

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН**

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт архитектуры и строительства им. Т.К. Басенова

Кафедра инженерные системы и сети



М.Т. Жугинисов

СТРОИТЕЛЬНАЯ КЕРАМИКА

Учебно-методический комплекс дисциплины

(для специальности 050730, 5В073000 – Производство строительных материалов, изделий и конструкций)

Алматы 2011

СОСТАВИТЕЛИ: М.Т. Жугинисов. Строительная керамика. Учебно-методический комплекс дисциплины (для специальности 050730, 5В073000 – Производство строительных материалов, изделий и конструкций). – Алматы: КазНТУ имени К.И. Сатпаева, 2011. – 151с.

Аннотация. Настоящий УМК предназначен для студентов специальности 050730, 5В073000 – «Производство строительных материалов, изделий и конструкций», обучающихся по кредитной системе по дисциплине «Строительная керамика». Учебно-методический комплекс содержит учебную программу дисциплины (syllabus), список необходимой литературы, краткий конспект лекций, практические и лабораторные занятия, учебно-практический материал для самостоятельной работы студента, график выполнения отчетных работ по дисциплине, тестовые задания для самоконтроля, перечень экзаменационных вопросов, глоссарий.

Итоговая строка (табл. __., рис.__)

Рецензент, к.т.н. Д. Т. Сартаев

Печатается по Типовой учебной программе, утвержденной Министерством образования и науки Республики Казахстан на 2008 год

© КазНТУ имени К.И. Сатпаева, 2011

1. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ – SYLLABUS

1.1 Данные о преподавателе:

Преподаватель, ведущий занятия Жугинисов Маратбек Турабайулы, профессор кафедры «Инженерные системы и сети», доктор технических наук. Контактная информация: раб. тел. 2577177(вн.7344), e-mail: maratbek51@mail.ru

1.2 Данные о дисциплине:

Название «Строительная керамика»

Количество кредитов: 4

Место проведения ауд. 104, 214, Ц 7.

Таблица В.1

Выписка из учебного плана

Курс	Семестр	Кредиты	Академических часов в неделю					Форма контроля	
			Лекции	Лаб. занятия	Практ. занятия/семин. занят./	СРС*	СРСП*		Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	5	4	2	1	1	4	4	12	экзамен

1.3 Пререквизиты: Программа дисциплины «Строительная керамика» основывается на базе дисциплин «Основы строительного материаловедения», «Процессы и аппараты», «Процессы и аппараты II».

1.4 Постреквизиты: Знания по данной дисциплине необходимы при изучении дисциплин: «Строительные конструкции», «Проектирование предприятий по производству строительных материалов и изделий», а также при выполнении курсового и дипломного проектирования технологических линий, цехов и заводов по производству керамических материалов и изделий.

1.5 Краткое описание дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов общего представления о принципах технологии изготовления керамических строительных материалов и изделий, изучение формирования и влияния внутренней структуры материала на его строительно-технические свойства и рациональное применение в строительстве в зависимости от функциональных свойств, а также подготовка специалистов, способных использовать полученные знания и навыки в профессиональной деятельности. Общей задачей изучения дисциплины является подготовка специалистов, работающих в области производства строительных керамических материалов и изделий.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать - технологические принципы получения и применения строительных керамических материалов и изделий; их номенклатуру и свойства; требования к долговечности, экологической чистоте, экономичности и эстетике; тенденции развития производства и применения строительной керамики.

уметь - обосновывать выбор сырьевых материалов для выпуска разных видов строительной керамики и технологию их производства, подбор и расчет основного технологического оборудования в проектных решениях и осуществлять контроль качества изделий.

1.6 Перечень и виды заданий и график их выполнения:

Таблица В.2

Виды заданий и сроки их выполнения

Виды контроля	Вид работы	Тема работы	Ссылки на рекомендуемую литературу с указанием страниц	Баллы (согласно рейтинговой шкале)	Сроки сдачи
1	2	3	4	5	6
	Прак. занят.	1. Определение количества сырьевых материалов для изготовления заданного количества керамических стеновых изделий.	2 доп. [40,41]	0-100	1 неделя
		2. Определение количества сырьевых материалов для изготовления заданного количества керамических плиток.	2 доп. [41]		2 неделя
		3. Определение количества сырьевых материалов для изготовления заданного количества керамических труб.	6 осн. [78-81]; 10 доп. [23,24], 23 доп.		3 неделя
		4. Расчет химического состава керамической массы	1 доп. [33, 34]		4 неделя
		5. Режим работы цеха, номенклатура изделий и производственная программа	14 доп.; 1,2,3,4 осн.	0-100	5 неделя
		6. Составление технологической схемы производства	14 доп.; 1,2,3,4 осн.	0-100	6 неделя
		7. Расчет производительности технологических переделов цеха	14 доп.	0-100	7 неделя
		8. Материальный баланс производства	14 доп.	0-100	8 неделя
		9. Основное технологическое оборудование заводов	15, 16 доп.	0-100	9 неделя

Рубеж ный кон- троль	Лабор. занят.	строительной керамики			
		10. Подбор и расчет технологического оборудования	14, 15,16 доп.	0-100	10 неделя
		11. Расчет производительности туннельных печей и сушил.	2 доп.[45,46]; 14 доп.		11 неделя
		12. Контроль производства, качества сырья и готовой продукции.	14доп.	0-100	12 неделя
		13. Безопасная жизнедеятельность на производстве.	19 доп.	0-100	13 неделя
		14. Охрана труда и окружающей среды.	18, 20, 21 доп.	0-100	14 неделя
		15. Оформление и защита КР (КП)		0-100	15 неделя
		1. Определение пластичности глин	4 доп.[23-30]		1,2 не- дели
		2. Определение связующей способности глин	4 доп.[43-46]		3,4 не- дели
		3. Определение линейной воздушной и огневой усадки глины	4 доп.[32-35]		5,6 не- дели
		4. Подбор электролитов для разжижения глин при производстве керамических плиток	4 доп.[41-44]		7,8 не- дели
		5. Исследование качества и водопоглощения керамического кирпича	22 доп.		9,10 недели
		6. Определение плотности, пористости и морозостойкости керамического кирпича	22 доп.		11,12 недели
		7. Определение свойств керамзита	4 доп.[65-69]		13,14 недели
		Индивидуальная тема для каждого студента			7 неделя 14 неделя
	Тест-1				
	Тест-2				

1.7 Список литературы

Основная литература

1. Августиник А.И. Керамика. - Л.: Стройиздат, 1975. - 592 с.
2. Кошляк Л.Л., Калиновский В.В. Производство изделий строительной керамики. - М.: Высшая школа, 1985.
3. Бурлаков Г.С. Основы технологии керамики и искусственных пористых заполнителей. - М.: Высшая школа, 1972.
4. Ничипоренко С.П. Физико-химическая механика дисперсных структур в технологии строительной керамики. - Киев, 1968.
5. Комар А.Г. Строительные материалы и изделия. - М.: Высшая школа, 1983. - 483с.
6. Балакирев А.А. Основы технологии стеновой керамики из лессового сырья. Алма-Ата: Наука, 1981. - 207с.

Дополнительная литература:

1. Дудеров Ю.Г., Дудеров И.Г. Расчеты по технологии керамики. Справочное пособие. - М.: Стройиздат, 1973. - 80 с.
2. Скрамтаев Б. Г., Буров В.Д., Панфилова Л.И., Шубенкин П.Ф. Примеры и задачи по строительным материалам. - М.: Высшая школа, 1970. - 232 с.
3. Золотарский А.З., Шейнман А.Ш. Производство керамического кирпича.- М.: Высшая школа, 1989.
4. Книгина Г.И., Вершинина Э.Н. Лабораторные работы по технологии строительной керамики и легких пористых заполнителей. - М.: Высшая школа, 1987.
5. Лукин Е.С., Андрианов. Н.Т. Технический анализ и контроль производства керамики: - М.: Стройиздат, 1986. - 272 с.
6. Морозов В.И. Физические основы пластического формования кирпича.- М. Стройиздат, 1973.
7. Павлов В.Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики. М.: Стройиздат, 1977.
8. Сайбулатов С.С. Полусухое прессование керамического кирпича на основе суглинка. - Алматы, КазГАСА, 2000.
9. Кулибаев А.А., Нурбатуров К.А., Кудерин М.К., Де И.М. Керамогранит на основе Казахстанского сырья, НИЦ Павлодарского гос. унив. им. С. Торайгырова, 2007 г.
10. Лукинов М.И. Керамические дренажные трубы. М.: Госиздат по строительству, архитектуре и стройматериалам, 1973. - 157 с.
11. Сулейменов Ж.Т., Жугинисов М.Т. Технология силикатных облицовочных и конструкционных материалов на основе техногенного сырья. - Тараз: Тараз университеті, 2004. - 216с.
12. Тулебаев Г.К. Керамический кирпич полусухого прессования из вскрышных пород Павлодар - Экибастузского топливно-энергетического комплекса. Автореф. дис. канд. техн. наук. Алматы, 2009. - 27с.
13. Сайбулатов С.Ж. Ресурсосберегающая технология керамического кирпича на основе зол. - М.: Стройиздат, 1990. - 248 с.
14. Жугинисов М.Т. Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплинам: «Технология строительной керамики» и «Теплоизоляционные

- и акустические материалы». Для студентов специальности 050730 – Производство строительных материалов, изделий и конструкций. Алматы, 2010. - 33с.
15. Бахталовский И.В. и др. Механическое оборудование керамических заводов. М.: Машиностроение, 1982. - 432с.
 16. Бауман В.А. Строительные машины. Справочник. Т.1 и Т.2. – М.: Машиностроение. 1976, 1977.
 17. Роговой М.И. Теплотехническое оборудование керамических заводов. – М.: 1983. – 367 с.
 18. Пряников В.И., Радионова А. М. Техника безопасности и промышленная санитария // Справочник для работников химической промышленности – М.: Химия, 1978.
 19. Пчелинцев В.А., Виноградов А.В. Охрана труда в производстве строительных изделий и конструкций. – М.: Высшая школа, 1986. - 331с.
 20. Кушелев В.П. Охрана природы от загрязнений промышленными выбросами. – М.: Химия, 1979. – 240с.
 21. Ливчак И.Ф., Воронов Ю.В. Охрана окружающей среды. – М.:Стройиздат, 1988. – 191с.
 22. ГОСТ 530-2007 «Кирпичи и камень керамические». Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2007.
 23. ГОСТ 8411-84 «Керамические дренажные трубы». Технические условия. – М.: Госстандарт СССР, 1984.
 24. Отчет о научно-исследовательской работе «Проведение исследований и выполнение комплексной оценки сырьевой базы промышленности строительных материалов РК». № гос. регистр. 0107РК00280. ТОО «НИИСТРОМПРОЕКТ» Алматы, 2007.- 349 с./ Отв. исполнитель Жугинисов М.Т.

1.8 Контроль и оценка знаний.

По кредитной технологии обучения для всех курсов и по всем дисциплинам Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева применяется рейтинговый контроль знаний студентов. Сведения об оценке знаний осуществляются по балльно-рейтинговой системе в виде шкалы, где указываются все виды контроля.

Рейтинг каждой дисциплины, которая включена в рабочий учебный план специальности, оценивается по 100 - балльной шкале независимо от итогового контроля. Для каждой дисциплины устанавливаются следующие виды контроля: текущий контроль, рубежный контроль, итоговый контроль. Видами текущего контроля по дисциплине «Строительная керамика» являются рефераты, выполнение и защита лабораторных и практических работ. Рубежные контроли проводятся в виде тестовой формы. К итоговому контролю относится экзамен.

Таблица В.3. Распределение рейтинговых баллов по видам контроля

№ вариантов	Вид итогового контроля	Виды контроля	Проценты
1.	Экзамен	Итоговый контроль	100

		Рубежный контроль	100
		Текущий контроль	100

Сроки сдачи результатов текущего контроля должны определяться календарным графиком учебного процесса по дисциплине (таблица В.4). Количество текущих контролей определяется содержанием дисциплины и ее объемом, которое указывается в учебно-методическом комплексе дисциплины.

Таблица В.4

**Календарный график сдачи всех видов контроля
по дисциплине «Строительная керамика»**

Недели	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Недельное количество контроля	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1
Вид контроля	П	Л	СР	П	Л	СР П	СР Л	РК ₁	П	Л	СР	П	СР Л	СР П	РК ₂
Виды контроля: П - практическая работа ; Л - лабораторная работа; СР - самостоятельная работа; РК- рубежный контроль															

Оценка рейтинга обучающихся складывается из оценок текущего и рубежного контроля. Подсчет рейтинга обучающихся проводится два раза в одном академическом периоде.

Подсчет первого рейтинга (P_1) преподавателями проводится на 8-й неделе, включает оценки текущей успеваемости и первого рубежного контроля и определяется по формуле:

$$P_1 = \frac{\sum_{i=1}^n T_i + PK_1}{n + 1} \%,$$

где P_1 - первый рейтинг, PK_1 - первый рубежный контроль, T_i - текущий контроль, n - количество текущих контролей 1-го рейтинга.

Оценки первого рейтинга выставляются в первую рейтинговую ведомость.

Подсчет второго рейтинга (P_2) подводится преподавателем на 15-й неделе, включает оценки текущей успеваемости и второго рубежного контроля и определяется по формуле:

$$P_2 = \frac{\sum_{i=1}^m T_i + PK_2}{m + 1} \%,$$

где P_2 - второй рейтинг, PK_2 - второй рубежный контроль, T_i - текущий контроль, m - количество текущих контролей 2 рейтинга.

Оценки второго рейтинга выставляются во вторую рейтинговую ведомость.

На основании двух рейтинговых ведомостей служба Офис регистратора выдает экзаменационные ведомости. Доля текущей успеваемости (текущий и ру-

бежный контроль) в итоговой оценке студента составляет не менее 60 %, поэтому семестровая оценка по дисциплине обучающихся определяется по формуле:

$$C = \frac{P_1 + P_2}{2} * 0,6\%$$

Обучающийся считается допущенным к экзамену, если его семестровая оценка больше или равна 30%.

Доля оценки итогового контроля составляет не более 40 % итоговой оценки знаний по дисциплине, поэтому итоговая оценка (И) по дисциплине определяется:

$$И = C + Э * 0,4 \%,$$

Итоговая оценка определяется только в случае получения на экзамене не менее 50%

Итоговая оценка по дисциплине определяется по шкале (таблица В.5).

Таблица В.5

Оценка знаний студентов

Оценка	Буквенный эквивалент	Рейтинговый балл, %	В баллах
Отлично	A	95-100	4
	A-	90-94	3,67
Хорошо	B+	85-89	3,33
	B	80-84	3,0
	B-	75-79	2,67
Удовлетворительно	C+	70-74	2,33
	C	65-69	2,0
	C-	60-64	1,67
	D+	55-59	1,33
	D	50-54	1,0
Неудовлетворительно	F	0-49	0

Перечень вопросов по модулям и промежуточной аттестации.

1 модуль

1. Какие материалы называют керамическими?
2. Какие керамические материалы производят в Казахстане?
3. Какие виды сырья есть в Казахстане для производства керамических материалов?
4. Общая схема производства керамических изделий.
5. Что называют керамическим черепком?
6. Классификация керамических материалов по структуре керамического черепка.
7. Что такое паропроницаемость керамических материалов?
8. Как образовались глины?
9. Какие разновидности глин существуют в природе?

10. Какие минералы присутствуют в глинах?
11. Пластичность глин.
12. Связующая способность глин.
13. Воздушная усадка глины.
14. Спекаемость глины.
15. Огнеупорность глины.
16. Добавки, улучшающие сушильные свойства глин.
17. Пластифицирующие добавки.
18. Выгорающие добавки.
19. Специальные виды добавок.
20. Что такое реология?
21. Какие свойства глиняных масс относятся к реологическим свойствам?
22. Какие виды деформаций возникают в пластичных массах под действием сдвиговых сил?
23. Какие существуют структурно-механические типы керамических масс?
24. Какие структурно-механические типы керамических масс наиболее благоприятны для формования изделий?
25. Как готовят керамическую массу пластическим способом?
26. Как готовят керамическую массу полусухим способом?
27. Как готовят керамическую массу шликерным способом?
28. Формула, определяющая предельное напряжение сдвига пластических масс.
29. Что такое формовочная влажность и связь с молекулярной влагоемкостью?
30. Какие порошки называют керамическими пресс-порошками?
31. Что такое прессуемость пресс-порошка?
32. Какими способами готовят пресс-порошки?
33. Коэффициент сжатия пресс-порошка.
34. Какие методы сушки применяются при сушке сырца?
35. Что представляет собой процесс сушки?
37. Какие режимы сушки бывают в зависимости от Кч глины?
38. Виды сушил, применяемые для сушки сырца.
39. Способы сокращения сроков сушки.

2 модуль

1. Что происходит в периоде досушки и подогрева изделий?
2. Что происходит в периоде обжига изделий?
3. Процесс дегидратации каолинита.
4. В каких температурных интервалах обжигают керамические изделия?
5. Какие модификационные изменения претерпевает кварц?
6. Какие изменения претерпевают полевые шпаты, карбонат кальция, железистые включения при обжиге керамики?
7. В каких средах ведется обжиг керамики?
8. Способы формования кирпича.
9. Структура обожженного кирпича.
10. Виды керамических кирпичей и камней.
11. Классификация керамической плитки.

12. Суть двухкратного обжига плиток.
13. Суть однократного обжига плиток.
14. Виды плиток двухкратного обжига.
15. Виды плиток однократного обжига.
16. Современные способы формования керамических плиток.
17. Что такое керамогранит и его применение.
18. Классификация керамогранита по структуре и виду поверхности.
19. Свойства керамогранита.
20. Свойства и применение канализационных труб.
21. Особенности технологии канализационных труб.
22. Требования к сырью для изготовления дренажных труб.
23. Виды и применение дренажных труб.
24. Какие глины применяются для приготовления шлакокерамических масс?
25. Какую функцию выполняют фосфорные шлаки в керамической массе?
26. Состав и свойства шлакокерамического кирпича.
27. Почему вскрышные породы применяют для получения керамических материалов?
28. Каким способом готовят массу для изготовления керамических изделий на основе вскрышных пород?
29. Какие керамические материалы можно получить на основе вскрышных пород?
30. Свойства золы как керамического сырья.
31. Какую функцию выполняют золы в керамической массе?
32. Состав и свойства золокерамического кирпича.
33. Особенности технологии черепицы.
34. Свойства и применение клинкерного кирпича.
35. Какое сырье применяется для изготовления кислотоупорных керамических изделий?
36. Свойства и применение кислотоупорного кирпича.
37. Свойства и применение кислотоупорной плитки.
38. Что представляет собой керамзит ?
39. Что представляет собой аглопорит?
40. Что такое технический контроль и сертификация?
41. Основные задачи системы контроля.
42. Что обеспечивает подсистема общезаводского технологического контроля?
43. Чем занимается подсистема оперативного технологического контроля?
44. Что контролирует подсистема параметрического контроля?
46. Что обеспечивает отдел технического контроля (ОТК)?
47. Какие виды контроля осуществляются для обеспечения качества изделий?

Вопросы по промежуточной аттестации.

1. Что означает слово керамика?
2. Классификация керамических материалов по назначению.
3. Общие свойства керамических материалов.
4. Виды глинистого сырья для производства керамических материалов.

5. Происхождение глин.
6. Основные глинистые минералы.
7. Примесные компоненты глин.
8. Технологические свойства глин.
9. Основные признаки классификации глин.
10. Виды деформаций, возникающие в пластичных массах под действием сдвиговых сил.
11. Добавки, снижающие усадку и улучшающие сушку изделий.
12. Добавки, повышающие пластичность и спекаемость керамической массы.
13. Способы подготовки керамических масс.
14. Способы формования керамических изделий.
15. Процессы, происходящие при сушке изделий.
16. Обжиг керамических изделий.
17. Процессы, происходящие при обжиге изделий
18. Керамические стеновые изделия.
19. Керамические плитки для внутренней и наружной облицовки зданий.
20. Особенности технологии керамогранита.
21. Керамические материалы санитарно-технического назначения.
22. Керамические трубы.
23. Керамическая черепица.
24. Керамические материалы специального назначения.
25. Шлакокерамические материалы.
26. Золокерамические материалы.
27. Керамические материалы из вскрышных пород.
28. Керамзит и аглопорит.
29. Основные задачи и методы технического контроля.
30. Структура и функция отдела технического контроля.
31. Основные виды и объекты технического контроля.

1.9. Политика и процедура курса

По курсу запланированы оценки самостоятельной работы студентов, два коллоквиума и два рубежных контроля. Учитываются баллы, набранные по всем видам контроля.

Требования к студентам:

- обязательное посещение занятий;
- своевременная отчетность по всем видам контроля;
- отработка пропущенных занятий.

2. Содержание активного раздаточного материала

2.1 Тематический план курса

Наименование темы	Лекция	Практ.	Лабор.	СРСП	СРС
1. Роль и значение строительной керамики в современном строительстве	1	-		2	2

2. Классификация и общие свойства керамических материалов	1	-		2	2
3. Основы глиноведения	2	2	-	4	4
4. Технологические свойства глин	2	-	7	4	4
5. Добавки к глинам	1	1	-	2	2
6. Реологические свойства глиняных масс	1	-	-	2	2
7. Подготовка сырья и составление шихты	1	1	-	2	2
8. Теория пластического способа формования изделий	2	-	-	4	4
9. Теоритические основы полусухого прессования	2	-	-	4	4
10. Основы сушки изделий	2	-	-	4	4
11. Основы обжига керамических изделий	2	-	-	4	4
12. Технология и свойства стеновых керамических изделий	2	2	4	4	4
13. Технология и свойства керамических плиток	2	2	2	4	4
14. Технология, разновидности и свойства керамогранита	1	1	-	2	2
15. Технология и свойства керамических труб	1	1	-	2	2
16. Технология и свойства керамических санитарно-технических изделий	1	-	-	2	2
17. Технология и свойства шлакокерамических изделий	2	1	-	4	4
18. Технология и свойства керамических изделий на основе вскрышных пород	1	1	-	2	2
19. Технология и свойства золокерамических стеновых изделий	1	1	-	2	2
20. Технология и свойства специальных видов керамических изделий: керамическая черепица, химически стойкие керамические изделия, керамзит и аглопорит	1	1	2	2	2
21. Контроль производства и качества керамических изделий	1	1	-	2	2
Всего часов	30	15	15	60	60

2.2 Конспекты лекционных занятий

Тема лекции 1. Введение. Роль и значение строительной керамики в современном строительстве.

Керамическими называют каменные изделия, получаемые из минерального сырья путем его формования и обжига при высоких температурах (900-1300 °С).

Термин «керамика» происходит (по П. П. Будникову) от слова «керамейя», которым в Древней Греции называли искусство изготовления изделий из глины. Впервые слово «керамика» появилось в языке эллинов и произошло от слова «керAMOS» (греч. - глина).

На итальянском языке глину и вообще землю называют «террой», а слово «обожженная» звучит как «кота». «Терракота» - обожженная земля. Этот термин распространился на гончарную глину высшего качества и керамические изделия из нее.

Керамические материалы - самые древние из всех искусственных каменных материалов. Черепки грубых горшечных изделий находят на месте поселений, относящихся к каменному веку. Возраст керамического кирпича как строительного материала более 5000 лет.

Керамика - это кирпич, из которого возводят дома и различные сооружения, облицовочная плитка и кровельная черепица.

Керамика - это санитарно-технические фаянсовые изделия, керамзит, огнеупорные и электротехнические изделия.

Керамика - это роскошные сервизы и посуда, скульптура, сувениры и другие изделия.

Таким образом, керамика получила широкое распространение в строительстве, технике в быту и без нее невозможно представить существование

Современное состояние и перспективы развития керамических заводов в РК

Производство и потребность керамического кирпича

По статистическим данным на 2007 год в республике действуют около 50 предприятий потпроизводству керамического кирпича с общей мощностью более 490 млн. шт. В 2005 году керамических стеновых материалов было выпущено 262 млн.шт. Потребность 2005 году составила – 558,2 млн.шт., 2006г. – 686,6 млн. шт. Ожидаемая потребность в керамическом кирпиче в 2010г. составила 1036,3 млн. шт., 2014 году составит – 1409 млн. шт.

Запланировано строительство около 50 новых заводов по производству керамических стеновых материалов, суммарная производительность которых составит 1099 млн.т. Общая производительность существующих и планируемых заводов составит более 1400 млн. шт. условного кирпича в год.

Производство и потребность керамической плитки

В Казахстане керамическую плитку для внутренней облицовки стен выпус-

кает ОАО «Керамика», г. Хромтау в Актыбинской области, производительность, которого составляет оклоло 900 тыс. м² /год. Потребность в керамических плитках по республике в 2006 году составила 15,4 млн. м². Прогнозная потребность в 2010 году в керамических плитках составила 23,2 млн. м², 2014 году составит – 31,4 млн. м².

К 2014 году запланировано строительство 4 новых заводов по производству керамических плит, общей производительностью 8,9 млн. м², в том числе 2,5 млн. м² нового вида керамических плит - *керамогранита*.

Производство и потребность санитарно-технических изделий

В Казахстане производство санитарно-технических изделий из фаянса и полуфарфора (мойки, унитазы, сливные бачки и др.) не налажено, хотя имеется хорошая сырьевая база. Ожидаемая потребность в санитарно-технических изделиях в 2010г. составила 25,4 тыс.т., 2014 году составит – 34,5 тыс.т. Запланировано строительство одного завода по производству санитарно-технических изделий в Акмолинской области (г. Степногорск) производительностью 500 тыс. шт/год.

Сырьевыми материалами для производства керамических изделий являются **каолины и глины**, применяемые в чистом виде, а чаще - в смеси с добавками (отошающими, порообразующими, плавнями, пластификаторами и др.). Под каолинами и глинами понимают природные водные алюмосиликаты с различными примесями, способные при замешивании с водой образовывать пластичное тесто, которое после обжига необратимо переходит в камнеподобное состояние.

Сырьевая база РК по качеству и разведанным запасам позволяет производить эффективные и лицевые стеновые керамические материалы, кровельную черепицу, керамическую облицовочную плитку, изделия теплоизоляционной поризованной керамики, санитарно-технические и огнеупорные изделия.

Месторождения кирпичных глин (суглинки и лессы) имеются во всех регионах республики. Основным сырьем для производства керамических плит и плиток являются огнеупорные и тугоплавкие беложгущиеся глины, кварцевый песок (отошитель) и плавни (полевошпатовый и нефелиновый концентраты, стеклобой). Запасы сырья для производства керамических плит и плиток позволяют организовать заводы по их выпуску мощностью 10 млн. м² и более на территории Камыстинского района Костанайской области, Куршумском районе Восточно-Казахстанской области и Целиноградском районе Акмолинской области.

Для производства санитарно-технических изделий из фаянса и полуфарфора применяют каолин (29%), пластичную глину (25%), кварцевый песок – (28%), полевой шпат (10%) и бой изделий (8%).

Запасы сырья для производства санитарно-технических изделий имеются в Акмолинской, Актыбинской, Костанайской, Павлодарской областях. Обеспеченность запасами сырья для производства керамзита только в одной Атырауской области составляет более 100 лет. Намечается строительство керамзито-

вых заводов в западном, северном, восточном и южном регионах с целью равномерного обеспечения керамзитом все области республики и его экспорта в Россию, Китай, Узбекистан и Киргизстан.

В странах Западной Европы керамические строительные материалы и изделия представлены огромным количеством наименований.

Объем выпуска керамических изделий и кирпича в России составляет более 50 % в общем балансе стеновых материалов, что объясняется их хорошими эксплуатационными свойствами и распространенностью сырья для производства.

Однако выпуск изделий эффективной стеновой керамики составляет около 15 % от общего выпуска изделий этой группы. В Латвии, Литве, Болгарии, Бельгии, Франции, Италии этот показатель составляет 34-90 %.

Керамическая кирпичная стена отвечает самым высоким требованиям комфортности и долговечности, аккумулирует тепло, благоприятно воздействуя на климат жилища. Если комфортность деревянной постройки принять за единицу, то комфортность помещений из керамических материалов соответствует коэффициенту 0,7, из ячеистого бетона - 0,2, из силикатного кирпича - 0,1, из железобетона - 0,05.

Производство эффективных пустотелых керамических стеновых изделий, по сравнению с производством полнотелого кирпича позволяет снизить расход сырья на 25-30 %, расход топлива на 10 % и более.

Применение эффективных керамических изделий в строительстве, благодаря их пониженной теплопроводности, позволяет снизить толщину наружных стен зданий на 25-30%.

Виды керамических изделий



стенные



черепица



керамогранит



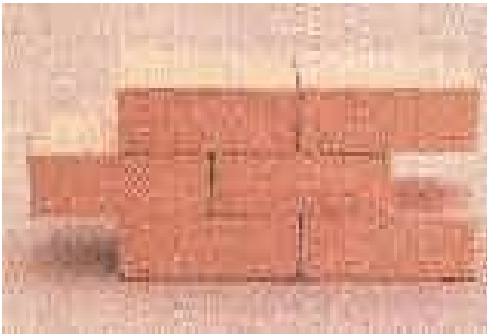
канализационные трубы



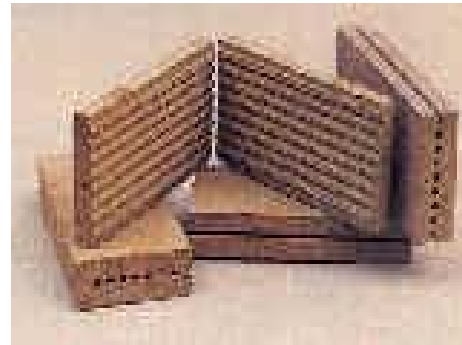
сантехника



огнеупоры



кислотоупорный кирпич



кислотоупорная плитка



керамзит

Общая технологическая схема производства строительной керамики состоит из следующих технологических переделов:

- добыча и доставка глинистого сырья;
- обработка глинистого сырья и подготовка вспомогательных добавок;
- дозирование, увлажнение и смешивание сырьевых компонентов;
- формование изделий и сушка изделий;
- обжиг и охлаждение изделий.

Залогом получения керамических изделий высокого качества является естественная и технологическая обработка глинистых пород (зумпфование, вымораживание, подогрев, вакуумирование, ультразвуковая обработка и др.), а также его предварительная активация (механическая, биологическая и др.)

Совершенствуются агрегаты тепловой обработки керамических изделий.

На смену туннельным печам приходят наиболее эффективные в плане обеспечения равномерности обжига изделий и расхода топлива на единицу продукции колпаковые циркуляционные печи НПП "Техстройкерамика" (ТЕСКА), ро-

тационные печи и сушилки испанской фирмы "Индустриас пардинас", шахтные печи фирмы ШЛ (г. Омск), а также печи со съемным сводом.

Новые разработки и особенности производства наметились в лицевых керамических материалах, в том числе архитектурно-отделочных.

Кроме традиционных способов – экструзия, прессование - освоены методы объемного формования и виброобразования поверхности.

Литература

1 осн., 5 осн. [56-83], 24 доп.

Контрольные вопросы

1. Какие материалы называют керамическими?
2. Какие виды керамических материалов вы знаете?
3. Какие керамические материалы производят в Казахстане?
4. Какие виды сырья есть в Казахстане для производства керамических материалов?
5. Общая схема производства керамических изделий.

Тема лекции 2. Классификация и общие свойства керамических строительных материалов и изделий

Керамические изделия обладают различными свойствами, которые определяются составом исходного сырья, способами его переработки, а также условиями обжига - газовой средой, температурой и длительностью. Материал (т.е. тело), из которого состоят керамические изделия, в технологии керамики называют **керамическим черепком**.

Строительные керамические изделия классифицируют по структуре керамического черепка и по их конструктивному назначению в отдельных элементах зданий и сооружений.

По структуре черепка различают изделия с **пористым** и со **спекшимся черепком**, а также изделия грубой и тонкой керамики. Пористыми в технологии керамики условно считают изделия, у которых водопоглощение черепка превышает 5%, обычно такой черепок пропускает воду. Спекшимся считают черепок с водопоглощением ниже 5%; как правило, он водонепроницаем.

У изделий грубой керамики черепок имеет в изломе зернистое строение (макронеоднородный). Большинство строительных керамических изделий — строительный кирпич, черепица, канализационные трубы и др. — являются изделиями грубой керамики.

У изделий **тонкой** керамики излом черепка имеет макрооднородное строение. Он может быть пористым, как, например, у фаянсовых облицовочных глазурованных плиток, и спекшимся (плитки для полов, кислотостойкий кирпич, фарфоровые изделия). Изделия со спекшимся черепком с водопоглощением ниже 1 % называют каменными керамическими. Если при этом черепок обладает еще и просвечиваемостью, то его называют **фарфором**.

По конструктивному назначению различают следующие группы керамических строительных материалов и изделий:

стенные изделия - кирпич, керамические камни и панели из них;

фасадные изделия - лицевой кирпич, различного рода плитки; архитектурно-художественные детали, наборные панно;
изделия для внутренней облицовки стен - глазурованные плитки и фасонные детали к ним (карнизы, уголки, пояски);
плитки для облицовки пола;
кровельные изделия – различного вида черепицы;
санитарно-строительные изделия - умывальные столы, унитазы, ванны;
дорожные изделия - клинкерный кирпич;
изделия для подземных коммуникаций - канализационные и дренажные трубы;
теплоизоляционные изделия (керамзитокерамические панели, ячеистая керамика, диатомитовые и шамотные легковесные изделия);
заполнители бетонов (керамзит, аглопорит).

ОБЩИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

К керамическим материалам предъявляются различные требования соответственно тем воздействиям, которые они испытывают при использовании их в строительстве. В связи с этим необходимо знать основные свойства керамического материала и пути их регулирования в процессе изготовления различных керамических изделий.

Физические свойства

Истинная плотность – для кирпича 2,5-2,65 г/см³, для материалов, имеющих плотное строение (плитки для пола) – 2,7-2,8 г/см³

Средняя плотность - до 2,4 г/см³

Пористость – от 0 (для фарфора) до 60-80 % (для легкого кирпича и фарфора), обыкновенного кирпича – 20-40 %.

Пустотность – степень заполнения объема материала воздушными полостями: для стеновых камней – 22-52%, для кирпича пустотелого – 15-50% (за рубежом камни до 62 %)

Водопоглощение керамических материалов характеризует количественную величину их пористости и соответственно степень спекания, которая в свою очередь влияет на многие рабочие свойства изделий строительной керамики: морозостойкость, паро- и воздухопроницаемость, сцепление с раствором, загрязняемость и др. Водопоглощение колеблется от 0,05 до 60-70 % (для керамогранита и легкого кирпича).

Водопроницаемость – способность материала пропускать воду под давлением, имеет особое значение для кровельных, санитарно-технических изделий, снижается обжигом до спекания, глазурованием.

Паропроницаемость – характеризуется коэффициентом, который равен количеству водяного пара в граммах, проникающего в течение 1с через поверхность 1 м² при толщине 1м и разности в упругости пара 1 МПа на противоположных сторонах образца.

Значения коэффициентов паропроницаемости некоторых строительных мате-

риалов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Коэффициенты паропроницаемости строительных материалов

Материал	Средняя плотность, кг/м ³	Коэффициент паропроницаемости, 10 ⁻⁸ г/(м·с · Па)
Керамический кирпич	1600-1800	2,38
Мрамор	2600-2700	0,33
Пенобетон	500-600	6,99
Цементный раствор	2300-2350	0,70
Гипс	800-850	0,81
Керамзитобетон	1200-1250	1,95
Бетон	2200-2500	0,33
Гранит	2700-3000	0,23

Морозостойкостью называют способность материала в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание (алма - кезек мұздату және еріту) без признаков разрушения и без значительного понижения прочности. Показателем морозостойкости является количество теплосмен, которое выдерживает материал без признаков разрушения.

Морозостойкость определяет долговечность керамических материалов при их службе в условиях воздействия на них внешней среды. Поэтому требования морозостойкости регламентированы ГОСТами для стеновых фасадных, кровельных и некоторых других изделия строительной керамики. Морозостойкость керамических материалов находится в пределах 15-300 циклов.

Механические свойства

Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ керамических материалов зависит от их состава и структуры и уменьшается с увеличением размера образца. Наиболее важное значение $R_{сж}$ имеет для изделий стеновой керамики, которые воспринимают большие нагрузки в зданиях и сооружениях. По этому показателю стеновые изделия маркируют, принимая за марку среднюю величину по результатам испытания пяти образцов.

Для изделий строительной керамики $R_{сж}$ находится в пределах 7,5...500 МПа. Фаянс имеет $R_{сж}=100$ МПа, полуфарфор $R_{сж}=150-200$ МПа, фарфор $R_{сж}=500$ МПа.

Предел прочности при изгибе керамических материалов $R_{из}$ зависит от тех же факторов, что и $R_{сж}$, с той лишь разницей, что здесь структура материала оказывает более резкое влияние на его сопротивляемость изгибу. Так, например, кирпич полусухого прессования имеет меньшую величину предела прочности при изгибе, чем кирпич пластического формования, изготовленный из тех же глин, хотя $R_{сж}$ последнего ниже, чем у кирпича полусухого формования.

Предел прочности при изгибе регламентируется ГОСТами для кирпича, поскольку в стене он испытывает не только сжимающие, но и изгибающие нагрузки, вследствие неровностей своей поверхности. Этот показатель регламен-

тируется и для некоторых других керамических изделий. По нему также судят об относительной прочности испытуемого материала и используют его как косвенный показатель для характеристики некоторых других свойств глинистого сырья и обожженных изделий (связность, связующая способность, термостойкость).

Для керамических материалов $R_{из}$ находится в пределах 0,7-5 МПа. Для изделий санитарно-технической керамики: фаянс имеет $R_{из}=15-30$ МПа, полуфарфор $R_{из}=35-45$ МПа, фарфор $R_{из}=50-70$ МПа.

Термические свойства

Огнеупорность – способность материала противостоять, не расплавляясь, действию высоких температур. Характеризуется она температурой, при которой стандартный образец в виде трехгранной пирамиды при нагревании размягчается и, оседая, касается своей вершиной подставки, на которой он укреплен.

По огнеупорности бывают легкоплавкие, тугоплавкие, огнеупорные и высокоогнеупорные. К огнеупорным относятся шамотные изделия (огнеупорность 1610-1750 °С).

Термостойкость – свойство материала не растрескиваться при резких и многократных изменениях температуры (усиливается глазурированием). Термостойкость керамических изделий – 1-10 теплосмен.

Термическое расширение – свойство материала увеличивать свои размеры при нагревании.

Теплопроводность – свойство материала пропускать тепло через свою толщину. Теплопроводность керамических материалов зависит от средней плотности. Так керамический кирпич со средней плотностью 1600-1800 кг/м³ имеет теплопроводность $\lambda = 0,8-0,9$ Вт/(м °С). Вода плотностью 1000 кг/м³ имеет теплопроводность $\lambda = 0,59$ Вт/(м °С).

Специальные свойства

Химическая стойкость – способность материала в течение длительного времени сопротивляться действию химически активных веществ – кислот, щелочей, агрессивных газов, солей

Химически стойкие материалы должны обладать лучшими механическими свойствами - прочностью, газопроницаемостью и термостойкостью.

Химически стойки – фарфор, кислотоупорный кирпич, канализационные трубы и другие глазурированные изделия.

Кирпич не стоек к действию кислот и солей.

Кислотостойкость большинства керамических изделий составляет 90-98%.

Химически стойкая керамика должна хорошо работать при отрицательных температурах (до 25 циклов).

Литература

1 осн. [130-136, 221-291, 356-363], 5 осн. [62, 63, 68, 69, 78, 82].

Контрольные вопросы

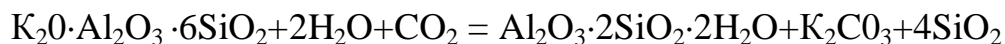
1. Что называют керамическим черепком?
2. Виды керамических материалов с плотным и пористым черепком?

3. Классификация керамических материалов по назначению.
4. Что такое паропроницаемость керамических материалов?
5. Какие свойства относятся к специальным?

Тема лекций 3. Основы глиноведения.

Глины образовались в результате естественного выветривания магматических полевошпатовых горных пород – в основном гранитов, вулканического стекла, туфов, порфириров, а также за счет разрушения метаморфических пород (гнейсов)

Полевые шпаты в результате выветривания превращаются в глинистое вещество, которое образуется в основном в виде минералов каолинита по следующей схеме:



Образовавшиеся глинистые минералы в зависимости от местных условий либо оставались на месте образования, либо переносились водой и льдом или ветром в другие места.

В первом случае глины называют остаточными или **первичными** (элювиальными), во втором – осадочными или **вторичными**.

Первичные глины характеризуются непостоянством состава. Их грансостав меняется от тонкодисперсных (пылевидных) в верхней части залежи до грубодисперсных (зернистых) – в нижней, еще ниже остаточные глины постепенно переходят в неразложившиеся материнские (полевошпатовые) породы.

Вторичные глины обычно более равномерны по составу и свойствам. Различают делювиальные, ледниковые и лессовидные осадочные глины.

Делювиальные – перенесены дождевыми или снеговыми водами, обычно недалеко от мест их происхождения. Для месторождения этих глин характерны слоистые напластования, неоднородный состав и засоренность мелкими примесями.

Ледниковые глины перенесены ледником, эти глины залегают обычно линзами, бывают сильно засорены каменистыми включениями от крупных валунов до мелкой щебенки.

Лессовидные (эоловые) – перенесены ветром, они располагаются преимущественно на границе бывших пустынь. Глины характеризуются однородностью состава, высокой дисперсностью и сильно пористым строением.

Лессы – разновидность глинистых материалов, состоящие из пылеватых частиц с большим количеством известковых включений – до 15-20 % и более от общего веса.

Первичная глина перемещаясь одним из способов (элюв., делюв., флювиоглац., эоловых процессов), например водой могла освобождаться от первоначальных примесей и отложившись в новом месте в более чистом виде образовала каолины.

Каолины отличаются высоким содержанием минерала каолинита, высокой огнеупорностью, незначительным содержанием красящих окислов, вследствие чего после обжига приобретают преимущественно белый цвет.

Отложенные глинистые породы с течением времени уплотняются, пропитываясь различными астворимыми в воде солями и клеящими веществами (например, продуктами гниения и разложения растительности) и таким образом цементируются в глинистую породу.

В зависимости от свойств цементирующих пленок глинистые породы могут распускаться в воде или быть водонепрочными.

Кроме каолинистых глин, в природе широко распространены гидрослюдистые глины.

Они образовались в результате выветривания силикатных пород в условиях влажного климата и являются продуктами химического выветривания, в том числе – глауконит, второстепенные – каолинит, монтмориллонит. Глинистые породы, в которых преобладают монтмориллонитовые минералы называются **бентонитами**.

Бентонит – образовался путем выветривания эффузивных горных пород: туфов, вулканических пеплов, состоит в основном из минералов монтмориллонитовой группы.

В бентонитовых глинах хорошо выражена реликтовая (древних эпох) пепловая структура. Бентониты – высокопластичны, дают значительную воздушную усадку, склонны к трещинообразованию при сушке и к вспучиванию при обжиге. Используются в качестве добавки для повышения пластичности и связующей способности.

По структурно-текстурным особенностям среди глин можно выделить алевролитовые разности (с преобладанием зерен крупностью от 0,001 до 0,1 мм), содержание обломочного материала в которых изменяется от 0,08 до 35 %.

Чистые глины имеют оптически-ориентированные и спутанно-волокнистое строение. Цвет глин меняется в большой гамме – от чисто белого до черного в зависимости от вида и количества примесей.

Минералогический (вещественный) состав включает глинистое вещество и примеси.

Глинистое вещество – комплекс глинообразующих минералов, главнейшие из которых – каолинит, монтмориллонит и гидрослюда. К ним также относятся галлуазит, монотермит, бейделлит и др.

Каолинит имеет частицы размером 1-3 мкм, он не способен присоединять и прочно удерживать большое количество воды, при сушке быстро отдает влагу. Каолины с небольшим количеством примесей огнеупорны, умеренно- и мало-пластичны, имеют светлую окраску. $P_{уст} = 1.8-2.2 \text{ г/см}^3$, в кислой среде устойчив.

Монтмориллонит – имеет частицы размером менее 1 мкм.

Интенсивно поглощает воду, прочно ее удерживает и трудно отдает при сушке. При увлажнении сильно набухает и может увеличиться в объеме до 16 раз, легкоплавок, высокопластичен.

Гидрослюда имеет в своем составе оксиды щелочных и щелочноземельных металлов. Размеры частиц – в пределах 1 мкм.

Гидрослюды умеренно- или среднепластичные, имеют пониженную температуру спекания.

В зависимости от преобладания того или иного глинистого минерала различают глины каолиновые, гидрослюдистые, монтмориллонитовые, гидрослюдисто-каолиновые, монтмориллонито-каолиновые, монтмориллонито- гидрослюдистые и полиминеральные, которые содержат три и более глинистых минералов.

Монотермит – тонкая механическая смесь гидрослюды и каолинита. Набухаемость и водопоглощение сильнее чем у каолинитов, является пластичной огнеупорной глиной.

Примесями являются все составные части глинистой породы, не обладающие свойствами глинистых минералов. Примесями являются: песчаные частицы, карбонатные включения, железистые минералы, щелочные оксиды, органические примеси, гипс, растворимые соли, слюда.

Таблица 1. Классификация глинистых и песчаных грунтов

Наименование грунтов	Содержание глинистых частиц, %	Содержание пылеватых и песчаных частиц, %
Тяжелая глина	>60	< 40
Глина	60-30	40-70
Суглинок тяжелый	30-20	70-80
» средний	20-15	80-85
» легкий	15-10	85-90
Супесь	10-5	90-95
Песок	< 5	> 95

Гранулометрический (зерновой) состав – количественное соотношение частиц разного размера, фракций, выраженное в % по массе. Фракция – группа частиц одного размера. Гранулометрический характеризуется содержанием в них глинистой фракции (мельче 0,005 мм), пылеватых частиц (0,005-0,14 мм) и песка (0,14-5 мм).

Соотношение между этими фракциями определяет такие свойства, как пластичность, связность, усадку, чувствительность к сушке.

Химический состав глин характеризует их пригодность для производства различных глин для производства изделий определенных видов. Химический состав глин представляют следующими оксидами:

кремнезем (SiO_2) – 50-65% , в запесоченных глинах – 80-85%;

глинозем (Al_2O_3) является тугоплавким оксидом, с повышением от 14 до 45 % и выше его содержания возрастает огнеупорность глин. В зависимости от его содержания оксидов алюминия глины подразделяются на высокоглиноземистые (свыше 45%), высокоосновные (38-45%), основные (28-38%), полуокислые (14-28%) и кислые менее 14%. В производстве изделий строительной керамики обычно используют основные и полуокислые глины;

оксиды щелочноземельных металлов: CaO-20-25 %, MgO – 2-3 %, способствуют спеканию глин (3-4%), при больших количествах – повышают пористость черепка;

щелочные оксиды ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) – 5-6%, снижают водопоглощение глин;

оксиды железа ($\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$) – 8-10%;

диоксид титана (TiO_2) – не более 1,5 %.

Глинистую часть составляет особая группа минералов – тонкозернистые водные алюмосиликаты, которые и определяют основные свойства глин.

Эти минералам присущи слоистые структуры – они состоят как бы из множества слоев особого строения и обладают спайностью.

В зависимости от строения слоев основные глинистые минералы подразделяют на группы:

1) минералы из двухэтажных слоев – одного тетраэдрического и одного октаэдрического; слои образуют структуры минералов каолиновой группы (каолинит, диккит, накрит, галлуазит);

2) минералы из трехэтажных слоев – двух тетраэдрических и заключенного между ними одного октаэдрического слоя; к ним относятся минералы групп: монмориллонитовой (монтмориллонит, нонтронит), вермикулитовой (вермикулит) и гидрослюдистой (гидромусковит, иллит, глауконит);

3) минералы из пакетов, сложенных из одного одноэтажного (октаэдрического) и одного трехэтажного слоев; к ним относятся минералы хлоритовой группы (хлорит);

4) особую группу глинистых минералов образуют минералы-сростки, представляющие собой сочетание структур из двух- и трехэтажных слоев (монотермит, бейделлит).

Классификация глинистого сырья по основным признакам

Глинистое сырье классифицируется по огнеупорности, по содержанию красящих окислов, по степени спекаемости, по пластичности, по содержанию тонкодисперсных и крупнозернистых фракций, по структуре, степени уплотнения, текстуре и т.д.

По огнеупорности:

высокоогнеупорные – температура плавления – выше 2000 °С;

огнеупорные – 1580-2000 °С;

тугоплавкие – 1350-1580 °С;

легкоплавкие – до 1350 °С;

По содержанию красящих окислов $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ в прокаленном состоянии:

высокоосновное – с содержанием $\text{Al}_2\text{O}_3 +\text{TiO}_2$ - более 40 %;

основное – с содержанием $\text{Al}_2\text{O}_3 +\text{TiO}_2$ - 30-40%;

полукислое – с содержанием $\text{Al}_2\text{O}_3 +\text{TiO}_2$ - 15-30%;

кислое – с содержанием $\text{Al}_2\text{O}_3 +\text{TiO}_2$ менее 15 %.

По степени спекаемости:

- сильноспекающиеся с водопоглощением черепка, обожженного при температуре 1300 °С (не более 2%);

- среднеспекающиеся с водопоглощением черепка, обожженного при температуре 1100-1300 °С (не более 5%);

- неспекающиеся неспособное давать спекшийся черепок (с водопоглощением черепка не более 5%).

По степени пластичности:

- высокопластичные с числом пластичности более 25 (1 класс);

- средней пластичности – с числом пластичности 15-25 (1 класс);

- умереннопластичные – с числом пластичности 7-15 (2 класс);

- малопластичные – с числом пластичности до 7 (3 класс);

- непластичные – неспособное при затворении водой давать пластичное тесто.

По содержанию тонкодисперсных фракций (ГОСТ 9169 – 75) глинистое сырье подразделяют на группы (таблица 2).

Таблица 2. Группы глин в зависимости от содержания тонкодисперсных фракций, %

Группа	Фракция, мкм, менее 10 (0,01мм)	Фракция, мкм, менее 1 (0,001мм)
Высокодисперсная	Свыше 85	Свыше 60
Среднедисперсная	» 60-80	» 40-60
Низкодисперсная	» 30-60	» 15-40
Грубодисперсная	30 и менее	15 и менее

В зависимости от вида включений:

с кварцевыми; железистыми; карбонатными; гипсовыми; органическими.

По структуре, определяемой характером излома:

грубозернистые; тонкозернистые; плотные; пористые.

По текстуре:

однородные; неоднородные (пестрые); слоистые.

По степени уплотнения и отвердевания:

камнеподобные (обезвоженные толщи глин, аргиллиты, глинистые сланцы); пластичные; рыхлые (глины и суглинки).

Литература

1 осн. [34-40, 53-75, 87-95], 3 осн. [15-25], 5 осн.[33,34,56]

Контрольные вопросы

1. Как образовались глины?
2. Какие разновидности глин существуют в природе?
3. Какие минералы присутствуют в глинах?
4. Классификация глин по огнеупорности.
5. Классификация глин по степени пластичности.

Тема лекций 4. Технологические свойства глин.

Глины образовались в результате разложения и выветривания полевошпатовых и некоторых других горных пород. В результате многолетних изменений температуры, действия солнечных лучей, мороза, дождей, ветра кристаллические горные породы растрескивались и разрушались. При химическом взаимо-

действии горных пород с углекислым газом воздуха, водой, породы постепенно превращались в глинистые минералы, карбонаты и кварц.

Очень важны для совершенствования технологии достоверные сведения о свойствах глины. Между тем даже при строительстве современных заводов в период, предшествующий проектированию и закупке оборудования, не всегда проводятся тщательные научные исследования глинистого сырья и отработка оптимальных параметров технологии.

Различные методы испытаний глин, разработанные за много лет огромным числом ученых и практиков, призваны в значительной степени облегчить этот труд и помочь наиболее эффективно использовать потенциальные возможности глин для получения качественной продукции.

Наиболее характерными свойствами глин являются **пластичность, связующая способность, способность давать усадку – воздушную при сушке, огневою при обжиге, спекаемость, огнеупорность.**

Пластичность – способность глины образовывать при затворении водой тесто, которое под воздействием внешних нагрузок может принимать форму, сохраняющуюся после устранения нагрузок. Пластичность глин зависит от гранулометрического состава: чем больше содержание глинистых частиц (мельче 0,001 мм), тем выше пластичность. В состав глины входят различные по крупности частицы: от 5 до 0,14 мм – песчаные фракции, от 0,14 до 0,005 мм – пылевидные фракции, 0,005-0,001 мм и менее – глинистые фракции. Огнеупорные глины являются высокодисперсными – содержание фракций меньше 0,001 мм составляет 60-80%. В легкоплавких глинах преобладают фракции от 0,01 до 0,001 мм.

При добавлении к глине более 28-30% воды глина теряет пластичность и превращается в жидкую текучую массу – **шликер.**

Степень пластичности глин характеризует число пластичности. Число пластичности является количественной мерой пластичности глин и отражает разность влажностей между нижней границей текучести W_1 и границей раскатывания глины в жгут W_2 (ГОСТ 9169–89).

Число пластичности вычисляют по формуле:

$$П = W_1 - W_2$$

где W_1 – влажность глиняной массы при нижней границе текучести в %;

W_2 – влажность глиняной массы при верхней границе раскатывания в %.

Например, если абсолютная влажность глины при нижнем пределе текучести $W_1 = 45\%$, а на границе раскатывания $W_2 = 25\%$, то степень пластичности составит $W_1 - W_2 = 45 - 25 = 20\%$, а число пластичности будет равно 20.

По степени пластичности глины классифицируют на пять классов: высокопластичные $П > 25$; среднепластичные $П = 15 - 25$; умереннопластичные $П = 7 - 15$; малопластичные $П < 7$; непластичные $П = 0$.

Чем пластичнее глина, тем больше воды необходимо в нее добавить для получения нормального рабочего теста. От этого свойства чаще всего напрямую

зависит прочность и морозостойкость будущего изделия, которое принято называть керамическим строительным кирпичем. Влажность рабочего теста из высокопластичных глин составляет 25 – 30% и более, из среднепластичных – 20-25% и малопластичных (тощих) – 15-20%.

Для увеличения пластичности глин могут быть использованы следующие средства: длительное вылеживание и промораживание, отмучивание, механическая обработка с многократным истиранием на глинообрабатывающих машинах, вылеживание (относительно кратковременное) предварительно обработанной глины, паропрогрев, вакуумирование, добавка более пластичных глин и разных пластифицирующих материалов, например сульфитно-спиртовой барды.

Связующая способность глин определяет возможность сохранять пластичность при смешивании с непластичными материалами. Связующая способность глины выражается в том, что она может связывать частицы непластичных материалов (песка, шамота и пр.) и образовывать при высыхании достаточно прочное изделие.

Критерием связующей способности служит число пластичности массы. При этом связующая способность измеряется количеством нормального (Вольского) песка (ГОСТ 6139–82), при добавлении которого образуется масса с числом пластичности 7. Более пластичные глины обладают большей связующей способностью.

По связующей способности глины классифицируют на четыре группы, в зависимости от их способности связывать то или иное количество в процентном отношении нормального песка, принимаемого за эталон:

- высокопластичные 60–80%;
- пластичные 20–60%;
- низкопластичные (тощие) до 20%;
- камнеподобные (сланцы, сухарные глины) не образуют теста.

Воздушной усадкой глинистого сырья называют изменение линейных (сызык) размеров и объема отформованных из этого сырья образцов под влиянием сушки.

При температуре 100-110° С глина отдает всю примешанную к ней механически связанную (гигроскопическую) воду и изделие из глины делается сухим и твердым. Если такую глину снова замочить водой, она будет обладать пластичностью в той же степени, что и до потери влаги.

Различают **линейную** и **объемную** воздушные усадки, которые выражают в процентах от первоначального линейного размера или объема:

$$Y_{\text{л}} = (\ell_0 - \ell_1) \cdot 100 / \ell_0$$

где ℓ_0 – линейный размер сформованного изделия до сушки, мм; ℓ_1 – линейный размер сформованного изделия после высушивания до постоянной массы, мм;

$$Y_0 = (V_0 - V_1) \cdot 100 / V_0$$

где V_0 – первоначальный объем сформованного изделия до сушки, см³; V_1 – объем изделия после высушивания до постоянной массы, см³.

В процессе сушки глина растрескивается. Такие трещины мы можем наблюдать на поверхности полнотелого печного кирпича после его обжига. Чем он чувствительнее к сушке, тем сильнее происходит растрескивание.

Чувствительность глины к сушке. В практической работе при определении чувствительности сырья к сушке чаще всего пользуются двумя методами – А.Ф. Чижского и З.А. Носовой.

По методу А.Ф. Чижского коэффициент чувствительности к сушке определяют по формуле:

$$K_c = (W_n - W_{кр})/W_{кр},$$

где W_n и $W_{кр}$ - начальная (формовочная) и критическая влажность образца, %.

Для малочувствительных глин $K_c < 1,2$, а для высокочувствительных глин $K_c > 1,8$.

По ускоренному методу А.Ф. Чижского сформованную пластинку образца размером 55x55x10мм облучают мощным тепловым потоком до появления на пластинке трещин. Время появления трещин (в секундах) и является критерием чувствительности глин к сушке. Источником облучения служит электрическая плитка с закрытой спиралью мощностью 800 Вт.

Этот относительно простой и быстрый метод позволяет в какой-то степени оценить чувствительность глин к сушке и условно отнести их к одной из трех групп: высокочувствительные к сушке глины, когда трещины появляются ранее 100 с облучения, среднечувствительные трещины появляются через 100-180 с и малочувствительные, когда трещины появляются более чем через 180 с.

Коэффициент чувствительности, предложенный З.А. Носовой, определяют как отношение объема усадки ($V_{ус}$), к объему пор в высушенном материале ($V_{пор}$):

$$K_{ч} = V_{ус} / V_{пор} = V / V_0 [(m_0 - m) / (V_0 - V)],$$

где V_0 и V - объемы свежесформованного и высушенного при 20°C образцов, см³;

m_0 и m - массы свежесформованного и высушенного образцов, г.

По методу З.А. Носовой по степени чувствительности к сушке глины разделяют на следующие классы: малочувствительные $K_{ч} < 1$, среднечувствительные $K_{ч} = 1-1,5$ и высокочувствительные $K_{ч} > 1,5$.

Хотя этот метод и является более надежным, чем ускоренный метод Чижского, на практике наблюдаются частые его расхождения с реальными результатами. В институте ВНИИСТРОМ также разработан метод оценки чувствительности глинистого сырья к сушке, который заключается в прямом определении количества монтмориллонита в сырье. Глинистые минералы каолинит или гидрослюда не делают глину высокочувствительной. Чувствительность сырья к сушке повышают только **монтмориллонитоподобные минералы**, имеющие межслоевую воду в своей структуре и удаляемую при температуре до 200 °С. При

удалении соответственно изменяются параметры кристаллической решетки монтмориллонита с 24 до 10 . Этим объясняется неизбежное появление микро-трещин, что и вызывает применение в этом случае различных технологических приемов для снижения их отрицательного влияния на качество продукции (введение отошителя, смягчение сроков сушки и т. д.). Определенный по содержанию монтмориллонита показатель называется минералогическим коэффициентом чувствительности к сушке. Минералогический коэффициент определяется исходя из относительной потери массы в температурном диапазоне 100 – 200 °С по формуле:

$$K_m = M_{исх} - M_{200} / M_{100} - M_{200}$$

где $M_{исх}$ – масса навески, высушенной в естественных условиях, M_{100} и M_{200} — массы навесок, высушенных соответственно при 100 и 200 °С. Здесь также следует принимать во внимание, что этот показатель относится к глинам с общим содержанием глинистого вещества не менее 30-40%. В случае с меньшим содержанием глинистого вещества он не отражает реальной чувствительности к сушке глины.

Огневой усадкой называют изменение линейных размеров высушенных изделий после их обжига. Величину линейной огневой усадки вычисляют по формуле:

$$Y_{ог} = (\ell_1 - \ell_2) \cdot 100 / \ell_1$$

где ℓ_1 – линейный размер изделия после высушивания до постоянной массы, мм; ℓ_2 – линейный размер изделия после обжига, мм.

Четкой зависимости между чувствительностью глин к обжигу и величиной их огневой усадки не отмечается.

При повышении пористости глиняного сырца уменьшается его чувствительность к обжигу, что объясняется локальной разрядкой возникающих напряжений за счет свободного объема пор. Ввод отошителей в состав шихты является эффективным средством для устранения трещиноватости в процессе обжига, так как отошители снижают напряжения, возникающие при сушке, повышают пористость. Благодаря этому ускоряется подъем температуры при обжиге без появления внешних дефектов.

Большое влияние на чувствительность глин к обжигу оказывает **минералогический состав и количество глинистой фракции**. Кирпичные заводы должны обязательно учитывать этот фактор в своем производстве. Чем больше в глинистой фракции минералов монтмориллонитовой группы и чем выше содержание глинистой фракции глины, тем большей чувствительностью к обжигу они обладают.

В интервале температур от 800 до 900 °С начинается процесс спекания, выражающийся в уплотнении черепка при частичном плавлении легкоплавких смесей и обуславливающий огневую усадку.

Определение воздушной и огневой усадок необходимо для оценки поведения отформованных изделий в процессе сушки и обжига, разработки техноло-

гических режимов, установления размеров формуемых изделий и проверки свойств массы, из которой изготавливают изделия.

Общая усадка – называют величину изменения линейных размеров и объема изделия в результате сушки и обжига. Величину полной усадки определяют по формуле:

$$Y_{об} = (\ell_0 - \ell_2) \cdot 100 / \ell_0$$

где ℓ_0 – линейный размер изделия после формования, мм; ℓ_2 – линейный размер изделия после обжига, мм.

Общая усадка может достигать 8-12% при использовании пластичных глин и 2-5% при низкопластичных или сильно отощенных добавками пластичных глин.

Спекаемостью называется способность глин превращаться под действием высоких температур в камнеподобный черепок, обладающий водопоглощением не выше 5%.

Температура, при которой черепок перестает быть пористым (водопоглощение не выше 5%), сохраняя в то же время приданную ему форму (без деформации), называют **температурой спекания**.

Интервал спекания глин имеет большое значение для правильного построения режима конечной стадии обжига керамических изделий.

В зависимости от того, до какой степени глины могут спекаться, они делятся на следующие виды:

- сильноспекающиеся, способные при обжиге давать черепок с водопоглощением до 2%, причем такое состояние черепка должно сохраняться в температурном интервале не менее 50°;
- среднеспекающиеся, способные образовывать черепок с водопоглощением не более 5%;
- неспекающиеся, неспособные давать спекающийся черепок с водопоглощением более 5% в интервале температур 50 °С.

В соответствии с температурой, при которой данная глина спекается, различают глины:

- низкотемпературного спекания, спекающиеся при температуре ниже 1100 °С;
- среднетемпературного спекания, спекающиеся в интервале 1100 -1300 °С;
- высокотемпературного спекания, спекающиеся выше 1300 °С.

Интервал спекания глины, применяемой в кирпичном производстве, обычно равен 50-100 °С и редко выше. Тугоплавкие и огнеупорные глины имеют более широкий интервал спекания.

Керамические стеновые материалы обжигают при температуре ниже полного спекания (900-980°С), так как пористость их должна быть достаточно высокой.

Для кирпича полусухого прессования, вследствие недостаточного контакта между отдельными зернами глины, начало спекания наступает при более высокой температуре, чем в изделиях пластического формования, в связи с этим конечная температура обжига такого кирпича должна быть на 50 –100°С выше.

Период нагрева от 100 – 150 °С до 800 – 850° С является наименее опасным для обжига в отношении трещинообразования, и подъем температуры в этом интервале можно осуществлять с максимальной скоростью, допускаемой конструктивными особенностями печи. Допустимая скорость нагрева кирпича нормального размера в период его упругих деформаций начала размягчения черепка весьма высокая и составляет примерно 300° со значительными колебаниями в ту и другую сторону для разного сырья и состава масс.

Огнеупорность – свойство глин противостоять, не расплавляясь, воздействию высоких температур.

По огнеупорности глины делят на следующие группы:

- огнеупорные – с показателем огнеупорности выше 1580° С;
- тугоплавкие – 1350 до 1580°С;
- легкоплавкие – до 1350°С.

Огнеупорность глин определяют экспериментальным путем. Определяют ее керамическими пироскопами (конусами Зегера), имеющими форму трехгранной усеченной пирамиды высотой 30 мм и стороной у основания 8 мм, а у вершины 2 мм и характеризуют той температурой, при которой конус размягчается и оседает, касаясь своей вершиной подставки, на которой он введен в печь. Для определения огнеупорности глины из нее изготавливают образец, подобный конусу Зегера, устанавливают его вместе с несколькими конусами, имеющими разные температуры огнеупорности, и конусы нагревают. Огнеупорность глины соответствует огнеупорности того конуса, который коснулся своей вершиной подставки одновременно с испытуемым образцом. Разность между температурой начала спекания и огнеупорностью глины называется **интервалом спекания**:

$$T = T_2 - T_1$$

где T_1 - температура, при которой образец имеет водопоглощение 5 % и менее;

T_2 - температура, при которой образец начинает деформироваться.

Он находится в пределах 100 – 150 °С у чистых каолиновых глин и 25—50 °С у глин, используемых для обыкновенного глиняного кирпича.

Литература

3 осн. [25-36], 5 осн. [46,52,53, 67].

Контрольные вопросы

1. Наиболее характерные свойства глин.
2. Что такое пластичность глин?
3. Что такое связующая способность глин?
4. Как определяют чувствительность глин к сушке?
5. Что такое воздушная усадка глины? Виды воздушной усадки глин.
8. Что такое спекаемость глины?
9. Как определяют огнеупорность глины?
10. Что называется интервалом спекания глин?

Тема лекции 5. Добавки к глинам.

Современное производство керамических строительных материалов и изделий ориентируется на высокую степень автоматизации и механизации процессов сушки и обжига. Это вызывает необходимость тщательной корректировки массы и создания искусственных смесей, обеспечивающих заданные формовочные, сушильные и др. технологические свойства.

В зависимости от природных свойств глинистого сырья и принятой технологии производства добавки классифицируют по своему основному назначению:

- улучшающие сушильные свойства (снижение пластичности и чувствительности к сушке), например, отошающие;
- улучшающие спекание глин;
- улучшающие формуемость изделия;
- повышающие прочность и морозостойкость изделий;
- поризующие;
- снижающие расход технологического топлива;
- уменьшающие высаливание растворимых солей;
- окрашивающие черепок.

Некоторые добавки оказывают комплексное влияние, например, топливные отходы выполняют роль одновременно отошителя и топливной добавки, а ряде случаев улучшают спекание черепка. В таблице 1 даны рекомендации по применению добавок при производстве керамических строительных материалов.

Таблица 1. Виды и рекомендации по использованию добавок

Добавки	Назначение	Ориентировочное количество, мас. %	Состояние добавок
Песок	Отошение массы, улучшение сушки, снижение воздушной усадки.	5-30	Предельная крупность зерен 2 мм. Содержание фракции < 0,25 мм не более 20%.
Шамот	То же	3-10	Предельная крупность зерен 3 мм. Содержание фракции < 0,25мм более 20%.
Опилки	То же, поризующее	3-15	После просева через сито с размерами отверстий 8-10 мм
Дегидратированная глина	Отошение массы, снижение формовочной влажности	20-50	Предельная крупность зерен 3 мм. Содержание фрак-

			ции < 0,25мм более 20%.
Керамзитовая крошка	То же	6-8 и более	То же
Уголь	Поризующее	2-5	Крупность зерен 1-3 мм
Зола ТЭС	Отошение массы, улучшение спекаемости, уменьшение расхода топлива	10-50	Крупность зерен 1-2 мм
Отходы углеобогащения коксохимического производства	Улучшение спекаемости, формуемости, сушки, сокращение расходов топлива	5-15 и более	Крупность зерен 1-3 мм
Отходы углебогатительных фабрик	То же	10-35 и более	Предельная крупность зерен 3 мм
Шлаки фосфорного производства	Отошение массы, улучшение спекаемости, повышение прочности, осветление черепка	30-35	Предельная крупность зерен 1 мм
Шлаки медеплавильного производства	Отошение массы, улучшение спекаемости, повышение прочности и морозостойкости, улучшение сушки.	20-25	Крупность зерен 1-3 мм
Шлаки черной металлургии	То же	20-25	Крупность зерен 1-3 мм
Бокситовый шлам	Пластифицирующее, повышение прочности, усиление окраски	2-5	Предельная крупность зерен 1 мм
Поверхностно-активные вещества (ПАВ)	Пластифицирующее, повышение прочности, улучшение формовочных свойств	до 0,5	Водный раствор
Пиритные огарки	Улучшение спекаемости, повышение прочности морозостойкости, усиление окраски	5-10	Предельная крупность зерен 1 мм
Необогащенный волластонит	То же. Осветление черепка	3-8	Предельная крупность зерен 2 мм

Вулканиканический шлак	Отощение массы	25	То же
Высокопластичные глины, бентонит	Пластифицирующее, улучшение формовочных свойств повышение прочности и моростойкости, осветление черепка	10-30 В виде шликера 3-5	То же
Гипс, известь, цементная пыль	Разувлажнение массы	0,5-2	Менее 1 мм
Углекислый барий, гидрат оксида бария	Устранение высолов	0,5-1	Водный раствор
Марганцевая руда	Окраска черепка в коричневые, серые, черные тона. Улучшение спекаемости	1-10	Шликер
Железосодержащие руды и отходы, охра, мумия, сурик, гематит	Усиление окраски, улучшение спекаемости	3-10	Шликер
Хромсодержащие руды и отходы	Усиление окраски	5-10	То же
Жидкое калиевое стекло	Усиление окраски, улучшение спекаемости лицевого слоя	1-3	Водный раствор
Бой легкоплавкого стекла	Улучшение спекаемости лицевого слоя	3-10	Шликер
Молотый мел, мергель, доломит, известь, трепел, каолин	Осветление черепка до кремового цвета	15-50	Шликер (предельная крупность зерен 0,1 мм)
Полевые шпаты, нефелиновые сиениты, сподумены, мел, доломиты	Улучшение спекаемости, снижение температуры обжига	10-15	Предельная крупность зерен 1 мм

Для придания различных свойств как глинам, так и получаемым из них керамическим изделиям в глину вводят различные добавки. Кратко рассмотрим добавки, имеющие наиболее частое применение.

Отощающие добавки. Вводятся для снижения пластичности глин.

В высокопластичные глины, требующие для затворения большого количества воды (до 28%) и поэтому дающие большую линейную усадку при сушке и обжиге (до 15%), необходимо вводить отощающие добавки, т. е. непластичные

вещества. При этом значительно уменьшается количество воды, необходимой для затворения глиняного теста, что сокращает размер усадки (до 2—6%).

В качестве отошающих добавок чаще всего применяют вещества неорганического происхождения — кварцевый песок, шамот (обоженная и измельченная глина) и бой изделий, молотый шлак и золу. Эти добавки не только уменьшают усадку изделий, но и улучшают формовочные свойства массы, облегчают технологический процесс производства и устраняют брак. В ряде случаев они улучшают физические свойства изделий, например термостойкость и теплопроводность.

Отошающими добавками могут являться тощие глины с числом пластичности не более 7, дегидратированная глина, отходы угледобычи с содержанием глинистых фракций до 60-70%, шамот, бой кирпича, кварцевые пески с преимущественно угловатыми зернами размером от 0,25 до 1 мм, измельченный шлак, зола, молотые песчаники, кварциты, кремни, маршаллит, диатомит, трепел, и т.п. материалы.

В производстве санитарно-строительных изделий отошителями служат тальк и пиррофиллит. Вводимое в формовочную массу количество отошителя в виде кварцевого песка составляет 10-25%, шамота — 10-50%, а в случае многошамотных масс — до 90%.

Отошающе-выгорающими добавками являются уголь, опилки, молотые шлаки и золы с топливными остатками, а также отходы углеобогащения. Они могут заменять до 85% массы твердого топлива, необходимого для обжига. Равномерно распределенные в теле сырца эти добавки способствуют хорошему внутреннему спеканию черепка пористых изделий.

Выгорающие добавки

Для получения изделий с меньшим объемным весом и увеличенной пористостью применяют органические выгорающие добавки. Наиболее часто используются древесные опилки, угольная мелочь и угольный порошок, торфяная пыль и др. Применяют также вещества, выделяющие при высокой температуре обжига углекислоту, что ведет к образованию пор — мел, доломит и глинистый мергель (в молотом виде). Все эти добавки обладают также и свойствами отошающих добавок.

Специальные добавки

Для придания керамическим изделиям специальных свойств могут применяться соответствующие добавки. Так, например, при изготовлении кислотоупорных изделий и облицовочных плиток добавками к глинам являются песчаные смеси, затворенные жидким стеклом или щелочами. При необходимости понижения температуры обжига некоторых изделий в глину вводятся флюсы (плавни) — молотый полевой шпат, руды, содержащие железо, песчаник и др.

Плавни вводят для повышения плотности и прочности, а также степени спекания при пониженных температурах обжига. Плавнями являются материалы, которые сами имеют меньшую, чем глина температуру плавления (пегматиты, сиениты, полевые шпаты) или образующие в процессе обжига с компонентами глины легкоплавкие соединения (известняки, доломиты, перлит, магнезит и

др.). Месторождения полевых шпатов и пегматитов расположены Акмолинской, Актюбинской, Костанайской, Павлодарской областях

Для повышения морозостойкости керамических изделий в формовочную массу вводят до 2,5% хлористых кальция, натрия или алюминия.

Для повышения качества кирпича в виде добавки употребляют пирофосфаты и полифосфаты натрия.

Как специальные добавки можно рассматривать и оксиды некоторых металлов, добавляемые в массу беложгущихся глин для окраски ее в определенный цвет.

Пластифицирующие добавки

Пластифицирующие добавки используют для повышения пластичности малопластичного глинистого сырья, например, лесов или лесовидных суглинков. Это высокопластичные («жирные») тугоплавкие и бентонитовые глины, различные ПАВ (технические лигносульфонаты, СДБ, КМЦ и др.), электролиты (кальцинированная сода, жидкое стекло, соляная кислота, хлорное железо и др.). Высокопластичные и тугоплавкие глины вводят в массу в количестве до 50% массы глины, а ПАВ – 0,2-0,5% массы шихты. Добавка электролитов составляет 0,05-2,5% массы сухого вещества. В качестве добавок, повышающих пластичность формовочной массы, применяют в небольших дозах (0,1—0,3%) поверхностно-активные вещества, например сульфитно-спиртовую барду.

С целью предотвращения выцветов добавляют углекислый или хлористый барий в количестве до 0,5% массы, а для разрушения опасных крупных известковых включений – до 1,5% массы глины хлористый натрий или соляную кислоту. Керамическое производство должно включать максимально возможное использование техногенного глиносодержащего сырья, вскрышные, горелые породы и другие материалы, существенно расширяя сырьевую базу керамического производства и принося пользу экологической обстановке. Для корректировки свойств исходного сырья, непригодного для получения изделий требуемого качества, в керамические массы вводят различные минеральные и органические добавки. Отощающие добавки позволяют при сушке керамических изделий из высокопластичных глин уменьшить воздушную усадку и, тем самым, повысить трещиностойкость, сократить продолжительность сушки и снизить коробление сырца. При обжиге отощающие добавки также способствуют снижению огневой усадки.

Литература

1осн. [95-122,138], 2осн. [28-32], 13 доп. [53,64,72].

Контрольные вопросы

1. Классификация добавок по основному назначению.
2. Добавки, улучшающие сушильные свойства глин.
3. Пластифицирующие добавки.
4. Для чего применяют выгорающие добавки?
5. Специальные виды добавок.

Тема лекции 6. Реологические свойства глиняных масс.

Реология – наука о деформациях и текучести вещества, исследующая различные деформации материалов в зависимости от напряжении.

Реологические свойства глиняных масс:

- пластическая прочность;
- деформация;
- модуль упругости.

В основе количественной оценки структурно-механических (реологических) свойств формовочных масс лежат теоретические основы самостоятельного раздела коллоидной химии, называемого физико-химической механикой, основные положения которого разработаны академиком П.А. Ребиндером.

Приготовленная масса обладает определенными качественными характеристиками, оцениваемыми по показателям свойств.

Свойства выражают способность вещества реагировать на внешние и внутренние факторы (механические, тепловые, гравитационные и др.).

Главным свойством приготовленной смеси (массы) является ее способность к технологической обработке – распределению слоя заданной толщины, уплотнению, формованию с уплотнением. Такую способность смеси называют удобоформуемостью, подвижностью и относят к группе структурно-механических или реологических свойств.

В дисперсных пластичных массах, в том числе и глинистых, под действием сдвиговых напряжений могут возникнуть три типа деформации:

- быстрая эластическая ϵ_b ,
- медленная эластическая ϵ_m
- пластическая деформации $\epsilon_{пл}$

Разрывы первичных контактов различных типов и образование новых, вторичных, происходящие при нагружениях системы выше условного статического предела текучести, составляют **пластическую** деформацию

Суммарная деформация, возникающая при нагружениях дисперсий глинистых минералов, глин и керамических масс, состоит из трех видов деформации: двух обратимых, протекающих с различными скоростями и исчезающих после снятия нагрузки (быстрой и медленной эластических), и одной необратимой (пластической).

Эти деформации развиваются одновременно, но по величине различно сочетаются между собой в деформационном процессе.

Быстрая эластическая деформация ϵ_b происходит в первое мгновение после приложения внешнего усилия; она связана с шарнирным поворотом и упругой деформацией частиц дисперсной фазы. При снятии нагрузки быстрая эластическая деформация полностью и также мгновенно исчезает (равновесное состояние достигается со скоростью, близкой к скорости звука в данном теле).

Медленная эластическая деформация ϵ_m развивается с момента приложения внешней нагрузки в течение нескольких, обычно 3-10 мин, с постепенно уменьшающейся скоростью; она связана с небольшим смещением (скольжением) частиц относительно друг друга без разрыва межмолекулярных связей и разрушения структуры.

При снятии нагрузки медленная эластическая деформация полностью обратима, причем восстановление системы происходит также с постепенным замедлением.

Пластическая деформация $\varepsilon_{пл}$ возникает только тогда, когда напряжение сдвига достигнет определенной величины, называемой **предельным напряжением сдвига** или **пределом текучести** (верхний предел влажности, при котором глина сохраняет пластические свойства)

Пластическая прочность или **механическая прочность** структуры представляет собой предельное напряжение сдвига, которое может выдержать пластичная масса при статическом нагружении.

При пластической деформации происходит частичное разрушение структуры, которая самопроизвольно восстанавливается со временем (явление тиксотропии).

Поскольку при данном напряжении в системе устанавливается равновесие процессов разрушения и тиксотропного восстановления, общее разрушение структуры не нарастает во времени. Деформация этого вида происходит с постоянной скоростью и после снятия напряжения не исчезает, т.е. является необратимой

Если приложенная внешняя нагрузка вызывает напряжения, лежащие ниже предела текучести Pm , то в системе возникают только первые два вида деформации ε_{δ} и ε_m

Если напряжения превышают Pm , то имеют место деформации всех видов, причем в при течении дисперсных систем в области неразрушенных структур отдельные деформации складываются друг с другом, т.е. общая деформация:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_m + \varepsilon_{пл} \text{ или } \varepsilon' = \varepsilon'_{\delta} + \varepsilon'_m + \varepsilon'_{пл},$$

где ε (с соответствующими индексами) – относительная деформация, равная по отношению абсолютной деформации ε' к толщине деформируемого слоя a .

Модуль быстрой эластической деформации (модуль упругости)

$$E_{yn} = P/\varepsilon'_{\delta} = Pa/\varepsilon_{\delta}$$

Модуль медленной эластической деформации (модуль эластичности)

$$E_{эл} = P/\varepsilon'_m = Pa/\varepsilon_m = Pa/(\varepsilon_{эл} - \varepsilon_{\delta})$$

Наибольшая пластическая (шведовская) вязкость

$$\eta_{пл} = (P - Pm)/d\varepsilon'_{пл}/d\tau = (P - Pm)a/d\varepsilon_{пл}/d\tau$$

где $P - Pm$ соответствует действующему напряжению, поддерживающему пластическое течение.

Вязкость упругого последействия

$$\eta_{yn} = P / (d\varepsilon'_{\sigma} / d\tau - d\varepsilon'_{nl} / d\tau) = Pa / (d\varepsilon_{\sigma} / d\tau - d\varepsilon_{nl} / d\tau)$$

Оценка качества керамических масс по видам деформации

На развитие деформационных процессов в глинистых системах существенно влияют типы и количество глинистых минералов, наличие примесей и их природа, концентрация твердой фазы и её дисперсность, количество и вид по верхностно-активных добавок

Относительные деформации – быстрая эластическая, медленная эластическая и пластическая определяют в зависимости от их соотношения структурно-механический тип дисперсий.

Экспериментальными исследованиями С.П.Ничипоренко и др. выделены шесть структурно-механических типов структур глин в зависимости от соотношения величин относительных деформации – быстрой, медленной эластической и пластической, определяемых в сопоставимых условиях (обычно $P=0,2$ МПа, $\tau=1000$ с)

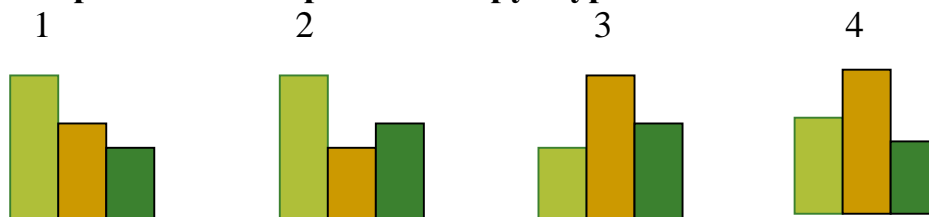
$$\begin{array}{ll} 1 - \varepsilon_{\sigma} > \varepsilon_M > \varepsilon_{nl}\tau & 2 - \varepsilon_M > \varepsilon_{\sigma} > \varepsilon_{nl}\tau \\ 3 - \varepsilon_M > \varepsilon_{nl}\tau > \varepsilon_{\sigma} & 4 - \varepsilon_{\sigma} > \varepsilon_{nl}\tau > \varepsilon_M \\ 5 - \varepsilon_{nl}\tau > \varepsilon_{\sigma} > \varepsilon_M & 6 - \varepsilon_{nl}\tau > \varepsilon_M > \varepsilon_{\sigma} \end{array}$$

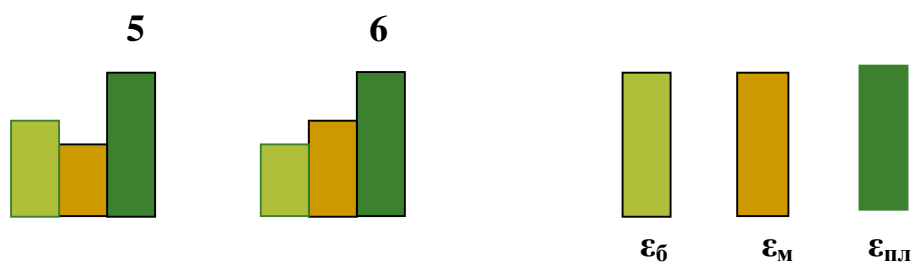
Различные типы структур представляют в виде гистограмм – прямоугольников с одинаковым основанием, высота которых соответствует доле, вносимой той или иной составляющей в общую деформацию, или тройной диаграммой.

Глины различных типов ведут себя по-разному в процессах формования:

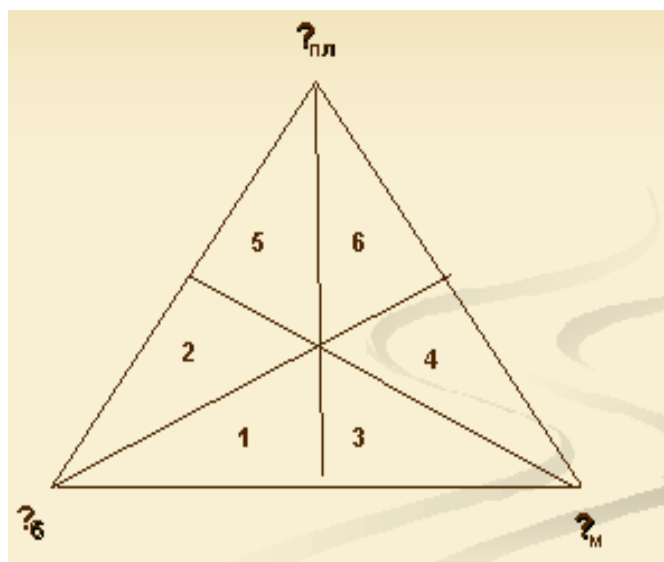
- глины 1 и 2 структурно-механического типа с преобладающим развитием быстрых эластических деформации, что указывает на плохую формуемость керамических масс. Таким массам свойственно хрупкое разрушение структуры;
- в керамических массах 5 и 6 типов – значительное развитие пластических деформации. Массы легко деформируются, что увеличивает свилеобразование при пластическом формовании изделий, т.е. проявляют склонность к пластическому разрушению (к трещинообразованию);
- наиболее благоприятны для формования 3-го и особенно 4-го типов. Они хорошо формируются и образуют в керамические, фарфоровые, фаянсовые и другие изделия без дефектов. Масса проходит формующую часть пресса за 5-7 сек. В течение этого времени преобладающее развитие медленных эластических деформации способно полностью компенсировать возникающее во время формования кратковременные напряжения без нарушений сплошности выдавливаемой массы.

Гистограммное изображение структурно-механических типов





Диаграммное изображение структурно-механических типов



Литература

4осн. [57-85].

Контрольные вопросы

1. Что такое реология?
2. Какие свойства глиняных масс относятся к реологическим свойствам?
3. Какие виды деформаций могут возникнуть в пластичных массах под действием сдвиговых сил?
4. Какие структурно-механические типы керамических масс наиболее благоприятны для формования изделий?

Тема лекции 7. Подготовка сырья и составление шихты.

1. Добыча глины

Заводы строительной керамики строятся у мест залегания сырья на небольшом расстоянии от месторождений и разработку осуществляют самостоятельно. Добыче сырья предшествуют вскрышные работы, заключающиеся в удалении верхнего слоя, содержащие корни растений. Вскрышные работы обычно производят не позднее за шесть месяцев до начала добычи глинистого сырья. Мощность вскрышного слоя составляет 0,2-0,5 м и более. Соотношение мощностей вскрышных пород и полезного слоя для различных глин неодинаково.

Для лессовых пород составляет 1:20-1:50, обычных легкоплавких глин – 1:1-1:5.

С целью улучшения пластических свойств глины (суглинков, лессов) вскрытый массив заливается водой. Для этого на поверхности массива бульдозером нарезаются траншеи шириной 4, длиной 30 и глубиной 0,8-1 м на расстоянии 2 м друг от друга. Расход воды для заливки составляет 80-90 л на 1 м³. Вода подается насосом по трубам в подготовленные траншеи. После заливки массив выдерживается не менее 6 месяцев, а затем разрабатывается. При этом влажность сырья составляет 12-20%.

В зависимости от мощности залегания и облегчения разработки промышленная толща карьера разрабатывается на 2-3 уступа высотой 7-8 м каждый. На уступах глинистая порода разрабатывается одноковшовыми экскаваторами емкостью ковша 1 м³. При мощности месторождения до 10-11 м глинистое сырье разрабатывается экскаваторами в один горизонт, при мощности до 16 м – в два уступа, а при мощности до 21 м и более – в три уступа.

В зимнее время карьеры утепляются рыхлением на глубину до 1 м. В районах с холодной зимой карьеры утепляются в конце осени опилками, соломой или рисовой шелухой. На некоторых кирпичных заводах для работы в зимних условиях предусмотрены глинозапасники, подготавливаемые отсыпкой в конус сырья непосредственно на карьере.

От карьера до завода глинистое сырье в большинстве случаев транспортируется автосамосвалами. Сырье выгружается на склад глины, где создается определенный запас, например на 5-7 часов работы. Затем грейферным граном или бульдозером подается в бункер ящечного подавателя (питателя), который достаточно равномерно подает его на транспортерную ленту. С помощью транспортера глина направляется на дальнейшую переработку отдельно или совместно с другими компонентами и добавками, которые также подвергаются предварительной подготовке.

2. Подготовка шихты на примере кирпичного завода

При производстве керамического кирпича, часто, в качестве выгорающей добавки используют каменный уголь. Со склада сырья уголь поступает в приемный бункер валковой или молотковой дробилки, где дробится до величины зерен не более 5 мм. Измельченный уголь ковшевым элеватором подается в бункер запаса емкостью 1 м³ и дозируется тарельчатым или ленточным питателем на движущуюся транспортерную ленту с глинистым сырьем. Количество дозируемого угля составляет 3-3,5% от массы глины. Дозированное глинистое сырье и уголь поступают на дробление в камневыделительные вальцы и вальцы тонкого помола, где раздавливаются и истираются до величины зерен не более 2-3 мм. На камневыделительных вальцах могут выделяться камни величиной от 35 мм и более. Основное измельчение шихты происходит на вальцах тонкого помола. Вальцы вращаются с разной скоростью и при этом происходит не только усилие сжатия, но и сдвига (истирания). Степень разрушения структуры возрастает с увеличением разности частоты вращения и уменьшением вели-

чины зазора между валками. Влияние разности частоты вращения валков на деформацию сдвига может быть определено по следующей зависимости:

$$S = (\omega_6 - \omega_T) \cdot \tau, \text{ м}$$

$$\tau = \pi \cdot D \cdot \alpha / 360 \cdot \omega_T$$

где S – деформация сдвига; ω_6 и ω_T – окружные скорости соответственно быстроходного и тихоходного валков, м/с; τ – время нахождения материала в валках, с; D – диаметр валка, м; α – угол захвата материала валками.

Разность частоты вращения валков обеспечивает наибольшую деформацию сдвига. В пределах 5-10 см. Современная конструкция валков тонкого помола обеспечивает разность вращения валков для быстроходного 290 об/мин. и для тихоходного 190 об/ мин. Величина зазора должна соответствовать отношению зазора к диаметру валка в пределах 0,002-0,001. Максимальный размер кусков породы, поступающей на дробление не должен превышать 0,05 диаметра валка. Эффективно устанавливать две пары валков с уменьшением зазора от 5 до 1 мм.

3. Приготовление формовочной массы

В зависимости от вида изготавливаемой продукции и свойств исходного сырья керамическую массу получают **пластическим, полусухим и шликерным (мокрым) способами**. Для приготовления однородной формовочной массы шихта поступает в смеситель (двухвальный) или пропеллерную мешалку куда подается вода.

На стадии приготовления формовочной массы проявляются важные водные свойства глинистого сырья.

Операция добавления воды, сопровождаемая перемешиванием, обычно называют заминкой. При этом образуется глиняное тесто, образование которого проходит через ряд консистенций (состояний), характеризующихся особыми свойствами. Вначале при небольших количествах воды (примерно 5-8%) зерна глины не проявляют связности и они находятся в рыхлом состоянии. При дальнейшем добавлении воды (примерно 9-15%) частицы порошка начинают слипаться. Жгуты, сформованные из такого теста легко ломаются, а отдельные их части при слабом сдавливании не соединяются. В этом случае глинистый порошок находится в полутвердом состоянии и проявляет пластичные и упругие свойства твердого тела. При дальнейшем добавлении воды (16-27%) и перемешивании глинистое сырье переходит в пластическую консистенцию, которая характеризуется интервалом абсолютной влажности (числом пластичности). В этой консистенции масса может принимать любую форму без образования разрывов и сохранять под действием силы тяжести.

В случае дальнейшего добавления воды (примерно 29-35%) пластичные свойства системы «глина- вода» могут сохраняться, однако масса прилипает к рукам и металлу и не пригодна для изготовления изделий. При еще большем количестве воды (36-45%) масса начинает течь как вязкая жидкость и переходит в текучую консистенцию. Из приведенных 5 консистенций гетерогенной системы «глина – вода» могут применяться первые 3: полутвердая – для приго-

товления изделий методом полусухого прессования, пластичная – для пластического формования изделий и текучая – для изготовления изделий методом литья.

При взаимодействии воды с глинистыми частицами вокруг последних образуется водная оболочка. Оболочка создана силами электростатическими силами притяжения положительных и отрицательных неуравновешанных зарядов катионов и анионов глинистых частиц. Сама глинистая частица образует на своей поверхности слой отрицательно заряженных частиц – анионов. Глинистая частица с анионами называется **ядром** (макроанион). В свою очередь ядро притягивает к своей поверхности слой катионов из состава дисперсионной среды. Вместе с со слоем анионов на поверхности ядра образует неподвижную часть двойного электрического слоя. Катионы, связанные с ядром, называются сорбированным комплексом, а глинистая частица с неподвижной частью двойного электрического слоя – **гранулой**. Вокруг гранулы расположена ионная атмосфера – диффузионный слой катионов. Глинистую частицу с двойным электрическим слоем и ионной атмосферой называют **мицеллой**. Чем больше валентность катиона, находящегося в диффузионном слое, тем сильнее электростатическое притяжение между ним и ядром и меньше толщина диффузионного слоя. Наиболее развитой диффузионный слой образуют одновалентные катионы Na^+ K^+ Li^+ . Диффузионный слой катионов вокруг гранул может рассматриваться как результат диссоциации глинистой частицы с сорбированным комплексом. Подтверждением этому является то, что добавление в дисперсионную среду одноименных катионов уменьшает диссоциацию комплекса. При этом величина отрицательных заряда микроанионов и сила их взаимного отталкивания возрастают. Происходит пептизация – разделение глинистых агрегатов на мельчайшие частицы. С другой стороны уменьшение отрицательного заряда глинистых ядер при добавлении в состав дисперсионной среды оснований или солей двух- или трехвалентных металлов $\text{Ca}(\text{OH})_2$, AlCl_3 и других вызывает коагуляцию (слипание) частиц.

Молекула воды имеет дипольное строение и, следовательно, концы ее электрически заряжены. Гидроксильная группа молекулы воды OH^- притягиваются катионами в составе сорбированного комплекса и удерживают их с большой силой, образуя водную оболочку.

В составе сорбированного комплекса часто содержатся катионы Ca^+ , способствующие коагуляции системы. Для снижения коагуляции в систему «глина-вода» вводят электролиты. Так при введении Na_2CO_3 происходит его диссоциация 2Na^+ и $(\text{CO}_3)^-$. При замещении катионов Ca^+ на катионы Na^+ увеличивается величина отрицательного заряда глинистых частиц и происходит их взаимное отталкивание и осуществляется дисперсия слипшихся агрегатов на отдельные элементарные частицы.

Образование водяной оболочки вокруг глинистой частицы объясняет многие свойства системы «глина-вода», главными из которых является **набухание, размокаемость, влагоемкость и тиксотропное упрочнение**.

Набухание – способность глинистого сырья увеличивать свой объем при взаимодействии с водой. Глинистое сырье набухает вследствие того, что образующаяся водяная оболочка на поверхности глинистых частиц раздвигает их. К каолиниту водная оболочка притягивается гидроксильными группами со стороны нарушения кристаллической решетки. К монтмориоллону внедряется острыми водородными концами раздвигая слабо связанные отрицательно заряженные поверхности пакетов. Поэтому частицы монтмориллонита набухают в большей мере, чем частицы каолинита. Набухание является экзотермическим процессом. Теплота адсорбции прочно связанной воды составляет около 335 кДж/кг.

Размокание – это распад агрегатов глинистых частиц на более мелкие зерна под действием воды. При уменьшении размеров глинистых частиц возрастает их удельная (меншікті) поверхность, поэтому увеличивается поверхность покрывающих их водяных оболочек, уменьшается величина ячеек, и частицы дисперсной фазы сближаются. Чем более тонкодисперсным является глинистое сырье, тем больше кривизна вогнутых менисков слившихся водяных оболочек и тем сильнее взаимное притяжение глинистых частиц. При добавлении воды к глинистому сырью выше определенного количества происходит чрезмерное утолщение водяных оболочек и раздвижению глинистых частиц. Это увеличивает подвижность системы. При этом частицы могут свободно смещаться относительно друг друга и система переходит в текучую консистенцию.

Влагоемкость глинистого сырья – способность вмещать и удерживать определенное количество воды при данной температуре и давлении. Часть воды удерживается около глинистых частиц в результате процессов гидратации. Большая часть воды находится в порах между глинистыми частицами и считается **свободной или гравитационной**. Влагоемкость глинистого сырья можно характеризовать максимальной молекулярной влагоемкостью, под которой понимают относительное количество воды, которое удержится в глине силами молекулярного сцепления, в массе пластической консистенции после ее обжатия между слоями фильтровальной бумаги.

Для определения максимальной молекулярной влагоемкости берут оставшуюся глиняную массу после определения нижнего предела текучести (W_1) методом балансирного конуса.

Форма для определения молекулярной влагоемкости представляет собой металлическую пластинку — шаблон толщиной 2 мм с отверстием в центре диаметром 50 мм. Форму укладывают на кусочек ткани (батиста).

Отверстие шаблона наполняют глиняной массой, избыток которой, выступающий из отверстия шаблона, удаляют ножом или шпателем. После этого снимают шаблон, а образец покрывают вторым кусочком ткани и помещают между листами фильтровальной бумаги диаметром 9 см (по 20 листов сверху и снизу).

В таком виде образец устанавливают под гидравлический пресс и подвергают сжатию до 6,5 – 7 МПа. Образец на прессе выдерживают под давлением в течение 10 мин. При этом необходимо следить, чтобы давление на манометре

пресса в процессе уплотнения оставалось постоянным. По окончании испытания проверяют качество отжатой лепешки.

Ломкость (хрупкость) лепешки указывает на завершение процесса водоотдачи. После этого определяют остаточную влажность W_2 стандартным методом и вычисляют молекулярную влагоемкость:

$$W_{\text{мм}} = (W_1 - W_2 / W_1) \cdot 100\%$$

Фадеевой В.С. экспериментально установлена зависимость между максимальной молекулярной влагоемкостью $W_{\text{мм}}$ и формовочной влажностью $W_{\text{ф}}$:

$$W_{\text{мм}} = 0,7 \cdot W_{\text{ф}}$$

Тиксотропное упрочнение – свойство влажных глинистых масс в состоянии покоя самопроизвольно упрочняться с течением времени при неизменной влажности и восстанавливать разрушенную структуру. Однако при механическом воздействии (перемешивание, вибрация) она вновь приобретает первоначальную консистенцию. Количественно тиксотропное упрочнение определяется по величине сопротивления массы сдвигу при вдавливании шарика или конуса на постоянную глубину и выражается в процентах нарастания по времени:

$$T_y = (P_{\text{п}} - P_0 / P_0) \times 100\%$$

P_0 – начальная нагрузка на индентор; $P_{\text{п}}$ – нагрузка через некоторый период времени.

Литература

1 осн. [139-152]. 6 осн. [8-24]; 6 доп. [10-28], 8 доп. [35-54].

Контрольные вопросы

1. Какие виды работ выполняются для повышения пластичности глины при добыче?
2. Как измельчают глину при подготовке шихты?
3. Какими способами готовят керамическую массу?
4. Что такое набухание и размокание глины?
5. Что такое влагоемкость глины и тиксотропное упрочнение глинистых масс?

Тема лекции 8. Теория пластического формования

Глиняная пластичная масса представляет собой гетерогенную систему, состоящую из твердой дисперсной фазы, жидкой дисперсионной среды и включений воздушных пузырьков. Если в гетерогенной системе сумма сил внутреннего сцепления больше силы тяжести, действующей на сформованное изделие, то масса имеет необходимую формуемость. Глины и глиновидные породы в пластической консистенции обладают формуемостью, достаточной для изготовления обыкновенного кирпича машинным способом на ленточных шнековых прессах.

Теория пластического формования систем, состоящих из тонкодисперсных минеральных частиц, жидкой дисперсионной пластифицирующей среды и

включений газовой фазы, опирается на весьма сложный комплекс физико-химических явлений. В настоящее время существует область науки – физико-химическая механика дисперсных систем, разработанная академиком П.А. Ребиндером.

Основы теории пластического формирования заложены Кулоном, который еще в 1773 г. сформулировал условие, определяющее предельное напряжение сдвига пластических масс:

$$P_k = P \cdot \operatorname{tg} \varphi + C$$

где P_k – предельное напряжение сдвига, Па; P – нормальное, сжимающее массу напряжение, Па; $\operatorname{tg} \varphi$ – угол внутреннего трения, равнозначный коэффициенту внутреннего трения при постоянном давлении P ; C – внутреннее сцепление, не зависящее от нормально действующего напряжения, Па.

Предельное напряжение сдвига в гетерогенной системе определяется суммой усилий, необходимых для преодоления трения дисперсных частиц при взаимном смещении и для преодоления силы их сцепления.

Влажность керамической массы влияет на величину коэффициентов внутреннего трения f и внутреннего сцепления C . Обнаружено (рис.2) изменение коэффициентов f и C при изменении влажности лессовидного суглинка.

Исследования по определению напряжения сдвига различных глинистых пород в зависимости от вакуумирования, нагревания и давления прессования показали, что в интервале 12 – 14% влажности глин наблюдается переход быстрого падения значения f к замедленному, составляя 0,05 – 0,1. Величина сцепления C при увеличении влажности глин проходит через максимум (C равно от 1 до 2 Па), который соответствует 11-12% влажности у лесса и глин. Вакуумирование уменьшает значение f и увеличивает значение C . Нагревание формочной массы до 60°C немного уменьшает значение f и заметно уменьшает значение C . Отопление глиняной массы песком заметно уменьшает f и весьма значительно – C . Дегидратация глин увеличивает общее сопротивление сдвигу и соответственно повышает значение C и f .

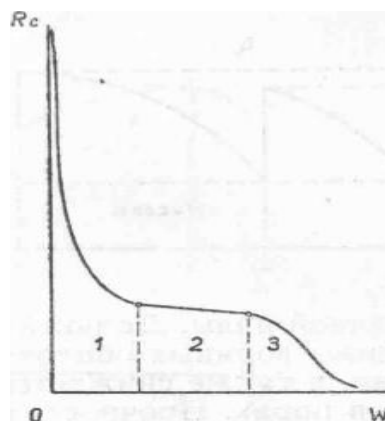
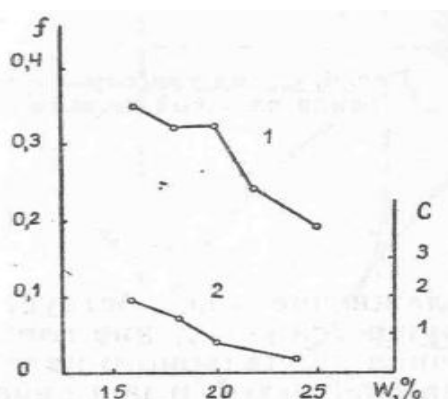


Рисунок 1. Изменение коэффициентов внутреннего трения (1) и сцепления (2) в зависимости от влажности лессовидной породы.

Рисунок 2. Изменение прочности лессового образца в зависимости от влажности: 1 – хрупкое состояние; 2 – пластичное; 3 – текучее.

Гетерогенные системы, состоящие в основном из твердой и жидкой фаз, при условии смачивания образуют сплошные связанные структуры, обусловленные силами сцепления ионов и молекул дисперсионной среды с элементами кристаллических решеток глинистых частиц твердой дисперсной фазы. Такие структурированные системы по своим свойствам занимают промежуточное положение между твердыми телами и жидкостями. Например, в абсолютно сухом состоянии лессовый образец обладает сравнительно высокой прочностью и разрушается подобно твердому хрупкому телу. При небольшом увлажнении прочность лессового образца резко падает (рис. 2), что связано с сильным раскливающим действием молекул воды, адсорбирующейся на его поверхности, но он остается в хрупком состоянии. Дальнейшее увлажнение лессового образца переводит его в пластическое состояние, происходит замедление падения прочности при относительно небольшой величине. Образец набухает вследствие образования водяных оболочек на поверхности всех составляющих глинистых частиц. Прочность пластического образца обуславливается сцеплением глинистых частиц и капиллярным натяжением свободной воды. Дальнейшее увлажнение способствует росту толщины водяных оболочек, нарушается сцепление глинистых частиц, а также снижается величина капиллярного натяжения воды в порах. Прочность образца снижается, и под действием силы тяжести теряется его форма. Гетерогенная система лесс – вода при этом переходит в текучее состояние.

По П. А. Ребиндеру, следует различать коагуляционные и конденсационные структуры. К коагуляционным относятся структуры, в которых взаимодействие между частицами твердой дисперсной фазы осуществляется через разделяющие их водяные оболочки за счет вандерваальсовых и электростатических сил. Конденсационные структуры образуются при удалении жидкой фазы из коагуляционных структур, например при высушивании сырца, изготовленного пластическим способом формования. Они обладают более высокой прочностью, чем коагуляционные, а их разрушение имеет хрупкий и необратимый характер. Разрушенная коагуляционная структура обладает способностью к восстановлению (рис. 3).

Наличие подвижных связей между частицами твердой дисперсной фазы, покрытой водяными оболочками, обуславливает пластичность коагуляционных структур. Лессовые массы в пластичном состоянии проявляют одновременно пластические и упругие деформации. На рис. 3 показано изменение упруго-пластической деформации пластической системы в зависимости от напряжения в процессе ее нагрузки и последующей разгрузки. Напряжение P_k , соответствующее предельному напряжению сдвига, называют пределом текучести. При увеличении приложенного кратковременного напряжения до величины P_k система лесс – вода проявляет упругие свойства и полностью восстанавливает свою форму при снятии напряжения.

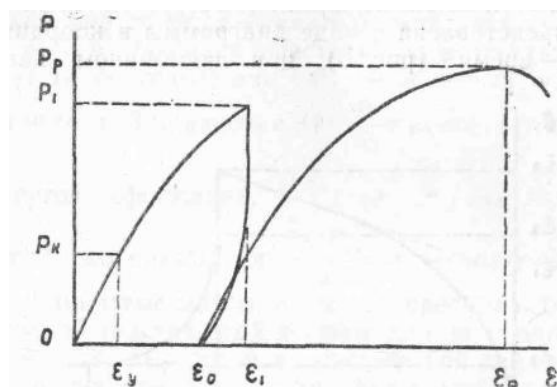


Рисунок 3. Изменение деформации пластической системы в зависимости от напряжения.

В случае повышения напряжения система переходит в текучее состояние. Если разгрузить систему, испытывающую напряжение P_1 и деформированную до величины ϵ_1 , то система устраним упругую деформацию $\epsilon_1 - \epsilon_0$, но сохранит остаточную деформацию ϵ_0 . Если же система будет нагружена до величины разрушающего напряжения P_p , то при деформации ϵ_p она разрушается. Таким образом, если на пластичную гетерогенную систему действует напряжение меньшее, чем P_k , то в ней проявляется лишь крайне медленное течение с постоянной и предельно большой эффективной вязкостью $\eta_{эф}$, определяемой как отношение:

$$\eta_{эф} = P/(d\epsilon/dz)$$

Такое течение не вызывает заметного изменения равновесной структуры гетерогенной системы. Если действующее напряжение превышает P_k , эффективная вязкость системы снижается вследствие частичного разрушения ее структуры. По мере дальнейшего повышения действующего напряжения до величины P_p эффективная вязкость все больше понижается вплоть до минимального значения η_r , соответствующего полностью разрушенной структуре. Таким образом, вязкость системы сильно меняется в зависимости от величины приложенного напряжения, что затрудняет расчеты формующих машин.

Предложен метод расчета оптимального состава формовочных масс на основе глинистого сырья и отоощающих добавок для производства изделий строительной керамики. С помощью конуса Ребиндера строится график зависимости пластической прочности от абсолютной влажности керамической массы (рис. 4), которая выражается двумя прямыми линиями.

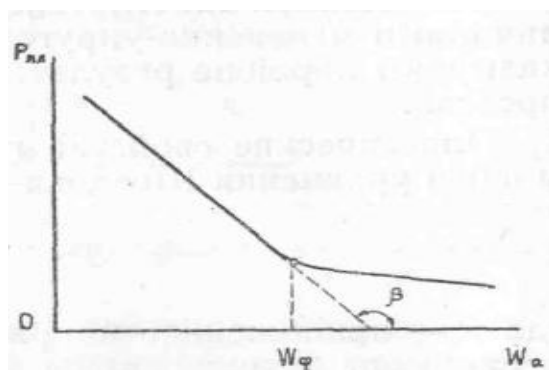


Рисунок 4. Зависимость пластической прочности керамической массы от ее влажности.

Первая характеризует развитие гидратных оболочек и адсорбционных пленок воды на поверхности глинистых частиц и увеличение степени их диспергирования, что улучшает формовочные свойства массы, а вторая свидетельствует о появлении значительного количества свободной воды. Оптимальную формовочную влажность W_f рекомендуется определять по точке начала перехода первой прямой линии во вторую. Количественной мерой формуемости считается величина $\text{ctg } \beta$, которая должна быть не менее 2. При $\text{ctg } \beta < 2$ керамические массы формуются плохо. Значения $\text{ctg } \beta$ для лессовидных пород и лессов находятся в пределах 1,1 – 2,2, для суглинков 7,5 – 13, для глин и каолинов 10 – 35, для бентонитов 60 – 85. Отмечено, что значение P_m у всех глинистых материалов находится при их рабочем влагосодержании в пределах 0,05 – 0,1 МПа. Указанные величины являются минимально необходимыми усилиями для создания нужного сдвига при рабочих влажностях керамических масс и при нормальном давлении. Однако известно, что формование сырца из глинистых масс может быть осуществлено при весьма различной влажности, поэтому понятие оптимальной формовочной влажности имеет условное значение и должно соответствовать величине прессового давления.

Количественная мера пластичности определяется как разность в значениях абсолютной влажности, соответствующих пределу текучести и пределу раскатывания:

$$\Pi = W_T - W_p$$

Влажность предела текучести W_T определяет границу между пластическим и текучим состоянием системы, а влажность предела раскатывания W_p – между пластическим и полутвердым. Таким образом, показатель пластичности определяет интервал влажностей, в котором глинистая система находится в пластическом состоянии. Глины разделяются по числу пластичности на пять групп: высокопластичные более 25, средне-пластичные 25 – 15, умереннопластичные 15 – 7, малопластичные менее 7 и непластичные, не дающие пластического теста.

Основные свойства пластичной формовочной массы зависят от минерального состава, формы и размеров частиц твердой фазы, вида и количества временной технологической связки, интенсивности образования гидратных слоев на поверхностях частиц. С увеличением содержания жидкой фазы коэффициент внутреннего трения растет, проходя через максимум. Другие показатели уменьшаются монотонно, но с разной интенсивностью. Это позволяет для каждой массы выбрать оптимальное значение формовочной влажности. Лучшие формовочные свойства имеет масса с максимально развитыми слоями физически связанной воды при минимальном содержании свободной воды в системе.

Возрастание дисперсности твердой фазы увеличивает количество контактов между частицами в единице объема и прочность. Одновременно растут оптимальная формовочная влажность, предел текучести, вязкость, модули деформации, коэффициент внутреннего трения и связность массы, повышается пластичность. Чрезмерное повышение дисперсности увеличивают усадки в сушке и обжиге, поэтому оптимальный зерновой состав должен обеспечивать сохранение каркаса из сравнительно крупных зерен для повышения предела теку-

честм и уменьшения усадки. Введение электролитов снижает формовочную влажность.

Пластическое формование осуществляют тремя способами: *выдавливанием, допрессовкой и раскаткой*. Во всех случаях механические напряжения не превышают 1 – 30 МПа, масса содержит 30 – 60% жидкости по объему. Заготовка сохраняет форму благодаря наличию предела текучести.

Пластичную керамическую массу для формования обычно готовят при оптимальной формовочной влажности, когда масса способна формоваться под действием усилия человека, (~0,2 МПа) и в то же время не прилипает к рукам и металлу. Отмечено, что существует связь между величиной формовочной влажности керамической массы W_f и ее максимальной молекулярной влаге-емкостью: $W_{mm} = 0,7 \cdot W_f$

Например, оптимальная формовочная влажность лессового сырья, имеющего $W_{mm} \approx 14,5$, равна 20-22%. Однако мощные высокопроизводительные ленточные прессы представляют возможность формования изделий из лессовых масс с пониженной влажностью 16% и менее. Жесткий сырец в меньшей мере подвержен деформации при транспортировке и сушке.

При производстве кирпича пластическим способом применяются ленточные безвакуумные и вакуумные прессы. При формовании кирпича на ленточном вакуумном прессе из формовочной массы в вакуумной камере перед корпусом прессы отсасывается воздух. В вакуумной камере с помощью вакуумнасоса постоянно поддерживается разрежение около 93 кПа. При удалении воздуха частицы сближаются, масса равномерно уплотняется, повышается ее пластичность и плотность при проходе через головку. Плотность бруса определяется относительно – по нагрузке на электродвигатель прессы. Нормальная нагрузка определяется по амперметру, показание которого должно быть 170 – 180А.

В заводской практике формования на вакуумных прессах ведут обычно при влажности на 1 – 3% меньше. Чем сложнее форма изделия, тем при более высокой влажности проводят формование. Для его облегчения иногда в массы добавляют высокопластичные монтмориллонитовые глины. Выдавливание является окончательной операцией формования изделий грубой строительной керамики (кирпич, канализационные трубы) и промежуточным этапом переработки пластичной тонкокерамической массы перед раскаткой и допрессовкой. Выдавливание может быть горизонтальным и вертикальным. Его осуществляют на шнековых вакуумных прессах, реже используют поршневые прессы. В шнековом прессе при движении массы возникает сложное объемно-напряженное состояние. Лопасты шнека сообщают массе поступательное и вращательное движение, а стенки корпуса прессы замедляют перемещение массы в прилегающим к ним слоям. По мере продвижения массы к головке прессы ее вращение замедляется, но периферийные слои движутся с большей скоростью. Окончательно уплотняет массу последний виток шнека. Он выжимает массу из цилиндра в головку прессы с различными по сечению скоростями, сообщая ей частичное вращение.



Рисунок 5. Распределение скоростей течения пластической (а) и тощей (б) масс в головке шнекового пресса.

Шнековые (ленточные) вакуумные прессы имеют высокую производительность и являются агрегатами непрерывного действия, однако требуют «мягких» масс. В заготовке могут возникать дефекты, связанные с неравномерным движением массы. Под действием бокового давления линейная скорость массы у стенки меньше, а окружная выше, чем в центре. В массе образуются два параболаидальных потока, скорости которых в мундштуке постепенно выравниваются. Более пластичные массы характеризуются большим градиентом скоростей по сравнению с жесткими (рис.5). Для снижения неравномерности течения используют шнеки с переменным шагом винта и двухзаходной выпорной лопастью. Крупнозернистые включения снижают склонность массы к расслаиванию. Выдавливание сопровождается образованием анизотропной структуры масс, так как пластинчатые частицы глины ориентируют своей тонкой гранью в направлении максимальной скорости течения. Анизотропия проявляется в неравномерной усадке и разной прочности образцов в разных направлениях.

При неблагоприятных условиях возможно появление дефектов. S-образные трещины образуются при нарушении сплошности массы из-за разной прочности и окружной скорости ее течения. Уменьшение скорости течения в углах или на поверхности кернов для слабосвязанных масс приводит к образованию «драконова зуба» и «малых надразов». Дефекты устраняют подбором размеров головки пресса и мундштука (отношение длины к диаметру должно быть не менее 4), конусности мундштука, смазкой головки и мундштука. Эффективно применение вибро головок или вставок и ультразвуковое разжижение масс.

Литература

1 осн. [167-177], 6 осн. [25-34]; 6 доп. [28-41], 8 доп. [54-65].

Контрольные вопросы

1. Формула, определяющая предельное напряжение сдвига пластических масс.
2. Как влияет влажность керамической массы на величину коэффициентов внутреннего трения f и на величину внутреннего сцепления C ?
3. Что такое коагуляционные и конденсационные структуры?
4. Что такое формовочная влажность и связь с молекулярной влагоемкостью?
5. Какое оборудование применяется при пластическом формовании?

Тема лекции 9. Теоретические основы полусухого прессования.

Основным признаком полусухого прессования керамических изделий является формование их из порошков путем компрессионного прессования под значительным удельным давлением 15 – 40 МПа.

Технологический процесс изготовления изделий этим способом включает следующие группы операций: карьерные работы, приготовление пресс-порошка, прессование, сушку и обжиг изделий. Карьерные работы не имеют в этом случае какой-либо специфики и выполняются соответственно горно-эксплуатационным условиям месторождения глин.

Приготовление пресс-порошка.

Керамическими пресс-порошками называют **высококонцентрированные** (мало влажные) дисперсные глинистые системы, не обладающие связностью. Отсутствие связности обуславливает наиболее характерное свойство порошков – их сыпучесть, т.е. псевдотекучесть в исходном состоянии. Ее характеризуют скоростью истечения порошка под действием собственной массы через отверстие определенного диаметра. Глиняные порошки должны иметь заданный зерновой (гранулометрический) состав и влажность, должны обладать однородной пофракционной влажностью и содержать минимальное количество пылевидной фракции. Все эти характеристики влияют на прессуемость порошка – его способность к максимальному уплотнению при минимальном давлении с образованием при этом изделий, обладающих однородной плотностью, минимальным упругим расширением и отсутствием трещин расслаивания.

Керамические порошки готовят **сушильно-помольным и шликерным** способами.

При сушильно-помольном способе глину подвергают последовательно грубому дроблению, сушке, помолу просеву и увлажнению. Дробят глину на дезинтеграторных вальцах, а сушат в сушильных барабанах прямотоком, так как при противотоке возникает опасность сильного перегрева глины, частичной ее дегидратации, и большой потери пластических свойств. Температура газов T_1 , поступающих в барабан, составляет обычно 600 – 800°C. Снижение T_1 обеспечивает более однородную пофракционную влажность, но уменьшает производительность барабана. Повышение T_1 сверх указанного предела нецелесообразно, так как оно приводит к дегидратации мелкой фракции глины и обуславливает быстрый выход из строя входной секции барабана. Нормальная температура отходящих газов T_2 должна быть 110 – 120°C. Резкое повышение T_2 свидетельствует о перересушке глины. Температура глины, выгружаемой из сушильного барабана, составляет 60 – 80 °C. Конечная влажность 9 – 11%.

При прохождении глины через барабан изменяется ее гранулометрический состав. Мелкие фракции, быстро высыхая, истираются до пылевидного состояния, а крупные куски, распариваясь, слипаются и окатываются в крупные комья. Это обуславливает большую влажностную неоднородность высушенной глины, затрудняющую работу помольных машин. Так, при средней влажности 8,5 – 12% влажность наиболее крупных кусков достигает 15,5 – 19%. К тому же и в пределах одного куска отмечается значительный перепад влажности. Некоторое повышение равномерности сушки достигается устройством цепных завес в сушильных барабанах, которые частично измельчают глину, создавая тем самым условия для более равномерной ее сушки. Но даже и с наличием цепных

завес сушильный барабан нельзя считать достаточно совершенным в технологическом отношении агрегатом.

Для помола глины в производстве кирпича применяют корзинчатые дезинтеграторы. Они работают устойчиво при влажности глины не выше 10%. При более высоком уровне влажности глина налипает на кожух и на пальцы дезинтеграторов. При наличии в глине каменистых включений пальцы корзин быстро изнашиваются и их необходимо менять через 200 – 300 ч работы.

Тонина помола зависит от частоты вращения корзин дезинтегратора, расстояния между пальцами и влажности глины. Выход мелких фракций возрастает с увеличением частоты вращения корзин и уменьшением расстояния между пальцами. С повышением влажности глины возрастает количество крупных фракций. Так, например, при влажности 10% сумма крупных фракций (остаток на сите 25 отв. на 1 см²) составляет 96%, а при влажности 6% — всего лишь 66%.

Из дезинтеграторов получают рыхлый порошок малой объемной массы, что затрудняет прессование из него изделий.

Просеивают глину для отделения крупных зерен порошка. Для этого используют струнные сита, барабанные грохоты (бураты), качающиеся и вибрационные сита. На струнных ситах можно отделять только очень крупные куски глины, так как расстояние между сильно натянутыми струнами значительно изменяется в следствии их изгиба.

При подготовке пресс-порошков не всегда удается после помола получить порошок с влажностью, необходимой и достаточной для прессования. Чтобы обеспечить производительную работу помольных машин и необходимую тонину помола, приходится иногда сушить и молоть глину при влажности несколько ниже прессовочной, а затем порошок вновь увлажнять. Такое увлажнение осуществляют распылением воды в глиномешалках или паром в специальных аппаратах.

Основное требование, которое предъявляют к увлажняющему аппарату, сводится к тому, чтобы при увлажнении порошка глины не образовались комочки переувлажненного материала, так называемой «изюм». Для этого воду подают в тонко распыленном состоянии, а весь материал при этом перемешивают. Хорошие результаты получаются при увлажнении глины во взвешенном состоянии, т. е. в момент, когда она выходит из бункера в смеситель. При увлажнении глиняного порошка паром качество кирпича намного улучшается: не появляются трещины расслаивания, возрастают прочность и морозостойкость.

Во всех возможных случаях необходимо избегать повторного увлажнения глиняного порошка, так как добиться при этом равномерной влажности его весьма трудно по следующим причинам: в высушенном порошке крупные зерна являются влажными, а мелкие — более сухими. Влажная поверхность имеет всегда более низкую температуру, чем сухая. Поэтому пар в первую очередь конденсируется на более холодной влажной поверхности крупных кусочков глины. Мелкая ее фракция, наиболее сухая, или совсем не увлажняется, или ув-

лажняется в меньшей мере, в результате чего пофракционная влажность порошка не только не выравнивается, но иногда даже возрастает.

Для выравнивания влажности подвергают порошок вылеживанию в бункерах. Однако этот процесс протекает довольно медленно. В течение суток практически выравнивание влажности достигается в пределах одного зерна, а между отдельными зернами оно еще не наступает вследствие относительно небольшой контактной поверхности между ними. Кроме того, увлажнение поверхности зерен порошка снижает его сыпучесть, что в последующем затрудняет его хранение в бункерах и транспортирование. Поэтому процесс вылеживания порошка следует считать полезным, улучшающим его прессовочные свойства, но нужно стремиться осуществлять этот процесс по возможности без предварительного увлажнения порошка.

Оптимальная влажность порошка зависит от приложенного прессового давления. Экстремум на кривой «объемная масса прессовки – влажность» соответствует оптимальной влажности при данном давлении. Пониженная (против оптимальной) влажность обусловит сухой контакт частиц порошка, повышенное внутреннее трение и пониженную плотность прессовки, а превышение оптимальной влажности – образование водных пленок между прессуемыми частицами и исключит их непосредственное контактирование, что в конечном счете также понизит плотность прессовки.

При **шликерном способе** подготовки пресс-порошка глину в глиноболтушках распускают горячей водой в шликер влажностью 40 – 45%. Затем его под давлением 0,25 МПа накачивают для отделения каменистых включений в дуговые сита, откуда очищенным он сливается в открытые шламбассейны вместимостью 2500 или 6000 м³, оборудованные крановыми мешалками. В них также поступает для барботажа компрессорный воздух. Из шламбассейна шликер насосом подают в распылительную сушилку, откуда порошок с влажностью 10% поступает через контрольное сито в расходные бункера.

Шликерный способ имеет большие преимущества перед сушильно-помольным. При нем в одном агрегате – распылительной сушилке – совмещаются процессы сушки и грануляции глины, резко улучшаются условия производственного комфорта, процесс может быть автоматизирован.

Пресс-порошок, полученный в распылительных сушилках, обладает большой влажностной однородностью, практически не содержит пылевидной фракции, по гранулометрическому составу приближается к монофракционному, из него при прессовании легко удаляется воздух, вследствие чего порошок равномерно пропрессовывается при более низких давлениях. Свойства его стабильны благодаря полной автоматизации процесса.

Новые заводы полусухого прессования кирпича строятся только на основе шликерного способа подготовки пресс-порошка.

Прессование изделий из керамических порошков

Теория полусухого прессования изучает закономерности, определяющие свойства спрессованного сырца (прессовок) в зависимости от свойств пресс-порошка и условий его прессования.

Керамические порошки представляют собой **трехфазную систему**, состоящую из **твёрдой минеральной части, жидкой фазы — воды и воздуха**. Для получения высокоплотного спрессованного полуфабриката из пластичных масс целесообразно использовать порошки типа **монофракционных** с выбором конечного давления, обеспечивающего полное устранение расположенных между частицами свободных промежутков за счет пластической деформации частиц.

Начало прессования керамического порошка сопровождается его уплотнением за счет смещения частиц относительно друг друга и их сближения. Это является **первой стадией** уплотнения. При этом происходит частичное удаление воздуха из системы.

Следующая (вторая) стадия уплотнения характеризуется пластической необратимой деформацией частиц. При этом увеличивается контактная поверхность между частицами. Одновременно с этим уплотнение каждой элементарной частицы сопровождается выжиманием влаги из ее глубинных слоев на контактную поверхность частицы. Оба эти фактора обуславливают возрастание сцепления между частицами. Вода вместе с содержащимися в ней глинистыми коллоидами цементирует крупные частицы прессовки, а с увеличением контактной поверхности возрастает эффект такой цементации. В этой стадии уплотнения может иметь место защемление и упругое сжатие воздуха, который не успел удалиться из порошка.

В **третьей стадии** уплотнения наступает упругая деформация частиц. Такие деформации наиболее вероятны для тонких удлиненных частиц в виде игл и пластинок, которые могут изгибаться по схеме зажатой консоли или балки, опирающейся на две опоры.

Последняя стадия уплотнения сопровождается хрупким разрушением частиц, при котором прессовка получает наибольшее уплотнение и наибольшее сцепление вследствие сильного дальнейшего развития контактной поверхности. Для осуществления хрупких деформаций требуется очень большое давление, которое при полусухом прессовании большинства керамических изделий практически не достигается.

После прекращения действия прессующего усилия и освобождения изделия из формы происходит его упругое расширение, достигающее в отдельных случаях 8%. Упругое расширение не дает возможности получать прессовки с максимальной плотностью и является причиной образования других пороков изделий, спрессованных из порошков.

Причинами упругого расширения могут быть обратимые деформации твердых частиц, расширение запрессованного воздуха, а также адсорбционное расклинивание контактов влагой, выжатой при прессовании из контактных поверхностей в более крупные поры. Суммарный эффект уплотнения характеризуется коэффициентом сжатия $K_{сж}$:

$$K_{сж} = H/h$$

где H – высота засыпки порошка в форму пресса; h - высота полученной прессовки.

Разницу между высотой засыпанного в форму порошка и высотой полученной прессовки называют «осадкой» (рис.1).

Зависимость коэффициента сжатия от величины прессового давления выражают уравнением прессования. Для глиняных грубозернистых порошков наиболее удовлетворительное совпадение с опытом дает уравнение вида:

$$K_{сж} = aP^n$$

где P – величина прессового давления; a и n – константы, определяемые экспериментом.

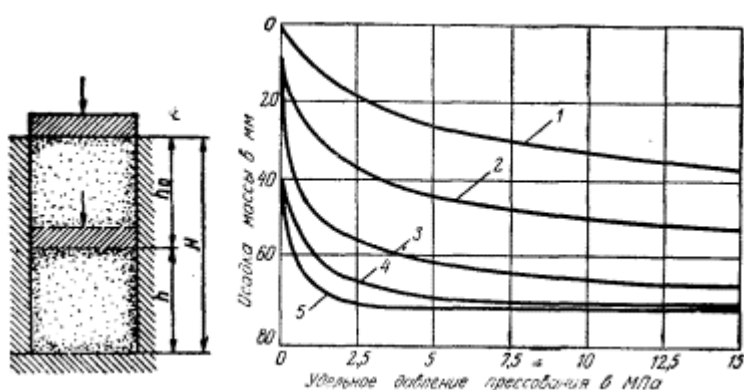


Рисунок 1. Схема к определению понятия «осадки»

Рисунок 2. Зависимость между осадкой и удельным давлением прессования глиняного порошка при его влажности (в %): 1–5,4; 2 – 8,1; 3 – 11,15; 4 –13,25; 5 – 15,95.

По мере возрастания давления осадка сначала интенсивно развивается, затем начинает затухать и при достижении некоторого давления, характерного для каждого порошка с данными свойствами, почти полностью прекращается. Это указывает на то, что для каждого порошка с присущими ему прессовочными свойствами существует определенное давление, превышать которое не имеет смысла, так как за его пределами дальнейшего уплотнения прессовки почти не происходит. Прессовое давление, приложенное к штампу, затухает в направлении толщины изделия.

На равномерность прессовки очень большое влияние оказывает режим прессования. По направленности прессовых усилий различают прессование одностороннее (рис.3) и двухстороннее (рис.4), по кратности их приближения – однократное и многократное прессование, по интенсивности приложения – ударное и плавное прессование.

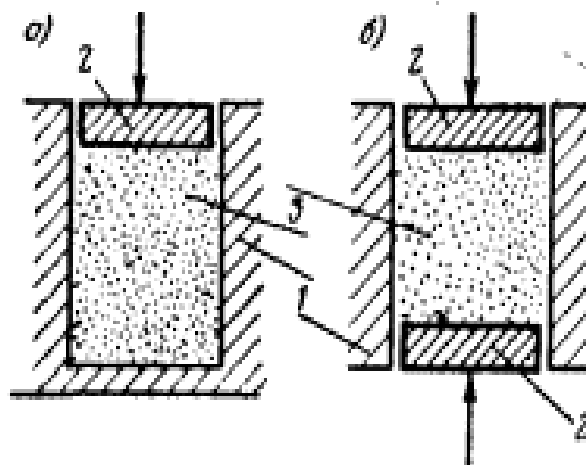


Рисунок 3. Направленность прессования: а – одностороннее; б – двухстороннее.
1 – формы; 2 – подвижные штампы; 3 – прессуемый порошок.

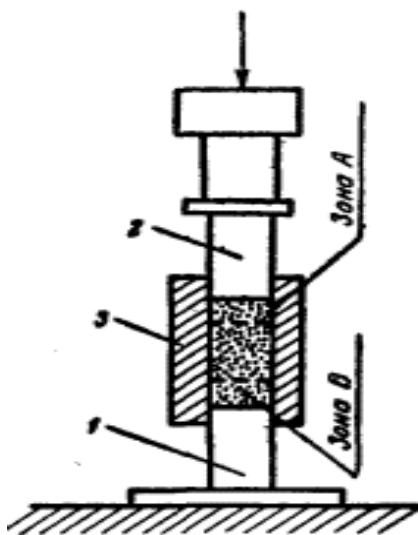


Рисунок 4. Схема двухстороннего прессования с плавающей формой.
1 – неподвижный штамп; 2 – подвижный штамп; 3 – плавающая форма.
Зоны уплотнившиеся: А – при движении штампа; Б – при движении формы.

Двухстороннее прессование уменьшает степень неравноплотности прессовки, поскольку путь необходимого перемещения штампа, т. е. величина H в уравнениях (1) и (2), сокращается вдвое. Поэтому современные прессы изготавливают с двухсторонним прессованием даже для формования сравнительно тонких изделий. Факторы, определяющие качество прессовки, в значительной степени зависят от длительности приложения прессующей нагрузки. Наихудшие результаты получаются при ударном прессовании, наилучшие – при плавном приложении нагрузки. При этом увеличивается плотность прессовки, возрастает ее равноплотность, снижается упругое последствие и воздух наиболее полно удаляется из прессуемого порошка.

Для изделий, спрессованных из порошков, характерными являются так называемые трещины расслаивания. Они возникают на боковых поверхностях

прессовки, перпендикулярно направлению прессующего усилия (рис. 5), и выводят изделия в брак.

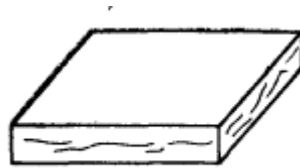


Рисунок 5. Трещины расслаивания в изделиях полусухого прессования.

В производственных условиях их возникновение объясняют обычно «перепрессовкой» изделия, что указывает на чрезмерно большое прессовое давление, которое якобы и является причиной их возникновения. Однако в действительности механизм их возникновения гораздо сложнее. Непосредственной, ближайшей причиной возникновения трещин расслаивания является **упругое расширение прессовки**. Расширение является деформацией, а всякая деформация происходит в результате действия каких-то сил. Природа этих сил, возникающих в спрессованном изделии и вызывающих его упругое расширение, объясняется отдельными авторами по-разному. Чаще всего их возникновение объясняют упругим расширением запрессованного воздуха (**первый фактор**) и упругим сжатием самой формы (**второй фактор**), в которой прессуется изделие. Оба эти фактора, несомненно, играют определенную роль в возникновении трещин расслаивания. Но, кроме того, в работе серией оригинальных опытов было показано, что в действительности отдельные участки прессуемого изделия при одном и том же коэффициенте сжатия и при одном и том же общем прессовом давлении получают неодинаковое уплотнение и стараются сместиться в отношении друг друга. В силу этого в изделии возникает «барический рельеф» (**третий фактор**), соответствующий различным давлениям и смещениям, которые испытывали отдельные участки изделия во время его прессования. Напряжения этих смещений и являются зародышами трещин расслаивания.

В соответствии с изложенными представлениями для предотвращения трещин расслаивания рекомендуется применять порошки с возможно большей **однородностью** (бір текті) зерен по их крупности и, во всяком случае, с удалением из порошка более крупных зерен, оказывающих наибольшее сопротивление сжатию. Повышение влажностной однородности порошка также будет снижать его склонность к образованию трещин расслаивания, так как сопротивление порошка сжатию зависит не только от его гранулометрического состава, но и от его влажности.

Влияние барического рельефа на образование трещин расслаивания не исключает участия в их образовании и запрессованного воздуха, что было подтверждено специальными исследованиями, которыми было установлено, что не весь воздух, содержащийся в порошке, вытесняется из него при прессовании. Подавляющее большинство воздухопроводящих каналов в периферийной части прессовок закрывается при сравнительно низких давлениях – 0,5 МПа при влажности порошка 10% и 5 МПа при влажности 8 – 10%. Коэффициент запрессовки воздуха в порошке (ауаның ұнтақта престену коэффициенті) **Кз.в.** –

доля запрессованного воздуха в общем его объеме в порошке при прессовании тонкозернистых глинистых порошков – находится в пределах 0,37 – 0,715. Возрастание скорости прессования (переход от гидравлических прессов к рычажным) увеличивает Кз.в. на 20 – 50%.

Увеличение влажности порошка повышает внутреннее давление запрессованного в нем воздуха. Давление его внутри прессовки (при $W = 10-12\%$) достигает почти 10 МПа, в то время как при влажности порошка 6 – 8% давление запрессованного воздуха не превышает 2 МПа. Высокое давление воздуха во влажных порошках приводит к возникновению в прессовках растягивающих напряжений и как следствие к образованию трещин расслаивания. В связи с этим некоторые специалисты рекомендуют прессовать кирпич из порошков пониженной влажности (7-8%), но при более высоких давлениях - 40 МПа.

При медленном прессовании запрессованный воздух более равномерно распределяется в прессуемом порошке, в результате чего предотвращается образование отдельных, более опасных зон, в которых усилия превышают прочность прессовки в момент конца ее сжатия.

Грубозернистые отощенные порошки обладают меньшим Кз.в. = 0,303 – 0,57; интервал давлений, в которых происходит вытеснение воздуха, растянут у них до 10 МПа, упругое расширение у них ниже – не превышает 4,5%. Поэтому упругое расширение в момент снятия давления у таких порошков почти не происходит и, следовательно, процесса расслаивания не наблюдается.

Четвертым фактором, обуславливающим упругое расширение прессовки, являются упругие деформации плоских глинистых частиц. Поэтому склонность к расслаиванию прессовок возрастает с увеличением содержания глинистой части в порошке.

Для полусухого прессования строительного кирпича серийно изготавливают пресс СМ-01, который является рычажным прессом двухстороннего ступенчатого прессования.

Особенностью этого пресса является то, что подвижные штампы у него только верхние, а двухстороннее прессование они осуществляют при помощи плавающей формы, которая является «манжетом» для нижних неподвижных штампов. Пресс отличается хорошим запасом прочности, в силу чего он работает устойчиво. На некоторых действующих заводах продолжают еще работать прессы СМ-198 (АМ-11), а также СМ-143. Последние выпускают для производства шамотного кирпича и по режиму прессования мало пригодны для нешамотированных глинистых порошков.

Литература

1 осн. [277-281]; 8 доп.[41-53], 12 доп. [14-25].

Контрольные вопросы

- 1.Какие порошки называют керамическими пресс-порошками?
- 2.Что такое прессуемость пресс-порошка?
3. Какими способами готовят пресс-порошки?
4. Стадии уплотнения пресс-порошка.
5. Коэффициент сжатия пресс-порошка.

6. Факторы появления трещин расслаивания в изделиях при прессовании.
7. Какое оборудование применяется при полусухом формовании?

Тема лекции 10. Основы процесса сушки изделий.

Сушка сырца – это процесс удаления влаги из материалов. Предварительный процесс сушки проходят изделия, отформованные пластическим или литым способом. Если же сырец, имеющий высокую влажность, сразу после формования подвергнуть обжигу, то он растрескивается. Поэтому сырец высушивается до остаточной влажности 5-7%. При такой влажности изделий уменьшается их объем (воздушная усадка) за счет уменьшения толщины гидратных оболочек глинистых частиц, сырец приобретает необходимую механическую прочность для погрузки на обжиговые вагонетки или для многорядной садки на поду в печи, а также допускает быстрый подъем температуры при обжиге, что ведет к ускорению процесса обжига.

Различают методы сушки по энергетическому признаку, т.е. по методу сообщения тепла материалу: конвективную; радиационную; кондуктивную; в энергетическом поле высокой частоты; комбинированную; конвективно-радиационную

Наиболее распространены **конвективный и радиационный** способы сушки. При конвективной сушке теплоноситель (дымовые газы, горячий воздух) омывает изделия и передает им тепло, при радиационной – изделия воспринимают тепло от нагретых поверхностей.

Процесс сушки представляет собой комплекс явлений, связанных с тепло - и массообменом между материалом и окружающей средой. В результате происходит перемещение влаги из внутренней части изделий на поверхность и испарение ее. Одновременно с удалением влаги частицы материала сближаются и происходит усадка. Уменьшение объема глиняных изделий при сушке происходит до определенного предела, несмотря на то, что вода к этому моменту полностью еще не испарилась.

Находящаяся в керамических массах и изделиях вода делится на **физическую и химически связанную**.

Физической называется та часть воды материала, которая не входит ни в какие соединения с ним. Физическая вода находится в изделии в жидком или парообразном состоянии и может быть удалена полностью при нагреве материала до 100 – 110°C. При этом керамическая масса становится непластичной, но с до воды пластические свойства массы восстанавливаются.

Химически связанной водой называется вода, находится в химическом соединении с отдельными элементами керамической массы, так например: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot nH_2O$; $Ca(OH)_2$ и др.

Удаление химически связанной воды происходит при более высоких температурах – от 500° и выше. При этом керамическая масса безвозвратно теряет свои пластические свойства.

При сушке изменяется от коагуляционных к конденсационным природа контактов между частицами твердой фазы за счет удаления механически и физико-химически связанной воды. Химически связанная вода в сушке не удаляется.

В процессе сушки продвижение влаги из толщи керамического изделия к наружным слоям происходит значительно медленнее, чем влагоотдача с поверхности, особенно это проявляется в ребрах и углах изделий. При этом возникает различная степень усадки внутренних и внешних слоев, а следовательно, создаются напряжения, которые могут привести к растрескиванию материала. Для предотвращения этого к жирным глинам прибавляют отошители, которые образуют жесткий скелет, препятствующий сближению глинистых частиц, увеличивают пористость изделия, что способствует продвижению воды из его внутренних слоев к наружным. Для уменьшения чувствительности глин к сушке применяют также паропрогрев и вакуумирование глин, используют некоторые органические вещества в малых дозах ЛСТ, дегтевые и битуминозные вещества и др.

Процесс сушки характеризуется следующими условиями:

- теплоноситель, омывая изделие, поглощает с его поверхности влагу (внешняя диффузия);
- удаление влаги с поверхности происходит за счет испарения, а к поверхности влага поступает из центральных зон изделия (внутренняя диффузия);
- скорость внешней диффузии зависит от: температуры, скорости перемещения и влажности теплоносителя;
- чем больше температура теплоносителя и скорость и меньше влажность теплоносителя, тем больше внешняя диффузия;
- чем выше температура, тем быстрее влага перемещается в воздушную среду;
- испарение теплой влаги идет интенсивнее, чем холодной;
- при наличии градиента влажности влага будет перемещаться из зон более влажных к менее влажным, а при наличии температурного градиента – влага стремится переместиться из зон более нагретых к менее нагретым;
- поэтому, если масса предварительно прогрета, то испарение и, следовательно, процесс сушки будут идти более интенсивно;
- влага перемещается также вследствие развития ее концентрации и действия капиллярных сил.

По мере удаления влаги с поверхности и прогрева изделия из глубины его к поверхности по капиллярам поступают новые порции влаги – внутренняя диффузия, скорость которой зависит от влагопроводности материала, температуры влаги в материале и перепадов влажности между поверхностью и внутренними слоями изделия

Для того, чтобы процесс сушки шел успешно, необходимо, чтобы скорости внешней и внутренней диффузии были одинаковыми.

Скорость внешней диффузии регулируют изменением температуры, количества и относительной влажности среды – теплоносителя, а внутренней диффузии – улучшением сушильных свойств массы.

Процесс сушки делится на **3 периода**: нагрева изделий, постоянной скорости

сушки и замедленной скорости сушки.

На первой стадии сушки происходит удаление воды в объеме равном величине изменения объема сырца, за счет чего происходит интенсивная усадка и при этом:

- такая вода называется усадочной;
- поры на этой стадии пока не образуются, т.е. вода из них не удаляется.
- в этот период тепло, подводимое к материалу, расходуется на подогрев изделия от начальной температуры до температуры теплоносителя;
- влажность изделий уменьшается незначительно.

На второй стадии влага, поступающая из внутренних слоев, испаряется с поверхности изделий и характеризуется следующими данными:

- объем удаляющейся воды превышает величину объема, на которую уменьшается сырец;
- это происходит вследствие того, что наряду с усадочной водой начала удаляться и вода из пор – поровая вода;
- скорость сушки в этот период остается постоянной до тех пор, пока влажность на поверхности изделий начнет уменьшаться;
- этот период сушки характеризуется примерно постоянным уменьшением массы изделия в единицу времени

На третьей стадии объем удаляющейся воды соответствует объему образующихся пор, т.е. происходит удаление только поровой воды, а объем сырца при этом остается практически постоянным и при этом:

- в этот период постепенно уменьшается масса до минимального остаточного количества;
- этой стадии соответствует состояние критической влажности массы и окончание воздушной усадки, которая характеризуется также непрерывным снижением скорости сушки.

Конец третьего периода характеризуется равновесной влажностью, т.е. влажностью, при которой прекращает уменьшаться масса изделия и скорость сушки равна нулю.

В дальнейшем нет опасности появления трещин вследствие неравномерной усадки, и поэтому сушка может идти при более высоких температурах и при пониженной относительной влажности теплоносителя. Процесс сушки можно изобразить графически (рис. 1).

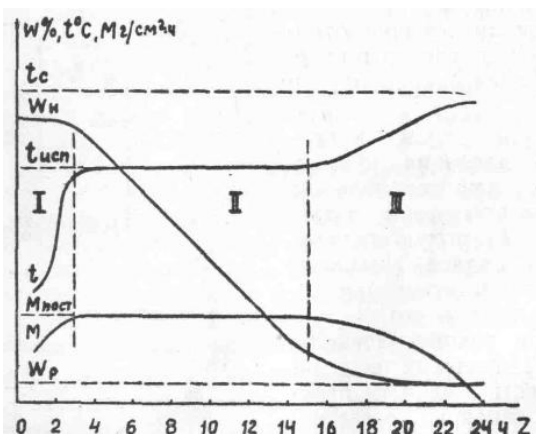


Рисунок 1. Схема сушки сырца

I – первая стадия; II – вторая стадия; III – третья стадия. W_n – начальная влажность; W_p – равновесная влажность; t_c – температура поступающего теплоносителя; t – температура сырца; $t_{исп.}$ – температура постоянного испарения влаги; M – влагоотдача сырца, $г/см^2 \cdot ч$; $M_{пост.}$ – влагоотдача с постоянной скоростью.

В соответствии с интенсивностью влагоотдачи сырца, он разделяется на **три** периода: **прогревание, период постоянной скорости, период падающей скорости**. В период прогревания теплосодержание теплоносителя расходуется в основном на повышение температуры сырца. При этом интенсивность влагоотдачи с поверхности сырца невелика, а его воздушная усадка незначительна. После достаточного прогревания сырца снижаются вязкость и поверхностное натяжение воды, в результате увеличиваются скорость внешней диффузии и коэффициент влагопроводности, способствующие ускорению внутренней диффузии влаги. Влагоотдача с поверхности возмещается поступлением воды из внутренних участков сырца. При этом наступает период постоянной скорости сушки. Влажность поверхностных слоев сырца несколько меньше влажности внутренних слоев, что обеспечивает процесс внутренней диффузии влаги. В этом периоде глинистые частицы сближаются, уменьшается диаметр капилляров и сырец претерпевает воздушную усадку.

Через некоторое время, однако, наступает момент, когда испарение влаги с поверхности перестает возмещаться поступлением достаточного количества влаги из внутренних слоев. Сырец достигает критической влажности, при которой влажность внутренних слоев снижается до величины влажности его поверхностных слоев. При этом глинистые частицы в глубинных слоях соприкасаются и воздушная усадка сырца прекращается. После этого уровень в капиллярах понижается и процесс испарения влаги в капиллярах резко замедляется. Наступает период падающей скорости сушки. Скорость внешней диффузии уменьшается вследствие того, что молекулы воды, испаряющиеся с поверхности, уже немедленно не уносятся от высыхающей поверхности сырца движущимся теплоносителем, а должны преодолеть путь от поверхности воды в капилляре до поверхности сырца диффузией через насыщенный слой пара. По мере опускания поверхности воды в глубь сырца интенсивность испарения замедляется.

Режим сушки – технологические изменения в определенном порядке интенсивности испарения влаги сырца во времени. Он устанавливает периодичность изменения количества (скорости) теплоносителя, его температуры и относительной влажности.

В большинстве случаев режим сушки сначала подбирается в лабораторных условиях, затем на основе полученных опытных данных уточняется в производственном процессе применительно к конкретному виду и свойствам сырья, конструктивным особенностям сушильного устройства и самого сырца.

Продолжительность (скорость) сушки зависит от способа сушки, конструктивных особенностей сушильных устройств, плотности массы, количества содержащейся в ней воды, которое удаляется с единицы поверхности в единицу времени.

Регулируют скорость сушки относительной влажностью и температурой среды, скоростью обмена среды, т.е. скоростью движения теплоносителя.

Основным способом сушки является перенос и затрата энергии на перевод влажности материала в парообразное состояние.

Сушку до критической влажности надо вести осторожно, а после того как усадочные явления закончатся, сушку можно интенсифицировать. В начальный период сушки следует сочетать высокую относительную влажность воздуха (до 90-95 %) с повышением температуры и скорости теплоносителя. Это позволит быстрее прогреть сырец и создать лучшие условия для сушки. В производственных условиях режим сушки регулируют изменением количества подаваемого теплоносителя, температуры и влажности теплоносителя.

Глины с низкой чувствительностью к сушке ($K_{ч} \leq 1$) допускают жесткие режимы сушки с высокими температурами и малой влажностью теплоносителя, а поэтому и сокращенные сроки сушки – от 12 до 24 ч.; глины со средней чувствительностью ($K_{ч} = 1-2$) – от 24 до 48 ч; с высокой чувствительностью ($K_{ч} \geq 2$) требуют мягких режимов сушки со сроком более 48 ч.

Как известно, существует два вида сушки керамического сырца: **естественная и искусственная.**

При естественной сушке сырец высушивается под действием атмосферного воздуха в естественных условиях (в сушильных сараях). Естественная сушка, хотя и не требует затрат топлива, но в значительной степени зависит от погоды и длится очень долго (10 – 20 сут). Этот вид сушки не отвечает современному уровню развития техники и поэтому в керамической промышленности заменяется **искусственной сушкой.**

При сушке сырца искусственным способом основным источником тепла для сушки является тепло зоны охлаждения туннельных печей, дополнительным источником тепла являются продукты сгорания в теплогенераторе, где сжигается природный газ. Искусственную сушку производят в сушилах периодического действия – **камерных** сушилах или непрерывного действия – **туннельных** сушилах. В качестве теплоносителя используют дымовые газы обжигательных печей или горячий воздух из калориферов. Срок сушки сокращается до 2-3 сут, а иногда до нескольких часов.

Туннельная сушилка непрерывного действия представляет собой камеру длиной 24—36 м, высотой 1,4–1,8 м, шириной 1–1,2 м (рис.2).

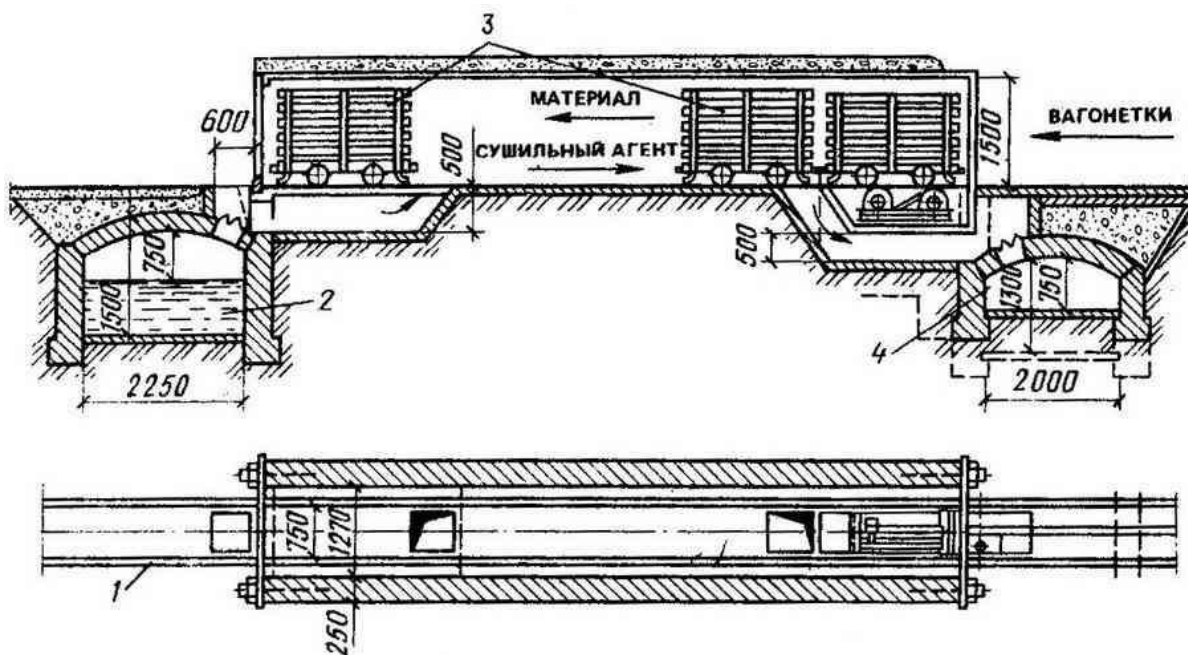


Рисунок 2. Туннельная сушилка 1 – рельсовые пути; 2 – канал для подачи теплоносителя; 3 – вагонетка; 4 – канал для отвода теплоносителя.

Сырец поступает в сушилку на вагонетках, которые перемещаются в туннелях по рельсовым путям с помощью передвижных или канатных толкателей. Отдельные туннели объединяют в блоки по 4–20 туннелей, имеющих общие каналы для подачи и забора теплоносителя. Основные преимущества туннельных сушилок: поточность производства, высокий уровень механизации, высокая производительность труда. К недостаткам туннельных сушилок относятся: большое количество вагонеток и необходимость их пополнения, подверженность металлических изделий вагонеток коррозии, неравномерность сушки изделий по поперечному сечению туннеля (вверху температура теплоносителя выше, чем внизу) и необходимость круглосуточной загрузки и разгрузки вагонеток.

Параметры режима сушки кирпича в туннельных сушилках: срок сушки 12 – 50 ч, температура теплоносителя 50 – 80 °С, температура отработанных газов 25 – 40 °С, относительная влажность 75 – 95%, расход теплоносителя на один туннель 3000 – 10 000 м³ /ч, скорость движения теплоносителя в туннеле 0,8 – 2 м/с. Начальная влажность массы 18 – 25%, конечная – 5 – 7%.

Использование отработанного теплоносителя (до 70 – 80%) для сушки позволяет повысить влагосодержание свежего теплоносителя, смягчить режим сушки и сократить его срок.

Камерные сушилки относятся к сушилкам периодического действия (рис.3). Камеры длиной 10 – 18, шириной 1,3 – 1,5 м объединены в блоки по 24 – 48 шт. Внутренние стены камеры имеют выступы, на которые с помощью десятиполочных вагонеток укладывают рамки с сырцом. Теплоноситель поступает в камеру через нижние подводящие каналы. Охлаждаясь и насыщаясь влагой, он опускается и отводится через вытяжной канал.

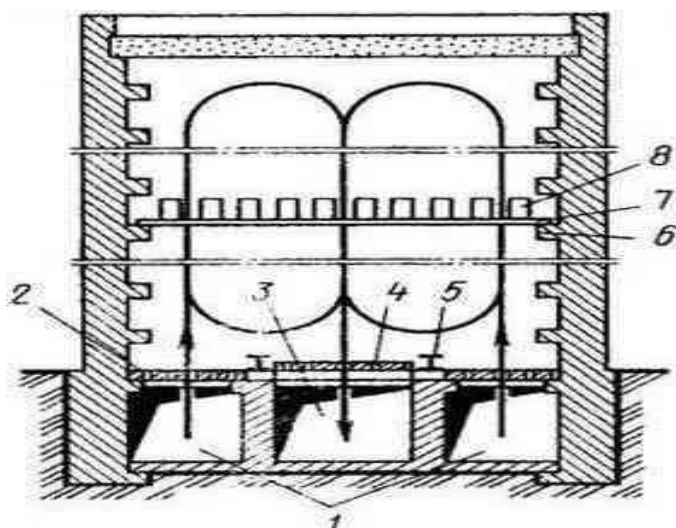


Рисунок. 3. Схема камерной сушилки Гипрострома: 1 – подводящие каналы; 2, 4 – щели; 3 – отводящий канал; 5 – рельс; 6 – выступ; 7 – сушильная рамка; 8 – изделие.

Параметры режима сушки кирпича в камерных сушилках: срок сушки 32 – 72 ч, температура теплоносителя 130 – 170 °С, температура отработанного теплоносителя 40 – 50 °С, расход теплоносителя 1000 – 4000 м³/ч. Всего загружают 2800 – 4000 шт. сырца.

Недостатки камерных сушилок: неравномерная сушка изделий из-за различной температуры теплоносителя и насыщенности его влагой по поперечному сечению камеры, небольшая скорость теплоносителя, периодичность работы, длительность процесса, связанная с потерями времени (до 10%) на загрузку и выгрузку изделий. Однако в камерных сушилках возможна сушка сформованных изделий по индивидуальному режиму.

Современные камерные и туннельные сушилки оборудованы вентиляторами, создающими внутреннюю принудительную интенсивную циркуляцию теплоносителя, что позволяет выровнять температурное поле по вертикальному сечению туннеля или камеры, значительно уменьшить неравномерность сушки и повысить ее скорость.

Новейшие методы сушки и конструкции сушилок позволяют производить процесс сушки более эффективно. Методы кондуктивного, диэлектрического, сверхвысокочастотного, плазменного и высокотемпературного нагрева, инфракрасного излучения основаны на повышении температуры изделий без участия газовой (воздушной) среды как передатчика теплоты. Например, при нагреве сырца инфракрасными лучами происходит поглощение материалом лучистой энергии, которая, преобразуясь в тепловую, быстро проникает в тело изделий, способствуя диффузии.

Для скоростной сушки изделий в керамической промышленности применяют конвективные сушилки с направленной подачей теплоты на изделие, радиационные с обогревом изделий электрическими или газовыми излучателями и комбинированные (конвективно-радиационные).

Выбор типа сушилки и режима сушки зависит от состава массы, формы и размеров изделий. Например, фаянсовые и полуфарфоровые изделия (умывальники, унитазы, смывные бачки и т. д.) сушат в туннельных сушилках или конвейерных противоточных и радиационных сушилках. Крупноразмерные и толстостенные изделия (ванны, мойки и т. д.) сушат в камерных или радиационных сушилках, а иногда комбинированным способом. Керамические плитки сушат на конвейерных ленточно-сетчатых сушилках, оборудованных панельными или микрофакельными газовыми горелками, или на роликовых щелевых сушилках.

Во время работы сушильщик должен контролировать: температуру теплоносителя и разрежения на входе в сушилку; температуру в отдельных ее зонах; влажность теплоносителя; разрежение на выходе из сушилки перед вентиляторами и в подводящих каналах.

При работе конвейерных сушилок проверяют: состояние горелок, плавность хода и натяжения сетки вентилятора, свободное вращение роликов. Следят за работой горелок (пламя должно быть устойчивым, спокойным и иметь голубой цвет), режимом сушки, показаниями контрольно-измерительных приборов, давлением газа.

Интересно предложение П. И. Воженова и др. о замене передела сушки сырца на обработку его паром под давлением. При этом в сырце образуется прочный каркас из гидросиликатов кальция и удаляется свободная вода. Автоклавный метод подготовки сырца к обжигу вместо обычной сушки практически ликвидирует воздушную усадку изделий, снижает на 100—200 °С температуру и продолжительность обжига при увеличении прочности, морозостойкости изделий. Экономия теплотрат при этом составляет около 30%. Целесообразен при производстве крупноразмерных керамических изделий. Приведенные данные подтверждены выпуском опытных партий в заводских условиях Гродненского и Ульяновского комбинатов строительных материалов, опытного завода ВНИИстрома и др.

Опыт действующих предприятий показывает, что длительность сушки сырца в искусственных сушилках можно существенно сократить, пользуясь различными способами ускорения внешней диффузии и внутренней миграции влаги в изделиях.

Основными из них являются:

- 1) введение в сушила увеличенных объемов теплоносителя;
- 2) увеличение скорости движения теплоносителя в сушилке;
- 3) создание мощных источников тепла и вентиляционных устройств, способных обеспечить сушила достаточным количеством воздуха и скоростью движения теплоносителя.

Осуществляя скоростную сушку сырца с применением больших объемов и скоростей теплоносителя, производя его рециркуляцию, сокращают сроки сушки в 1,5-3 раза.

Сокращение сроков сушки и повышение качества сырца достигается:

- а) введением в глину отощителя до 30-50% различного зернового состава, что увеличивает влагопроводность, уменьшает воздушную усадку и влагосодержа-

ние массы. При выборе вида отошителя предпочтение следует отдавать шамоту и дегидратированной глине (добавка ее в количестве 30-50% снижает сроки сушки в 2-3 раза и коэффициент чувствительности глин к сушке в 1,5 раза)

б) подогревом керамической массы паром. При пароувлажнении достигается более равномерное распределение влаги в глиняном порошке и одновременно прогрев его до 40-60 °С, благодаря чему резко сокращаются сроки сушки сырца на 40-50% и более. Особенно благоприятно влияет пароувлажнение на массы, приготовленные из глин, чувствительных к сушке и требующих мягкого режима. При этом следует иметь в виду, что сырец должен поступать в сушилку до того, как он успеет остыть после паропрогрева;

в) введением в массу электролитов. Эти вещества распадаются при растворении на заряженные атомы и молекулы- ионы, которые затем адсорбируются на поверхностях глинистых частиц, вызывая их коагуляцию и агрегирование.

Агрегация глинистых частиц улучшает влагопроводность массы:

г) введением поверхностно-активных добавок. Это существенно понижает коэффициент чувствительности керамических масс к сушке. Введение ССБ, например, в количестве 0,25-5 % по массе (сухое вещество) снижает коэффициент чувствительности суглинков на 36-40 %, облегчает удаление поровой воды, позволяет увеличить влагоотдачу сырцом в 2,4-2,6 раза,.

При сушке изделий пластического формования легче уменьшить внешнюю диффузию, повышая влажность или понижая скорость и температуру теплоносителя. В каждом отдельном случае скорость диффузии регулируют, исходя из свойств и формы изделия.

При выборе оптимальной скорости сушки изделий полусухого прессования учитывают, что при влажностях материала влага от внутренних слоев перемещается к поверхности преимущественно в виде пара. Давление пара при интенсификации сушки не должно превышать пределов, допустимых прочностью изделий. Интенсификация процесса сушки позволяет привести в действие значительные резервы производительности труда, увеличения объема производства.

Литература

1 осн. [177-187], 6 осн. [43-58].

Контрольные вопросы

1. Какие методы сушки применяются при сушке сырца?
2. Что представляет собой процесс сушки?
3. Стадии сушки сырца.
4. Какие режимы сушки бывают в зависимости от K_c глины?
5. Виды сушил.
6. Способы сокращения сроков сушки.

Тема лекции 11. Основы процесса обжига керамических изделий.

Обжигом называется процесс высокотемпературной обработки материалов. Физико-химические процессы в обжигаемых глинистых изделиях определяют состав образующихся фаз, их количественное соотношение, размер и форму структурных элементов (включая поры), изменение цвета, уменьшение объе-

ма, приобретение комплекса свойств, предъявляемых ГОСТом к качеству готовой продукции.

К важнейшим физико-химическим процессам при обжиге строительной керамики относятся термические изменения в глинистых минералах в сопутствующих примесях, модификационные превращения, реакции в твердом состоянии между компонентами массы, окислительно-восстановительные процессы в обжигаемых изделиях при взаимодействии с газовой средой.

Процесс обжига делится в основном на четыре периода: досушки, подогрева, обжига и охлаждения изделий. В период досушки при температуре 120–200° С из сырца удаляется остаточная влажность. В период подогрева изделий при температуре 400–600° происходит разрушение глинообразующих минералов, которое полностью заканчивается при температуре 800 – 900° С, одновременно с температуры 800–900 °С начинается спекание изделий в камнеподобный черепок. При температуре выше 900 °С начинается интенсивная усадка, снижение пористости и повышение прочности изделий.

Конечная температура обжига находится в пределах 900–1300° С и зависит от качества сырца и назначения изделий. Интервал температур обжига лежит в пределах: от 900 до 1100°С для кирпича, камня, керамзита; от 1000 до 1300°С для клинкерного кирпича, плиток для полов, канализационных и дренажных труб; фаянсовые изделия обжигают при температуре 1200-1250°С; фарфоровые санитарно-технические изделия – от 1250 до 1280 °С. Изделия полусухого прессования обжигают примерно на 50 °С выше, чем изделия пластического прессования. Охлаждение изделий производят до температуры 50-60 °С с различной скоростью.

Для выравнивания температуры во всех частях изделия их выдерживают при конечной температуре в течение некоторого времени.

Скорость нагрева изделий в конечном периоде обжига связана с интервалом спекания глины: чем он меньше, тем медленнее поднимают температуру.

Для обжига изделий каждого вида устанавливается определенный температурный режим. При обжиге изделий до более низкой температуры, чем это требуется, они имеют повышенную пористость и невысокую прочность, при более высокой температуре обжига черепок упрочняется, но может произойти деформация и оплавление изделий.

На формирование керамического черепка значительное влияние оказывает также характер газовой среды, в которой происходит обжиг. Если в печных газах содержится избыток кислорода, не превышающий 1,5–2% теоретически необходимого, среда считается нейтральной, окислительная среда содержит избыточного кислорода более 2%, сильно окислительная — более 5%. При низком содержании избыточного кислорода (до 1 %) среда считается восстановительной. При установлении газового режима для обжига изделий из тугоплавких и легкоплавких глины в период до полного выгорания углерода и разложения карбонатов поддерживают сильно окислительную среду, в конечный период нейтральную или восстановительную для обеспечения полного спекания.

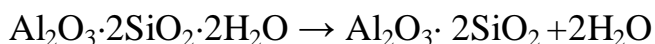
Глинистое сырье имеет очень сложный минералогический состав, поэтому исследовать все изменения в его компонентах – весьма трудная задача. Важнейшими компонентами глинистого сырья, определяющими его керамические свойства, являются глинообразующие минералы. Поэтому в первую очередь изучается их поведение при нагревании. Поведение при нагревании каолинита в течение длительного времени тщательно исследовалось. Однако единого мнения о характере протекающих процессов нет, потому что соединения образуются в неустойчивой форме, свойственной реакциям в твердом состоянии.

При нагревании основного глинистого минерала каолинита процессы подразделяются на две стадии: дегидратации и дальнейшего преобразования продуктов дегидратации.

В стадии дегидратации каолинит теряет химически связанную воду, что сопровождается эндотермическим эффектом.

По мнению Г. Ле Шателье, А. М. Соколова и других, в стадии дегидратации при 450 – 600°C каолинит распадается на свободные оксиды SiO₂ и Al₂O₃. Исследованиями установлено, что после отдачи воды каолинитом при 550°C его глинозем становится растворимым в слабых кислотах; при дальнейшем повышении температуры до 800 – 900°C растворимость Al₂O₃ резко падает.

На этой стадии обжига еще удерживается около 12,5% содержания всей конституционной воды в виде гидроксидов внутри решетки. Считается, что возникшие свободные оксиды взаимно проникают друг в друга и образуют вещество переменного состава. Предполагается также, что при обезвоживании каолинита получается силлиманитоподобное вещество. В настоящее время большинство исследователей придерживаются мнения, что дегидратированный каолинит – это метакаолинит Al₂O₃·2SiO₂, имеющий скрытокристаллическое строение:



Стадия дальнейшего преобразования продуктов дегидратации начинается острым экзотермическим эффектом в интервале 900–1050°C.

По мнению В. И. Вернадского, при указанных температурах образуется муллит:



Однако известно, что при 900°C начинается распад метакаолинита на свободные оксиды, и этот процесс заканчивается при 1050°C. Рентгеновский анализ подтверждает наличие кубической формы γ- Al₂O₃ в продуктах, обожженных при температуре около 980°C.

Очевидно, что в интервале температур 900 – 1050°C метакаолинит распадается на свободные оксиды с получением γ-глинозема, которое выражается в экзотермическом эффекте, и аморфного кремнезема. Образование муллита имеет место при более высокой температуре. Содержание муллита постепенно увеличивается с повышением температуры обжига.

В температурном интервале 1150 – 1250°С при нагревании каолинита наблюдается второй экзотермический эффект. Второй экзотермический эффект вызывается переходом аморфного кремнезема в кристаллическую модификацию α -кristобалит.

Керамические материалы в основном готовят из полиминерального глинистого сырья и при обжиге строительной керамики процессы фазообразования могут быть сдвинуты в сторону более низких температур. Поэтому при температурах 900 – 1050°С в составе грубой керамики возможно образуется муллит.

Важный компонент большинства глинистого сырья – кварцевый песок. При обжиге в кремнеземе происходят полиморфные превращения, с которыми должен быть связан оптимальный режим обжига и которые определяют в большой мере свойства обожженного продукта.

Известны три модификации кремнезема: кварц, кристобалит, тридимит. При нормальном давлении кварц может находиться в формах β и α , кристобалит – β и α , тридимит – γ и β . Устойчивая при наивысших температурах существования форма обозначается α , возникающие по мере охлаждения – β и γ . Наиболее распространен в природе β -кварц.

Если стеновую керамику обжигают при температуре 1050°С, в структуре раскаленного кирпича кристаллический кремнезем содержится в формах α -кварца, α -кристобалита и в меньшей мере – α -тридимита.

Переход β - в α -кварц происходит при температуре 573°С и сопровождается увеличением объема на 0,82%, а при обратном переходе – соответствующим его уменьшением.

При охлаждении α -кристобалит быстро переходит в ромбический β -кристобалит в температурном диапазоне 180 – 270°С, этот переход обратим, объем изменяется на 2,8%, что опасно для целостности структуры обожженных изделий.

При охлаждении системы α -тридимит переходит в β - и затем в γ -тридимит.

Ниже приведен пример физико-химических превращений при обжиге керамического кирпича.

В составе глинистого сырья имеется большое количество полевых шпатов, под которыми понимают алюмосиликаты щелочей и щелочных земель. Основные их разновидности следующие: ортоклаз $K_2O-Al_2O_3-6SiO_2$, альбит $Na_2O-Al_2O_3-6SiO_2$, анортит $CaO-Al_2O_3-2SiO_2$. Природные сростания альбита и анортита в различных соотношениях называются плагиоклазами. Наиболее легкоплавкий из полевых шпатов – альбит, температура плавления которого находится в пределах 1120–1220°С. При обычной температуре обжига стеновой керамики (1050°С) в зернах полевых шпатов существенных изменений не происходит, и они выполняют роль отощителя в обжигаемых изделиях. Однако в случае неравномерного распределения температуры в печном пространстве и возникновения локальных перегревов размягчение полевых шпатов приводит к деформации изделий и образованию свара продукции, что повышает выход

брака в виде кирпича-железняк и нарушает нормальную работу обжиговой печи.

Важным компонентом глинистого сырья является карбонат кальция. Декарбонизация тонкодисперсного CaCO_3 заметна уже при 700°C , что не соответствует распространенному мнению о декарбонизации карбоната кальция в керамических массах при 900°C . Выделяющийся при декарбонизации свободный оксид кальция обладает высокой реакционной способностью и вступает в химическое взаимодействие с контактирующими компонентами обжигаемой лессовой массы, образуя силикаты, алюминаты, алюмосиликаты и ферриты, способные повлиять на качество готовой продукции. Диссоциация крупнозернистых включений CaCO_3 приводит к образованию кусочков свободного оксида кальция в структуре изделий. Присутствие свободной извести в виде крупных включений в структуре обожженного изделия весьма нежелательно, поскольку она поглощает влагу вначале из раствора, а затем гигроскопическую влагу из кладки, и ее объем постепенно увеличивается в твердом состоянии в 2,5 раза и более, что вызывает внутренние напряжения в изделии. Если величина локальных напряжений превысит прочность структуры на разрыв, в последней образуются трещины, а у поверхности кирпича — рваные вздутия, в связи с этим крупные известковые включения называются **дутиком**. Известковые включения размером менее 3 мм безопасны для целостности структуры глиняного кирпича.

Железистые включения в глинистом сырье содержатся в виде гидроксидов железа и претерпевают фазовые изменения уже при невысоких температурах обжига. Например, лимонит $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ теряет часть химически связанной воды и переходит в гетит $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ при температуре 130°C . При нагревании до 360°C гетит переходит в гематит Fe_2O_3 . При температуре до 1000°C в присутствии органических примесей гематит способен восстанавливаться в формы, обладающие высокой реакционной способностью и образующие легкоплавкие соединения в структуре обжигаемого кирпича. Жидкие пленки железистого расплава цементируют элементы структуры изделия и способствуют ускорению химических реакций между компонентами обжигаемой массы.

Органические примеси присутствуют в обжигаемой массе вследствие наличия гумусовых веществ в глинистом сырье и ввода выгорающих добавок в виде угля или древесных опилок. При нагревании органические примеси разлагаются на летучие продукты и коксовый остаток. Летучие продукты разложения выделяются при температуре $350 - 400^\circ\text{C}$ и сгорают при достаточном количестве кислорода в газовой среде. В случае его недостатка летучие продукты разложения не воспламеняются и удаляются из печного пространства вместе с дымовыми газами, что нежелательно, так как приводит к перерасходу топлива на обжиг. Коксовый остаток выгорает при температуре $700 - 800^\circ\text{C}$. Поскольку в диапазоне этих температур в обжигаемом кирпиче уже начинается диссоциация карбоната кальция и выделение через поры газообразной углекислоты, встречный поток воздуха внутрь кирпича весьма затрудняется. Если невелика продолжительность выдержки кирпича при указанных температурах, то выгорание

коксового остатка может не завершиться и обожженный кирпич будет иметь черную сердцевину, свидетельствующую о неоднородности структуры продукции и перерасходе топлива на обжиг. Характер газовой среды окислительный, нейтральный или восстановительный влияет на направление и скорость химических реакций в структуре обжигаемого кирпича.

В результате указанных физико-химических превращений в обжигаемой массе лессовые изделия претерпевают некоторые размерные изменения, которые качественно характеризуются величиной линейной огневой усадки.

Процесс обжига изделий стеновой керамики условно подразделяют **на четыре стадии**: досушка – удаление остаточной воды затворения из сырца при температуре до 200°C; подогрев сырца дымовыми газами до температуры воспламенения топлива обычно не менее чем до 700°C; взвар – обжиг кирпича на участке горения топлива до максимальной температуры 950–1050°C; охлаждение, вначале медленное до 500°C (закал) затем быстрое до температуры выгружаемого кирпича (50°C). В обжигowych печах указанные стадии обжига протекают в соответствующих зонах.

Досушка сырца в обжигowych печах обычно производится присасыванием через загруженные изделия горячего воздуха, отбираемого из зоны охлаждения. После прогревания сухим горячим воздухом изделия нагреваются дымовыми газами, температура которых при этом не должна быть ниже 150°C во избежание конденсации влаги на поверхности изделий, размягчения их и образования трещин при последующем удалении конденсированной влаги. В зоне досушки полностью удаляется механически примешанная к массе вода и вследствие высыхания увеличивается прочность сырца.

В зоне подогрева в структуре сырца происходят глубокие изменения вследствие описанных физико-химических процессов в глинистых минералах, карбонатных и других сопутствующих примесях. Во избежание вспучивания массы скорость нагревания кирпича не должна быть чрезмерно большой.

В зоне взвара физико-химические процессы остаются незавершенными и лессовая система не достигает термодинамического равновесия в связи с ограниченным временем обжига. Поэтому в зависимости от конечной температуры обжига и продолжительности нагревания фазовый состав обожженных лессовых изделий может различаться даже при одном и том же составе исходного сырья. В этой зоне формируется керамическая структура получаемых изделий. При этом должно быть обращено внимание на допустимый температурный интервал обжига, в пределах которого изделия могут приобрести такие необходимые свойства, как прочность и водопоглощение. Нижний предел температурного интервала обжига определяется минимально допустимой прочностью изделий (марка 75), а верхний предел – минимально допустимой величиной водопоглощения (6 - 8%).

Скорость нагрева изделий в конечном периоде обжига связана с интервалом спекания глины: чем он меньше, тем медленнее поднимают температуру.

Охлаждение обожженных изделий ускоряется особенно при температуре ниже 500°С, когда устраняется опасность растрескивания вследствие больших объемных изменений при переходе α - кварца в β - кварц.

Обжиг кирпича производят в печах периодического и непрерывного действия. В кирпичной промышленности из печей периодического действия применяют преимущественно камерные печи. Из печей непрерывного действия применяют главным образом **кольцевые и туннельные**.

Периодические печи используют для обжига кирпича на заводах малой мощности. Загрузка и разгрузка этих печей производится при сравнительно высоких температурах, что обуславливает тяжелые условия труда обслуживающего персонала. Камерные печи или горны отличаются значительной трудоемкостью обслуживания, большой неравномерностью температур по высоте печи.

Для обжига кирпича широко применяют кольцевые печи, которые, несмотря на то, что они изобретены в 1858г., широко используются и в настоящее время. Они отличаются высокой тепловой экономичностью, возможностью использования низкосортных видов топлива, перехода с одного вида топлива на другое без каких-либо значительных переделок, высокой удельной и общей производительностью. Весьма существенным недостатком кольцевых печей является то, что в рабочей зоне садки и выгрузки (выставки) кирпича очень высокая температура: например, в рабочей зоне выгрузки температура в летние месяцы достигает 80°С и более. При этом садка и выгрузка кирпича производится вручную. На новых и реконструируемых кирпичных заводах строительство кольцевых печей не производится.

Туннельные печи имеют значительные преимущества перед печами периодического действия и кольцевыми печами. Садка кирпича-сырца на вагонетки туннельных печей и выгрузка обожженного кирпича с этих вагонеток производится вне печи, в нормальных температурных условиях, что значительно облегчает труд обслуживающего персонала и дает возможность механизировать трудоемкие процессы садки и выгрузки кирпича. В туннельных печах можно осуществить полную автоматизацию управления режимом обжига. К достоинствам туннельных печей относится и то, что у них температурный перепад в различных участках обжига незначителен.

Вагонетки с сырцом, выходящие из сушила, предварительно проталкиваются в обдувочную камеру, сырец очищается от зольной пыли, а затем пересаживаются на обжиговые вагонетки и подается в печь на обжиг. В качестве топлива для обжига применяются твердое топливо (уголь), жидкое (мазут) и газообразное топливо.

Техническая характеристика кольцевой печи Алма-Атинского кирпичного завода следующая. Объем обжигового канала 931,5 м³, длина 135 м, ширина 3,1 м, высота 2,55 м. Число камер 26, расстояние между топливными трубками 0,9 м, плотность садки 180—190 шт/м³, емкость печи 176,9 тыс. шт.

Уголь, применяемый для обжига, в опрокидных вагонетках емкостью около 500 кг с помощью лебедки подается на свод печи. Загружается уголь через топ-

ливные трубки на разогретую садку. На обжиг 1000 штук кирпича расходуется 145 кг условного топлива.

Для обжига кирпича на Чимкентском комбинате строительных материалов в кольцевых печах применяется природный газ. При этом в состав формовочной массы вводится выгорающая добавка в виде размолотого угля. В кольцевую 24-камерную печь газ подается диффузионными горелками.

Техническая характеристика туннельной печи системы «Укрпромпроект» следующая: длина – 89 м, ширина обжигового канала – 2,95 м, высота от пода вагонетки до замка свода – 1,70 м, объем обжигового канала – 436,8 м³, единовременная емкость печи – 64,2 тыс. шт. Продолжительность обжига – 29 ч, период толкания вагонеток – 1 ч, производительность в год – 20 млн. шт.

Техническая характеристика туннельной печи института Узгипростройматериалы: длина — 90,2 м, ширина обжигового канала – 2,9 м, высота от пода вагонетки до замка свода – 1,7 м, объем обжигового канала – 428 м³. Число рабочих горелок – 18, период толкания вагонеток – 50 мин, производительность в год – 20 млн. шт.

Высушенный сырец поступает к месту садки на передаточных тележках, а затем при помощи переносного транспортера подается на печные вагонетки с размером платформы 3х3 м. На каждой вагонетке производится садка двух пакетов кирпича с разрывом между ними в 600 мм. Перекрывают ножки третьим кирпичом-сырцом. Тип садки – упрощенный, в елку, с обвязкой углов. В каждом пакете оставляют продольный канал между четвертой и пятой ножками, перекрываемый восьмым кирпичом-сырцом. Емкость вагонетки – 2400 шт. сырца. Зоны досушки и подогрева занимают позиции с 1 до 14, зона обжига – с 15 до 21 и на закале — 22 позиция. Зону быстрого охлаждения занимают вагонетки с 23 по 30 позицию.

Обжигают кирпич природным газом, подаваемым в печь односопловыми горелками смесительного типа. С каждой стороны печи расположено по 9 горелок, расстояние между ними 3 м. Условного топлива на обжиг расходуется 189 кг на 1000 шт. кирпича.

Вагонетки с обожженным кирпичом из туннельной печи подаются электролафетом в обдувочную камеру для удаления золы, а затем направляются на разгрузку. Пакеты обожженного кирпича разгружают двухконсольным козловым краном с электрической талью. На выставочной площадке снятый с печной вагонетки пакет ставится на предварительно выложенные ножки.

Фарфоровая схема обжига.

Фарфоровые изделия (санитарно-технические) обжигают два раза. Сначала проводят первый, утильный, обжиг. То есть обжигают высохшие изделия без глазури. Температуру выбирают в интервале 800–1000 °С. После первого обжига изделия приобретают прочность, достаточную даже для машинного глазурования (на конвейерной линии). Изделия остаются пористыми. Можно легко глазуровать изделия окунанием, даже если они метровых габаритов. Изделия после этого обжига называют **утилем**.

Затем проводят второй обжиг заглазурованного изделия, **политой** обжиг, т.е. обжиг полубоженного проводят при температуре созревания черепка. Это разные температуры для разных видов фарфора. Настоящий фарфор требует 1380-1420 °С, рядовой столовый фарфор – 1300-1380 °С, санитарно-технический – 1250-1280 °С, а каменные массы - в зависимости от того, что используют в роли плавня. Второй обжиг окончательно формирует структуру керамики и, таким образом, определяет все ее физико-химические свойства

Фаянсовая схема обжига

Первый обжиг фаянсовых изделий (плитки для внутренней облицовки) - высокий. В фаянсовых массах практически нет плавней, поэтому при обжиге образуется минимальное количество жидкой фазы, или не образуется вообще, а глины, входящие в его состав, имеют высокую тугоплавкость. Это дает возможность обжигать изделия из фаянса сразу при температурах, необходимых для созревания черепка. Как правило, это 1200-1250 °С. В отличие от фарфора, черепок останется пористым, на него легко нанести слой глазури. Второй обжиг, **политой**, проводят при той, которая требуется для нормального растекания глазури: 1150 – 1250 °С, если это "фаянсовые" глазури.

Обжиг майолики

Маоликовые изделия (плитки для внутренней облицовки) получают из красножгущихся легкоплавких глин. Пережог может привести к их вспучиванию и сильной деформации. Красные глины вдобавок имеют узкий интервал обжига. Например, при 950 °С это еще непрочное рыхлое, а при 1050 °С – плотноспекшееся, стекловидное тело. Для майолики в принципе характерны низкие температуры обжига – 900-1100 °С. И как раз примерно при этих температурах завершаются процессы разложения глинистых материалов, которые сопровождаются выделением газообразных веществ. Самая распространенная технология - первый, утильный, и второй **политой** обжиг. Режим первого обжига выбирают таким, чтобы в максимальной степени прошли все процессы превращения глинистых минералов. Незавершенность этих процессов обязательно скажется на качестве поверхности глазури после второго обжига. Температура утильного обжига может быть и выше или ниже температуры политого обжига. Обычно ниже, где-то на уровне 900 – 950 °С. Режим второго обжига выбирают исходя из характеристик глазури, при этом нельзя превышать температуру начала деформации черепка.

Литература

1 осн. [189-205]; 6 осн. [58-74]; 7 доп.[37-65].

Контрольные вопросы

1. Что происходит в периоде досушки и подогрева изделий?
2. Что происходит в периоде обжига изделий?
3. Что происходит в процессе дегидратации каолинита?
4. В каких температурных интервалах обжигают керамические изделия?

5. Какие модификационные формы существуют у кварца?
6. Какие изменения претерпевают полевые шпаты, карбонат кальция, железистые включения при обжиге керамики?
7. Как происходит охлаждение изделий?
8. Схемы обжига керамических изделий.
9. В каких средах ведется обжиг керамики?

Тема лекций 12. Технология производства и свойства керамических стеновых изделий.

Кирпичное производство принадлежит к тем видам человеческой деятельности, где результата добиваются только после длительных экспериментов с режимами сушки и обжига. Эта работа должна проводиться при постоянных основных параметрах производства.

Для производства кирпича всегда используется глина непригодная для других керамических изделий. До принятия решения о постройке завода на основе месторождения проводятся промышленные испытания пригодности глины для производства кирпича. Испытания проводятся по специальной стандартной методике, заключающейся в подборе технологии для переработки.

В качестве основного сырья используются глины и суглинки местного происхождения с содержанием оксида алюминия Al_2O_3 , карбида кальция $CaCO_3$ и карбида магния $MgCO_3$

Большинство месторождений содержит многослойную глину, поэтому лучшими механизмами, способными при добыче делать глину среднего состава, считаются многоковшовый и роторный экскаваторы. При работе они срезают глину по высоте забоя, измельчают её и при смешивании получается средний состав. Другие типы экскаваторов не смешивают глину, а добывают её глыбами.

Качественный и количественный состав месторождения выясняется в результате разведки месторождения. Только разведка выясняет минеральный состав, то есть какие суглинки пылеватые, глины легкоплавкие, глины тугоплавкие и т. д. содержатся в месторождении. Лучшими глинами для производства кирпича считаются те глины, которые не требуют добавок.

В качестве отощающих добавок могут быть использованы также любые местные отходы – шлаки, шамот, отходы угледобычи, зола-унос и др. Содержание топлива в углеотходах должно обеспечивать калорийность шихты не более 300 ккал на 1 кг обжигаемой продукции. В качестве пластифицирующих добавок пластичные глины (огнеупорные, бентонитовые и др.), ПАВ (СДБ, лигнин и др.).

Подготовка сырьевых материалов состоит из разрушения природной структуры глины, удаления или измельчения крупных включений, смешения глины с добавками и увлажнения до получения удобоформуемой глиняной массы.

В настоящее время существуют несколько способов производства керамического кирпича и камней: **пластический, жесткий, полусухой.**

Жесткий способ формования является разновидностью современного развития пластического способа. Влажность формуемой массы при этом способе колеблется от 13% до 18%. Формование осуществляется на мощных вакуумных шнековых или гидравлических прессах. Вакуум-пресс итальянской фирмы "Бонджени", например, создает давление прессования до 20 МПа. В связи с тем, что "жесткое" формование осуществляется при относительно высоких 10-20 МПа давлениях, могут быть использованы менее пластичные и с естественной низкой влажностью глины. При этом способе требуются меньшие энергетические затраты на сушку, а получение изделия сырца с повышенной прочностью позволяет избежать некоторые операции в технологии производства, обязательные при пластическом способе. Формование при пластическом и жестком способах завершается разрезкой непрерывной ленты отформованной массы на отдельные изделия на резательных устройствах. Эти способы формования наиболее распространены при выпуске: сплошных и пустотелых кирпичей, камней, блоков и панелей; черепицы и т.п.

Полусухой способ производства строительных керамических изделий распространен меньше, чем способ пластического формования. Керамические изделия по этому способу формуют из шихты с влажностью 8-12% при давлениях 15-40 МПа. Недостаток способа в том, что его металлоемкость почти в 3 раза выше, чем пластического. Но вместе с тем он имеет и преимущества. Длительность производственного цикла сокращается почти в 2 раза; изделия имеют более правильную форму и более точные размеры; до 30% сокращается расход топлива; в производстве можно использовать малопластичные тощие глины с большим количеством добавок отходов производства - золы, шлаков и др. Сырьевая масса представляет собой порошок, который должен иметь около 50% частиц менее 1 мм и 50% размером 1-3 мм. Прессование изделий производится в пресс-формах на одно или несколько отдельных изделий на гидравлических или механических прессах. По этому способу делаются все виды изделий, которые изготавливаются и пластическим способом.

Технология производства кирпича и камней пластическим способом.

Переработка сырья начинается с измельчения комьев глины на глинорыхлителе, в котором сырье подвергается воздействию бильных лопаток и разрушается на более мелкие фракции (100-150 мм). После чего глина поступает в бункер питателя и далее при помощи регулирования скорости движения ленты равномерно дозируется на систему конвейеров, которая последовательно направляет глиномассу на каскад вальцов, первыми из которых являются камневыделительные вальцы с ребристым валком. Устройство камневыделительных вальцов позволяет исключать каменистые включения из сырья при помощи ребристого валка, а также глина подвергается грубому измельчению, за счет зазора между валками по выступам не более 2-х мм, а по впадинам – 16 мм. Дальнейшая переработка осуществляется на вальцах тонкого помола, где происходит истирание глины при помощи валков с рабочим зазором до 2-х мм. Для высокоэффективной переработки керамической массы рекомендуется дополни-

тельное включение в технологическую линию суперфинальных вальцев тонкого помола с рабочим зазором до 1мм. Для получения однородной пластичной массы сырье поступает в смеситель с фильтрующей решеткой для тщательного перемешивания и необходимого увлажнения до 18-25%, который также очищает глину от природных включений. Одновременно в этот смеситель поступают дробленые добавки с отделения приготовления добавок. Для получения высокой степени однородности глиномассы рекомендуется использование глинорастирателя перед непосредственным прессованием изделий.

После прохождения полного цикла машин по массоподготовки глина поступает в смеситель шнекового вакуумного пресса, где проходят процессы перемешивания, вакуумирования, прессования. Производительность современных ленточных прессов по производству кирпича достигает 10000 штук в час. Отформованный на прессах брус разрезается на отдельные изделия, которые укладываются автоматом–укладчиком непосредственно на сушильные вагонетки без применения рамок или полет.

Обязательной промежуточной операцией технологического процесса производства керамических изделий по пластическому способу является сушка. При сушке сырца искусственным способом основным источником тепла для сушки является тепло зоны охлаждения туннельных печей, дополнительным источником тепла являются продукты сгорания в теплогенераторе, где сжигается природный газ. Искусственную сушку производят в сушилах периодического действия – камерных сушилах или непрерывного действия – туннельных сушилах.

Туннельные сушилки загружаются постепенно и равномерно. Вагонетки с кирпичом продвигаются через сушилку и проходят последовательно зоны с разной температурой и влажностью. Туннельные сушилки хорошо работают только из сырья среднего состава. Применяются при производстве однотипных изделий строительной керамики. Очень хорошо «держат» режим сушки при постоянной и равномерной загрузке кирпича-сырца.

В целях получения высококачественных керамических изделий процессы сушки и обжига должны осуществляться в строгих режимах. При нагревании изделия в интервале температур 0-150°С из него удаляется гигроскопическая влага. При температуре 70° С давление водяных паров внутри изделия может достигнуть значительной величины, поэтому для предупреждения трещин температуру следует поднимать медленно (50-80°С/ч), чтобы скорость порообразования внутри материала не опережала скорость фильтрации паров через ее толщу. Высушенные изделия на сушильных вагонетках системой толкателей направляются на разгрузку. Автомат – разгрузчик снимает изделия с сушильных вагонеток и автооператором–переносчиком укладывает их на печные вагонетки. Грузовые вагонетки системой спецтранспорта в автоматическом режиме направляются в печь обжига.

Структуру свежесформованного сырца пластического формования, т. е. структуру пластичного глиняного теста, в самом схематическом приближении можно представить следующим образом (рис.1). Отдельные агрегированные кусочки глины, а главным образом их тощая составляющая часть — кварцевый

песок, распределены более или менее равномерно в суспензии коллоидной фракции 1 (рис.1 «а») глины. Дисперсионной средой этой суспензии является водный раствор растворимых солей, содержащихся в глине, а дисперсной фазой — находящаяся в этом растворе во взвешенном состоянии коллоидная фракция глинистых минералов. Эта суспензия наполнена более крупными частицами кварца 2 (рис.1«а») и агрегированными, не распустившимися в воде кусочками глины, которые являются как бы «заполнителями» этой суспензии.

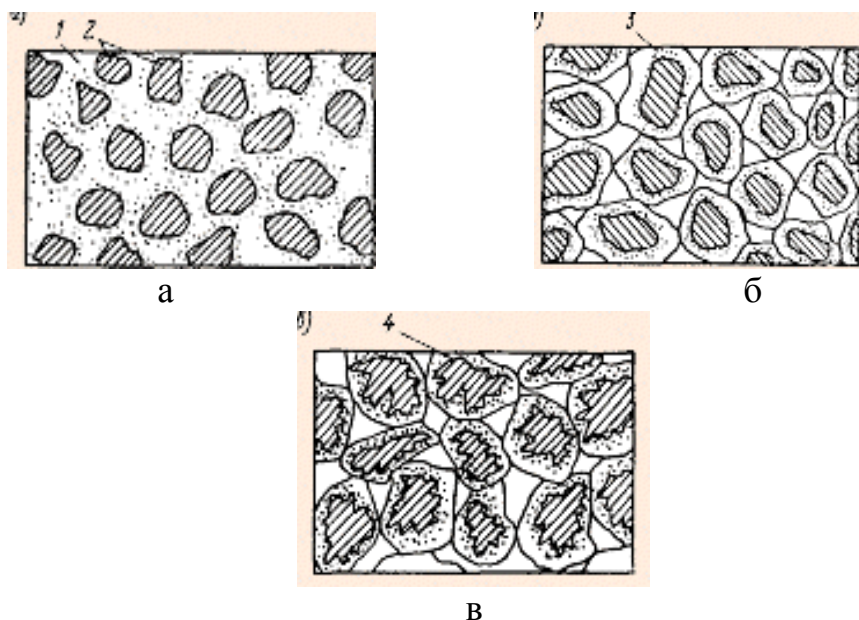


Рисунок 1. Схема формирования структуры при обжиге сырца пластического формования:

а – структура пластичного глиняного теста; б – структура высушенного сырца; в – структура обожженного кирпича.

Во время сушки, по мере испарения из сырца влаги, зерна заполнителя сближаются между собой, контактируясь в отдельных точках и гранях, и образуют таким образом скелет высушенного изделия. Суспензия, высыхая, осаждает на скелете свою коллоидную фракцию. Таким образом, зерна заполнителя оказываются покрытыми сплошной «обмазкой» 3 из коллоидной фракции глины (рис.1«б»). Эта обмазка является наиболее легкоплавкой частью всей керамической массы, так как в ее составе находятся растворимые соли, имеющие наиболее низкие эвтектические температуры. По мере нагревания сырца при достижении эвтектических температур эта обмазка плавится, образуя стекловидную фазу 4 (рис.1«в»), которая цементирует контактные поверхности отдельных зерен. Кроме того, в образовавшемся жидком расплаве частично растворяются поверхностные слои зерен наполнителя, образуя пересыщенные растворы, из которых выкристаллизовываются новые минералообразования, цементирующие скелет в виде кристаллических сростков (рис.1«в»). Жидкая фаза, образующаяся на контактных поверхностях, затекает в трещины и поры и стекает к поверхностям частиц, не пришедших еще в контакт, увеличивая тем самым общую величину контактной поверхности.

Обжиг является завершающей стадией технологического процесса. В печь сырец поступает с влажностью 8-12%, где в начальный период происходит досушивание сырца. В интервале температур 550-800°C происходит дегидратация глинистых минералов и удаление химически связанной конституционной воды. При этом разрушается кристаллическая решетка минерала, и глина теряет пластичность, в это время происходит усадка изделий. При температуре 200-800°C выделяется летучая часть органических примесей глины и выгорающих добавок, введенных в состав шихты при формовании изделий, и, кроме того, окисляются органические примеси в пределах температуры их воспламенения. Этот период характерен весьма высокой скоростью подъема температур – 300-350, а для эффективных изделий – 400-450 °C/ч, что способствует быстрому выгоранию топлива, запрессованного в сырец.

Затем изделия выдерживают при этой температуре в окислительной атмосфере до полного выгорания остатков углерода. Дальнейший подъем температуры от 800°C до максимальной связан с разрушением кристаллической решетки глинистых минералов и значительным структурным изменением черепка, поэтому скорость подъема температуры замедляют до 100-150, а для пустотелых изделий — 200-220°C/ч. По достижении максимальной температуры обжига изделие выдерживают для выравнивания температуры по всей толщине его, после чего температуру снижают на 100-150°C, в результате изделие претерпевает усадку и пластические деформации. Затем интенсивность охлаждения при температуре ниже 800°C увеличивается до 250-300°C/ч и более, ограничением спада температуры могут служить лишь условия внешнего теплообмена. При таких условиях обжиг кирпича можно осуществить за 6-8 ч. Однако в обычных туннельных печах скоростные режимы обжига не могут быть реализованы из-за большой неравномерности температурного поля по сечению обжигательного канала. Изделия из легкоплавких глин обжигают при температуре 900-1100°C.

В результате обжига изделие приобретает новую структуру, характеризующуюся камневидным состоянием, высокой водостойкостью, прочностью, морозостойкостью и другие ценными строительными качествами.

Очевидно, что количество, состав и состояние жидкой фазы во многом определяют свойства обожженного керамического изделия аналогично тому, как в обычном строительном бетоне его свойства зависят от свойств заполнителя и цементного камня. Так, например, при повышенной вязкости и малой подвижности жидкой фазы затрудняются ее перемещение и цементация еще не склеенных поверхностей, что снижает прочность изделия. Напряженное состояние стекловидной фазы, аналогично неотожженному стеклу, повышает хрупкость керамического изделия.

В процессе обжига керамического кирпича легкоплавкие минералы образуют стекловидную, а тугоплавкие кристаллическую фазы. С повышением температуры всё более тугоплавкие минералы переходят в расплав и возрастает содержание стеклофазы. С увеличением содержания стеклофазы повышается морозостойкость и снижается прочность керамического кирпича.

При увеличении длительности обжига возрастает процесс диффузии между стекловидной и кристаллической фазами. В местах диффузии возникают большие механические напряжения, так как коэффициент термического расширения тугоплавких минералов больше коэффициента термического расширения легкоплавких минералов, что и приводит к резкому снижению прочности.

После обжига при температуре 950 – 1050 °С доля стекловидной фазы в керамическом кирпиче должна составлять не более 8-10 %. В процессе обжига подбираются такие температурные режимы обжига и продолжительность обжига, чтобы все эти сложные физико-химические процессы обеспечивали максимальную прочность керамического кирпича.

Печные вагонетки с обожженной продукцией поступают в отделение паке­тирования на разгрузку и укладку готовой продукции на поддоны. Освобожденные от обожженной продукции печные вагонетки по заданной программе в автоматическом режиме снова поступают к автомату–садчику.

Готовая продукция, уложенная на поддоны, направляется по рольгангу на склад готовой продукции, где с помощью крана погружается в автотранспорт для отправки потребителю.

Глину средней плотности и пластичности и покрывные суглинки перераба­тывают по такой схеме: глинорыхлитель >ящичный пита­тель>камневыделительные вальцы (ребристые) > лопастный смеситель с паро­прогревом и увлажнением водой >бегуны мокрого помола > вальцы тонкого помола с зазором 3 - 4 мм > шихтозапасник с многоковшовым экскаватором на 7 – 10-суточное вылеживание >ящичный питатель с бункером > вальцы тонкого помола с зазором не более 2 – 2,5 мм > вальцы тонкого помола с зазором не бо­лее 1 мм (рекомендуются при наличии карбонатных примесей в сырье) >смеси­тель с фильтрующей решеткой>вакуумный пресс.

Лицевой кирпич и камни из красножгущихся глин изготавливают по той же технологии, что и обычные стеновые кирпичи и камни, соблюдая строгие требования к однородности сырья, ровности цвета обожженного изделия и правильности его формы. Лицевой кирпич и камни светлых тонов изготавливают из светложгущихся тугоплавких глин с добавкой около 45% шамота тех же глин. Подбирая состав керамической массы и регулируя режим обжига, можно получить кирпич белого, кремового, коричневого цветов.

Двухслойный кирпич формируют из местных красных глин и лишь лицевой состав (3–5 мм) из белых неокрашенных или окрашенных глин.

Кирпич облицовочный **глазурованный** или **ангобированный**. Для получения кирпича с блестящей цветной поверхностью на обожженную глину наносят глазурь (специальный легкоплавкий состав, в основе которого – перемолотое в порошок стекло), а затем проводят вторичный обжиг уже при более низкой температуре. После этого образуется стекловидный водонепроницаемый слой, обладающий хорошим сцеплением с основной массой и, как следствие, повышенной морозостойкостью. Глазурованный кирпич позволяет выкладывать мозаичные панно, как в помещении, так и со стороны улицы.

Технология получения ангобированного кирпича (его еще называют «двух-слойным» или «цветным»), отличается тем, что цветной состав наносят на высушенный сырец и обжигают только один раз (рис.3). Само декоративное покрытие тоже другое. Ангоб состоит из белой или окрашенной красителями глины, доведенной до жидкой консистенции. Если температура обжига подобрана правильно, он дает непрозрачный, ровный слой матового цвета.

Глазурованный и ангобированный кирпич применяют при оригинальной дизайнерской облицовке внешних и внутренних стен. Широкая цветовая гамма позволяет реализовать фактически любую идею оформления.

К внешнему виду глазурованного и ангобированного кирпича предъявляют приблизительно одинаковые требования. На цветной поверхности не должно быть наплывов и трещин, пузырьков и вздутий. Зазубрины и щербинки допускаются, но в очень малом количестве (не более 4 штук). То же относится к пузырькам и черным точкам – «мушкам» (не более 3).

Нужно учитывать, что цветной слой обеих кирпичей достаточно хрупок и вероятно, в силу этого они не слишком востребованы. Их изготавливают в основном за рубежом и на заказ, однако есть производители и в России – это Челябинский завод «Кемма», красноярский «Красноярскстройматериалы» и др. Ангобированный кирпич с покрытием белого цвета выпускает завод «Победа Кнауф», цветной материал с повышенной пустотностью (до 43%) – НПО «Керамика».

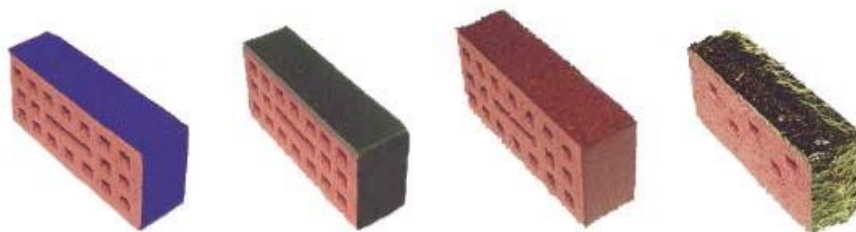


Рисунок 2. Ангобированные и глазурованные кирпичи

Размеры кирпича

На территории бывшего СССР сложилась система размеров, основанная на т. н. нормальном формате (НФ). Нормальный формат имеет габаритные размеры 250×120×65 мм. Наименования остальных размеров являются производными от НФ:

1 НФ (одинарный) — 250×120×65 мм;

1,4 НФ (полуторный) — 250×120×88 мм;

2,1 НФ (двойной) — 250×120×140 мм.

Также описаны в ГОСТе и применяются (но значительно реже) другие размеры:

0,7 НФ («Евро») — 250×85×65 мм;

1,3 НФ (модульный одинарный) — 288×138×65 мм.

Неполномерный (часть): 3/4 — 180 мм; 1/2 — 120 мм; 1/4 — 60—65 мм.

Названия граней. Согласно ГОСТ 530 – 2007, грани кирпича имеют следующие названия:

Постель — рабочая грань изделия, расположенная параллельно основанию кладки (на примере 1 НФ это часть с размерами 250×120 мм);

Ложок — наибольшая (по площади — средняя) грань изделия, расположенная перпендикулярно к постели. (у 1НФ — 250×65 мм);

Тычок — наименьшая грань изделия, расположенная перпендикулярно к постели (у 1 НФ — 120×65 мм).

Основные параметры и размеры керамических камней и кирпичей приведены в таблице 1.

Таблица 1. Виды кирпичей и камней в зависимости от размеров

Вид изделий	Длина	Ширина	Толщина
Кирпич	250	120	65
Кирпич утолщённый	250	120	88
Кирпич модульных размеров	288	138	63
Камень	250	120	138
Камень модульных размеров	288	138	138
Камень укрупнённый	250	250	138
Камни с горизонтальным расположением пустот	250	250	120

По теплотехническим свойствам и плотности кирпич и камни в высушенном до постоянной массы состоянии подразделяются на три группы:

- **эффективные, улучшающие теплотехнические свойства стен**

и позволяющие уменьшить их толщину по сравнению с толщиной стен, выполненных из обыкновенного кирпича. К этой группе относят кирпич плотностью не более 1400 кг/м³ и камни плотностью не более 1450 кг/м³;

- **условно эффективные, улучшающие теплотехнические**

свойства ограждающих конструкций. К этой группе относят кирпич плотностью свыше 1400 кг/м³ и камни плотностью свыше 1450 и до 1600 кг/м³;

- **обыкновенный кирпич плотностью свыше 1600 кг/м³.**

Масса кирпича и камней должна удовлетворять требованиям ГОСТ 22951-78.

По прочности кирпич и камни подразделяют на марки 300, 250, 200, 175, 150, 125, 100, 75. По морозостойкости кирпич и камни подразделяются на марки Мрз 15, Мрз 25, Мрз35 и Мрз 50.

Эффективный (щелевой или пустотный) керамический кирпич.

Этот представитель класса керамических кирпичей бывает поризованный и непоризованный. У щелевого (эффективного) непоризованного кирпича коэффициент теплопроводности составляет (0,35-0,4 Вт/м·°С) в кладке, но он также

требует утепления, обладает меньшей несущей способностью и плохой нагрузкой на изгиб.

Пустотелый кирпич изготавливают способом пластического формования или полусухого прессования. В его теле в направлении усилий формования проделаны пустоты, позволяющие уменьшить плотность кирпича до эффективной. Количество пустот у кирпича отечественного производства может колебаться от 13 до 55%. По прочности на сжатие пустотелый кирпич подразделяется на марки 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250 и 300. По морозостойкости - на марки 15, 25, 35, 50 и 75. Его применяют для кладки наружных стен, а так же внутренних перегородок

Наиболее оптимальным вариантом в этой категории является щелевой поризованный кирпич, который сочетает в себе свойства высокой прочности и отличной звукоизоляции. Он выпускается в виде, так называемых, двойных кирпичей, либо больших камней, имеющие специальные технологические пазы и выступы, поэтому они удобны и технологичны в процессе кладки. Этот материал обладает существенно более низким коэффициентом теплопроводности – 0,2 – 0,27 Вт/м·°С, чем все разновидности кирпичей.

Литература

1 осн. [123-126], 6 осн. [75-81]; 3 доп.[53-97], 22 доп.

Контрольные вопросы

1. Способы формования кирпича.
2. Структура обожженного кирпича.
3. Виды лицевых кирпичей и камней.
4. Виды керамических кирпичей по плотности.
5. Что означает марка кирпичей и камней?

Тема лекций 13. Технология производства и свойства керамических плиток.

Керамическая плитка известна очень давно – с 14 века она начала восхождение на постамент лидера в области внутренней отделки здания и облицовки фасадов снаружи.

Керамическая плитка - изделие, получаемое из смеси глины, кварца и других натуральных составляющих, которая прессуется и затем обжигается в печах при высокой температуре.

Область применения керамической плитки чрезвычайно широка как внутри помещений, так и снаружи. Это облицовка стен и полов, фасадов и цоколей зданий, тротуаров, бассейнов и каминов.

Керамическая плитка имеет ряд ключевых преимуществ по сравнению с другими покрытиями: это прочность и легкость в уходе. Кроме того, она гигиенична и экологична, огнеупорна, обладает антистатичностью, радиационно безопасна. Благодаря этим преимуществам она так популярна и незаменима в целом ряде жилых и общественных помещений.

Классификация керамической плитки по назначению:

- напольная; настенная; универсальная; декоративная; бордюрная; фасадная; специальная плитка для бассейнов

Классификация керамической плитки по наличию глазури

Глазурованные керамическая плитка

Глазурованная плитка состоит из двух слоев: керамической основы (его также называют бисквит, тело плитки) и слоя глазури. Глазурование выполняется для получения поверхностного слоя с декоративными эффектами (цвет, блеск, рисунок, фактура).

Глазурованная керамическая плитка выпускается в больших объемах и имеет широкое применение: для облицовки стен, пола, фасадов, используется как внутри помещения, так и снаружи.

Неглазурованные керамическая плитка

Неглазурованная керамическая плитка имеет только один слой – бисквит – и имеет цвет либо натуральный, либо окрашивается пигментами.

Неглазурованную плитку в основном применяют для напольных покрытий или облицовки фасадов.

Классификация керамической плитки по технологии производства

Все многообразие керамической плитки можно разделить на несколько групп: двухобжиговая, однообжиговая, керамический гранит, клинкер и котто.

Двойной обжиг (bicottura - итал.) – бикоттура) – самый древний способ производства глазурованной плитки. Суть технологии в том, что глиняную массу прессуют, обжигают (этап создания основы), после чего на поверхность черепка наносят глазурь и обжигают плитку второй раз (этап закрепления глазури).

Плитка двойного обжига имеет пористую структуру, поэтому у нее сравнительно низкие прочностные характеристики. Бикоттуру используют для отделки интерьеров и чаще всего в качестве настенного покрытия. Он имеет как глянцевую, так и матовую глазурь. Процесс производства трудоемкий и дорогой, нацеленный на то, чтобы выделить эстетический аспект. Плитки получаемые двойным обжигом имеют собственные технико-коммерческие наименования:

- **майолика** - это глазурованная плитка, получаемая двойным обжигом (технология предусматривает два различных обжига; сначала обжигается утіль, а затем глазурь); плитка может иметь пористый и цветной утіль, получаемый способом прессования.

Для производства этой плитки используются карьерные глины, содержащие не только глинистые, но и песчаные фракции, достаточно высокую карбонатную фракцию и оксиды железа. Майоликовая плитка обязательно глазуруется непрозрачной глазурью, которая наносится на розовый утіль («бисквит»).

Основное применение этого типа плитки — это облицовка внутренних стен.

Наиболее распространенными форматами являются размеры 15x15 см, 15x20 см и 20x20 см. Среди физических свойств можно отметить высокую механичес-

кую прочность, несмотря на высокий показатель пористости (водопоглощение может составлять от 15% до 25%) и прекрасную стойкость и прочность к образованию кракелюров в глазури.

- **плитка коттофорте** - эта плитка в обязательном порядке покрывается непрозрачной глазурью и применяется в основном для покрытия полов внутри зданий, хотя иногда и используется в качестве облицовочного материала. Очень широкое распространение этот материал получил в 60-70-е годы благодаря огромному разнообразию, а также и совершенствованию рисунков и технологии производства плитки.

Основными форматами являются размеры 15x25 см, 20x20 см и 20x30 см. Главными характеристиками являются хорошая или вполне достаточная механическая прочность и простое нанесение рисунков и глазури. Этот тип плитки является переходным между майоликой (метлахской плиткой) и плиткой на спеченном утеле, как по свойствам сырья, так и по физическим свойствам утеля. Плитка коттофорте подвергается двойному обжигу. По этой причине (и из-за высоких издержек на энергию, связанных с этой технологией) в большей части плитка была вытеснена плиткой, получаемой однократным обжигом на красной массе.

- **терралья** (фаянс) на белой массе: это глазурованная плитка, получаемая двойным обжигом, имеющая белый пористый утель, получаемый прессованием. В настоящее время этот тип плитки занимает в производстве довольно скромное положение по причине высоких производственных издержек. Применение технологии двойного обжига, использование дорогого сырья (глины, пески и флюсы для спекания белой массы). Различие между «слабым керамическим гранитом» и «прочным керамическим гранитом» зависит от типа используемых флюсов: карбонаты кальция и магния в первом случае и полевой шпат во втором. Производимая плитка получается белого цвета. Это позволяет наносить рисунок непосредственно на поверхность бисквита, а затем покрывать его всего лишь одним слоем стекловидной глазури. Классическим форматом является размер 15x15см, толщина плиток не более 6 мм. В основном эта плитка используется для облицовки стен внутри помещений.

Одинарный обжиг (monocottura (итал.) – монокоттура) – современная технология, пришедшая на смену технологии двойного обжига.

Способ производства плитки выглядит следующим образом: глиняную смесь прессуют, подсушивают, затем наносят на ее поверхность глазурь и обжигают плитку за один раз. Эмаль при этом способе производства обладает повышенной прочностью, что дает высокую стойкость к моющим средствам и бытовым абразивам. Некоторые виды этой плитки производятся с эмалью повышенной стойкости к химическим средствам. Поэтому керамическая плитка одинарного обжига может использоваться для облицовки стен, пола, и для наружной облицовки. К плиткам одинарного обжига относятся керамогранит, клинкер, котто.

Керамический гранит - неглазурованная керамическая плитка одинарного обжига, изготавливаемая из светлых сортов глины. Благодаря технологии производства, керамический гранит обладает высокой ударопрочностью и прочно-

стью на изгиб, стойкостью к воздействию химических веществ и абразивов, морозостойкостью, большой палитрой разнообразных цветов и оттенков. Это «молодая» технология, применяется около 20 лет. Керамогранит имеет широкое применение для отделки фасадов, полов и стен внутри помещений.

Керамический паркет, или плитка под паркет – разновидность керамического гранита, современная замена традиционному паркету. Из его преимуществ можно отметить долговечность, прочность, экологическую чистоту. По сравнению с деревянным аналогом керамический паркет отличается простотой укладки, дешевизной, он не требует особого ухода при том, что визуально неотличим от деревянного. Плитка под паркет подходит для установки «теплых полов».

Клинкер (clinker – итал.) – это **неглазурованная плитка или глазурованная плитка на разноцветном утеле**, изготавливаемая из тестообразной массы и формующаяся при продавливании через специальные отверстия экструдера, имеющие форму будущего профиля. Это так называемая экструзионная технология, которой более 150 лет. Экструзия позволяет изготавливать плитку сложной формы (уголки, цоколи, водостоки, ступени, соединительные элементы). Используется при строительстве и облицовке бассейнов, лестниц, для облицовки пола внутри помещений и снаружи, а также на промышленных объектах и при облицовке фасадов. Среди наиболее распространенных форматов следует указать 12x24 см, 20x20 см и 30x30 см.

Клинкер обжигается при температуре до 1250 °С, благодаря чему приобретает высокое сопротивление истиранию, перепадам температуры (морозостойкость), влагостойкость, противодействие агрессивным химическим средам, легкость в уходе. Клинкер по своим характеристикам стоит практически наравне с керамическим гранитом и превосходит большинство пород природного камня.

Котто (cotto – итал.) - это неглазурованная пористая плитка на пористом утеле, получаемая способом экструзии. Смесь, из которой изготавливается плитка, состоит из различных видов природной глины без особой сортировки и смешивания.

Производится без добавления пигмента, поэтому имеет натуральные оттенки глины. В процессе производства подвергается формовке, сушке и обжигу при температуре до 1100°С. Изготавливается большим числом конструктивных форм: плитки для пола, бордюры, поручни, ступени и т.д.

Характеристики керамической плитки

Износостойкость

Износостойкость – устойчивость к истиранию. Важная характеристика для напольной глазурованной плитки, характеризует ее долговечность. Износостойкость изменяется в единицах PEI, имеет группы от I до V.

Срок службы плитки напрямую зависит от интенсивности движения в помещении. Поэтому для пола в разных помещениях нужно подбирать плитку определенной группы износостойкости. Для облицовки стен внутри помещения можно подбирать любую группу.

Группа	Применение
РЕI I	Стены внутри помещений. Малоиспользуемые жилые помещения.
РЕI II	Ванные комнаты, жилые помещения
РЕI III	Жилые помещения, кроме лестниц, коридоров. Небольшие офисы без прямых входов с улицы
РЕI IV	Жилые помещения, включая лестницы и коридоры. Общественные помещения с невысокой интенсивностью движения
РЕI V	Помещения с высокой интенсивностью движения

Водопоглощение и морозостойкость керамической плитки

Водопоглощение характеризует способность плитки впитывать влагу. Измеряется в процентном отношении к её массе. По международным стандартам ISO влагопоглощение указывается вместе с буквой способа формовки плитки. Ниже в таблице приведена классификация по влагопоглощению.

Способ формовки	Влагопоглощение			
	0-3%	3-6%	6-10%	>10%
А (экструзия)	Группа А I	Группа А IIa	Группа А IIb	Группа А III
В (прессование)	Группа В I	Группа В IIa	Группа В IIb	Группа В III

Морозостойкость плитки напрямую зависит от группы влагопоглощения. Чем номер группы ниже, тем выше морозостойкость (и тем она прочнее, т.к. менее пористая). Группы I и II считаются морозостойкими, а III группа - нет (только для внутреннего применения).

Химическая устойчивость керамической плитки

Различные химически активные вещества не страшны для керамической плитки для пола (исключение составляет фтористо-водородная кислота). Устойчива к бытовой химии и кислотам. Химическая устойчивость делится на 5 классов: AA, A, B, C, D. Класс AA - это неподверженность к химическим веществам; A - это устойчивость к химическим веществам и т.д.

Механические характеристики керамической плитки

Керамическая плитка является очень твёрдым и прочным материалом. Значение показателя предела прочности на сжатие может составлять 300 МПа (3000 кгс/см²).

Пожаробезопасность керамической плитки

Керамическая плитка полностью пожаробезопасный материал. По этому критерию она занимает выгодную позицию среди прочих материалов для отделки - ламината, линолеума, паркета. Она не горит и не выделяет вредных для человека веществ при температурах пожаров. Такие свойства керамической плитки обусловлены ее составом (песок, глина, полевой шпат, окиси металлов). К тому же температура обжига плитки в зависимости от технологии составляет от 850 до 1300 °С, т.е. значительно выше температуры пожара.

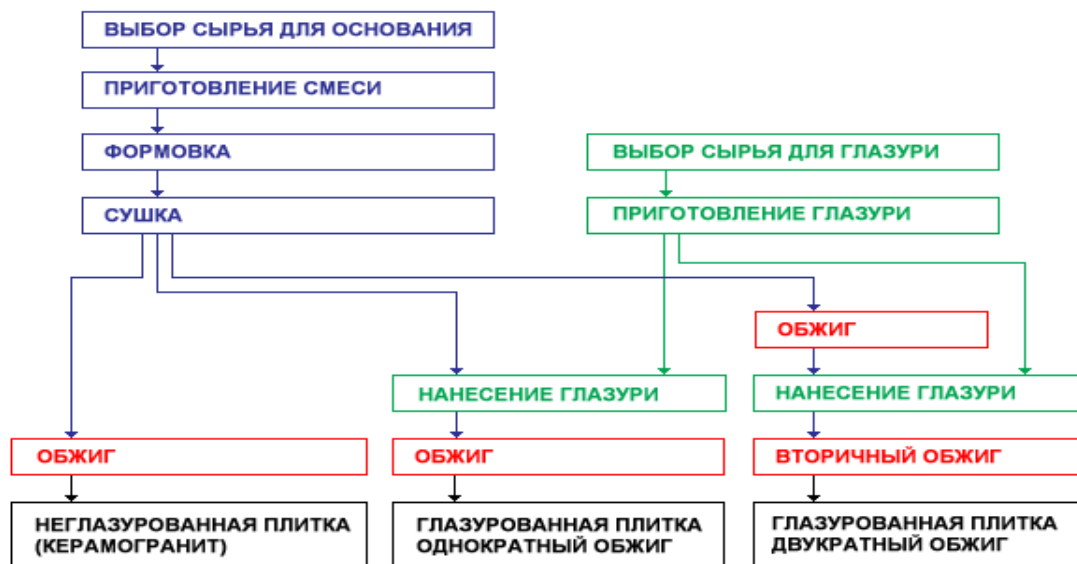
Ниже в таблице приведены технические характеристики керамической плит-

ки фирмы "Керама" (Россия).

Таблица. Технические характеристики керамической плитки фирмы "Керама" (Россия)

Показатели	ГОСТ 6787-2001	Плитка для пола 302x302 мм	"Керама-Техно" 302x302мм /402x402 мм
Водопоглощение, %	не более 4,5	3,5	3/3
Термическая стойкость глазури, °С	125	150	150/150
Твердость глазури по Моосу, не менее	5	5	7/7
Предел прочности при изгибе, МПа, не менее	28	32	33/33
Класс износостойкости (PEI)	1-4	4	4/4
Морозостойкость, циклов	50	70	70/70
Толщина, мм	7,8	7,8	8,3/8,3

Схема технологического процесса производства керамической плитки



Этапы производства неглазуванной плитки

1. Выбор сырья. 2. Приготовление смеси. 3. Формовка. 4. Сушка. 5. Обжиг

Этапы производства глазуванной плитки однократного обжига

1. Выбор сырья (в том числе и для глазури). 2. Приготовление смеси (в том числе и для глазури). 3. Формовка. 4. Сушка. 5. Нанесение глазури. 6. Обжиг.

Этапы производства глазуванной плитки двукратного обжига

1. Выбор сырья (в том числе и для глазури). 2. Приготовление смеси (в том числе и для глазури). 3. Формовка. 4. Сушка. 5. Обжиг. 6. Нанесение глазури. 7. Повторный обжиг.

Выбор сырья

В качестве сырья для основания плитки используют кварцевый песок (ограничивает изменение размеров при сушке и обжиге), глину (обеспечивает необходимую при формовке пластичность), фелдшпатовые и карбонатные материалы (обеспечивают вязкость при обжиге для создания стекловидной и плотной структуры материала).

Основу керамической глазури составляют фритты - сплавы солей со стеклом. Глазурь, состоящая только из фритт, имеет глянцевую поверхность и применяется, как правило, при двукратном обжиге. Для создания матовых глазурей во фритты могут добавлять кварц, окислы металлов, каолин, красящие пигменты.

Приготовление смеси

Приготовление смеси включает в себя несколько операций, которые обеспечивают получение измельченного однородного материала с определенным содержанием влаги, необходимой для последующей формовки. Измельчение сырья нужно для облегчения последующего процесса обжига керамического изделия.

Существует два основных метода приготовления смеси: мокрый и сухой.

При использовании мокрого метода измельчение и смешивание составляющих смеси происходит в специальных центрифугах, куда вместе с сырьем помещаются очень прочные шары из металлокерамики и вода. В процессе вращения центрифуги эти шары ударяясь друг с другом измельчают сырье до состояния водной суспензии (шликера). Далее необходимая для равномерного смешивания влага удаляется процессом атомизации (противоточное распыление шликера горячим потоком воздуха с немедленным испарением влаги). В итоге получается порошкообразная смесь с необходимым для формовки содержанием воды (4 -7% для метода прессования).

Основное отличие сухого метода от мокрого заключается в том, что сырье измельчается без добавления воды. Увлажнение его происходит позже в специальных машинах.

Технология мокрого измельчения дороже (необходимо много энергии для удаления воды), но дает лучшие результаты. Поэтому при производстве керамогранита и монокоттуры используют именно этот метод.

Формовка

Все современные способы формовки керамической плитки, согласно норм ISO, разделяют на три группы. Группа А - метод экструзии (производство плиток котто, клинкер). Группа В - метод прессования (керамогранит, монокоттура, бикоттура). В группу С вошли все прочие способы (например, ручная формовка, литые стеклянной мозаики).

Наибольшее распространение получил метод прессования (около 98% всей керамической плитки). При прессовании порошкообразную смесь загружают в пресс-формы гидравлического пресса, где она под высоким давлением (до 500 кг/см.кв.) уплотняется и приобретает определенную прочность. Уже на этом этапе плитка может подвергаться дополнительной обработке. Так для получения преполированного керамогранита поверхность плитки шлифуется мягкими щетками еще до обжига. С помощью пресс-форм задаются не только геометрии чesкие формы и размеры керамической плитки, но и фактура ее поверхности (например, у Pietra d'Italia - рельефная, у Celadon - вогнутая и т.д.).

Сушка

В процессе сушки из изделия удаляется влага, которая была необходима для формовки. Ее содержание уменьшается до 0,2%. Процесс осуществляется в сушильных установках с сушкой горячим воздухом.

Нанесение глазури

На сегодняшний день существует несколько десятков способов нанесения глазури на поверхность керамической плитки. Глазурь может наноситься в виде гранул, пастообразной массы или распыленной суспензии. Момент нанесения может происходить по - разному: до обжига, после обжига и даже во время обжига. Для придания плитке более эстетичного вида процесс глазурования может применяться совместно с нанесением различных изображений. Один из самых распространенных способов нанесения орнаментов называется шелкографией, когда через специальную сетку с различными по своей величине и частоте отверстиями с помощью красок наносят рисунки. Чем сложнее рисунок, тем больше сеток применяется.

Обжиг

Обжиг плитки может длиться от 40 до 120 минут. Печь для обжига - закрытый конвейер длиной от 50 до 80 метров. Посредством подачи газа по трубам на каждые 20 см печи в каждой точке поддерживается определенная температура. Таким образом, в процессе движения по печи изделие обжигается при температуре от 200 до 1250 °С. Наиболее важный элемент процесса обжига плитки - разработка и соблюдение температурной кривой. Именно правильное построение температурной кривой отражается на важнейших технических показателях плитки в дальнейшем. Следует отметить, что как только меняется партия сырья, температурная кривая должна быть разработана заново. Поэтому очень важно для производителя плитки постоянный поставщик сырья. И, следовательно, только те производители, кто имеет давний опыт производства, способны обеспечить стабильное качество. Для каждого типа плитки (а иногда и для каждой коллекции) разрабатывается индивидуальный температурный режим. Отличается и максимальная температура обжига для разных материалов. У плитки двойного обжига - около 950°С, у однократного обжига - до 1180°С, у керамогранита - до 1300°С. В процессе обжига при высоких температурах

плитка теряет влагу и уменьшается в размерах (огневая усадка). Величина усадки растёт с температурой обжига и может варьироваться от 0% (у плитки двукратного обжига) до 8% (у керамогранита). Т.е. для получения керамического гранита размером 300х300мм размер пресс-формы должен быть 324х324мм.

После обжига плитки осуществляется визуальный контроль качества - деление на 1, 2, 3 сорта. Далее осуществляется компьютерный оптический контроль качества - снятие геометрических параметров (определение калибров для монокоттуры и керамогранита, определение плоскостных параметров и др.). Затем изделия сканируются для определения и идентификации оттенков плитки, путем сравнения с компьютерной библиотекой ранее произведенных изделий того же артикула.

Литература

1 осн. [217-220, 227-238, 271-297]; 2 осн. [45-68].

Контрольные вопросы

1. Классификация керамической плитки.
2. Суть двукратного и однократного обжига плиток.
3. Что такое клинкер?
4. Что такое котто ?
5. Что такое керамогранит?
6. Какими способами производится подготовка массы для плиток?
7. Современные способы формования керамических плиток.
8. Как осуществляется обжиг керамических плиток?

Тема лекции 14. Технология производства, разновидности и свойства керамогранита.

Керамический гранит — это керамическая плитка по соответствующим классификациям эта плитка принадлежит к классу VIa (по ISO 13006). Типичными характеристиками этой плитки являются высокая механическая прочность и отличная стойкость к низким температурам. Керамогранит, как отделочный материал получил широкое распространение относительно недавно. До 70-х годов прошлого века керамогранит производился некоторыми европейскими, в основном итальянскими фирмами в небольшом ассортименте, неглазурованном варианте и использовался почти исключительно для отделки технических помещений, где важны его низкая влагопоглощаемость и повышенная прочность. Начиная же с 80-х годов, керамогранит активно производится уже многими фирмами, для более широкого его применения. К этому времени керамогранит был существенно усовершенствован по своим техническим и, главное, эстетическим параметрам. Объединив в себе свои прежние положительные свойства и внешний вид, свойственный керамической плитке или натуральному камню, керамогранит начал успешно использоваться не только в индустриальном секторе, но и в общественных и жилых помещениях. Последние технические достижения, используемые в производстве керамогранита, дают возможность создавать всё новые структуры цвета, поверхностные эффекты. Увеличился и размер производимых плит до метра и больше. Всё это

привело к бурному росту производства керамогранита по всему миру. И сегодня практически ни одна стройка не обходится без применения керамогранита. Керамический гранит получается из смеси сырья, по своему составу не очень отличающейся от смеси сырья для производства фарфора (используемого для выпуска сантехнических изделий и посуды). Плитка практически вся подвергается остеклованию. Обычно керамический гранит не глазуруется и используется для устройства половых покрытий и мощения любого типа. Все большее распространение приобретают и керамические граниты с поверхностным рисунком.



Внешний вид керамогранита

Классический керамогранит в современном исполнении – это красивая прямоугольная плита, с поверхностным или глубинным рисунком, внешне напоминающим или имитирующим натуральный природный камень, а по техническим характеристикам и вовсе превосходящий его.

Современный керамогранит в классическом исполнении – это прямоугольная плита, имеющая поверхностный и глубинный зернистый рисунок, напоминающий или имитирующий любой натуральный камень в части рисунка, фактуры скола и превосходящий его по прочности и иным техническим показателям. Технология производства керамогранита позволяет также делать глазурирование, изменять тип поверхности от потёртой, матовой или рельефной до глянцевой и полированной. Размеры плит керамогранита самые разнообразные. От 5x5 см до 120x180 см. Однако наибольшей популярностью пользуются ставшие «классическими» размеры: 30x30, 40x40, 60x60 см. Толщина керамогранита варьируется от 7 до 30 мм, в большинстве случаев 8-14 мм.

Свойства и преимущества керамогранита

Низкое влагопоглощение. Керамогранит обладает очень низкой пористостью и, как следствие – водопоглощением. Водопоглощение менее 0,05% (замер по стандарту ISO 10545.3) присуще только керамограниту и недоступно керамической плитке и натуральному камню. Поэтому керамогранит в настоя-

щее время активно используется в наружной облицовке зданий любой климатической зоны.

Повышенная износостойчивость. Керамогранит обладает самой высокой степенью устойчивости к агрессивным средам и износу (износостойкость по шкале PEI – до 5). Большинство современных общественных зданий, таких как вокзалы, аэропорты, магазины, парки, зоны отдыха выбирают керамогранит как раз по этим соображениям.

Повышенная твёрдость. Керамогранит очень твердый благодаря особенной глине и технологиям производства. Его практически невозможно поцарапать. Еще бы, твердость керамогранита составляет 8 баллов по шкале Мооса – это одна из самых высоких на планете.

Механическая прочность. Керамогранит способен противостоять огромному давлению, ударам, тяжелым физическим нагрузкам. Если укладка была произведена правильно, облицовка из керамогранита может выдерживать нагрузку в 200 кг/см². В связи с этим строители и отделочники применяют керамогранит для покрытия полов в производственных помещениях, заводах, фабриках.

Устойчивость к перепадам температур. Благодаря особенной технологии производства, керамогранит выдерживает огромные перепады температуры - от минус 50 до плюс 50 градусов. Такое уникальное свойство делает керамогранит незаменимым материалом для облицовки зданий, а также в изготовлении вентилируемых фасадов. Повышенная стойкость к перепадам температур – это следствие высокой плотности и однородности керамогранита.

Экологическая чистота. Керамогранит, также как и керамическая плитка, обладает абсолютной экологичностью. В процессе производства керамогранита используются чистые, натуральные, природные материалы. Даже много лет спустя керамогранит не будет выделять никаких вредных веществ. Он совершенно не радиоактивен, в отличие, например, от своего природного собрата – гранита. Керамогранит не теряет свой цвет со временем и не выгорает на солнце. Современные общественные здания, вокзалы, аэропорты, магазины предпочитают керамогранит именно по этим соображениям.

Применение керамогранита

На рынке современных отделочных материалов сегодня просто огромный выбор керамогранита – его используют повсеместно как в строительстве, так и в ремонте практически любых зданий, помещений, а также уличных территорий. Он применяется для внутренней облицовки стен и пола различных помещений, для наружной облицовки фасадов зданий и колонн, устройства внутренних тротуаров и дорог в частных домах.

Недостатки керамогранита

У керамогранита всего два недостатка - хрупкость при транспортировке и сложность в обработке и резке. При правильном, профессиональном подходе к работе с керамогранитом эти недостатки оказываются не такими уж и сложными.

Классификация керамогранита по структуре

Гомогенный керамогранит. Это однородный, полностью прокрашенный в одинаковый цвет или с односторонним рисунком керамогранит. Он фактически не истирается, не меняет цвет и рисунок со временем. Профессионалы различают гомогенный керамогранит по видам применяемого пигмента, а также по технологии прокраски.

Частично прокрашенный керамогранит. Такой керамогранит имеет двухслойную структуру, где первый – основа и подложка для второго, а второй – более тонкий и пигментированный. Такая комбинация более экономична, благодаря меньшему расходу дорогих пигментов.

Глазурованный керамогранит. По сути, такой керамогранит – не что иное, как обычная керамическая плитка, но с улучшенными качествами (благодаря подложке из керамогранита).

Классификация керамогранита по виду поверхности

1. **Матовый керамогранит.** В этом случае поверхность материала сохраняет свою естественную фактуру, поскольку ее не подвергают никакой дополнительной обработке. Хотя она лишена блеска, этот недостаток с лихвой компенсируется прекрасными эксплуатационными характеристиками, что позволяет использовать данную разновидность керамогранита в достаточно суровых условиях (например, при устройстве вентилируемых фасадных систем).

2. **Глазурованный керамогранит.** По внешнему виду данный материал бывает достаточно сложно отличить от обыкновенной керамической плитки. Однако все дело не в глазури, а в так называемой подложке. Если она состоит из керамогранита, то это автоматически означает улучшенные технические характеристики облицовочного материала и более длительный срок службы.

3. **Полуполированный и полированный керамогранит.** Зеркальный блеск данного материала достигается за счет применения абразивных материалов, которые нарушают его структуру и тем самым существенно снижают показатели в области прочности и износостойкости. По этой причине полированный гранит требует постоянного дополнительного ухода. Специалисты также не советуют использовать его в качестве напольного покрытия, поскольку это грозит травмами и неизбежно приведет к разрушению полировки.

4. **Лощеный, или сатинированный, керамогранит.** Если перед обжигом на поверхность керамогранита нанести слой минеральных солей, то он приобретет приятный мягкий блеск, но при этом структура материала не нарушится и он в полной мере сохранит свои превосходные эксплуатационные характеристики.

5. **Структурированный керамогранит.** Если Вам требуется создать на поверхности керамогранита имитацию других фактур (например, скалы или дерева), а также создать фигурные композиции, то с этой целью применяют специальные пресс-формы, поскольку обработка уже готового керамогранита из-за его высокой повышенной твердости и хрупкости практически невозможна.

6. **Мозаичный керамогранит.** Бывает так, что Вам хотелось бы иметь у себя дома настоящую мозаику, но Вы боитесь не справиться с ее укладкой. Тогда Вам на помощь придет менее капризная мозаичная плитка из керамогранита,

которая может изготавливаться и в индивидуальном порядке, под заказ.

7. Декоративные элементы. Как правило, в состав каждой коллекции помимо самой плитки входят и различные элементы отделки (бордюры, ступени, рамы для зеркал и т.п.), которые могут выполняться как путем прессования, так и методом экструзии.

Технологические особенности производства керамогранита

Имея технические характеристики, превосходящие характеристики природного камня и керамической плитки, керамогранит является уникальным по сути – срок годности не ограничен, химические и физические параметры – очень высокие, экологичность, пожаростойкость, износоустойчивость, морозостойкость – все эти свойства керамогранита делают его поистине королем отделочных материалов.

Керамогранит, также как и керамическая плитка производится из натуральных, природных компонентов, которые являются экологически чистыми - полевой шпат, глина, каолин и кварцевый песок. Окрашивают керамогранит также только природными красителями, что говорит о его высоких экологических свойствах. Рассмотрим непосредственно производственный процесс керамогранита. Он состоит из шести этапов:

1. Поступление и распределение сырья. Первичная обработка.
2. Подготовка шликера.
3. Распыление.
4. Прессовка и просушка.
5. Обжиг.
6. Сортировка и упаковка.

1 этап: Поступление и распределение сырья. Первичная обработка.

Непосредственно процесс производства керамогранита уже начинается в карьерах, где добываются исходные составляющие. Используемые типы глины должны иметь строго определенный химический состав. В дальнейшем это во многом определяет свойства материала и его поведение при штамповке и обжиге. Глины поступают на фабрику, где складированы в специальные контейнеры, в каждый контейнер - свой сорт глины. Этот замес уже готов для прессования и обжига, и в нем уже заложены характеристики цвета, которые проявятся в результате производства. Он поступает для складирования в специальные силосы, их около 80, и в каждом хранится всегда только свой тип замеса. Замес может находиться там до тех пор, пока не будет востребован для дальнейшего этапа.

Беря за основу шихтовый состав, производят взвешивание сырья, определяется его масса, уровень увлажненности и качество химического состава. Также на этом этапе используют природные красители и цветовые добавки, которые добавляют в заготовочную массу для керамогранита. Именно они и формируют цвета и оттенки конечного продукта и составляют цветовой ассортимент керамогранита.

После проведения всех вышеописанных действий керамогранитная масса (основа) поступает на специальную ленту, по которой подается в цех подготовки шликера.

Смесь, из которой изготавливаются керамический гранит, состоит из глин нескольких сортов, чистейшего кварцевого песка, полевого шпата и красящих пигментов, самыми традиционными из которых являются окиси металлов, - то есть полностью из натуральных компонентов.

2 этап: Подготовка шликера.

Шликерная технология производства основы как раз применяется для изготовления керамогранита методом прессования из полусухих порошков. Ее суть заключается в том, чтобы заставить глину потерять свою природную структуру, дезагрегировать ее, после чего удалить все ненужное из этого сырья. Специальная, очень точная дозировка шихтовых элементов по особому рецепту, помол в шаровых мельницах с уралитовыми шарами позволяет придать основе для керамогранита необходимый уровень плотности и абсолютную однородность. Затем, смешиваясь с другими компонентами в строго рассчитанной пропорции, они поступают на участок предварительного перемалывания до определенного размера. Все это происходит в специальных мельницах - вращающихся конусообразных трубах большого диаметра, внутренняя часть которых имеет специальное покрытие и заполнена шарообразными жерновами из очень прочных пород камня. Процесс помола происходит с подачей воды, поэтому далее уже жидкая смесь поступает в специальные резервуары, где отстаивается в течение нескольких часов, в результате чего более тяжелая часть, содержащая замешенные и перемолотые компоненты, отделяется от более легкой, содержащей в основном воду. После этого приготовленный шликер через специальное вибросито поступает в мешалки, где для усреднения массы находится около полусуток. Затем вся это керамогранитная масса поступает в цеха для распыления.

3 этап: Распыление.

Сутью третьего этапа является обезвоживание шликера. Сушка происходит таким образом: тонкий поток керамогранитной массы подается в специальную сушилку под очень высоким давлением. Процесс осушения проходит в специальных гигантских вертикальных колоннах - так называемых атомизаторах. Влажная смесь распыляется сверху, а снизу происходит подача горячего воздуха. Потоки горячего воздуха завихряют и сушат смесь таким образом, что на выходе из атомизатора практически уже сухая смесь состоит из одинаковых гранул диаметром около 50 микрон (0,05 мм). Во время этой процедуры получается особенный пресс-порошок, который затем поступает в силосы для вылеживания, которое, в зависимости от типа керамогранита, длится от нескольких часов до нескольких дней.

4 этап: Прессовка и просушка.

Из силосов вылеживания пресс-порошек и заготовочная масса в определенных пропорциях поступают в огромный, мощный миксер, который очень тщательно перемешивает полученные ингредиенты. После этого полученный субстрат подается в стальную воронку, где происходит прессовка. Прессовка осу-

ществляется в несколько стадий: первичное давление, выдержка (чтобы вышел воздух), вторичное давление. Давление при этом составляет 400-500 кг/см². После этого уже сформированная плитка поступает на конвейер для разгрузки и дальнейшей обработки. Плитка, выходящая из пресса, имеет содержание влаги в материале до 10% и имеет размеры, превышающие номинальные на несколько сантиметров. Именно на дальнейшем этапе - этапе обжига, определится рабочий размер (калибр) плитки.

5 этап: Обжиг.

После этапа прессовки и формовки получается особая суспензия, но это еще не готовый керамогранит. Если не произвести обжиг этой массы, то плитка после выхода просто рассыплется. Обжиг керамогранита как раз и производят для придания ему всех тех качеств, которыми обладает конечная плитка керамогранита.

Обжиг керамогранита – процесс не долгий, но сложный. Обжиг в печах происходит при температуре от 1200 до 1300°С (самой высокой, которая только применяется в керамической промышленности), причем, эта температура достигается поэтапно. При этом завершаются важнейшие химические реакции, и происходит структурирование тела плитки, что и определяет уникальные свойства материала керамогранита. Смесь спекается, образуя единое гомогенное изделие. В результате, после охлаждения получается очень твердый остеклованный непористый материал с близким к нулю показателем впитывания влаги и практически идеальных размеров.

Во время прохождения конвейера с плиткой внутри печи осуществляется полная перекристаллизация компонентов, в процессе которой и образуется плитка наподобие стекла.

6 этап: Сортировка и упаковка.

Пройдя такой сложнейший путь подготовки, обработки и обжига, уже полностью готовый керамогранит поступает в цех сортировки, где происходит автоматический визуальный контроль, контроль правильной геометрии, цветовой контроль. После этого каждая плитка керамогранита осматривается на наличие дефектов, трещин, любых других браковочных элементов. После этого керамогранит складывается на конвейер автоматической упаковки.

Литература

9 доп.

Контрольные вопросы

1. Применение керамогранита.
2. Классификация керамогранита по структуре.
3. Классификация керамогранита по виду поверхности.
4. Свойства керамогранита.
5. Сырьевые материалы для изготовления керамогранита.
6. Основные этапы производства керамогранита.
7. Как обжигают керамогранит?

Тема лекции 15. Технология производства и свойства керамических труб.

Трубы керамические канализационные. Их изготавливают цилиндрической формы с раструбом на одном и резьбой на другом конце и безраструбные с соединительными муфтами. Сырьем для их производства служат тугоплавкие или огнеупорные глины (иногда с отощающими добавками в виде тонкомолотого шамотного или кварцевого песка) или без них.

Сырьевую массу обычно готовят пластическим способом по следующей схеме. Глину освобождают от крупных камней и подвергают грубому помолу. Измельченную глину подсушивают, измельчают в дезинтеграторах и просеивают. Наряду с подготовкой глиняного порошка параллельно идет приготовление из глины шамота. Отдозированную глину и шамот подают в смеситель, в котором массу перемешивают, увлажняют и направляют на изготовление валяшек. Выдержанные валяшки следуют в формовочное отделение. Формование труб производят на специальных трубных прессах, на которых одновременно с телом трубы формуют и раструб. Отформованные трубы сушат в искусственных сушильных установках. Высушенные и отделанные трубы покрывают снаружи и внутри глиняной глазурью, после чего обжигают. Обжиг канализационных труб производят в камерных или туннельных печах при температуре 1250 – 1300°С.

Канализационные трубы в зависимости от показателей внешнего вида и водопоглощения бывают I и II сортов. Водопоглощение черепка для труб I сорта — не более 9%, для II сорта — не более 11 % по массе. Трубы должны выдерживать гидравлическое давление не менее 0,2 МПа и иметь кислотоустойчивость черепка не ниже 90%. Керамические канализационные трубы изготавливают диаметром 150–800 мм, длиной 1500–2500 мм. Показатели механической прочности и гидравлического давления, правила приемки и маркировки, хранения и транспортирования канализационных труб должны соответствовать требованиям ГОСТа.

Для подготовки и переработки сырья при производстве керамических труб применяется в основном то же оборудование, что и при производстве кирпича. Сырье подается ящичными питателями СМ-1090 или СМ-1091; помол глины производится на вальцах СМК-194, СМК-102 и дезинтеграторе СМК-218; шамот обжигают во вращающейся печи при температуре 1050-1100 °С. Помол шамота проводится в шаровой мельнице и просеивается ситом-буратом СМ-237; формовочная масса готовится в двухвальном смесителе СМК-126.

Для вакуумирования и уплотнения массы применяются валяшечные прессы или глиномялки СМ-241А. Формуют трубы пластическим способом при влажности 18-20% на вертикальных шнековых вакуум-прессах, оснащенных устрой-

Ниже приведены основные размеры раструбных труб:

Диаметр (мм)	Длина (м)	Вес (кг/м.п.)
150	1,50	24
200	1,50	36
200	2,0	37
250	2,0	51
300	2,0	65
400	2,5	138
500	2,5	173
600	2,5	220
700	2,5	289
800	2,5	360

ствами для формования раструба, отрезки и отделки труб. Для укладки, разгрузки и транспортирования труб в процессе сушки и обжига используются конвейерные линии СМ-1011 и СМ-1012; глазуровка труб производится в специальных бассейнах методом окунания, сушка и обжиг – в туннельных сушилках и печах.

Для формования раструбных канализационных труб диаметром соответственно до 350 и 450 мм и садки их на поддоны применяются установки SRFSA-350 и SRFSA-450, поставляемые фирмой КЕМА (ГДР). Установка состоит из вертикального шнекового вакуум-пресса, гидравлического приемного стола, приспособлений для накатки раструба и конца трубы, устройства для установки труб на поддоны, магазина поддонов и горизонтального конвейера.

В комплекты СМ-1011 и СМ-1012 входят подъемный стол СМ-904А, перегружатели СМ-1196.І, СМ-1196.ІІ, СМ-1196.ІІІ, кантователь СМ-1194, сушильный конвейер СМ-983, глазуровочная установка, накопитель СМ-984, моечный механизм СМ-906А, разделительный стол СМ-1011-0800, групповой захват СМ-1011-1100 и опрокидыватель СМ-1011-0700.

Конвейеры сушильные СМ-982 и СМ-983 являются цепными подвесными. Они транспортируют трубы от пресса через сушилку и установку для глазурования к накопителю и возвращают тарелки со штангами от накопителя через моечный механизм к прессу. Установка для глазурования СМ-411Б предназначена для глазурования высушенных труб методом полива. Она состоит из подставки с баком, поливного устройства, трубопровода, насосной установки с фильтром, резервуара, мешалки и щитов.

Трубы канализационные применяют для производственных и хозяйственно-фекальных канализационных, а также для водосточных сетей при наличии агрессивных вод.

Трубы керамические дренажные. Для их производства обычно применяют легкоплавкие глины и суглинки с огнеупорностью ниже 1350 °С. Глины должны иметь число пластичности не менее 7-15, т.е. принадлежать к группе не ниже «умеренно пластичного» глинистого сырья. Также их изготавливают из пластичных глин с добавками или без них путем

формования на специальных или ленточных прессах и последующего обжига в печах с опрокинутым пламенем.

На рис. 2 показаны различные виды керамических труб, выпуск которых налажен на действующих керамических заводах.

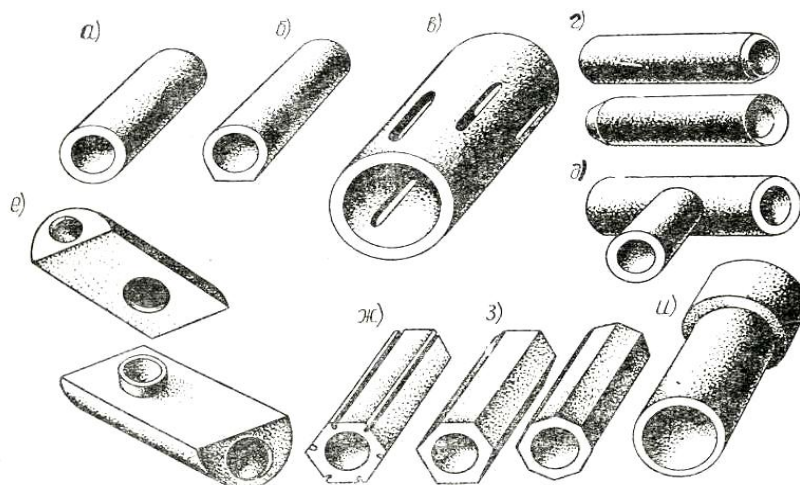


Рисунок 1. Виды керамических дренажных труб

a – по ГОСТ 8411-74; *б* – с продольной опорной плоскостью; *в* – со щелевыми отверстиями для приема воды; *г* – «фасетчатые» со срезанными на конус торцами; *д* – тройники; *е* – для перехода с меньшего диаметра на большой; *ж* – с рифленой внешней поверхностью; *з* – с граненой поверхностью, шести- и восьмиугольные; *и* – раструбные.

Технология изготовления их та же, что и канализационных. Внешнюю поверхность дренажных труб покрывают глазурью. Раструбные дренажные трубы по всему стволу имеют отверстия, через которые в трубы проникает вода.

Вода в дренажные трубы без раструбов поступает через стыки. Соединение их между собой осуществляют специальными муфтами. Такие трубы имеют высокую надежность при эксплуатации. Размеры и свойства дренажных труб должны соответствовать ГОСТ 8411-74 «Трубы керамические дренажные». Технические условия.

Таблица 1. Размеры керамических дренажных труб

Внутренний диаметр, мм	Длина, мм	Толщина стенки, мм
50	333	11
75	333	13
100	333	15
125	333;500	18
150	333;500	20
175	333;500	22
200	333;500	23
250	333;500	24

Дренажные трубы должны быть морозостойкими (не ниже 15 циклов).

Литература

1 осн. [208-213]; 5 осн. [78-80]; 10, 23 доп.

Контрольные вопросы

1. Сырьевые материалы для изготовления канализационных труб.
2. Свойства и применение канализационных труб.
3. Особенности технологии канализационных труб.
4. Требования к сырью для изготовления дренажных труб.
5. Виды и применение дренажных труб.

Тема лекции 16. Технология и свойства санитарно-технических изделий.

К санитарно-техническим изделиям из керамики относятся в основном такие изделия как умывальники, унитазы, смывные бачки и др.

Керамические санитарно-технические изделия отличаются декоративностью, универсальной химической стойкостью; благодаря твердой и гладкой поверхности они легко чистятся, длительное время сохраняя свои свойства. Недостаток таких изделий, как и керамики в целом, - хрупкость. Несмотря на это, керамика остается лучшим материалом для санитарно-технических изделий.

Основным сырьем для производства санитарно-технических изделий является беложгущиеся огнеупорные глины, каолины, кварц и полевоы шпат. Различают три группы санитарно-технической керамики: фаянс, полуфарфор и фарфор, отличающиеся степенью спекания и пористостью. Изделия из фаянса имеют пористый, а из фарфора плотный сильно спекшийся черепок, плотность полуфарфора занимает промежуточное положение. Различная степень спекания фаянса, фарфора и полуфарфора достигается при одних и тех же сырьевых материалах, но при различном соотношении последних в рабочей массе (таблица 1).

Сырьевые материалы, идущие на изготовление изделий санитарно-технической керамики, подвергают тщательной переработке: помолу, отмучиванию, просеиванию и другим операциям, обеспечивающим получение тонкоизмельченной сырьевой смеси, освобожденной от вредных примесей. Керамическую массу готовят шликерным способом.

Таблица 1. Состав масс для изготовления изделий санитарно-технической керамики

Наименование материалов	Содержание, %		
	в фаянсе	в полуфарфоре	в фарфоре
Глинистые материалы (беложгущие огнеупорные глины и каолины)	50-65	48-50	45-50
Кварц	30-50	40-45	20-35
Полевой шпат	3-10	7-12	18-24

Формуют изделия преимущественно способом литья в гипсовых формах, которые впитывают избыток воды. Затем изделия вынимают из форм, подвывают, оправляют (обрезают) и направляют в сушильные камеры. Высушенные изделия покрывают сырым глазурным слоем и в капсулах обжигают при температуре 1250 – 1280 °С в периодических или непрерывно действующих печах. Черепок фарфоровых изделий непроницаем для воды и газов, обладает высокой механической прочностью и термической и химической стойкостью. Используют его для производства изоляторов, химической лабораторной посуды и т. п.

Фаянс (франц. faïence, от названия итал. города Фаэнца, одного из центров керамического производства), плотные мелкопористые (обычно белые) изделия тонкой керамики.

Фаянсовые санитарно-технические изделия представляют собой плотные мелкопористые (белые) изделия из керамики. Они отличаются от фарфоровых большей пористостью и водопоглощением (до 9-12 %), поэтому все фаянсовые изделия покрывают тонким сплошным водонепроницаемым слоем глазури.

По составу и свойствам фаянсовые изделия классифицируют на глиноземные, известковые, шамотные и полевошпатные. Наиболее распространены полевошпатные фаянсовые изделия, которые изготавливают из однородной смеси: 60...65 % пластичных материалов (каолина и глины), 30...36 % кварца, 3...5 % полевого шпата. Обжиг ведется в туннельных печах с непосредственным обогревом. Предварительный (бисквитный) обжиг (при 1200–1250 °С) проводится для получения прочного фаянса изделий, а последующий (т. н. глазурный) – для расплавления глазури, нанесенной на поверхность изделия после первого обжига (1050 – 1150 °С). Глазурование фаянса необходимо, так как он имеет пористый черепок ($P = 20...25 \%$) и высокое водопоглощение.

При изготовлении крупных санитарно-технических изделий применяют однократный обжиг, при котором одновременно протекают процессы спекания составных частей фаянсовой массы, плавления глазури и образования промежуточного слоя между пористым материалом и остеклованной глазурью. Фаянсовые санитарно-технические изделия используются значительно реже фарфоровых и полуфарфоровых. Из твердого фаянса изготавливают преимущественно унитазы, умывальники, смывные бачки и ванны, а также изоляторы, химическую посуду и др.

Полуфарфоровые изделия занимают промежуточное положение между фаянсом и фарфором.

Фарфор (от перс. фегефур) – изделия тонкой керамики с плотным черепком – получают так же, как и фаянс из беложгущихся глин (около 50 %), но с большим содержанием полевых шпатов (20-24 %) и меньшим содержанием кварца (20-25 %). Фарфор имеет плотный, полностью спекшийся черепок, просвечивающий в тонком слое. Фарфоровые изделия санитарно-технического назначения также покрывают глазурью для придания им гладкости и повышения санитарно-гигиенических свойств.

Фарфоровые санитарно-технические изделия представляют собой изделия тонкой спекшейся керамики, непроницаемой для воды и газа, обычно белого

цвета. Они обладают высокой механической прочностью, термической и химической стойкостью. Получают их высокотемпературным обжигом тонкодисперсной смеси каолина, пластической глины, кварца и полевого шпата. С развитием техники и технологии их производства появились разновидности фарфора: глиноземный, циркониевый, борно-кальциевый, литиевый и др.

Из фарфора изготавливают преимущественно умывальные столы унитаза, умывальники, смывные бачки и ванны, а также посуду, художественную керамику и др.

Таблица 2. Физико-механические свойства сантехнических изделий

Наименование показателей	Фаянс	Полуфарфор	Фарфор
Водопоглощение, %	10-12	3-5	0,2-0,5
Плотность, кг/м ³	1900-1960	2000-2200	2250-2300
Предел прочности при сжатии, МПа	100	150-200	500
Предел прочности при изгибе, МПа	15-30	38-43	70-80

Изделия санитарно-технической керамики белые, иногда светло-желтые, должны иметь правильную форму, ровную, гладкую и чистую поверхность без искривлений, равномерно покрытую глазурью; они должны быть хорошо обожжены.

Литература

1 осн. [296-319]; 2 осн. [78 -92]; 5 осн. [81-82].

Контрольные вопросы

1. Основное различие между фаянсом, полуфарфором и фарфором.
2. Что представляет собой фаянс?
3. Что представляет собой фарфор?
4. Сырьевые материалы для изготовления санитарно-технических изделий.
5. Свойства и применение санитарно-технических изделий.

Тема лекций 17. Технология и свойства шлакокерамических материалов.

Бурное развитие энергетического, химического и металлургического комплексов Казахстана за последнее 50 лет привело к образованию многочисленных отходов, разнообразных по своим свойствам и химико-минералогическому составу. Так на юге Казахстана сосредоточены фосфорные шлаки, фосфогипс и пиритные огарки. В центральных, северных, восточных и западных областях республики в отвалах различных предприятий содержатся шлаки черной и цветной металлургии, золы и шлаки ГРЭС и ТЭЦ, которые заметно ухудшают экологическую обстановку данных регионов.

Большинство из перечисленных отходов близки по составу и свойствам к природному сырью и могут стать источником вторичных ресурсов. До настоящего времени в народнохозяйственный оборот вовлекается только десятая

часть зол и шлаков, менее 4 % отходов углеобогащения, а отходы горнопромышленного комплекса остаются нетронутыми.

Фосфорные шлаки - это побочный продукт производства фосфора термическим способом в электропечах. При температуре 1300-1500 °С фосфат кальция взаимодействует с углеродом кокса и кремнеземом, в результате чего образуется фосфор и шлаковый расплав. Шлак сливается из печей в огненно-жидком состоянии и гранулируется мокрым способом. На 1 т. фосфора приходится 10-12 т шлака. На крупных химических предприятиях получают до двух млн. т. шлака в год.

Одним из путей рациональной переработки фосфорных шлаков является получение на их основе керамических облицовочных плит, дренажных труб и кирпичей с улучшенными физико-механическими свойствами.

Как показывает опыт многочисленных исследований, разработка технологий керамических материалов на основе промышленных отходов не обходится без применения глинистого сырья, количество которого в шихтовых смесях составляет до 50 мас. %. Для составления керамических масс на основе фосфорных шлаков используются местные суглинки, тугоплавкая и бентонитовая глины.

Гранулированный фосфорный шлак представляет собой сыпучий материал светло-серого цвета. Модуль крупности 3,9-4,1, не пластичен. Гранулометрический состав характеризуется соотношением различных фракций, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1. Гранулометрический состав гранулированного фосфорного шлака

Диаметр отверстий сита, мм	2,5	1,25	0,63	0,315	0,15	Менее 0,15
Остаток на сите, %	14-17	35-37	26-30	14-17	2,5	2-4

Химический состав гранулированных фосфорных шлаков представлен следующими оксидами, мас. %: SiO_2 – 39-45; CaO – 44-49; MgO – 2-4; $Al_2O_3 + TiO_2$ – 1,5-5; $Fe_2O_3 + FeO$ – 0,4-3; P_2O_5 – 0,7-3,5; F – 1,5-3; SO_3 – 0,2-0,5; R_2O – 0,7-1,2.

По химическому составу фосфорные шлаки можно отнести к основным, т.к. модуль основности больше 1:

$$M_0 = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3} \geq 1$$

По огнеупорным свойствам суглинки относятся к легкоплавким. По содержанию Al_2O_3 относятся к группе кислого сырья. По содержанию красящих оксидов они относятся к глинам с высоким содержанием красящих оксидов. По минералогическому составу суглинки относятся к гидрослюдистым с высоким содержанием кварца. По числу пластичности они относятся к умеренно-пластичным.

Бентонитовые глины по огнеупорным свойствам относятся к легкоплавким. По содержанию Fe_2O_3 – к глинам с высоким содержанием красящих оксидов, а

по содержанию Al_2O_3 – к группе кислого сырья. По числу пластичности они относятся к среднепластичным.

Тугоплавкие глины по химическому составу относятся к полукислым. Огнеупорность ее составляет 1350-1580 °С по содержанию Fe_2O_3 относится к глинам с высоким содержанием красящих оксидов. По числу пластичности они относятся к высокопластичным.

Технология и свойства керамических плиток для внутренней облицовки

Для производства плиток для облицовки стен применяются двухкомпонентные шихты, содержащие от 40 до 80 мас.% гранулированного фосфорного шлака и от 20 до 60 мас.% тугоплавкой глины.

Подготовку керамической массы для производства облицовочных плиток для облицовки стен осуществляют шликерным способом. Сырьевые материалы: гранулированный фосфорный шлак и тугоплавкая глина после дозирования в соотношении 60 : 40 в процентах по массе и подаются в шаровую однокамерную мельницу для совместного мокрого помола. Влажность шликера находится в пределах 40-45 %.

Готовая шликерная смесь характеризуются остатком на сите 1000 отв/см² не более 3 %. Для разжижения шликера в нее добавляют 0,1-0,2 % соды и 0,2-0,35 % жидкого стекла. Перемешивание шликера с добавками производится в сборнике, оборудованного пропеллерным смесителем. Из сборника шликер подают мембранным насосом под давлением до 1,2 МПа в форсунки распылительных сушил. Шликер выбрасывается через форсунки вверх и попадает в среду с температурой 300-350 °С, где высушивается в гранулы крупностью 0,25-1 мм и влажностью 6-7 %. Гранулы после осаждения в конусе сушилки просеиваются через сита на фракции. Размеры и содержание фракций в пресс-порошке должно соответствовать следующим величинам: фракции 1 мм – 2 %; 0,5-1 мм – 20 %; 0,25-0,5 мм – 33 %; 0,25мм – 45 %. Перед прессованием плиток пресс – порошок вылеживается в специальном бункере для выравнивания влажности по всему объему порошка. Плитки прессуются на гидравлических или механических прессах под давлением 21-22 МПа.

Перед обжигам плитки высушиваются в туннельных или камерных сушилах до остаточной влажности 0,5-1 %.

Процесс сушки осуществляется в строгом режиме. При нагревании плиток в интервале температур 0-150 °С из них удаляется гигроскопическая влага. При температурах 70-80 °С давление водяных паров внутри изделия достигает значительной величины, поэтому для предупреждения трещин температуру поднимают со скоростью 70-90 °С/час. Это способствует опережению скорости фильтрации паров воды через толщину изделия над скоростью порообразования внутри изделия. Высушенные плитки покрывают глазурью, температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) которой должен совпадать с ТКЛР плитки.

Глазури применяют в виде суспензий, которые наносят на плитки пульверизатором или кистью. Покрывать глазурью можно как

предварительно обожженные изделия, так и сухой сырец. При нанесении глазури на обожженные изделия качество ее получается лучше.

Таблиц 2. Составы шлакокерамических масс и свойства плиток

№	Составы, мас.%		Свойства плиток.		
	Фосфорный шлак	Тугоплавкая глина	Усадка, %	Прочность на изгиб, МПа	Водопоглощение, %
1	50	50	1,8	11,8	14,5
2	60	40	1,6	12,6	15,7

Обжиг плиток производится в туннельных роликовых печах при температуре 950 °С в течении 1 часа. Подъем температуры до конечной температуры обжига осуществляют со скоростью 200-250 °С/час. После обжига плитки сортируют по размерам, цвету, типу и сорту. Затем упаковывают в ящики и отправляют на склад готовой продукции.

Одним из требований, предъявляемых к плиткам для облицовки стен является то, что их водопоглощение должно быть не более 16 %., плитки, полученные на основе керамических масс №1 и № 2 обладают малой усадкой, высокой прочностью на изгиб и соответствуют требованиям по водопоглощению.

Плитки применяют для внутренней облицовки стен в кухнях, ваннх комнатах, санузлах и других помещениях с повышенной влажностью.

Технология получения плиток для полов

Плитки для полов выпускают различных форм и размеров: квадратные, треугольные, прямоугольные, шестигранные, восьмигранные. Плитки должны иметь четкие грани и углы, без трещин, сколов и выпуклостей. Длина грани плиток в пределах 50-150мм, толщина 10-13мм.

К плиткам для пола предъявляются требования по водопоглощению и истираемости. Водопоглощение плиток должно быть не более 4%; значение истираемости – не более 0,1 г/см² для полов с повышенной истираемости и для полов прочих помещений 0,25 г/см².

Керамическая масса для производства плиток для пола готовится мокрым способом. Гранулированный фосфорный шлак и бентонитовая глина дозируются в соотношении 60:40 или фосфорный шлак и тугоплавкая глина в соотношении 50:50 в процентах по массе и подают в шаровую мельницу. Помол сырьевых компонентов производится в присутствии 40-45 % воды в течении 10-12 часов. Готовая суспензия характеризуется остатком на сите 01 не более 9 %. Затем шликер подают резервуар с мешалкой, где к ней добавляют красители. Из резервуара шликерная масса подается в фильтр – прессы, где она обезвоживается до влажности 14-16 %. Затем масса подается в ленточный прессе, где происходит формование бруса. Брус разрезается на брикетки с помощью сетки, установленной в мундштуке прессы, и автомат-резчика. Брикетки подаются на конвейерное сушило для подсушивания до влажности 4-

5 % и после размалываются на бегунах. Измельченная масса поступает в бункера для вылеживания в течении 20-22 часов. Из бункеров масса подается на прессование.

Наиболее рациональной технологией приготовления керамической массы является приготовление пресс-порошка с обезвоживанием шликера не в фильтр – прессах, а в распылительных сушилах аналогично подготовки массы для плиток, предназначенных для облицовки стен, рассмотренной ранее.

Формование плиток для полов производят на гидравлических и механических прессах при давлении 30-40 МПа. Перед обжигом плитки высушивают до остаточной влажности 0,5-1 % в туннельных сушилах. Скорость подъема температуры при сушке 60-80 °С/час. Обжиг плиток ведут в туннельных печах при температуре 1000 °С в течении 2-3 часов.

С целью получения плиток высокого качества и снижения брака подъем температуры при обжиге и охлаждении ведут со скоростью 150-200 °С/час. Обожженные плитки сортируют по сортам, размерам, цвету, упаковывают в пачки по 15-20 штук и отправляют на склад готовой продукции.

Свойства плиток для пола: прочность при изгибе – 17,2-18,8 МПа; водопоглощение – 2,6-4,1%; морозостойкость – более 25 циклов.

Плитки для полов применяют в зданиях, где имеются помещения с повышенной влажностью: бани, прачечные, ванные комнаты, санузлы, химические лаборатории, больницы, в вестибюлях общественных зданий.

Технология и свойства шлакокерамического кирпича

Керамическая масса для получения шлакокерамического кирпича пластическим способом включает сырьевые компоненты в следующем количестве, мас. %: гранулированный фосфорный шлак – 60, суглинок – 25, бентонитовая глина – 15. Данная керамическая масса имеет число пластичности $P = 9,5$ и является малочувствительной к сушке ($K_с = 0,50$).

Перед составлением шихты гранулированный фосфорный шлак подвергается совместному помолу с бентонитовой глиной в шаровой мельнице до полного прохождения через сито 0,315. Соотношение фосфорного шлака и бентонитовой глины составляет 4:1,67 в весовых частях.

Подготовленная совместным помолу сырьевая смесь подается с помощью вертикального ковшевого элеватора в накопительной бункер.

Суглинок измельчается сначала на вальцах грубого помола, затем на вальцах тонкого помола и с размерами зерен 1-2 мм подается в бункер запаса.

Тонкомолотая смесь гранулированного фосфорного шлама и бентонитовой глины и молотый суглинок дозируются в соотношении 5,67:1 в весовых частях. После дозирования сырьевые компоненты подаются в двухвальный смеситель. В смесителе масса тщательно перемешивается и увлажняется до влажности 16-18 %. Приготовленная однородная масса поступает в ленточный пресс. Выходящий из мундштука пресса непрерывный брус, попадает на автоматы для резки и укладки кирпича – сырца на вагонетки туннельных сушил.

Сушку кирпича – сырца производят при начальной температуре 50 °С и

подъем до максимальной температуры 200 °С осуществляют со скоростью 10-12 °С/час. При этом продолжительность сушки составляет 14-16 часов, что в среднем на 10 часов меньше времени сушки кирпича – сырца, изготовленного из глины.

Обжиг кирпича осуществляется в туннельных печах при температуре 1000 °С в течении 2,5-3 часов. На рис. 1 представлены шлакокерамические кирпичи, полученные в опытно-производственных условиях.

Обжиг должен производиться по определенному режиму. Подъем температуры до 800 °С производится со скоростью 150 °С/час, т.к. в этом температурном интервале не происходит существенных изменений в фазовом составе шлакокерамических изделий. Начиная с 800 °С до максимальной необходимо поднимать температуры со скоростью 50 °С/час. Охлаждение кирпичей производят со скоростью 100-110 °С/час.

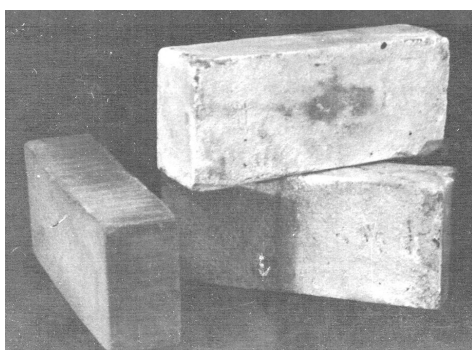


Рисунок 1. Шлакокерамические кирпичи, полученные в производственных условиях

Технология и свойства шлакокерамических дренажных труб

Для производства дренажных труб обычно применяют легкоплавкие глины и суглинки с огнеупорностью ниже 1350 °С. Эти глины и суглинки являются низко спекающимися.

Глины должны иметь число пластичности не менее 7-15, т.е. принадлежать к группе не ниже «умеренно пластичного» глинистого сырья. Шихтовой состав шлакокерамической дренажной трубы содержит, мас.%: фосфорный шлак – 40-80, бетонитовая глина – 2 и тугоплавкая глина – 20-40.

Шлакокерамическая масса для производства дренажных труб готовится пластичным способом. Число пластичности шлакокерамических масс находится в пределах 7,5-13,5.

Перед составлением шихты гранулированный фосфорный шлак подвергается помолу в шаровой мельнице в течении 4-5 часов до полного прохождения через сито 0,315.

Бентонитовая и тугоплавкая глины вылеживаются во влажной среде в специальных приямках в течении 10-15 суток. После вылеживания глины подаются на ленточный пресс, где при выходе из мундштука режутся на мелкие брикетки с помощью специальной решетки и автомат – резчика. Затем

брикетки подаются в сушильный барабан. Высушенная глина до остаточной влажности 3-4 % подается в шаровую мельницу для тонкого помола. Глина после помола должна полностью проходить через сито 02. Подготовленные, таким образом, сырьевые материалы транспортируются в бункера запаса. После дозирования по массе, согласно шихтовому составу, сырьевые компоненты подаются в двухвальный смеситель, где происходит смешивание и увлажнения массы в зависимости от пластичности до 14-20 %. Так масса № 1 увлажняется до 14 %, масса № 2 до 17 % и масса № 3 до 20 %. Тщательно перемешанная и увлажненная масса подается в бункер пресса вертикального или горизонтального формования дренажных труб. На рисунке 2 показана резка труб после выхода из мундштука пресса.

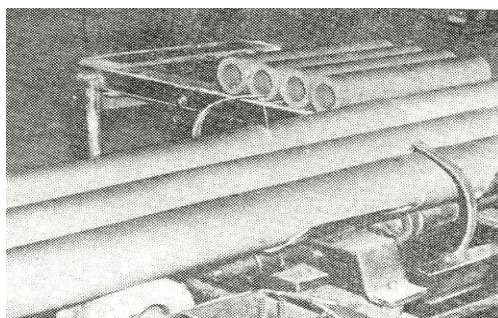


Рисунок 2. Резка дренажных труб после выхода из мундштука пресса

Отформованные трубы горизонтально или вертикально укладываются на сушильные вагонетки (рис. 3).

Сушка дренажных труб в зависимости от состава осуществляется в течении 3,5-6,5 часов при температуре 100-110 °С до содержания влаги не более 5 %. При сушке труб на основе массы № 1 температуру поднимают со скоростью 2 °С/мин., при сушке труб на основе масс. № 2 и № 3 скоростью 1,5 °С/мин. После сушки трубы пересаживаются на печные вагонетки и направляются в туннельную печь на обжиг. Обжигают дренажные трубы при максимальной температуре 950 °С в течении 5-6 часов.

Обжиг труб до 800 °С производится со скоростью 140-150 °С/час. Подъем температуры до конечной температуры обжига осуществляют со скоростью 50-

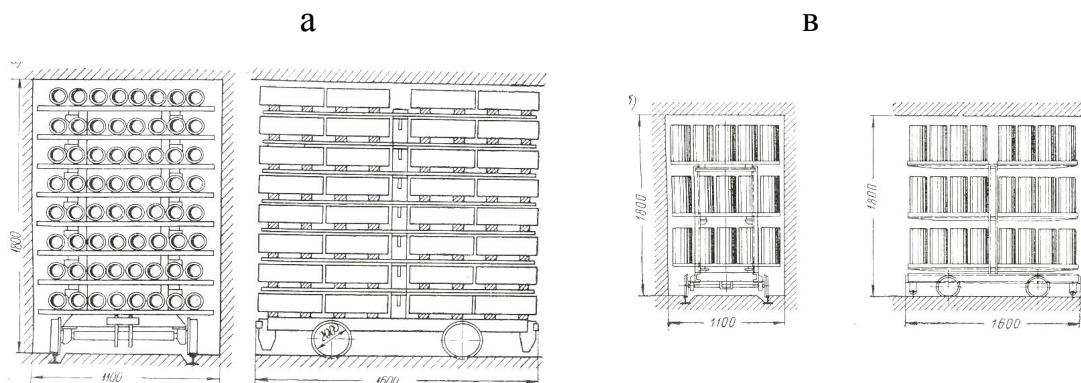


Рисунок 3. Укладка труб на полки сушильных вагонеток

- а) горизонтальная укладка труб малых диаметров; в) вертикальная установка труб больших диаметров.

70 °С/час. Охлаждают трубы до температуры 30-50 °С со скоростью 110-120 °С/час. Продолжительность обжига шлакокерамических дренажных труб составляет 20-23 час.

После обжига и охлаждения трубы сортируют внешним осмотром. Годные трубы подвергаются испытанием по определению прочности, водопоглощения и морозостойкости, затем укладываются в штабеля на выставочной площадке и пакетируют для удобства погрузочно-разгрузочных работ.

Шлакокерамические дренажные трубы соответствуют требованиям ГОСТа 8411-84 «Трубы керамические дренажные» и имеют следующие технические характеристики: внутренний диаметр – 50 ±2 мм; толщина стенки – 11 ±1 мм; длина трубы – 333 ±5 мм; прочность на изгиб – 300-450 кгс; водопоглощение – 10,2-14,5 %; морозостойкость – более 50 циклов.

В таблице 3 приведены сравнительные свойства шлакокерамического кирпича и глиняного керамического кирпича. Как показывает данные таблицы 3 шлакокерамический кирпич превосходит обыкновенный керамический кирпич по всем показателям. Марка шлака кирпича, согласно ГОСТ 530-2007 «Кирпич и камни керамические» соответствуют М 175 и 200, морозостойкость более 50 циклов.

Литература

10 доп.; 11 доп. [89-152], 23 доп.

Контрольные вопросы

1. Какие глины применяются для приготовления шлакокерамических масс?
2. Какую функцию выполняют фосфорные шлаки в керамической массе?
3. Каким способом готовят массу для шлакокерамических изделий?
4. Состав и свойства шлакокерамического кирпича.

Тема лекции 18. Технология производства и свойства керамических изделий на основе вскрышных пород.

Снижение материальных затрат в производстве керамических стеновых изделий связано, прежде всего, с использованием отходов промышленности и энергетики, что обеспечивает значительную экономию топливных и сырьевых ресурсов, способствует решению проблемы охраны окружающей среды. Наиболее перспективным направлением является использование топливосодержащих отходов – зол и шлаков ТЭС, отходов углеобогащения и угледобычи.

В нашей республике вскрышные породы угледобычи в значительных объемах накопились в отвалах Павлодар-Экибастузского топливно-энергетического комплекса, где их количество составляет более 2-х млрд. т. Вскрышные породы в основном представлены аргиллитами и алевролитами литологических типов. Во всех породах присутствует органическое вещество в виде черных

вытянутых стяжений, количество которого колеблется до 10,90 % у алевролитов и до 12,50 % у аргиллитов.

Вскрышные породы, в отличие от глин, используемых для производства керамического кирпича, неразмокаемы в воде, поэтому в естественном состоянии не обладают пластичностью. Плотность их находится в пределах 2,17-2,67 т/м³, прочность при сжатии 33-49,1 МПа, естественная влажность 4,2-5,6%. По содержанию оксидов SiO₂, Al₂O₃, CaO, SO₃, K₂O, Na₂O, TiO₂ и п.п.п. вскрышные породы вписывается в пределы содержания оксидов, различных глин используемых в тонкой керамике и отличается от последних: высоким содержанием оксидов железа (почти в 2 раза - мах 5,60 % вместо 2,71%), наличием P₂O₅, повышенным содержанием оксидов K₂O, Na₂O и повышенным содержанием TiO₂.

Минералогический состав алевролитов и аргиллитов включает кварц, каолинит, полевые шпаты, кальцит, доломит и др. Содержание каолинита в алевролитовой породе составляет 12-15%, в аргиллитовой – 20-25%. С точки зрения содержания глинистых минералов для производства керамических материалов более предпочтительно использовать аргиллитовые породы.

Указанные свойства вскрышных пород при производстве керамических изделий определяет в основном подготовку массы только шликерным способом, а формование изделий только полусухим способом. Существуют технологии изготовления лицевого, рядового и эффективного кирпича на основе вскрышных пород методом пластического формования. Связано это с тем, что при помолу вскрышных пород до величины зерен 0,5 мм и менее число пластичности повышается до 7-12, т.е. сырье по числу пластичности можно отнести к умеренно-пластичному. Однако помол очень твердых вскрышных пород связан с большими энергозатратами и конечном итоге повышает себестоимость изделий.

Способность аргиллитовых и алевролитовых пород проявлять пластичные свойства при помолу позволяют применять разнообразные методы изготовления керамических материалов: способ пластического прессования кирпича, камней и черепицы при содержании максимальных количеств вскрышных пород в шихте (65 – 95 %), способ полусухого прессования кирпича, камней и плиток при содержании минимальных количеств вскрышных пород в шихте (35–50 %) или при минимальном увлажнении шихты, прессовый и литьевой способ изготовления санитарно-строительной керамики.

На основе вскрышных пород разработаны составы и технология кирпича по марок 125-300, по морозостойкости не менее 15, 25, 50.

Разработаны составы масс для черепицы и низкотемпературные малокомпонентные составы масс для санитарно-строительной керамики. Температура обжига фаянса 1070 – 1150 °С, вместо 1200-1250 °С, время обжига 10-14 ч, вместо 20 часов при обычных составах.

Получена фасадная плитка, плитка для внутренней облицовки стен и плитка для полов по технологии скоростного обжига в конвейерных печах. Температура обжига фасадной плитки и плитки для внутренней облицовки стен составляет 1070 °С, а плитки для пола – 1090 °С

Разработана керамическая масса для изготовления стеновых керамических изделий пластическим способом формования. Шихта содержит вскрышные породы угледобычи 93-97 % и добавку – отход производства хлористого алюминия 3-7%. Вскрышные породы угледобычи измельчают до фракции менее 0,5 мм и увлажняют её водой затворения, смешанной с продуктом нейтрализации соляной кислотой шламов производства безводного хлорида алюминия, затем формуют брус, производят его сушку и обжиг. Продолжительность сушки 12-15 ч, остаточная влажность сырца 4-5 %, обжиг при 960-980 °С в туннельной печи. Характеристики готовых изделий: механическая прочность при сжатии 49,8-56,4 МПа, морозостойкость 75-100 циклов.

При производстве кирпича методом полусухого прессования важную роль играет гранулометрический состав сырья, который влияет на формовочные свойства и пластичность керамической массы, плотность и прочность изделий. В связи с этим необходимо их дробление, измельчение и помол до фракций, при которых глинистые минералы пород приобретают способность к ионному обмену процессу и проявляют пластические свойства.

Керамическую массу получают сухим способом, по которому вскрышную породу вначале подвергают грубому помолу в щековой дробилке до размеров кусков 3-10 см. После измельчают в конусной дробилке до размеров кусков 5-15 мм, затем производят помол в шаровой мельнице в пределах фракций 3 - 0,1 мм и менее. Время помола в шаровой мельнице составляет 3-5 часов. Образующиеся при помолу пород фракции 0,5; 0,25, 0,1 мм и менее, содержание которых в общей массе составляют 30-40 %, оказывают пластифицирующие действие и улучшают формовочные свойства керамической массы.

Керамическая масса на основе вскрышных пород является малочувствительной к сушке обладает маленькой усадкой при сушке и обжиге.

Гранулометрический состав массы состоит из следующих фракций 3-2 мм – 20%, 2-1мм – 20%, 1-0,5мм – 25% и 0,25-0,1 и менее остальное. Массу увлажняют до влажности 8-12% и прессуют изделия при давлении 20-25 МПа. Обжигают изделия при температуре 900-1050 °С. В таблице 1 приведены свойства кирпичей, полученных из вскрышных пород методом полусухого прессования.

Таблица 1. Физико-механические характеристики образцов полусухого прессования

Температура обжига, °С	Предел прочности при сжатии, МПа	Водопоглощение, %	Средняя плотность, кг/м ³
950	141,63	19,77	1745
1000	155,54	16,72	1800
1050	197,97	15,00	1820

После обжига образцы имеют ярко красно-коричневую окраску. Морозостойкость кирпичей 15- 25 циклов. Керамический кирпич полусухого прессова-

ния на основе твердых углетоходов соответствует требованиям ГОСТа 530-2007 «Кирпич и камни керамические» для марки М125, М150 и М175.

С целью улучшения формовочных свойств массы и снижения температуры обжига в шихту добавляют пластичную глину (бентонитовую) в количестве 5-10 мас.%. Роль бентонитовой глины заключается в том что «опудривая» зерна аргиллито-алевролитовой массы она выполняет роль смазки. При прессовании изделий способствует формированию более плотной структуры сырца, а при обжиге образца образованию жидкого расплава в зонах контакта зерен алевролита и аргиллита и межзерновой пустотности тем самым значительно интенсифицирует процессы твердофазовых реакций и повышает спекаемость керамической массы в целом. В результате значительной интенсификации твердофазных реакций фазообразования, формирование муллита происходит при температуре 1000⁰С.

Технология получения кирпича на основе вскрышной породы с применением пластичной глины заключается в следующем. В процессе подготовки глина подвергается грубому помолу в камневыделительных вальцах, сушке в сушильном барабане до остаточной влажности не более 5-7 %, тонкому помолу в вальцах тонкого помола с зазором между валками не более 1 мм. Вскрышная порода (аргиллит) подвергается последовательному грубому дроблению в щековой и конусной дробилках, а затем тонкому помолу в шаровой мельнице до размеров зерен 3-1 мм и менее. Смешивание и дозирование компонентов, вылеживание массы в шихтозапаснике, прессование и обжиг происходит по технологии обычного глиняного кирпича.

Литература

12 доп.

Контрольные вопросы

1. Вскрышные породы и их свойства.
2. Применение вскрышных пород для получения керамических материалов.
3. Способы приготовления массы для изготовления керамических изделий на основе вскрышных пород.
4. Виды керамических материалов на основе вскрышных пород.
5. Чем отличается технология получения кирпича на основе вскрышных пород от технологии кирпича на основе традиционного сырья?

Тема лекции 19. Технология производства и свойства золокерамических стеновых изделий.

На территории Казахстана действует более 30 тепловых электростанций, работающих преимущественно на экибастуских, карагандинских, кузнецких углях с высокой зольностью – до 40 % и выше. Ежегодный выход зол достигает 15 млн. тонн, в отвалах накоплено свыше 200 млн. тонн.

Почти вся масса зол на ТЭС Казахстана удаляется в отвалы напорным гидравлическим транспортом. На некоторых ТЭС, кроме того, имеются установки сухого отбора.

Зола представляет собой порошкообразный материал темно-серого цвета, состоящий преимущественно из мелких сферических частиц, среди которых можно найти полые сферы, зерна угловатой формы с выпуклостями и углублениями, открытие раковины. Поверхность зерен обычно гладкая и блестящая.

Удельная поверхность зол колеблется в пределах 1100-4580 см²/г, истинная плотность – 1530-2150 кг/м³, насыпная плотность – 450-1060 кг/м³, в уплотненном состоянии – 500-1180 кг/м³. Химико-минералогический состав зол определяется как химическим составом минеральной части угля, так и сложным химическим и фазовыми превращениями в процессе его горения.

Зола каменных углей, преимущественно сжигаемых на ТЭС Казахстана, по своей химической природе представляют собой материал с высоким содержанием оксидов кремния и алюминия (70-88 мас. %), низким содержанием СаО (1,5-4,39 мас. %) и относятся к кислым. С минералогической точки зрения золы состоят, главным образом, из алюмосиликатов, в значительной степени остеклованных.

Количество невыгоревших углистых частиц в золах невелико, в других случаях их содержание может быть значительным (п.п.п. до 30 %).

Согласно критериям ВКПР № 5789-91(Временные критерии для организации контроля и принятия решения) по ограничению облучения населения природными источниками ионизирующего излучения удельная активность природных радионуклидов в золах, используемых для строительства жилья, не должна превышать 370 Вк/кг. Большинство зол имеют уровень радиоактивности ниже предельного и могут быть использованы в строительстве жилья без ограничений.

Технология изготовления традиционных стеновых материалов, с использованием золошлакового сырья, получаемых методом полусухого формования с последующим обжигом, автоклавированием или пропариванием, связана с высоким расходом энергоносителей.

В настоящее время широко применяются отходы ГРЭС и ТЭС зол для производства стеновых изделий – золокерамических кирпичей и камней.

Экономическая целесообразность развития производства строительных материалов на основе зол и шлаков ТЭС обусловлена снижением затрат на исходное сырье, уменьшением топливоемкости продукции, преимуществами комбинирования промышленного производства. Комплексное использование отходов тепловой энергетики способствует повышению уровня обеспеченности капитального строительства материалами и изделиями, рациональному размещению производительных сил, уменьшению затрат на геологоразведочные и поисковые работы и, следовательно, экономики капитальных вложений в народном хозяйстве.

При производстве зольной керамики, в зависимости от содержания в золе углерода, золы в шихте и условий обжига, расход топлива может быть сокращен в 1,5-4 раза.

В последние годы зольные отхода пополнились новым видом – золами от

сжигания осадков очистных сооружений канализации населенных пунктов, темпы образования которых постоянно возрастают. Отходы этого вида существенно отличаются от отходов ТЭС. По химическому составу такая зола представляет кислое сырье с содержанием органики до 3,25%. Она включает повышенное количество красящих оксидов ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 = 12,27\%$), легкоплавкая и относится к четвертому классу опасности (малоопасные вещества). В процессе контакта с водой зола не выделяет высокотоксичных соединений. В результате исследований установлена возможность производства на основе шихты с добавкой золы от сжигания осадков сточных вод кирпича с достаточно высокими качественными показателями.

Золы, используемые для производства керамических стеновых изделий, получаемых пластическим способом, должны удовлетворять следующим требованиям:

1. С добавкой пластификатора обладать хорошей формовочной способностью.
2. Иметь однородный и стабильный состав (изменение состава вызывает необходимость непрерывного корректирования соотношения золы и связующей составляющей в шихте).
3. Не допускать содержания вредных примесей, ведущих к образованию сколов и трещин на изделиях, появлению на их поверхностях выпловок, пятен и налётов.
4. Содержание несгоревшего топлива не должно превышать 10% с учетом общего количества его в шихте не более 80% от топлива, необходимого для обжига. При увеличении содержания несгоревшего топлива необходима специальная топливная печь с удлиненной зоной обжига.
5. Колебание количества горючих частиц не должно превышать 2%.
6. Количество Al_2O_3 не менее 15%, так как материал, содержащий менее 15% оксида алюминия, имеет низкие прочностные показатели.

Установлено, что на основе зол с высоким содержанием суммы оксидов алюминия и кремния (75-95%) можно получить керамические стеновые материалы, характеризующиеся достаточно высоким пределом прочности при сжатии (10-60 МПа); предел прочности при сжатии керамического материала на основе зол с низким содержанием суммы названных оксидов (30-50%) составляет лишь 2-6 МПа. Низкое содержание оксидов Al_2O_3 и SiO_2 в золе осложняет процесс обжига из-за незначительного интервала спекания и пониженной вязкости расплава и приводит к неравномерному обжигу изделий. Оплавление и вспучивание локальных участков в верхней части изделий, недожог в нижней части определяют непригодность зол и шлаков в качестве основного керамического сырья.

Существенное влияние на процессы структурообразования золокерамических материалов оказывают значительные колебания содержания CaO , обеспечиваемого карбонатными включениями и свободным оксидом кальция. Установлено, что золы, содержащие до 4,5% CaO , могут быть использованы в качестве исходного сырья без предварительного измельчения на технологической линии с вальцами тонкого помола, которые позволяют измельчать карбонатные

включения. Зола с более высоким содержанием СаО необходимо предварительно измельчать до размеров карбонатных включений, не превышающих 1мм. Зола, содержащая СаО 30 – 50%, непригодна для получения золокерамических материалов. Процессы увлажнения и обработки смесей на основе зол с высоким содержанием оксида кальция сопровождаются экзотермической реакцией гидратации, тепло которой вызывает высушивание массы и вследствие этого ее рассыпание, что затрудняет процесс формования изделий.

Введение в небольшом количестве (до 20%) добавок высоко- и среднедисперсных глин позволяет зологлиняную смесь отнести к смесям, пригодным для производства полно- и пустотелого кирпича. Содержание глины в зологлиняной смеси определяется ее дисперсностью и пластичностью.

Зольную керамику выпускают также в виде прессованных изделий из массы, включающей 60-80% золы-уноса, 10-20% глины и другие добавки. Технология производства золокерамических стеновых изделий почти не отличается от технологии глиняного кирпича, так как применяется тоже технологическое и теплотехническое оборудование. Наибольший эффект от использования золы и шлаков в качестве основного топливосодержащего сырья может быть получен при производстве золокерамических камней и зольного кирпича с пустотами. Учитывая, что оставшаяся часть топлива (в виде кокса), в золокерамических материалах не оказывает существенного влияния на их прочность, при получении полнотелого зольного кирпича нет необходимости полного выжигания из него углерода, требующего значительного продления процесса обжига и дополнительного расхода топлива. По результатам выполненных исследований предложены рациональные режимы обжига золокерамических изделий: максимальная температура – 1080–1150°C, средняя скорость нагрева – 50-60 °C/ч, продолжительность выдержки 3-4 ч. Обжиг рекомендуется вести в первой половине зоны обжига печи (800-1000 °C) в сильно окислительной газовой среде, во второй (1000–1100 °C) – в восстановительной.

Зольный кирпич, полнотелый и щелевой, с различной пустотностью и золокерамические камни имеют предел прочности при сжатии 10-60 МПа, при изгибе 2,5-10 МПа при сравнительно низкой средней плотности – 1080-1600 кг/м³, теплопроводности – 0,398-0,438 Вт/(м • °C) и высокой морозостойкости – 25-120 циклов.

Зольная керамика может служить не только стеновым материалом, обладающим стабильной прочностью и высокой морозостойкостью. Она характеризуется высокой кислотостойкостью и низкой истираемостью, что позволяет изготавливать из нее тротуарные и дорожные плиты, а также другие изделия, обладающие высокой химической и термической стойкостью.

Литература

13 доп.

Контрольные вопросы

1. Свойства золы как керамического сырья.
2. Какие глины применяются для приготовления золокерамических масс?
3. Какую функцию выполняют золы в керамической массе?

4. Каким способом готовят массу для изготовления золокерамических кирпичей?
5. Состав и свойства золокерамического кирпича.

Тема лекции 20. Технология производства и свойства специальных видов керамических изделий

Керамическая черепица - один из древнейших видов кровельных материалов, который активно используется в строительстве и в наше время.

Срок службы качественной черепицы без необходимости проведения ремонта - более 100 лет. Причем все это время она сохраняет свои декоративные свойства. Она огнестойка, абсолютно устойчива к ультрафиолетовому излучению, кислотным дождям, резким перепадам температуры и другим климатическим факторам. Так же она обладает низкой теплопроводностью, также хорошо известна ее способность поглощать шум, не накапливать статическое напряжение. В Германии на керамическую черепицу приходится порядка 80% рынка кровельных покрытий.

Технология производства керамической черепицы остается неизменной и по сей день, меняется и совершенствуется только оборудование. По назначению черепицу классифицируют на рядовую – для покрытия скатов крыш; коньковую – для покрытия коньков и ребер; разжелобочную – для покрытия разжелобов; концевую (половинки, косяки) – для завершения рядов и специального назначения. По форме (профилю) черепицу подразделяют на штампованную, пазовую ленточную, плоскую ленточную и др.

Черепицу изготавливают из пластичных глин с добавками или без них. Технология изготовления черепицы в основном не отличается от технологии изготовления кирпича, но ввиду малой толщины черепицы глину перед формованием тщательно обрабатывают до получения однородной массы пластичной массы. Формуют черепицу на ленточных или револьверных прессах, после чего подвергают сушке. Сушить черепицу нужно очень осторожно во избежание коробления, появления трещин и других дефектов.



Обжигают черепицу до полного спекания черепка при температуре 950-1000 °С. Кровельная черепица должна быть хорошо обожженной, равномерно окрашенной, иметь ровную и гладкую поверхность (без трещин), быть достаточно прочной морозостойкой. Прочность черепицы на изгиб должна быть не менее 0,07 МПа, морозостойкость не менее 25 циклов.

Естественный цвет натуральной керамической черепицы – красно-кирпичный. Для получения красивого вида и улучшения технических характеристик, на черепицу наносят специальное покрытие - глазурь или ангоб.

Глазурь - это стекловидное покрытие, нанесенное на черепицу и закрепленное потом обжигом. Основной компонент этого материала - кварц. Для окраски черепицы в глазурь используют: оксиды ванадия, хрома, марганца, железа, ко-

бальта, никеля, меди. Сырьевые смеси размалывают в порошок и наносят на поверхность изделий перед обжигом. Обжиг керамической черепицы происходит при температуре 1000 °С. Глазурь - это оптимальный способ обработки керамической черепицы. Глазуванная натуральная черепица будет радовать ваш глаз своим насыщенным цветом и красотой.

Ангоб - на сухое изделие перед обжигом наносится тонкий слой беложгущейся или цветной глины, образующей цветное покрытие с матовой поверхностью. Ангоб имеет те же свойства, что и натуральная черепица. Отличительной особенностью этого покрытия является его стойкость к перепадам температуры и выцветанию. Благодаря покрытию ангоб, поверхность керамической черепицы становится плотнее, и естественные поры в обожженной глине слегка закрываются. Однако надо заметить, что черепица остается способной поглощать и отдавать воду. Ангобированная керамическая черепица медленнее стареет и покрывается мхом.

Некоторые виды черепицы:



Профиль E88 (Cavus 14)

Длина черепицы: 42,7 см
Ширина черепицы: 25,8 см.
Вес черепицы: 3,2 кг / шт. (~ 46,4 кг / кв.м.)
Расход черепицы на 1,0 кв.м.: 14,0 - 14,8 шт.



Профиль Tradi Nova (Tradi 12)

Длина черепицы: 45,2 см.
Ширина черепицы: 27,0 см.
Вес черепицы: 3,7 кг / шт. (~ 47,0 кг / кв.м.)
Расход черепицы на 1,0 кв.м.: 12,2 - 13,3 шт.
Шаг обрешетки: 33,0 - 36,0 см



Профиль E80 (Cosmo 15)

Длина черепицы: 40,7 см.
Ширина черепицы: 23,8 см.
Вес черепицы: 3,0 кг / шт. (~ 52,0 кг / кв.м.)
Расход черепицы на 1,0 кв.м.: 15 - 20 шт.

Клинкерный (дорожный) кирпич изготавливают из тугоплавких глин обжигом до полного спекания при температуре 1200-1300 °С. Он имеет меньшие размеры (220 x 110 x 65 мм или 220x110x75 мм), чем обыкновенный стеновой кирпич, низкое водопоглощение, высокую прочность при сжатии и морозо-

стойкость не менее F50. Такой кирпич используют для мощения дорог и тротуаров, устройства полов промышленных зданий, кладки канализационных коллекторов, облицовки набережных, футеровки резервуаров в химических производствах. В качестве сырья применяют высокопластичные тугоплавкие глины с интервалом спекания примерно 100 °С.

Технические характеристики дорожного кирпича:

Марка кирпича	1000, 600, 400
Морозостойкость, циклов	100, 50, 30
Водопоглощение, %, не менее	2, 4, 6
Сопротивление истиранию, %	18, 16, 14
Испытание на удар (количество ударов) не менее	16, 12, 8

Керамические кислотоупорные изделия изготавливаются из пластических глин, не содержащих в своем составе гипса, серного колчедана и других вредных примесей. В качестве оттощающей добавки применяются различные кислотостойкие материалы (кварцевый песок, кварциты, шамот). К таким изделиям относятся кислотоупорный кирпич, кислотоупорные керамические плитки, трубы кислотоупорные и фасонные части к ним, различная аппаратура и ее детали (сосуды, башни, насосы, эксгаустеры, мельницы, сифоны). Обжигают кислотоупорные изделия при температуре 1200-1250 °С.

Кислотоупорные изделия отличаются высокой плотностью и прочностью, они выдерживают длительное воздействие кислот и щелочей.



Кислотоупорные керамические изделия применяют для футеровки производственных резервуаров на химических заводах, для устройства полов в цехах с агрессивной средой. Керамическую кислотоупорную аппаратуру используют в химической, пищевой и других отраслях промышленности.

Свойства кислотостойкого кирпича приведены в таблице 1.

Таблица 1. Кирпич кислотоупорный (ГОСТ 474-90)

Технические характеристики					
№ п/п	Наименование показателей	Кирпич класс А		Кирпич класс В	
		требов. ГОСТ	фактически	требов. ГОСТ	фактически
1	Размеры кирпича, мм:				
	-длина	230	±3	230	±4
	-ширина	113	±2	113	±2
	-высота	65	±1	65	±2
2	Водопоглощение, % не более	6	1,7-6,0	8	4,6-8,0

3	Кислотостойкость, % не менее	97,5	97,5-97,7	96,0	96,0-97,1
4	Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	55,0	55,11-59,86	35,0	41,46-45,9
5	Водопроницаемость [с обратной стороны не должно быть капель], час	48	48	24	24
6	Термическая стойкость, количество теплосмен, не менее	3	3	2	2

Плитка кислотоупорная представляет собой разновидность покрытия, используемого в условиях кислых агрессивных сред. Кислотоупорная плитка применяется для сооружения многослойных защитных футеровок химаппаратуры и емкостей для хранения агрессивных жидкостей, строительства непроницаемых химстойких полов и для защиты строительных конструкций. **Бытовое применение плитки кислотоупорной:** настил полов в гаражах и подвалах, отделка лоджий и балконов.



Является незаменимым строительным материалом для наружных работ: отмостки, ступени, тротуары, площадки под автомобили, автостоянки, бензозаправки.

Условное обозначение и размеры плиток: ПС-6-20 (230x113x20мм); ПС-7-30 (230x113x30мм); ПС-8-35 (230x113x35мм). В таблице 2 приведены основные

свойства указанных плиток.

Таблица 2. Технические характеристики

Наименование показателя	ПС-6-20	ПС-7-30	ПС-8-35
Водопоглощение, % не более	0,5-5,7	0,9-5,7	1,3-5,7
Кислотостойкость, % не менее	97,0-97,3	97,0-97,3	97,1-97,3
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	50,37-53,5	50,37-53,5	51,66-53,4
Водопроницаемость (с обратной стороны не должно быть капель), час	24	24	24
Морозостойкость	15	15	15
Термическая стойкость (количество теплосмен)	2	2	2

Большой удельный вес в керамической промышленности составляет производство из глин **керамзита и аглопорита** — заполнителей для легких бето-

нов. Эти заполнители применяют также при устройстве теплоизоляции перекрытий, покрытий и т.д.

Керамзит представляет собой ячеистый материал в виде гравия, щебня или песка. Сырьем для его производства служат легкоплавкие глины, содержащие от 6 до 12 % оксидов железа, от 2 до 3 % щелочных оксидов и до 3 % органических примесей. Формуют керамзит в дырчатых вальцах, барабанных грануляторах, а также в ленточных прессах, оборудованных перфорированной плитой. Полученный полуфабрикат керамзитового гравия обжигают во вращающихся печах длиной 20-50 м, диаметром 1,5-3,5 м при температуре 1300 °С в течении 30-60 мин. После обжига керамзит медленно охлаждают до температуры 60-100 °С, затем сортируют по фракциям и направляют в бункера-силосы.

Классифицируют керамзитовый гравий по средней плотности, по размерам зерен и по прочности при сжатии. Так, насыпная плотность керамзитового гравия (марка) 250 - 1000 кг/м³, размер 5 - 40 мм, предел прочности при сжатии 0,6 - 4,0 МПа.

Аглопорит представляет собой искусственный строительный материал (заполнитель для легкого бетона), получаемый термической обработкой методом агломерации шихты из глинистых пород с последующим дроблением и рассевом на фракции. Аглопорит производят в виде щебня или гравия зернами размером 6-40 мм. Аглопорит, как и керамзит, применяют в основном в качестве заполнителя для производства теплоизоляционных и конструкционных легких бетонов, а также в качестве теплоизоляционных засыпок.

Литература

1 осн. [213-217, 223-227, 238-258]; 5 осн. [82,83].

Контрольные вопросы

1. Что представляют собой керамическая черепица?
2. Особенности технологии черепицы.
3. Свойства и применение клинкерного кирпича.
4. Какое сырье применяется для изготовления кислотоупорных керамических изделий?
5. Свойства и применение кислотоупорного кирпича плитки.
6. Что представляют собой керамзит и аглопорит?

Тема лекции 21. Контроль производства и качества керамических изделий

Современный этап производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов характеризуется расширением ассортимента, повышением качества, возрастанием единичной мощности технологических линий, внедрением поточных технологий. Все это требует коренного совершенствования структуры, методов и средств контроля производства.

Технический контроль – это проверка соответствия объекта (материала, изделия или процесса) установленным требованием, что относится к системе государственных испытаний, а значит, подчиняется правилам стандартизации и сертификации.

Стандартизация – деятельность, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области посредством установления положений для всеобщего и многократного использования реально существующих или потенциальных задач. Результатом этой деятельности является разработка нормативных документов. В зависимости от специфики объекта стандартизации и содержание установленных к нему требований различают стандарты основополагающие, на продукцию или услуги, а также стандарты на процессы, на методы контроля (испытаний, измерений, анализа).

Сертификация – подтверждение соответствия товара обязательным нормативным требованиям, которое сопровождается выдачей сертификата соответствия.

Любой контроль можно свести к осуществлению двух этапов:

- получение первичной информации о фактическом состоянии объекта, о признаках и показателях его свойств;

- сопоставление первичной информации с заранее принятыми требованиями, нормами, критериями, обнаружение соответствия или расхождений фактических и требуемых данных, что дает вторичную информацию.

Вторичная информация используется для выработки со ответствующих управляющих воздействий, совершенствование производства, повышения качества продукции и т.п.

Основными задачами системы контроля являются:

- определение качества поступающих на завод материалов;

- установление состава и свойств потоков материалов в процессе производства;

- слежение за параметрами технологического процесса по всем производственным переделам;

- контроль качества и сертификация (паспортизация) продукции;

- анализ и обобщение результатов контроля по всем переделам с целью совершенствования технологического процесса.

Для решения этих задач система контроля производства должна включать в себя ряд подсистем.

Подсистема общезаводского технологического контроля (центральная заводская лаборатория) должна обеспечивать определение состава и свойств исходного сырья, топлива, добавок, вспомогательных материалов, полуфабрикатов и готовой продукции в объеме, достаточном для практического осуществления процесса оптимизации производства по всему заводу.

Подсистема оперативного технологического контроля (обслуживающий персонал основного производства, цеховые лаборатории) занимается определением состава и свойств материалов на входах и выходах конкретных технологических участков производства и контролем соответствия получаемых результатов требуемым значениям. Объем определений здесь должен быть минимально необходимым и не требующим сложного оборудования для осуществления контроля.

Подсистема параметрического контроля (служба контрольно-измерительных

приборов и автоматизированных систем управления, КИП и АСУ) оценивает состояние оборудования и режимы его работы, контролирует технологические параметры, измеряет расходы в технологических потоках, уровни в емкостях и т.д.

Подсистема технического контроля (отдел технического контроля, ОТК) обеспечивает контроль качества и соответствие выпускаемых материалов и изделий действующей нормативной документации (государственным или отраслевым стандартам, техническим условиям, стандартам предприятия), а также осуществляет сертификацию (паспортизацию) продукции. В функции ОТК входит не только фиксирование появления некачественной продукции, но и предупреждение подобных фактов. С этой целью ОТК контролирует качество поступающих на предприятие материалов, соблюдение установленной технологии, устанавливает причины, вызывающие брак и снижающие качество продукции. ОТК также оформляет необходимые акты и добивается устранения причин негативных явлений и их последствий. ОТК проводит свою работу в тесном контакте с заводской и цеховыми лабораториями.

Для обеспечения качества изделий необходимо осуществлять контроль на всех стадиях производства:

- входной контроль сырьевых материалов;
- текущий пооперационный контроль производства;
- контроль за качеством готовой продукции.

Входной пооперационный контроль предусматривает определение следующих характеристик основного компонента всех керамических материалов **глины**:

- наличие посторонних включений;
- влажность;
- пластичность;
- химический состав ;
- удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг.

При приготовлении шихты контролируются такие параметры как:

- состав шихты (объемный или весовой);
- влажность;
- зазор между валками вальцов;
- зазор между лопастями и стенкой корыта смесителя и др.

При формовании бруса при производстве кирпича и камней:

- глубина вакуумирования;
- влажность и температура бруса;
- размеры сырца после резки и др.

Обязательно определяется влажность сырца после сушки. При обжиге изделий строгое соблюдение режима обжига по разработанному графику. Постоянно осуществляется замер температур по зонам туннельной печи с помощью термопар ТХА.

Готовая продукция тщательно проверяется на соответствие требованиям ГОСТов. При этом определяются ее технические свойства и параметры:

- внешний вид;
- плотность;
- водопоглощение;
- механическая прочность;
- морозостойкость и др.

Проведение испытаний осуществляется в соответствии со стандартными методами с использованием прошедших госпроверку приборов, набор сит и инструментов.

Основными исполнителями, отвечающими за контроль на всех стадиях производства продукции, являются сотрудники лаборатории, ОТК и операторы технологического оборудования и установок.

Литература

5 доп.

Контрольные вопросы

1. Что такое технический контроль и сертификация?
2. Основные задачи системы контроля.
3. Что обеспечивает подсистема общезаводского технологического контроля?
4. Чем занимается подсистема оперативного технологического контроля?
5. Что контролирует подсистема параметрического контроля?
6. Что обеспечивает отдел технического контроля (ОТК)?
7. Какие виды контроля осуществляются для обеспечения качества изделий?

2.3 Планы практических занятий

Задание 1. Определение количества сырьевых материалов для изготовления заданного количества керамических стеновых изделий.

Методические рекомендации. Руководствуясь литературой ознакомиться с методикой расчета определения количества глинистого сырья и добавок для изготовления керамического кирпича. Выполнить расчет количества сырьевых материалов по заданию преподавателя.

Литература

2 доп. [40,41], 22 доп.

Контрольные вопросы:

1. Какие данные необходимы для расчета количества глинистого сырья?
2. Какие данные необходимы для расчета количества кирпича из данного количества глинистого сырья?
3. Какие данные необходимы для расчета количества пористого кирпича с применением выгорающих добавок?

Задание 2. Определение количества сырьевых материалов для изготовления заданного количества керамических плиток.

Методические рекомендации. Руководствуясь литературой ознакомиться с методикой расчета определения количества глинистого сырья для изготовления керамических плиток. Выполнить расчет количества сырьевых материалов по заданию преподавателя.

Литература

5 осн. [70-77]; 2 доп. [41].

Контрольные вопросы:

1. Какие данные необходимы для расчета количества глинистого сырья для изготовления заданного количества плиток?
2. Какие данные необходимы для расчета количества глинистого сырья для изготовления 1 м² плиток?

Задание 3. Определение количества сырьевых материалов для изготовления заданного количества керамических труб.

Методические рекомендации. Руководствуясь литературой ознакомиться с техническими характеристиками канализационных и дренажных труб. Для расчета количества сырьевых материалов необходимо знать размеры труб, их плотность и др. Выполнить расчет количества сырьевых материалов по заданию преподавателя.

Литература

5 осн. [78-81]; 10 доп. [23,24], 23 доп.

Контрольные вопросы:

1. Какие данные необходимы для расчета количества глинистого сырья для изготовления заданного количества керамических труб?
2. Какие данные необходимы для расчета количества глинистого сырья для изготовления 1 погонного метра керамических труб?

Задание 4. Расчет химического состава керамической массы.

Методические рекомендации. Руководствуясь литературой ознакомиться с методикой расчета химического состава керамического материала. Выполнить расчет химический состав керамического материала по заданию преподавателя.

Литература

1 доп. [33, 34]

Контрольные вопросы:

1. Что такое шихтовой состав керамического материала?
2. Что такое химический состав керамического материала?
3. Что являются исходными данными для определения химического состава шихты и керамического материала?

Задание 5. Режим работы, номенклатура изделий и производственная программа цеха.

Методические рекомендации. Руководствуясь литературой ознакомиться с режимами работы предприятий керамических материалов. Изучить понятие номенклатуры и производственной программы цеха по выпуску керамических изделий.

Литература

1,2,3,4 осн.; 14 доп.

Контрольные вопросы:

1. Как устанавливается режим работы цеха?
2. Что такое номенклатура изделий?
3. Что такое производственная программа цеха керамических изделий?

Задание 6. Составление технологической схемы производства.

Методические рекомендации. Руководствуясь литературой изучить основные технологические операции и составить технологическую схему производства заданного вида керамических материалов. Дать описание технологической схемы с указанием технологического оборудования.

Литература

1,2,3,4 осн.; 14 доп.

Контрольные вопросы:

1. Какими способами производят керамические материалы?
2. С какой целью производят сушку изделий?
3. Виды печей и сушил, применяемые в технологии керамических материалов?

Задание 7. Расчет производительности технологических переделов цеха керамических материалов.

Методические рекомендации. Руководствуясь литературой выполнить расчеты по производительности технологических переделов производства керамических материалов. Расчеты выполняются по технологической схеме. При этом необходимо знать нормативные потери сырья по переделам.

Литература

14 доп.

Контрольные вопросы:

1. Какие потери сырья являются не возвратимыми?
2. Какие потери сырья являются возвратными?
3. На каком переделе потери керамических изделий считаются невозвратными?
4. Для каких целей делается расчет технологических переделов?

Задание 8. Материальный баланс производства.

Методические рекомендации. Руководствуясь литературой научиться выполнять расчет материального баланса. Для этого нужно знать удельные расходы сырья на единицу продукции, влажность сырьевых материалов и производительность предприятия по производству керамических материалов и изделий.

Литература

14 доп.

Контрольные вопросы:

1. Что является исходными данными для расчета материального баланса?
2. Что определяет приходная часть материального баланса?
3. Что определяет расходная часть материального баланса?
4. Что такое невязка баланса?

Задание 9. Технологическое оборудование заводов строительной керамики.

Методические рекомендации. Руководствуясь литературой ознакомиться с различными видами технологического оборудования и основным их назначением. Изучить технические характеристики оборудования в зависимости от назначения.

Литература

15,16 доп.

Контрольные вопросы:

1. От каких факторов зависит выбор оборудования?

2. Какое оборудование применяется для измельчения сырья?
3. Какое оборудование применяется для дозирования сырьевых материалов?
4. Какое оборудование применяется для формования керамических изделий

Задание 10. Подбор и расчет технологического оборудования

Методические рекомендации. Руководствуясь литературой сделать выбор технологического оборудования и научиться выполнить расчет его количества. Выбор и расчет оборудования осуществляется в зависимости от производительности технологического передела.

Литература

15,16 доп.

Контрольные вопросы:

1. Для чего применяются вальцы грубого и тонкого помола?
2. Для чего применяют смесители?
3. Для чего применяется ящечный питатель?
4. Почему применяют вакуум-пресс?

Задание 11. Расчет производительности туннельных печей и сушил.

Методические рекомендации. Руководствуясь литературой научиться выполнять расчеты производительности печей и сушил, а также их требуемого количества. Исходными данными для расчетов являются мощность предприятия, способ производства и вид изделий.

Литература

14, 17 доп.

Контрольные вопросы:

1. С какой целью производится сушка изделий?
2. Какие виды сушилок применяются в производстве керамических материалов?
3. Что такое обжиг керамических изделий?
4. Какие виды печей применяются в производстве керамических материалов?

Задание 12. Контроль производства, качества сырья и готовой продукции.

Методические рекомендации. Руководствуясь литературой определить мероприятия по контролю сырья, производства и качества готовой продукции исходя из требований стандарта или технических условий на данную продукцию. Необходимо указать технологические операции и показатели, подлежащие контролю и методику осуществления контроля.

Литература

5, 14 доп.

Контрольные вопросы:

1. Какие показатели сырья необходимо контролировать?
2. Какие показатели шихты необходимо контролировать?
3. Какие технологические операции подлежат контролю?
4. Какие свойства готовой продукции подлежат контролю?

Задание 13. Безопасная жизнедеятельность на производстве.

Методические рекомендации. Руководствуясь литературой изучить мероприятия и правила по безопасной жизнедеятельности при производстве строи-

тельной керамики. Ознакомится с нормами промышленной санитарии.

Литература

18 доп.

Контрольные вопросы:

1. Какие технические средства применяются по технике безопасности на предприятиях керамических материалов?
2. Какие нормативные документы, обеспечивают технику безопасности на производстве?
3. Какие санитарные нормы должны соблюдаться на предприятиях керамических материалов?
4. Что такое санитарная зона?

Задание 14. Охрана труда и окружающей среды.

Методические рекомендации. Руководствуясь литературой изучить мероприятия по охране труда и окружающей среды на предприятиях строительной керамики. Выявить вредное воздействие выбросов производства на человека и окружающую среду.

Литература

19, 20, 21 доп.

Контрольные вопросы:

1. Какие технические средства применяются по охране труда на предприятиях керамических материалов?
2. Нормативные документы по охране труда на производстве.
3. Какие мероприятия по охране окружающей среды должны соблюдаться на предприятиях керамических материалов?
4. Каким образом используются промышленные отходы на предприятиях керамических материалов?

Задание 15. Оформление и защита КР (КП)

Методические рекомендации. Руководствуясь литературой ознакомится с правилами оформления курсовой работы (проекта). При оформлении необходимо указать тему курсовой работы и исходные данные для ее выполнения. Для защиты необходимо знать технологию керамического изделия по заданию и дать пояснения всем выполненным расчетам.

Литература

14 доп.

Контрольные вопросы:

1. Из каких разделов состоит курсовая работа (проект)?
2. Как рассчитывается химический состав керамической массы?
3. Как выполняется подбор технологического оборудования?
4. Исходные данные для расчета материального баланса
5. Какие технологические операции подлежат контролю?
6. Какие свойства готовой продукции подлежат контролю?

2.4 Планы лабораторных занятий

Задание 1. Определение пластичности глин.

Методические рекомендации. Для определения пластичности глин готовят глиняное тесто с рабочей влажностью. Пластичность глин определяют по разности значений влажности при нижнем пределе текучести и на границе раскатывания. Число пластичности глин определяют с помощью прибора А.М. Васильева.

Литература

4 доп. [23-30].

Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой глина?
2. Что понимается под пластичностью глин?
4. Какова классификация глин по пластичности?
5. Что представляет собой прибор Васильева?
6. Как изменяются пластические свойства глины от содержания в ней воды?

Задание 2. Определение связующей способности глин.

Методические рекомендации. Для определения связующей способности глин в нее добавляют отощающие добавки. Для отощения глины лучше всего применять кварцевые пески. Отощение глины ведут в следующих пропорциях Г:П = 100:0; 80:20; 60:40; 40:60; 20:80. Из увлажненных масс формуют образцы 40x40x160мм. После сушки и определения прочности образцов делают заключение о связующей способности глины.

Литература

4 доп. [43-46].

Контрольные вопросы:

1. Что такое связующая способность глины?
2. Как определяется связующая способность глины?
3. Какие вещества являются отощителями для глины?
4. Как изменяется прочность глины в зависимости от связующей способности?

Задание 3. Определение линейной воздушной и огневой усадки глины

Методические рекомендации. Из теста нормальной рабочей влажности вручную или на прессе в форме с выталкивателем формуют образцы размером 60x30x10 (или 50x50x10) мм. По диагонали образцов острыми концами штангенциркуля, разведенного на 50 мм, ставят метки на глубине 2 – 3 мм. После сушки и обжига штангенциркулем измеряют расстояний между метками и по разности изменений вычисляют воздушную, огневую и общую усадку глины.

Литература

4 доп. [32-35].

Контрольные вопросы:

1. Что такое воздушная усадка глины и как ее определяют?
2. Что такое огневая усадка глины и как ее определяют?
3. Что такое полная усадка глины и как ее определяют?

Задание 4. Подбор электролитов для разжижения глин при производстве керамических плиток.

Методические рекомендации. Для уменьшения количества воды в шликере без увеличения его вязкости применяют добавки электролитов (растворы соды,

жидкого стекла и др.), для каждого из которых текучесть системы будет максимальной, а вязкость соответственно минимальной. Текучесть шликера определяют с помощью вискозиметра Энглера.

Литература

4 доп. [41-44].

Контрольные вопросы:

1. Что является электролитом для глины?
2. Для чего определяем остаточную влажность?
3. Как определяется текучесть шликера?
4. Как определяется оптимальное количество электролита?

Задание 5. Исследование качества и водопоглощения керамического кирпича.

Методические рекомендации. Качество керамического кирпича должно соответствовать требованиям ГОСТ 530-2007. Для установления качества кирпича определяют дефекты формы, отклонения от размеров, наличие трещин и отбитостей. Водопоглощение кирпича определяют через 48 часов после насыщения в воде.

Литература

22 доп.

Контрольные вопросы:

1. Какие требования предъявляются к керамическому кирпичу?
2. Каковы размеры и допуски обычного керамического кирпича?
3. Что такое кирпич недожог и пережог?
4. Как определяют водопоглощение по массе и по объему керамического кирпича?

Задание 6. Определение плотности, пористости и морозостойкости керамического кирпича.

Методические рекомендации. Для определения средней плотности кирпича определяют его объем и вес. Истинную плотность кирпича определяют с помощью прибора Ле-Шателье, для этого готовят кирпичный порошок. Пористость кирпича вычисляют по значениям средней и истинной плотностей. Морозостойкость кирпича оценивают по величине коэффициента водонасыщения.

Литература

22 доп.

Контрольные вопросы:

1. Что такое истинная плотность и пористость?
2. Как определяется плотность и пористость керамического кирпича?
3. Как влияет теплопроводность керамического кирпича на толщину стен из кирпича?
4. Что такое морозостойкость кирпича?
5. Как определяется морозостойкость керамического кирпича?

Задание 7. Определение свойств керамзита

Методические рекомендации. Среднюю плотность керамзита определяют методом гидростатического взвешивания. Определяют вес пробы в воздухе, в

воде и насыщенном в воде состоянии. Насыпную плотность определяют взвешиванием пробы керамзита в мерном сосуде, объем и вес которого известны. Прочность керамзита при сдавливании в цилиндре определяют по нагрузке, соответствующей погружению плунжера на 20 мм в слой испытываемой пробы.

Литература

4 доп. [65-69].

Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой керамзит?
2. Как определяют среднюю плотность керамзита?
3. Как определяют насыпную плотность керамзита?
4. Как определяют прочность керамзита?

2.5. Планы занятий в рамках самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя (СРСИ)

Задание 1. Глинистые сырьевые материалы и добавки, применяемые в технологии строительной керамики.

Методические рекомендации. Повторить лекционные занятия, посвященные сырьевым материалам и добавкам для производства керамических материалов. Затем, руководствуясь литературой изучить виды глинистого сырья и добавок для производства различных видов строительной керамики.

Форма проведения занятия – тренинг.

Литература.

1 осн. [34-40, 53-75, 87-95], 5осн. [56-58].

Задание 2. Классификационные характеристики глинистого сырья и добавок, применяемых в производстве керамических стеновых изделий.

Методические рекомендации. Повторить лекционные и практические занятия, посвященные сырьевым материалам и добавкам для производства керамических материалов. Затем, сделать заключение о принадлежности изучаемого глинистого сырья к той или иной группе по пластичности, огнеупорности, химическому составу и возможности ее применения для производства керамических материалов.

Форма проведения занятия – тренинг.

Литература.

1 осн. [53-75, 100-112], 5 осн.[33,34,56].

Задание 3. Технология производства керамических стеновых изделий пластическим способом.

Методические рекомендации. Необходимо вначале ознакомиться с номенклатурой керамических кирпичей и камней. Затем, руководствуясь литературой изучить технологию получения стеновой керамики пластическим способом. Составить технологическую схему и дать ее описание.

Форма проведения занятия – тренинг.

Литература.

1 осн. [157-174], 2 осн. [23-32, 47-55], 5осн. [62-68]; 22 доп.

Задание 4. Технология производства керамических стеновых изделий полу-

сухим способом.

Методические рекомендации. Необходимо вначале ознакомиться с номенклатурой керамических кирпичей и камней. Затем, руководствуясь литературой изучить технологию получения стеновой керамики полусухим способом. Составить технологическую схему и дать ее описание.

Форма проведения занятия – тренинг.

Литература.

2 осн. [47-55]; 5 осн.[62-68]; 8,12 доп.

Задание 5. Технология производства керамической плитки для пола.

Методические рекомендации. Необходимо вначале руководствуясь литературой ознакомиться с сырьевыми материалами, номенклатурой керамических плиток. Затем, изучить технологию получения керамических плиток для пола. Составить технологическую схему и ее описание.

Форма проведения занятия – тренинг.

Литература

1 осн. [217-220, 271-296]; 2 осн. [45-68]; 5 осн. [74-77].

Задание 6. Технология производства глазурованной керамической плитки для облицовки внутренних стен.

Методические рекомендации. Необходимо вначале руководствуясь литературой ознакомиться с номенклатурой керамических плиток, сырьевыми материалами и свойствами глазурованных керамических плит. Затем, изучить технологию получения плиток для внутренней облицовки стен. Составить технологическую схему и ее описание.

Форма проведения занятия – тренинг.

Литература

1 осн. [217-220, 271-296]; 2 осн. [45-58]; 5 осн. [73,74].

Задание 7. Технология производства керамогранита.

Методические рекомендации. Необходимо вначале руководствуясь литературой ознакомиться с номенклатурой керамогранитных плиток и плит, сырьевыми материалами и свойствами керамогранита. Затем, изучить технологию получения матовых керамогранитных плит. Составить технологическую схему и ее описание.

Форма проведения занятия – тренинг.

Литература

9 доп.

Задание 8. Технология получения санитарно-технических изделий.

Методические рекомендации. Необходимо вначале руководствуясь литературой ознакомиться с номенклатурой санитарно-технических изделий, сырьевыми материалами и их свойствами. Затем изучить технологию получения санитарно-технических изделий. Составить технологическую схему и ее описание.

Форма проведения занятия – тренинг.

Литература

1осн. [296-319]; 2 осн. [78 -92]; 5 осн. [81-82].

Задание 9. Технология производства керамических канализационных труб.

Методические рекомендации. Необходимо вначале руководствуясь литературой ознакомиться с номенклатурой керамических изделий, сырьевыми материалами и свойствами канализационных труб. Затем, изучить технологию получения керамических канализационных труб. Составить технологическую схему и ее описание.

Форма проведения занятия – тренинг.

Литература

2 осн. [118-124]; 5 осн. [78-80].

Задание 10. Технология производства керамической черепицы.

Методические рекомендации. Необходимо вначале ознакомиться с сырьевыми материалами, номенклатурой и свойствами керамической черепицы. Затем, руководствуясь литературой изучить технологию получения керамической черепицы. Составить технологическую схему производства и дать ее описание.

Форма проведения занятия – тренинг.

Литература.

1 осн. [213-217]; 5 осн. [77,78].

Задание 11. Технология получения шлакокерамической плитки для пола.

Методические рекомендации. Необходимо вначале руководствуясь литературой ознакомиться с номенклатурой шлакокерамических изделий. Затем изучить технологию получения шлакокерамических плиток для пола. Составить технологическую схему и ее описание.

Форма проведения занятия – тренинг.

Литература

5 осн. [74-76]; 11 доп. [101-103].

Задание 12. Технология получения шлакокерамического кирпича .

Методические рекомендации. Необходимо вначале руководствуясь литературой ознакомиться с номенклатурой шлакокерамических изделий. Затем изучить технологию получения шлакокерамического кирпича. Составить технологическую схему и ее описание.

Форма проведения занятия – тренинг.

Литература

5 осн. [74-76]; 11 доп. [113-116].

Задание 13. Технология производства шлакокерамических дренажных труб.

Методические рекомендации. Необходимо вначале руководствуясь литературой ознакомиться с номенклатурой шлакокерамических изделий, сырьевыми материалами и свойствами труб. Затем, изучить технологию получения шлакокерамических дренажных труб. Составить технологическую схему и ее описание.

Форма проведения занятия – тренинг.

Литература

1 осн. [208-213], 5 осн. [78-80]; 10 доп. 11 доп. [125-130, 139,146-152].

Задание 14. Технология производства кирпича из вскрышных пород методом полусухого прессования.

Методические рекомендации. Необходимо вначале ознакомиться со свойства-

ми сырьевых материалов, видами изделий из вскрышных пород. Затем, руководствуясь литературой изучить технологию получения керамического кирпича полусухим способом. Составить технологическую схему и дать ее описание.

Форма проведения занятия – тренинг.

Литература.

12 доп.

Задание 15. Технология производства золокерамических стеновых изделий.

Методические рекомендации. Необходимо вначале ознакомиться с сырьевыми материалами, номенклатурой и свойствами золокерамических кирпичей и камней. Затем, руководствуясь литературой изучить технологию получения стеновой золокерамики пластическим способом. Составить технологическую схему и дать ее описание.

Форма проведения занятия – тренинг.

Литература.

13 доп.

2.6. Планы занятий в рамках самостоятельной работы студентов (СРС).

Задание 1. Составить режим работы и производственную программу цеха по производству керамических изделий по заданию курсовой работы (проекта).

Методические рекомендации. Повторить практические занятия, посвященные по выбору режима работы предприятий керамической промышленности и составлению производственной программы цеха.

Литература.

14 доп.

Задание 2. Составить номенклатуру изделий цеха и привести их технические характеристики по заданию курсовой работы (проекта).

Методические рекомендации. Повторить лекционные занятия, посвященные классификации, видам и свойствам строительной керамики, а также ознакомиться с ГОСТами на отдельные виды керамических материалов.

Литература.

1,2,5 осн. [62-83], 6 осн.; 22, 23 доп.

Задание 3. Описать физико-механические и технологические свойства глин и добавок по заданию курсовой работы (проекта). Характеристики глинистого сырья выдаются преподавателем.

Методические рекомендации. Повторить лекционные и практические занятия, посвященные классификации глин в зависимости от их химического состава и технологических свойств, затем дать полную характеристику глинистому сырью и добавкам, согласно задания.

Литература.

1 осн. [53-75, 100-112], 2 осн. [7-18], 3 осн. [15-25], 5 осн. [33,34,56]

Задание 4. Определение химического состава керамической массы по весовому составу шихты и химическому составу сырьевых материалов по заданию курсовой работы (проекта).

Методические рекомендации. Повторить практические занятия, посвященные химическим составам сырьевых материалов и расчетам по определению химического состава шихты, затем рассчитать химический состав керамической массы по заданию.

Литература.

1 доп. [33, 34]

Задание 5. Составить технологическую схему производства по заданию курсовой работы (проекта).

Методические рекомендации. Повторить лекционные занятия, посвященные технологии отдельных видов строительной керамики и практические занятия по составлению технологической схемы, затем составить и описать технологическую схему по заданию.

Литература.

2, 3, 5 осн. [62-83]; 14 доп.

Задание 6. Расчет производительности технологических переделов производства по заданию курсовой работы (проекта).

Методические рекомендации. Повторить практические занятия, посвященные определению производительности технологических переделов цеха, затем рассчитать производительность технологических переделов цеха по заданию.

Литература.

14 доп.

Задание 7. Подбор и расчет технологического оборудования по заданию курсовой работы (проекта).

Методические рекомендации. Повторить практические занятия, посвященные подбору и расчету основного технологического оборудования и затем с помощью литературных данных подобрать оборудование и выполнить расчет его количества по заданию. Составить таблицу ведомости оборудования.

Литература.

14, 15, 16 доп.

Задание 8. Выполнить расчет производительности теплотехнического оборудования.

Методические рекомендации. Повторить практические занятия, посвященные расчету производительности печей и сушил, затем на основе литературных данных подобрать и выполнить расчет количества печей и сушил по заданию курсовой работы (проекта).

Литература.

14, 17 доп.

Задание 9. Расчет материального баланса производства по заданию курсовой работы (проекта).

Методические рекомендации. Повторить практические занятия и внимательно изучить пример расчета материального баланса и затем выполнить расчет материального баланса по заданию.

Литература.

14 доп.

Задание 10. Контроль параметров производства по заданию курсовой работы (проекта).

Методические рекомендации. Повторить лекционные и практические занятия по выполнению контроля производства, качества сырья и готовой продукции и затем составить таблицу контролируемых параметров производства по заданию.

Литература.

5, 14 доп.

Задание 11. Безопасная жизнедеятельность на производстве по заданию курсовой работы (проекта).

Методические рекомендации. Ознакомится с литературой по технике безопасности и промышленной санитарии на производстве. Затем составить описание мероприятий по технике безопасности и нормативных данных по промышленной санитарии при производстве керамических строительных материалов по заданию.

Литература.

14, 18, 19 доп.

Задание 12. Охрана труда и окружающей среды по заданию курсовой работы (проекта).

Методические рекомендации. Ознакомится с литературой по охране труда и окружающей среды при производстве строительных материалов и изделий. Затем составить описание мероприятий по охране труда и нормативных данных по охране окружающей среды при производстве керамических строительных материалов по заданию.

Литература.

20, 21 доп.

2.7 Тематика письменных работ по курсу

Тематика рефератов

1. Происхождение и виды глинистого сырья.
2. Технологические свойства глин.
3. Керамические стеновые изделия.
4. Керамические облицовочные изделия для внутренней облицовки.
5. Керамические облицовочные изделия для наружной облицовки.
6. Технология производства керамических стеновых изделий пластическим способом.
7. Технология производства керамических стеновых изделий полусухим способом.
8. Технология производства керамогранита.
9. Технология производства керамических глазурованных плиток.
10. Технология производства керамических плиток для пола.
11. Технология производства фасадных плиток.
12. Технология производства керамического лицевого кирпича.
13. Технология производства керамической черепицы.

14. Технология производства керамических труб.
15. Технология производства золокерамического кирпича.

2.8. Тестовые задания для самоконтроля.

1. Глина представляет собой:
 - А) продукт разложения и выветривания полевошпатовых горных пород;
 - В) природные физически и химически однородные тела, возникающие в земной коре в результате физико-химических процессов;
 - С) природный минеральный агрегат определенного состава и строения;
 - Д) рыхлое скопление зерен различного состава размером 0,16-0,5 мм;
 - Е) природный каменный материал полиминерального состава.
2. Основными пороодообразующими минералами глинистого сырья являются:
 - А) кварц, кальцит;
 - В) кварцит, доломит;
 - С) порфирит, андезит;
 - Д) тетраборит, магнезит;
 - Е) каолинит, монтмориллонит, гидрослюда.
3. Все глинообразующие минералы являются:
 - А) водными алюмосиликатами;
 - В) кварцсодержащими;
 - С) карбонатными;
 - Д) неравномернозернистыми;
 - Е) полевошпатными;
4. Глина является основным сырьем для изготовления изделий, которые называются:
 - А) силикатными;
 - В) диатомитовыми;
 - С) магнезиальными;
 - Д) керамическими;
 - Е) корундовыми.
5. Отощающие добавки в шихту вводятся для:
 - А) повышения пластичности глин;
 - В) снижения пластичности глин;
 - С) повышения спекаемости глин;
 - Д) повышения связности глин;
 - Е) снижения плавкости глин.
6. Плавни в шихту вводятся для:
 - А) повышения пластичности глин;
 - В) снижения пластичности глин;
 - С) повышения спекаемости глин;
 - Д) повышения связности глин;
 - Е) снижения температуры обжига изделий.
7. Какие добавки вводят для повышения пластичности керамической массы?
 - А) шлаки;

- В) золы;
 - С) бентониты;
 - Д) вскрышные породы;
 - Е) полевые шпаты.
8. Какие добавки являются одновременно поробразующими и отошающими?
- А) полевые шпаты;
 - В) доменные шлаки;
 - С) мел, доломит;
 - Д) суглинки, лессы;
 - Е) ПАВ, электролиты.
9. Марка кирпича определяется по:
- А) плотности;
 - В) водопоглощению;
 - С) наличию дефектов;
 - Д) отклонению от размеров по ГОСТ;
 - Е) пределу прочности на изгиб и сжатие.
10. Какие изделия являются высокоогнеупорными:
- А) силикатный кирпич;
 - В) саманные блоки;
 - С) магнезиальные мастики;
 - Д) шамотный кирпич;
 - Е) керамическая плитка.
11. Температура обжига глиняного кирпича:
- А) $T = 200 - 500^{\circ} \text{C}$;
 - В) $T = 600 - 800^{\circ} \text{C}$;
 - С) $T = 900 - 1000^{\circ} \text{C}$;
 - Д) $T = 1100 - 1400^{\circ} \text{C}$;
 - Е) $T = 1500 - 2000^{\circ} \text{C}$.
12. К стеновым керамическим изделиям относятся:
- А) кислотоупорные блоки, плитки, фильтры;
 - В) огнеупорные кирпичи, плиты, блоки;
 - С) силикатные кирпичи, блоки;
 - Д) лицевые кирпичи, клинкерные кирпичи, черепица;
 - Е) кирпич глиняный обыкновенный, пористый дырчатый, пустотелый.
13. Для получения керамической шихты используют:
- А) кремнезем, глинозем, известняк, соду;
 - В) песчаник, доломит, плавиковый шпат, каолин;
 - С) глину, каолин, полевые шпаты, кварцевый песок;
 - Д) кварцевый песок, известняк, соду, поташ;
 - Е) поташ, каолин.
14. В процессе сушки керамических изделий происходит:
- А) огневая усадка
 - В) воздушная усадка;
 - С) деформация

Д) общая усадка

Е) диссоциация.

15. В процессе обжига керамических изделий происходит:

А) плавление;

В) диссоциация;

С) воздушная усадка;

Д) огневая усадка;

Е) диссоциация.

16. Эффективные кирпичи имеют плотность:

А) 1600-1900 кг/м³;

В) не более 1900 кг/м³;

С) не более 1400 кг/м³;

Д) не более 1300 кг/м³;

Е) 1400-1600 кг/м³.

17. Условно-эффективные кирпичи имеют плотность:

А) 1600-1900 кг/м³;

В) не более 1900 кг/м³;

С) не более 1400 кг/м³;

Д) не более 1300 кг/м³;

Е) 1400-1600 кг/м³.

18. Кирпич обжигается:

А) в туннельных печах;

В) в автоклавах;

С) в доменных печах;

Д) в ваннных печах;

Е) во вращающихся печах.

19. На основе каких промышленных отходов можно получать эффективные и условно-эффективные керамические стеновые изделия?

А) медеплавильных шлаков;

В) вскрышных пород;

С) зол ГРЭС и ТЭС;

Д) доменных шлаков;

Е) фосфорных шлаков.

20. Монокоттурой называют:

А) керамические плитки двойного обжига;

В) керамические плитки одинарного обжига;

С) керамические изделия тройного обжига;

Д) санитарно-технические изделия

Е) обожженную землю.

21. Бикоттурой называют:

А) обожженную землю

В) керамические плитки одинарного обжига;

С) керамические изделия тройного обжига;

Д) санитарно-технические изделия;

- Е) керамические плитки двойного обжига.
22. Керамогранит это:
- А) керамическая плитка одинарного обжига;
 - В) керамическая плитка двойного обжига;
 - С) обожженный гранит;
 - Д) керамическая конструкция;
 - Е) изделие на основе глины и гранита.
23. Температура обжига керамогранита составляет:
- А) 1300°C ;
 - В) 1500°C ;
 - С) 1100°C ;
 - Д) 1800°C ;
 - Е) 2500°C .
24. Клинкерный (дорожный) кирпич изготавливают:
- А) из цементного клинкера с добавкой глины и обжигом при температуре $1200-1300^{\circ}\text{C}$;
 - В) из легкоплавких глин с добавкой шамота и обжигом при температуре $1200-1300^{\circ}\text{C}$;
 - С) из смеси известняка и глины, обожженной при температуре $1450-1500^{\circ}\text{C}$;
 - Д) из тугоплавких глин обжигом до полного спекания при температуре $1200-1300^{\circ}\text{C}$;
 - Е) из портландцемента с добавкой песка и извести путем автоклавной обработки.
25. Какие заполнители для бетонов получают путем обжига глины?
- А) пемза и туф;
 - В) керамзит и аглопорит;
 - С) щебень и гравий;
 - Д) перлит и вермикулит;
 - Е) трепел и диатомит.
26. Изделия из фаянса имеют:
- А) плотный черепок;
 - В) сильно спекшийся черепок;
 - С) пористый черепок;
 - Д) сильно пористый черепок;
 - Е) средний черепок между фаянсом и фарфором.
27. Изделия из фарфора имеют:
- А) плотный черепок;
 - В) сильно спекшийся черепок;
 - С) пористый черепок;
 - Д) сильно пористый черепок;
 - Е) средний черепок между фаянсом и фарфором.
28. Облицовочная плитка из фаянса:
- А) майолика;
 - В) клинкер;

- С) котто;
- Д) терралья;
- Е) коттофорте.

29. Чем отличается между собой сырье для изготовления фаянса, полуфарфора и фаянса?

- А) для изготовления фаянса применяются шихта без применения полевых шпатов;
- В) для изготовления полуфарфора применяются шихта без огнеупорной глины;
- С) для изготовления фарфора применяются шихта без добавки кварца;
- Д) для изготовления полуфарфора и фарфора применяются шихта без добавки каолина;
- Е) только соотношением компонентов по массе.

30. Керамические кислотоупорные изделия изготавливают:

- А) из огнеупорных глин, содержащих в своем составе известняк, пирит, гипс и др.;
- В) из легкоплавких глин с ограниченным содержанием вредных примесей;
- С) из пластических глин, не содержащих в своем составе гипса, серного колчедана и других вредных примесей, с добавкой кварцевого песка (кварцита) или шамота;
- Д) из кислотостойких глин, не содержащих в своем составе вредных примесей;
- Е) из тугоплавких глин, содержащих в своем составе известняк, пирит, гипс с добавкой кислотостойких материалов.

Паспорт правильных ответов

Номер вопроса	Правильный ответ	Номер вопроса	Правильный ответ
1	А	16	С
2	Е	17	Е
3	А	18	А
4	Д	19	С
5	В	20	В
6	Е	21	Е
7	С	22	А
8	С	23	А
9	Е	24	Д
10	Д	25	В
11	С	26	С
12	Е	27	В
13	С	28	Д
14	В	29	Е
15	Д	30	С

2.9 Перечень экзаменационных вопросов по пройденному курсу

1. Классификация керамических строительных материалов по назначению.
2. Классификация керамических строительных материалов по структуре черепка.
3. Физические свойства керамических строительных материалов.
4. Механические свойства керамических строительных материалов.
5. Термические свойства керамических строительных материалов
6. Основные виды глинистого сырья.
7. Основные глинистые минералы.
8. Химический состав глин.
9. Классификация глин по содержанию красящих оксидов $Al_2O_3+TiO_2$.
10. Классификация глин по содержанию глинистых частиц.
11. Классификация глин по содержанию тонкодисперсных фракций.
12. Технологические свойства глин.
13. Связующая способность глин.
14. Пластичность глин.
15. Огнеупорность глин.
16. Чувствительность глин к сушке.
17. Воздушная и огневая усадки глин.
18. Виды глин по спекаемости.
19. Добавки, применяемые в технологии строительной керамики.
20. Добавки, улучшающие сушильные свойства глин
21. Пластифицирующие добавки.
22. Порообразующие добавки.
23. Специальные виды добавок.
24. Реологические свойства глиняных масс.
25. Виды деформаций, возникающие в пластичных массах под действием сдвиговых сил.
26. Структурно-механические типы керамических масс.
27. Пластический способ подготовки керамической массы.
28. Полусухой способ подготовки керамической массы.
29. Шликерный способ подготовки керамической массы.
30. Основные свойства системы «глина-вода».
31. Основы теории пластического формования.
32. Изменение деформации пластической системы в зависимости от напряжения.
33. Три стадии прессования изделий из пресс-порошков.
34. Возникновение трещин расслаивания при полусухом способе формования изделий.
35. Режимы полусухого прессования.
36. Стадии процесса сушки изделий.
37. Схема сушки изделий.
38. Режимы сушки изделий.
39. Процессы, происходящие при нагревании каолинита.

40. Полиморфные превращения кварца при нагревании.
41. Физико-химические процессы, происходящие при обжиге керамического кирпича.
42. Четыре стадии процесса обжига.
43. Печи для обжига керамических изделий.
44. Сущность полусухого способа производства керамического кирпича.
45. Сущность пластического способа производства керамического кирпича.
46. Технические характеристики керамических кирпичей и камней.
47. Группы керамических кирпичей и камней по плотности.
48. Виды и особенности лицевых кирпичей и камней.
49. Ангобированный кирпич. Свойства и применение.
50. Глазурованный кирпич. Свойства и применение.
51. Методы определения средней и истинной плотности керамических кирпичей и камней.
52. Метод определения водопоглощения, керамических кирпичей и камней.
53. Метод определения морозостойкости керамических кирпичей и камней.
54. Метод определения механических свойств керамических кирпичей и камней.
55. Классификации керамической плитки.
56. Керамические плитки двойного обжига.
57. Керамические плитки одинарного обжига.
58. Свойства керамических плиток.
59. Технология производства керамических плиток.
60. Виды и применение керамогранита.
61. Свойства керамогранита.
62. Технология производства керамогранита.
63. Керамические канализационные трубы.
64. Технология производства канализационных труб.
65. Керамические канализационные трубы.
66. Керамические дренажные трубы.
67. Технология производства дренажных труб.
68. Фаянсовые санитарно-технические изделия.
69. Полуфарфоровые и фарфоровые санитарно-технические изделия.
70. Свойства санитарно-технических изделий.
71. Технология производства санитарно-технических изделий.
72. Особенности технологии получения шлакокерамических изделий.
73. Технологическая схема производства шлакокерамической плитки.
74. Свойства и применение шлакокерамической плитки.
75. Свойства и применение шлакокерамического кирпича.
76. Технологическая схема производства шлакокерамического кирпича.
77. Свойства и применение шлакокерамической дренажной трубы.
78. Особенности технологии получения золокерамических стеновых изделий.
79. Технологическая схема производства золокерамического кирпича и камней.
80. Свойства, преимущества и недостатки технологии золокерамического кир-

пича.

81. Особенности технологии керамических изделий из вскрышных пород.

82. Характеристика вскрышных пород как сырья для производства керамических изделий.

83. Технологическая схема производства керамического кирпича полусухого прессования на основе вскрышных пород.

84. Керамическая черепица. Виды и свойства и технология производства.

85. Дорожный кирпич. Свойства и технология производства.

86. Керамзит и аглопорит.

87. Кислотоупорные керамические изделия.

88. Свойства и применение кислотоупорного кирпича.

89. Свойства и применение кислотоупорной плитки.

90. Технический контроль производства и его основные задачи.

Глоссарий

Альбит – натриевый полевой шпат, $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$. Расплавляется при 1200 °С. Обычно полевые шпаты состоят из смеси натриевого, калиевого и кальциевого полевого шпата.

Ангоб – нанесенный на изделие тонкий слой беложгущейся или цветной глины, образующей цветное покрытие с матовой поверхностью.

Бегуны – машина для измельчения отошающих материалов и глины умеренной влажности раздавливанием между массивным катком и чашей.

Бентониты – глины с большим содержанием минерала монтмориллонита. Отличаются высокой дисперсностью, пластичностью, сильно разбухают в воде

Вылеживание – технологическая операция, заключающаяся в выдерживании керамической массы в стабильных условиях для выравнивания влажности и протекания биохимических процессов в глинистых массах.

Валюшка – брус керамической массы, выдавленный из массомялки.

Воздушная усадка - усадка изделия в процессе сушки. Величина усадки зависит от типа массы, его исходной влажности и скорости сушки.

Глазурь – стекловидное тонкое покрытие на поверхности керамического тела, образующееся в процессе политого обжига и используемое для придания изделию декоративности, увеличению прочности и т.д.; глазурью называют также исходный глазурный шликер.

Глина – осадочная порода, содержащая в основном гидроалюмосиликаты, а также силикаты и оксиды в виде кварцевого песка, полевых шпатов и т.д. При затворении водой образует пластичную массу.

Каолин – глина белого цвета, состоящая в основном из минерала каолинита - глинообразующего минерала класса силикатов, средней пластичности, плохо набухающего в воде. Отличается высокой огнеупорностью.

Керамика – искусственный каменный материал, получаемый из минерального сырья путем формования и обжига при высоких температурах.

Керамический черепок – материал, из которого состоит керамическое изделие после обжига.

Кремнезем – оксид кремния. Составляет значительную часть химического состава глинообразующих минералов.

Конус Зегера, пироскоп – пирамидка, отформованная из массы специального стандартного состава, имеющей определенную температуру деформации во время обжига.

Майолика – вид керамики из легкоплавких, как правило, местных глин. Отличается пористостью и применением широкой палитры декорирующих легкоплавких глазурей, глухих или прозрачных, сохраняющих цвет керамики. Сохраняет популярность из-за невысокой стоимости, яркости и насыщенности красок.

Масса керамическая – приготовленная к формованию глина или смесь компонентов керамического сырья.

Мельница шаровая – машина в виде футерованного изнутри металлического барабана с мелющими телами, предназначенная для помола и смешивания сырьевых компонентов.

Мешалка лопастная – машина для перемешивания керамического шликера, состоящая из горизонтально погружаемого в бассейн или бак металлического стержня с лопастями.

Мешалка пропеллерная – машина для перемешивания керамического шликера, состоящая из погружаемого в бассейн или бак вала с пропеллером, приводимого в движение электромотором.

Мокрый помол – помол, проводимый в воде.

Муллит – тройной оксид алюминия и двойной оксид кремния ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$). Образуется при обжиге глинистых материалов при температуре выше 1200°C . Благодаря своей огнеупорности и высокой термостойкости, а также тому, что кристаллизуется в виде игл, упрочняющих керамический материал, значительно улучшает его свойства, прежде всего фарфора.

Обжиг – основная технологическая стадия, заключающаяся в высокотемпературной обработке заранее отформованного и высушенного полуфабриката. Во время обжига происходит спекание керамического материала, полное или частичное раплавление глазурей, флюсов.

Огневая усадка – уменьшение линейных размеров и объема материала в процессе обжига.

Плавни – вещества, имеющие низкую температуру плавления или образующие в процессе обжига с другими компонентами сырья легкоплавкие соединения. Плавни используются в технологии керамики для снижения температуры спекания керамического материала и увеличения количества стеклофазы.

Пластичность – свойство массы изменять свою форму под воздействием нагрузки без разрыва сплошности и сохранять форму после снятия нагрузки.

Пресс-порошок – порошок, состоящий из сырьевых материалов, имеющий влажность 4 - 8 %, определенный размер частиц преимущественно округлой формы и получаемый для изготовления керамических изделий методом полусухого прессования.

Огнеупорность – свойство материала выдерживать длительное воздействие вы-

сокой температуры (от 1580 °С и выше), не размягчаясь и не деформируясь.

Спекание – физико-химический процесс образования сплошного твердого материала при высокотемпературном обжиге.

Спекаемость глины – свойство уплотняться при обжиге и образовывать камнеподобный черепок.

Среда обжига – атмосфера, в которой проводят обжиг (окислительная при избытке воздуха, восстановительная - при его недостатке и нейтральная).

Сушка – технологическая стадия удаления влаги из изделия в естественных условиях или в процессе нагрева.

Сырец – отформованный полуфабрикат до обжига.

Терракотта – вид керамики, однотонный неглазурованный пористый материал, изготавливаемый из качественных малоусадочных глин, имеющих равномерную окраску.

Фарфор – вид керамики белого цвета с плотным раковистым изломом, полупрозрачный в тонких слоях. Отличается твердостью и термостойкостью, почти нулевым водопоглощением.

Фаянс – вид керамики, для изготовления которой используют огнеупорные беложгущиеся глины, кварц и различные добавки. В отличие от фарфора имеет непрозрачную пористую основу и мелкопористый белый излом.

Фильтр-пресс – машина для обезвоживания керамического шликера путем его фильтрации под давлением через фильтровочную ткань.

Фритта – сплавленные вместе до состояния стекла компоненты глазури. Расплав гранулируют резким охлаждением в воде.

Чувствительность к сушке – характеристика глины, способность переносить сушку без образования трещин (малочувствительные глины) или невозможность высушить образец из данной глины без специальных режимов (высокочувствительные глины).

Шамот – обожженная глина (более широко - порошок обожженного керамического материала). Применяется в качестве отошающего материала, в том числе и как основной компонент. Часто шамотом называют керамическую пластичную массу из смеси глины с зернистым порошком шамота и сами изделия из этой массы.

Шихта – исходная сырьевая смесь различных компонентов, взятых в определенных соотношениях, согласно рецепту.

Шликер – концентрированная водная суспензия, содержащая мелкие частицы керамической массы, не оседающие в течение длительного времени.

Электролит – вещество, используемое для разжижения керамического шликера (жидкое стекло, сода, углещелочной реагент, триполифосфат натрия и др.). Также вещества, изменяющие реологию (вязкостные свойства) глазурей. В частности, обычная поваренная соль, сульфат магния и т.п. соли приводят к загущению водных суспензий глазурей, что необходимо для предотвращения оседания, для придания глазури свойства тиксотропии (очень густая в спокойном состоянии и жидкая при перемешивании).

СОДЕРЖАНИЕ

1	Учебная программа дисциплины SYLLABUS	3
1.6	Перечень и виды заданий и график их выполнения	4
1.8	Контроль и оценка знаний	7
1.9	Политика и процедура.....	12
2	Содержание активного раздаточного материала	12
2.1	Тематический план курса.....	12
2.2	Конспект лекционных занятий	14
2.3	Планы практических занятий	127
2.4	Планы лабораторных занятий.....	131
2.5	Планы занятий в рамках самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя (СРСП).....	134
2.6	Планы занятий в рамках самостоятельной работы студентов (СРС)	137
2.7	Темы письменных работ по курсу	139
2.8	Тестовые задания для самоконтроля.....	140
2.9	Перечень экзаменационных вопросов по пройденному курсу.....	145
	Глоссарий... ..	147

Жугинисов Маратбек Турабайулы

СТРОИТЕЛЬНАЯ КЕРАМИКА

Учебно-методический комплекс дисциплины
(для специальности 050730, 5В073000 – Производство строительных
материалов, изделий и конструкций)

Редактор

Компьютерный набор

Рассмотрен на заседании кафедры «Инженерные системы и сети»
«29» 09 2011 г. Протокол № 4

Рассмотрен и одобрен методическим Советом института АиС
«17» 10 2011 г. Протокол № 2

Подписано в печать «__» _____ 20__ г.

Тираж__ экз. Формат 60x84 1/16. Бумага типографская № 1.
Объем ... п.л. Заказ №__. Цена договорная.

Издание Казахского национального технического университета
имени К.И.Сатпаева
Научно-технический издательский центр КазНТУ
г. Алматы, ул. Ладыгина, 32