неудобство, что условія опыта постоянно мѣнялись.

§ 2. Схватываніе и твердѣніе.

42. Опредѣленіе этихъ понятій. — „Схватываніемъ“ называютъ совокупность явленій, наблюдаемыхъ при переходѣ тѣсной смѣси известей или цементовъ съ водой изъ пластичнаго тѣста въ твердое состояніе; „твердѣніемъ“ называютъ дальнѣйшее прогрессивное увеличеніе крѣпости уже твердой массы.

Начинается-ли схватываніе вслѣдъ за введеніемъ воды или только по прошествіи нѣкотораго времени? Какъ примѣръ можно назвать гипсъ, который при соприкосновеніи съ водой растворяется въ ней и выкристаллизовывается лишь по прошествіи нѣсколькихъ минутъ, обуславливая почти моментальное и весьма рѣдко выраженное схватываніе. Для цементовъ и особенно для известей, веществъ менѣе однородныхъ чѣмъ гипсъ, явленіе это рѣдко выражается столь ясно. Дѣйствіе воды начинается немедленно, но только спустя нѣкоторое время можетъ вызвать измѣненіе консистенціи; затѣмъ пластичность уменьшается незамѣтно и масса становится способной противустоять, безъ видимой деформаци ея, все болѣе и болѣе значительнымъ усиліямъ.

Опредѣленіе твердаго состоянія можетъ быть только относительно и трудно указать съ какого момента должно считать растворъ перешедшимъ въ таковое, и намѣтить точно границу, соотвѣтствующую концу схватыванія и началу твердѣнія.

Въ дѣйствительности, „твердѣніе“ ничто иное какъ продолженіе „схватыванія“, и оба эти явленія суть только двѣ послѣдовательныя фазы одного и того же. Мы ихъ изучимъ одновременно.

43. Роль углекислоты. — Для нѣкоторыхъ вяжущихъ веществъ углекислота, содержащаяся въ воздухѣ или въ водѣ, играетъ важнѣйшую роль при ихъ отвердѣваніи. Если тѣсто изъ жирной или тощей извести помѣститъ въ воздухѣ, лишенномъ углекислоты, оно подвергается усушкѣ, сопровождаемой появленіемъ трещинъ, какъ это наблюдается для глины, и во все время опыта пріобрѣтаетъ лишь ту степень консистенціи, которая обуславливается сближеніемъ частицъ вслѣдствіе высыханія. То же самое тѣсто въ обыкновенномъ воздухѣ поглощаетъ углекислоту своею поверхностью и пріобрѣтаетъ нѣкоторую твердость, вслѣдствіе образованія углекислой извести. Но это дѣйствіе ограничивается лишь поверхностнымъ весьма тонкимъ слоемъ и подымается въ глубину лишь крайне медленно. Кромѣ того, это дѣйствіе весьма различно въ зависимости отъ состоянія тѣста, и можетъ быть близко къ нулю, если масса слишкомъ смочена водой или, на оборотъ, слишкомъ суха. Лучшимъ условіемъ является умѣренная влажность тѣста и нѣкоторая пористость его; съ этой послѣдней цѣлью полезно раздѣляетъ частицы извести зернами песка.

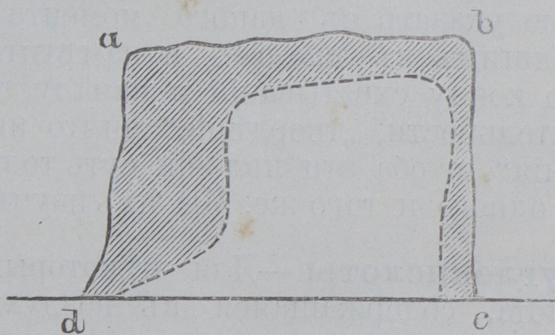
Форма поверхности также вліяетъ на поглощеніе углекислоты, которое тѣмъ значительнѣе, чѣмъ поверхность болѣе неровна и

шероховата. На фигурѣ 20 воспроизведенной по Вика, заштриховкой указано распространение поглотивших углекислоту частей куска известковаго тѣста по истеченіи одного года. Часть *cd* находилась въ соприкосновеніи съ доской; поверхность *bc* была сглажена лопатой; поверхность *ab* была оставлена неровной, а часть *ad* представляла поверхность излома.

Тѣсто изъ жирной извести, оставленное во влажномъ пространствѣ безъ избытка углекислоты, остается мягкимъ въ теченіе безконечно большаго промежутка времени.

Въ отношеніи схватыванія и твердѣнія тощія извести проявляютъ тотъ же характеръ, что и жирныя, отличаясь лишь тѣмъ, что при высыханіи тѣсто ихъ подвергается меньшей усадкѣ.

Что касается болѣе или менѣе гидравлическихъ известей, то онѣ менѣе способны растрескиваться и обязаны своимъ свойствомъ схватываться подъ водой образованію химическихъ соединений заключающихся въ нихъ элементовъ. Однако онѣ содержатъ еще нѣкоторое количество гидрата извести, который при твердѣніи принимаетъ участіе, свойственное въ этомъ отношеніи жирной извести, и, какъ эта послѣдняя, подвергается благоприятному дѣйствію углекислоты.



Фиг. 20.

По результатамъ анализовъ, сдѣланныхъ Вика для растворовъ различнаго состава, изъ которыхъ нѣкоторые твердили въ продолженіи нѣсколькихъ столѣтій, можно даже заключить, что съ теченіемъ времени углекислота вытѣсняетъ другіе группы элементовъ, какъ напр. кремнеземъ, изъ соединений, образуемыхъ ими съ известью; такъ что растворы, будутъ ли они изъ жирной или гидравлической извести, стремятся къ нѣкоторому конечному состоянію, при которомъ вся известь будетъ превращена въ углекислую соль ея.

При схватываніи цементовъ, происходящихъ въ нѣсколько часовъ, углекислота играетъ лишь совершенно второстепенную роль; напротивъ при твердѣніи она оказываетъ полезное вліяніе, нейтрализуя могущую содержаться въ цементѣ свободную известь, такъ же и гидратъ извести, освобождающійся при реакціяхъ твердѣнія. Въ этомъ дѣйствіи углекислоты можно убѣдиться, сравнивая сопротивленіе одинаковыхъ образцовъ, изъ которыхъ одни

сохранялись во влажной атмосферѣ въ отсутствіи углекислоты, а другіе въ соприкосновеніи съ этимъ газомъ.

Наконецъ, углекислота, растворенная въ морской водѣ, является однимъ изъ наиболѣе важныхъ элементовъ, противодѣйствующихъ разложенію раствора, вызываемому морскими солями, потому что она образуетъ съ известью раствора твердую корку, обуславливающую непроницаемость массива ¹⁾).

44. Пуццоланическія явленія.—Вторую причину отвердѣванія вяжущихъ веществъ представляютъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ такъ называемые пуццоланическія явленія, заключающіяся въ дѣйствіи на известь примѣшанныхъ къ ней для образованія раствора пуццоланическихъ веществъ.

Для опредѣленія пуццоланическаго характера вещества, какъ это дѣлалъ Вика, измельчаютъ это вещество въ тончайшій порошокъ и приводятъ въ соприкосновеніи съ опредѣленнымъ объемомъ титрованной известковой воды; тогда, по прошествіи нѣкотораго времени, можно констатировать ослабленіе количества извести въ известковой водѣ; слѣдовательно при этомъ происходитъ соединеніе извести съ нѣкоторыми элементами пуццоланическаго вещества.

Многочисленные опыты Вика и др. излѣдователей не привели къ выводу какихъ либо опредѣленныхъ отношеній между химическимъ составомъ этихъ веществъ и степенью энергіи къ образованію изъ соединеній съ известью. Нѣкоторыя пуццоланы, имѣющія совершенно аналогичный химическій составъ, даютъ въ этомъ отношеніи различные результаты въ зависимости отъ ихъ физической природы или способа приготовленія. Однако изъ этихъ опытовъ выведено, что только кремнеземъ, когда онъ встрѣчается въ нѣкоторомъ, тоже мало изученномъ состояніи, обуславливающимъ его растворимость, можетъ проявить весьма рѣзко выраженные пуццоланическія свойства.

Неоспоримо также, что однимъ изъ соединеній, которое при этомъ образуется и можетъ обусловить твердѣніе, является силикатъ извести. Что касается роли другихъ элементовъ, то она мало извѣстна.

Повидимому и нѣкоторые другія составляющія, въ частности глиноземъ, способствуютъ иногда увеличиванію пуццоланическаго дѣйствія вещества, но нельзя сказать дѣйствуетъ ли онъ при этомъ непосредственно на известь съ образованіемъ новыхъ соединеній, обуславливающихъ твердѣніе смѣси, или же присутствіе его въ соединеніи съ кремнеземомъ дѣлаетъ только этотъ послѣдній болѣе легко усвояемымъ. Мы уже говорили, при описаніи фабрикаціи шлаковаго цемента, что въ настоящее время только эмпирически можно указать составъ шлаковъ, пригодныхъ для этой цѣли.

¹⁾ Различные анализы этой корки указываютъ намъ, что дѣйствительно она состоитъ изъ смѣси въ различныхъ пропорціяхъ гидратовъ и углекислыхъ солей извести и магнезій.

Анализъ древнихъ растворовъ, изготовленныхъ на жирной извести, указываетъ, что иногда даже столь инертный кварцевый песокъ уступаетъ, съ теченіемъ долгаго времени, часть своего кремнезема извести, что было констатировано непосредственными опытами (Petzholdt).

Дѣйствіе собственно естественныхъ пуццоланъ и обожженной глины очень медленно; кромѣ того для проявленія этими веществами всей энергіи ихъ, весьма важно, чтобы они были приведены въ состояніе наибольшаго измельченія.

Смѣсь извести и особаго рода пуццоланы, употребляемой для приготовленія продукта, носящаго названіе шлаковаго цемента, имѣетъ несравненно большую энергію, какъ о томъ свидѣтельствуется сравнительно быстрое схватываніе и почти немедленно достигаемое этимъ веществомъ сопротивленіе механическимъ усиліямъ. Эти свойства отчасти происходятъ отъ значительной степени измельченія и однородности смѣси, но они обязаны также и тому, что зерненный шлакъ имѣетъ много большее сродство къ извести, чѣмъ ранѣе примѣнявшіяся пуццоланы, что можно непосредственно доказать, сравнивая при помощи вышеуказаннаго метода Вика, различныя вещества, приведенныя предварительно къ одной степени измельченія.

Наконецъ, полезная роль пуццоланическихъ веществъ не ограничивается только смѣсями, образуемыми ими съ жирными и гидравлическими известями,—очевидно, что ихъ сродство къ извести проявляется всякій разъ, когда они находятся въ соприкосновеніи съ этимъ основаніемъ. Въ частномъ случаѣ добавленія ихъ къ цементамъ, они должны вступать въ соединеніе съ свободной известью, если она осталась въ цементѣ и, во всякомъ случаѣ, съ гидратомъ извести, выдѣлившимся при реакціяхъ гидравлическаго схватыванія цементовъ, и это дѣйствіе пуццоланическихъ веществъ должно благопріятствовать твердѣнію, уничтожая неудобства, вызываемыя избыткомъ извести. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ появились нѣкоторыя изслѣдованія въ этомъ отношеніи, но заключенія ихъ пока еще оспариваются.

Съ своей стороны мы произвели цѣлую серію изысканій по этому предмету, изъ которыхъ можно заключить, что прибавленіе нѣкоторыхъ пуццоланическихъ веществъ можетъ въ большинствѣ случаевъ уничтожать избытокъ извести въ цементахъ и увеличить ихъ сопротивленіе. Мы приводимъ здѣсь только какъ примѣръ нижеслѣдующую таблицу въ которой даны результаты испытаній растворовъ, изготовленныхъ изъ одного и того же портландскаго цемента и песка, къ которымъ прибавлялись пуццоланическія вещества, приведенныя въ состояніе измельченія близкому къ таковому для цемента; растворы сохранялись въ морской водѣ, будучи погружены въ нее по прошествіи 48 часовъ послѣ затворенія.

Эти цифры подтверждаютъ только что сказанное о пуццоланическомъ дѣйствіи, возрастающемъ, начиная съ кварцеваго песка, естественныхъ пуццоланъ и до зерненныхъ шлаковъ; а именно

таблица показываетъ, что смѣси равныхъ частей цемента и естественныхъ пуццоланъ имѣютъ почти одинаковую энергію, что и чистый цементъ.

Далѣе (въ парагр. 111) мы вернемся къ этому предмету и покажемъ какъ можно воспользоваться этими свойствами для практическихъ цѣлей.

Наименованіе пуццоланическихъ веществъ.	Составъ раствора (по вѣсу).			Сопротивленіе раздѣ- влянію (kilo на см ²) по про- шествіи:	
	Цементъ.	Пуццоланическихъ веществъ.	Песку.	4 недѣль.	1 года.
Не прибавлено	2	0	4	51	104
Песокъ ¹⁾	1	1	4	18	51
Gaize ²⁾	1	1	4	49	143
Трассъ	1	1	4	54	89
Зерные шлаки ³⁾	1	1	4	131	179

¹⁾ Этотъ песокъ содержалъ 20% известняка введеннаго во время помола.

²⁾ Естественная пуццолана изъ Арденнъ, содержащая около 97% кремнезема.

³⁾ Шлаки, служащіе для приготовленія шлакового цемента.

45. Гидравлическое схватываніе. — Характерное свойство гидравлическихъ вяжущихъ веществъ заключается въ способности образовывать при смачиваніи водой, даже безъ добавки другихъ веществъ, тѣсто, схватывающееся въ водѣ, безъ участія углекислоты. Мы уже рассмотрѣли въ историческомъ очеркѣ первыя изслѣдованія, имѣвшія цѣлью объяснить первоначальную причину гидравличности. Съ того дня, какъ Вика опредѣленно установилъ, что причина эта кроется въ элементахъ глины, содержащейся въ известнякахъ, или искусственно добавленной къ нимъ, предстояло изслѣдовать:

1) Группировку, происходящую во время обжига между известью и различными элементами глины;

2) Реакціи, происходящія между водою и соединеніями составляющими вяжущее вещество;

3) Механизмъ твердѣнія, вызываемый этими реакціями.

Мы не будемъ углубляться въ разборъ многочисленныхъ работъ опубликованныхъ по этому предмету. Хотя большинство этихъ работъ принадлежатъ извѣстнымъ ученымъ и содержать весьма цѣнныя наблюденія, но заключенія разныя у разныхъ авторовъ. Эти разногласія происходятъ, какъ намъ кажется, по

двумъ главнымъ причинамъ, съ одной етороны, влѣдствіе трудности воспроизвести съ чистыми веществами въ лабораторіи, въ маломъ видѣ, тѣ условія обжига цементовъ, которыя существуютъ въ промышленности, на заводѣ; во вторыхъ, по причинѣ крайней неустойчивости солей, составляющихъ гидравлическія вяжущія вещества, въ присутствіи воды и неполнаго разложенія ихъ въ соединенія, составъ которыхъ разнится въ зависимости отъ количества реагирующей воды.

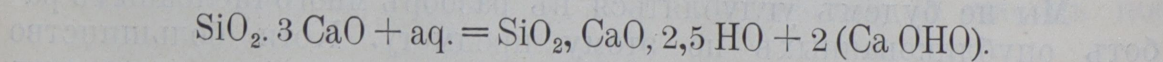
Нѣкоторыя теории объясняютъ схватываніе простымъ дѣйствіемъ пуццоланическихъ веществъ, образующихся при обжигѣ глины на свободную известь, встрѣчающуюся въ избыткѣ въ цементахъ. Мнѣніе это, принадлежащее главнѣйше Grémy, почти совершенно оставлено и большинство авторовъ придерживаются въ настоящее время того мнѣнія, что схватываніе есть результатъ гидратации известковыхъ солей, образующихся во время обжига или же другихъ аналогичныхъ солей, являющихся результатомъ двойнаго разложенія первыхъ въ соприкосновеніи съ водой.

Но и теперь еще не опредѣлено точно число и составъ этихъ солей и реакціи ихъ взаимодѣйствія.

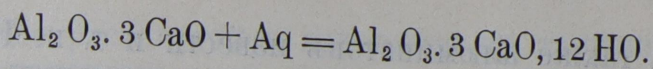
Составъ соединеній, происходящихъ при дѣйствіи высокой температуры на болѣе или менѣе глинистые известняки зависитъ отъ относительнаго количества заключающихся въ нихъ составныхъ веществъ, и отъ условій обжига. Вѣроятно, что при этомъ можетъ образоваться большое количество простыхъ и двойныхъ солей, имѣющихъ кислотными группами кремнеземъ, глиноземъ, желѣзную кислоту и ангидридъ сѣрной кислоты, а основаніями известь, магнезію, щелочи, и можетъ быть, окиси желѣза и глиноземъ.

Наиболѣе извѣстными являются: алюминатъ извести, $Al_2O_3 \cdot 3CaO$, способствующій весьма быстрому схватыванію, и, особенно силикатъ извести, $SiO_2 \cdot 3CaO$, который, по изслѣдованію Н. Le Chatelier, представляютъ главную составную часть цементовъ. Этотъ ученый показалъ, что въ тонкомъ шлифѣ, приготовленномъ изъ куска неизмолотаго цемента, наблюдается подъ микроскопомъ въ поляризованномъ свѣтѣ большое количество хорошо образованныхъ кристалловъ трехъизвесткового силиката, которые исчезаютъ въ цементѣ послѣ его затворенія; напротивъ, этотъ послѣдній содержитъ кристаллы гидрата извести, часто весьма хорошо развитые.

Слѣдовательно основная реакція должна заключаться въ разложеніи трехъизвесткового силиката на известь и менѣе основной силикатъ, которые гидратируются и выкристаллизовываясь, обусловливаютъ твердѣніе цемента. Le Chatelier выражаетъ эту реакцію формулой:



Тотъ же ученый полагаетъ, что трехъизвестковый алюминатъ непосредственно гидратируется въ соприкосновеніи съ водой, подобно гипсу, образуя сильно пересыщенные растворы:



Эта соль, согласно изысканіямъ Candlot ¹⁾ и Michaëlis ²⁾ можетъ вступать въ соединеніе съ двумя съ половиной частицами сѣрноокислой извести, давая двойную соль, кристаллизующуюся съ весьма значительнымъ количествомъ, и, повидимому, играющую весьма важную роль при разрушеніи растворовъ въ морской водѣ.

Хотя въ настоящее время и имѣется весьма мало положительныхъ данныхъ о соляхъ, входящихъ въ составъ гидравлическихъ вяжущихъ веществъ, и о тѣхъ реакціяхъ, въ которыя онѣ вступаютъ при соприкосновеніи съ водой, но механизмъ схватыванія кажется вполне опредѣленно выясненъ Le Chatelier, исходя изъ различія растворимости разныхъ гидратовъ одной и той же соли.

Вообще говоря, эти гидраты имѣютъ разную растворимость и тѣ изъ нихъ, которые въ данныхъ условіяхъ опыты менѣе растворимы, являются наиболѣе стойкими въ тѣхъ же самыхъ условіяхъ.

Поэтому, если взять для болѣе растворимаго гидрата нѣкоторое количество воды, недостаточное для полного растворенія его, то образуется пересыщенный растворъ и не стойкій, изъ котораго вскорѣ выдѣляется осадокъ менѣе растворимаго гидрата, а освободившееся количество воды идетъ на раствореніе слѣдующей порціи и это продолжается непрерывно до исчезновенія или всей воды или первоначальной соли.

„Отвердѣваніе гидравлическихъ вяжущихъ веществъ, пишетъ Le Chatelier ³⁾, представляетъ, во всѣхъ случаяхъ, результатъ кристаллизаціи гидратныхъ составляющихъ, быстро переходящихъ черезъ состояніе растворимости. Но крѣпость подобной окристаллизованной массы можетъ измѣняться въ значительныхъ предѣлахъ въ зависимости отъ формы, размѣровъ и способа агрегаціи образующихся кристалловъ. Вообще сцѣпленіе частицъ отдѣльныхъ кристалловъ значительно выше сцѣпленія сосѣднихъ кристалловъ между собой; чѣмъ больше поверхность соприкосновенія кристалловъ, чѣмъ больше общее сцѣпленіе, тѣмъ сопротивленіе массы будетъ значительнѣе. Найдено, что всѣ кристаллы, выдѣляющіеся изъ пересыщенныхъ растворовъ, имѣютъ это свойство и оно въ нихъ тѣмъ болѣе рѣзко выражено, чѣмъ болѣе пересыщенъ былъ растворъ. Выкристаллизовываясь изъ пересыщенныхъ растворовъ, сѣрноокислый натрѣ, уксуснокислый натрѣ, сѣрноватистокислый натрѣ, образуютъ нитевидные кристаллы, длиною въ нѣсколько сантиметровъ и толщиною менѣе $\frac{1}{10}$, миллиметра. Можно доказать, что тоже самое происходитъ при схватываніи

¹⁾ Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, juillet, 1890, et Ciments et Chaux hydrauliques, p. 250.

²⁾ Сопротивленіе гидравлическихъ вяжущихъ веществъ дѣйствию морской воды. Bruxelles. 1896.

³⁾ Annales des Mines, Septembre-Octobre, 1893.

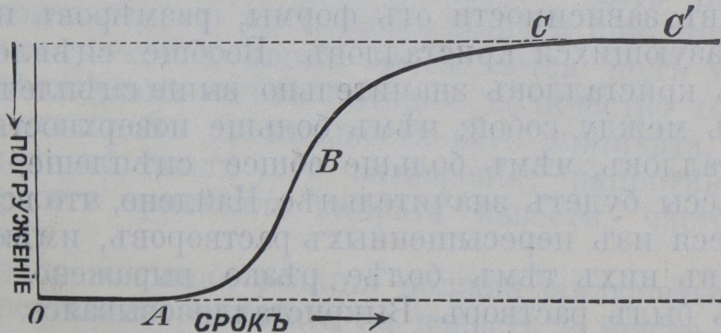
ваніи гипса, а также алюминатовъ извести и т. п. Но значительная удлиненность кристалловъ и, какъ результатъ этого, крѣпость ихъ могутъ измѣняться въ значительныхъ предѣлахъ въ зависимости отъ степени пересыщенности жидкости, которая въ свою очередь зависитъ отъ многихъ обстоятельствъ: тонкости измельченія безводной соли, количества центровъ кристаллизаціи и т. п. Это и является причиной того, что гидравлическія вяжущія вещества, весьма близкія по своей природѣ, даютъ столь разнящіеся результаты при употребленіи ихъ на практикѣ, также какъ и при испытаніяхъ сопротивленій ихъ механическимъ усиліямъ.

Le Chatelier добавляетъ, что для того, чтобы произошло отвердѣваніе необходимо, чтобы безводная соль могла въ соприкосновеніи съ водой существовать нѣкоторое время, не соединяясь съ нею, а только просто въ ней растворяясь. Нѣкоторыя тѣла, весьма жадно соединяющіяся съ водой, какъ напр., окись кальція, гидратируются безъ предварительнаго растворенія съ разрушеніемъ и вспучиваніемъ вещества.

46. Ходъ процесса схватыванія и твердѣнія.—

Послѣдовательныя состоянія отвердѣванія, черезъ которые переходитъ тѣсто или растворъ гидравлическаго вяжущаго вещества, кажется не подчинены какому-либо опредѣленному закону.

Во время періода пластичнаго тѣстообразнаго состоянія, можно приблизительно слѣдить за ходомъ отвердѣванія, измѣряя время отъ времени глубину опусканія стержня, опредѣленнаго сѣченія и вѣса, въ опредѣленную массу вещества; или, также, измѣряя усиліе, необходимое для опусканія даннаго стержня на одну и ту же глубину. Когда вещество пріобрѣтетъ нѣкоторую консистенцію, наиболѣе простымъ является постепенное испытаніе сопротивленій образцовъ, аналогично изготовленныхъ, и сохраняемыхъ въ одинаковыхъ условіяхъ.

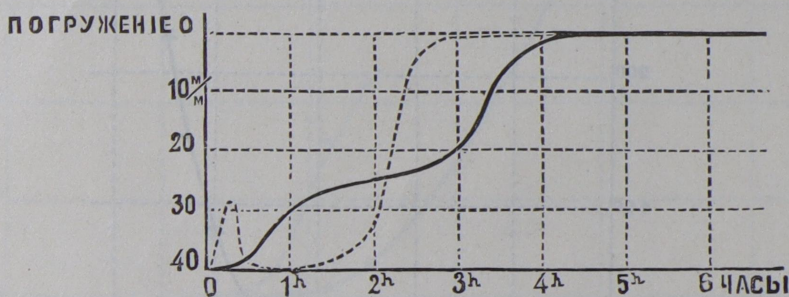


Фиг. 21.

Во всякомъ случаѣ весьма удобно представить происходящія явленія графически при посредствѣ кривыхъ, принимая за абсциссы срокъ, истекшій послѣ затворенія и за ординаты или глубину опусканія стержня, или усиліе, нужное для его углубленія или механическое сопротивленіе образца.

Многочисленные опыты привели насъ къ заключенію, что кривыя углубленія стержня являются близкими къ формѣ буквы S,

болѣе или менѣе растянутой и находятся въ тангенціальномъ отношеніи съ горизонтальными прямыми, отвѣчающими наибольшему углубленію (линія 0,А) и нулевому (линія СС'). Производя испытанія въ совершенно одинаковыхъ условіяхъ, можно констатировать, что для быстро схватывающихся цементовъ точка А сравнительно ближе къ точкѣ О и прямая АВС, становясь болѣе восходящей, приближается къ вертикальной прямой. Напротивъ, для медленно схватывающихся веществъ, какъ напр., шлаковые цементы и особенно извести, начальная точка А кривой вообще болѣе удалена отъ точки О и кривая, значительно наклоненная къ окиси абсциссъ, восходитъ медленно съ двумя перегибами. Однако для нѣкоторыхъ веществъ можно констатировать весьма разное восхожденіе этой кривой, хотя и медленно происходящее въ началѣ, или, наоборотъ, кривая образуетъ нижній перегибъ вскорѣ послѣ затворенія, но затѣмъ поднимается медленно и достигаетъ верхняго перегиба лишь по прошествіи долгаго промежутка времени.



Фиг. 22.

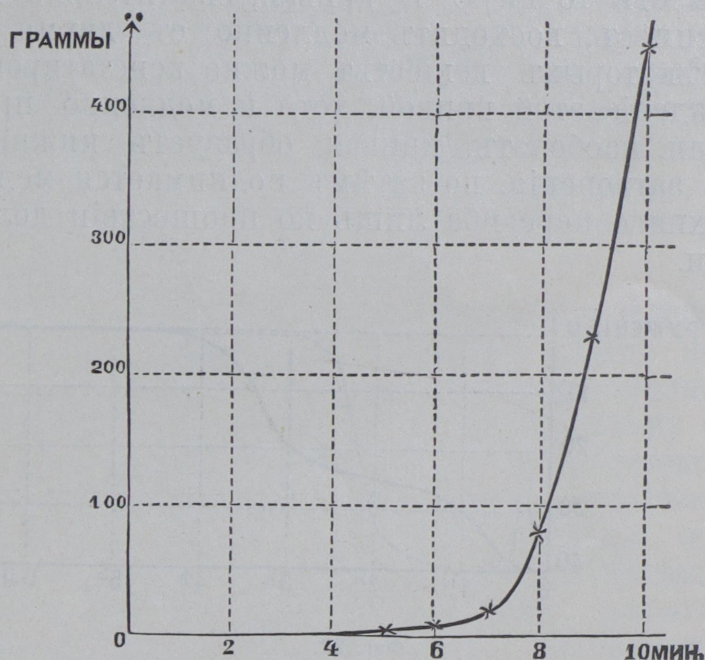
Въ нѣкоторыхъ случаяхъ (фиг. 22) мы констатировали площадку, указывающую вѣроятно на быстро наступившую пріостановку схватыванія (сплошная черта), или, даже, опусканіе кривой, вѣроятно соответствующее періоду размягченія массы и вновь слѣдующему за нимъ схватыванію (пунктирная черта).

Вѣроятно къ тому же роду явленій принадлежитъ такъ называемое двойное схватываніе, наблюдаемое для нѣкоторыхъ образцовъ. Во время затворенія происходитъ весьма быстро наступающее схватываніе, которое нарушается дальнѣйшими манипуляціями и тѣсто затѣмъ начинаетъ отвердѣвать лишь спустя довольно долгій промежутокъ времени. Для растворовъ, содержащихъ песокъ, это явленіе менѣе ясно, но извѣстно однако, что каменщики, перемѣливая снова растворъ съ прибавкой или безъ прибавки воды, придаютъ отвердѣвшимъ частямъ его первоначальную пластичность. Candlot показалъ, что этотъ практическій пріемъ можетъ повести къ опаснымъ послѣдствіямъ *).

Существуетъ весьма немного опытовъ надъ опредѣленіемъ схватыванія при посредствѣ измѣренія усилія, необходимаго для

*) Ciments et Chaux hydrauliques. Annexe V.

опусканія стержня на одну и ту же глубину. Фигуры 23 и 24, составленныя по даннымъ Le Chatelier *), выражаютъ (въ функціи времени, истекшаго послѣ затворенія), усилія, необходимыя для проникновенія иглы, имѣющей 1 мм. въ сторонѣ квадратнаго сѣченія ея, на глубину 20 мм. въ массу тѣста, толщиною въ 50 мм. Фиг. 23 соотвѣтствуетъ цементу съ быстрымъ схватываніемъ, а фиг. 24—естественному цементу, сохранявшемуся на воздухѣ (пунктирная черта) и въ водѣ (сплошная черта).



Фиг. 23.

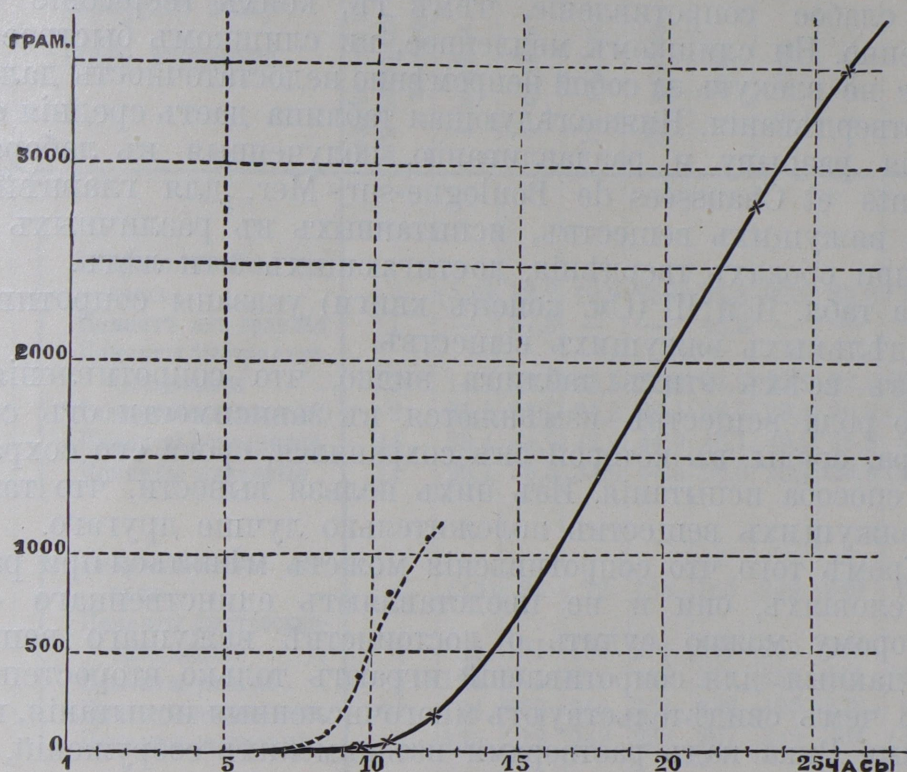
Кривыя сопротивленія, изображающія ходъ твердѣнія гидравлическихъ веществъ, примѣняются большинствомъ лицъ, производящихъ опыты надъ известями и цементами. Эти кривыя показываютъ, вообще говоря, что сопротивленіе весьма быстро возрастаетъ втеченіе первыхъ дней, нѣсколько менѣе быстро въ послѣдующія недѣли, и затѣмъ все медленнѣе и медленнѣе втеченіе многихъ лѣтъ.

Однако для вяжущихъ веществъ дурнаго качества, или когда растворъ подверженъ неблагопріятнымъ вліяніямъ, можетъ произойти, по прошествіи нѣкотораго срока, болѣе или менѣе рѣзкій скачекъ.

Въ зависимости отъ того, заключалась-ли причина этого нарушенія въ ходѣ кривой въ силахъ дѣйствующихъ внутри, самого цемента или же внѣ его, сопротивленіе можетъ или все болѣе понижаться, или-же, наоборотъ, вслѣдствіе уничтоженія этой вредно дѣйствующей причины на твердѣніе раствора и еще

*) Commission des Méthodes d'Essai. t. IV p. 130.

находящегося въ немъ запаса энергіи, оно снова начнетъ повт-
щаться *). Не наблюдается никакого опредѣленнаго соотношенія
въ сопротивленіи, достигаемомъ растворами одного и того же со-
става черезъ различные промежутки времени **), также какъ и



Фиг. 24.

между сопротивленіями растворовъ разнаго состава, достигаемыми
черезъ одинаковые сроки твердѣнія ихъ. Невозможно вывести
заключеніе о ходѣ твердѣнія какого-либо цемента по даннымъ
ему подобныхъ и необходимо, если желательно знать послѣдова-
тельность сопротивленій его, подвергнуть образцы его возможно
большему кругу испытаній.

*) При испытаніи на разрывъ образцовъ, сохранявшихся въ морской водѣ, часто
бываетъ, что сопротивленіе цемента, затвореннаго безъ примѣси песка, достигнувъ значи-
тельной величины, быстро падаетъ, между тѣмъ какъ сопротивленіе растворовъ, полученныхъ
изъ смѣси того же цемента съ пескомъ, продолжаютъ правильно возрастать въ сопротивленіи раз-
рыву. Этотъ быстрый скачекъ въ сопротивленіи разрыву долженъ быть приписанъ особой
хрупкости, являющейся результатомъ значительнаго выдѣленія кристалловъ гидрата из-
вести, въ томъ случаѣ, если этому не препятствуютъ зерна песка; это явленіе, по нашему
мнѣнію, вовсе не указываетъ на дурныя качества цемента. Притомъ же при параллель-
номъ испытаніи такого цемента на раздробленіе, такое явленіе наблюдается лишь въ ис-
ключительныхъ случаяхъ.

**) Профес. W. C. Unwin полагаетъ, что законъ измѣненія сопротивленій для одного
и того же раствора выражается въ томъ, что сопротивленіе (y) является нижеслѣдующей
функцией отъ сроковъ твердѣнія его, выраженныхъ въ недѣляхъ:

Вообще говоря, нѣтъ никакого соотношенія между послѣдовательнымъ ходомъ твердѣнія и схватыванія. Даже часто бываетъ, что вяжущія вещества, которыя въ короткое время достигаютъ сравнительно высшей степени отвердѣнія (быстрохватывающіяся), по прошествіи достаточно продолжительнаго срока имѣютъ болѣе слабое сопротивленіе, чѣмъ тѣ, коихъ твердѣніе болѣе постепенно. Ни слишкомъ медленное, ни слишкомъ быстрое схватываніе не влекутъ за собой непременно недостаточность дальнѣйшаго отвердѣванія. Нижеслѣдующая таблица даетъ среднія сопротивленія разрыву и раздавливанію, полученныя въ лабораторіи des Ponts et Chaussées de Boulogne-sur-Mer, для главнѣйшихъ родовъ вяжущихъ веществъ, испытанныхъ въ различныхъ условіяхъ при срокахъ твердѣнія, достигающихъ 6-ти лѣтъ.

На табл. II и III (См. конецъ книги) указаны сопротивленія для отдѣльныхъ вяжущихъ веществъ.

Изъ всѣхъ этихъ таблицъ видно, что сопротивленія для разнаго рода веществъ измѣняются въ зависимости отъ состава раствора, среды въ которой онъ сохранялся, срока его сохраненія и отъ способа испытанія. Изъ нихъ нельзя вывести, что такой то родъ вяжущихъ веществъ положительно лучше другаго.

Кромѣ того что сопротивленія можетъ мѣняться при разнаго рода условіяхъ, они и не представляютъ единственнаго факта, по которому можно судить о достоинствѣ вяжущаго вещества. Часто данныя для сопротивленій играютъ только второстепенную роль, о чемъ свидѣлствуютъ многочисленныя испытанія, произведенныя Вика надъ растворами изъ римскихъ сооружений, оставшихся прочными по прошествіи столькихъ вѣковъ. Сопротивленіе этихъ растворовъ разрыву измѣнялось отъ 1,8 до 11,9 kilo на кв. сантиметръ, а среднее изъ 31 испытанія растворовъ, взятыхъ изъ извѣстнѣйшихъ римскихъ сооружений, равно только 4,32 kilo на кв. сантиметръ.

Кромѣ сопротивленія раствора механическимъ усиліямъ необходимо принимать во вниманіе различные факты,—какъ-то неизмѣняемость подъ вліяніемъ атмосферы и воды, однородность химическаго состава и условія фабрикаціи вяжущаго вещества.

Изъ таблицъ видно, что портландскій цементъ, высокія достоинства котораго показала многолѣтняя практика, занимаетъ иногда въ этихъ таблицахъ предпоследнее мѣсто среди другихъ вяжущихъ веществъ.

$$y = a + b (x - 1)^n,$$

гдѣ a и b являются постоянными для каждаго цемента или раствора, а n —постоянная для одного и того же рода испытаній. (Min. of. Proceed. Inst. Civ. Engineers. vol. LXXXIV. 1886 p., 399.

Примѣняя эту формулу къ цѣлой серіи испытаній, приведенныхъ въ табл. II и III (см. конецъ книги) мы обнаружили, что она далека отъ того, чтобы всегда быть истинной.

Съ своей стороны мы вывели возможное количественное соотношеніе между сопротивленіемъ и срокомъ твердѣнія (см. далѣе). Однако намъ кажется, что она не внушаетъ большаго довѣрія, чѣмъ вышеприведенная, потому что твердѣніе представляетъ весьма сложное явленіе, такъ что невозможно уловить всѣ происходящія измѣненія его.

**Испытанія чистаго тѣста нормальной консистенціи
затвореннаго и сохранявшагося въ морской водѣ ¹⁾.**

Родъ испы- танія.	Природа вяжу- щаго вещества.	Количество образцовъ, изъ котораго выведе- но среднее.	Среднее сопротивленіе ²⁾ въ kilo на кв. сант. по прошествіи							
			1 недѣли.	4 недѣль.	12 недѣль.	26 недѣль.	1 года.	2 лѣтъ.	4 лѣтъ.	6 лѣтъ.
Разрывъ.	Гидравлическая из- весть	5	(5,6)	12,2	19,9	25,3	26,8	26,0	25,0	(23,8)
	Цементъ изъ граппье	1	—	37,6	—	—	48,2	—	—	—
	Цементы быстро схва- тывающіеся . . .	7	14,3	22,1	23,5	23,5	24,3	23,1	22,5	(28,8)
	Различные цементы ³⁾	9	21,5	31,7	34,3	28,1	26,7	29,4	30,8	(38,7)
	Цементы портландск.	44	33,4	44,7	47,9	44,9	46,1	49,2	48,8	50,0
	Цементы шлаковые .	11	29,1	35,3	34,9	34,5	28,8	23,1	23,5	(23,4)
Раздавливаніе.	Гидравлическая из- весть	4	(15)	35	72	138	165	249	269	323
	Цементы быстрохва- тывающіеся . . .	1	81	101	138	205	165	230	238	—
	Цементы разные . .	5	124	171	212	249	275	359	411	(483)
	Цементы портландск.	44	194	279	340	374	432	490	578	660
	Цементы шлаковые .	8	155	219	249	283	307	349	394	(378)

Испытанія чистаго гипса, сохранявшагося на воздухѣ ⁴⁾.

	Сопротивленіе въ kilo на кв. сант. по прошествіи:												
	2 дней.	5 дней.	1 недѣли.	2 недѣль.	4 недѣль.	8 недѣль.	12 недѣль.	18 недѣль.	26 недѣль.	39 недѣль.	1 года.	2 года.	4 года.
Разрывъ.													
Среднее изъ 6 образц. .	15,3	13,5	13,6	12,8	13,8	23,0	21,3	19,6	19,2	24,8	28,4	23,6	24,9
Раздавли- ваніе.													
Среднее изъ 3 кубиковъ.	65	72	65	57	64	112	119	119	93	147	131	143	138

¹⁾ ²⁾ ³⁾ См. слѣд. стран.

⁴⁾ Въ вліяніи непогоды, но при измѣненіяхъ температурныхъ и гидрометрическихъ. Этимъ то измѣненіямъ и слѣдуетъ приписать недостатокъ въ правильности полученныхъ для различныхъ періодовъ сопротивленій.

Испытаніе нормальныхъ уплотненныхъ растворовъ.

(1 вѣсовая часть извести или цемента + 3 части нормального кварцеваго песку; воды для затворенія = 10,5 до 12% по вѣсу сухихъ веществъ)

Затворены и сохраняемы въ морской водѣ.

Родъ испы- танія.	Природа вяжу- щихъ веществъ.	Количество образцовъ, изъ котораго выведе- но среднее.	Среднее сопротивленіе въ kilo на кв. сант. по прошествіи:							
			1 недѣля.	4 недѣли.	12 недѣль.	26 недѣль.	1 года.	2 года.	4 года.	6 лѣтъ.
Разрывъ.	Гидравлическая из- весть	5	(2,9)	7,8	14,6	21,5	21,5	21,2	22,1	(25,2)
	Цементъ изъ граппье	1	—	20,4	—	—	31,2	—	—	—
	Цементы быстро схва- тывающіеся. . . .	7	6,2	13,6	20,6	25,2	27,4	23,0	29,3	(29,9)
	Разные цементы . .	9	8,2	15,2	21,2	27,2	29,1	30,6	32,2	(27,2)
	Цементы портландск.	44	9,5	13,7	17,8	21,3	23,9	25,9	28,0	29,7
	Шлаковые цементы.	11	16,1	22,9	27,9	30,5	32,5	34,0	31,2	(30,8)
Раздавливаніе.	Гидравлическая из- весть.	4	(16)	25	50	84	107	125	152	168
	Цементъ быстро схват.	1	66	88	108	133	143	163	148	—
	Цементы разные . .	5	49	65	84	103	114	151	171	(180)
	Разные портландскіе.	44	60	81	98	110	123	140	164	188
	Шлаковые цементы.	8	88	122	151	166	185	199	222	(205)

1) Для известей образцы были погружены въ воду по прошествіи 7 дневнаго сохра-
ненія ихъ во влажномъ воздухѣ; для другихъ веществъ по прошествіи 24 часовъ.

2) Испытанія на разрывъ произведены надъ нормальными образцами въ 5 кв. сантим.
жанимального сѣченія; для кажлаго испытанія выведено среднее изъ 6-ти разрывовъ. Ис-
пытаніе на раздавливаніе произведено надъ кубиками въ 5 кв. сантим. въ сторонѣ; для
каждаго испытанія взято среднее изъ результатовъ для трехъ кубиковъ, и только иногда—
для двухъ. Данные таблицъ такимъ образомъ представляютъ среднее изъ этихъ среднихъ
результатовъ. Но для долгихъ сроковъ, въ 4—6 лѣтъ, не сохранилось всѣхъ образцовъ и
среднее относится часто къ меньшему числу, чѣмъ указано въ таблицахъ; въ случаѣ если
это среднее выведено изъ количества образцовъ меньшаго чѣмъ половина указаннаго числа
ихъ въ таблицѣ, то такая цифра поставлена въ скобки.

3) Цементы мало извѣсткой фабрикаціи; большая часть ихъ относится къ естествен-
нымъ цементамъ, или къ цементамъ смѣшаннымъ.

Испытанія нормальных нетрамбованных растворовъ съ естественнымъ пескомъ ¹⁾.

(1 часть по вѣсу извести или цемента + 3 части песку; воды для затворенія = 15%—20% отъ вѣса сухихъ веществъ).

Среда сохраненія образцовъ ²⁾	Природа вяжущихъ веществъ.	Количество образцовъ, по которымъ выведено среднее.		Среднее сопротивленіе ³⁾ въ kilo на кв. сантим.							
				Разрывъ.						Раздавливаніе.	
		Разрывъ.	Раздавливаніе.	4 недѣли.	12 недѣль.	26 недѣль.	1 годъ.	2 года.	4 года.	12 недѣль.	1 годъ.
Морская вода.	Гидравлическая известь	8	6	4,8	10,6	13,9	16,4	18,4	19,1	22	56
	Цементъ изъ граппье.	1	0	14,2	19,9	21,4	22,3	25,7	26,1	—	—
	Цементы быстро схватывающіеся	5	5	7,7	13,9	17,7	21,0	24,4	25,9	39	72
	Разные цементы ⁴⁾	12	12	10,4	16,1	20,3	23,7	24,1	27,2	47	80
	Цементы портландск.	26	26	10,8	13,6	15,2	18,2	20,9	23,8	49	70
	Цементы шлаковые	12	11	12,4	16,6	19,9	21,2	23,6	26,1	70	93
Прѣсная вода.	Гидравлическая известь	8	6	3,8	7,2	9,8	14,4	16,4	18,0	19	49
	Цементъ изъ граппье.	1	0	11,0	18,4	17,4	22,9	25,9	28,7	—	—
	Цементы быстро схватывающіеся	5	5	5,7	8,8	12,4	16,1	18,5	20,1	37	74
	Разные цементы ⁴⁾	12	12	8,1	11,5	14,9	20,0	22,9	24,6	45	83
	Цементы портландск.	26	26	9,7	12,8	14,4	17,4	20,3	22,9	59	95
	Цементы шлаковые	12	11	13,2	17,3	20,2	22,5	25,3	28,6	91	116
Воздухъ.	Гидравлическая известь	8	6	4,7	8,8	10,8	12,6	13,6	14,7	18	36
	Цементъ изъ граппье.	1	0	12,1	18,7	20,2	21,5	26,5	27,5	—	—
	Цементы быстро схватывающіеся	5	5	8,3	12,9	13,7	16,8	17,9	20,5	47	71
	Разные цементы ⁴⁾	12	12	8,7	12,5	15,0	19,0	21,7	24,7	54	81
	Цементы портландск.	26	26	11,2	14,1	15,3	18,8	24,8	28,7	61	85
	Цементы шлаковые	12	11	14,2	16,9	17,8	21,1	21,4	22,4	92	111

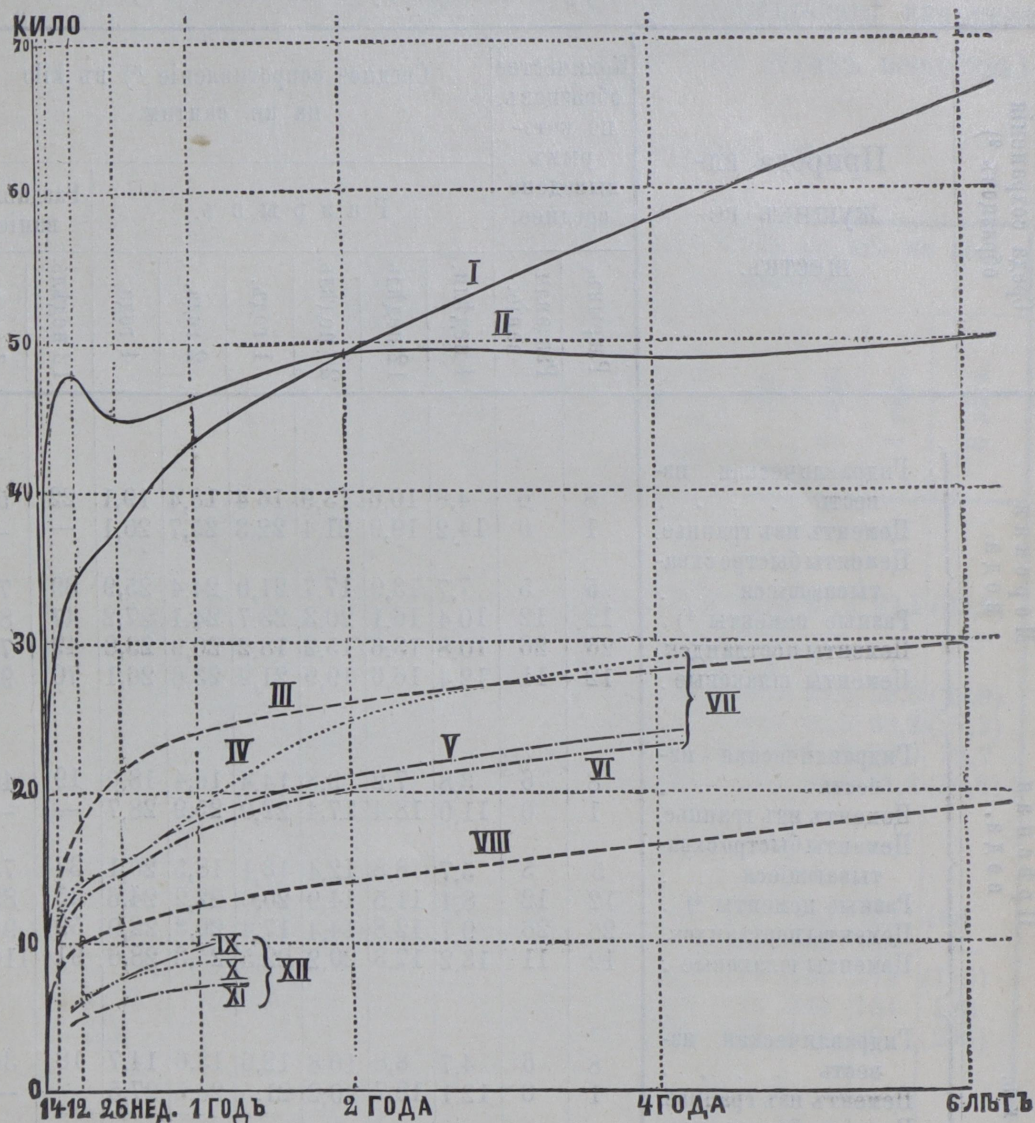
1) Морской песокъ изъ окрестностей Булони, содержащій по вѣсу около 10% крупныхъ зеренъ, проходящихъ черезъ круглыя отверстія въ 5 мм. діаметромъ и удерживаемыхъ таковыми въ 2 мм.; 25% зеренъ средней крупности, проходящихъ черезъ отверстія въ 2 мм. и удерживаемыхъ таковымъ въ 0,5 мм.; и 65% мелкихъ зеренъ, проходящихъ черезъ отверстія въ 0,5 мм.

2) Образцы, сохраняемые въ прѣсной или морской водѣ, были погружены въ нее послѣ 7 дневнаго пребыванія во влажномъ воздухѣ. Образцы, сохранявшіеся въ морской водѣ были и затворены на морской же водѣ, а остальные затворены прѣсной водой.

3) Тоже самое замѣчаніе, что и для выноски 2) предшествующей таблицы.

4) Смотри выноску 3) предшествующей таблицы.

Примѣромъ діаграмъ, которыя могутъ быть построены по даннымъ предшествующихъ таблицъ, является фиг. 25, представляющая измѣненіе сопротивленій различныхъ растворовъ портландскаго цемента. Не трудно замѣтить, что въ періодъ около



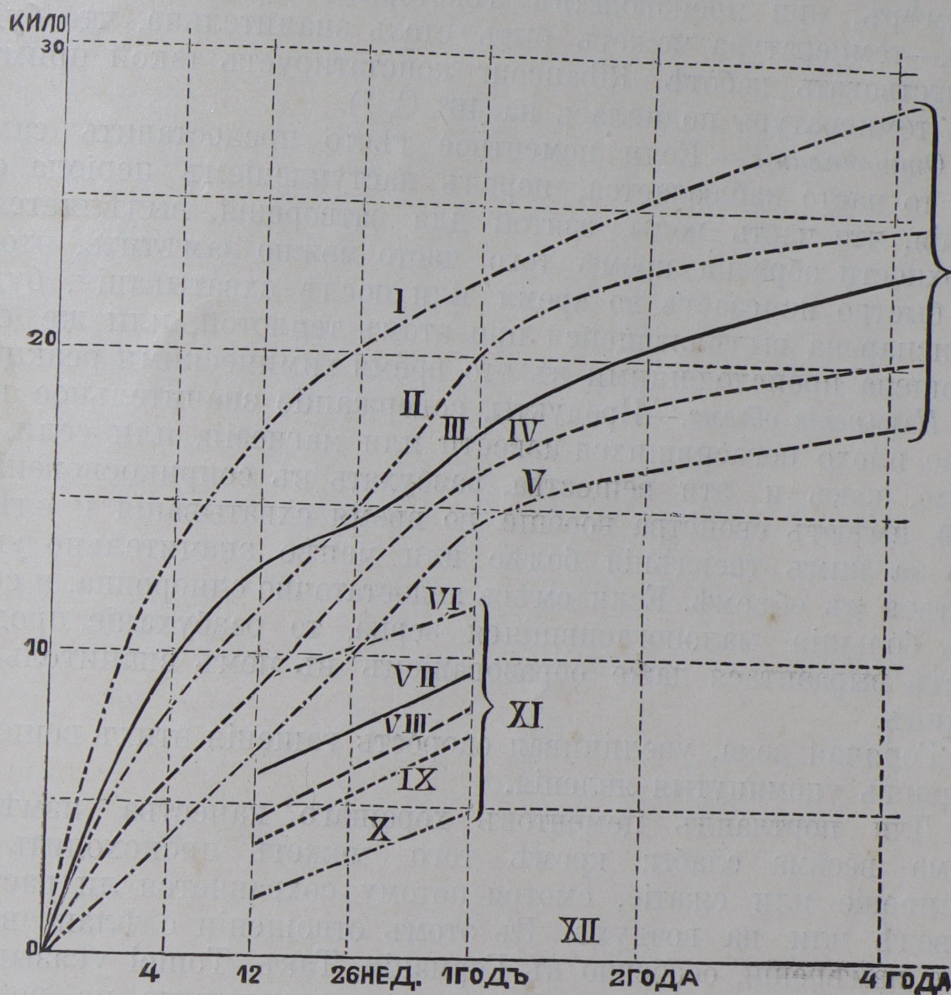
Фиг. 25.

Портландскія цементы. I. Сопротивленія раздробленію чистаго цемента въ морской водѣ, раздѣлен. на 10. II. Сопротивленія разрыву чистаго цемента въ морской водѣ. III. Въ морской водѣ. IV. На воздухѣ. V. Въ морской водѣ. VI. Въ прѣсной водѣ. VII. Сопротивленія разрыву нормальныхъ раств.: 1:3. VIII. Сопрот. раздробл. нормальн. раств., раздѣлен. на 10. IX. Въ прѣсн. водѣ. X. На воздухѣ. XI. Въ морской водѣ. XII. Сопротивл. раздр. нормальн. раствор., 1:3, раздѣл. на 10.

26 недѣль (шести мѣсяцевъ) нѣкоторыя кривыя образуютъ болѣе или менѣе рѣзковыраженный изгибъ. На этой фигурѣ за абсциссы приняты длины, пропорціональныя срокамъ тверднѣнія.

На фиг. 26, — гдѣ сравнены сопротивленія различныхъ родовъ вяжущихъ веществъ, испытанныхъ въ видѣ нетранбовав-

ных растворомъ съ естественнымъ пескомъ, сохранявшихся въ прѣсной водѣ, за абсциссы приняты корни квадратные ихъ сроковъ твердѣнія растворовъ. Этотъ приемъ особенно удобенъ для долгихъ сроковъ, онъ даетъ ясность чертежу во всѣхъ его частяхъ при небольшихъ размѣрахъ его. Зона короткихъ сроковъ, гдѣ особенно интересно изучить измѣненіе сопротивленій, здѣсь вытянута вслѣдствіе удлиненія абсциссы, а зона долгихъ сроковъ, напротивъ сжата, что увеличиваетъ пологость кривыхъ и облегчаетъ глазу замѣтить даже слабыя годичныя измѣненія сопротивленій.



Фиг. 26.

I. Сопрот. разрыву на кв. сант. шлаковыхъ цементовъ. II. Тоже естествен. и смѣшан. цементовъ. III. Тоже, портландск. цементовъ. IV. Тоже, быстросхват. цементовъ. V. Тоже гидравлич. известей VI. Сопротивл. раздавл. на кв. сант., раздѣлен. на 10 для шлаков. цементовъ VII. Тоже, для портланд. цементовъ. VIII. Тоже, для естеств. цементовъ. IX. Тоже, для быстросхват. цементовъ. X. Тоже, для гидравлич. известей.

47. Вторичныя явленія.—Вообще во время схватыванія и твердѣнія гидравлическихъ вяжущихъ веществъ наблюдаются разнаго рода явленія, среди коихъ главные:

Повышеніе температуры.—Сопровождающее схватываніе повышение температуры, являясь весьма незначительнымъ для хорошо

погашенных гидравлических известей, может быть, напротив, очень замѣтнымъ для нѣкоторыхъ вяжущихъ веществъ, напр. для быстросхватывающихъ цементовъ.

За общее правила можно, повидимому, принять, что повышение температуры тѣмъ выше, чѣмъ схватываніе быстрое. Для портландскаго цемента хорошихъ качествъ температура небольшого количества тѣста, надъ которымъ производится опредѣленіе схватыванія, повышается лишь на нѣсколько градусовъ. Но если оперировать съ большой массой цемента, какъ это приходится, напримѣръ, при производствѣ нѣкоторыхъ крѣпостныхъ сооружений,—температура можетъ быть столь значительна, что будетъ препятствовать работѣ. Ribaucour констатируетъ такой примѣръ, когда температура поднялась на 46° C. ¹⁾.

Отпотѣваніе.—Если цементное тѣсто предоставить самому себѣ, то часто наблюдается, передъ наступленіемъ періода схватыванія, что часть воды, взятой для затворенія, выделяется на поверхности образца кромѣ того часто можно замѣтить, что эта вода быстро исчезаетъ во время или послѣ схватыванія, будучи или испарена выделяющейся при этомъ теплотой, или же снова поглощена происходящими въ это время химическими реакціями.

Измѣненіе объема.—Продукты, содержащіе значительное количество плохо погасившихся извести или магнезій, или соли, способные, какъ и эти вещества, разбухать въ соприкосновеніи съ водой, имѣютъ свойства вообще во время схватыванія и слѣдующаго за нимъ тверднѣнія болѣе или менѣе значительно увеличиваться въ объемѣ. Если смѣсь недостаточно однородна, и содержитъ большія малопогасившіяся зерна, то разбуханіе продукта можетъ выразиться даже образованіемъ въ немъ значительныхъ трещинъ.

Горячая вода, увеличивая скорость гашенія этихъ веществъ, ускоряетъ упомянутыя явленія.

Для портландъ цементовъ хорошаго качества измѣненія объема весьма слабы; кромѣ того можетъ происходить или расширеніе или сжатіе, смотря потому сохраняется ли растворъ въ водѣ или на воздухѣ. Въ этомъ отношеніи сдѣлано весьма много измѣреній, особенно въ Германіи. Такъ Tomei указываетъ, что чистые цементы, затворенные и выставленные на воздухъ, претерпѣваютъ сжатіе, достигающее, по прошествіи 1 года $0,2\%$ до $0,7\%$ длины испытываемаго бруска, а въ прѣсной водѣ происходитъ расширеніе ихъ, увеличивающееся со срокомъ погруженія ихъ въ воду ($0,01\%$ до $0,11\%$ по прошествіи 3-хъ мѣсяцевъ), затѣмъ начинающее уменьшаться и могущее сдѣлаться даже отрицательнымъ. Для растворовъ съ пескомъ эти явленія тѣмъ менѣе рѣзко проявляются, чѣмъ менѣе количество цемента въ растворѣ.

Въ практикѣ можно совершенно пренебречь измѣненіями объема въ растворахъ портландъ цемента хорошаго качества.

¹⁾ Commission des Méthodes d'Essai t. IV, p 133.