

35.42

В 68

СССР  
ГУУЗ • НКЧМ

---

# ТРУДЫ

## СИБИРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

имени СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ

---

Инж. Я. С. ВОЛОЖИН

КЛИНКЕРОВАНИЕ ГЛИН  
СТАЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

---

---

ИЗДАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА СИБИРСКОГО  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА  
г. СТАЛИНСК

1939

1939

М 485134

НАУЧНАЯ РЕДАКЦИЯ  
ТРУДОВ СИБИРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО  
ИНСТИТУТА

- Инж. Е. К. Вяткин — металлургия стали
- Проф. Ю. В. Грдина — металловедение
- Инж. Т. М. Голубев — прокатное дело
- Доц. А. И. Сахаров
- Доц. А. И. Смирнов
- Инж. П. С.
- Инж. Э. Х.
- Доц. М. С. печи
- Проф. В. I.
- Инж. А. М.
- Доц. Я. С. диалы
- Доц. М. М. механика
- Доц. П. С. еские

---

Ответственны  
инж

R.S.L. KEMEROVO

LIBER



61015

СССР  
ГУУЗ ● НКЧМ

ЭКТ

# ТРУДЫ

СИБИРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО  
ИНСТИТУТА  
ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ

35.42  
В68

Инж. Я. С. ВОЛОЖИН

КЛИНКЕРОВАНИЕ ГЛИН  
СТАЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

62402  
1958 г.

ИЗДАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА СИБИРСКОГО  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

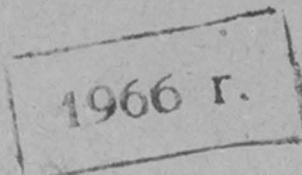
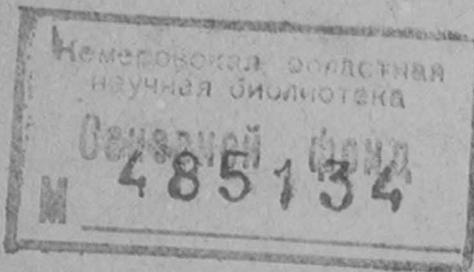
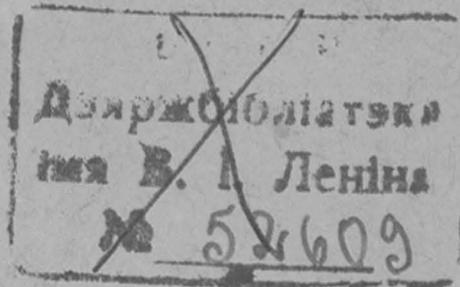
1939

г. СТАЛИНСК

1939

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
I. Общие данные . . . . .	3
Общая характеристика глины . . . . .	4
Отмучивание . . . . .	5
Взловой химический анализ . . . . .	5
Сушка глины . . . . .	6
Пластичность . . . . .	9
Температура плавления . . . . .	9
Отношение глины к нагреванию . . . . .	10
Определение температуры спекания . . . . .	11
Определение прочности на сжатие . . . . .	12
Выводы . . . . .	12
II. Составление шихты для клинкера, метлахских плиток и керамических труб . . . . .	13
III. Общее заключение . . . . .	26



---

Технический редактор Е. И. Бутакова.  
Тираж 350 экз. Печ. л. 1<sup>3</sup>/<sub>4</sub>, учетно-автор. л. 2<sup>5</sup>/<sub>8</sub>.  
Сдано в набор 31/I 1939 г.  
Подписано к печати 3/VII-1939 г.  
Статформат 148×218.  
Печатных знаков 60100 в одном п. л.  
Тип. № 1 Новосибирского Облсполкома. Зак. № 1738.  
Упслоблита № Б-5132 от 3/VII-1939 г.

## КЛИНКЕРОВАНИЕ ГЛИН СТАЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

### 1. ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Задачей настоящего исследования является определение степени пригодности глин Сталинского месторождения для получения спекшегося черепка, а отсюда — выявление возможностей изготовления клинкера, метлахских плиток и керамиковых труб из глин Сталинского месторождения, как основной базы сырья.

Выбор дополнительных добавок для обогащения глин и изменения ее свойств был строго ограничен и лимитировался огнеупорной глиной Березовского месторождения, Антоновскими кварцитами, магнезитом и шлаками — продуктом отхода мартеновского производства Кузнецкого металлургического комбината.

Глина Сталинского месторождения залегает большим массивом, достигающим в глубину 25 м. Запасы промышленной глины исчисляются несколькими десятками миллионов тонн при относительно небольшой вскрыше (около 0,75 м).

По географическому положению месторождение находится в благоприятных условиях, тяготея к г. Сталинску и наиболее населенным индустриальным центрам Кузбасса, в двух километрах от станции Новокузнецк.

Будучи достаточно однородной по составу, глина, все же, в горизонтальной плоскости изменяет свою физическую текстуру, причем в вертикальном направлении изменяется в пластичности.

Крупные обломки горных пород встречаются редко; однако, содержание свободного кремнезема в некоторых случаях значительно.

Одним из наиболее интересных карьеров разрабатываемого месторождения является «пятый» карьер (по номенклатуре кирпичного завода, эксплуатирующего это месторождение), так как в практике завода выявлены положительные свойства глины этого карьера, как например: интервал между спеканием и плавлением, незначительная де-

формация изделий при высоких температурах и другие.

Огнеупорная глина Березовского месторождения находится в стороне от железной дороги, в 35—40 километрах от ближайшей станции. Общий запас глины по всем категориям свыше 10 млн. тонн. Это месторождение явится в будущем, повидимому, основной базой огнеупорной глины для Кузнецкого металлургического комбината.

Антоновские кварциты находятся в пяти километрах от станции Судженка. Запасы месторождения составляют более 4 млн. тонн. Обладая высоким содержанием кремнезема, эти кварциты в то же время легко перекристаллизовываются и представляют ценное сырье для производства диноса.

Магнезит Саткинского месторождения имелось в виду использовать в случае необходимости как добавку к основному сырью.

Мартеновский шлак может быть получен на месте в неограниченном количестве.

В порядке исследования данного вопроса были изучены свойства глины «пятого» карьера. Основные показатели по остальным видам сырья (огнеупорная глина, кварцит, магнезит, шлак) были взяты, главным образом, из литературных данных.

### Общая характеристика глины

Проба глины была взята по всему профилю карьера и тщательно подготовлена по общепринятым правилам отбора средней пробы.

Цвет глины вполне однороден — характерно желтый. Крупные комья, взятые из карьера, легко рассыпаются на мелкие частицы. В сухой глине, искусственно просушенной до 6 проц. влагосодержания, выявляются включения размерами от 0,5 до 1,5 см более светлого тона, нежели остальная масса, легко выкрашиваемые и распадающиеся от нажатия пальцем в очень мелкий порошок. (Химический анализ этих включений показал весьма незначительное отклонение от среднего валового анализа глины). Влагосодержание этих включений ниже среднего значения для всей массы. Второй вид включений — мелкие белые пятна размером не более 2 мм, принадлежащие, очевидно, кальциевым соединениям.

Грубый ситовой анализ обнаруживает полное отсутствие крупных обломков горных пород и лишь около 3 проц. зерен, не превышающих 2 мм в диаметре. Только в неко-

торых пробах зерна размером в 1—2 мм составляли 12 проц. от общего веса пробы.

### Отмучивание

Отмучивание производилось методом осаждения и контролировалось центрифугированием, причем самым продолжительным временем центрифугирования было установлено десять минут при 800 оборотах центрифуги в минуту. Крупные фракции отделялись декантацией с просевом через нормальные сита. Каждая мелкая фракция была исследована под микроскопом с целью определения характера и предельных величин частиц.

Результаты анализа сведены в таблицу 1.

Таблица 1

№№ по порядку	Наименование фракций	Предельная величина частиц в мм	Процентное содержание фракций к общей массе
1	Грубый песок . . . . .	от 2 до 1	10,1
2	Крупный " . . . . .	" 1 " 0,3	2,4
3	Мелкий " . . . . .	" 0,3 " 0,04	31,4
4	Ил . . . . .	" 0,04 " 0,01	29,6
5	Шлюфф . . . . .	" 0,01 " 0,003	13,4
6	Глинистое вещество . . . . .	менее 0,003	13,1
		С у м м а	100,0

На основании приведенных данных можно заключить, что главная масса кремнезема приходится на ил и мелкий песок. Глина в среднем составлена из частиц в пределах 0,3—0,1 мм, однако собственно «глинистого вещества» в ней недостаточно.

### Валовой химический анализ

Для определения состава глины было отобрано десять проб. Анализ проводился по методу, установленному ОСТ 4985, причем определение  $Fe_2O_3$  проводилось объемным методом, титрованием перманганатом калия. Щелочи определялись по разности.  $TiO_2$  не определялась.

Кроме общего анализа были проведены специальные определения  $CO_2$  и  $SO_3$ , так как в процессе получения спекшегося черепка эти газы приобретают важное значение.

Результаты анализа даны в таблице 2, в которой указаны обнаруженные максимальные и минимальные колебания количества компонентов, а также средне-арифметическое значение из десяти проб по два анализа из каждой пробы.

Таблица 2

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Сумма щелочей	п. п. п.	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Сумма
Максимум . . . . .	64,47	16,95	4,35	4,52	3,78	3,04	7,14	1,70	0,98	—
Минимум . . . . .	61,21	16,22	3,95	3,12	3,12	2,51	5,44	1,28	0,62	—
Среднее значение из десяти проб . . . . .	61,72	16,50	4,04	3,63	3,44	2,73	5,68	1,37	0,78	99,89

Валовой химический анализ показывает достаточную однородность глины, так как интервал колебаний состава находится в небольших пределах. Средне-арифметическое значение, рассматриваемое как средний состав глины, характеризуется пониженным количеством глинозема и большим количеством плавней, при высоком значении содержания кремнезема. Наиболее сильно представлены окислы щелочных и щелочно-земельных металлов. Все это наряду с низкой потерей при прокаливании, указывающей отчасти на незначительное содержание каолинита и аллофановидов, дает право отнести глину к группе легкоплавких.

Кроме того высокое содержание CaO и MgO наряду с низким содержанием углекислоты, очевидно, указывает на то, что магний и кальций представлены мелкими обломками полевых шпатов (анортит, альбит и др.), а также магнезиальной слюдой.

Имея в виду высокое содержание указанных пород, можно сделать предварительное заключение о том, что свободной кремнекислоты в глине немного.

Рациональный анализ для определения минералогического состава глины не производился, так как данные такого анализа для глины подобного рода мало достоверны.

### Сушка глины

Опыты над высушиванием глины производились путем наблюдения за потерей веса и изменением линейных размеров образцов в различных температурных условиях. Опыты велись над образцами в форме кирпича с размерами, близкими к  $\frac{1}{3}$  линейных размеров нормального кирпича, в двух направлениях: 1) выявление поведения глин при

интенсификации сушки в условиях температуры 25 и 45°С и 2) при естественной циркуляции воздуха, при температурах, характерных для промышленных сушилок: 45, 60°С. При этом выявилось следующее: глина отдает влагу довольно быстро. При интенсивной циркуляции воздуха, нагретого до 25°С, остаточное влагосодержание в 5—6 проц. наступает уже к концу вторых суток, однако образцы показывают высокий процент растрескивания (до 60). При 45°С и интенсивной циркуляции воздуха практически весь продукт разрывается трещинами.

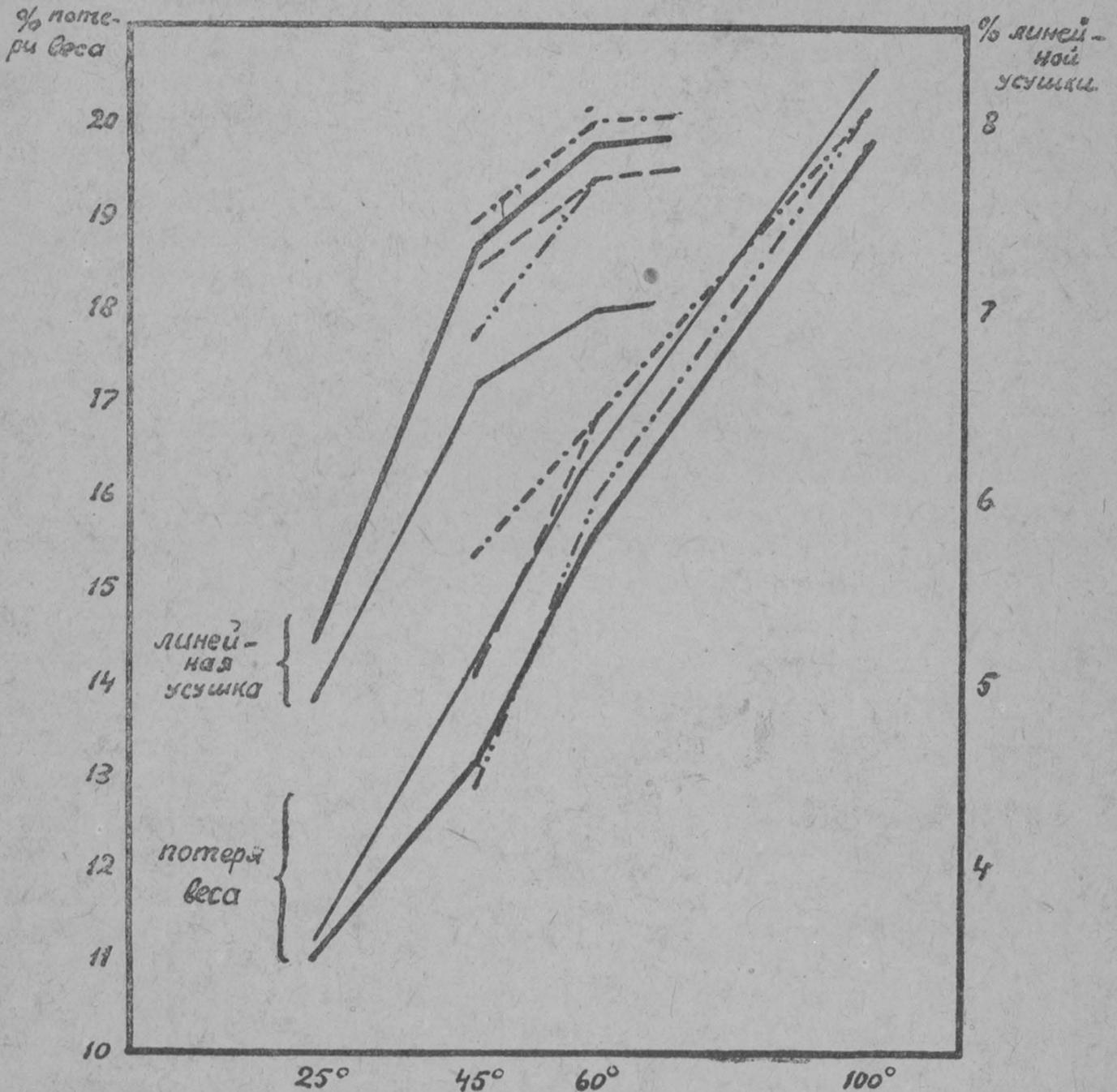
Вторая серия опытов в условиях естественной циркуляции воздуха в специальном сушильном шкафу при влажной атмосфере сушки показала удовлетворительные результаты. При постепенном поднятии температуры до 45 и 60°С в течение восьми часов с выдержкой при максимальной температуре сушки изделия после тридцати шести часов получают остаточное влагосодержание около 5—6 проц., причем процент брака по трещинам незначителен: в двадцати образцах, высушенных при 45°С, трещины вовсе не обнаружались; при 60°С — из двадцати образцов оказались с трещинами два, то есть 10 проц., в двадцати изделиях, просушенных при температуре 100—105°С, процент брака доходит до сорока. Ниже дана таблица изменения веса и линейных размеров образцов.

Таблица 3

№ контрольного образца	Сушка при 25°С		Сушка при 45°С		Сушка при 60°С		Сушка при 100°С		
	Проц. потери веса	Проц. линейной усушки							
1	11,2	5,2	14,1	7,3	16,3	7,9	20,55		Без изменений
2	11,0	4,9	13,1	6,6	15,6	7,0	19,80		
3	—	—	15,3	7,4	16,8	8,0	20,23		
4	—	—	14,0	7,2	16,8	7,7	20,30		
5	—	—	12,9	6,8	16,9	7,7	20,30		
Среднее	11,1	5,05	13,88	7,06	16,48	7,66	20,14	7,7	

Средний показатель величины усушки не отличается от большинства кирпичных глин. Как видно из таблицы, минимальный объем достигается уже при 60—70°С, однако в материале остается еще около 4 проц. воды, повидимому, связанной капиллярными силами. Кроме того, сравни-

вая данные при 45—60°C, можно заключить, что в заводских условиях критической температурой сушки следует считать предел между 45—60°C, так как в этом интервале остаточное влагосодержание кирпича делает вполне возможным погрузку его в печь для обжига, не опасаясь его деформации от давления верхних слоев садки. Ниже представлена диаграмма потери веса и линейной усушки образцов при различных температурах.



Диагр. 1. Изменение веса и линейных размеров при сушке

На основании проведенных испытаний, а также наблюдения за скоростью влагоотдачи можно сделать заключение, что в течение сорока восьми часов глина приобретает влагосодержание, допускающее обжиг изделий в печах с шмаух-процессом. В заводском масштабе изготовление материалов из этой глины и сушка в течение первых суток требуют особого внимания, при этом изготовленные изде-

лия должны быть изолированы от усиленной циркуляции воздуха.

### Пластичность

Выведенные данные о минералогической структуре глины, поведение ее при сушке и величина влагосодержания характеризуют глину как малопластичную. Определение пластичности по методу проф. Замятченского показало, что глину можно отнести к классу средней пластичности.

Сжатие шаров, изготовленных из глины, и последующий подсчет коэффициента пластичности по формуле:

$$П = (d_1 - d_2) p$$

(где  $d_1 - d_2$  — разность диаметров шаров до и после сжатия,  $p$  — нагрузка, при которой произошло образование первых расслоений) показал в среднем из пяти испытаний:  $П = (47,1 - 39,9) \times 0,9 = 6,8$ . По шкале пластичности этот показатель отвечает классу *ниже* средней пластичности. Дополнительные выводы из характера и величины водозатворяемости показывают, что глина является малопластичной.

### Температура плавления

Для определения температуры плавления были отформованы конуса Зегера стандартных размеров для низких температур. Опыты проводились в печи Таммана и контролировались термопарой и стандартными конусами Зегера. В шести образцах, составленных из двух различных замесов, начало деформации наступило при  $1200^\circ\text{C}$  (2 конуса) и  $1220^\circ\text{C}$  (4 конуса). Полное плавление произошло при температурах между  $1280$  (*k. s.* 9) и  $1300^\circ\text{C}$  (*k. s.* 10).

На основании этих опытов можно заключить, что температура плавления глины находится в пределах  $1250 - 1300^\circ\text{C}$ , однако деформация изделий может наступить при более низкой температуре, причем при температуре, близкой к  $1200^\circ\text{C}$ , изделия не выдержат давления верхней садки. Уточнение температуры деформации под нагрузкой в специальной установке не проводилось по техническим причинам. Нагревание двух образцов в муфельной печи с нагрузкой в  $1,5$  кг на  $1$  кв. см показало, что при температуре в  $1100^\circ\text{C}$  образцы высотой в  $50$  мм получают деформацию по высоте от  $2,5$  до  $4,0$  мм. Отсюда можно сделать вывод, что для садки кирпича в 20 рядов в производственных условиях температура обжига в  $1100^\circ\text{C}$  является предельной.

### Отношение глины к нагреванию

Для выявления изменения свойств глины при высоких температурах и определения температуры спекания были проведены пробные обжиги образцов в форме цилиндров с диаметром 48—50 мм при температурах 420, 550, 650, 820, 950, 1050, 1120°С и несколько выше. Данные обжига (таблица 4) показывают: цвет образцов не изменяется до температуры, близкой к 800°С, и только выше этой температуры образцы приобретают характерный красный цвет, который беспрерывно густеет вплоть до температуры 1050°С. Выше, в условиях восстановительной атмосферы, цвет переходит в интенсивно коричневый, обусловленный восстановительными процессами в массе образцов.

При температуре выше 1120°С пробный обжиг показал сильное уплотнение образцов с характерной внешностью и изломом, напоминающим железняк.

Таблица 4

Температура обжига °С	Цвет	Процент уменьше- ния веса	Процент линейной усадки	Примечание
От 105 до 420 . . . . .	Без изменений	2,76	0,0	Процент усадки и уменьшения веса исчислен по отношению к сухому образцу, просушенному при 105°С.
„ 420 „ 550 . . . . .	„	4,31	0,0	
„ 550 „ 650 . . . . .	„	6,50	0,0	
„ 650 „ 820 . . . . .	Красноватый	6,50	0,0	
„ 820 „ 950 . . . . .	Алый	6,50	0,0	
„ 950 „ 1050 . . . . .	„	6,50	0,9	
„ 1050 „ 1120 . . . . .	Темно-красн.	6,50	1,2	
выше 1120 . . . . .	Коричневый	—	—	

Уменьшение веса при температурах от 105 до 650°С обусловлено выгоранием органических веществ и дегидратацией некоторых соединений. Невысокая, сравнительно, температура установившегося постоянного веса указывает на незначительное содержание в глине каолинита.

Процент линейной усадки, ничтожный в пределах нагревания до  $1050^{\circ}\text{C}$ , говорит о возможности достаточно быстрого ведения обжига без учета напряжений вследствие перекристаллизации некоторых компонентов и, в особенности, кварца, так как весьма высокое содержание плавней может вполне компенсировать процесс перекристаллизации. Последнее утверждение, однако, нуждается в специальной проверке. Усадка наступает быстро и резко при температуре выше  $1000^{\circ}\text{C}$  и достигает максимума при  $1120\text{—}1150^{\circ}\text{C}$ , при которой практически заканчивается формирование продукта, так как выше этой температуры начинается резкое понижение вязкости изделия.

### Определение температуры спекания

Для определения точки спекания глина подвергалась изучению при температурах в интервале  $950\text{—}1150^{\circ}\text{C}$ . В муфеле при этом наблюдался температурный перепад в крайних точках порядка  $30\text{—}40^{\circ}\text{C}$ .

Обожженные образцы контролировались на спекание определением удельного и объемного веса и водопоглощением. Несмотря на то, что общих данных об изменении удельного и объемного веса, как характеристики спекания, не имеется, тем не менее изучение этих свойств с учетом изменения структуры и водопоглощения может дать достоверный вывод об интервале спекания и плавления, а также о характере спекшейся массы. Данные опытов приведены в таблице 5.

Таблица 5

Температура обжига $^{\circ}\text{C}$	Действительный удельн. вес	Объемный вес	Водопоглощение в проц.	Характер образцов
950	2,55	1,89	15,9	Поверхность ровная, деформации нет.
1050	2,55	1,97	14,45	Тоже.
1120	2,52	2,09	10,10	Поверхность ровная. Наблюдаются трещины.
1140—1160	—	2,17	7,00	Трещины и искривления поверхности

Как видно из таблицы, удельный вес от  $950$  до  $1120^{\circ}\text{C}$  не претерпевает особых изменений. Увеличение объемного веса показывает сжатие образцов, связанное с энергичным образованием жидкой фазы в изделиях и изменениями зна-

чения ее вязкости. Образцы, обожженные при  $1120^{\circ}\text{C}$ , показывают увеличение объемного веса, однако водопоглощение, составляющее 10,1 проц., не дает настоящей характеристики спекания. Обожженные при  $1140\text{--}1160^{\circ}\text{C}$  образцы показали значительную усадку и искривление поверхности с незначительными местными вздутиями. Согласно результатам этих испытаний с определением огнеупорности, нужно полагать, что вообще обжиг изделий выше  $1100^{\circ}\text{C}$  следует считать недопустимым. Характер излома, как и водопоглощение, показывает, что собственно спекание не наступило ни в одном из образцов. Лишь в отдельных случаях водопоглощение достигло 7 проц. при температуре, близкой к плавлению.

### Определение прочности на сжатие

Прочность сырца и обожженного изделия проверялась сжатием цилиндров высотой в 50 мм при диаметре 46—48 мм. Результаты приведены в таблице 6.

Таблица 6

Температура обжига °C	Проц. водо- поглощения	Предельная на- грузка сжатия в кг/см <sup>2</sup>	Вид образца после испытания
Сырца, просушенный при 105 . . . . .	—	3,5-5,5	Разрушился с образованием характерных конусов
Образец при 1000 . . .	16,1	180	Тоже
„ „ 1100 . . . . .	11,2	270	Тоже

### Выводы

1) Глина принадлежит к разряду хороших кирпичных глин с высокими техническими показателями. Для своей обработки глина не требует сложных технологических приемов.

2) Удовлетворительно выдерживает искусственную сушку.

3) Дает достаточно прочный сырец, причем влагосодержание в 7 проц. сообщает сырцу вполне достаточную прочность для погрузки на обжиг.

4) Повышенное количество окиси кальция наряду с содержанием щелочей ведет к крайнему понижению вязкости

и является причиной незначительного интервала между плавлением и неполным спеканием глины.

5) Интервал между плавлением и неполным спеканием составляет приблизительно  $50-70^{\circ}\text{C}$  и может быть принят в крайних пределах  $1150-1220^{\circ}\text{C}$ .

6) Явления полного спекания вовсе не наблюдаются, так как минимально достижимая пористость показывает не ниже 7 проц. водопоглощения и значительно отличается от общепринятого показателя спекания (не выше 4 проц. водопоглощения).

7) Наличие повышенного количества газов при условиях, указанных в пунктах 4 и 6, относит глину к разряду плохо клинкерующихся.

8) Получение оклинкерованных изделий из данной глины возможно лишь при введении дополнительных добавок и, в первую очередь, огнеупорной глины с повышенной температурой спекания.

## II. СОСТАВЛЕНИЕ ШИХТЫ ДЛЯ КЛИНКЕРА, МЕТЛАХСКИХ ПЛИТОК И КЕРАМИКОВЫХ ТРУБ

Из физико-химических испытаний явствует, что местная кирпичная глина не может дать самостоятельно, без посторонних добавок, оклинкерованного черепка. Это, в значительной мере, подтвердилось дальнейшими работами. Лишь отдельные образцы после обжига при  $1150-1160^{\circ}\text{C}$  показали ниже 7 проц. водопоглощения, но при этом обнаружилось начало размягчения образцов.

В задание входило испытание смеси кирпичной глины и шлаков мартеновского и доменного производства. При этом имелось в виду, что богатая шлаковая база Кузнецкого металлургического завода может быть в таком случае весьма рентабельно использована.

Следует отметить, что смесь обыкновенной кирпичной глины со шлаками теоретически не имеет смысла, так как шлаки обыкновенно значительно снижают температуры плавления и размягчения и без того легкоплавкой глины. Это подтверждается тем, что в основных шлаках содержится повышенное количество окиси кальция, влияющей на глину как сильный плавень и разжижитель. опыты подтвердили это положение, выявив, что шлаки действуют на кирпичную глину следующим образом: 1) уменьшают усадку, 2) понижают температуру размягчения, 3) повышают пористость, 4) понижают сопротивление на сжатие, 5) повышают хрупкость черепка: иными словами — шлаки про-

изводят действие, обратное тому, что характеризует оклинкерованную массу.

Большие количества шлака приводят к ранней деформации изделия без видимых признаков спекания; при этом при 1100°С образуются местные значительные вздутия. Ниже-приведенная таблица характеризует различные смеси из глины со шлаками. Эта таблица показывает, что с увеличением количества шлака понижается прочность изделия и лишь при добавке 40 проц. шлака наблюдается некоторое повышение сопротивления за счет остеклованности массы, однако при этом установлено, что в образцах повышается хрупкость и они становятся весьма чувствительными к удару и резкой смене температур.

Размягчение происходит внезапно; при этом наблюдается резкая деформация образца.

Таблица 7

Состав шихты в процентах	Температура обжига °С	Проц. общей линейной усадки	Проц. водо- поглоще- ния	Сопротивле- ние на сжатие кг/см	Примечание
1. Кирпичная глина— 100 . . . . .	1100	9,1	11,2	270	Сохранился без деформации
2. Кирпичная глина— 80, шлак 20 . . . .	1100	6,6	16,4	240	„
3. Кирпичная глина— 70, шлак 30 . . . .	1100	6,8	15,4	210	Вздутие и вспучивание
4. Кирпичная глина— 60, шлак 40 . . . .	1100	—	14,1	220	Деформирован

Из таблицы 7 видно, что большие количества шлака вредно отражаются на качестве изделий. Малые же количества не оказывают заметного влияния на изменение свойств глины.

От применения шихты из кирпичной глины и шлаков следует, повидимому, отказаться тем более, что введение их в малых количествах не решает экономической стороны вопроса.

Эти выводы показывают, что без введения в шихту огнеупорных материалов получить оклинкерованную массу невозможно. Для решения вопроса о получении спекшегося черепка была принята во внимание следующая основная характеристика оклинкерованного спекшегося изделия:

1) увеличенный интервал между температурами плавления и спекания;

2) обеспечение структуры черепка, характерного для спекания (без остеклованности), при отсутствии хрупкости и с повышенным сопротивлением удару;

3) достижение минимума водопоглощения и пористости;

4) повышенное сопротивление внешней нагрузке;

5) стойкость изделий при нагрузке в условиях максимальной температуры обжига.

Главная задача здесь сводится к увеличению интервала между спеканием и плавлением. В одной кирпичной глине невозможно получить спекание потому, что оно практически почти совпадает с размягчением и началом плавления. Создать большую устойчивость черепка и этим резко отделить спекание от начала плавления возможно, очевидно, лишь введением более высокоплавкой массы.

Из материалов для добавок были предусмотрены: огнеупорная глина, шамот, кварц, магнезит. Из них в нашем распоряжении были: огнеупорная глина Ариничевского и Березовского месторождений, Антоновские кварциты.

Ниже приводим средний химический анализ этих материалов:

Наименование материала	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	п. п. п.	Температура	
							Плавления °С	Спекания °С
Кварц . . . . .	95,3	1,8	1,2	1,0	—	—	1715	—
Ариничевская глина . .	49,8	34,0	2,8	0,4	0,5	11,6	1690 1730	1380
Березовская глина . .	54,5	31,0	2,6	0,7	0,3	11,3	1670 1710	1360

В этой таблице обращает на себя внимание почти полное совпадение температур спекания у обеих глин. Отличие их заключается в химическом анализе, температуре плавления и, как было обнаружено в дальнейшем, различными способностями связывания шамотных зерен. При этом оказалось, что ариничевская глина плохо по сравнению с березовской удерживает шамот.

Испытаниями установлено, что нижним пределом, оказывающим существенное влияние на изменение свойств кирпичной глины является добавка огнеупорной глины любого из упомянутых месторождений в количестве не ниже 20 проц. Добавка огнеупорной глины ниже 20 проц. не дает заметных изменений физико-химических свойств массы.

Из экономических соображений опыты производились лишь с такими смесями, в которых содержание кирпичной глины (основное сырье) составляло не ниже 50 проц. от общего веса изделия. В связи с этим вопрос был расчленен на три пункта: 1) получение клинкера из наиболее бедной шихты, так как цена 1000 шт. клинкера не должна превышать коэффициента 1,7 по сравнению со строительным кирпичом, принятым за единицу, 2) получение керамиковых труб из несколько более богатой шихты, 3) получение метлахских плиток. При этом, не упуская из вида рентабельности изготовления плиток из местных сырьевых ресурсов, все же казалось вполне допустимым повышение содержания добавок в сравнении с клинкером, так как вес единицы продукции, равной покрывной способности, у плиток менее в 6—7 раз, чем у клинкера. Рассмотрим каждый пункт в отдельности.

1) Изготовление клинкера. Кирпичная глина по своему анализу и свойствам отличается от остальных глин, известных в практике и литературе как сырье для производства клинкера. Поэтому пришлось остановиться на подборе такой шихты, которая была бы более или менее близка по своему химическому анализу к клинкерным глинам, наиболее зарекомендовавшим себя как хорошее сырье и в то же время находилась бы в пределах возможности изготовления ее из упомянутых видов сырья. Таким образом выбор был остановлен на венгерской глине, из которой изготавливается посредством добавок высокоценный продукт—керамит.

Ниже приводим анализ этой глины.

Наименование	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	п. п. п.	Щелочи
Венгерская глина . .	55,5	19,13	6,7	3,73	2,79	—	2,78

Несмотря на то, что один химический анализ не может еще служить признаком, определяющим пригодность сырья для производства клинкера, все же этот метод, являясь приближенным, может, несомненно, дать руководящее направление в этом вопросе.

Приведенный анализ венгерской глины является наиболее экономичным из шихт, какие возможно получить из материалов, бывших в нашем распоряжении. Ориентировочный подсчет показал следующее соотношение в выборе

сырья применительно к анализу венгерской глины: кирпичной глины — 70 проц., Березовской — 24 проц., руды железной — 6 проц. Введение больших количеств железной руды, чем задано по расчету, не может привести к хорошему результату, так как грубая добавка, изменяя химический состав массы, все же не дает той потребной минералогической структуры сырья, которая характеризует венгерскую глину, и действие железной руды здесь проявляется так же, как действие сильного плавня. Поэтому пришлось, из практических соображений, уменьшить искусственную добавку руды вопреки расчету, а соответственно этому изменилось также содержание остальных компонентов по сравнению с анализом венгерской глины.

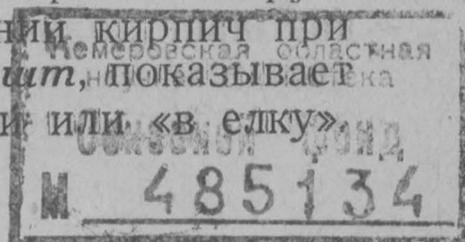
Варьируя в пределах данного анализа, изготовили образцы, испытанные затем на спекание, водопоглощение, прочность на сжатие и др. свойства. Из нескольких вариаций заслуживают внимания следующие составы (в процентах):

№ 1. Кирпичная глина . . . . .	75
Березовская „ . . . . .	22
Железная руда . . . . .	3
№ 2. Кирпичная глина . . . . .	70
Березовская „ . . . . .	30
№ 3. Кирпичная глина . . . . .	61
Березовская „ . . . . .	20
Ариничевская, . . . . .	16
Железная руда . . . . .	3

Из этих составов № 2 и № 3 требуют незначительного отощения (до 10 проц. шамота из кирпичной глины), так как установлено, что вследствие высокого содержания огнеупорной глины продукт становится чувствительным к сушке.

Отдельные испытания этих составов показали, что можно довести процент водопоглощения до двух. Однако при этом наблюдается незначительное размягчение образца, и, несомненно, кирпич в производственном масштабе не может быть доведен до такой оптимальной величины водопоглощения.

Как известно, печные камеры для обжига клинкера строят не выше 2,2 м (на 19—20 рядков) во избежание деформации нижних рядков кирпича под влиянием верхней нагрузки. Вычисление удельной нагрузки на нижний кирпич при 20 рядках и весе клинкера, равном 4,5 кг/шт, показывает около 1 кг/см при ведении садки колодцами или «в елку».



Для упомянутых первых двух марок такая нагрузка при температуре до  $1150^{\circ}\text{C}$  является высшим пределом и лишь третья марка допускает обжиг при температуре выше  $1150^{\circ}\text{C}$ .

Ниже приводятся характеристики этих составов.

Таблица 8

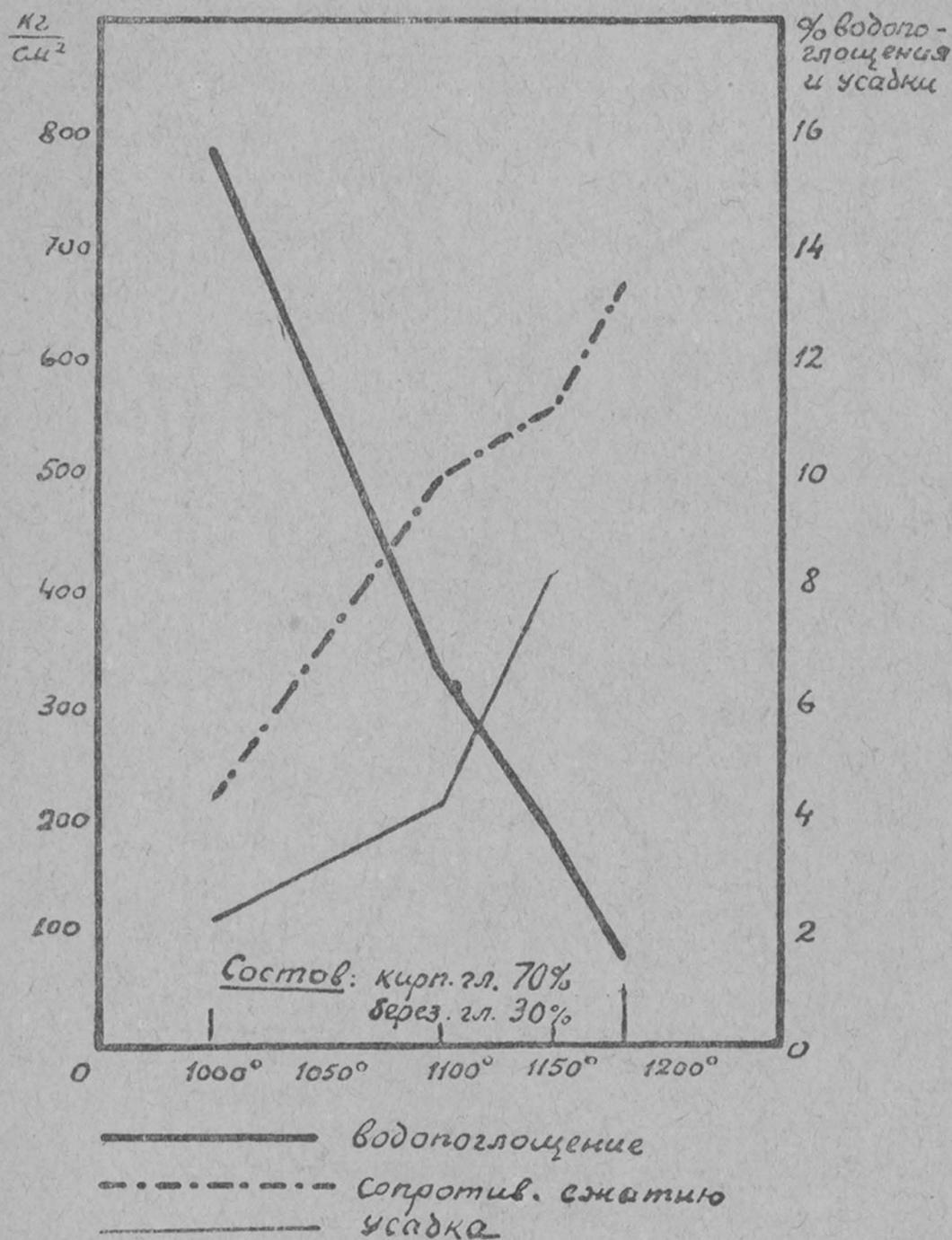
Состав шихты в проц.	Химический состав					Температура опытного обжига $^{\circ}\text{C}$	Водопоглоще- ние в проц.	Сопротивле- ние на сжатие $\text{кг/см}$	Температура начала плавлe- ния $^{\circ}\text{C}$	
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$					п. п. п.
Кирпичная глина—75 .						1000	15	275		
Березовская глина—22						1100	21,1	360		
Железная руда—3 . . . .	59,6	19,7	5,4	2,9	2,6	6,7	1180	0,9	675	1230
Кирпичная глина—70 .							1000	15,7	215	
Березовская глина—30 .	59,5	20,8	3,6	2,7	2,5	7,5	1100	6,6	500	
							1150	3,6	560	
							1180	1,6	668	1250
Кирпичная глина—61 .							1000	17,6	186	
Березовская глина—20 .							1100	10,8	322	
Ариничевская глина—16							1150	7,9	495	
Железная руда . . . . .	57,7	22,2	3,3	2,5	2,2	7,7	1180	3,4	638	1270

Таблица показывает, что добавками удается значительно расширить интервал между плавлением и спеканием, причем спекание здесь выступает достаточно ярко; тем не менее эти массы быстро теряют свою прочность при температуре выше  $1180^{\circ}\text{C}$  и поэтому должны обжигаться в интервале  $1145\text{—}1155^{\circ}\text{C}$  для первых двух марок и  $1170^{\circ}\text{C}$  — для третьей марки.

Сравнивая данные таблиц 8 и 5, мы обнаруживаем резкое повышение основных показателей, характеризующих спекание. Чистая кирпичная глина показывает максимальное водопоглощение при сохранившихся без деформации образцах около 10 проц., причем прочность на сжатие не превышает  $270\text{ кг/см}$ . Шихта же, изготовленная с добавками, показывает возможность получения настоящего спекания с повышенной прочностью. Однако и в последнем случае все три шихты характеризуются большой величиной водопо-

глощения (3—4 проц.) при сопротивлении на сжатие не выше 650 кг/см.

Для наглядности приводим диаграммы испытания отдельных марок.



Диагр. 2. Показатели спекания состава: березовская глина 30%, кирпичная глина 70%

На основании всех опытов можно констатировать, что получение клинкера первого сорта из упомянутых составов находится под сомнением. Необходимо уточнение этих работ в полузаводском масштабе, так как опытами обнаружены расхождения в главных показателях даже в тех случаях, когда обжиг производился над одними и теми же образцами и при одинаковых температурах, но в разных печах. Атмосфера обжига была восстановительной от начала и до конца испытания.



виях полное разрешение этой проблемы является весьма трудным. Поэтому работа в этой области ограничилась следующим: 1) подбор массы с неполным спеканием и процент водопоглощения не выше восьми; 2) отсутствие остеклованной блестящей поверхности изделия; 3) стойкость на сжатие при высоких температурах; 4) низкая усадка изделия.

Варьирование подбора соответствующих шихт, определяющих эти основные показатели, устранило мысль о возможности получения труб из глинистых материалов без соответствующих добавок отощателей. Чистые глинистые материалы показали, помимо высокой усадки, также и образование трещин. Значительно лучшие данные были получены из смеси слабо обожженной кирпичной глины (800—850° С) и смеси сырой кирпичной глины с березовской. Были испытаны следующие составы (в процентах):

№ 1. Кирпичная глина . . . . .	45
Шамот . . . . .	20
Березовская глина . . . . .	27
Кварцит . . . . .	5
Железная руда . . . . .	2
№ 2. Кирпичная глина . . . . .	30
Шамот . . . . .	20
Березовская глина . . . . .	48
Магнезит . . . . .	2

Опытами установлено, что введение в шихту различных добавок требует серьезного изучения подбора оптимального гранулометрического состава. Применение грубого шамота с зерном больше 3 мм не дает положительного результата, равно как и высокое содержание мелких фракций.

Кроме того безусловно установлена необходимость тонкого измельчения вводимой железной руды (Магнитогорского месторождения) и магнезита. Наиболее положительные результаты показал шамот с содержанием 40 проц. зерна менее 1 мм и 60 проц. от 1 до 1,5 мм. Кварцит также должен вводиться в шихту с подобным гранулометрическим составом, причем введение всех добавок должно проводиться при сухом смешении. Дополнительное увлажнение необходимо произвести после интенсивного смешения сухих материалов.

Полученные результаты показывают пригодность обоих составов для получения керамиковых труб при обжиге до 1150° С, как обладающих достаточной прочностью на сжатие (520—690 кг/см), стойкостью при температуре обжига и незначительной линейной усадкой: от 4 до 5½ проц. Не-

сколько сложный состав этих шихт обусловлен необходимостью расширения интервала между спеканием и плавлением, а в особенности — необходимостью повысить температуру размягчения. Опытная формовка труб не была предпринята, так как такие опыты следует проводить лишь в полужаводском масштабе. Поэтому изучению этого рода изделий не было уделено особого внимания. Упомянутые марки показали себя достаточно стойкими при температуре обжига, несмотря на то, что было достигнуто состояние значительного спекания, с водопоглощением около 5 проц.

3) Изготовление метлахских плиток. Глины, применяемые для изготовления плиток, обыкновенно отличаются огнеупорностью выше  $1500^{\circ}\text{C}$  и низкой температурой спекания ( $1200\text{—}1250^{\circ}\text{C}$ ). Для понижения температуры спекания огнеупорных глин вводятся некоторые минералы (полевой шпат и др.), а для окраски плиток — окислы металлов (хрома, кобальта, марганца и др.). Так как опыты имели целью изготовление плиток без применения этих дефицитных материалов, то пришлось ограничиться упомянутыми выше местными и привозными видами сырья.

Обжиг половых плиток производится в особых капсулях и, таким образом, во время обжига плитка не подвержена посторонней нагрузке и должна выдержать только свой собственный вес без всяких признаков деформации. Это дает возможность доводить обжиг до максимально допустимой температуры, но в то же время не исключена возможность образования местных искривлений плитки.

Так как типовые глины, применяемые для производства плиток, значительно обогащены глиноземом, бедны окислами кальция и магния и обогащены щелочами, то подбор шихты, отвечающей этим требованиям, из упомянутых материалов представляется невозможным, ибо кирпичная глина являлась бы в таком случае не основным, а вспомогательным видом сырья. Поэтому вопрос пришлось решать независимо от общепринятых данных. Наиболее удовлетворительными из нескольких испытанных шихт нужно признать следующие составы (в процентах):

№ 1. Кирпичная глина . . . . .	72
Березовская „ . . . . .	20
Кварц . . . . .	5
Железная руда . . . . .	3
№ 2. Кирпичная глина . . . . .	40
Ариничевская „ . . . . .	58
Железная руда . . . . .	2

№ 3. Кирпичная глина . . . . . 58

Ариничевская „ . . . . . 42

Опытами обнаружено, что наиболее богатые составы с повышенным содержанием — Ариничевские глины — дают лучшие результаты.

Марка № 1 менее пригодна как основная плитка, но удовлетворительна, главным образом, как вкладыш. Остальные марки с низким процентом водопоглощения (около 0,1 проц.) пригодны как основные плитки. Цвета этих образцов точно определить не удалось, так как высокий обжиг производился в криптоловой печи при весьма восстановительной атмосфере, придающей черепку этих составов темные и серые оттенки. Обжиг, производившийся в платиновой печи при 1180° С, показал:

Для марки первой — темнокоричневый цвет;

для марки второй — желтый цвет;

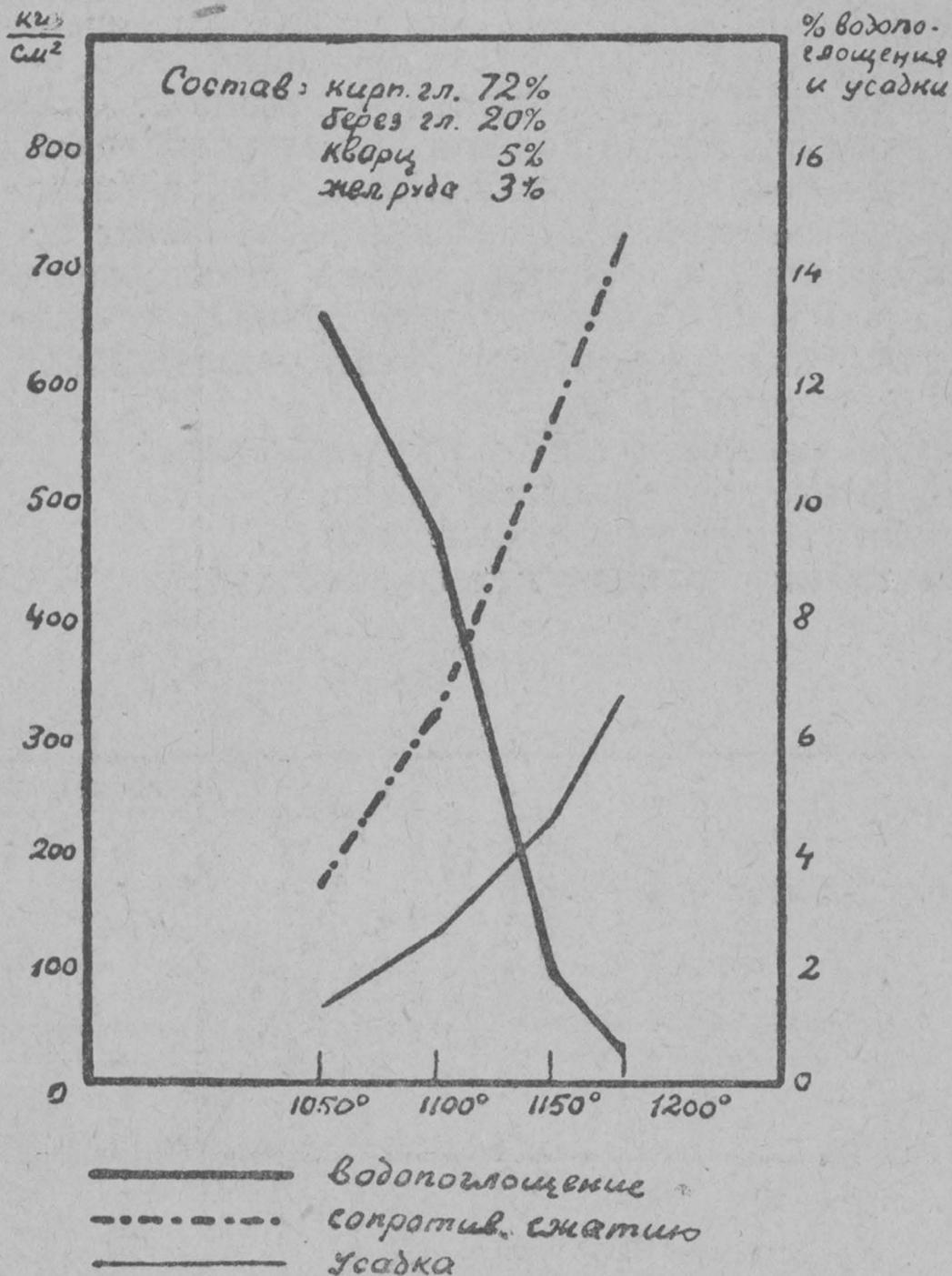
для марки третьей — розовый цвет.

Приводим таблицу упомянутых составов:

Таблица 9

Состав шихты в проц.	Температура обжига °С	Водопоглощение в проц.	Сопротивление на сжатие кг/см	Температура плавления °С	Химический состав				
					SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
Кирпичная глина—72 .	1050	12,6	170	1240	63,5	19,3	5,25	2,74	2,42
Березовская глина—20	1100	9,4	310						
Кварц—5 . . . . .	1150	2,0	580						
Железная руда—3 . . . . .	1180	0,6	730						
Кирпичная глина—58 .	1100	17,4	230	1300	60,0	22,6	3,49	2,38	2,15
Ариничевская глина—42	1150	11,6	490						
Железная руда . . . . .	1225	0,1	835						
Кирпичная глина—40 .	1100	18,7	—	1360	57,5	24,7	3,2	1,86	1,58
Ариничевская „ 58 .	1150	12,6	—						
Железная руда—2 . . . . .	1180	6,3	520						
Железная руда . . . . .	1225	80,0							

Все образцы изготовлялись сухим способом прессования на гидравлическом прессе с односторонней прессовкой при давлении в 250 ат и влагосодержании масс — 7 проц. Более низкое влагосодержание дает непрочный сырец, имеющий сложную структуру.

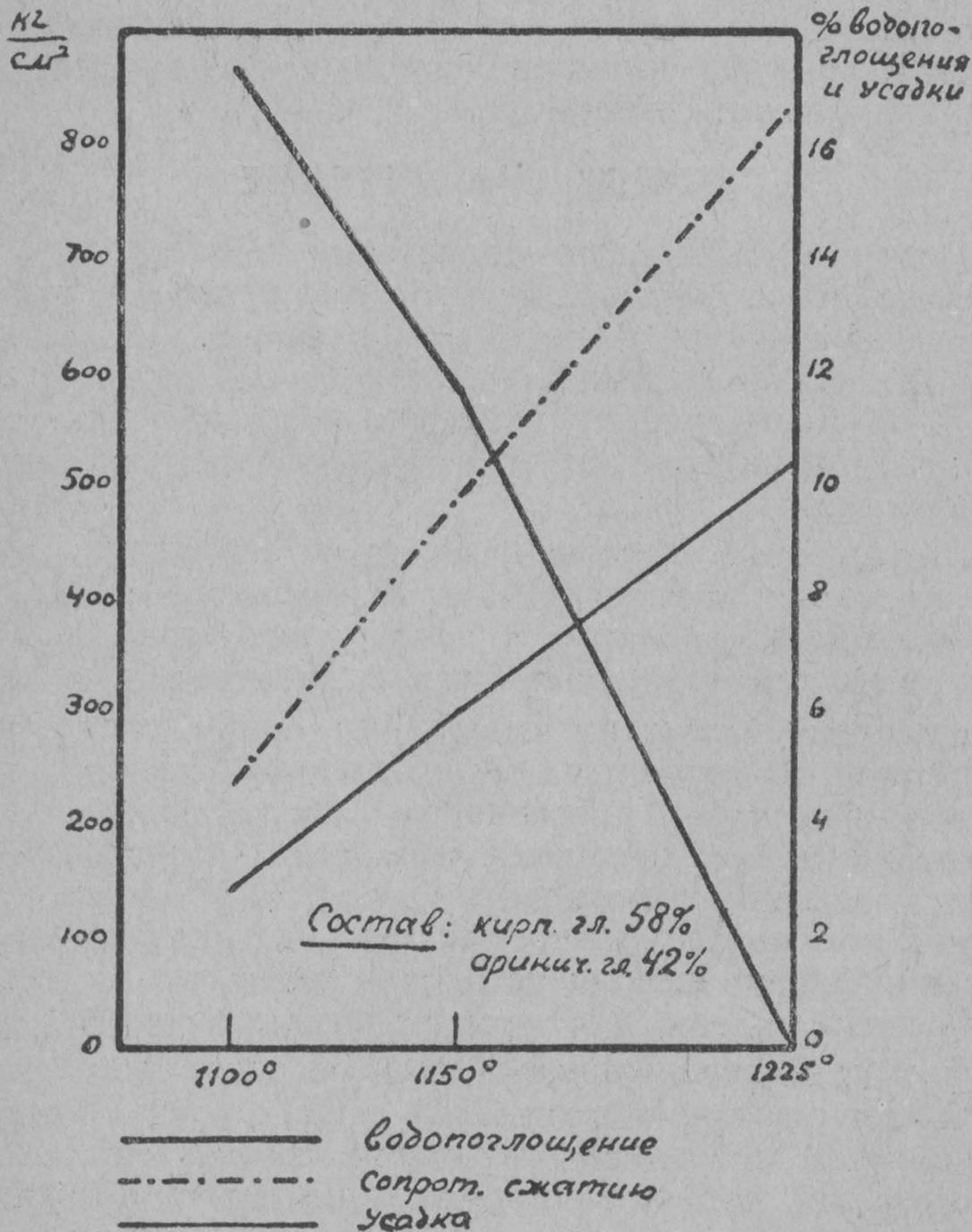


Диagr. 4. Показатели спекания состава: березовая глина 20%, кирпичная глина 72%, кварц 5%, железная руда 3%

Особое внимание было обращено на гранулометрический состав масс. Материал, применяемый для плиток, был тонко измельчен и проходил через сито в 24 меш без остатка.

Сушка проводилась в шкафу при низкой температуре (до 45° C) и доводилась до состояния остаточного влагосодержания в 4—5 проц.

На основании данных таблицы 9 видно, что любой из приведенных составов может применяться для изготовления плиток, причем высший температурный предел обжига для первой марки  $1170^{\circ}\text{C}$ , для второй и для третьей —  $1200\text{—}1220^{\circ}\text{C}$ . В заводских условиях эта максимальная температура может быть несколько снижена за счет увеличения вре-



Диagr. 5. Показатели спекания состава: ариничевская глина 42%, кирпичная глина 58%

мени обжига в условиях высокой температуры (в лабораторном муфеле такое увеличение времени пребывания образца при неизменной температуре трудно выполнимо). При этом могут быть достигнуты оптимальные технические показатели. Все упомянутые образцы сохранились без всякой видимой деформации.

Приведенные составы по водопоглощению относятся к удовлетворительным средним сортам, тем не менее сопротивление на сжатие у них пониженное. Этот дефект не является строго установленным, так как должен быть проведен на опытах более широкого масштаба, при обжиге в капсулах и по строго установленному режиму обжига. Однако можно считать установленным, что получение высоких сортов метлахских плиток при условии ограничения шихтовки масс теми материалами, которые применялись в данном случае, весьма сомнительно.

### ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное испытание показывает возможность получения спекшегося черепка, годного для производства клинкера и метлахских плиток невысоких сортов. По водопоглощению эти массы достаточно близко совпадают с требованиями ОСТ и могут быть отнесены к удовлетворительным сортам. Сопротивление на сжатие, наоборот, снижает ценность этих масс.

Все полученные данные необходимо проверить в условиях заводского производства с изготовлением двух-трех крупных партий изделий и в печах, позволяющих легко регулировать температуру обжига и характер пламени.

Клинкерные массы, изготовленные сухим прессованием, нуждаются в предварительной подготовке сырых материалов, тонком помоле, интенсивном смешивании. Поэтому существующий в г. Сталинске цех сухого прессования может быть целиком приспособлен для производства клинкера лишь с дополнительной установкой некоторых недорогих аппаратов. Однако печная установка цеха сухого прессования не приспособлена для производства клинкера.

Зигзаг и вообще кольцевые печи не позволяют изменять по желанию режима обжига. Эти печи трудно поддаются регулировке, а последнее условие является самым важным для получения доброкачественного продукта. Можно, все же, получить клинкер и в зигзаг-печи, но только низкосортный.

Производство керамиковых труб требует специальной установки и специального печного оборудования. Это производство, несомненно, необходимо выделить в особое здание заводского типа со специальными сушилками и печной установкой.

Производство метлахских плит, кроме отдельного заводского корпуса небольшого размера, требует также установки сложного гидравлического пресса.

В отношении экономической стороны вопроса можно отметить следующее.

1) Стоимость Ариничевской глины обходится в 91 руб. за тонну, в то время как Часов-ярская глина, обладая значительно лучшими качествами клинкерования, обходится в 50 руб. за тонну. Несомненно, что для производства метлахских плиток Часов-ярская глина рентабельна уже потому, что потребность в плитках для местных нужд составит не более двухсот тонн глины в год при соответствующей годовой покрывной способности около 10000 кв. м поверхности пола.

2) Стоимость Березовской глины обойдется при налаженной эксплуатации этого месторождения в 30—35 руб. за тонну, что не особенно скажется в сторону уменьшения цены тонны плиток в сравнении с применением Часов-ярской глины.

Экономичность изготовления клинкера, в противовес изготовлению более тонких масс, зависит главным образом от стоимости сырья. Наиболее экономный из приведенных нами состав обходится в 11 руб. за тонну против 5 руб. за тонну местной глины, применяемой для изготовления обыкновенного кирпича.

Подготовка сырья, обработка его, формовка и транспорт к печам почти не отличаются от производства сухопрессованного кирпича.

Производство тонны красного кирпича обходится в 8 руб., производство клинкера ориентировочно составит около 10 руб. за тонну. Точно так же, как и по сырью, удорожится стоимость обжига клинкера по сравнению со строительным кирпичом в случае применения печи с опрокидным пламенем.

Общая стоимость тонны клинкера составит ориентировочно около 25—27 руб. за тонну, при соответствующей покрывной способности свыше 4 кв. м площади, что составит от 45 до 50 тыс. руб. за 1 км дороги шириной в 6 м.

Следует, однако, не забывать, что приведенные цифры являются только ориентировочными.

Для получения исчерпывающих данных по всем этим видам изделий необходимо перенести весь опыт на завод и дополнительно построить печь с опрокидным пламенем на полугазовых топках, с полезным горновым объемом не менее 5 куб. м.

Одновременно в полужаводском масштабе необходимо приступить к подбору шихты для изготовления глазури для труб и капсулей для плиток.



## ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ

и поступили в продажу следующие издания  
Сибирского металлургического института:

1. Проф. Л. П. Владимиров, Алюминиевый метод определения кислорода в стали. (Эксперимент. иссл.). Цена 1 р. 50 к.
2. Проф. Л. П. Владимиров, Связь между закисью железа и углеродом в ванне мартеновской печи. Цена 2 р.
3. Проф. Л. П. Владимиров, Технологические основы интенсификации мартеновского процесса. Цена 2 р.
4. Проф. Л. П. Владимиров, Металлургическая оценка доломитов Кузнецкого района. Цена 1 р. 50 к.
5. Проф. Л. П. Владимиров, Исследование обжига доломита на Кузнецком заводе. Цена 2 р.
6. Инж. Д. С. Хорунов, проф. И. А. Соколов, инж. А. И. Александров, Дальневосточные руды, ч. I. Исследование железных руд Мало-Хинганских месторождений. Цена 2 р.
7. Инж. Д. С. Хорунов, проф. И. А. Соколов, инж. С. И. Голосов, Дальневосточные руды, ч. II. Исследование железных руд Ольгинского месторождения. Цена 1 р. 50 к.
8. Инж. Д. С. Хорунов, инж. П. И. Паско, инж. С. И. Голосов, Дальневосточные руды, ч. III. Исследование железных руд Кимканского месторождения. Цена 1 р. 50 к.
9. Проф. Л. П. Владимиров, Зависимость между формой миксера и сохранением температуры чугуна в нем. Цена 3 р.
10. Проф. Л. П. Владимиров, Профиль и размеры ванны мартеновской печи. Цена 3 р.
11. Период заливки чугуна в печь и явление вспышек, выбросов шлака и взрывов. Цена 1 р. 50 к.
12. Ю. В. Грдина, Кинетическая теория эвтектических сплавов. Цена 5 р.
13. Инж. Д. С. Груздев, Режим термической обработки рельсов Кузнецкого завода им. И. В. Сталина. Цена 2 р.
14. Ю. В. Грдина, инж. Э. Х. Шамовский, Приварка подкладок к рельсам. Цена 2 р.
15. Инж. Н. Н. Шубина и Ю. В. Грдина, Сорбитизация концов рельсов Кузнецкого завода им. тов. Сталина. Цена 2 р. 50 к.
16. Инж. Е. К. Вяткин, инж. С. И. Голосов, Влияние на стойкость магнетитового пода физико-химических изменений состава его. Цена 2 р.

---

Брошюры высылаются наложенным платежом за счет заказчика. Заказы направлять по адресу: г. Сталинск, Новосибирской области, Научно-технический отдел Сибирского металлургического института.

0-20

~~Цена 2 руб.~~

10740