

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Сибирский федеральный университет»

Институт цветных металлов и материаловедения

Баранов В.Н.
Саначева Г.С.
Падалка В.А.
Губанов И.Ю.
Степанова Т.Н.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВЫХ И РЕКОНСТРУКЦИЯ
ДЕЙСТВУЮЩИХ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ**

Учебное пособие по циклу практических занятий

Красноярск

2008 г.

СОДЕРЖАНИЕ

<u>Введение.....</u>	<u>3</u>
<u>Практическая работа 1.</u>	
<u>Тема: Работа с исходными данными и составление производственной программы проектируемого цеха.....</u>	<u>4</u>
<u>Практическая работа 2.</u>	
<u>Тема: Проектирование плавильного отделения.....</u>	<u>16</u>
<u>Практическая работа 3.</u>	
<u>Тема: Проектирование формовочно-заливочного отделения.....</u>	<u>40</u>
<u>Практическая работа 4.</u>	
<u>Тема: Проектирование стержневого отделения.....</u>	<u>45</u>
<u>Практическая работа 5.</u>	
<u>Тема: Проектирование смесеприготовительного отделения.....</u>	<u>53</u>
<u>Практическая работа 6.</u>	
<u>Тема: Проектирование отделения финишных операций.....</u>	<u>64</u>
<u>Практическая работа 7.</u>	
<u>Тема: Проектирование цеха заготовительного литья.....</u>	<u>68</u>
<u>Практическая работа 8.</u>	
<u>Тема: Проектирование цехов специальных видов литья.....</u>	<u>73</u>
<u>Практическая работа 9.</u>	
<u>Тема: Расчет площадей складов формовочных и шихтовых материалов.....</u>	<u>84</u>

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов» входит в учебные планы подготовки специалистов по специальности «Литейное производство черных и цветных металлов». Его основная задача состоит в усвоении студентами необходимого минимума знаний по вопросам организации проектирования.

Студенты изучают существующую систему проектирования; содержание предпроектных и проектных работ; объемно-планировочные и конструктивные решения промышленных зданий; нормативно-техническую документацию и методические указания по литейному производству; концепции реконструкции литейного производства и литейного машиностроения. Это дает возможность оценивать доли технологических, строительных и других решений в составе проекта, правильно увязывать, в частности, технологические и строительные вопросы проектирования.

По каждой практической работе студент составляет отчет и оформляется в соответствии с требованиями [15], в котором необходимо сформулировать цель работы; описать краткую теорию вопроса; привести расчетные формулы с расшифровкой величин, входящих в них; составить ведомости технологического процесса получения металла, форм, стержней и т.д.; выбрать необходимое оборудование для получения металла, форм, стержней и т.д. и дать его краткую характеристику и описание работы; выбрать и описать технологический процесс получения металла, форм, стержней и т.д. Результатом практической работы является выполнение планировочного решения конкретного участка в соответствии с полученными данными.

Отчеты подлежат защите и сдаче преподавателю. Перечень вопросов к защите приведен в конце каждой практической работы.

Данное пособие поможет студентам приобрести определенный объем знаний по названной дисциплине для успешного освоения в дальнейшем дисциплины специализации.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1.

ТЕМА: РАБОТА С ИСХОДНЫМИ ДАННЫМИ И СОСТАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПРОЕКТИРУЕМОГО ЦЕХА

Цель – освоение методик проектных расчетов

Теоретическое введение

Разработка проекта ведется на основании исходных данных, которые являются основополагающими в ходе проектирования. К основным исходным данным необходимо отнести следующие:

1. Производственная программа по выпуску отливок.
2. Номенклатура отливок.
3. Режим работы и фонды времени.
4. Чертежи, спецификации, технические условия на литые детали.
5. Нормы проектирования и другие регламентирующие документы.

Производственная программа должна содержать задание на годовой выпуск отливок с учетом выпуска запасных частей в процентах к основному выпуску, а также в натуральном исчислении.

Различают три вида производственной программы: точную, приведенную и условную.

Точная производственная программа характерна для массового и крупносерийного производства и предусматривает разработку технологических данных для каждой отливки всей номенклатуры цеха, которые сводят в подетальную ведомость с указанием наименования и номера детали, сплава, массы детали и отливки, количества деталей на окончательное изделие, особые требования, а также годовой выпуск в штуках и тоннах по основной программе, запчасти (с указанием в процентах от основной программы) и общий выпуск.

Для серийного производства отливок характерна приведенная программа. В этом случае вся номенклатура отливок разбивается на группы по массе, сложности, технологическому процессу или другим признакам. Из каждой группы выбирается наиболее характерная для нее отливка-представитель. Программа составляется по отливкам-представителям аналогично точной программе. Ведомость приведенной программы включает расчеты выпуска для каждой группы по отливке-представителю и для группы в целом, причем пересчет на группу ведется, как правило, с помощью поправочных и переводных коэффициентов, учитывающих отличия по массе, сложности отливок и другие факторы [1-3].

Мелкосерийное и единичное производство отливок отличается тем, что его номенклатура может уточняться и даже определяться только в ходе производства (например, ремонтное для внутренних нужд литье, стандартное

литье), поэтому в этих случаях применяют условную производственную программу. Все расчеты при этом проводятся по группам отливок по массе и сплавам на основе опыта работы аналогичных предприятий с учетом перспективы проектируемого производства.

Для литейных цехов понятие «режим работы» рассматривается в двух аспектах: во-первых, как организация производства, во-вторых, как количество времени работы работающего.

Последовательный (ступенчатый) режим работы заключается в выполнении всех или большинства технологических операций изготовления отливки в различное время на одной и той же площади цеха.

Параллельный режим работы, характерный для массового и крупносерийного производства, заключается в выполнении всех технологических операций одновременно на различных производственных участках площади цеха.

В ряде случаев применяется комбинированный режим работы.

Выбор режима работы должен учитывать особенности работы в литейном цехе и требования охраны труда, которые не допускают проводить операции, сопровождающиеся повышенным шумом, тепло- и газовой выделением в неизолированных помещениях или вместе с менее вредными операциями.

В табл. 1.1 приведены нормы для определения серийности отливок. В табл. 1.2 приведена классификация и оптимальные мощности литейных цехов.

Составление производственной программы.

Производственную программу литейного цеха выполняют в зависимости от условий производства (исходные данные для проектирования берутся в задании табл. 1 приложение 1). Точная (поддетальная) программа составляется по форме, представленной в табл. 1.3. Окончательное оформление производственной программы выполняют по форме, представленной в табл. 1.4. Здесь приводят итоговые данные о числе наименований отливок, максимальном и минимальном годовом выпуске в штуках, т.е. данные о серийности производства. Для серийного и мелкосерийного производства оформляется программа по форме, представленной в табл. 1.5, 1.6.

В условиях мелкосерийного и единичного производства часть номенклатуры изделий, обычно неизвестна, а другая часть конструктивно не разработана. В этом случае принимают условную производственную программу с учетом назначения отливок и распределения их по массе, по группам, видам и маркам сплавов по аналогии с данными подобных действующих предприятий (баз практик). В этом случае заполняется форма, представленная в табл. 1.6.

Таблица 1.1

Нормы определения серийности отливок из черных сплавов в зависимости от годовой программы и их развеса

Весовые группы отливок, кг	Годовое количество отливок одного наименования, шт.				
	производство				
	единичное	мелкосерийное	серийное	крупносерийное	массовое
До 1,5; 1,5-6; 5-8; 8-20	Менее 300	300-3000	3000-35000	35000-200000	Более 200000
20-50; 50-100	Менее 150	150-2000	2000-15000	15000-100000	Более 100000
100-250; 250-500	Менее 75	75-1000	1000-6000	6000-40000	Более 40000
500-1000	Менее 50	50-600	600-3000	3000-20000	Более 20000
1000-2000; 2000-5000	Менее 20	20-100	100-300	300-4000	Более 4000
5000-10000	Менее 10	10-50	50-150	150-1000	Более 1000
10000-20000; свыше 20000	Менее 5	5-25	25-75	Более 75	-

Таблица 1.2

Классификация и оптимальные мощности специализированных литейных цехов

Сплав	Отливка или технологический процесс	Масса (максимальная или в интервале), кг	Мощность, тыс. т/год
1	2	3	4
Производство отливок в объемных песчаных формах			
1. Детальная специализация цехов			
Чугун	Радиаторы отопительные	10	35
		10	70
	Ванны купальные	120	15
		120	25
	Котлы отопительные	150	20
		150	30
Изложницы	-	130	
	-	250	
Кольца поршневые, маслоты	-	5-10	
2. Технологическая специализация цехов			
Массовое и крупносерийное производство			
Чугун	Детали автотракторные	100	50-60
		200	80-100
		300	100-125
		500	150-300
Ковкий чугун	Детали автотракторные	25	30-40
		60	60-80
Сталь	Детали тракторные, вагонные и т.п.	100	50-60
		200	80-100
		500	100-125
Серийное и мелкосерийное производство			
Чугун	Детали станков, строймашин и др.	100	40-60
		100-1000	40-60
		1000-5000	30-40
Сталь	Детали прессов, компрессоров и др.	100	40-50
		1000	40-50
		1000-5000	30-40

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
Мелкосерийное и единичное производство			
Чугун	Детали станков, строймашин и др.	1000-20000 5000-50000	25-35 25-35
Чугун	Базовые цехи на машиностроительных заводах	1000 5000	40-60 30-40
Сталь	Детали экскаваторов, прессов и др.	1000-20000 5000-50000	30-40 50-60
Сталь	Базовые цехи на машиностроительных заводах	5000	30-40
Комплексы цехов литейных заводов			
Чугун	Детали станков, гидротурбин и др.	5000	110-160
		20000	110-150
		50000	130-180
Сталь	Детали прессов, прокатных станков и др.	5000	70-90
		20000	70-90
		50000	120-150
Производство отливок специальными способами			
1. Детальная специализация цехов			
Чугун	Фасонные части к канализационным трубам (в кокилях)	10	35
		10	50
	Центробежное литье канализационных труб	Ø 50-150 мм	45
		Ø 50-150 мм	70
	Центробежное литье напорных труб	Ø 200-300 мм	100
		Ø 350-1000 мм	160
2. Технологическая специализация цехов			
Чугун, сталь	Оболочковые формы	20	5-7
		20	10-15
		50	20-30

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
Сталь	Выплавляемые модели	0,5	0,5-1
		0,5	1-2
		2,5	2-3
		2,5	4-5
Чугун	Металлические формы	50	20-25
		100	40-80
Сталь	Металлические формы	30	60-80
Алюминий	Металлические формы	5	5-6
		20	10-12
Бронза	Металлические формы	2	10-15
Цинк, бронза	Литье под давлением	1	2-3
Цинк	Литье под давлением	5	5-6
Алюминий	Литье под давлением	5	1-2
		5	5-6
		20	10-12

Таблица 1.3

Подетальная программа выпуска отливок

Номер детали	Изделие, деталь	Металл и марка	Масса, кг		Габаритные размеры отливки, мм			Термообработка	На изделие		Годовая программа выпуска отливок					
			детали	отливки	длина	ширина	высота		шт.	отливок, кг	на изделие		на запчасти		всего	
											шт.	т	%	шт.	т	шт.

Таблица 1.4

Программа массового и крупносерийного производства отливок

Изделие	Годовой выпуск комплектов, шт.	Масса отливок на одно изделие, кг	Запасные части, % по массе	Годовой выпуск отливок, т		
				на основную программу	на запасные части	всего

Примечание. Таблицу заполняют отдельно по видам и маркам сплавов и с выделением литья специальными способами.

Таблица 1.5

Программа серийного и мелкосерийного производства отливок

Изделия и группы отливок по массе	Число изделий на годовую программу	Масса обработанных деталей, т		Выпуск отливок, т	
		на изделие	на годовую программу	на изделие	на годовую программу

Таблица 1.6

Программа производства отливок по массе

Группа отливок по массе, кг	Число на годовую программу					
	всего по цеху		в том числе по маркам сплавов			
	т/шт.	%	
			т/шт.	%	т/шт.	%
Менее 10						
10-20						
20-100						
100-250						
250-500						
500-1000						
1000-2000						
2000-5000						
5000-20000						
Свыше 20000						
Итого						

Выбор режима работы проектируемого цеха.

В ранний период развития литейного производства все операции по изготовлению отливок выполнялись одними и теми же рабочими (формовка, сборка, заливка, выбивка и т.д.). Развитие литейного производства шло по пути совершенствования способов изготовления отливок и механизации технологических процессов, что коренным образом изменило организацию работ в литейных цехах.

В настоящее время в литейных цехах применяются два режима работы: последовательный (ступенчатый) и параллельный.

Последовательный режим работы. При таком режиме основные технологические операции выполняются последовательно в различные периоды суток на одной и той же площади. Существует несколько видов последовательных режимов работы в течение суток:

двухсменный – в первую смену производится формовка и сборка, а во вторую заливка и выбивка. Этот режим применяется для среднего и мелкого тонкостенного литья, требующего немного времени на заливку, остывание, выбивку при небольшой площади цеха и средней механизации;

трехсменный – в первую смену производится формовка и сборка, во вторую – заливка, в третью – выбивка и подготовка рабочих мест. Такой режим применяется при изготовлении крупных отливок в мелкосерийном и индивидуальном производстве;

трехсменный с двухсменной формовкой. Сборкой и односменной заливкой, выбивкой и подготовкой – применяется при изготовлении отливок легкого и среднего веса;

трехсменный с двумя циклами работы – все производственные операции в течение суток повторяются дважды. Особенностью такого режима является занятость производственных рабочих половину смены на подсобных работах. Применяется при изготовлении мелких отливок.

Параллельный режим работы. При данном режиме работы все технологические операции выполняются одновременно на различных производственных участках. Бывают односменные, двухсменные и трехсменные параллельные режимы работы. Параллельный режим работы организуется в механизированных литейных цехах мелкосерийного, серийного и массового производства.

Наибольшее распространение получил двухсменный параллельный режим, при котором третья смена отводится для профилактики и ремонта оборудования. К односменному параллельному режиму прибегают редко, так как оборудование и площадь используются недостаточно. Трехсменный режим также применяется редко, поскольку он затрудняет проведение профилактических осмотров и ремонтов, что ведет к быстрому изнашиванию оборудования.

Основным условием применения параллельного режима является обес-

печение непрерывной работы формовочных линий жидким металлом.

При проектировании выбор оптимального режима работы литейного цеха зависит от производственной мощности, серийности производства и технологической сложности литья, рода металла, типа плавильных агрегатов и других факторов.

При единичном и мелкосерийном производстве чаще применяется последовательный режим, при крупносерийном и массовом производстве – параллельный. Для чугунолитейных цехов наиболее рациональным является двухсменный параллельный режим работы. В фасонно-сталелитейных цехах, где производственный процесс связан с непрерывной работой плавильных печей, необходимо использовать параллельный трехсменный режим.

При выборе режима работы проектируемого цеха необходимо соблюдать требования охраны труда, которые не допускают в общем, неизолированном помещении одновременно производить формовку, сборку и операции по заливке, выбивке литья, обрубке и приготовлению смеси. Вредные операции с большим выделением тепла, газов, пыли и шума необходимо изолировать от помещений с менее вредными операциями [1-2].

При поточном производстве в литейных цехах, как правило, предусматривают параллельный двухсменный режим работы; для больших печей и участков, где не допускается перерыв в технологическом процессе, а также в отдельных случаях для уникального оборудования трехсменный режим работы.

Для более интенсивного использования производственных площадей для кессонных участков при ступенчатом режиме предусматривают организацию формовки, изготовления стержней и сборки форм в первую и вторую смены; заливку форм и очистку кессонов в третью смену.

Для формовочно-заливочных отделений с производством крупных отливок, заливаемых в опоках на плацу и имеющих длительный цикл остывания, можно использовать комбинированный режим работы, при этом формовка с локализованным выбивным участком работают в параллельном режиме в отдельном пролете в две смены, а сборка и заливка форм ведутся по ступенчатому режиму поочередно в двух смежных пролетах.

При наличии в литейном цехе поточного (конвейерного) и плацевого (кессонного) способов производства отливок с различной массой также применяют комбинированный режим работы. Поточные отделения работают в параллельном режиме с заливкой в первую и вторую смены. В третью смену ведется заливка в кессонных или плацевых отделениях, работающих по ступенчатому режиму. В этом случае плавильные агрегаты используют в течение трех смен.

В соответствии с установленным режимом работы в литейных цехах при проектировании устанавливаются фонды времени работы оборудования. Рабочих мест без оборудования и самих рабочих. При определении фондов времени исходят из законоположения о рабочих и выходных днях и продол-

жительности рабочего дня.

Различают календарный, номинальный и действительный фонды времени: календарный фонд времени равен количеству календарных дней в году; номинальный – количеству календарных дней за вычетом выходных и праздничных дней, это годовое время, в течение которого предприятие должно работать без потерь; действительный годовой фонд времени равен номинальному за вычетом плановых потерь.

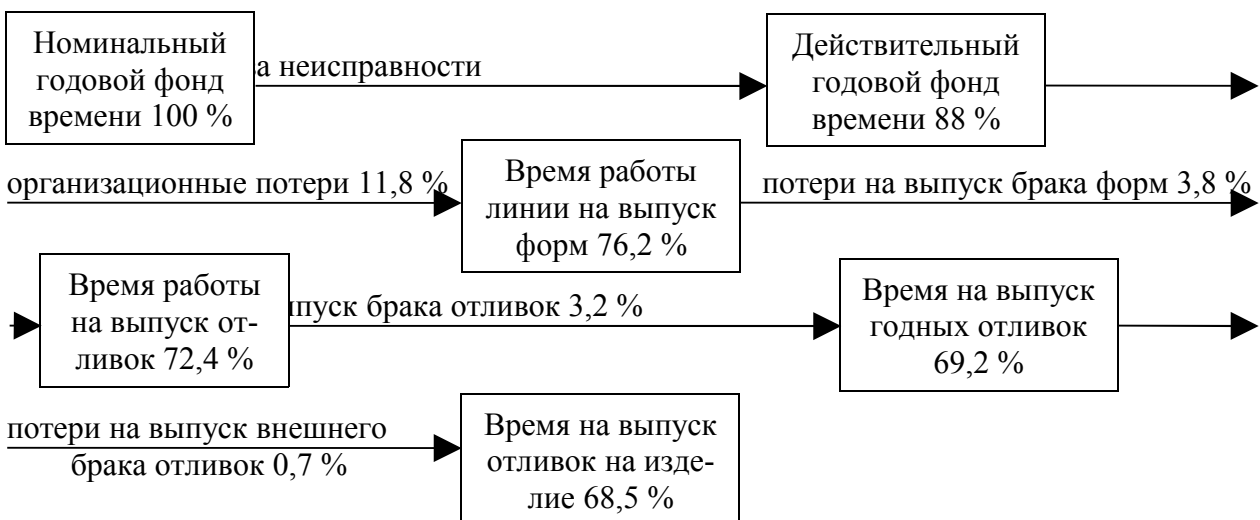
В реальных условиях потери неизбежны. Простои оборудования возникают вследствие необходимого ремонта, а для рабочих следует учесть отпуск, возможные невыходы на работу по болезни и другим уважительным причинам. Поэтому номинальное время не может быть положено в основу расчета оборудования и штата. Этот расчет производится по действительному фонду времени Φ_d , определяемому как разность номинального фонда и суммарных потерь времени. Для рабочих, пользующимся отпуском 15, 18 или 24 дня с учетом 8-ми праздничных дней в году и потерь времени по болезни и другим уважительным причинам, фонды времени составляют соответственно $\Phi_{д1}=1860$ ч/год; $\Phi_{д2}=1840$ ч/год; $\Phi_{д3}=1820$ ч/год, а при 6-часовом рабочем дне $\Phi_d=1610$ ч/год.

Действительный фонд времени работы оборудования определяется с учетом потерь времени на ремонт, вызывающий простои. Частота простоев и величина потерь времени определяется видом оборудования и режимом работы цеха [1].

Расчеты оборудования производят по действительному фонду времени. Необходимо учитывать возможные отклонения от среднечасовых данных, производительности агрегатов или поточных линий, связанные с неравномерностью производственного цикла.

Наиболее эффективной и точной является методика расчета потерь, которую можно отнести как к потерям производительности оборудования, так и к потерям фонда времени. Такой расчет можно выполнить по схеме или табличным способом. Ниже приведены примеры таких расчетов.

Расчет потерь фонда времени литейной автоматической линии по схеме:



Примерный состав организационных потерь, %:

1. Отсутствие жидкого металла	2,7;
2. Отсутствие формовочной смеси	2,0;
3. Отсутствие стержней	2,0;
4. Смена моделей	1,5;
5. Уборка оборудования	1,8;
6. Отсутствие рабочего и прочие	1,8
ИТОГО	11,8 %

Расчеты потерь фонда времени работы стержневых полуавтоматов приведены в табл. 1.7.

Таблица 1.7

Расчет потерь фонда времени работы стержневых полуавтоматов

Время работы	%	Потери	%
Годовой номинальный фонд времени	100,0	Из-за неисправности оборудования	12,0
Годовой действительный фонд времени	88,0	Организационные потери	9,0
На выпуск стержней	79,0	На выпуск брака стержней	10,8
На выпуск годных стержней	68,2	На выпуск брака отливок и форм	5,0
На выпуск отливок	63,2	На выпуск брака отливок	3,8
На выпуск годных отливок	59,4	На выпуск внешнего брака отливок	0,9
На обеспечение выпуска изделий	58,5		

Примерный состав организационных потерь, %:

1. Отсутствие смеси	0,5;
2. Отсутствие разделительных составов	0,5;
3. Смена и наладка оснастки	6,5;
4. Уборка оборудования и прочие	1,5
ИТОГО	9,0 %

Результаты расчетов потерь при расчете количества оборудования могут быть использованы в качестве коэффициента или численного значения фонда времени с учетом потерь.

Если нет возможности провести расчет потерь, то потери могут учитываться коэффициентом загрузки

$$K = \frac{n}{n_{\text{пр}}}$$

где n – количество единиц оборудования по расчету; $n_{\text{пр}}$ – количество единиц оборудования, принятое к установке в цехе; $K=0,70-0,75$.

При проектных расчетах необходимо также учитывать, что производительность оборудования, указанная в паспорте (паспортная производительность), как правило, учитывает только основное (машинное) время, и поэтому является показателем возможностей машины, без учета реальных условий работы и различных потерь.

В табл. 1.8 приведены годовые фонды времени работы оборудования.

Пример составления ведомости приведенной программы литейного цеха приведен в табл. 1.9, 1.10.

Контрольные вопросы.

1. Что относится к безвозвратным потерям металла. Перечислить статьи потерь?
2. Что такое выход годного? От каких параметров он зависит?
3. Что такое шихта? Что учитывается при определении состава шихты?
4. Какие статьи расходов включены в годовой баланс металла?
5. Для чего необходимо осуществлять расчет шихты.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2.

ТЕМА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Цель – освоение методики выбора и расчета плавильного оборудования.

Теоретическое введение

При проектировании плавильного отделения литейного цеха перед проектировщиками стоят важные и сложные задачи выбора технологического процесса плавки металла или сплава, обеспечивающего заданную производительность цеха как по количеству, так и по качеству металла. При этом чрезвычайно важным, особенно в настоящее время, является экономическое обоснование целесообразности выбора технологического процесса плавки, который наряду с качеством металла позволяет получить его низкую стоимость и использовать в процессе дешевые недефицитные шихтовые материалы и энергоносители.

При проектировании плавильных отделений необходимо решить следующие вопросы: выбрать типы плавильных агрегатов, раздаточных и заливочных ковшей; определить производительность одной плавильной печи и емкость ковшей; рассчитать количество плавильных агрегатов и ковшей; выбрать способ транспортировки шихты и ее загрузки в плавильные печи и рассчитать транспортные средства; выбрать способ транспортировки жидкого

металла к заливному участку и рассчитать транспортные средства.

Таблица 1.8

Действительный (расчетный) годовой фонд времени работы оборудования (рабочая неделя 40 ч, 8 праздничных дней в году)

Оборудование	При одной смене		При двух сменах		При трех сменах	
	Потери от номинального фонда времени, %	Действительный годовой фонд времени, ч	Потери от номинального фонда времени, %	Действительный годовой фонд времени, ч	Потери от номинального фонда времени, %	Действительный годовой фонд времени, ч
1	2	3	4	5	6	7
Литейное оборудование:						
цехов мелкосерийного и серийного производства	2	2030	4	3975	5	5900
цехов крупносерийного и массового производства	-	-	5	3975	7	5775
особо крупное и сложное (пескогидрокамеры, механизированные дробетные камеры и встряхивающие столы грузоподъемностью 10 т)	-	-	9	3770	11	5525
Вагранки (блок из двух штук с учетом ежедневного ремонта)	-	2070	-	4140	-	6490
Закрытые вагранки с подогревом дутья и очисткой газов при одном подогревателе на две вагранки	2	2030	6	3890	10	5840
Автоматизированные формовочные и стержневые линии	-	-	12	3645	14	5340
Автоматизированные абразивные линии для очистки литья	-	-	10	3725	12	5465
Дуговые электропечи для плавки стали и чугуна емкостью, т:						
0,5-1,5	4	1985	6	3890	-	-
3-6	-	-	6	3890	10	5840
12-25	-	-	6	3890	11	5775

50	-	-	-	-	13	7620
Индукционные печи повышенной частоты для плавки стали емкостью, т:	4	1985	6	3890	-	-
0,06-2,5	-	-	7	3850	12	5710
6-25						

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7
Индукционные печи промышленной частоты для плавки или подогрева и разлива чугуна емкостью, т:						
до 2,5	3	2010	-	3975	6	6100
до 25	-	-	6	3890	10	5840
Плавильные печи для медных сплавов	3	1775	4	3510	6	5160
Плавильные печи для алюминиевых и других легких сплавов	3	2010	4	3975	6	5840
Печи термические с режимом работы:						
непрерывным	-	-	-	-	11	7800
длительным	-	-	-	-	10	7710
Печи термические с коротким циклом работы:						
механизированные	-	-	6	3890	10	5840
немеханизированные	-	-	4	3975	6	5840
Печи термические электрические элеваторного типа	-	-	5	3935	8	5715
Печи сушильные:						
механизированные (конвейерные)	-	-	5	3935	7	5775
немеханизированные (камерные)	3	2010	4	3975	6	5840
Сварочное оборудование	3	2010	5	3935	7	5775
Металлорежущее и деревообрабатывающее оборудование	2	2030	3	4015	4	5960

Таблица 1.9

Расчетная ведомость приведенной программы литейного цеха

Заданная полная программа				КПереводной коэффициент	Приведенная программа											
изделие	годовой выпуск, шт.	вес одного изделия, кг	вес годового выпуска, т		приведенный выпуск		группа I 0-30 кг		группа II 30-50 кг		группа III 50-100 кг		группа IV 100-500 кг		группа V 500-2000 кг	
					шт.	т	шт.	т	шт.	т	шт.	т	шт.	т	шт.	т
Токарный станок мод. А	1500	1600	2400		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Токарный станок мод. В	4000	1830	7320	$\frac{2,73}{2}$	10928	20000	$\frac{35}{382680}$	$\frac{0,25}{2732}$	$\frac{4}{43712}$	$\frac{0,13}{1420}$	$\frac{3}{32784}$	$\frac{0,21}{2294}$	$\frac{2}{21856}$	$\frac{0,44}{4808}$	$\frac{1}{10928}$	$\frac{0,80}{8742}$
Фрезерный станок мод. С	1000	1200	1200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Фрезерный станок мод. D	800	1100	880	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отрезной станок мод. Е	3000	1400	4200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отрезной станок мод. N	3000	1333	4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого	13300	-	20000	-	10928	20000	$\frac{382680}{0}$	2732	$\frac{43712}{2}$	1420	$\frac{32784}{4}$	2294	$\frac{21856}{6}$	4808	$\frac{10928}{8}$	8742

Примечание. В числителе приводится количество и вес деталей группы на один станок-представитель, в знаменателе – количе-

ство и вес на годовую программу.

Таблица 1.10

Расчетная ведомость приведенной программы литейного цеха, рассчитанной по деталям-представителям весовой группы

Весовая разбивка	Детали	Заданная программа				Переводной коэффициент К	Приведенный годовой выпуск по данной группе, шт.
		годовой выпуск, шт.	вес одной отливки, кг	годовой выпуск одной детали, т	годовой выпуск по данной группе, т		
0-30	Крышка	1000	7,0	7	250	250:99=2,525	4500×К=10362
	Корпус	5000	10,0	50			
	Фланец	4000	15,0	60			
	Планка	600	20,0	12			
	Кронштейн	4500	22,0	99			
	Втулка	850	25,8	22			
30-50	Ползун	75000	40,0	3000	5000	1,666	124950
50-100	Стойка	25000	80,0	2000	6000	3,000	75000
100-500	Каретка	3788	425,0	1600	3500	2,187	8284
500-2000	Станина	25000	1200,0	3000	5000	1,666	4165
Итого					19750		212761

Современное плавильное отделение имеет примерно следующий состав:

1. Склад шихты, включающий в себя подземные пути с платформой разгрузки, недельные, суточные и другие закрома (бункера), участок подготовки и хранения возврата. На складе шихты, как правило, также организовано хранение флюсов, футеровочных материалов и их подготовка.

2. Участок подогрева шихты, оснащенный специальными установками.

3. Участок плавки, оборудованный плавильными агрегатами.

4. Участок миксеров, оборудованный специальными печами доводки, выдержки и раздачи сплава.

5. Участок модифицирования может быть небольшим по площади и включать в себя немногочисленное оборудование и места хранения модификаторов.

6. Участок ремонта и подогрева ковшей, сводов печей и т.п.

7. Подъемно-транспортное оборудование, электрокары, стенды для перелива расплава, переливные желоба и другое оборудование.

8. Пульты управления АСУП.

9. Плавильное отделение обслуживают следующие лаборатории: химическая, спектральная, металлографическая, механических испытаний.

10. Системы вентиляции и очистки отходящих газов и воды.

11. Системы уборки и переработки шлака.

Основанием для выбора типа плавильного агрегата является: объем производства, номенклатура отливок и уровень требований к ним, способ изготовления отливок, применяемый сплав и требования к нему, состав применяемой шихты, экономическая целесообразность, перспективы развития цеха.

Плавильные агрегаты, используемые в различных литейных цехах, и технология выплавки в них, существенно отличаются по возможностям воздействия на процесс как по металлургическим, так и тепловым параметрам. Поэтому выбор технологического процесса должен учитывать эти обстоятельства в зависимости от номенклатуры и качества получаемых отливок.

Технология плавки должна быть достаточно гибкой в организационном отношении, обеспечивать непрерывную заливку жидким металлом готовых форм, позволять быстро переходить на выплавку различных сплавов, приспособляться к возможному изменению в шихтовке плавки при перебоях в снабжении шихтовыми материалами.

Выбранная технология плавки должна иметь широкий диапазон воздействия на процесс с целью получения металла заданного химического состава, т.е. должна позволять проводить рафинирование, легирование, модифицирование расплава. Это позволит обеспечить гарантированное качество металла, а следовательно, отливки. Кроме того, технологический процесс плавки должен сводить к минимуму вредное воздействие на обслуживающий персонал и

окружающую среду выделений тепла, пыли, газа.

Выбор технологического процесса плавки и расчет оборудования.

Важнейшим и сложным моментом в проектировании литейных цехов является выбор технологического процесса плавки и типа плавильного агрегата. Особенностью этой части проектирования является разнообразие способов плавки и наличие у каждого из этих способов своих преимуществ и недостатков. Другой особенностью является практически отсутствие возможности заменить плавильные агрегаты одного типа в построенном цехе на агрегаты другого типа без остановки цеха.

Основанием для выбора типа плавильного агрегата является: объем производства, номенклатура отливок и уровень требований к ним, способ изготовления отливок, применяемый сплав и требования к нему, состав применяемой шихты, экономическая целесообразность, перспективы развития цеха.

Для плавки чугуна применяют вагранки, дуговые и индукционные тигельные печи.

Современные вагранки закрытого типа с подогревом обогащенного дутья, особенно в дулекс-процессе, являются эффективными плавильными агрегатами. Основными ее преимуществами являются непрерывность плавки и выпуска расплава, простота конструкции и вспомогательного оборудования, относительно невысокие требования к металлической шихте. Однако вагранке присущи существенные недостатки: трудность получения точного химического состава и невозможность его исправить в печи, низкая температура выплавляемого чугуна, особенности конструкции вагранки для разных чугунов. Недостатком также является необходимость в дефицитном коксе, который требует усложненного склада шихты и специальной системы загрузки.

Все большее распространение для плавки чугуна получают индукционные тигельные печи, в том числе большой, до 60 тонн, емкости. Индукционная плавка имеет ряд существенных преимуществ, обусловленных высоким качеством получаемого металла и сравнительно с дуговой плавкой значительно меньшей трудоемкостью и лучшими условиями обслуживания. Плавка обычно ведется на болоте, подогретая шихта подается порциями и загружается в печь после выдачи порции расплава. Холодный шлак и другие особенности индукционной плавки требуют шихту стабильного химического состава без случайных вредных примесей. В то же время индукционная плавка обеспечивает хорошее перемешивание расплава и применение в шихте стружки, стального скрапа и легковесных отходов.

Определенными преимуществами с точки зрения стойкости футеровки и длительности межремонтного цикла обладают применяемые для плавки чугуна индукционные каналные печи, как правило, шахтного типа. Кроме того, эти печи имеют большой КПД и меньший удельный энергорасход. Однако эти печи не допускают частой смены шихт и периодическую работу.

В последнее время распространение получила плавка различных видов чугуна в дуговых печах. Преимущества этой плавки заключаются в возможности вести различные металлургические процессы, в первую очередь десульфурацию и дефосфорацию. А это значит, что плавку можно производить на грязной шихте с применением различного лома. С другой стороны дуговая плавка сопровождается повышенным и шумом, и газовыделением большим, чем при индукционной плавке, угаром. Дуговая плавка более трудоемкая, дополнительные трудности и сложности создает само наличие электродов, так как требуется организация их доставки, хранения и замены.

Необходимо отметить, что плавка чугуна ведется, как правило, дуплекс-процессом. Применение миксеров обеспечивает гибкую связь между плавкой и заливкой, возможность перегрева чугуна и усреднение его по температуре и химическому составу. В большинстве случаев в качестве миксеров используют индукционные канальные печи, но применяют также дуговые и тигельные электропечи.

В сталеплавильных цехах наибольшее распространение получили трехфазные дуговые печи. В настоящее время получает распространение плазменно-дуговая плавка, дуговые печи постоянного тока.

В цехах литья по выплавляемым моделям и при получении высоколегированных сталей используют индукционные тигельные печи повышенной и высокой частоты. Для получения отливок из высококачественных сталей применяют электрошлаковый переплав и вакуумные электропечи.

При плавке цветных сплавов наибольшее применение получили индукционные тигельные и канальные электропечи, печи сопротивления. Газовые печи, могут использоваться также печи на мазуте. Для плавки алюминия газовые печи имеют ряд преимуществ, в том числе простоту в изготовлении и обслуживании, высокую производительность и надежность, но как недостаток необходимо отметить повышенный угар и невозможность вести дополнительные металлургические процессы. Для плавки бронзы и латуни наиболее эффективны индукционные канальные печи.

Составление баланса металла.

Расчет плавильных агрегатов начинается с определения необходимого объема металлозавалки по отдельным маркам металла (баланса). В массовом производстве при постоянной номенклатуре расход металла определяется по-детальным расчетом отливок. Вес металлозавалки складывается из веса годного литья на программу, веса металла литниковых систем, расхода металла на брак и угар и безвозвратных потерь.

Брак отливок зависит от характера литья, рода металла, вида производства. При проектировании процент брака устанавливается по опыту работы базового цеха (2-4 %). Угар и безвозвратные потери зависят только от рода металла и вида плавильного агрегата и приведены в табл. 2.1.

Годовой расход металла на годные отливки, литниковые системы и

брак принимается по ведомости расчета количества и веса отливок на годовую программу.

В мелкосерийном и индивидуальном производстве при отсутствии подетально разработанной технологии изготовления отливок потребность в металлозавалке определяется укрупненным расчетом. Основным показателем при расчете является выход годных отливок, который зависит от рода металла, отрасли промышленности и характера литья (мелкое, среднее, крупное). При укрупненном расчете программа выпуска отливок разбивается на весовые группы (см. приложение 1, табл. 1, 2).

Потребность металлозавалки определяется по каждой весовой группе. Выход годных отливок для каждой группы различный и приведен в приложении 1, табл. 3.

Таблица 2.1

Средний угар и безвозвратные потери в плавильных печах			
Род металла	Плавильный агрегат	Угар и безвозвратные потери завалке, %	
		основной процесс	кислый процесс
Серый чугун	Вагранка	-	5,0
	Индукционная печь	-	2,0
Ковкий чугун	Вагранка	-	6,0
	Вагранка + электропечь	-	8,0
Стальное литье	Электропечь	4,0	5,0
	Электропечь постоянного тока	1,5	2,0
	Индукционная печь	2,0	3,0

Вес металлозавалки каждой группы определяется по формуле

$$Q_{в.гр} = \frac{Q_{г}}{K} \times 100, \quad (2.1)$$

где $Q_{в.гр}$ – вес металлозавалки на программу весовой группы, т; $Q_{г}$ – вес годного литья на программу весовой группы, т; K – выход годного литья по данной весовой группе, %.

Вес металлозавалки на программу литья складывается из суммы весов металлозавалки отдельных весовых групп. Составляющие баланса металла рассчитываются в процентах и массовых единицах (т/год) и представляются по форме, приведенной в табл. 2.2.

Пример расчета баланса металла для цеха производительностью 20 тыс. тонн в год приведен в табл. 2.3.

Для точного расчета количества плавильных агрегатов целесообразно применять следующую методику:

1. Первоначально ведется расчет потерь металла, который производится на основе опыта работы и расчетных и нормативных данных. В результате

расчета должна быть определена в процентах сумма безвозвратных потерь металла от общей суммы металлозавалки при полном цикле передела. Примеры подробного расчета приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.2

Годовой баланс металла													
Наименование отливки	Марка сплава	Годное литье		Технологические отходы				Жидкий металл		Безвозвратные потери		Металлозавалка	
				литники, прибыли		металл бракованных отливок (общий брак)							
		%	т	%	т	%	т	%	т	%	т	%	т

Таблица 2.3

Годовой баланс металла													
Наименование отливки	Марка сплава	Годное литье		Технологические отходы				Жидкий металл		Безвозвратные потери		Металлозавалка	
				литники, прибыли		металл бракованных отливок (общий брак)							
		%	т	%	т	%	т	%	т	%	т	%	т
Ползун	25Л	60	4000	31	2067	4	266	95	6333	5	333	100	6666
Барaban	25Л	60	4000	31	2067	4	266	95	6333	5	333	100	6666
Диск	25Л	60	4000	31	2067	4	266	95	6333	5	333	100	6666
Кронштейн	35Л	60	4000	31	2067	4	266	95	6333	5	333	100	6666
Шкив	35Л	60	4000	31	2067	4	266	95	6333	5	333	100	6666
Итого			20000		10335		1330		31665		1665		33330
В т.ч.	25Л 35Л		12000 8000		6201 4134		798 532		18999 12666		999 666		19998 13332

Таблица 2.4

Расчет потерь металла		
Статьи потерь (расходы)	Плавка чугуна тигельная печь + начальный миксер, потери, % от металлозавалки	
	СЧ	КЧ

Загрязненность шихты	1,0	1,0
Окисленность шихты	0,5	0,5
Угар при плавке	1,5	1,5
Угар в миксере	0,5	0,6
Угар при заливке	0,3	0,4
Потери:		
со шлаком	0,2	0,2
с формовочной смесью	0,1	0,1
при очистке отливок	0,5	0,8
при отжиге	-	0,2
при обрубке литников	0,2	0,5
при заточке и обработке	1,0	1,0
Прочие	0,2	0,2
Всего	6,0	7,0

2. Расчет баланса металла. В результате этого расчета должны быть определены в процентах к металлозавалке и в массовых единицах (т/год) составляющие баланса металла. Баланс металла может быть представлен следующей таблицей (табл. 2.5). Пример приведен для плавки чугуна тигельная + канальная печи для автомобильных отливок. В табл. 2.6 приведен баланс металла алюминиевого автомобильного литья.

Таблица 2.5

Расчет баланса металла

Сплав	Годные отливки (выход годного), %	Возврат (брак, литники, сливы), %	Угар в миксере, %	Угар и другие потери при заливке, %	Прочие потери, %	Жидкий металл, %	Угар и потери при плавке, %
СЧ	63,5	30,5	0,5	0,5	2,0	97,0	3,0
КЧ	56,4	36,6	0,6	0,6	2,8	97,0	3,0

Таблица 2.6

Расчет баланса металла

Вид литья	Годные отливки (выход годного), %	Возврат (брак, литники, сливы), %	Прочие потери, %	Жидкий металл, %	Потери при плавке, %
ЛПД	56,0	39,0	2,0	97,0	3,0
Кокиль	63,0	31,0	3,0	97,0	3,0

Выход годного зависит от сплава, массы и сложности отливки, принятой технологии изготовления литой заготовки, используемого плавильного агрегата.

3. Расчет расхода жидкого металла. В результате расчетов этого этапа должно быть определено количество потребного жидкого металла в час в целом, на каждую линию заливки (формовки), а также на каждую линию с учетом максимально возможного потребления.

4. Расчет потерь времени работы плавильного оборудования. Как уже отмечалось, паспортная производительность оборудования в эксплуатации

достигается очень редко из-за различных потерь. Эти потери при плавке должны быть определены в процентах или часах. Ниже приведены примеры подобных потерь.

Потери при лавке чугуна в тигельной печи, %:

1. Отсутствие шихты	3
2. Простой кранов	4
3. Простой системы подогрева	5
4. Нарушение и исправление химического состава	4
5. Текущий ремонт печи и прочие	8
ИТОГО	24 %

Потери при плавке алюминиевых сплавов в газовой печи, %:

1. Отсутствие шихты	3
2. Простой загрузочных средств	3
3. Простой системы транспортировки металла	1
4. Горячий ремонт и прочие	3
ИТОГО	10 %

5. Расчет действительной производительности плавильного агрегата.

Первоначально проводится расчет истинного времени плавки порции металла от загрузки до окончания слива расплава из печи с учетом времени всех операций цикла плавки.

Пример, плавка порции 12 тонн серого чугуна в индукционной тигельной печи емкостью 60 тонн включает в себя время:

- на плавку	18 мин
- на снятие шлака	3 мин
- на загрузку шихты и слив порции металла	3 мин
ИТОГО	24 мин

Пример, плавка 14 тонн алюминиевого сплава в газовой печи емкостью 27 тонн включает в себя время:

- на загрузку и плавку	2 ч 32 мин
- на подачу флюсов и наводку	14 мин
- на скачивание шлака	15 мин
- на слив металла	14 мин
ИТОГО	3,25 ч

На основании полученных результатов определяется истинная (расчетная) производительность печи. В приведенных примерах:

для чугуна

$$\frac{12 \times 60}{24} = 30 \text{ т/ч};$$

для алюминия

$$\frac{14}{3,25} = 4,3 \text{ т/ч.}$$

Затем, исходя из конкретных условий и порядка проектирования, определяется показатель производительности, принятой для расчетов.

6. Расчет количества плавильных агрегатов. Расчет проводится, исходя из данных, полученных вышеприведенными расчетами, т.е. исходя из потребного количества металла в час, расчетной производительности и расчета потерь.

Пример расчета для плавки чугуна

$$\frac{K}{30 \times 0,76},$$

где K – потребное количество металла, т/ч; 30 т/ч – расчетная производительность; 0,76 – коэффициент потерь (24 %).

Расчет по годовой потребности (в случае невозможности или трудности проведения предварительных расчетов). В этом случае расчеты ведутся по общепринятой методике с использованием нормативных коэффициентов, учитывающих потери и неравномерность работы печей.

7. Проверочный расчет. Проверочные расчеты проводятся по максимально возможному потреблению исходя из производительности формовки и металлоемкости формы.

8. Определение количества агрегатов подогрева шихты. Подогрев шихты обеспечивает безаварийную загрузку шихты в горячую печь на «болото» в печи, повышает производительность электроплавки и экономию электроэнергии, так как подогрев ведется горением газа. Количество агрегатов подогрева шихты можно определить по общепринятой методике. Однако, правильнее проводить не расчет, а выбор на основании расчета количества плавильных агрегатов. В этом случае обеспечивается ритмичная и эффективная работа плавильного отделения. Количество агрегатов шихты должно быть равным или большим в 2-3 раза количества плавильных печей с производительностью на 10-15 % выше.

9. Определение количества миксеров. Количество миксеров также целесообразно не рассчитывать, а выбирать исходя из количества и производительности плавильных печей. Целесообразно для цехов массового и крупносерийного производства устанавливать на каждую плавильную печь свой миксер. В целом же следует ориентироваться на суммарный объем миксеров в 1,2-2,0 раза больший, чем объем плавильных агрегатов при производительности на 12-15 % выше.

Расчет плавильных отделений включает в себя расчет шихты и потребности в шихтовых материалах. Для определения состава шихты необходимо учитывать особенности плавильного агрегата и экономическую целесообразность. При этом необходимо наиболее полно использовать возврат собственного производства, стружку, скрап и лом. Состав шихты должен быть определен в процентах в общей массе металлозавалки, а также в массовых единицах

(тоннах) в год, а при необходимости в смену.

Затем производится расчет шихты по количеству вносимых химических элементов с учетом угара и других потерь, результаты этого расчета сравниваются с требованиями ГОСТ или ТУ.

При определении состава шихты необходимо учитывать особенности плавильного агрегата и экономическую целесообразность. При этом необходимо наиболее полно использовать возврат собственного производства, стружку, скрап и лом. Состав шихты должен быть определен в процентах в общей массе металлозавалки, а также в массовых единицах (тоннах) в год и при необходимости в смену.

При проектировании плавильных отделений необходимо учесть особенности их работы, заключающиеся в том, что при параллельном режиме работы жидкий металл необходим к началу смены, что обеспечивается различными организационными мерами, включая дополнительную смену (или полсмены). В табл. 2.7 приведен пример подобного расчета шихты.

Другой особенностью плавильного отделения является необходимость периодического ремонта плавильных агрегатов с их достаточно длительной остановкой. Кроме того, необходимо учитывать особенности запуска большинства плавильных агрегатов.

В табл. 2.8, 2.9, 2.10 приведены расчеты шихты, огнеупорных и флюсообразующих материалов для стали 25Л и 35Л.

Расчет вместимости и количества плавильного оборудования.

Анализ номенклатуры производимых отливок позволяет установить требования по качеству к выплавляемому сплаву, что определит тип плавильного агрегата для обеспечения металла требуемого качества, который должен быть выбран на основе анализа, изложенного выше, с учетом того, что приведенные затраты должны быть минимальными, сам процесс экологически чистым, а условия труда отвечать санитарно-гигиеническим нормам.

После выбора типа агрегата необходимо установить его вместимость и производительность.

Лучшие технико-экономические показатели процесса имеют печи большей садки и, следовательно, они являются экономичными. С точки зрения организации производства, особенно при непрерывном его характере (конвейеры, автоматические линии), необходимо бесперебойно и равномерно обеспечивать формовочно-заливочно-выбивное отделение жидким металлом. Это лучше всего достигается при частых выпусках плавки, то есть на печах малой вместимости, или при применении промежуточного буфера – миксера, на печах большой вместимости. При установке в плавильном отделении печей малой вместимости возрастает количество обслуживающего персонала, а также затраты на эксплуатацию. Однако с увеличением вместимости индукционной печи 6 т и более приведенные затраты изменяются незначительно и

применение печей садкой более 6 т не дает большой экономической выгоды.

На основании этого сравнения можно установить ближайшую вместимость печи или типоразмер вагранки. Важно отметить, что часто дальнейший рост производительности литейного цеха при использовании более производительного технологического оборудования или применении высокопроизводительного процесса сдерживается отсутствием резервных мощностей плавильного отделения. Нарращивание его мощности может сдерживаться отсутствием свободных производственных площадей, большими капитальными затратами на реконструкцию отделения или строительство дополнительной печи, а также зачастую ограниченной мощности электроснабжения.

Таблица 2.7

Расчет шихты для плавки стали 35Л

Наименование компонентов шихты	Химический состав компонентов, %					% в шихте	Вносятся в шихту, %				
	C	Mn	Si	P	S		C	Mn	Si	P	S
Стальной скрап	0,20	0,50	0,20	0,03	0,03	41,70	0,09	0,22	0,09	0,02	0,01
Стальной брикет	0,20	0,50	0,20	0,03	0,03	11,60	0,03	0,06	0,03	0,01	0,01
Собственный возврат	0,35	0,65	0,40	0,04	0,03	44,00	0,14	0,25	0,12	0,01	0,01
Чушковый чугун	4,25	0,70	1,60	0,06	0,02	0,20	0,01			0,01	
Ферромарганец	7,00	78,00	2,00			0,60	0,04	0,47	0,01		
Углерод	98,00					0,10	0,10				
Угар						Итого	0,41	1,00	0,25	0,05	0,03
						Угар	0,21	0,93	0,25	0,01	
						Остаток	0,20	0,07		0,04	0,03
Добавки ферросплавов											
Ферромарганец	7,00	78,00	2,00			0,75	0,05	0,58	0,01		
Ферросилиций			49,00			0,80			0,39		
Углерод (графит)	98,00					0,11	0,10				
Алюминий						0,14					
						В металле	0,35	0,65	0,40	0,04	0,03
Угар и потери : %											

Поэтому при проектировании плавильного отделения всегда необходимо предусматривать резервные мощности с учетом дальнейшего развития цеха.

Таблица 2.8

Годовой расход шихтовых материалов

Наименование составляющих шихты	Нормативный документ (ГОСТ)	Количество составляющих				Итого металлозавалка, т
		25Л		35Л		
		%	т	%	т	
Лом стальной марки 2А	2787-86	58,72	11743	58,82	7842	19585
Возврат собственного производства		40,00	7999	39,86	5314	13313
Чугун литейный П2 гр. II класс А категория III	805-95	0,31	62	0,32	43	105
Ферромарганец ФМн75	47755-91	0,49	98	0,52	69	167
Ферросилиций ФС45	1415-93	0,48	96	0,48	64	160
Итого		100,00	19998	100,00	13332	33330

Таблица 2.9

Годовой расход огнеупоров для ремонта печей и ковшей

Наименование материала	Назначение материалов	Марка сплава	Годное литье, т	Расход материалов	
				на тонну, кг	на годовой выпуск, т
Кирпич динасовый	Футеровка свода печи	25Л	12000	11	1320
Кирпич шамотный	Ремонт ковшей			25	3000
Кирпич изоляционный	Теплоизоляция			1	120
Песок кварцевый	Футеровка пода и стен печи			2	240
Кирпич динасовый	Футеровка свода печи	35Л	8000	11	880
Кирпич шамотный	Ремонт ковшей			25	2000
Кирпич изоляционный	Теплоизоляция			1	80
Песок кварцевый	Футеровка пода и стен печи			2	160

В случае невозможности использовать весь металл для заливки форм при выплавке чугуна можно использовать миксер. Вместимость миксера можно принять на основании данных табл. 2.10 или табл. 2.12, но и в этом случае нельзя иметь только один миксер, желательно иметь их в цехе хотя бы два.

Расчет количества плавильных агрегатов.

Расчет производится исходя из данных, полученных вышеприведенными

ми расчетами, т.е. исходя из потребного количества металла в час, расчетной производительности и расчета потерь.

Таблица 2.10

Годовой расход огнеупоров для ремонта печей и ковшей					
Наименование материала	Назначение	Марка сплава	Металло-завалка, т	Расход	
				% от металло-завалки	на годовую программу, т
Рудные окатыши	Окисление	25Л	19998	2,5	500
		35Л	13332	2,5	333
Итого			33330		833
Известь	Разжижение шлака	25Л	19998	2,0	400
		35Л	13332	2,0	267
Итого			33330		667
Песок кварцевый	Образование шлака	25Л	19998	2,5	500
		35Л	13332	2,5	333
Итого			33330		833

Таблица 2.11

Техническая характеристика индукционных печей для получения чугуна				
Тип плавильной печи	Вместимость печи, т	Мощность печи по трансформатору (преобразователю), кВт	Частота тока, Гц	Расчетная скорость плавки (перегрев на 100°С), т/ч
ИЧТ-1	1,0	400	50	0,6
ИЧТ-2,5	2,5	1000	50	1,7
ИЧТ-6	6,0	1600	50	2,7
ИЧТ-10	10,0	2500	50	2,4
ИЧТ-21	21,0	5600	50	11,3
ИЧТ-31	31,0	7100	50	14,2
ИЧТ-60	60,0	20000	50	33,6

Таблица 2.12

Техническая характеристика тигельных миксеров			
Тип плавильного агрегата	Вместимость тигля, т	Мощность по трансформатору, кВт	Расчетная скорость перегрева на 100 К, т/ч
ИЧТМ-1	1,0	180	2,8
ИЧТМ-2,5	2,5	400	4,2
ИЧТМ-6	6,0	400	7,0
ИЧТМ-10	10,0	1000	17,0
ИЧТМ-16	16,0	1600	22,0

Количество печей определяется по формуле:

$$N_p = \frac{Q_r \times K_n}{E_n \times \Phi_d}, \quad (2.2)$$

где Q_r – годовое количество жидкого металла, т; K_n – коэффициент неравно-

мерности потребления жидкого металла; E_n – производительность печи, т; Φ_d – годовой фонд времени работы печи, ч.

Коэффициент загрузки определяется по формуле:

$$\eta_z = \frac{N_p}{N_{np}} \quad (2.3)$$

Количество электрических печей, которое необходимо установить в цехе, может быть рассчитано по формуле

$$N_{эн} = \frac{Q_r \times \tau \times K_n}{E_n \times \Phi_d},$$

где Q_r – годовое количество шихты по балансу металла, т; E_n – емкость печи, т; τ – продолжительность одной плавки, ч; K_n – коэффициент неравномерности (обычно $K_n = 1,2$).

Данные расчета приведены в табл. 2.13.

Таблица 2.13

Данные расчета количества плавильных печей

Наименование плавильных работ	Марка сплава	Годовая программа по заалке	Наименование и тип плавильных печей	Емкость печи, т	Цикл одной плавки, ч	Часовая производительность печи, т/ч	Действительный годовой фонд времени печи, ч	Коэффициент неравномерности потребления жидкого металла	Число печей по расчету	Принятое число печей	Коэффициент загрузки

Технические характеристики плавильных агрегатов можно найти в литературе [10].

Выбор вместимости разливочного ковша и расчет их парка.

Нормальная организация работ в плавильном отделении невозможна без оптимального количества разливочных ковшей, служащих для приема плавки, кратковременного хранения, перемещения и заливки расплава.

Для перемещения ковша должно быть запроектировано соответствующее грузоподъемное и транспортное оборудование – монорельс с ручным или электрическим приводом, электрифицированными монорельсовыми тележками, кран-балками или мостовыми кранами соответствующей грузоподъемно-

сти.

Вместимость заливочного ковша определяется, в первую очередь, максимальной металлоемкостью формы и может быть равна или кратна ей. Если таких отливок изготавливается несколько штук в год, тогда заливка самой крупной формы осуществляется из двух или даже трех ковшей, которые могут заполняться из различных плавильных печей. Вместимость ковша определяется также видом сплава, типом плавильного агрегата (с непрерывной, периодической или дискретной выдачей). Выпуск металла из сталеплавильной печи обычно осуществляется дискретно с полным опорожнением печи, поэтому вместимость различного ковша должна быть равна вместимости печи и даже несколько превышать ее, с учетом возможного незначительного перегруза печи.

В чугунолитейных и цветно-литейных цехах с непрерывно работающими печами выпуск металла осуществляется в промежуточную емкость – миксер-копильник с последующей раздачей по заливочным ковшам. В этом случае вместимость разливочного ковша будет определяться числом возможных заливок литейных форм. Для разлива цветных сплавов непосредственно у кокильных станков или машин литья под давлением устанавливаются раздаточные печи, и разливка в формы ведется в этом случае черпаком, равным металлоемкости формы.

Число заливок, как указывалось ранее, для стальных отливок не может составлять более 6-8, а для чугуна до 10-12. Зная среднюю металлоемкость формы, можно установить вместимость разливочного ковша, перемножив металлоемкость формы на число заливок. Вместимость ковша должна быть принята стандартной, ближайшей к расчетной величине.

Различают три типа ковшей – конические (носковые и чайниковые), стопорные и барабанные. Наиболее подробные сведения о стандартных сталеразливочных ковшах можно найти в ГОСТ 7358-78.

Для других ковшей кранового и монорельсового типа основные параметры (вместимость; масса с траверсой, механизм поворота и футеровкой; габаритные размеры; высота от низа конструкции ковша до оси поворота, которая предотвращает самопроизвольное опрокидывание ковша с металлом; расстояние от носка ковша до оси поворота) приведены в нормативных данных.

В цехе желательно иметь один тип ковшей для того, чтобы облегчить уход за ними и создать приспособления для ремонта футеровки и сушки ковша, однако в цехах с разнообразной номенклатурой приходится иметь несколько типов ковшей различной металлоемкости. Предпочтение следует отдавать чайниковым и барабанным ковшам как имеющим минимальные потери тепла.

При расчете необходимого парка ковшей разной вместимости исходят из времени оборота ковша, которое складывается из времени заполнения ковша металлом, транспортировки его до места заливки, времени разлива ме-

талла, возвращения ковша под новое заполнение, слива остатка и ожидания заполнения ковша. Таким образом, зная по технологической карте основной параметр – время заполнения литейной формы и организацию работ в цехе, можно установить время оборота ковша, а также часовую производительность ковша по заливке. Сравнив эту цифру с потребным количеством металла на заливку полученных форм в час, определяем число ковшей, необходимых для обеспечения металлом данного потока, по выражению

$$n'_k = \frac{q'_{Me} \times \tau_{ц.к} \times K_n}{q_k},$$

где n'_k – число ковшей определенной металлоемкости, находящихся одновременно в работе, шт.; q'_{Me} – потребность в металле для заполнения готовых форм из такого ковша, кг/ч; $\tau_{ц.к}$ – время оборота (цикла) работающего ковша, ч; q_k – металлоемкость ковша, используемая на заполнение литейных форм, кг; K_n – коэффициент неравномерности потребления металла под заливку.

Потребность в металле будет определяться производительностью литейной линии или конвейера, и если в цехе один формовочный поток, то она будет равна q'_{Me} часовой потребности цеха в металле. Время оборота ковша определяется нормированием в соответствии с вышеописанным циклом и будет зависеть не только от вместимости ковша, но и от длины пути пробега от печи до места заливки. Коэффициент неравномерности потребления металла для ковша будет больше, чем при расчете количества плавильных печей, и если с запасом можно брать в пределах 1,3-1,7. Металлоемкость ковша, используемая для заполнения литейных форм, будет определяться числом залитых форм и металлоемкостью каждой из них. Фактическое заполнение ковша должно идти с некоторым избытком, чтобы не допустить недолива литейной формы. Этот избыток затем сливается в емкость и в виде слива возвращается в шихту.

Работающий ковш постепенно выходит из строя из-за механического разрушения футеровки носка, краев, а также разъедания внутренней футеровки металлом и шлаков. Поэтому периодически ковш возвращается на перефутеровку. Ломается рабочий слой кладки или набивки, очищается горловина ковша и затем восстанавливается первоначальная футеровка. Ковш подвергается сушке, разогреву и после этого включается в работу. Значит, для проведения ремонта нужно иметь резервные ковши.

Длительность ремонтного цикла ковша обычно невелика и связана с вместимостью, методом восстановления футеровки, длительностью сушки и разогрева ковша. Она колеблется от 8 до 16-18 ч. Ремонтный цикл также зависит от технологии, принятой на данном предприятии, и вида заливаемого сплава, возрастая при подготовке ковшей для заливки чугуна и особенно стали. В ряде случаев мелкий ремонт ковша – подмазка носка, снятие скардовин с горловины осуществляется в процессе рабочего цикла ковша. В то же время

в стопорных ковшах после каждой плавки меняют разливочные стаканы и стопора, что удлиняет цикл оборота ковша.

Рабочий цикл ковша от ремонта до ремонта складывается из длительности оборота ковша и числа наливов, которые выдерживает его футеровка. В зависимости от стойкости футеровки меняется число межремонтных циклов в течение года, и обычно принимается среднекалендарное время межремонтного цикла ковша, то есть устанавливается среднее число ремонтов. Например, на ВАЗе стойкость ковшей для разливки серого чугуна составляет примерно 2 месяца или 6 ремонтов в год. Ковши имеют набивную муллитовую футеровку с применением в качестве связующего ортофосфорной кислоты. Ковши, используемые для разливки высокопрочного чугуна, выдерживают лишь около 0,5 месяцев, а иногда и меньше. Таким образом, ковш проходит 24 ремонта в год.

Число ковшей, постоянно находящихся в ремонте в течение года, устанавливается по формуле

$$n_{к.р} = \frac{n_k \times \tau \times n_p \times K_n}{\Phi_p},$$

где $n_{к.р}$ – число ковшей, постоянно находящихся в ремонте в течение года, шт.; n_k – число ковшей, находящихся одновременно в работе, шт.; τ – общая длительность ремонтного цикла ковша, ч; n_p – число ремонтов ковша в год, шт.; K_n – коэффициент неравномерности поступления ковшей в ремонт; Φ_p – фонд рабочего времени ремонтных рабочих, ч.

Кроме того, необходимо иметь резервные ковши на случай аварийного выхода их из строя. Число резервных ковшей не должно быть меньше двух, а при большом числе одновременно работающих ковшей составлять 15-20 % от их числа.

Расчет необходимого парка ковшей сводится к заполнению табл. 2.14.

Таблица 2.14

Расчет парка ковшей									
Вместимость ковша, кг	Оборот ковша, мин.	Количество металла, заливаемого из ковшей данного типа, кг/ч	Длительность работы ковша до смены футеровки, ч	Производительность одного ковша, кг/ч	Число работающих ковшей в смену, шт.	Длительность ремонтного цикла, ч	Число ковшей, шт.		
							в ремонте	в резерве	общее

Контрольные вопросы.

1. Какие операции выполняются на плавильном участке?

2. Какие расчеты осуществляют при проектировании плавильных отделений?
3. Какое оборудование в плавильном отделении предусмотрено для подготовки шихты?
4. На чем основан выбор типа плавильного агрегата для фасонного сталелитейного производства стали в зависимости от развеса литья и масштаба производства?
5. Типы плавильных агрегатов, применяемых в цехах серого чугуна, их достоинства и недостатки?
6. Как осуществляется выбор конструкции и емкости печи?
7. Как организован технологический контроль на плавильном участке.
8. В каких случаях плавку ведут дуплекс-процессом.
9. Что такое коэффициент загрузки плавильного агрегата, каким он должен быть для плавильного оборудования.
10. Какие расчеты необходимо произвести для выполнения проекта плавильного отделения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3.

ТЕМА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФОРМОВОЧНО-ЗАЛИВОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Цель – освоение методики выбора и расчета технологического оборудования для изготовления форм.

Теоретическое введение

Формовочное отделение является основным в составе любого литейного цеха, так как на нем замыкается работа целого ряда основных отделений цеха – плавильного, стержневого, смесеприготовительного и ряда вспомогательных. Оно обеспечивает отливками финишное отделение цеха - термообрубное.

Нормы проектирования предусматривают объединение в одно отделение участков формовки, заливки и выбивки, состав таких отделений следующий.

1. Формовочные участки, включающие в себя формовку верхних и нижних полуформ, изготовление литниковой чаши, сушку и окраску полуформ, сборку форм.
2. Участок простановки стержней.
3. Заливочный участок.
4. Участок охлаждения отливок, в том числе в опоках, без опок, на одной или нескольких ветвях конвейера на плацу.
5. Участок выбивки, включая предварительную прошивку, выдавлива-

ние «кома» из опок, выбивку на решетках и совмещение выбивки с очисткой.

6. Подъемно-транспортные устройства и системы, в том числе: для подачи стержней; для подачи формовочной смеси; для транспортировки отливок; для уборки отработанной смеси и просыпей; транспорт для смены оснастки; литейные конвейеры формовки, заливки и охлаждения отливок и пустых опок; другие системы.

7. Склад модельно-опочной оснастки.

8. Лаборатории: химическая и испытания формовочных материалов и смесей.

9. Участок обработки новой технологии (экспериментальный участок).

В состав формовочного отделения может входить смесеприготовительный участок со складом формовочных материалов и участком подготовки отработанной смеси.

Экспериментальный участок оснащается формовочным и стержневым оборудованием, аналогичным установленному в цехе, смесителями, выбивными решетками и имеет заливочный плац. Он предназначен для отработки новой и усовершенствованной технологии и подготовки в производство новых отливок.

Выбор технологического процесса изготовления форм и расчет технологического оборудования.

При проектировании формовочных отделений и участков первоначально проводят выбор метода изготовления форм и организации формовки. При этом учитывается экономическая целесообразность, анализ номенклатуры, серийность производства и другие факторы. На основании принятых решений выбирается основное (формовочное) и вспомогательное технологическое оборудование или автоматические литейные линии формовки [14]. Расчет количества оборудования ведется по описанной методике с учетом всех возможных потерь и времени на замену оснастки. При этом необходимо учитывать, что литейные автоматические линии имеют, как правило, низкий (до 0,5) коэффициент использования (загрузки).

При проектировании заливочных участков необходимо особое внимание уделить автоматизации заливки и точности расчетов, чтобы избежать простоев формовочных конвейеров по вине заливки.

Наибольшее распространение в практике получили технологии изготовления литейных форм из песчано-глинистых смесей.

Для изготовления разовых песчано-глинистых форм применяют формовочные машины, используют различные процессы уплотнения смесей.

В конвейерных литейных цехах формовочные машины могут устанавливаться внутри конвейера, если размеры опок не превышают 800×700×350 мм, или снаружи при больших размерах опок. В первом случае сборку форм производят на конвейерных тележках, во втором – на специальных столах (рольгангах), с которых собранные формы краном передаются на

конвейер.

Для крупносерийного и массового производства применяют следующие типовые процессы: безопочная формовка с горизонтальным и вертикальным разъемом, опочная с отдельной формовкой и выбивкой верха и низа, заливка и охлаждение на удлиненно движущемся конвейере – для среднего литья; опочная с применением опок с крестовинами и выемкой отливок из нижних полуформ – для крупного литья.

В настоящее время на формовочных агрегатах линий применяются все прогрессивные процессы уплотнения смесей; в последние годы созданы линии на основе принципиально новых процессов: вакуумно-пленочной и импульсной формовки, формовки взрывом и т.д. При оценке производительности линии следует иметь в виду, что рабочая площадь формы на современных линиях возрастает до 1,2-1,5 м² при производительности линии до 200-250 форм/ч.

Для мелкосерийного и серийного производства среднего литья – опочная формовка на формовочных автоматах с быстрой или автоматической сменой моделей в цикле линии, заливка и охлаждение формы на рольганговых линиях с варьруемыми параметрами и продолжительностью операций.

Наиболее перспективными автоматическими литейными линиями в настоящее время следует признать гибкие линии, предназначенные для производства широкой номенклатуры разнообразных по габаритам и точности отливок. В этих линиях используются комбинированные методы уплотнения форм (нижнее прессование в сочетании с воздушно-импульсным воздействием на смеси). В состав линии входят карусельный четырехпозиционный автомат и три гибкосвязанных между собой участка: отделки и сборки форм; заливки, охлаждения и выбивки отливок; очистки и подачи пустых опок к формовочному автомату. При этом используются дискретные транспортные системы (рольганговые и тележечные).

При крупносерийном и массовом производстве в качестве основного формообразующего агрегата может быть выбрана автоматическая литейная линия как опочной, так и безопочной формовки. Краткое описание типов литейных линий можно найти в литературе [8-9], где приведены технические характеристики линий для серийного и даже мелкосерийного производства с использованием быстросменной модельной оснастки.

Имеются зарубежные автоматические литейные линии, разнообразные по габаритам опок и производительности, фирм Georg Ficher, Herman, Kunkel Wagner, Wohz, BMD, Disa, SPO и др.

Интерес представляют линии фирмы Disa, на них используется безопочная формовка, и отливают широкую номенклатуру отливок разнообразной сложности и габаритов. Имеется большая гамма таких линий, отличающихся главным образом габаритами кома формовочной смеси и наличием некоторых периферийных устройств.

Расчету технологического оборудования формовочного отделения пред-

шествует составление производственной программы (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Годовая программа формовочного отделения									
Наименование деталей	Марка сплава	Годовое количество деталей, шт.	Масса		Габаритные размеры опок, мм	Количество отливок в форме, шт.	Масса отливок в форме, кг	Металлоемкость формы, кг	Годовое количество форм, шт.
			отливки, кг/одной	программу, т/на годовую					

Количество формовочных машин $N_{ф.м}$, необходимое для оснащения конвейера, можно рассчитать по формуле

$$N_{ф.м} = \frac{n_{ф}}{(\Phi_{д} - t_{м}) \times q_{ф.м}}$$

где $n_{ф}$ – количество форм, необходимое на годовую программу, с учетом брака в литейном цехе (определяется по ведомости технологических процессов); $\Phi_{д}$ – действительный годовой фонд времени работы машин, ч; $t_{м}$ – годовое время, необходимое для смены модельной оснастки ($t_{м} = npb$); $q_{ф.м}$ – фактическая часовая производительность машин, форм/ч; n – число наименований отливок на годовую программу; p – число партий отливок по каждому наименованию; b – время, затрачиваемое на замену модельной плиты, ч.

Необходимое количество автоматических линий $N_{ф.л}$ для производства данного размерного ряда отливок можно рассчитать по формуле

$$N_{ф.л} = \frac{Q \times 1000}{q_{ф.л} \times m_{отл} \times \Phi_{д} \times \eta}$$

где Q – проектная мощность размерного ряда, т/год; $q_{ф.л}$ – производительность формовочного автомата, форм/ч; $m_{отл}$ – средняя масса отливки в форме, кг; $\Phi_{д}$ – действительный годовой фонд работы линии, ч; η – коэффициент загрузки оборудования ($\eta = 0,85-0,90$).

Для расчета количества формовочных линий, конвейеров, поточных и автоматических линий заполняются специальные ведомости. В табл. 3.2 приведена ведомость расчета по укрупненным данным.

Пример расчета формовочного отделения литейного цеха.

В табл. 3.3 приведен пример расчета ведомости формовочного отделе-

ния сталелитейного цеха мощностью 20 тыс. тонн в год.

Проектируемый цех является цехом мелкого литья, серийного производства выпускающего отливки для нужд автомобилестроения. Исходя из этого, для изготовления форм выбираем автоматическую формовочную линию модели ИЛ225Л с размерами опок 900×600×125/250 и металлоемкостью формы до 70 кг. Формы изготавливают методом встряхивания с допрессовкой.

Таблица 3.2

Тип машины, конвейера, линии	Размер опок в свету, мм	Средняя металлоемкость формы, кг	Количество форм, шт.		Производительность формовочного агрегата, форм/ч	Количество агрегатов, шт.		Коэффициент загрузки
			в год	в 1 ч		по расчету	принятое	

Таблица 3.3

Наименование отливок	Годовое количество отливок, шт.	Масса отливок		Количество отливок в форме, шт.	Годовое количество форм, шт.
		одной, кг	на программу, т		
Ползун	244706	17	4160	2	122353
Барaban	208000	20	4160	2	104000
Диск	166400	25	4160	2	83200
Кронштейн	277333	15	4160	3	92444
Шкив	244706	17	4160	2	122353
Итого	1141145				524350

Расчет необходимого количества линий ведется по вышепринятой методике (2.1). Данные расчета сводятся в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Наименование и тип формовочного оборудования	Металлоемкость формы, кг	Цикловая производительность линии, форм/ч	Действительный годовой фонд времени, ч	Коэффициент неравномерности потребления форм	Число линий по расчету	Принятое число линий	Коэффициент загрузки

Контрольные вопросы

1. Какие участки включены в формовочное отделение.
2. Назовите последовательность операций на автоматических формовочных линиях.
3. Назовите способы изготовления форм.
4. Что такое разовая песчано-глинистая форма.
5. Какие факторы учитываются при выборе метода изготовления форм.
6. Какие процессы уплотнения применяются при изготовлении разовых песчано-глинистых форм.
7. Какие позиции включает ведомость технологического процесса изготовления форм.
8. Что лежит в основе расчета площадей формовочных отделений.
9. На основании чего осуществляется выбор формовочного технологического оборудования.
10. Что такое гибкие формовочные линии и в чем их преимущество.
11. Какими подъемно-транспортными устройствами и системами оснащают формовочные отделения.
12. Что такое система укрупненных показателей, когда ее принимают для расчетов формовочных отделений.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4.

ТЕМА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТЕРЖНЕВОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Цель – освоение методики выбора и расчета технологического оборудования для изготовления стержней.

Теоретическое введение

В стержневом отделении выполняются операции изготовления, покраски, сушки, зачистки и сборки стержней, их контроль, комплектовка. На площадях стержневого отделения размещаются каркасный участок, склады для суточного хранения стержневых ящиков, плит и сухих стержней. Объем стержневых работ зависит главным образом от сложности отливок, т. е. количества и веса стержней на 1 т годного литья, а выбор метода изготовления стержней и оборудования – от серийности номенклатуры.

Состав современного стержневого отделения включает в себя, как правило: участок изготовления стержней; участок сушки стержней, в т.ч. досушки крупных стержней, отверждаемых в оснастке (ХТС, ГТС); участок ремонта, отделки и сборки стержней; участок окраски стержней; склад стержней и системы их транспортировки с участка на участок и на сборку; участок приготовления стержневых смесей; склад стержневой оснастки; участок изготовления каркасов и жеребеек, лаборатории: химическая и испыта-

ния формовочных смесей и материалов. В состав отделения, или в состав всего цеха может входить участок регенерации стержневых смесей.

Структурно-технологическая схема стержневого отделения зависит от многих факторов - серийности, массы, технологического процесса изготовления стержней.

Технологические процессы изготовления стержней, применяемых в современных литейных цехах, в зависимости от метода их упрочнения подразделяют на три группы:

1. С применением нагрева в горячих ящиках (ГТС); с кратковременно сушкой; с длительной сушкой.

2. С обработкой внешними реагентами: с продувкой CO_2 ; с продувкой катализаторами.

3. С твердением в атмосфере цеха в ящиках из холоднетвердеющих смесей (ХТС, ЖСС).

Одним из способов изготовления стержней является пескострельный процесс с последующей тепловой сушкой. В массовом и крупносерийном производстве такие стержни изготавливаются на машинах моделей 9128Б5, 9128Б7 и др. Сушка стержней осуществляется в конвейерных и горизонтальных сушилах. В серийном производстве пескострельным способом с последующей тепловой сушкой изготавливают стержни массой до 100 кг, а в мелкосерийном и единичном ~ до 250 кг. Крупные стержни массой более 250 кг в серийном, мелкосерийном и единичном производстве изготавливаются на пескометах.

Использование пескометов для изготовления стержней увеличивает производительность труда, однако не полностью механизует процесс формовки. Операции вытяжки стержней, установки каркаса, уплотнения смеси в углублениях ящика, срезание излишков смеси, накалывание вентиляционных каналов, подача пустых ящиков требуют дополнительной механизации.

Для механизации части вспомогательных операций выпускается специальное оборудование: поворотные столы, поворотно-вытяжные машины, вытяжные станки.

В последнее время в условиях мелкосерийного производства широко используют ЖСС, ХТС, уплотнять которые либо не требуется вообще, либо затраты на выполнение этой операции минимальны. Для производства стержней можно использовать автоматизированные линии моделей Л9Т28Б5, Л9128Б7.

Технические характеристики стержневого оборудования можно найти в литературе [1,3,8].

Процесс ЖСС рекомендуется для изготовления стержней в мелкосерийном производстве. Процесс отличается от ХТС тем, что стержневые смеси обладают высокой текучестью. Это позволяет заливать смесь в ящик, где она затвердевает без уплотнения.

Для изготовления мелких, средних и крупных стержней в единичном,

мелкосерийном и серийном производстве прогрессивным является метод изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей (ХТС). Процесс основан на использовании в качестве связующих материалов синтетических смол, способных отверждаться при комнатной температуре за счет катализатора. Для изготовления ХТС преимущественное распространение получили лопастные смесители. Основные характеристики смесителей приведены в литературе [9, 10].

В массовом и крупносерийном производстве применяется технологический процесс изготовления стержней с отверждением их в горячих ящиках.

Процесс изготовления стержней в горячих ящиках развивается по следующим направлениям: изготовление оболочковых стержней из плакированных смесей на основе терморезактивной фенолформальдегидной смолы; изготовление цельных или облегченных стержней из песчано-смоляных смесей на основе жидких терморезактивных смол или быстроотвердевающих связующих.

При изготовлении стержней в горячих ящиках формовка осуществляется на пескоструйных или пескоструельных автоматах. Подача песчаной смеси в пескоструельную стержневую машину производится при помощи пневматической системы или загрузочными бункерами, из которых смесь выгружается в бункер машины. Характеристика машин для изготовления стержней по горячим ящикам приведена в литературе [8].

Выбор технологического процесса изготовления стержней, расчет технологического оборудования.

Определяющим фактором выбора технологического процесса изготовления стержней являются требования предъявляемые стержням для той или иной отливки, группа сложности стержня, его массы (объем, габариты), а также серийности и затрат на их изготовление.

В табл. 4.1 приведены разновидности разовых песчаных стержней по объему, массе и габаритным размерам.

Таблица 4.1

Разновидности разовых песчаных стержней по объему, массе и габаритным размерам

Группа стержней	Объем, дм ³		Масса, кг		Усредненные максимальные габаритные размеры, мм	
	массовое и крупносерийное производство	серийное, мелкосерийное и единичное производство	массовое и крупносерийное производство	серийное, мелкосерийное и единичное производство	массовое и крупносерийное производство	серийное, мелкосерийное и единичное производство
Мелкие	≤3	≤24	≤6	≤40	350×250×150	600×450×220
Средние	3,5-15	24-150	6-25	40-250	450×350×150÷ 550×450×170	700×450×270÷ 1100×700×350
Крупные	>15	>150	>25	>250	600×450×220 и более	1300×900×500 и более

Расчет оборудования стержневых отделений.

Расчет количества оборудования для стержневых отделений включает расчет числа агрегатов для изготовления стержней и сушил для их сушки и подсушки после окраски.

Расчет количества оборудования базируется на предварительном расчете объема производства стержневого отделения, который выполняют по табл. 4.2.

Таблица 4.2

Годовая программа стержневого отделения									
Наименование детали	Годовое кол-во деталей, шт.	Номер стержня	Кол-во стержней на программу, шт.		Технологические потери, %	Масса стержней, кг	Тип машин	Кол-во стержней в ящике, шт.	Кол-во ящиков на программу, шт.
			на одну деталь	с учетом технологических потерь					

При массовом производстве отливок для изготовления стержней широко применяются высокопроизводительные автоматические машины и линии. В цехах единичного, мелкосерийного и серийного производства применяется универсальное оборудование, пригодное для широкой номенклатуры стержней.

Количество стержневых машин, необходимое для выполнения программы, рассчитывается по формуле и расчетной ведомости (годовая программа).

Количество стержневых машин для проектирования отделения определяют по формуле:

$$M_c = \frac{V_r \times K_n}{(\Phi_d - t) \times q_{\text{расч}}}, \quad (4.1)$$

где M_c – расчетное количество стержневых машин, шт.; V_r – количество съёмов стержней на годовую программу по массовым группам, закрепленным за данным типом машин, с учетом брака, числа гнезд в ящике или деления стержня на части, шт./год; Φ_d – действительный годовой фонд работы машины, ч; t – потери времени на смену стержневых ящиков за год, ч; q – расчетная производительность машин, съёмов/ч; K_n – коэффициент неравномерности потребления стержней, $K_n=1-1,3$ и зависит от серийности производства.

Количество автоматических или механизированных линий определяют по формуле:

$$M_{л} = \frac{B_{п} \times 1000}{m_{а} q_{л} \Phi_{д} K_{з}}$$

где $M_{л}$ – расчетное количество линий, шт.; $B_{п}$ – проектная мощность массового потока изготовления стержней, т/год; $m_{а}$ – масса стержней в одном ящике, кг; $q_{л}$ – производительность линии, съемов/ч; $\Phi_{д}$ – действительный годовой фонд работы линии, ч; $K_{з}$ – коэффициент загрузки линии, $K_{з}$ меньше или равен 0,8, но меньше коэффициента загрузки формовочно-заливочно-выбивного отделения.

Коэффициент загрузки рассчитывают:

$$K_{з} = \frac{M_{л}}{M_{л.п}} = \frac{M_{см}}{M_{см.п}}$$

где $M_{л}$, $M_{см}$ – расчетное количество линий, стержневых машин; $M_{л.п}$, $M_{см.п}$ – количество линий, стержневых машин, принятых в проекте.

При расчете числа стержневых машин и автоматов не следует смешивать паспортную производительность с расчетной, так как в условиях серийного и особенно мелкосерийного производства значительные потери времени обусловлены частой сменой стержневых ящиков и ручным извлечением стержней из них. Применительно к этим условиям следует принимать расчетную производительность стержневых машин по нормам.

Чтобы стержневое отделение не задерживало работу формовочно-сборочных участков формовочного отделения, коэффициент загрузки стержневых машин должен быть меньше или равным коэффициенту загрузки формовочного оборудования.

При производстве стержней, требующих тепловой сушки, рекомендуется устанавливать сушила одного типа, что позволит создать более стройную планировку отделения и здания литейного цеха.

Для сушки используют различные сушильные агрегаты, работающие на твердом, жидком, газообразном топливе и электричестве. Сушила бывают периодического и непрерывного действия. К сушилам периодического действия относятся камерные сушильные печи, сушильные шкафы и переносные сушила. Количество стержней на сушильной плите определяют исходя из предварительно подобранных размеров плит, в зависимости от принимаемого типа размера сушильных печей.

Камерные сушила с выкатными тележками применяются для сушки форм и стержней чугунного и стального литья в цехах с серийным, мелкосерийным и единичным характером производства.

Расчет количества камерных сушил, необходимых для сушки, произво-

дится по формуле:

$$C_{\kappa} = \frac{S \times t \times K_{\text{н}}}{F_3 \times \Phi_{\text{д}} \times n \times K_{\text{зап}}},$$

где C_{κ} – число камерных сушил, шт.; S – площадь сушильных плит на годовую программу, м^2 ; t – время сушки, ч; $K_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности работы ($K_{\text{н}}=1,1-1,3$); F_3 – площадь одной этажерки, м^2 ; $\Phi_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд работы сушила, ч; n – число этажерок в одной камере; $K_{\text{зап}}$ – коэффициент заполнения этажерок ($K_{\text{зап}}=0,6-0,8$).

К сушилам непрерывного действия относятся проходные конвейерные сушила: горизонтальные и вертикальные, одно- и многоходовые. В крупносерийном и массовом производстве применяются конвейерные сушила, загрузка и выгрузка которых автоматизирована.

Необходимое количество конвейерных сушил рассчитывают по формуле:

$$C_{\text{кон}} = \frac{S \times t \times L}{F \times a \times \Phi_{\text{д}} \times L_{\kappa} \times K_{\text{зап}}},$$

где $C_{\text{кон}}$ – число конвейерных сушил, шт.; S – площадь плит на годовую программу, м^2 ; t – время одного цикла сушки, ч; L – расстояние между этажерками, м; F – площадь одной полки этажерки, м^2 ; a – число полок этажерки, шт.; $\Phi_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд работы сушил, ч; L_{κ} – общая длина конвейера, м; $K_{\text{зап}}$ – коэффициент заполнения полок ($K_{\text{зап}}=0,6-0,8$).

В составе стержневого отделения предусматривается участок комплектации и промежуточный склад готовых стержней, а также промежуточный оперативный склад стержневой оснастки.

Склады стержней целесообразно проектировать на базе системы подвесных толкающих конвейеров или многоярусных стеллажей, обслуживаемых автоматизированными штабелерами.

Для подачи готовых стержней на участок сборки форм используют конвейерный транспорт, рольганги, электротележки и т.п.

В табл. 4.3 приведены нормы для расчета площадей склада стержней.

Полезную площадь для хранения суточного запаса сухих стержней находят по формуле

$$S_{\text{ст}} = \frac{T_{16} \times \Phi \times K_1}{\Pi},$$

где T_{16} – суточное количество стержней, шт. (16 – время работы участка в сутки, ч); Φ – площадь, занимаемая самым большим стержнем, м^2 ; K_1 – коэф-

коэффициент усреднения размеров стержня; П – этажность хранения стержней.

Таблица 4.3

Нормы для расчета площадей промежуточных складов стержневых ящиков и стержней

Объекты хранения	Способ хранения	Запас хранения в календарных днях при производствах		Грузонапряженность полезной площади складов, т/м	Коэффициент использования полезной площади складов
		серийном и мелкосерийном	крупносерийном и массовом		
Стержневые ящики: крупные средние и мелкие	на полу в штабелях	8-10	-	0,30-0,50	0,35-0,45
	на поддонах в стеллажах	15-20	8-20	1,70-2,00	0,30-0,35
Стержни: крупные средние и мелкие	на полу	1,0-3,5	0,5-1,0	0,45-0,75 (0,65-1,00)	0,30-0,40
	на этажерках и стеллажах	1,5-2,0	0,2-1,0	1,2-1,5 (2,2-2,5)	0,35-0,45
	на подвесных этажерках	0,5-1,0	0,2-1,0	0,35-0,55 (0,45-0,65)	-

Значения коэффициентов для стержней различного веса в мелкосерийном и индивидуальном производстве приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Значение коэффициента для расчета площадей хранения стержневых ящиков

Параметры	Вес стержней						
	до 16	16-40	40-100	100-300	300-700	700-1700	Свыше 1700
Ф	0,20	0,30	0,35	0,48	0,80	1,56	5,05
К ₁	0,60	0,60	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
П	5,00	4,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,00

Пример расчета стержневого отделения литейного цеха.

В табл. 4.5 приведена расчетная годовая программа стержневого отделения сталелитейного цеха мощностью 20 тыс. тонн в год.

Цех производит отливки из сталей развесом до 50 кг, условие производства – серийное.

Таблица 4.5

Годовая программа стержневого отделения

Наименование детали	Однородное кол-во деталей, шт.	Номер стержня	Кол-во стержней на программу, шт.		Технологические потери, %	Кол-во стержней в ящике, шт.	Кол-во ящиков на программу, шт.
			на одну деталь	с учетом технологических потерь			
Ползун	244706	1	1	247153	1	5	49431
Барабан	208000	1	1	210080	1	4	52520
Диск	166400	1	1	168064	1	2	84032
Кронштейн	277333	1	1	280106	1	5	56021
		2	1	280106	1	7	40015
Шкив	244706	1	1	247153	1	1	247153
		2	2	494306	1	7	70615
Итого	1141145			1926968			599787

Контрольные вопросы.

1. От чего зависит организация работы стержневого отделения и выбор метода изготовления стержней?
2. Перечислите основные участки, входящие в состав современного стержневого отделения?
3. Назовите три группы технологических процессов изготовления стержней, в зависимости от метода их упрочнения?
4. Перечислите вспомогательные участки, входящие в состав современного стержневого отделения?
5. Как определяют требуемое число стержневого оборудования?
6. Что представляют собой механизированные, комплексно-механизированные и автоматические линии?
7. Что учитывают при проектировании стержневых отделений?
8. Какие помещения стержневого отделения относят к служебным?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5.**ТЕМА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ СМЕСЕПРИГОТОВИТЕЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ**

Цель – освоение методики выбора и расчета технологического оборудования для изготовления смесей.

Теоретическое введение

В состав смесеприготовительных отделений входят участки подготовки компонентов смесей (песков, глины, отработанной смеси, связующих, противопригарных и других добавок), приготовления формовочных и стержневых смесей и лаборатория для контроля качества смесей.

Подготовка компонентов смесей должна быть изолирована, поэтому оборудование для сушки песка, размола глины, регенерации отработанных смесей располагают в отдельных помещениях; операции, включая транспортировку, механизмируют или автоматизируют.

Приготовление смесей, их доставка к формовочным машинам, уборка просыпи и отработанной смеси должны быть объединены в одну транспортную автоматизированную систему, оборудованную необходимыми элементами сигнализации и блокировки. Участие рабочих должно быть сведено к наблюдению за работой агрегатов, исправлению неполадок в системе и контролю качества смесей.

Различают централизованные смесеприготовительные отделения, в которых изготавливается несколько типов смесей, и локальные отделения, в которых изготавливается смесь для одной формовочной или стержневой линии. В современных цехах реализуется тенденция децентрализации смесеприготовительных отделений.

Выбор технологического процесса смесеприготовления и расчет оборудования.

Наиболее часто используемыми являются песчано-глинистые формовочные смеси. В качестве связующего чаще всего используются каолиновые глины, и на этой базе могут изготавливаться облицовочные, наполнительные и единые смеси как для машинной, так и ручной формовки. Бентонитовые глины применяются при приготовлении единой формовочной смеси автоматических формовочных линий при заливке «по-сырому».

Жидкостекольные смеси применяются при изготовлении крупных форм и стержней. Для изготовления крупных форм и стержней, особенно при мелкосерийном характере производства, широко используются наливные формовочные смеси. В последние годы находят применение металлофосфатные смеси.

Для изготовления крупных форм из песчано-глинистых смесей большое распространение получила пескометная набивка форм.

Мелкие и средние формы при мелкосерийном и серийном характере производства выгодно изготавливать из холоднотвердеющих смесей (ХТС) со смоляными связующими.

На основе анализа производственной программы цеха необходимо выбрать тип формовочной смеси.

Наиболее широко распространенными методами уплотнения литейной

формы являются прессовые, встряхивающие, импульсные и комбинированные, а также уплотнение пескометом и применение наливных смесей. Выбор того или иного метода уплотнения должен быть обоснован требованиями к качеству и сложностью отливки, массой ее и габаритами опок, а также возможностями соответствующего оборудования по равномерному уплотнению формы.

Определяющим при этом является выбор габарита опок для изготовления формы. Ориентировочную оценку габаритов опок для отливок средней массы можно выполнить на основании зависимостей габаритов печи от средней массы отливок (рис. 5.1).

Если в производственной программе имеются сведения о точных габаритах опок или технологические карты на отливки, то выбор габаритов опок будет более строгим и точным.

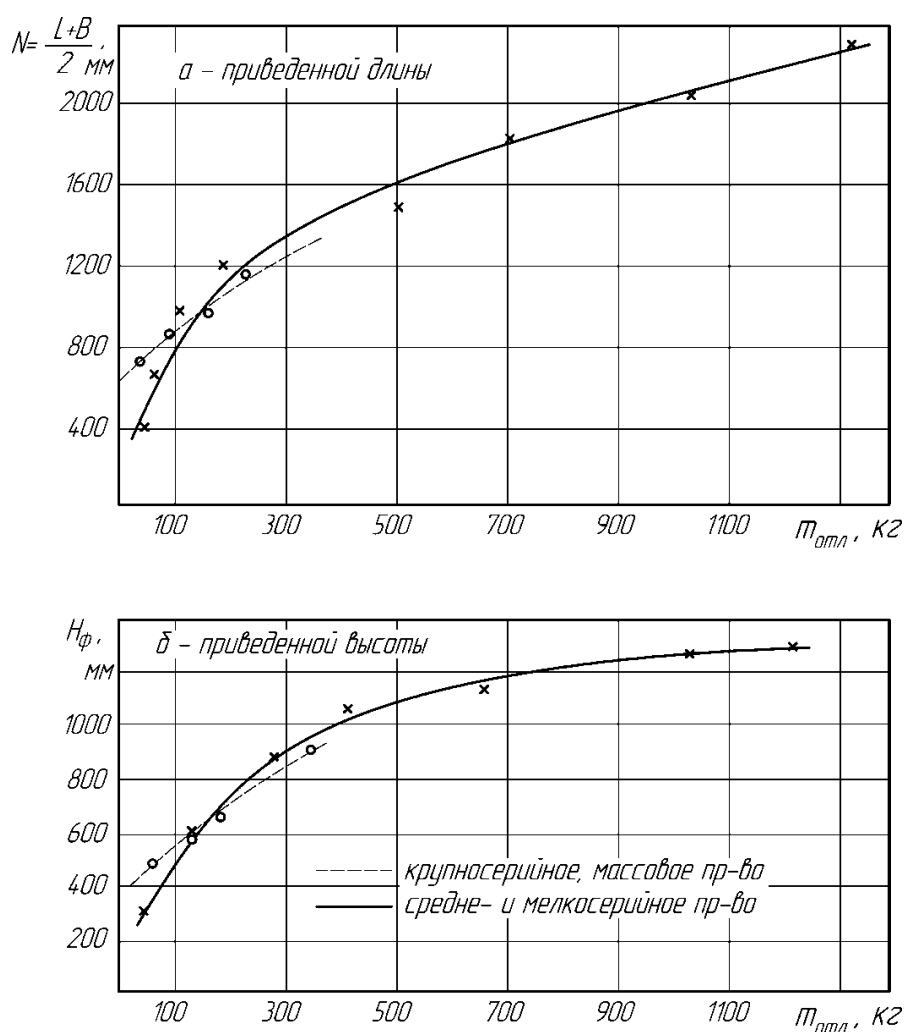


Рис. 5.1. Зависимость среднего габарита опок от средней массы годных отливок

Расход формовочных смесей следует определять в зависимости от размеров отливок и изготавливаемых форм. Нормативные данные (табл. 5.1) следу-

ет использовать только при отсутствии технологических данных на всю или часть номенклатуры проектной программы.

Таблица 5.1

Нормы расхода формовочных смесей в чугунолитейных и сталелитейных цехах
среднесерийного, мелкосерийного и единичного производства

Группа отливок по массе	Размеры формы, мм	Средняя высота одной формы, мм	Нормы расхода смеси на 1 т отливок, м ³					
			облицовочная		наполнительная		единая	
			чугун	сталь	чугун	сталь	чугун	сталь
Смеси ПГС, ПСС и для CO ₂ -процесса								
Менее 20	500×400	300	-	-	-	-	9,5	11,8
20-50	600×500	500	-	-	-	-	10,0	10,7
50-100	800×700	600	-	-	-	-	10,5	11,5
100-150	1000×800	600	3,8	4,7	5,5	7,0	9,3	11,7
150-250	1200×1000	800	3,7	4,3	5,5	6,4	9,2	10,7
250-1000	1000×1200	1000	3,0	3,4	4,5	5,1	7,5	8,5
250-1000	2000×1600	1200	2,9	3,1	4,4	4,7	7,3	7,8
1000-1500	2500×1600	1400	2,6	3,1	3,9	4,8	6,5	7,9
1500-2000	2500×2000	1400	2,5	3,1	3,8	4,5	6,3	7,7
2000-5000	3000×2500	1800	2,4	3,0	3,8	4,5	6,2	7,5
Смеси ЖСС								
1000-2000	2500×2000	1400	2,6	3,5	2,6	3,5	5,2	7,0
2000-5000	3000×2500	1800	2,5	3,3	2,5	3,4	5,0	6,7
Смеси ХТС								
100-150	1000×800	600	-	-	-	-	8,6	9,6
150-250	1200×1000	800	-	-	-	-	8,2	9,3
500-1000	1600×1200	1000	-	-	-	-	6,2	7,5
500-1000	2000×1600	1200	-	-	-	-	6,6	7,0
1000-1500	2500×1600	1400	-	-	-	-	6,2	7,2
1500-2000	2500×2000	1400	-	-	-	-	6,0	7,1
2000-5000	3000×2500	1800	-	-	-	-	5,6	6,1
Свыше 5000	в кессонах	-	-	-	-	-	5,0	5,6

Плотность смеси в уплотненном состоянии принимать для ПГС и CO₂-процесса – 1,65 т/м³; ПСС – 1,65 т/м³; ХТС – 1,55 т/м³; ЖСС – 1,35 т/м³. Расход смеси при уплотнении прессованием под высоким давлением следует определять исходя из плотности ПГС – 1,8 т/м³. Нормы расхода смеси не учитывают потери на просыпи, которые рекомендуется принимать в пределах: ПГС – 15-25 %; ПСС и CO₂-процесс – 8-12 %; ХТС – 5-7 %; ЖСС – 7-9 %. Расход смеси в таблице указан по массе смеси за вычетом объема, занимаемого металлом и стержнями.

Расчет оборудования для смесеприготовительных отделений производится на основе баланса формовочных и стержневых смесей для обеспечения годового производства отливок. Потребное количество смесей может быть определено тремя методами: на основании карт или ведомостей технологического процесса изготовления всех отливок или отливок-представителей, применяется при проектировании цехов массового или крупносерийного производства; на основании удельных норм расхода смесей на 1 т годных отливок, применяется при мелкосерийном производстве отливок; на основании статистических данных расхода смесей в различных отраслях машиностроения.

В табл. 5.2 приведены нормы расхода формовочных и стержневых смесей в зависимости от развеса литья.

Таблица 5.2

Расход формовочной и стержневой смеси на 1 т годных отливок

Масса отливка, кг	Общий расход смесей, м ³ /т	Расход по видам смесей, м ³ /т		
		наполнительная	облицовочная	стержневая
Менее 10	5,5-6,0	4,7-5,2	0,4	0,4
10-50	5,5-4,5	3,8-4,2	0,5	0,5
50-100	4,0-4,5	3,5-3,8	0,5	0,5
100-500	3,8-4,0	3,0-3,2	0,5	0,5
500-1000	3,6-3,8	2,8-3,0	0,5	0,6
1000-5000	3,5-3,7	2,5-2,8	0,6	0,6
5000-10000	3,3-3,5	2,2-2,5	0,6	0,6
10000-25000	3,2-3,3	2,0-2,2	0,6	0,7
Более 25000	3,0-3,2	1,8-2,0	0,6	0,7

В табл. 5.3 приведен расход смесей с учетом промышленной отрасли.

При расчете баланса принимают следующие значения плотностей смесей: формовочной и стержневой в разрыхленном состоянии 1,2 т/м³, уплотненной формовочной 1,6 т/м³, уплотненной стержневой 1,8 т/м³. Баланс формовочных и стержневых смесей и расход основных формовочных материалов на годовую программу рассчитывают по табл. 5.4. Количество смеси на просыпку принимается 10-12 %.

Для приготовления песчано-глинистых и песчано-бентонитовых смесей принимаются бегуны с вертикально и горизонтально расположенными катками периодического и непрерывного действия. Бегуны с вертикальными катками имеют примерный диапазон производительности от 5 до 70 м³/ч смеси;

производительность бегунов периодического действия с горизонтально расположенными катками (центробежных смесителей) обычно не превышает 100 м³/ч. Для обеспечения большей производительности (до 240 м³/ч и более) применяют бегуны смешивающие, непрерывного действия, сдвоенные с вертикальными катками.

Таблица 5.3

Расход формовочных и стержневых смесей и свежих материалов

Отрасли машиностроения	Расход смесей на 1 т годных отливок в разрыхленном состоянии, м ³			Итого смесей, м ³ /т	Расход свежих материалов, м ³ /т
	наполнительная	облицовочная	стержневая		
Отливки из серого чугуна					
Автомобилестроение	3,9	0,4	0,7	5,0	0,9
Тракторостроение	4,0	0,4	0,6	5,0	0,9
Турбостроение	4,0	0,8	0,7	5,5	1,1
Дизелестроение	4,0	0,8	0,6	5,4	1,1
Станкостроение	3,0	0,5	0,5	4,0	0,7
Химическое машиностроение	4,6	1,0	0,6	6,2	1,2
Кузнечнопрессовое оборудование	3,0	0,6	0,4	4,0	0,6
Стальные отливки					
Станкостроение (крупное)	3,2	0,5	0,3	4,0	0,9
Турбостроение	4,7	1,0	0,8	6,5	1,7
Кузнечнопрессовое оборудование	3,0	0,6	0,4	4,0	0,8
Отливки из медных сплавов					
Автомобилестроение	4,6	1,0	0,4	6,0	1,0
Тракторостроение	4,6	1,0	0,4	6,0	1,0
Станкостроение	4,0	0,5	0,5	5,0	0,8
Отливки из алюминиевых сплавов					
Автомобилестроение	9,0	2,0	1,0	12,0	2,0
Тракторостроение	9,0	2,0	1,0	12,0	2,0

На основе бегунов созданы смесеприготовительные комплексы производительностью до 400 м³/ч. В их состав входят бегуны, сита, охладители, аэраторы и т.д. Приготовление формовочной смеси осуществляется автоматически на основе электронной системы управления.

Для приготовления жидких самотвердеющих смесей (ЖСС) применяют установки периодического действия производительностью до 8 т/ч и установки непрерывного действия производительностью до 30 т/ч.

Для приготовления пластических самотвердеющих смесей (ПСС) предусмотрена установка непрерывного действия производительностью 20

т/ч.

Для приготовления холоднотвердеющих смесей (ХТС) предусмотрены смесители непрерывного действия с производительностью от 1 до 40 т/ч.

Таблица 5.4

Потребность формовочных и стержневых смесей и свежих материалов на годовую программу

Участки, конвейеры, линии	Наименование смесей	Потребность, т/год		Составы смесей и расход компонентов													
		по расчету	на просыпку	всего	оборотная смесь		песок		связующее		добавка 1		добавка 2				
					%	т/год	%	т/год	%	т/год	%	т/год	%	т/год			

Для приготовления плакированных смесей «горячим» способом предусмотрены установки периодического и непрерывного действия производительностью от 1 до 5 т/ч.

Параметры оборудования для смесеприготовления можно найти в литературе [1-3, 8-9].

Для расчета количества смесителей заполняется ведомость расхода смесей, номенклатуры и количества смесителей (табл. 5.5).

Таблица 5.5

Ведомость расхода смесей и расчета количества смесителей

Вид смеси	Расход смеси, м ³			Смесители		
	на программу	в 1 ч	тип	производительность, т/ч	расчетное количество	принятое количество
Формовочные смеси						
Итого						
Стержневые смеси						
Итого						
Всего						

Расчет количества смесителей производят по формуле

$$m_y = \frac{Q_y \times \tau_y \times K_{ny}}{V_{Q_y} \times \gamma_y}, \quad (5.1)$$

где τ_y – время приготовления одного замеса, ч; V_{Oy} – объем одного замеса, м³; γ_y – удельная плотность готовой смеси, т/м³.

Коэффициент загрузки смесителей определяется по формуле

$$\eta = \frac{m_{yp}}{m_{yф}},$$

где $m_{yф}$ – фактически принятое число смесителей, шт.; m_{yp} – расчетное количество смесителей, шт.

Площади смесеприготовительных отделений рассчитывают по фактическому расположению технологического оборудования и транспорта.

При проектировании смесеприготовительных отделений различают два подхода.

Первый подход – создание централизованного смесеприготовительного отделения – характерен для цехов единичного, мелкосерийного и серийного производства, которое позволяет использовать имеющиеся мощности оборудования для производства различных смесей и тем самым увеличивать загрузку оборудования.

При этом желательно не смешивать обратные смеси, поступающие с отдельных формовочных участков, а предусматривать для них отдельные потоки и емкости для накопления. Проектирование такого отделения осуществляется на основании компоновки принятого по расчету технологического оборудования.

Второй подход – создание отдельной смесеприготовительной установки для каждой высокопроизводительной автоматической литейной линии – применяется при крупносерийном и массовом производстве отливок, что позволяет получать стабильные свойства формовочных смесей и сокращать брак литья. В этом случае лучше использовать автоматизированные системы смесеприготовления и регенерации в соответствии с их производительностью.

Смесеприготовительное отделение в составе литейного цеха может размещаться как в середине цеха, что сокращает путь смеси к формовочным агрегатам и возврат ее после выбивки в технологический поток, так и в торце цеха, что позволяет устраивать в отделении хорошие складские помещения для свежих формовочных материалов и организовывать спокойную работу по их разгрузке. В высокопроизводительных цехах большой производительности смесеприготовительное отделение и регенерация смеси выносятся в отдельно стоящее здание, из которого ведется централизованное снабжение цехов и автоматических литейных линий формовочной смесью по транспортным системам большой протяженности, при этом возле таких отделений устанавливают силосные емкости для хранения свежего песка. На особо крупных предприятиях устраивают обогатительные фабрики формовочного песка для получения стабильных свойств формовочных смесей [7, 8].

Компоновка оборудования в смесеприготовительном отделении связана

с принятой технологической схемой смесеприготовления и подготовки отработанной смеси. Отделение смесеприготовления отличается большой высотой и поэтому в ряде случаев, при расположении отделения в середине цеха, приходится делать многоэтажные вставки, превышающие среднюю высоту цеха. Большую проблему представляет подъем смесей на соответствующую высоту, что достигается или использованием элеваторов, или наклонных ветвей ленточных конвейеров большой протяженности из ограниченного угла наклона конвейера.

При компоновке смесеприготовительных отделений важно учитывать характер производства и степень равномерности потребления смесей в течение рабочего дня.

В мелкосерийном и единичном производстве, где имеет место большая неравномерность в потреблении смесей, рекомендуется в составе линий предусматривать бункеры-отстойники для хранения, выравнивания по влажности и охлаждения смеси. Емкость бункеров должна обеспечивать запас смеси на 2-4 ч работы отделения.

Для подачи сыпучих материалов (сухой песок, сухая молотая глина и т.д.) в бункера над бегунами рекомендуется применять пневмотранспорт. Подготовленная обратная смесь транспортируется с помощью ленточных конвейеров.

Жидкие компоненты смесей (связующие, эмульсии и вода) поступают в бегуны по трубопроводам. Подача типовых формовочных смесей к местам потребления осуществляется ленточными конвейерами, а стержневая смесь – пневмотранспортом или кубелями.

Пример расчета смесеприготовительного оборудования для цеха выпуска стального литья мощностью 20 тыс. тонн в год.

Производство стальных отливок отличается высокой температурой заливки металла, высоким гидростатическим давлением жидкого металла на дно, стенки и полости формы и высокой химической активностью железа и его примесей. Поэтому смеси для стальных отливок должны обладать высокой огнеупорностью и прочностью. В проектируемом цехе используется единая формовочная смесь. Состав смеси приведены в табл. 5.6.

Таблица 5.6

Состав формовочной смеси	
Параметр	Единая для машинной формовки
Оборотная смесь, %	88-92
Кварцевый песок, %	5-7
Бентонит, %	2,6-4,0
Крахмалит, %	0,04-0,08

Для изготовления стержней используем «холодную» оснастку. Благодаря высокой скорости отверждения и меньшим временем продувки этот про-

цесс самый производительный. Эти смеси хорошо регенерируются. Состав стержневой смеси приведены в табл. 5.7.

На основании норм составляем ведомость потребности смеси (табл. 5.8).

Расчет количества смесителей производят по формуле (5.1).

Таблица 5.7

Параметр	Норма
Кварцевый песок, %	100
Фенольная смола, %	1,2-1,6
Отвердитель, %	0,6-0,8

Таблица 5.8

Марка сплава	Масса отливки, кг	Выпуск отливки, т/год	Коэффициент расхода смеси, т/т литья		Годовой расход смеси, т/год	
			единая	стержневая	единая	стержневая
25Л	17	4160	10,5	1,055	43680	4389
	20	4160			43680	4389
	25	4160			43680	4389
35Л	15	4160			43680	4389
	17	4160			43680	4389
Итого		20800				

Контрольные вопросы

1. Какие участки входят в состав смесеприготовительного отделения.
2. Что лежит в основе выбора формовочных смесей.
3. Что включает понятие подготовки исходных материалов.
4. Что лежит в основе подготовки формовочной смеси.
5. Назовите методы, позволяющие определить потребное количество смесей.
6. Для чего необходимо учитывать плотность смесей при расчете баланса формовочных и стержневых смесей.
7. Перечислите оборудование, применяемое для приготовления формовочных и стержневых смесей.
8. Что лежит в основе расчета площадей смесеприготовительных отделений.
9. Как осуществляется подача смеси к формообразующим агрегатам.
10. Как осуществляется дозирование компонентов смесей.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6.

ТЕМА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОТДЕЛЕНИЯ ФИНИШНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Цель – освоение методики выбора и расчета технологического оборудования для финишных операций.

Теоретическое введение

В термообрубных отделениях осуществляются следующие операции: удаление стержней из отливок, отделение литниковых систем и прибылей, очистка, обрубка, зачистка, термическая обработка, исправление дефектов и грунтовка отливок, контроль их качества.

В числе затрат труда по изготовлению отливок очистные операции составляют до 40 %, причем в очистных отделениях применяется наибольшее количество ручного труда. Очистные работы трудно поддаются автоматизации, поэтому при проектировании очистных отделений особое внимание уделяется механизации. Под очисткой отливок понимается весь цикл операций, которым подвергается отливка, начиная от выбивки из опоки до грунтовки.

Технологический процесс обработки отливок определяется видом производства, видом сплава, массой, габаритными размерами и конфигурацией. Классификация методов выбивки стержней и очистки поверхностей, обрубки и зачистки отливок, области их применения и оборудование для реализации представлены в табл. 6.1.

Выбор технологического процесса финишных операций и расчет оборудования.

Проектирование очистного отделения начинается с анализа номенклатуры отливок и выполнения последовательно следующих операций: разбивки всей номенклатуры отливок на весовые группы, что позволяет выявить количество предполагаемых технологических потоков; установление оптимальной мощности потока для каждой весовой группы; выбора рационального технологического процесса и оборудования для данной весовой группы; расчета и компоновки оборудования и рабочих мест, т.е. создания технологической линии.

Все оборудование должно размещаться согласно последовательности операций по очистке с соблюдением поточного метода обработки отливок. Указанный порядок создает наилучшую систему организации труда и обеспечивает соблюдение необходимых правил техники безопасности для рабочих.

Особенностью расчета количества очистных камер и барабанов является то, что, как правило, указанная в паспорте производительность этого оборудования в тоннах в час требует уточнения с учетом габаритов отливки, тол-

щины их стенок и сплава. Сумма потерь фонда времени очистного оборудования достигает 30 % и более.

Таблица 6.1

Классификация и оборудование процессов очистки отливок

Операция	Технологический процесс	Оборудование	Область применения
Выбивка стержней	Ручная обработка	Пневмомолоток	Без ограничения
	Воздействие струи высокого давления	Гидрокамеры	Отливки массой от 10 кг до 200 т с остаточной прочностью стержней не более 15×10^5 Па в различных условиях производства
	Выбивка при взаимных соударениях отливок	Галтовочный барабан	Толстостенные отливки массой до 100-150 кг; стержни с низкой остаточной прочностью (менее 15×10^5 Па)
	Электрогидроудар	ЭГ-установки	Отливки массой до 10 т; стержни с высокой остаточной прочностью (более 15×10^5 Па)
Очистка поверхностей	Ручная обработка	Пневмомолоток, шлифовальные машины	Без ограничения
	Очистка дробью	Дробеметные барабаны и столы, дробеструйные и дробеметные камеры	Отливки различной массы, не подверженные бою и деформации
	Очистка трением	Галтовочный барабан	Толстостенные отливки массой до 100-150 кг
	Очистка трением при вибрации	Вибрационные установки	Отливки массой до 20-25 кг
	Электрохимическая очистка	Специальные установки	Отливки различной массы со сложными внутренними полостями
Обрубка и зачистка	Ручная обработка	Пневмозубила и молотки, шлифовальные машины	Без ограничения
	Абразивная обработка	Обдирочно-шлифовальные станки	Отливки различных размеров
	Обработка трением	Станки с металлическими кругами	Отливки различных размеров
	Огневая обработка	Установка воздушно-дуговой резки	Отливки различных размеров

При расчете количества термических печей наиболее точным является расчет по следующей методике:

1. Первоначально определяется годовое количество поддонов (подвесок), которое пропускает одна печь.

2. Затем определяется, сколько поддонов необходимо в год для термообработки сложных и крупных отливок.

3. Определяется количество мелких и простых отливок, которые можно термообрабатывать на одних и тех же поддонах с крупными отливками.

4. Рассчитывается необходимость в дополнительных поддонах для оставшихся мелких и простых отливок.

5. Определяется общее число поддонов для термообработки всех отливок за год.

6. В результате деления общего числа поддонов на пропускную способность печи определяется количество печей.

Грунтовка отливок обеспечивает предохранение от коррозии и необходимый товарный вид. Грунтовочное отделение является взрыво- и пожароопасным и должно быть спроектировано с учетом этих особенностей. Отделение включает специальные камеры подготовки отливок, в том числе специальными составами. Окраска проводится окунанием или распылением с последующей сушкой.

Участок исправления дефектов оснащается нагревательными печами и печами для отпуска отливок, заварочным оборудованием, установками для пропитки и замазки отливок, верстаками для ручной работы.

Очистные отделения располагаются параллельно или перпендикулярно к другим пролетам. В мощных литейных цехах очистное отделение может выделяться в отдельный корпус. Размещением очистного отделения в обособленном помещении достигается изоляция остального коллектива рабочих литейного цеха от вредного воздействия пыли и шума. В связи с выделением большого количества пыли в очистных отделениях следует предусматривать местную вытяжку на каждом рабочем месте и оборудовании. Приточная вентиляция должна составлять не менее 30 м³/ч на одного работающего.

Назначение основного технологического оборудования для участка термообработки и его характеристики можно найти в литературе [1-3, 8].

Для выбранного оборудования составляют сводную ведомость оборудования по форме, представленной в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Расчет основного оборудования

Операции	Группа отливок, кг	Количество литья		Краткая характеристика и тип оборудования	Пропускная способность единицы оборудования, т/ч	Количество оборудования		Коэффициент использования
		т/год	т/ч			по расчету	принятое	

Расчет необходимого количества оборудования производят исходя из

его производительности, например, производительность $q_{\text{п}}^{\text{период}}$ печей периодического действия определяется по формуле

$$q_{\text{п}}^{\text{период}} = \frac{m}{t}, \quad m = F \times q_{\text{уд}},$$

где m – садка печи, т; t – цикл обработки отливок, ч; F – площадь пода печи, м²; $q_{\text{уд}}$ – удельная нагрузка на 1 м² пода печи, т.

Площади термообрубных отделений определяют по фактическому расположению оборудования.

В табл. 6.3 приведены примеры типовых решений линий обрубки, очистки и грунтовки отливок цехов с различным характером производства.

Таблица 6.3

Характеристики линий для финишных операций обработки отливок

Масса отливок, кг	Вид отливок, характер производства	Мощность линии, т/год	Применяемое оборудование
1	2	3	4
до 25	Чугунные отливки, массовое и крупносерийное производство	до 20000	Галтовочный и дробеметный барабаны непрерывного действия, зачистные станки, проходные камеры: обдувочная, грунтовочная, сушильная
20-100	Чугунные отливки, серийное, мелкосерийное и единичное производство	12000	Галтовочный барабан непрерывного действия, проходные камеры: гидроочистная, дробеметная, моечно-сушильная, грунтовочная, сушильная
более 100	Стальные отливки, массовое и крупносерийное производство	до 25000 и более	Проходные электрогидравлические и дробеметные камеры, зачистные станки, подвесные наждачные круги, проходная термическая печь, проходные камеры: гидроочистная, обдувочная, грунтовочная, сушильная
Продолжение таблицы			
1	2	3	4
500-5000	Чугунные отливки, серийное, мелкосерийное и единичное производство	24000	Стенд обрубки и зачистки, проходные камеры: гидроочистная, для подсушки, дробеметная, обдувочная, грунтовочная, сушильная

Контрольные вопросы.

1. Что принимается за основу при определении числа отливок, подлежащих обработке в термообрубном отделении?
2. Перечислите участки, входящие в состав термообрубного отделения?
3. Назовите особенности проектирования термообрубных отделений?
4. Какие различные методы применяют для очистки чугуновых и стальных отливок?

5. Как рассчитывают число потребного оборудования термообрубного отделения?
6. По какой формуле рассчитывают количество однотипных печей периодического действия?
7. Как рассчитывают производительность термических печей по удельной нагрузке на под печи?
8. Как устанавливают потребное число мостовых кранов термообрубного отделения?
9. От чего зависят площади, занимаемые термообрубным отделением?
10. Какие технологические приемы следует соблюдать при проектировании термообрубного отделения?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7.

ТЕМА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХА ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ЛИТЬЯ

Цель – освоение методики выбора технологического процесса литья слитков, расчета шихтовых материалов и расчета оборудования для цехов заготовительного литья

Теоретическое введение

Основной технологический процесс в литейном цехе заготовительного литья состоит из следующих операций: выбор и расчет шихты и загрузка ее в печь; плавка металла и приготовление сплавов, включая рафинирование и анализ; отливка слитков требуемой формы и размеров; термическая обработка слитков (гомогенизация); механическая обработка слитков (обработка поверхности и резка на мерные заготовки, изготовление темплетов).

Последовательность двух последних операций может изменяться в зависимости от свойств и размеров поперечного сечения слитков.

Слитки отливают методом непрерывного литья. Длину слитка выбирают кратной длине заготовок, обычно она колеблется в пределах 4-6 м.

На выбор оборудования для получения слитков влияет ряд факторов: масштаб производства; энергоресурсы; назначение заготовок и пр.

Главной задачей является обеспечение высокого качества металла.

Выбор технологического процесса литья слитков и расчет оборудования.

В настоящее время современный плавно-литейный агрегат состоит из плавильной печи вместимостью до 120 т, миксера соответствующей емкости, установок для дегазации, модифицирования и фильтрации, а также литейной гидравлической машины грузоподъемностью, равной емкости миксе-

ра. Загрузка шихтовых материалов может быть осуществлена или сверху, или с фронтальной части печи. Расплав в печи перемешивают МГД-перемешивателем, который устанавливается или сбоку, или снизу печи.

Можно использовать индукционные печи промышленной частоты, основные преимущества которых следующие: выделение тепла в самом металле обеспечивает достаточно высокий коэффициент полезного действия; благодаря действию электромагнитных сил расплав хорошо перемешивается; минимальное отношение площади зеркала ванны к объему металла позволяет уменьшить угар металла.

По расходу электроэнергии наиболее экономичны каналные печи с более высоким к.п.д., чем тигельные. Индукционные тигельные печи применяются главным образом для переплава загрязненных отходов и стружки, когда каналы зарастают чрезвычайно быстро, и для приготовления всех видов лигатур. К общим недостаткам индукционных печей следует отнести: высокие первоначальные затраты и затруднительность механизации загрузки; необходимость загружать твердую шихту в жидкий металл, в связи с чем из печи можно сливать лишь около 3/4 расплавленного металла.

Электрические печи сопротивления при работе на твердой шихте в современных цехах почти не применяются из-за малой вместимости, так как глубина ванны ограничена, низкой производительности и более высокого (на 30-35 %) удельного расхода электроэнергии по сравнению с индукционными печами.

Для переплава мелких отходов и стружки можно рекомендовать индукционные тигельные печи, потери металла в которых на 2-3 % меньше, чем в пламенных печах.

В производстве слитков используют каскад миксеров, устанавливаемых на разных уровнях: первый используют как миксер-копильник (металлургический), второй – как раздаточный.

Технические характеристики миксеров можно найти в литературе [12].

Для отливки слитков принимают литейные машины, характеристики которых описаны в литературе [12].

Приготовление сплавов при работе цеха на жидкой шихте ведется в миксере-копильнике. Содержание компонентов рассчитывается по формуле

$$C = \frac{P_1 \cdot C_1 + P_2 \cdot C_2 + \dots + P_n \cdot C_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n},$$

где C – среднее содержание Fe (Si) или других компонентов в металле, %; $P_1, P_2 \dots P_n$ – масса металла в ковшах, кг; $C_1, C_2 \dots C_n$ – содержание Fe (Si) или других компонентов в ковшах, %.

Расчет массы металла необходимого для подшихтовки (расшихтовки) в

миксере производится по формулам:

для подшихтовки

$$P = \frac{P_{\text{микс.}} \cdot (B - A)}{(C - B)},$$

для расшихтовки

$$P = \frac{P_{\text{микс.}} \cdot (A - B)}{(B - C)},$$

где P – масса металла необходимая для подшихтовки (расшихтовки) на заданный сорт, кг $P_{\text{микс.}}$ – масса металла имеющаяся в миксере, кг; A – содержание Fe (Si) или других компонентов в металле, залитом в миксере, %; B – содержание Fe (Si) или других компонентов в металле, которое нужно получить, %; C – содержание Fe (Si) или других компонентов в металле, взятом для подшихтовки (расшихтовки), %.

Данные расчета шихты заносятся в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Годовой баланс шихтовых материалов											
Марка сплава	Металлозавал ка, т	Алюминий сырец (ГОСТ 11069)		Отходы соб- ственного производства (ГОСТ 1639)		Отходы пере- рабатываю- щих цехов (ГОСТ1639)		Лигатура Al-Mg		Лигатура AK12	
		%	т	%	т	%	т	%	т	%	т

Для расчета количества литейных машин необходимо составить ведомость основных технологических данных о литье слитков (табл. 7.2).

Таблица 7.2

Классификация и оборудование процессов очистки отливок											
Размеры слит- ков, мм							Температу- ра воды		Скорость литья		
	диаметр										

Марка сплава	
длина	
внешний	
внутренний	
Вес одного слитка, кг	
Материал кристаллизатора	
Размеры кристаллизатора	
Толщина стенки кристаллизатора	
Температура металла, °С	
поступающей	
охлаждающей	
Продолжительность литья	
мм/мин	
м/ч	
Расход воды на охлаждение слитка, м ³ /мин	
Смазка кристаллизатора	

Количество литейных машин определяется по ранее указанной методике расчета оборудования. Данные расчета заносятся в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Расчет числа машин для непрерывного и полунепрерывного литья

Наименование и тип литейной машины	Номер или индекс слитка	Вес одного слитка	Годовая программа по литью	Число слитков одновременно отливаемых	Вес слитков отливаемых одновременно	Норма времени		Время на выполнение годовой программы	Действительный годовой фонд времени машины	Число литейных машин по расчету	Число литейных машин принято по проекту	Коэффициент загрузки
						на одну операцию заливки, мин	на один слиток					

Пример расчета цеха литья круглых слитков.

Исходные данные: мощность цеха 250 тыс. тонн в год. Программа выпускаемых слитков приведена в табл. 7.4. Баланс металла приведен в табл. 7.5.

Таблица 7.4

Данные расчета потребности и загрузки оборудования

Наименование установки	Сечение слитка, мм	Масса слитка, кг	Кол-во одновременно отливаемых слитков, шт.	Машинное время отливки слитка, мин	Средняя скорость литья, мм/мин	Средняя производительность, т/ч	Кол-во оборудования, шт.		Коэф. загрузки
							расчетное	принятое	
Литейная машина ПНГ 30-7,5	240×6341	777	32	106	60	14,13	2,42	3	0,81
	300×6341	1214	20						
	400×6341	2158	12						

Таблица 7.5

Годовой баланс шихтовых материалов

Марка сплава	Металлозавалка, т	Алюминий сырец (ГОСТ 11069)		Отходы собственного производства (ГОСТ 1639)		Отходы перерабатывающих цехов (ГОСТ1639)		Лигатура Al-Mg		Лигатура АК12	
		%	т	%	т	%	т	%	т	%	т
АД31	185556	63,8	118385	15,0	27833	18,0	33400	0,5	928	2,7	5010
АД1	92222	79,0	72856	6,0	5533	15,0	13833	-	-	-	-

Контрольные вопросы.

1. Средства контроля технологических параметров и техники безопасности?
2. Обоснование количества кристаллизаторов на литейной машине?
3. Выбор оборудования для перемешивания расплава в миксере?
4. Расчет потребного количества оборудования заготовительных цехов?
5. Выбор оборудования для резки и механической обработки слитков?
6. Состав термического отделения заготовительного литейного цеха?
7. Схемы размещения оборудования на участке термообработки?
8. Транспортные потоки в цехах заготовительного литья?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8.

ТЕМА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ ЛИТЬЯ

Цель – освоение методик проектных расчетов с учетом специфических особенностей цехов

Теоретическое введение

Отливки, получаемые специальными способами литья, отличаются достаточно высокой геометрической точностью, чистотой поверхности, меньшими припусками на механическую обработку. Однако, в большинстве случаев себестоимость отливки, полученной специальными способами, выше, чем при литье в песчаные формы. Основными показателями, обеспечивающими экономическую эффективность получения отливок специальными способами, являются экономия металла, уменьшение объема механической обработки, уменьшение числа рабочих, занятых непосредственно в производстве отливок, и за счет получения отливок сложной конфигурации, получение которых другим способом невозможно.

Общие особенности проектирования цехов специальных видов литья.

При рассмотрении особенностей проектирования цехов специальных способов литья, необходимо учесть, что их можно разделить на две группы – способы литья в постоянные формы и способы литья в разовые формы. К последним относятся цехи литья по выплавляемым моделям и в оболочковые формы, особенности проектирования которых отличаются от особенностей проектирования цехов литья в постоянные формы и будут рассмотрены ниже.

Цехи литья в постоянные формы (кокили, литье под давлением, центробежное и т.д.) отличаются меньшим количеством технологических процессов производственных отделений, типов и количества оборудования. В этих цехах упрощены грузопотоки, многие процессы относительно несложно автоматизировать. Как правило, цехи литья в постоянные формы не требуют плавильных агрегатов большой емкости, производительности и мощности.

В этих цехах отсутствуют процессы формообразования и связанное с ними оборудование, в том числе смесеприготовительное, формовочное, охлаждающие галереи, выбивные решетки и другое. Эти цехи не требуют складов формовочных материалов и участков подготовки отработанной смеси.

Технологические процессы заливки, кристаллизации и затвердевания сплава, удаления отливки из формы проходят на одном и том же месте в сравнительно короткий период времени. Литье в металлические формы позволяет автоматизировать заливку, в том числе с применением роботов.

Современные литейные цехи в ряде случаев сочетают в себе произ-

водство отливок различными специальными способами, например, литье под давлением, литье под низким давлением, кокильное литье. Цехи специальных способов литья могут выпускать отливки из различных сплавов одновременно.

Цехи литья в постоянные формы имеют, как правило, более простые грузопотоки, чем цехи литья в песчано-глинистые формы.

В отличие от цехов литья в песчано-глинистые формы, цехи литья в постоянные формы строят в большинстве случаев одноэтажными.

Цехи литья под давлением. Особенностью цехов литья под давлением является высокий уровень автоматизации всех технологических процессов, в том числе заливки. Сами по себе машины литья под давлением являются высокомеханизированным комплексом, который в настоящее время оснащается целым рядом автоматизированных устройств. К ним относятся различные заливочные устройства (ковшевые, насосы, манипуляторы), манипуляторы съема отливок и установки их в пресс, съемники отливок, устройства смазки и очистки пресс-форм. Подобные автоматизированные комплексы выпускаются отечественной промышленностью и широко внедрены в производство. На основании анализа современного состояния цехов литья под давлением и перспектив их развития, количество применяемых манипуляторов и промышленных роботов в ближайшие 10-15 лет резко возрастет.

При проектировании цехов литья под давлением необходимо сделать анализ организации обрубки пресс-остатков, которую можно проводить в специальном отделении или у каждой машины отдельно. В первом случае уменьшаются затраты на оборудование, так как количество необходимых процессов уменьшается, а во втором случае появляется возможность создания автоматизированного комплекса с применением промышленных роботов. При выборе типа и модели машин литья под давлением учитывается, в первую очередь, масса отливок, площадь проекции отливки по разьему пресс-формы, рациональное количество гнезд в пресс-форме. Проект цеха литья под давлением должен учитывать недостатки этого способа, в частности, должны быть предусмотрены мероприятия по повышению герметичности отливок. Машины с горячей камерой прессования применяют для получения отливок из сплавов с низкой температурой плавления. В цехах массового производства рекомендуется применять для плавки алюминия газовые печи с контролируемой атмосферой емкостью 15-30 м³, смазки для пресс-форм рекомендуются водоразбавляемые, автоматизация заливки предпочтительна магнитодинамическими дозаторами. Необходимо учитывать, что каждая машина литья под давлением имеет свою раздаточную печь.

Определение объемов производства. Исходными данными для проектирования цехов литья под давлением являются производственная программа, чертежи и технические условия на литые детали. На основании исходных данных составляют ведомость объемов производства (табл. 8.1).

В табл. 8.2 приведены ориентировочные показатели выхода годного при

отливке под давлением алюминиевых деталей.

Технологический процесс и оборудование. Машины для литья под давлением бывают с горячей или с холодной камерой прессования. Первые применяют в основном для получения отливок из сплавов с низкой температурой плавления на основе свинца, олова и цинка. Эти машины практически не используют для изготовления отливок из более тугоплавких сплавов из-за низкой стойкости узла прессования, работающего в высокотемпературном расплаве.

Для получения отливок из сплавов на основе алюминия, магния и меди применяют машины с холодными камерами прессования (горизонтальными и вертикальными). Наиболее распространены машины с горизонтальными камерами прессования, как более производительные, имеющие меньшие потери теплоты и давления в литниковой системе.

Технические характеристики машин для литья под давлением, выпускаемые и планируемые к выпуску, приведены в литературе [13].

Модель машины выбирают на основании известных расчетов требуемого давления прессования и необходимого запирающего усилия машины по площади проекции отливки с литниковой системой. Затем проверяют достаточность емкости камеры прессования этой машины при выбранном давлении прессования.

При определении емкости камеры прессования следует стремиться к уменьшению ее диаметра, так как при этом повышается давление на сплав и уменьшается объем пресс-остатка.

Рекомендуемые давления прессования в зависимости от конфигурации отливок из разных сплавов приведены в таблице 8.3.

Требуемое для выполнения программы число машин для литья под давлением определяют по общей методике.

Таблица 8.1

Ведомость объемов производства при литье под давлением

Наименование и номер детали	Количество отливок			Модель машины	Количество		Масса, кг				
	на изделие	на программу (А)	на программу с учетом брака отливок (Б)		гнезд в пресс-форме (В)	запрессовок на программу (Г)	одной отливки (Д)	порции сплава в форме	отливок на программу (Е)	жидкого металла на программу (Ж)	металлоза-валки на программу
			$A \times k_{бр}$			$\frac{Б}{В}$		$Д \times В + q_{л}$	$Д \times Б$	$Е + Г \times q_{л}$	$Ж \times k_{п.м}$
Сплав 1											
Сплав 2											
Итого											

Примечание. $k_{бр}$ – коэффициент, учитывающий брак отливок, $k_{бр} = 1,03 \div 1,05$; $q_{л}$ – масса литников в форме; $k_{п.м}$ – коэффициент, учитывающий потери металла на угар, скрап, сливы и т.п., для цветных металлов $k_{п.м} \approx 1,08$.

Цехи литья по выплавляемым моделям. Цехи литья по выплавляемым моделям резко отличаются от других литейных цехов наличием характерных только для этих цехов технологических процессов и материалов. Это обуславливает применение специального оборудования и приспособлений.

Таблица 8.2

Показатели выхода годного	
Масса отливок, кг	Выход годного от металлозавалки, %
≥ 0,5	25-35
0,5-1,0	35-45
1,0-3,0	45-50
3,0-5,0	50-55
5,0-10,0	55-60

Таблица 8.3

Сплав	Рекомендуемые давления прессования, МПа					
	Отливки с толщиной стенки до 3 мм			Отливки с толщиной стенки до 6 мм		
	простые	сложные	очень сложные	простые	сложные	очень сложные
Оловянно-свинцовый	3,0	3,5	4,5	4,5	5,0	-
Цинковый	4,5	4,5	5,0	5,5	6,0	-
Магнийевый	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	10,0
Алюминиевый	3,5	4,5	5,0	6,0	6,5	8,0
Латунь	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	-

В настоящее время разработаны и созданы автоматические линии и комплексы для цехов литья по выплавляемым моделям.

При описании проекта таких цехов необходимо особое внимание уделить особенностям технологии изготовления отливок. При выборе и расчете плавильных агрегатов необходимо выбирать печи относительно небольшой емкости. В проекте должно быть описано и рассчитано вспомогательное оборудование для приготовления модельных составов, оболочек, выщелачивания керамики и т.д.

Для плавки стали применяют индукционные печи повышенной (или высокой) частоты с теристорными преобразователями тока емкостью 100-250 кг.

При выборе номенклатуры отливок необходимо учитывать, что себестоимость отливок, полученных по выплавляемым моделям, высока. Ряд отливок, получаемых в настоящее время в этих цехах, можно получать в безопочных песчано-глинистых формах, снижая их себестоимость в два-три и более раза. С другой стороны, литье по выплавляемым моделям позволяет экономить прокат и значительно уменьшать механическую обработку отливок.

Цехи литья по выплавляемым моделям размещаются обычно в одноэтажных зданиях и имеют примерно следующий состав: модельное отделение с участком приготовления модельного состава и изготовления модельных звеньев; отделение изготовления оболочек форм с участком выплавки модельного состава; прокладочно-заливочное отделение с участками плавки металла, обжига, формовки, охлаждения залитых блоков; термообрубное отделение с участками отделения отливок от стояка, очистки отливок, нормализации в защитной атмосфере, сортировки, зачистки, контроля и грунтовки (консервации) отливок; экспериментальный участок; склад шихты; склад формовочных материалов с участком их подготовки; участок ремонта ковшей и тиглей; ремонтные мастерские; межоперационные склады; цеховые лаборатории.

Количество оборудования рассчитывается аналогично расчетам оборудования в других литейных цехах.

Определение объемов производства. Для того чтобы приступить к расчету технологического оборудования, необходимо определить, какое количество изделий по переделам технологического процесса (модельных звеньев, блоков, отливок и т.п.) или материала (модельного состава, суспензии) должно быть изготовлено на этом оборудовании.

Обычно это количество на программу определяется:

при серийном производстве – по технологическим картам для характерных деталей, представляющих собой группы идентичных отливок («детали-представители»);

при массовом производстве – по технологическим картам на все детали.

Рекомендуется деление номенклатуры отливок на восемь групп по массе, кг: <0,02; 0,02-0,04; 0,04-0,06; 0,06-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,6; 0,6-1,5 и >1,5. Такое деление оправдано тем, что для каждой группы отливок характерны свои технологические нормативы и показатели. Исходные технологические данные отдельно по каждой группе рассчитывают и заносят в ведомости (табл. 8.4), которая содержит только исходные технологические данные, и пользоваться ими для расчета числа оборудования нельзя. В этих данных не учтены неизбежные на производстве потери и брак из-за некачественных материалов, ошибок рабочего, неисправности оборудования и других причин. Брак и потери возмещаются увеличением против программы объема производства по переделам технологического процесса. Для определения количества подлежащей изготовлению продукции, на которое рассчитывают оборудование, вводят коэффициенты технологических потерь.

Коэффициент технологических потерь представляет собой отношение

$$k_{т.п} = \frac{B_{п}}{B},$$

где $B_{п}$ – количество продукции, которое необходимо изготовить (с учетом брака и потерь) для выполнения программы; B – количество продукции по

программе.

Для каждого производственного участка (группы операции) рассчитывают свой коэффициент $k_{т.п.}$, учитывающий потери и брак не только этой группы операций, но и всех последующих. Примерные коэффициенты технологических потерь приведены в табл. 8.5.

Определив коэффициенты технологических потерь, можно составить сводную ведомость объемов производства для расчета основного оборудования (табл. 8.6).

Относительно точно расход суспензии на программу может быть определен по суммарной поверхности модельных блоков. Средний расход суспензии на 1 дм³ поверхности модели составляет 0,001 дм³ при нанесении одного слоя покрытия или 16-17 г суспензии с 74 % пылевидного кварца. Расход каждого компонента суспензии можно рассчитать по принятой рецептуре и плотностям составляющих.

В табл. 8.7 приведены показатели для ориентировочных расчетов объемов производства по укрупненным показателям.

В литературе [13] приведены характеристики оборудования для изготовления операций технологического процесса литья по выплавляемым моделям.

Цехи литья в кокиль. Цехи литья в кокиль имеют примерно такой же состав как и цехи литья под давлением. В настоящее время освоены и серийно выпускаются различные кокильные машины с автоматизированной заливкой. Стержни применяются как металлические, так и песчаные. Кокили рекомендуется выполнять со сменными вставками, применять окраску кокилей.

Облицованные кокили сочетают кокиль с оболочковой формой и позволяют получать точные сложные отливки достаточно большой массы на автоматических линиях.

Цехи кокильного литья рекомендуется проектировать на мощность 20-25 тыс. т/год для производства чугуновых отливок массой до 50 кг и 40-80 тыс. т/год массой до 100 кг; 60-80 тыс. т/год для производства стальных отливок массой до 30 кг; 5-6 тыс. т/год для производства алюминиевых отливок массой до 5 кг и 10-12 тыс. т/год массой до 20 кг.

Исходными данными для проектирования цехов литья в кокиль служат те же сведения, что и для проектирования цехов литья под давлением. Методика расчета стержневого участка или отделения та же, что и для цехов литья в песчаные объемные формы.

Помимо основных отделений, в цехе обычно предусматривают вспомогательные участки для доводки и ремонта кокилей: для ремонта печей, кокильных машин и другого оборудования; склады для хранения материалов, кокилей и прочей оснастки; лаборатории, обслуживающие цех. Склад для хранения кокилей обычно размещают недалеко от заливочного отделения, его оборудуют стеллажами с ячейками и кран-балкой для перемещения кокилей.

Таблица 8.4

Исходные технологические данные (группа отливок по массе)											
Номер детали	Масса отливки, кг (А)	Программа		Число моделей в звене (В)	Число звеньев в блоке	Число моделей в блоке (Г)	Число модельных звеньев (моделей) на программу	Число блоков на программу (Д)	Масса модельного состава, кг		
		шт. (Б)	кг						на 1 модель (Е)	на 1 блок (Ж)	на программу
							$\frac{Б}{В}$	$\frac{Б}{Г}$	$A \frac{\rho_1}{\rho_2}$	$E \times Г + V_{л} \rho_1$	$Ж \times Д$
Итого											

Примечание. ρ_1 – плотность модельного состава; ρ_2 – плотность материала отливки; $V_{л}$ – объем, $дм^3$ литниковой системы и модельного стояка (или суммы модельных втулок).

Таблица 8.5

Примерные коэффициенты технологических потерь					
Группа операций или производственный участок цеха	Технологические потери и брак, %				Коэффициенты технологических потерь
	Бр ₄	Бр ₃	Бр ₂	Бр ₁	
Изготовление модельных блоков	15	3	5	9	$k_4 = 1,42$
Изготовление оболочек форм					$k_3 = 1,20$
Изготовление блоков отливок					$k_2 = 1,16$
Обрубка и отделка отливок					$k_1 = 1,10$

Таблица 8.6

Ведомость объемов производства при литье по выплавляемым моделям

Группа отливок по массе, кг	Номенклатура отливок, шт.	Программа		Число на программу		Масса модельного состава на программу, кг (Д)	Число на программу с учетом потерь		Масса на программу с учетом потерь		Число на программу с учетом потерь			Масса на программу с учетом потерь, кг	
		шт. (А)	кг (Б)	модельных звеньев (моделей) (В)	блоков (Г)		модельных звеньев (моделей)	модельных блоков (Е)	модельного состава	сuspензии	оболочек	блоков отливок (Ж)	отливок	отливок (И)	металлозавалки
							$B \times k_4 + E n$	$\Gamma \times k_4$	$Д \times k_4$		$\Gamma \times k_1$	$\Gamma \times k_2$	$A \times k$	$B \times k$	$I + Ж q_{л} k_{п.м}$
Итого															

Примечание. 1. k – коэффициенты технологических потерь; n_1 – число моделей элементов литниковой системы на один блок (чаша, зумпф, кольцо и т.п.); $q_{л}$ – масса литников на один блок; $k_{п.м}$ – коэффициент, учитывающий потери металла на угар, скрап, сливы и т.п. для стали $k_{п.м} \approx 1,06$, для цветных сплавов $k_{п.м} \approx 1,08$. 2. Масса суспензии, которую рассчитывают в зависимости от принятого числа слоев покрытия по укрупненным показателям или, если номенклатура отливок невелика, по поверхности отливок.

Таблица 8.7

Ориентировочные показатели для стальных отливок средней сложности

Показатели	Группы отливок по массе, кг							
	до 0,02	0,02- 0,04	0,04- 0,06	0,06- 0,10	0,10- 0,20	0,20- 0,60	0,60- 1,50	1,50 и более
Выход годного от залитого металла, %	21	34	40	44	48	53	57	>57
Расход на 1 т годного литья, кг:								
суспензии на один слой покрытия	290	200	170	155	126	103	95	<95
модельного состава (при 10 % потерь)	90	80	70	60	50	45	40	<40
песка	1300	1300	1300	1300	1000	1000	1000	1000
Количество перерабатываемого модельного состава на 1 т годного литья, кг	900	800	700	600	500	450	400	<400
Число отливок (моделей) в блоке длиной 500 мм	100	80	60	40	20	10	6	4

Машины для кокильного литья подразделяют на однопозиционные и многопозиционные, с вертикальной или горизонтальной плоскостью разъема кокилей. Особое место занимают машины для литья под низким давлением. Технические характеристики кокильных машин, выпускаемых отечественным станкостроением.

В цехах с малым выпуском отливок обычно используют однопозиционные машины, а в цехах с большим выпуском рекомендуется применять многопозиционные машины.

Производительность кокильных машин находится в зависимости от времени технологического цикла. Для кокильных машин, включая машины для литья под низким давлением, величину цикла (с) можно рассчитать по формуле

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{м}} + t_{\text{п}} + t_{\text{з}} + t_{\text{ох}} + t_{\text{уд}},$$

где $t_{\text{м}}$ – машинное время цикла, с; $t_{\text{п}}$ – время на подготовку кокиля, с; $t_{\text{з}}$ – время на заливку металла, с; $t_{\text{ох}}$ – время охлаждения отливок в кокиле, с; $t_{\text{уд}}$ – время на удаления отливок из кокиля, с.

Время технологического цикла однопозиционных машин является и временем изготовления одной или при многоместном кокиле куста отливок. Производительность однопозиционных машин повышается за счет перекрытия времени технологического цикла по позициям.

Число кокильных машин, предназначенных для определенных групп отливок, необходимое для выполнения программы, рассчитывают по общей методике.

Контрольные вопросы

1. Общие особенности проектирования цехов специальных способов литья.
2. Какие виды литья относят к специальным.
3. Что является исходными данными для проектирования цехов литья под давлением.
4. Оборудование, применяемое в цехах литья под давлением.
5. Состав литейного цеха литья по выплавляемым моделям.
6. Что такое коэффициент технологических потерь.
7. Оборудование для изготовления операций технологического процесса литья по выплавляемым моделям.
8. Назначение вспомогательных участков в цехе кокильного литья.
9. Технологическое оборудование, применяемое в цехах кокильного литья.
10. Рекомендуемые мощности для проектирования цехов литья в оболочковые формы.

11. Организация регенерации песков в цехах литья в оболочковые формы.
12. Оборудование для цехов оболочкового литья.
13. Какие положения учитывают при составе и расчете оборудования для цехов центробежного литья.
14. Как осуществляется подача металла к центробежным установкам.
15. Как в цехе центробежного литья осуществляется установка машин.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 9.

ТЕМА: РАСЧЕТ ПЛОЩАДЕЙ СКЛАДОВ ФОРМОВОЧНЫХ И ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель – освоение методики расчета площади и технологического оборудования.

Теоретическое введение

Склады литейного цеха служат для приемки, разгрузки, складирования всех материалов, необходимых для нормального функционирования цеха. Сюда входят шихтовые и формовочные материалы, топливо, флюсы (известь, известняк, разжижители шлака и др.), огнеупорные материалы для футеровки плавильных, сушильных печей, а также огнеупорные материалы заливочного припаса. Количество материалов, проходящих через склад, в 2,5-3 раза превышает производительность цеха по годным отливкам.

На складах выполняются пять основных операций: приемка материалов; разгрузка; хранение; подготовка материалов для использования их в цехе (если это требуется); погрузка и транспортировка материалов со склада в цех.

Для расчета емкостей складов и систем механизации необходимо знать количество материалов, потребляемых цехом. Годовой расход материалов определяют, как правило, на основе итоговых данных расчетов количества и компонентов всех смесей и компонентов различных шихт, применяемых в цехе. Эти расчеты выполняют при проектировании смесеприготовительного и плавильного отделений. Для определения расхода материалов, поступающих на склад, к указанным суммарным величинам добавляют потери их на складе и при транспортировке в цех; обычно эти потери принимают в количестве 4-5% годового расхода.

Расход флюсов можно принять по средним данным, приведенным в табл. 9.1, расход кокса при плавке в вагранках с холодным дутьем можно принять в количестве 14-16%, а при плавке с горячим дутьем 9-11% массы завалки.

В качестве технологического оборудования на складах шихты используют чушколомы, дробилки, копры, аллигаторные ножницы, барабаны непре-

рывного действия, установки для грохочения и т.д.

Таблица 9.1

Средние нормы расхода шлакообразующих материалов (флюсов) при плавке черных металлов (% массы металлической завалки)

Материал	Сталь		Ваграночный чугун		
	ОЭ	КЭ	СЧ	МСЧ, ВЧ	КЧ
Железная руда	4	1,8	-	-	-
Марганцевая руда	0,7	1	-	-	-
Известняк	-	-	4,8	5,2	6
Известняк металлургический	6	1	-	-	-
Боксит	0,1	-	-	-	-
Плавиновый шпат	0,4	-	0,1	0,1	-
Кварцевый песок	-	5,3	-	-	-

Примечание. ОЭ – основная электропечь; КЭ – кислая электропечь; СЧ – серый чугун всех марок; МСЧ – модифицированный серый чугун; ВЧ – высокопрочный чугун; КЧ – ковкий чугун.

На складе шихты следует проводить две-три параллельные железнодорожные ветки с расстоянием между ними 12-20 м.

Расход шамотных огнеупорных изделий в среднем принимают 40-50 кг на 1 т годных чугуновых или стальных отливок. Дополнительно для сталелитейных цехов принимают еще расход высокоогнеупорных материалов (магнетит, дианас, хромомангнетит) в количестве 30-40 кг на 1 т годных отливок.

Огнеупорный кирпич хранят в сухом закрытом помещении, так как на открытом месте мокрый и оттаявший кирпич делается рыхлым, непригодным к употреблению.

При приближенных расчетах, а также при невозможности применить достаточно точный способ следует руководствоваться последними отраслевыми нормативами расхода формовочных материалов, в кг на 1 т годных отливок. В этих нормативах учтены потери при хранении и транспортировке материалов, поэтому дополнительного учета потерь не требуется. Отраслевые нормы систематически пересматриваются, и в них отражены последние достижения технологии, освоенные отраслью. Указанные нормы расхода шихтовых материалов даются в процентах к общей массе завалки, поэтому следует сначала определить выход годного литья в процентах от массы завалки, затем завалку и наконец по нормам вычислить расход компонентов.

Качество формовочных песков согласно ГОСТ 2138-91 определяют зерновым составом и содержанием глинистых составляющих. При небольших партиях пески разгружают повагонно и от каждого вагона берут пробу для проведения этих анализов. Качество связующих материалов, в том числе и глины, определяют технологическими пробами (пробными замесами) согласно соответствующим стандартам.

На складе формовочных материалов имеют участки приема песка, гли-

ны и угля, хранения формовочных материалов, сушки песка и глины, просевки песка, размола глины и угля, приготовления глинистой и глиноугольной суспензии.

Величину запаса на складах определяют в календарных сутках в зависимости от климатического пояса, в котором размещен литейный цех (табл. 9.2), и от вида транспорта, доставляющего материалы.

Таблица 9.2

Основные данные для расчета складов формовочных и шихтовых материалов

Материал	Запас в сутках	Объемная масса, т/м ³	Место хранения	Предельная высота хранения, м
Песок формовочный сухой	45-75	1,5	Закром	10
Глина формовочная:				
сырая	60-90	1,8	Силос	30
сухая молотая	30-45	1,5	Закром	10
			Силос	20
Маршалит, феррохромовый шлак, бентонит, цемент	20-30	1,0	Площадка	2
Опилки, торфяная крошка	10-20	0,4	Закром	3
Огнеупорные изделия	20-45	1,8	Площадка	2
Чугун чушковый, лом чугунный и стальной	30-45	3,5-2	Закром	4
Отходы своего производства (литники, обрезки, стружка и др.)	3-5	1,8-1,3	»	4
Стружка привозная	10-15	1,0	»	3
Ферросплавы	30-45	3,5-2	Площадка	2
Флюсы (известняк, шлак марте-новский, плавиковый шпат)	30-45	1,7	Закром	4
Кокс литейный, уголь каменный	30-45	0,5	»	4
Цветные металлы и сплавы	20-30	5-1,5	Штабель	2
Огнеупорные порошки, раскислители	30-45	1,7-1,5	Площадка	2

Для сушки песка и глины на складе предусматривается участок, оборудованный барабанными сушилками и печами кипящего слоя. Помол угля и глины производится в шаровых, молотковых, вальцовых и других мельницах.

Формовочные пески и глины рекомендуется хранить в закрытом помещении или под навесом. Чтобы не было потерь, и формовочные материалы не загрязнялись, площадка для хранения должна иметь бетонированный или деревянный пол.

Склады формовочных материалов размещают, как правило, в закрытых отапливаемых помещениях (с температурой не ниже +10° С). Хранение шихтовых материалов и огнеупорного кирпича допускается в неотапливаемых помещениях. В малоснежных южных районах возможно хранение чушковых чугунов, стального и чугунного лома на открытых бетонированных площадках.

Хранение материалов в зависимости от вида может осуществляться на открытых площадках (огнеупоры, неразделенный металлический лом), закро-

мах (разделанный металлолом, ферросплавы; типа ферромарганца и ферросилиция низких марок, чушковые чугуны, формовочные пески (сырые), глина (сырая), кокс). Для хранения сухих песков и глины, ферросплавов, постоянно используемых при выплавке, порошковых добавок в формовочную смесь и др., широко распространены бункера.

При расчете потребных площадей складов, а также объемов закромов и бункеров необходимо учитывать, что при перегрузке происходит разрыхление материалов и необходимо применить коэффициент разрыхления, равный примерно 1,1-1,2, и снизить углы естественного откоса материала (угол внутреннего трения) примерно на 5° . При конструировании течек и переносных устройств угол естественного откоса материала необходимо увеличивать на $10-15^\circ$. Во избежание потерь материала степень загрузки объема бункера не должна превышать 80 %.

Планировка склада зависит от расположения литейного цеха на генеральном плане завода железнодорожных веток (или другого вида внешнего транспорта), от вида хранимых материалов и типа закромов. Несмотря на большое разнообразие планировок механизированных складов, все существующие планировки можно свести к двум типам. В складах первого типа железнодорожная ветка проходит возле длинной стены склада с наружной или внутренней стороны (рис. 9.1).

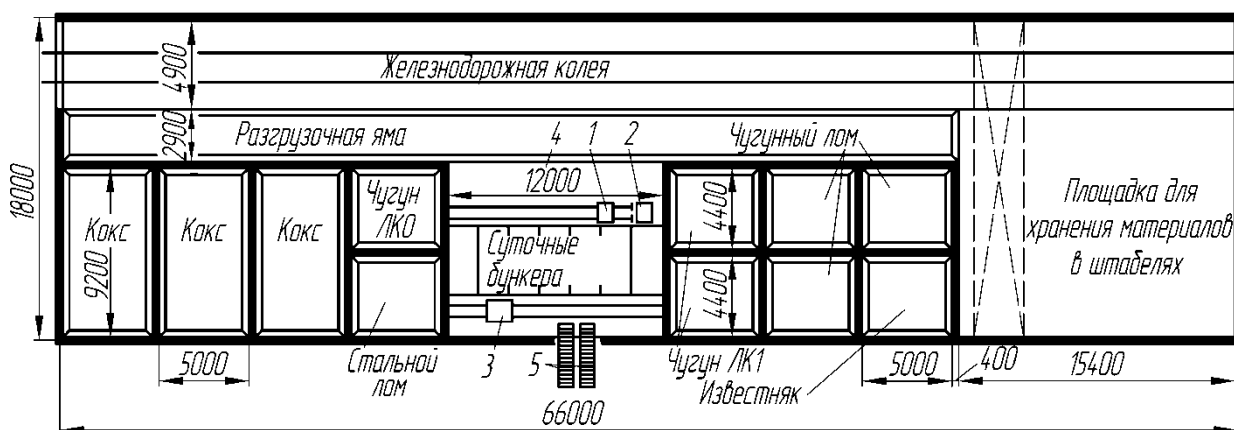


Рис. 9.1. Схема механизированного склада шихты первого типа с надземными закромами: 1 – чушколом; 2 – дробилка; 3 – весовая тележка; 4 – площадка суточных бункеров; 5 – рольганги для бадей

В складах второго типа железнодорожная ветка проходит посередине склада и часто заканчивается тупиком (рис. 9.2). Тип склада выбирают исходя из компоновки основных отделений цеха, склада и направления железнодорожной ветки. Если склад расположен в торце цеха, то первый тип складов выбирают при перпендикулярном направлении железнодорожной ветки к оси цеха, а второй тип склада – при параллельном. При расположении складов вдоль длинной стороны цеха склады первого типа делают при параллельном направлении ветки к оси цеха, а склады второго типа – при перпендикуляр-

ном. У складов первого типа закрома расположены по одну сторону ветки и занимают всю ширину склада, поэтому фронт разгрузки уменьшается, что вызывает применение надземных закровов, расположенных в два-три ряда по ширине склада. У складов второго типа железнодорожная колея делит склад по ширине пополам, что обеспечивает большой фронт разгрузки и дает возможность применять заглубленные и открытые закрома.

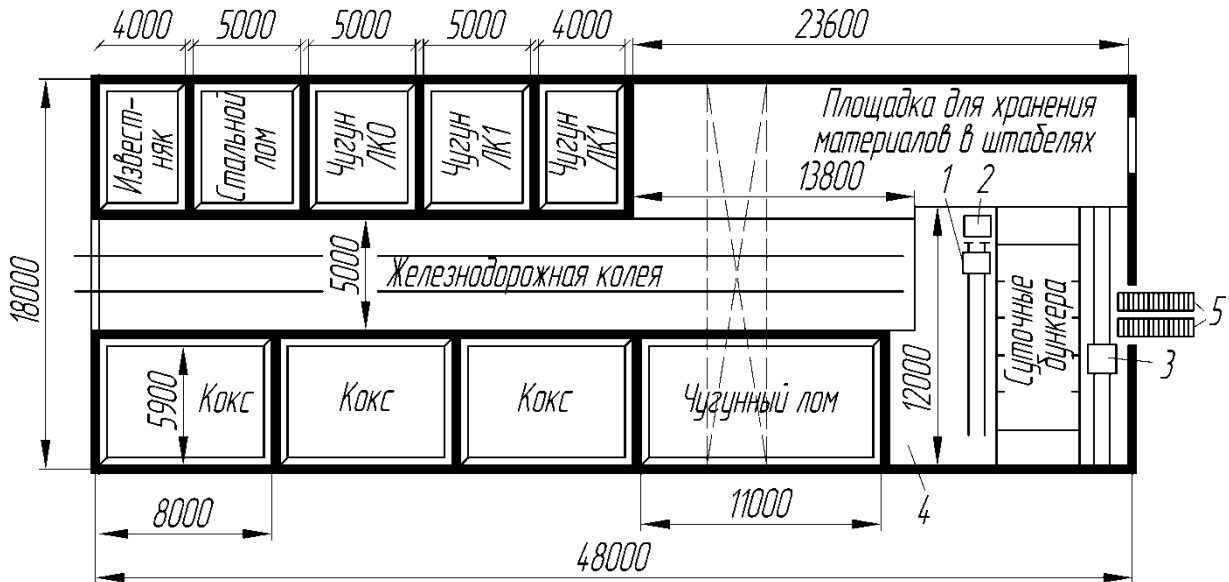


Рис. 9.2. Схема механизированного склада шихты второго типа, с открытыми закромами:
1 – чушколом; 2 – дробилка; 3 – весовая тележка; 4 – площадка
суточных бункеров; 5 рольганги для бадей

При расчете необходимой площади под механизированный склад первоначально определяют площадь закровов в свету и размеры площадей для хранения материалов вне закровов, а затем по планировке определяют полную площадь склада. Глубину закровов для шихтовых материалов принимают от 3 до 4 м, а для формовочных материалов от 5 до 7,5 м.

Для машиностроительных заводов с одним литейным цехом склады формовочных и шихтовых материалов проектируют при цехе. В этих случаях для подачи материалов к местам потребления используют внутрицеховой транспорт.

Площадь, занимаемую материалом (F_m) на месте хранения, можно определить в соответствии с нормами хранения: высотой хранения материала (H), определяемой по прочности самого материала, а также стенки бункера или закрома, насыпной массы материала (γ) по формуле:

$$F_m = \frac{Q}{H \times \gamma \times K},$$

где Q – масса соответствующего материала, хранимого на складе, т; K – коэф-

коэффициент использования емкости склада (не более 0,8).

Расчетные площади хранения округляются в соответствии с удобством механизированной загрузки и разгрузки материала. Минимальные размеры закроев должны быть не ниже 4×4 м, а бункеров 3×3 м.

Общая площадь хранения всех материалов определяется путем суммирования округленных площадей хранения каждого материала. Сюда же необходимо ввести площади эстакад и разгрузочных площадок (F_p), принимая ширину фронта разгрузки (W) порядка 6-8 м по всей протяженности железнодорожного пути (L), находящегося в цехе, при числе разгрузочных площадок n :

$$F_p = n \times W \times L .$$

Для удобства функционирования складов и обеспечения достаточного фронта работ на них необходимо предусмотреть 10-15 % от полезной площади склада, для создания приемных устройств (фронт движения загрузочной тележки, место заполнения загрузочных бадей место перегрузки других материалов для отправки на соответствующий участок).

Все эти площади составят полезную площадь склада. Она должна быть увеличена еще на 10-15 % для обеспечения необходимых проездов и проходов.

Общая площадь склада определяется по формуле:

$$F_{\text{скл}} = F_{\text{тех}} + F_{\text{закр}} + F_{\text{э}} + F_{\text{п.у}} ,$$

где $F_{\text{тех}}$ – площадь технологических участков склада, включая площадь под оборудование, проходами и железнодорожными вводами, м²; $F_{\text{закр}}$ – площадь закроев, м²; $F_{\text{э}}$ – площадь, занятая внутренними эстакадами и местами для разгрузки материалов, м²; $F_{\text{п.у}}$ – площадь, занятая устройствами для подачи материалов в производство, м².

Расчет площади закроев складов шихтовых материалов:

$$F_{\text{з.ш}} = 1,1(f_1 + f_2 + \dots + f_n),$$

где $F_{\text{з.ш}}$ – площадь закроев складов шихтовых материалов, м²; 1,1 – коэффициент увеличения расчетной площади закроев с учетом их фактического заполнения; f_1, f_2, f_n – расчетные площади для соответствующих компонентов шихты в зависимости от вида литья (чугунный лом, стальной лом, стружка и др.).

Площади закроев для отдельных компонентов шихты находятся по формуле:

$$f_{з.ш.} = \frac{100M \times a \times b}{k \times T_d \times H \times \gamma},$$

где $f_{з.ш.}$ – площадь закрома соответствующей составной части шихты, м²; $100 \cdot M/k$ – металлозавалка, т/год; M – мощность цеха годного литья, т/год; k – выход годного литья, т/год (в процентах от металлозавалки); a – норма расхода соответствующего компонента шихты от металлозавалки, %; b – норма хранения компонента шихты, дней; T_d – годовой фонд работы, дней; H – высота хранения компонента шихты, м; γ – насыпной вес компонента шихты, т/м³.

Для складов формовочных материалов площади закромов определяются по формуле:

$$F_{з.ф.} = 1,2 \div 1,25(f_{п.} + f_{г.} + f_{у.}),$$

где $f_{п.}, f_{г.}, f_{у.}$ – расчетные площади закромов соответственно для песка, глины и угля, м²; $1,2 \div 1,25$ – коэффициент увеличения расчетной площади закромов с учетом их фактического заполнения.

Расчетные площади закромов для соответствующих формовочных материалов находятся:

$$f_{з.ф.} = \frac{b \times M \times a'}{T_d \times H \times \gamma},$$

где a' – норма расхода соответствующего материала, кг/т годного литья.

Площадь, занятая внутренними эстакадами и местами для разгрузки, определяется длиной склада, количеством эстакад и необходимой шириной мест разгрузки:

$$F_э = m l n,$$

где $F_э$ – площадь, занятая внутренними эстакадами и местами для разгрузки, м²; m – ширина разгрузки (при эстакадной разгрузке принимается равной 6-8 м); l – длина эстакады, м; n – количество эстакад.

Для мелких цехов с мелкосерийным и единичным характером производства, где точное определение площади складов весьма затруднено, можно воспользоваться таким укрупненным показателем – на 100 т годных отливок необходимо 200 м² складов. Для дорогих материалов, используемых при производстве медных, алюминиевых и никелевых отливок необходимо предусматривать запираемые помещения. При расчете площади складов необходимо проверить удельную нагрузку, которую может произвести материал на единицу площади. Она не должна превышать запроектированную для используемого типа здания, особенно это касается помещений для хранения, распо-

ложенных на втором этаже цеха.

Склады должны иметь достаточный уровень механизации и быть комплексными или специализированными. Комплексные склады, наиболее распространенные в практике работы литейных цехов, могут располагаться в помещениях, примыкающих к зданию цеха или в отдельно стоящем помещении. Ширина пролета складов 18, 24 или 30 м с высотой подкрановых путей от 8,15 до 18 м в зависимости от типа склада, назначения пролета и типа используемых грузоподъемных механизмов.

Контрольные вопросы.

1. Каково назначение складов литейных цехов?
2. Перечислите основные операции, выполняемые на складах формовочных и шихтовых материалов?
3. Перечислите способы хранения материалов?
4. Какие типы закровов вы знаете?
5. Что необходимо учитывать при проектировании складов?
6. Как рассчитывается площадь занимаемая материалом на месте хранения?
7. Как проводится учет расхода материалов?
8. Как рассчитывается общая площадь хранения материалов?
9. Как рассчитывается площадь закровов для отдельных компонентов шихты?
10. Как рассчитывается площадь закровов формовочных материалов?

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

Отливки	Максимальная масса, кг				из тяжелых цветных сплавов
	из чугуна и стали (в объемные разовые песчаные формы)		из легких цветных сплавов при литье		
	массовое и крупносерийное	среднесерийное, мелкосерийное и единичное	под давлением	в кокиль	
Особо мелкие	1	-	0,1	-	0,05
Мелкие	10	100	0,2	1	0,10
Средние	50	1000	1,0	5	0,50
Крупные	200	5000	10,0	25	5,00
Тяжелые	500	20000	св. 10,0	св. 25	-
Особо тяжелые	св. 500	св. 20000	-	-	-

Таблица 2

Группа отливок по массе, кг	Годовое количество отливок одного наименования, по типу производства, шт.				
	массовое, более	крупносерийное	среднесерийное	мелкосерийное	единичное, менее
1	2	3	4	5	6
Чугунно- и сталелитейные цехи					
До 1	500000	100001-500000	-	-	-
1-10	200000	30001-200000	6001-30000	501-6000	501
10-20	145000	20001-145000	4801-20000	361-4300	361
20-50	72500	11751-72500	2651-11751	236-2650	236
50-100	52000	9101-52000	2101-9100	161-2100	161
100-150	42000	7751-42000	1601-7750	111-1600	111
150-250	37000	7151-37000	1401-7150	96-1400	96
250-500	29000	6001-29000	1131-6000	83-1130	83
500-1000	15000	3500-15000	601-3500	51-600	51
1000-1500	12000	2701-12000	451-2700	46-450	46

1500-2000	8800	1801-8800	301-1800	41-300	41
2000-5000	4500	781-4500	131-780	31-130	31
5000-10000	1500	351-1500	91-350	26-90	26

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
10000-20000	770	217-770	64-216	21-63	21
Св. 20000	-	-	42-110	15-41	15

Цехи цветного литья

Литье под давлением

До 0,063	1000000	800001-1000000	160001-800000	10501-160000	10501
0,063-0,100	800000	600001-800000	120001-600000	10001-120000	10001
0,10-0,25	600000	450001-600000	90001-450000	9001-90000	9001
0,25-0,63	500000	375001-500000	75001-375000	6501-75000	6501
0,63-1,00	400000	300001-400000	60001-300000	4001-60000	4001
1,00-2,50	300000	225001-300000	45001-225000	3001-45000	3001
2,50-4,00	200000	150001-200000	30001-150000	2501-30000	2501
4,00-10,00	100000	75001-100000	20001-75000	1601-20000	1601
10,00 и более	50000	35001-50000	7001-35000	651-7000	651

Литье в кокиль

До 0,25	100000	20001-100000	4001-20000	501-4000	501
0,25-0,63	70000	15001-70000	3751-15000	361-3750	361
0,63-1,00	40000	10001-40000	2501-10000	236-2500	236
1,00-2,50	20000	6001-20000	1551-6000	161-1550	161
2,50-10,00	12000	3001-12000	1101-3000	111-1100	111
10,00-25,00	8000	1501-8000	601-1500	51-600	51
25,00-63,00	6000	1201-6000	451-1200	46-450	46
63,00-160,00	4000	751-4000	301-750	41-300	41
160,00-630,00	2500	501-2500	131-500	31-130	31
630,00-1000,00	1500	301-1500	91-300	26-90	26
1000,00 и более	500	76-500	64-75	21-63	21

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
Литье по выплавляемым моделям					
До 0,063	1100000	220001-1100000	50001-220000	1001-50000	1001
0,063-0,160	850000	160001-850000	30001-160000	801-30000	801
0,16-0,25	650000	130001-650000	20001-130000	651-20000	651
0,25-0,63	500000	100001-500000	15001-100000	501-15000	501
0,63-1,00	350000	70001-350000	10001-70000	351-10000	351
1,00-4,00	220000	35001-220000	5001-35000	201-5000	201
4,00-10,00	125000	20001-125000	1001-20000	101-1000	101
10,00 и более	70000	12001-70000	501-12000	51-500	51

Таблица 3

Материалы	Отрасль промышленности							
	тяжелое машиностроение	станко-строение	машино-строение	тракторное и сельскохозяйственное машиностроение	автомобилестроение	радиотехническая	электротехническая	строительная
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Серый чугун:								
общий для мелкого, среднего, крупного литья	75	70	68	67	66	65	68	76
мелкое литье	66	60	68	60	58	59	58	68
среднее литье	69	65	63	65	65	66	67	75
крупное литье	77	73	71	70	69	68	72	78
модифицированный чугун	73	67	66	65	65	63	66	70
высокопрочный чугун	68	55	65	66	65	-	64	68

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ковкий чугун:								
вагранка + пламенная печь, литье мелкое и среднее	-	46	50	46	60	-	-	46
вагранка и электропечь	-	-	48	47	60	-	-	-
Сталь:								
углеродистая с электропечи:								
мелкое литье	56	58	52	55	52	-	46	56
среднее литье	62	58	57	60	54	-	50	60
крупное литье	68	60	60	-	-	-	-	62
легированная с электропечи:								
мелкое литье	54	48	46	54	60	-	45	52
среднее литье	58	52	50	58	62	-	48	57
крупное литье	62	-	-	-	-	-	-	60
сталь малого бессемера:								
мелкое литье	47	45	48	-	-	-	-	48
среднее литье	52	48	54	54	-	-	-	52

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Варианты заданий для выполнения практических работ

Задание: Произвести расчет плавильного отделения литейного цеха. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные	Варианты заданий													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Мощность цеха, тыс. т/год	20	35	40	25	50	15	30	10	50	16	170	150	200	250
Условия производства	мелко-серийное	серийное	массовое	серийное	средне-серийное	мелко-серийное	серийное	мелко-серийное	массовое	единичное	заготовительное литье			
Развес литья, кг	5-10	10-50	60-100	10-30	100-200	20-50	150-300	80-160	5-10	15-20				
Отрасль промышленности	машиностроение	тракторостроение	машиностроение	тракторное и сельхозмашиностроение	тяжелое машиностроение	машиностроение	станкостроение	радиотехническое	тяжелое машиностроение	электротехническое				

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миляев, А.Ф. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов [Текст]/ А.Ф. Миляев // Учебное пособие. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова. – 2001. – 410 с.
2. Кулаков, Б.А., Знаменский Л.Г., Ивочкина О.В. Проектирование и реконструкция литейных цехов: Учебное пособие.- Челябинск: ЮУрГУ, 2001.
3. Проектирование и реконструкция литейных цехов: Учебное пособие к выполнению дипломного проекта / Б.А. Кулаков, Л.Г. Знаменский, О.В. Ивочкина и др. - Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2001- 144 с.
4. Непомнящий, В.Н. Проектирование литейных цехов [Текст]/ В.Н. Непомнящий, Т.Н. Тюнева // Метод. указания к практик. занятиям для студентов специальности 110400 «Литейное производство черных и цветных металлов». – Красноярск: – 2002. – 40 с.
5. Иванов, А.А. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов [Текст]/ А.А. Иванов, Т.Н. Тюнева // Метод. указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 150104 «Литейное производство черных и цветных металлов». – ГОУ ВПО «Гос. ун-т цвет. Металлов и золота». - Красноярск: – 2006. – 32 с.
6. Кнорре Б.В. Основы проектирования литейных цехов и заводов.- М.: Машиностроение, 1979.
7. Логинов, И.З. Проектирование литейных цехов [Текст]/ И.З. Логинов// Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов. – Минск: Издательство «Вышэйшая школа». – 1975. – 320 с.
8. Загруднюк А.А., Никифоров А.П., Кондрашов В.А. Конструкции и работа машин литейного производства: Учебное пособие /Под ред. В.М. Александрова. – Челябинск: ЧГТУ, 1991.
9. Сафронов, В.Я. Справочник по литейному оборудованию [Текст]/ В.Я. Сафронов. – М.: Машиностроение. – 1985. – 320 с.
10. Анিকেев, В.В. Печи литейного производства [Текст]/ В.В. Анিকেев// Учебное пособие. – Самара: Гос. тех. ун-т. – 2006. – 129 с.
11. Жуковский, С.С. Технология литейного производства: Формовочные и стержневые смеси [Текст]/ С.С. Жуковский, А.Н. Болдин, и др. // Учебное пособие для вузов. – Брянск: Изд – во БГТУ. – 2002. – 470 с.
12. Непрерывное литье алюминиевых сплавов: справочник / В.И. Напалков, Г.В. Черепок, С.В. Махов, Ю.М. Черновол. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005. – 512 с.
13. Степанов Ю.А. и др. Технология литейного производства: Специальные виды литья. Учебник для вузов по специальности «Машины и технология литейного производства» / 4. Ю.А. Степанов, Г.Ф. Баландин, В.А. Рыбкин: Под ред. Ю.А. Степанова. – М.: Машиностроение, 1983. – 287 с.
14. Немировский, Р.Г. Автоматические линии литейного производства

[Текст]/ Р.Г. Немировский // Учебное пособие для вузов. – Киев, Донецк: Издательство «Выща школа». – 1981. – 176 с.

15. СТО 4.2-07-2008. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности [Текст] / разработ. Т.В. Сильченко, Л.В. Белошاپко, В.К. Младенцева, М.И. Губанова. – Введ. впервые 09.12.2008. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 47 с.

Аннотация

Дисциплина «Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов» входит в базовую часть профессионального цикла основной образовательной программы подготовки магистров по направлению 150100 «Металлургия». Его основная задача состоит в освоении студентами новых компетенций по вопросам организации проектирования.

На практических занятиях студенты изучают существующую систему проектирования, содержание предпроектных и проектных работ, объемно-планировочные и конструктивные решения литейных цехов и заводов, основные материалы и конструкции.

Расширение профессиональных компетенций студента происходит при подробном рассмотрении общих вопросов проектирования и реконструкции литейных цехов и заводов. Практические занятия решают вопросы по возведению литейного цеха или комплекса на новой рабочей площадке для создания новых производственных мощностей; строительство новых и расширение существующих участков и производства для улучшения технико-экономических показателей цеха, в том числе создание новых производственных мощностей; полное или частичное переоборудование производства на основе новых технологических процессов; повышение технико-экономических показателей цеха или отдельного участка.

На практических занятиях рассматриваются особенности расчетов, подходов и методов при проектировании и реконструкции цехов и заводов по дисциплине «Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов».