



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный  
технический университет**

---

**Кафедра «Металлургия литейных сплавов»**

**Г. В. Довнар**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЦЕХОВ  
СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ ЛИТЬЯ**

**Учебно-методическое пособие  
по курсовому и дипломному проектированию**



**Минск  
БНТУ  
2014**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Металлургия литейных сплавов»

Г. В. Довнар

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЦЕХОВ  
СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ ЛИТЬЯ

Учебно-методическое пособие  
по курсовому и дипломному проектированию  
для студентов специализации 1-42 01 01-01  
«Литейное производство черных и цветных металлов»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
в сфере высшего образования Республики Беларусь по образованию  
в области металлургического оборудования и технологий*

Минск  
БНТУ  
2014

УДК 621.74-025.13:378.147.091.313(075.8)

ББК 34.61я7

Д58

Рецензенты:

*В. К. Винокуров, Н. Ф. Невар*

**Довнар, Г. В.**

Д58 Проектирование и организация цехов специальных видов литья : учебно-методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию для студентов специализации 1-42 01 01-01 «Литейное производство черных и цветных металлов» / Г. В. Довнар. – Минск : БНТУ, 2014. – 207 с.

ISBN 978-985-525-933-7.

Учебно-методическое пособие включает анализ технологических процессов, алгоритмы выбора и методику расчета оборудования цехов литья под давлением, в кокиль, по выплавляемым моделям, в оболочковые формы и центробежного литья. Приводится характеристика основного оборудования, в том числе автоматизированных комплексов и средств автоматизации технологических операций. Рассматриваются вопросы организации производства. Показаны типовые технологические планировки цехов специальных методов литья.

УДК 621.74-025.13:378.147.091.313(075.8)

ББК 34.61я7

ISBN 978-985-525-933-7

© Довнар Г. В., 2014

© Белорусский национальный  
технический университет, 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ. . . . .	5
1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ ЛИТЬЯ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ. . . . .	10
1.1. Проектирование технологического процесса литья под высоким давлением и расчет оборудования заливочных отделений. . . . .	12
1.1.1. Контроль технологических режимов. . . . .	18
1.1.2. Автоматизация управления технологическим процессом. . . . .	19
1.1.3. Проектирование автоматизированных технологических процессов и систем. . . . .	21
1.1.4. Автоматизированные комплексы и средства автоматизации технологических операций. . . . .	41
1.2. Организация производства в цехах литья под давлением. . . . .	60
1.2.1. Организация и расчет плавильных отделений при литье под давлением и в кокиль. . . . .	68
1.2.2. Организация и оснащенность рабочих мест в заливочных отделениях цехов литья под давлением. . . . .	75
1.2.3. Проектирование и организация отделений финишной обработки отливок при литье под давлением и в кокиль. . . . .	81
1.2.4. Организация транспортирования отливок в цехах литья под давлением и в кокиль. . . . .	89
1.2.5. Организация ремонта в цехах литья под давлением и в кокиль. . . . .	92
1.2.6. Организация технического контроля. . . . .	95
1.2.7. Техника безопасности и охрана труда. . . . .	100
1.3. Примеры планировок участков и цехов литья под высоким давлением. . . . .	103
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ ЛИТЬЯ В КОКИЛЬ. . . . .	118
2.1. Структура, технологический процесс и кокили. . . . .	118
2.2. Механизация и автоматизация кокильного литья. . . . .	120
2.2.1. Поточные линии для литья в кокиль. . . . .	122

2.2.2. Механизация и автоматизация заливки кокилей. . . . .	126
2.2.3. Автоматизация управления технологическим процессом. . . . .	134
2.3. Расчет оборудования. . . . .	136
2.4. Литье под низким давлением. . . . .	141
2.5. Литье в облицованные кокили. . . . .	143
2.6. Организация работ на заливочном участке цеха литья в кокиль. . . . .	144
2.7. Примеры планировок участков и цехов кокильного литья. . . . .	158
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ ЛИТЬЯ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ. . . . .	160
3.1. Разработка технологического процесса и расчет оборудования. . . . .	160
3.2. Планы расположения оборудования. . . . .	171
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ ЛИТЬЯ В ОБОЛОЧКОВЫЕ ФОРМЫ. . . . .	181
5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ЛИТЬЯ. . . . .	192
6. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗМЕРАМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ЦЕХОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ЛИТЬЯ. . . . .	202
ЛИТЕРАТУРА. . . . .	203

## ВВЕДЕНИЕ

К специальным способам литья, широко применяющимся в промышленности, относятся литье по выплавляемым моделям, литье в оболочковые формы, литье под давлением, литье в кокили, центробежное и др.

Отливки, получаемые специальными способами литья, по конфигурации и размерам приближаются к готовым деталям, и объем их обработки резанием невелик по сравнению с заготовками, изготовленными другими способами.

Применение специальных способов литья в ряде случаев повышает трудоемкость и себестоимость отливок в литейных цехах, однако благодаря экономии металла и сокращению объема обработки резанием в конечном итоге стоимость изготовления детали снижается.

Особенности, присущие изготовлению отливок специальными способами, предопределили целесообразность организации цехов, специализированных по способу литья.

Практика показывает, что литьем по выплавляемым моделям могут быть получены отливки из любых литейных сплавов массой от нескольких граммов до десятков килограммов со стенками толщиной от 1 мм и более. Наиболее часто этот способ применяют для изготовления стальных мелких (до 1,5 кг) и сложных по геометрии деталей с большим объемом обработки резанием. Литье по выплавляемым моделям является по существу единственным промышленным способом получения точных отливок из труднообрабатываемых жаростойких сплавов. Этот способ литья очень эффективен и в тех случаях, когда удастся получить целые узлы машин, ранее получаемые сваркой или сборкой нескольких деталей. Стержни для отливок, получаемых по выплавляемым моделям, как правило, не применяют.

При правильном подборе номенклатуры отливок для литья по выплавляемым моделям удастся в среднем 1 т литья заменить 2 т металлопроката и сэкономить при этом до 1000 станко-часов на обработке резанием.

Литье в оболочковые формы с использованием оболочковых стержней применяют в основном для массового и крупносерийного производства отливок из чугуна и меньше – из стали и других сплавов. Этим способом отливают детали тракторов, автомобилей, текстильных машин, арматуры и т. д. Уменьшение припусков на обработку при пе-

реходе с литья в песчаные формы на литье в оболочковые формы существенно сокращает трудоемкость обработки резанием, а масса отливок благодаря их большой точности уменьшается до 10 %. Использование оболочковых форм эффективно при производстве чугунных отливок с тонкими ребрами (например, ребристых цилиндров автомобильных и мотоциклетных двигателей с воздушным охлаждением) и других отливок, требующих применения сухой формы.

Оболочковые формы целесообразно использовать для производства отливок массой 0,1–60 кг. Более крупные отливки из-за коробления оболочек имеют меньшую точность размеров.

Литье под давлением используют главным образом в массовом и крупносерийном производстве для получения тонкостенных сложных отливок из цветных сплавов. При правильном выборе номенклатуры применение литья под давлением улучшает технико-экономические показатели производства отливок по сравнению с литьем в песчаные формы и в кокиль. Этим способом получают отливки массой от нескольких граммов до десятков килограммов, например блок двигателя автомобиля. Применение литья под давлением ограничивается высокой стоимостью пресс-форм, наличием в отливках воздушной пористости, а также невозможностью использования песчаных стержней.

Литье в кокиль применяют в серийном и массовом производстве с использованием песчаных и металлических стержней. Серия выпуска при литье чугуна должна составлять более 20 крупных или 400 мелких отливок в год, при литье алюминия – 400–7000 отливок в год. В случае увеличения серии алюминиевые отливки массой до 25 кг целесообразно изготавливать литьем под давлением, если внутреннюю полость отливок можно образовывать металлическими стержнями и нет особых требований по их герметичности. Литье в кокиль используют для получения толстостенных алюминиевых отливок, чугунных отливок, отливок из высокопрочного чугуна со стенками толщиной от 8 до 10 мм, отливок из медных сплавов со стенками толщиной более 3,5 мм, стальных отливок простой конфигурации со стенками толщиной более 6 мм. Отливки, получаемые в кокилях по отработанной технологии, не имеют внутренних дефектов. Применение литья в кокиль ограничивается из-за неподатливости металлической формы и, как следствие, затрудненной усадки отливок.

Иногда, главным образом для получения алюминиевых отливок, применяют метод литья под низким давлением (давление на металл

при заполнении формы до 100 кПа), являющийся разновидностью литья в кокиль. При литье под низким давлением возможна автоматизация дозирования и подачи металла в кокиль. Этим способом удается получать сложные тонкостенные отливки с повышенной плотностью, за счет сокращения расхода на литниковую систему экономится металл.

Центробежный способ литья применяют в серийном и массовом производстве для получения отливок, в основном имеющих форму тел вращения (трубы, гильзы, втулки, кольца подшипников и т. п.), из любых сплавов с большим диапазоном по массе. При этом увеличивается выход годного литья, так как металл не расходуется на литники и прибыли. Полые отливки изготавливают без стержней, что упрощает и удешевляет процесс их производства. Применяют в основном три разновидности технологического процесса центробежного литья: в металлическую изложницу без покрытия, в изложницу, футерованную песчаной смесью (сырой или сухой), и в изложницу, покрытую тонким слоем изоляции.

В таблице приведены некоторые усредненные параметры отливок, получаемых специальными способами литья [1].

Параметры отливок, получаемых специальными способами литья

Показатели	Способ литья				
	По выплавляемым моделям	В оболочковые формы	Под давлением	В кокили	Центробежное
Сплавы	Сталь	Чугун, сталь	Цветные металлы	Черные и цветные металлы	Черные и цветные металлы
Масса отливки, кг	0,005–70	Из чугуна 0,03–50, из стали 0,05–120	0,015–25	Из чугуна 0,1–10, из алюминия 0,1–50	5–40 (уникальные до 45000)
Толщина стенок отливок, мм	1 и более	Из чугуна 3 и более, из стали 3,5 и более	Из цинковых сплавов 0,8–3, из магниевых и алюминиевых сплавов 1,5–4, из медных сплавов 2–4	Из алюминиевых сплавов 2,5 и более, из стали 6 и более, из медных сплавов 3,5 и более, из чугуна 5 и более	5–30 (уникальные до 350)



## Окончание таблицы

Показатели	Способ литья				
	По выплавляемым моделям	В оболочковые формы	Под давлением	В кокили	Центробежное
Точность отливков, соответствующая качеству по ГОСТ 25346–82	12–14	14–15	11–14	14–15	15
Класс шероховатости поверхности отливок по ГОСТ 2789–73	4–6	3–5	Из цинковых сплавов 7–8 из магниевых и алюминиевых сплавов 6–7, из медных сплавов 4–5	Из алюминиевых сплавов 3–5, из стали 1–3, из медных сплавов 2–3, из чугуна 2–4	1–3
Припуск на обработку резанием, мм	0,5–2	2,0–4	0,3–1	1,5–4	3–20
Средний коэффициент использования заготовки (отношение массы готовой детали к массе заготовки)	0,93	0,90	0,95	0,75	Для деталей машиностроения – 0,7, для труб – 1
Примерная стоимость 1 т отливок средней сложности в условиях крупносерийного производства, у.е.	1200 – отливок массой 0,2–0,5 кг из углеродистой стали	400 – отливок массой 3–10 кг из чугуна	1100 – отливок массой 2–5 кг из алюминиевого сплава; 1600 – из магниевового сплава; 1000 – из цинкового сплава	1400 – отливок массой 3–10 кг из алюминиевого сплава; 1200 – из медного сплава; 300 – из чугуна	165 – гильз автомобильных массой 6,5 кг, 100 – труб водопроводных

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 проектирова-

ния 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 целях 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, охладительные галереи, выбивные решетки и др. Эти цехи не требуют складов формовочных материалов и участков подготовки отработанной смеси.

Технологические процессы заливки, кристаллизации и затвердевания сплава и 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 производство 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 в большинстве случаев строят одноэтажными [2].

## 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ ЛИТЬЯ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

При литье под давлением производство деталей из алюминиевых сплавов занимает первое место. Например, этим методом отливают такие сложнейшие отливки, как блоки цилиндров двигателей.

Второе место по выпуску и номенклатуре отливок занимают цинковые сплавы. Уменьшением толщины стенок компенсируется основной недостаток этих сплавов – недостаточная плотность. Например, решетка автомобиля «Жигули» длиной 1054 мм имеет стенку толщиной 1,25 мм.

Расширяется применение литья под давлением магниевых сплавов. Наряду с отливкой деталей приборов, биноклей, фото- и киноаппаратуры сплавы системы Mg-Al-Zn успешно используют в автомобилестроении и авиационной промышленности. Увеличивается номенклатура и повышается сложность отливок из медных сплавов. Из латуни отливают детали водопроводной арматуры массой до 6,3 кг. Благодаря повышению стойкости форм из спеченных металлокерамических Mo-W сплавов освоено промышленное литье под давлением черных сплавов, в основном коррозионно-стойких сталей.

Рекомендуемые мощности цехов: 2–3 тыс. т – для производства цинковых и бронзовых отливок массой до 1 кг; 5–6 тыс. т – для цинковых отливок массой до 5 кг и 5–6 тыс. т – для алюминиевых отливок массой до 5 кг и 10–12 тыс. т – массой до 20 кг.

Цехи литья под давлением обычно состоят из трех основных производственных подразделений в соответствии с основными этапами изготовления отливок – плавка металла, собственно изготовление отливок на машинах литья под давлением и отделка отливок. Помимо основных отделений в цехе обычно предусматривают вспомогательные участки, склады и лаборатории.

Примерный состав цеха литья отливок под давлением следующий:

- плавильное отделение с шихтовым двором и участком ремонта плавильного оборудования;
- отделение литья под давлением;
- участок изготовления стержней со смесеприготовлением (при литье под низким давлением);
- отделение обрубки и термической обработки отливок, в состав которого входит:
  - а) участок выбивки стержней (при литье под низким давлением);
  - б) участок обрезки и зачистки отливок;

- в) участок дробеметной очистки отливок;
- г) участок термообработки;
- д) участок пропитки отливок;
- е) участок грунтовки отливок;
- мастерские службы механика и энергетика цеха;
- мастерские по ремонту пресс-форм, штампов, другой оснастки и приспособлений;
- диспетчерская служба АСУП;
- экспресс-лаборатории;
- лаборатории по испытанию отливок;
- опытный участок;
- цеховые и межоперационные склады;
- подъемно-транспортные системы.

Если в цехе планируется отливка деталей из разных сплавов, то особое внимание следует обращать на меры, исключающие возможность перемешивания сплавов.

**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 по форме, приведенной в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Форма ведомости объемов производства при литье под давлением

№ п/п	Наименование и номер детали	Число отливок		Модель машины	Число		Масса, кг			
		на изделие	на программу (А)		гнезд в пресс-форме (В)	запресовок на программу (Г)	одной отливки (Д)	порции сплава в форме	отливок на программу (Е)	жидкого металла на программу (Ж)
			$A \times k_{бр}$		$\frac{Б}{В}$		$D \times B + q_{л}$	$D \times Б$	$E + Г q_{л}$	$Ж \times k_{п.м}$
Сплав I										
...										
Сплав II										
...										
Итого										
Примечание. $k_{бр}$ – коэффициент, учитывающий брак отливок: $k_{бр} = 1,03–1,05$ ; $q_{л}$ – масса литников в форме; $k_{п.м}$ – коэффициент, учитывающий потери металла на угар, скрап, сливы и т. п.; для цветных металлов $k_{п.м} \approx 1,08$ .										

Ниже приведены ориентировочные показатели выхода годного при отливке под давлением алюминиевых деталей [1].

Масса отливок, кг	Выход годного от металлозавалки, %
От 0,5 включительно	25–30
0,5–1	35–45
1–3	45–50
3–5	50–55
5–10	55–60

### **1.1. Проектирование технологического процесса литья под высоким давлением и расчет оборудования заливочных отделений**

Основные вопросы литья под высоким давлением рассматриваются в работах [3–33].

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

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 основных машин для литья под давлением (ЛПД) приведены в табл. 1.2, а также в работах [18; 19; 22; 30, с. 103–133, 291–296; 31, с. 347–348; 32, с. 368–371; 33, с. 282–283].

Многие машины ЛПД оснащаются средствами автоматизации для очистки и смазки пресс-форм, а также для съема отливок и передачи их на пресс и других операций.

Модель машины выбирают на основании известных расчетов требуемого давления прессования и необходимого запирающего усилия машины по площади проекции отливки с литниковой системой. За-

тем 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.

Таблица 1.2

Технические характеристики некоторых машин для литья под давлением с горизонтальной холодной камерой прессования [1]

Показатели	Модели (номера) машин							
	71107	71108	71109	177A10	71111	71112	71113	71114
Усилие, кН: запирания формы прессования	1600 200	2500 300	4000 450	6300 670	8000 800	10000 950	12500 1200	16000 1500
Наибольшая масса заливаемой пор- ции алюминиевого сплава, кг	2,1	3,6	6	10	13	18	24	32
Расстояние между колоннами в све- ту, мм по горизонтали	450	530	630	750	850	950	1060	1180
по вертикали	450	530	630	750	850	950	1060	1180
Толщина пакета пресс-формы, мм	220– 500	260– 600	320– 710	380– 850	420– 950	480– 1060	530– 1180	600– 1320
Ход подвижной плиты, мм	380	450	530	630	710	800	900	1000
Время холостого цикла, с	4,3	5,0	6,0	7,1	7,5	9,0	9,5	10,5
Установленная мощность элект- родвигателя, кВт	22,8	22,8	25,2	40	44	55	60	80
Габаритные раз- меры, мм	5330× ×1650× ×1700	5850× ×1850× ×1900	7030× ×1700× ×1900	8200× ×2100× ×1760	8200× ×2100× ×1760	9200× ×2300 (в пла- не)	11600× ×2600 (в пла- не)	12200× ×2900 (в пла- не)
Масса, т	8,5	10,5	19	30	45	53,9	70	85

Рекомендуемые давления прессования в зависимости от конфигурации отливок из разных сплавов приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Рекомендуемые давления прессования, кПа · 10<sup>2</sup> [1]

Сплав	Отливки с толщиной стенки до 3 мм			Отливки с толщиной стенки до 6 мм		
	Простые	Сложные	Очень сложные	Простые	Сложные	Очень сложные
Оловянно-свинцовый	300	350	450	450	500	–
Цинковый	450	450	500	550	600	–
Магнийевый	500	550	600	700	800	1000
Алюминиевый	350	450	500	600	650	800
Латунь	600	700	800	900	1000	-

Обычно в паспорте машины для литья под давлением приводят график для определения ее производительности в зависимости от времени заливки металла, кристаллизации отливки и подготовки прессформы. Усредненные значения расчетной производительности машин литья под давлением с холодной камерой прессования приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Расчетная производительность машин литья под давлением с холодной горизонтальной камерой прессования (заливок/ч) [1]

Масса алюминиевых отливок, кг	Модели машин и категория сложности отливок					
	71106, 71107, 71108			71109, 711A10, 71111, 71112, 71113		
	I	II	III	I	II	III
1	2	3	4	5	6	7
0,1	80	75	70	–	–	–
0,2	80	75	70	–	–	–
0,3	80	70	60	70	60	55
0,5	75	70	60	60	55	50
0,7	70	60	55	60	55	50
1,0	70	60	50	60	50	45
1,5	60	50	45	55	50	40
2,0	60	50	45	50	45	40

1	2	3	4	5	6	7
3,0	–	–	–	45	40	35
4,0	–	–	–	40	35	30
5,0	–	–	–	35	30	25

Примечание.  
 1. Производительность приведена для отливок без арматуры.  
 2. Сложность отливок: I категория – простые; II – средней сложности; III – сложные.

Для расчета количества машин литья под давлением всю номенклатуру отливок разбивают на группы по массе или габаритам, верхние пределы которых ограничиваются усилием запираания, размерами камеры прессования и мощностью прессования данных машин. Поэтому каждая группа отливок может изготавливаться только на определенном типе машин, указанные параметры которых являются оптимальными для данных отливок [34].

Количество требуемых машин каждого типа определяется по формуле [35]

$$N = \frac{\Gamma}{\Phi_{\text{д}} \cdot \Pi \cdot \eta_{\text{м}}},$$

где  $N$  – количество машин одного типа;

$\Gamma$  – количество запрессовок на годовую программу для машины рассчитываемого типа, запрессовок/год;

$\Phi_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд времени работы машин, ч/год;

$\Pi$  – производительность машины, запрессовок/ч, принятая для рассчитываемой группы отливок;

$\eta_{\text{м}}$  – коэффициент использования машины  $\eta_{\text{м}} = 0,8-0,85$ .

При многономенклатурной программе (например, в условиях серийного производства) в том случае, если переналадка машин не укладывается в нерабочее время или в обеденные перерывы, в расчетную формулу (в числитель) вводится коэффициент переналадки прессформ



$$f = 1 + \frac{\sum t_{\text{п}}}{T},$$

где  $\sum t_{\text{п}}$  – время, в течение года затрачиваемое на переналадку, ч/год;  
 $T$  – загруженность машины (данной модели) на выполнение годовой программы, ч/год.

В литейном пролете машины могут размещаться в несколько рядов, но прессующие блоки обращают в сторону проездов. Машины располагают таким образом, чтобы к ним обеспечивался свободный доступ во время обслуживания и ремонта. Расстояние между осями машин 3–4 м и больше. В отделении предусматриваются краны или кран-балки грузоподъемностью 10–50 кН для установки и снятия пресс-форм, ремонта и монтажа оборудования. При наличии в цехе машин с усилием запираания 400–1600 кН в пролетах устанавливаются кран-балки грузоподъемностью 10 кН; при усилии запираания 1600–3500 кН – 20 кН; до 6500 кН – 30 кН; более 6500 кН – кран грузоподъемностью 50 кН [35].

Пресс-формы – основная оснастка в цехах литья под давлением. Высокая стоимость и трудоемкость их изготовления нередко являются препятствием для перевода деталей на литье под давлением. Взаимодействие с жидким металлом способствует разрушению рабочей поверхности пресс-форм. Для профилактики через каждые 10 тыс. заливок пресс-форму рекомендуется снимать с машины, разбирать, очищать, а затем подвергать отпуску при 550 °С. В проектах следует предусматривать помещения для наладки и профилактического ремонта пресс-форм. В качестве поверхностной обработки, удлиняющей срок службы пресс-формы, рекомендуется отпуск в среде водяного пара, в результате чего образуется прочный пористый слой окиси железа толщиной около 2,5 мкм. Такой изолирующий слой на поверхности амортизирует термический удар, снижая напряжения, возникающие в пресс-форме при ее работе.

Подготовка пресс-формы к работе заключается в ее подогреве и смазке. Существует оптимальная температура, при которой получают отливки хорошего качества. С достаточной для практики точностью ее можно принимать равной 1/3 температуры заливаемого сплава. Для подогрева пресс-формы используют специальные газовые горелки, нагрев ведут медленно, чтобы обеспечить равномер-

ность прогрева. В дальнейшей работе нужную температуру поддерживают с помощью водяного охлаждения. Для охлаждения пресс-форм рекомендуется деминерализованная вода. Для сокращения расхода воды в цехах предусматривают систему оборотного водоснабжения. Пресс-формы в процессе работы смазывают. Назначение смазки – предохранить рабочие поверхности от эрозионного воздействия струи расплавленного металла, а также смягчить тепловой удар в процессе заполнения. Кроме того, смазка способствует разделению отливки и формы. Водорастворимые смазки могут служить в качестве дополнительного средства для охлаждения пресс-формы. Наряду со смазками для пресс-форм при эксплуатации машин с холодными камерами прессования применяют смазки для камеры прессования [1, 23].

Показатели стойкости пресс-форм приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Средняя стойкость пресс-форм при литье под давлением

Сплавы для изготовления отливок	Стойкость пресс-форм, число запрессовок	
	Средняя	Максимальная
Цинковый	100 000	250 000
Магнийевый и алюминиевый	30 000	60 000
Медный	2 000	15 000

Пресс-формы хранят на складе, размещая их на стеллажах в сомкнутом состоянии для предотвращения повреждения рабочей поверхности. Они должны быть очищены и смазаны. Площадь склада пресс-форм принимают 4–6 % общей площади цехов массового и крупносерийного производства и 5–8 % площади цехов серийного производства.

Расчет требуемого количества пресс-форм в год по каждому наименованию отливок производится в соответствии с формой, представленной в табл. 1.6 (см. также табл. 1.1).

Таблица 1.6

## Форма ведомости годовой потребности в пресс-формах

Номер (наименов.) отливки	Кол-во отливок на годовую программу, шт./год	Кол-во отливок, получаемых за одну запрессовку, отл./запр.	Число запрессовок на годовую программу для каждой отливки, запр./год	Число запрессовок, которое вы- держивает пресс-форма, (средняя стойкость пресс-форм)	Общее кол-во пресс-форм на отливку, пресс- форм/год	
					расчет- ное	при- нятое
1	2	3	4	5	6	7
	Б	В	Б/В	Р	$N_{\text{пр-ф}} =$ $= \text{Б/В} \cdot \text{Р}$	

При разработке технологии изготовления отливки необходимо рассчитать минимальный диаметр камеры прессования, скорость прессования, скорость впуска металла в форму и время ее заполнения, площади питателей и коллектора, усилия прессования и запираения. При расчетах пользоваться данными из [5, 6, 8, 11, 12, 15, 16, 28].

Расчет площадей остальных отделений и участков цеха литья под высоким давлением осуществляется в соответствии с рекомендациями, изложенными ниже, а также в работах [36, 37].

При проектировании цеха следует использовать автоматические дозаторы для заливки металла и манипуляторы для извлечения отливок из пресс-форм. В условиях массового и крупносерийного производства рекомендуется применение роботов, а также установка рядом с литейными машинами прессов для обрубки литниковой системы, облоя и просечки отверстий.

### 1.1.1. Контроль технологических режимов

В условиях литья под давлением, когда отливка формируется за период, исчисляемый сотыми и тысячными долями секунды, необходимо осуществлять строгий контроль и запись основных технологических режимов процесса. В этих целях современные машины оснащаются датчиками, измерительными или измерительно-записыва-

вающими приборами. Так называемая приборизация машин позволяет повысить качество отливок, уменьшить процент брака и сократить время, требующееся на освоение новых форм при изменении номенклатуры отливок.

Главным преимуществом приборизации является стабилизация технологических режимов процесса, которая ведет к стабилизации качества продукции, одновременно повышая срок службы форм, машин и вспомогательного оборудования. Контроль режимов дает возможность корректировать значения отдельных параметров заполнения и подпрессовки путем совершенствования литниково-вентиляционной системы, системы охлаждения форм и схемы управления машиной.

Подробная информация по контролю перемещения и скорости пресс-плунжера, давления прессования, усилия запираения, температуры пресс-формы и темпа работы машины, а также результаты разработок контрольно-измерительных комплексов для литья под давлением приводятся в работах [21; 26; 33, с. 158–183].

### ***1.1.2. Автоматизация управления технологическим процессом***

Изменение качества отливок связано с колебанием параметров технологического процесса. Нестабильность параметров процесса изготовления отливок приводит к появлению брака. Анализ процесса литья под давлением показывает, что брак отливок появляется по двум главным причинам: либо не оптимизированы режимы литья, либо они нарушаются при изготовлении отливок. Если режимы литья не оптимизированы, т. е. не найдены такие параметры технологического процесса, при которых качество отливок удовлетворяет предъявляемым к ним требованиям, то необходимо провести исследования, связанные с определением оптимальных режимов. Если же оптимальные режимы найдены, а брак отливок возникает вследствие нарушения режимов литья, то это может происходить либо по вине литейщика, либо из-за оборудования. Литейщик, работающий на машине литья под давлением, не может в течение всей смены в одном и том же темпе выполнять операции по изготовлению отливок и поддерживать на заданном уровне технологические параметры. Чтобы исключить действие человеческого фактора на технологиче-

ский процесс, необходимо автоматизировать ручные операции. Для стабилизации переменных параметров, зависящих от работы оборудования в условиях случайных возмущений, необходимо автоматизировать их регулирование.

Таким образом, для повышения качества отливок требуется оптимизация режимов литья, автоматическое поддержание найденных оптимальных параметров и автоматизация ручных операций, выполняемых литейщиком.

Каждое из перечисленных мероприятий является сложной задачей. Так, для оптимизации режимов литья необходимо иметь методику выполнения исследований, контрольно-измерительные и регистрирующие средства. Для автоматизации регулирования параметров технологического процесса требуются надежные и долговечные датчики, исполнительные элементы, включающие следящий привод, а также средства управления и программирования. Для автоматизации ручных операций необходимы заливочно-дозировочные устройства, промышленные роботы или манипуляторы, автоматические устройства для смазывания пресс-формы и элементов пресс-группы, устройства для охлаждения отливки и контроля полноты извлечения отливки из пресс-формы.

Решение поставленных задач позволяет существенно снизить брак изготовления отливок. Однако при работе оборудования в автоматическом режиме по жесткой программе возможны внешние возмущения (пополнение расплавом раздаточной печи, подлив расплава в зазор между пресс-поршнем и наполнительным стаканом и др.), нарушающие оптимальные режимы литья и приводящие к браку. Для нормального хода технологического процесса необходимы контроль качества отливок и корректирование режимов литья. Эти функции обычно выполняет оператор, обслуживающий автоматизированную систему литья под давлением. Он фактически поддерживает обратную связь между входными и выходными параметрами технологического процесса.

Чтобы автоматизировать операции контроля качества отливок и корректирование режимов литья, необходимо разработать средства контроля показателей качества отливок, создать математическую модель, связывающую показатели качества отливки с переменными параметрами технологического процесса, разработать алгоритм управления процессом литья и реализовать этот алгоритм на каком-

либо управляющем устройстве. Обычно в качестве управляющего устройства используется ЭВМ. Такие автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП) получают все большее распространение [33].

Таким образом, для создания АСУТП литья под давлением требуется решить следующие задачи:

- а) оптимизировать режимы литья;
- б) разработать автоматические регуляторы параметров;
- в) автоматизировать ручные операции;
- г) автоматизировать контрольные операции;
- д) разработать математические модели процесса;
- е) разработать алгоритмы управления процессом.

Решение трех первых задач позволяет автоматизировать производство отливок по жесткой программе и добиться снижения брака отливок. Для получения отливок с максимально высокими свойствами необходимо организовать оптимальное управление технологическим процессом, т. е. кроме первых трех задач требуется решить еще три, связанные с контролем качества изготовления отливок и созданием алгоритмического и программного обеспечения для управления процессом.

Вопросы оптимизации технологических режимов литья под давлением и стабилизации параметров технологического процесса рассматриваются в работах [8, с. 184–187; 33, с. 186–221], создание математических моделей процесса литья под давлением – в [8, с. 187–189; 33, с. 221–222; 38].

### ***1.1.3. Проектирование автоматизированных технологических процессов и систем***

Проектирование автоматизированной системы литья под давлением является сложной технической задачей, которую условно можно подразделить на проектирование автоматизированного технологического процесса и автоматизированной системы.

При проектировании автоматизированного технологического процесса можно выделить следующие этапы:

анализ номенклатуры отливок (классификация их по конструктивно-технологическим признакам, выбор отливок-представителей);

анализ технологического процесса (требования к отливке и пресс-форме при автоматизации, определение автоматизируемых операций);  
выбор технологического оборудования и средств автоматизации;  
разработка вариантов и выбор транспортно-технологической схемы автоматизированного технологического процесса.

Оптимальная транспортно-технологическая схема автоматизированного технологического процесса служит исходной информацией для разработки автоматизированной системы. Проектирование автоматизированной системы обычно состоит из следующих основных этапов:

разработка вариантов и выбор структурно-компоновочной схемы автоматизированной системы;

разработка вспомогательных устройств (технологических, захватных, контрольных);

планировка автоматизированной системы;

программирование автоматизированной системы;

разработка системы управления автоматизированной системой.

Перечисленные этапы представляют собой единый неразрывный процесс проектирования автоматизированной системы, который может дополнительно включать или исключать какие-либо этапы.

**Анализ номенклатуры отливок.** Исходной информацией для разработки автоматизированного технологического процесса литья под давлением служат сведения об объектах производства, т. е. характеристики отливок. Когда номенклатура отливок велика, то целесообразно выделять те или иные конструктивно-технологические признаки и по этим признакам подразделять отливки на группы. Каждая группа отливок определяет типовой автоматизированный технологический процесс.

При анализе отливок изучают конструкторскую документацию на изделие и условия его эксплуатации, конструкторскую документацию на деталь и пресс-форму, сведения о литниковой системе. На основании полученной информации определяют основные классификационные признаки, по которым отливки объединяют в группы. Основными классификационными признаками деталей являются конструктивно-технологические признаки (рис. 1.1).

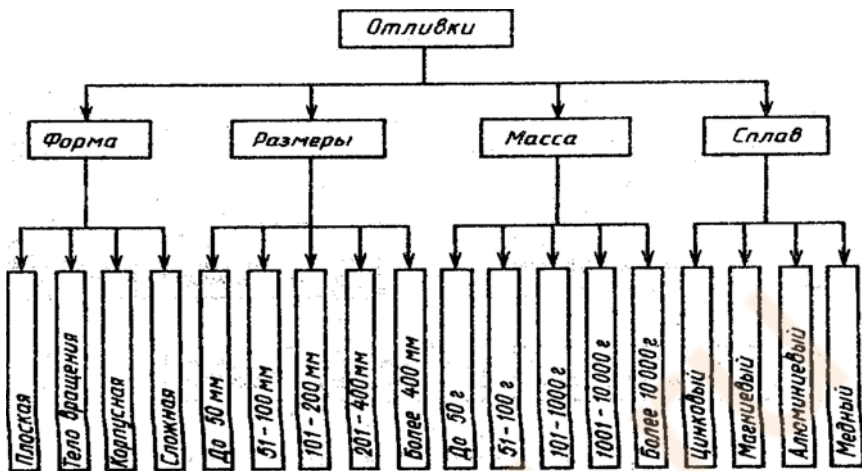


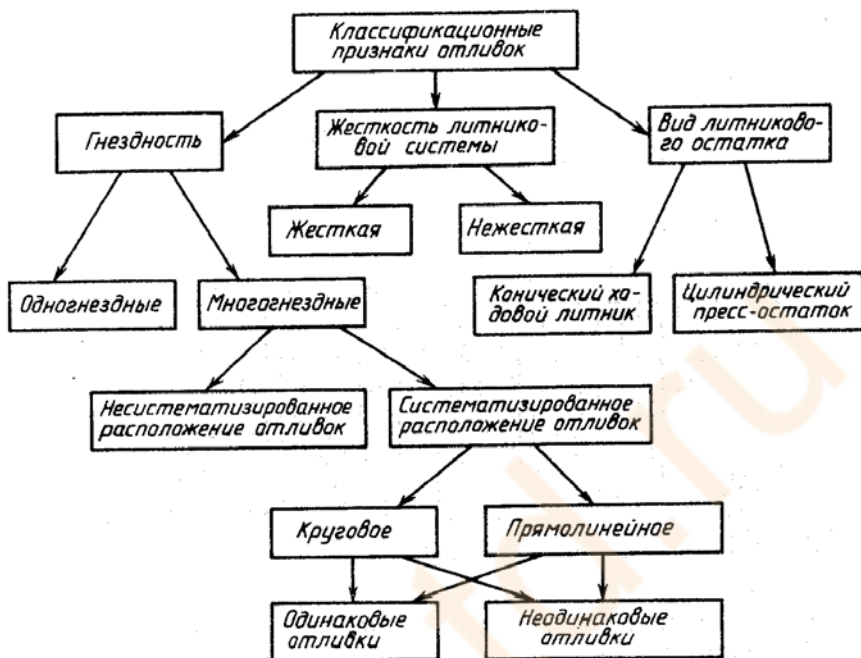
Рис. 1.1. Классификационные признаки отливок

Классификационными признаками, характеризующими отливки, являются признаки, связанные с особенностями литниковой системы. Это прежде всего число отливок, получаемых в пресс-форме, жесткость литниковой системы, вид литникового остатка, за который удаляется отливка. На рис. 1.2 показан один из возможных вариантов классификации отливок по названным признакам.

Проектирование автоматизированного технологического процесса и автоматизированной системы ведется для отливки-представителя, выбранной из группы. Переход на производство любой из отливок группы не требует сложных переналадок оборудования, а состоит лишь в перепрограммировании оборудования и замене оснастки.

Классификационные признаки отливки определяют тип и мощность машины литья под давлением и сложность пресс-формы. Тип машины выбирают в зависимости от вида сплава и формы отливки, а мощность – в зависимости от ее размеров и массы. В свою очередь, сложность пресс-формы зависит от конфигурации отливки. Конструкция пресс-формы и конфигурация отливки определяют траекторию удаления отливки из машины. Если литники и облой удаляют в штампе, то конструкция штампа и способы удаления из него отливок также зависят от конфигурации отливки.





1.2. Классификация отливок

Классификационные признаки отливки определяют средства для автоматизации операций удаления отливок из пресс-формы и контроля полноты извлечения, а также средства автоматизации операций удаления литников и облоя.

Для одногнездовых пресс-форм существенным при выборе технических средств автоматизации операций технологического процесса является жесткость литниковой системы и наличие конического ходового литника или цилиндрического пресс-остатка. При удалении литников и облоя в галтовочных барабанах жесткость литниковой системы не влияет на обработку, а при использовании прессов деформирование литниковой системы отливки в момент удаления из пресс-формы может привести к нарушению процесса обработки в результате неточной установки отливки в штамп. Конический ходовой литник и цилиндрический пресс-остаток определяют вид захватного устройства манипулятора или промышленного робота (ПР), выполняющего операцию удаления отливки из пресс-формы.

Для многогнездных пресс-форм кроме рассмотренных признаков при проектировании автоматизированных технологических процессов и систем также следует учитывать характер расположения отливок в пресс-форме.

Для систематизированного расположения отливок наиболее характерно их круговое и прямолинейное расположение относительно литника. Несистематизированное расположение отливок и получение неодинаковых отливок в одной пресс-форме встречаются довольно редко и требуют более сложных технических решений при автоматизации операций контроля полноты извлечения отливки из пресс-формы и удаления литников и облоя на прессах.

При систематизированном расположении отливок в пресс-форме могут быть использованы типовые и стандартные решения автоматизации операций удаления литников.

Таким образом, классификация отливок и подразделение их на группы по характерным признакам позволяют типизировать технические решения при проектировании автоматизированных технологических процессов и систем.

**Анализ технологического процесса.** Автоматизированный технологический процесс литья под давлением может разрабатываться для изготовления как новых, так и уже освоенных отливок.

Для изготовления новых отливок процедура проектирования начинается с выбора типа машины литья под давлением по известным параметрам детали, анализ которых был проведен на предыдущем этапе. Затем начинается проектирование отливки, литниковой системы и пресс-формы. При проектировании необходимо учитывать требования, которые к ним предъявляет автоматизация операций технологического процесса. При проектировании автоматизированного технологического процесса изготовления уже освоенных отливок также следует учитывать требования к конструкции отливок, литниковой системы и пресс-формы и при необходимости производить их доработку.

**Требования, предъявляемые к отливке и пресс-форме при автоматизации технологического процесса.** Если удаление литниковой системы осуществляется на прессах в штампах, то отливки должны иметь жесткую литниковую систему (питатели, литники, коллекторы, промывники), не деформирующуюся при удалении отливки из пресс-формы. Если же отделение литников происходит в галтовочных барабанах, то их высокая жесткость может усложнить

и удлинить процесс обработки. При отделении литников в пресс-форме параметры литников практически не влияют на производительность обработки [33].

Для обеспечения беспрепятственного автоматического выталкивания и удаления отливки из пресс-формы поверхности отливки, перпендикулярные к плоскости разъема, должны иметь большие, чем при ручном удалении, уклоны.

Если удаление отливки из пресс-формы осуществляется с помощью манипулятора или ПР, то в целях упрощения операций целесообразно, чтобы конфигурация отливки позволяла ей зависнуть после выталкивания из пресс-формы на стержнях, толкателях или раскателе. Если же этого достичь не удастся, то усложняют рабочий орган ПР и обеспечивают его синхронное перемещение с системой выталкивания отливки.

Если удаление литниковой системы при последующей обработке отливок производится на прессах, то, в целях фиксированной укладки в штамп, отливки должны иметь базирующие отверстия или выступы. Часто для этого используются существующие элементы отливок, а при их отсутствии специально делают технологические выступы или отверстия.

Конструкция отливок по возможности должна упрощаться, так как использование подвижных стержней и армирующих элементов для изготовления сложных отливок усложняет автоматизацию операций по очистке пресс-формы, установке арматуры и удалению отливки.

Литниковую систему для однотипных отливок и особенно отливок, изготавливаемых в многогнездных пресс-формах, целесообразно выполнять унифицированной. Цилиндрический пресс-остаток и конический литник, за которые обычно удаляют отливки из пресс-формы, необходимо располагать ближе к центру отливки по оси симметрии, если таковая есть, чтобы обеспечить равномерность усилий, прикладываемых к отливке при ее извлечении. Вместе с тем цилиндрический пресс-остаток и конический литник не должны загромождаться выступающими частями отливки, так как это будет препятствовать захвату отливки манипулятором или ПР.

Цилиндрический пресс-остаток отливки, изготавливаемой в машине с холодной горизонтальной камерой прессования, должен иметь толщину, равную примерно одной трети диаметра, что позволяет

схватку манипулятора или ПР надежно захватывать и беспрепятственно удалять отливку из машины. При чрезмерно малой толщине пресс-остатка манипулятор или ПР могут не захватить отливку, что приведет к сбою работы автоматизированной системы. При увеличенной длине пресс-остатка для удаления отливки может не хватить рабочего пространства между полуформами. Толщина пресс-остатка зависит от дозы заливаемого металла и количества его выхода (пробрызгивания) через плоскость разъема пресс-формы при недостаточном усилии запираания.

Конический литник отливок, изготавливаемых в машинах с горячей камерой прессования, должен иметь длину, позволяющую схватку манипулятора или ПР надежно захватить и беспрепятственно удалить отливку из машины. Чрезмерно короткий литник может привести к незахвату отливки и сбою работы автоматизированной системы. При увеличенной длине литника рабочего пространства между полуформами может не хватить для беспрепятственного удаления отливки. Изменение длины литника связано с нарушением теплового режима пресс-формы, мундштука и раздаточного тигля.

Пробрызгивание металла по плоскости разъема пресс-формы приводит к образованию облоя на отливке. Облой препятствует удалению отливки из пресс-формы, поэтому при изготовлении отливки необходимо создавать такие условия, чтобы облой был минимальным или отсутствовал вообще. В связи с этим при запирании машины полуформы должны плотно и равномерно прилегать по плоскости разъема.

Часто в сложных и изношенных пресс-формах металл при запрессовке попадает в зазоры между подвижными стержнями, толкателями и неподвижными вставками, создавая дополнительные трудности при извлечении отливки из пресс-формы. Поэтому сопряжения подвижных и неподвижных элементов пресс-формы необходимо выполнять с учетом тепловых и гидродинамических параметров литейного процесса, не допуская чрезмерно больших зазоров.

Для облегчения удаления отливки пресс-форма не должна иметь выступающих частей (колонки, клинья, приводы стержней) на пути перемещения руки манипулятора или ПР. Ее конструкция должна обеспечить фиксированное зависание отливки после выталкивания в целях обеспечения надежного ее захвата манипулятором или ПР. Это особенно важно для отливок с коническим литником, когда

смещение отливки при выталкивании из пресс-формы изменяет усилие зажима литника схватом. Чрезмерное усилие может привести к раздавливанию незастывшего литника, а уменьшенное – к удалению отливки.

Затрудненное удаление отливок происходит при их изготовлении в пресс-формах, на рабочих поверхностях которых имеются глубокие трещины, царапины, эрозия, приводящие к привариванию отливки.

Если для удаления отливки не используются манипулятор или ПР, то конструкция пресс-формы должна обеспечить надежное выталкивание отливки, чтобы она могла выпасть на приемный лоток, расположенный под пресс-формой. Иногда для этой цели используют механизм двойного выталкивания или сталкивания.

**Определение автоматизируемых операций.** Разнообразие технологических процессов литья под давлением связано в первую очередь с различными типами камер прессования и расположением механизма прессования относительно пресс-формы в машине. Наиболее распространены технологические процессы, выполняемые на машинах с горячей и холодной горизонтальной и вертикальной камерами прессования. Не получили широкого распространения машины с горячей горизонтальной камерой прессования и машины вертикальной компоновки.

Кроме того, различие технологических процессов литья под давлением обусловлено многообразием сплавов, из которых изготавливаются отливки. Наряду с цинковыми, магниевыми и алюминиевыми сплавами, широко используемыми в производстве, все шире начинают применять сплавы меди, железа, титана, жаропрочные сплавы. Специфику в технологические процессы вносят и специальные условия заполнения пресс-формы расплавом, к которым относятся вакуумирование и продувка кислородом.

Цель анализа технологического процесса состоит в определении операций, которые необходимо автоматизировать. В табл. 1.7 приведены технологические процессы изготовления отливок в машинах с горячей, холодной горизонтальной и холодной вертикальной камерами прессования. При анализе технологических процессов устанавливается степень автоматизации операций: вручную, полуавтоматически, автоматически.

Таблица 1.7

Технологические процессы изготовления отливок в машинах  
с различными камерами прессования

Операция	Степень автоматизации операций, выполняемых на машине		
	с горячей камерой	с холодной горизонтальной камерой	с холодной вертикальной камерой
Очистка и смазывание:			
пресс-формы	Р	Р	Р
пресс-камеры	–	Р	Р
пресс-поршня	–	Р	Р
контпоршня	–	–	Р
Закрытие пресс-формы	П	П	П
Заливка металла в пресс-камеру	А	Р	Р
Заполнение металлом пресс-формы	А	П	П
Выдержка отливки в пресс-форме	А	А	А
Возвращение пресс-поршня в исходное положение	А	А	А
Отрезка пресс-остатка	–	–	А
Удаление пресс-остатка	–	–	Р
Раскрытие пресс-формы	А	А	А
Выталкивание отливки	А	А	А
Удаление отливки из пресс-формы	Р	Р	Р
Условные обозначения: Р – вручную; П – полуавтоматически; А – автоматически.			

При изготовлении отливок в машине с горячей камерой прессования вручную выполняются две операции технологического процесса: очистка и смазывание пресс-формы и удаление отливки из пресс-формы. Полуавтоматически выполняется одна операция – закрытие пресс-формы. Под полуавтоматическим выполнением операции понимается выполнение операции в результате нажатия кнопки или педали. Все остальные операции технологического процесса

выполняются машиной автоматически. Общее число операций в технологическом процессе составляет девять наименований.

При изготовлении отливок в машине с холодной горизонтальной камерой прессования вручную необходимо выполнять пять операций технологического процесса. К операциям очистки и смазывания пресс-формы и удаления отливки из пресс-формы добавляются операции очистки и смазывания пресс-камеры и пресс-поршня и заливки металла в пресс-камеру. В полуавтоматическом режиме выполняются две операции: закрытие пресс-формы и заполнение пресс-формы металлом. Остальные операции технологического процесса выполняются автоматически. Весь технологический процесс состоит из 11 операций.

Если изготовление отливок производится в машине с холодной вертикальной камерой прессования, то число операций, выполняемых вручную, возрастает до семи. Кроме операций, перечисленных для машин с холодной горизонтальной камерой, необходимо вручную выполнить операции очистки и смазывания контрпоршня и удаления пресс-остатка. Полуавтоматически здесь выполняются те же две операции, что и для машин с холодной горизонтальной камерой. Остальные операции технологического процесса выполняются автоматически. Всего технологический процесс насчитывает 14 операций.

Анализ трех технологических процессов литья под давлением показывает, что они имеют различное число операций, выполняемых вручную. Наименьшее число таких операций (две) имеется в технологическом процессе изготовления отливок в машине с горячей камерой прессования. Для полной автоматизации этого технологического процесса необходимо автоматизировать две ручные и одну полуавтоматическую операции, т. е. всего три операции. При изготовлении отливок в машине с холодной горизонтальной камерой прессования требуется автоматизировать семь операций. Наибольшее число операций (девять) требуется автоматизировать в технологическом процессе изготовления отливок в машине с холодной вертикальной камерой прессования.

Таким образом, анализируемые технологические процессы будут иметь различную сложность автоматизации. Легче всего автоматизировать изготовление отливок в машинах с горячей камерой прессования, сложнее – в машинах с холодной горизонтальной камерой прессования и весьма сложно – в машинах с холодной вертикальной камерой прессования.

Отливки, изготовленные в машинах литья под давлением, требуют дополнительной обработки – удаления литников и облоя. Для этого используют различные технические средства. Наибольшее распространение получили прессы и галтовочные барабаны. Реже используют ленточные пилы, токарные и фрезерные станки.

Отливки небольших размеров с тонкими питателями обрабатывают в галтовочных барабанах. При галтовке происходит обломка литников и облоя. Для отделения отливок от отходов в барабанах существуют отверстия, в которые проваливаются либо отходы, либо отливки.

Удаление литников и облоя у отливок средних размеров и с тонкими питателями производится вручную или на прессах. При обработке вручную сначала обламывают литники, а затем с помощью напильников удаляют остатки литников и облой. При обработке отливок на прессах литники и облой одновременно удаляются в штампах.

Удаление литников и облоя у отливок с толстыми питателями выполняют только на прессах, ленточных пилах и металлорежущих станках.

Таким образом, размеры отливки и питателя определяют способ удаления литников и облоя. Каждый способ обработки содержит то или иное число операций, выполняемых вручную, полуавтоматически и автоматически. Определение этих операций является целью анализа технологических процессов удаления литников и облоя.

Технологические процессы изготовления отливок и удаления литников и облоя включают различного рода контрольные операции. При этом одни операции выполняются автоматически, а другие – литейщиком либо с помощью приборов, либо визуально по косвенным признакам. Контролируются режимы литья, качество отливок и правильность работы оборудования.

Среди параметров, определяющих режимы литья, контролируются давление прессования, скорость пресс-поршня, температуры сплава и пресс-формы, время выдержки отливки в пресс-форме, порции заливаемого сплава, объемы смазочных материалов, наносимых на поверхности пресс-формы и камеры прессования, и др.

При оценке качества отливок контролируются чистота поверхности, недоливы, плотность, геометрические размеры, твердость, прочность, герметичность и другие параметры.

Для проверки правильности работы оборудования контролируются уровень сплава в раздаточной печи, полнота удаления отливки



из пресс-формы, удаление пресс-остатка, удаление отливки из штампа и другие операции.

Неавтоматизированные операции контроля при разработке автоматизированного технологического процесса подлежат автоматизации.

Для функционирования автоматизированных систем литья под давлением необходимы их обеспечение материалами и оснасткой, а также вывоз готовой продукции, отходов и отработанной оснастки. Поэтому при разработке автоматизированных технологических процессов литья под давлением учитывают транспортные операции, связанные с материально-техническим обеспечением. Разработка самих транспортных систем проводится при проектировании гибких автоматизированных производств и в настоящей главе не рассматривается. Транспортные операции должны учитываться при разработке планировки автоматизированной системы с тем, чтобы обеспечить транспортными средствами обслуживание входящего в нее оборудования.

При изготовлении отливок в цехах литья под давлением выполняются следующие транспортные операции:

- доставка расплава из плавильного отделения к раздаточным печам;

- транспортирование отливок к оборудованию для удаления литников и облоя;

- транспортирование обрубленных отливок на промежуточный склад или в цех для последующей обработки;

- транспортирование пресс-форм, штампов и другой литейной оснастки, тары для отливок и отходов.

**Выбор технологического оборудования и средств автоматизации.** После определения операций технологического процесса, которые необходимо автоматизировать, приступают к выбору технологического оборудования и средств автоматизации. При этом разработчик автоматизированного технологического процесса должен учитывать, что набор технологического оборудования и средств автоматизации определяется прежде всего видом сплава отливки и типом камеры прессования машины литья под давлением.

**Концепции автоматизации литья под давлением.** Существующая практика производства отливок литьем под давлением предопределила применение машин с различными типами камер прессования в зависимости от используемых сплавов. Например, отливки из цинковых сплавов изготавливают на машинах с горячей камерой прессования, хотя нет препятствий для их изготовления, и на машинах

с холодными горизонтальной и вертикальной камерами прессования. Отливки из магниевых сплавов получают в машинах с горячей и холодной горизонтальной камерами прессования. В то же время нет особых причин, препятствующих изготовлению магниевых отливок на машинах с холодной вертикальной камерой прессования. Отливки из алюминиевых сплавов производят в машинах с холодными горизонтальной и вертикальной камерами прессования. Попытки использовать для производства алюминиевых отливок машины с горячей камерой прессования не дали положительных результатов.

Каждый тип машины, вследствие специфики прессующего узла, оснащается различными наборами технических средств, необходимых для автоматизации технологических операций (рис. 1.3).

Любой вариант набора технических средств представляет ту или иную автоматизированную систему литья под давлением: гибкий производственный модуль (ГПМ), гибкую автоматизированную линию (ГАЛ), роботизированный технологический комплекс (РТК), роботизированную технологическую линию (РТЛ).

Под ГПМ понимается такой набор технических средств, который позволяет автоматически изготавливать отливки. ГАЛ включает набор технических средств, позволяющий изготавливать отливки и выполнять другие технологические процессы, например удалять литники и облой, механически обрабатывать отливку. РТК представляет собой набор технических средств, включающий один или несколько ПР, с помощью которых отливки изготавливаются автоматически. РТЛ также имеет в наборе технических средств один или несколько ПР, которые позволяют автоматически производить отливки и осуществлять их последующую обработку.

Выбор конкретной автоматизированной системы связан с принятой концепцией автоматизации. Можно выделить две принципиально отличающиеся концепции автоматизации литья под давлением. Первая концепция состоит в использовании для автоматизации простейших средств, неперепрограммируемых при переходе на изготовление новых отливок. Такими средствами являются механизмы двойного выталкивания отливок, сталкиватели отливок, работающие по жесткой программе манипуляторы для удаления отливок, устройства для смазывания пресс-формы, ковшовые заливочно-дозировочные устройства и др.

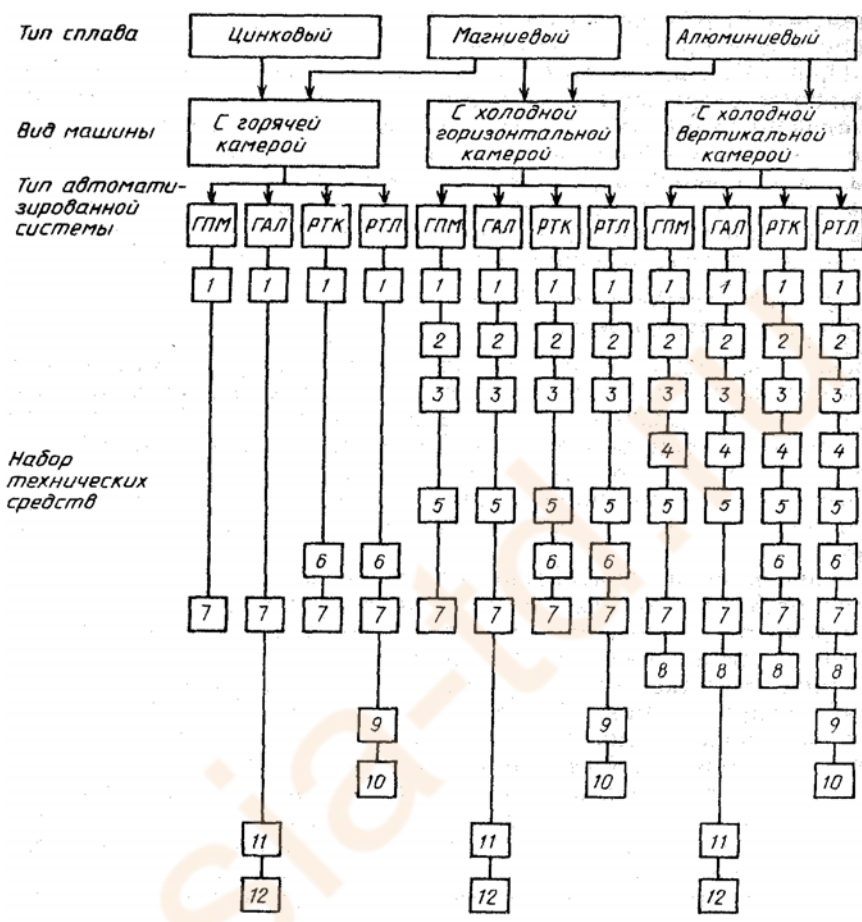


Рис. 1.3. Набор технических средств для различных технологических процессов:  
 1–4 – устройства для очистки и смазывания пресс-формы, пресс-поршня, пресс-камеры и контрпоршня; 5 – заливочно-дозировующее устройство (ЗДУ); 6 – промышленный робот; 7 – устройство для контроля полноты извлечения отливки; 8 – устройство для удаления пресс-остатка; 9 – пресс для обрезки литников и облоя; 10 – устройство для приема отливок; 11 – конвейер для отливок; 12 – галтовочный барабан

Неперепрограммируемое оборудование используется преимущественно в массовом производстве при изготовлении простых отливок, к которым предъявляют невысокие технические требования. Программируемое оборудование применяется преимущественно в серий-

ном производстве при изготовлении сложных отливок, которые должны соответствовать высоким техническим требованиям.

Минимальные комплекты средств автоматизации имеют ГПМ и РТК, построенные на базе машин с горячей камерой прессования, а максимальные – ГАЛ и РТЛ, использующие машины с холодной вертикальной камерой прессования. Каждая автоматизированная система литья под давлением включает устройство для очистки и смазывания пресс-формы и устройство для контроля полноты извлечения отливки из пресс-формы. Состав остальных технических средств определяется типом камеры прессования машины, выбранной концепцией автоматизации и операциями последующей обработки отливок.

Выбор конкретных моделей технологического оборудования и средств автоматизации проводится с учетом требований, предъявляемых автоматизацией, и особенностей технологических процессов.

Требования, предъявляемые к технологическому оборудованию при автоматизации технологического процесса, требования к средствам автоматизации, выбор технологического оборудования и технических средств для автоматизации операций технологического процесса; выбор устройств для смазывания пресс-форм; разработка вариантов и выбор транспортно-технологической схемы рассматриваются в работе [33, с. 235–249].

### *Разработка вариантов и выбор транспортно-технологической схемы*

Транспортно-технологическая схема (ТТС) роботизированного технологического процесса представляет собой номенклатурный и количественный состав оборудования и его функциональную связь. ТТС может быть изображена в виде графа, вершинами которого служит оборудование, а дугами – функциональная связь оборудования. Многовариантность ТТС связана с разнообразием технологических процессов литья под давлением и последующей обработки отливок, разнообразием исполнения технологического оборудования и средств автоматизации, различием их производительности и функциональных возможностей [33].

Выбор из многообразия ТТС оптимального варианта является сложной задачей и включает три этапа: разработку вариантов ТТС,

выбор критериев оптимизации и разработку математической модели целевой функции, выбор оптимального варианта ТТС.

**Разработка вариантов и выбор структурно-компоновочной схемы.** Как уже отмечалось, исходной информацией для разработки структурно-компоновочной схемы (СКС) автоматизированной или роботизированной системы служит оптимальный вариант ТТС технологического процесса. СКС является основой для разработки планировки автоматизированной или роботизированной системы. Проектирование автоматизированных систем базируется на тех же требованиях, которыми руководствуются и при проектировании роботизированных систем: РС должна обладать гибкостью и автономностью, иметь возможность развития и встраивания в другие системы, иметь унифицированные и взаимозаменяемые элементы, оптимальную структуру, высокую надежность, производительность и эффективность.

Гибкость и перенастраиваемость РС обеспечивают ее быструю и простую перестройку на производство новых отливок заданной номенклатуры. Автономность РС выражается в ее возможности работать в автоматическом режиме независимо от режимов работы других систем на входе и выходе. Встраиваемость РС в другие системы более высокого уровня должна обеспечивать ее синхронную или асинхронную работу с другими РС на входе и выходе. Развиваемость предусматривает возможность усовершенствования системы, т. е. повышения эффективности ее работы за счет применения новейших технологических, робототехнических, вспомогательных, транспортных и контрольных средств. Унификация и взаимозаменяемость составных элементов упрощают обслуживание и сокращают простои системы при выходе элементов из строя. Оптимальность структуры РС характеризуется минимальными простоями, площадями, стоимостью и максимальными надежностью, производительностью и безопасностью.

РС классифицируют:

по характеру операций технологического процесса, выполняемых роботом;

количественному составу технологического оборудования и роботов;

компоновке технологического оборудования и роботов.

По первому признаку все РС подразделяют на две большие группы: роботизированные технологические системы (РТС) и роботизиро-

ванные производственные системы (РПС). В РТС роботы выполняют вспомогательные операции технологического процесса, главным образом транспортные. В РТС литья под давлением к таким операциям относятся удаление отливки из пресс-формы, ее укладка в штамп прессы, заливка металла в камеру прессования. В РПС роботы выполняют основные операции технологического процесса. К ним относят операции по очистке и смазыванию пресс-формы, установке армирующих элементов, контроль целостности и качества отливок. На практике чаще всего используются РТС либо комбинации РТС и РПС.

В зависимости от набора технологических процессов и состава оборудования РС могут быть представлены в виде роботизированных технологических комплексов (РТК), линий (РТЛ), участков (РТУ) или роботизированных производственных комплексов (РПК), линий (РПЛ), участков (РПУ). Например, РПК литья под давлением может быть создан на базе машины с горячей камерой прессования с использованием ПР для выполнения только технологических операций, а удаление отливки из пресс-формы может быть проведено без применения ПР. Чтобы создать РПЛ из предыдущей РС, необходимо добавить в нее, например, систему автоматизированного удаления литников и облоя на базе галтовочного барабана. РТУ и РПУ образуют путем объединения РТК, РТЛ, РПК и РПЛ в РС, изготавливающие отливки определенной номенклатуры.

По второму признаку РС можно подразделить на четыре типа:

первый тип – один ПР обслуживает одну единицу технологического оборудования;

второй тип – один ПР обслуживает несколько единиц технологического оборудования;

третий тип – несколько ПР обслуживают несколько единиц технологического оборудования;

четвертый тип – несколько ПР обслуживают одну единицу технологического оборудования.

Примером РС первого типа может служить РТК, в котором ПР удаляет отливку из пресс-формы. РС второго типа представляет РТЛ, в которой ПР удаляет отливку из пресс-формы и укладывает ее в штамп прессы. В РС третьего типа ПР обслуживает две машины и один пресс, а роботы-заливщики обслуживают одну машину.

По третьему признаку РС различают по конструктивно-компоновочному исполнению робота и взаимному расположению техно-

логического оборудования и роботов. По конструктивно-компоновочному исполнению ПР могут быть встроены в оборудование, быть напольного, подвесного, порталного, мостового или подвижного исполнения.

По расположению технологического оборудования и роботов РС бывают трех типов:

первый тип – технологическое оборудование расположено по окружности, а ПР установлен в центре;

второй тип – технологическое оборудование и ПР расположены в линию;

третий тип – ПР расположены по окружности, а технологическое оборудование – в центре.

Структурно-компоновочная схема (СКС) РС представляет собой состав и взаимное расположение оборудования, входящего в ТТС. Для одной и той же ТТС может быть разработано несколько вариантов СКС, поэтому встает вопрос о выборе оптимального варианта. Многообразие вариантов СКС определяется качественным и количественным составом ТТС. Наименьшим разнообразием вариантов отличаются СКС для РС на базе машин с горячей камерой, а наибольшим – СКС для РС на базе машин с холодной горизонтальной камерой. Некоторые варианты СКС для различных ТТС РС литья под давлением представлены на рис. 1.4. Данные СКС построены по принципу сложения, т. е. увеличения числа единиц оборудования, обслуживаемых ПР. СКС, показанные на рис. 1.4, кроме того, отличаются типом ЗДУ. Одни варианты используют ЗДУ, совмещенные с раздаточной печью, а другие – ЗДУ ковшового типа с несовмещенными раздаточными печами. Характерной особенностью компоновочных схем РС на базе машин с холодной горизонтальной камерой является то, что ЗДУ может быть расположено параллельно машине с двух сторон.

На рис. 1.4 изображены СКС как для различных, так и для одинаковых ТТС РС. Например, схемы на рис. 1.4, *в*, *г* построены для одной и той же ТТС: ЗДУ – М – ПР – П. В схеме на рис. 1.4, *в* ЗДУ, ПР и пресс расположены по одну сторону машины, а в схеме на рис. 1.4, *г* ЗДУ находится с одной стороны машины, а ПР и пресс – с другой. Возможны и другие комбинации относительного расположения оборудования по этой ТТС.

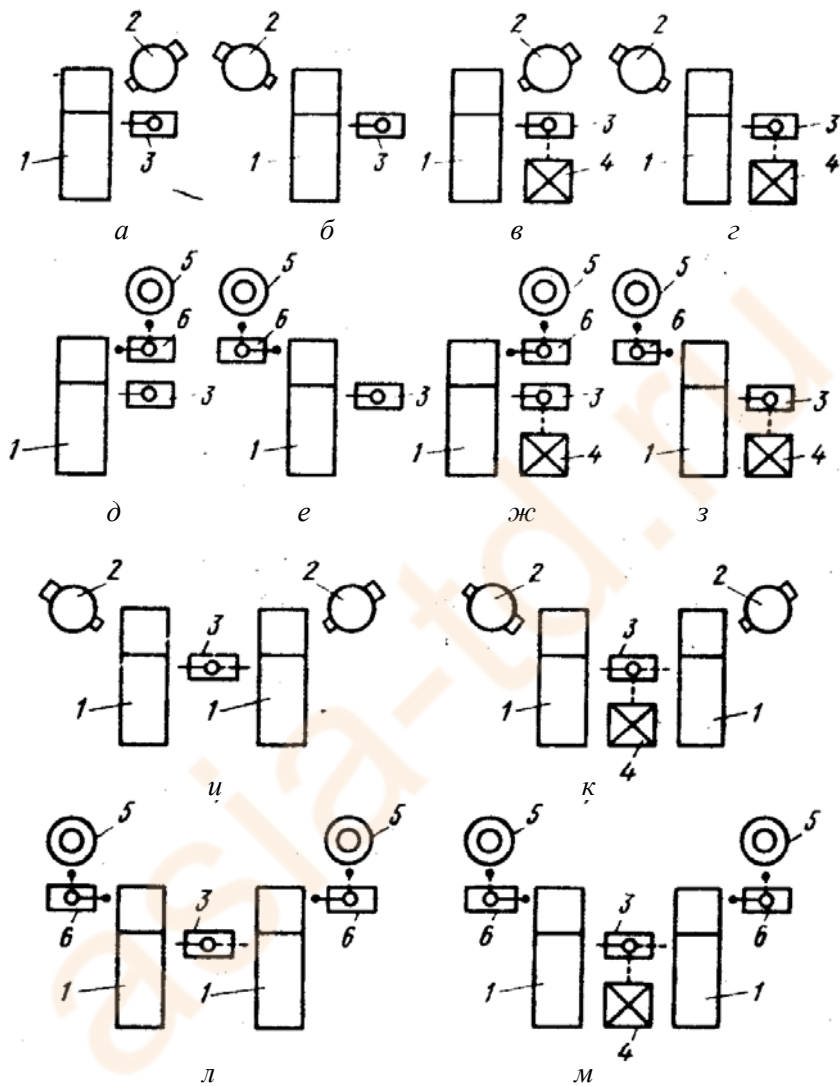


Рис. 1.4. Варианты (а-м) СКС РС на базе машины с холодной горизонтальной камерой прессования:  
 1 – машина (М); 2 – ЗДУ, совмещенное с раздаточной печью; 3 – ПР;  
 4 – пресс (П); 5 – раздаточная печь; 6 – ЗДУ ковшового типа



После выбора ТТС разрабатывают варианты СКС. Оптимальный вариант СКС выбирают по какому-либо критерию. Например, в качестве критериев часто принимают площадь, занимаемую оборудованием РС, удобство обслуживания оборудования, протяженность материальных потоков (расплавы, отливки, отходы, оснастка).

Оптимальный вариант может определяться как по одному критерию, так и по комплексному показателю, учитывающему несколько критериев. Для количественных оценок различных вариантов СКС каждому варианту целесообразно давать экспертные оценки в виде баллов. Далее выбор оптимального варианта СКС может быть проведен аналогично выбору ПР.

### *Разработка вспомогательных устройств*

К вспомогательным устройствам автоматизированных и роботизированных систем литья под давлением относят нестандартное технологическое оборудование, загрузочные, захватные, транспортные и контрольные устройства.

В виде нестандартного технологического оборудования разрабатывают или модернизируют заливочно-дозировующее оборудование, устройства для смазывания пресс-формы, пресс-камеры, пресс-поршни и контрпоршни, устройства для сталкивания пресс-остатка.

Загрузочные устройства в РС литья под давлением применяют, например, для поштучной выдачи ориентированных деталей, используемых в качестве арматуры в отливках.

Транспортные устройства в виде подвесных, напольных, подземных цепных или ленточных конвейеров используются для подачи как отливок от машины или пресса к галтовочному барабану, так и отходов от них в плавильное отделение.

Контрольные устройства как средства автоматизации применяют главным образом для контроля полноты извлечения отливок.

Более подробная информация по разработке вспомогательных устройств, а также планировки РС и разработке программ их работы содержится в работах [30, с. 142–147; 33, с. 249–274].

### ***1.1.4. Автоматизированные комплексы и средства автоматизации технологических операций***

Постоянное совершенствование машин литья под давлением и интенсификация литейной технологии обусловили создание и использование в промышленности высокопроизводительного оборудования с последовательной автоматизацией операций технологического процесса. Однако околос машинные операции (заливка металла, смазывание пресс-формы, съём отливок) еще мало механизированы.

Автоматизация литья под давлением обеспечивает повышение стойкости деталей формы и камеры прессования за счет стабильного теплового режима и регулярного смазывания рабочих и трущихся поверхностей, повышение качества поверхности и плотности отливок путем регулирования и стабилизации теплового режима и режима смазывания пресс-формы и камеры прессования, снижение потерь в результате угара металла, повышение производительности за счет совмещения нескольких операций в цикле литья, снижение затрат мускульной энергии литейщика и повышение безопасности его труда.

Основные средства механизации и автоматизации технологических операций приведены в табл. 1.8.

Таблица 1.8

#### **Основные средства механизации и автоматизации технологических операций литья под давлением**

<b>Комплекс работ</b>	<b>Операция</b>	<b>Средства механизации и автоматизации</b>
Подготовка пресс-формы	Транспортирование пресс-формы, ее установка на машину, предварительный подогрев на стендах, если отсутствуют другие средства подогрева	Регулировочный стенд, электрокары с подъемником, подъемники, смонтированные на машине, монорельсы, поворотные и мостовые краны
Эксплуатация пресс-формы	Очистка пресс-формы после снятия	Механические дробеметные кабины, химические и пароочистные устройства

Продолжение табл. 1.8

Комплексы работ	Операция	Средства механизации и автоматизации
Эксплуатация пресс-формы	<p>Очистка пресс-формы в процессе работы на машине</p> <p>Смазывание пресс-формы</p> <p>Установка арматуры в пресс-форме</p>	<p>Механические щетки с пневматическим или гидравлическим приводом, комбинированные пульверизаторы с обдувом</p> <p>Автоматические лубрикаторы, простые и комбинированные пульверизаторы</p> <p>Механизированные загрузочные устройства, приспособления для установки арматуры, роботы</p>
Приготовление и заливка сплава	<p>Транспортирование отходов</p> <p>Разделка шихты и загрузка в плавильную печь</p> <p>Перемешивание жидкого металла в плавильной печи</p> <p>Слив жидкого металла из стационарной плавильной печи в ковш</p> <p>Определение химического состава сплава и отливок</p> <p>Транспортирование жидкого металла от плавильных печей к раздаточным</p> <p>Нанесение огнеупорной обмазки на чугунные и стальные тигли раздаточных печей</p> <p>Регулирование температуры жидкого металла в раздаточной печи</p> <p>Заливка металла из раздаточной печи в камеру прессования</p>	<p>Конвейеры, монорельсы, электрокары</p> <p>Эксцентриковый пресс, бункер, конвейеры, саморазгружающиеся бады, роботы</p> <p>Мешалка с электрическим приводом</p> <p>Насосы</p> <p>Автоматические спектрографы с непосредственным отсчетом содержания элементов на шкале</p> <p>Монорельсы, электрокары с поворотной-подъемной ковшем, наклонные желоба, мостовые краны</p> <p>Специальные приспособления, в том числе для вращения тигля в процессе обмазки</p> <p>Комплекс приборов авторегулирования, заблокированных с системой нагрева печи</p> <p>Заливочно-дозировочные устройства</p>

Продолжение табл. 1.8

Комплекс работ	Операция	Средства механизации и автоматизации
Приготовление и заливка сплава	Непрерывная подача металла в тигель машины с горячей камерой прессования	Система наклонных желобов, самотечная труба с автоматической регулировкой уровня, автоматическое устройство для опускания чушки, поворотный ковш с автоматическим транспортным устройством
Формирование и выталкивание отливок	<p>Удаление пресс-остатка на машинах с вертикальной камерой прессования</p> <p>Привод подвижных стержней и выталкивателей</p> <p>Снятие отливки с выталкивающих устройств, удаление ее за пределы машины, охлаждение</p> <p>Вывинчивание резьбовых колец и стержней из отливок</p> <p>Регулирование температуры пресс-формы</p>	<p>Пневматический или гидравлический сбрасыватель</p> <p>Гидромеханические устройства, входящие в комплектацию машины, универсальный поставщик с гидравлическим приводом выталкивателей, гидравлические приводы, механизмы пресс-формы</p> <p>Роботы, ванна с водой, оснащенная конвейером, механические и автоматические съемники отливок, скребковый или ленточный конвейер, расположенный под пресс-формой</p> <p>Приспособление гидравлического или механического типа</p> <p>Вентили водяного охлаждения с приводом от регулятора температуры воды, масляные термостаты или автотерморегуляторы, соленоидные вентили водяного охлаждения с электроуправлением в зависимости от температуры пресс-формы, автоблокировка системы терморегулирования с системой управления машиной, электрообогрев с автоматическим регулированием</p>

Комплекс работ	Операция	Средства механизации и автоматизации
Обрубка и зачистка отливок	<p>Отделение литников и облоя</p> <p>Удаление облоя и окончательная зачистка отливок</p> <p>Отделение отливок от остатков облоя после зачистки</p>	<p>Обрезные и ножевые штампы, фрезы или ленточные пилы (для очень толстых литников), обрезные устройства, совмещенные с пресс-формой или машиной</p> <p>Вибрационные и гидроабразивные устройства, галтовочные барабаны, станочное оборудование облегченного типа для обработки резанием, термические и криогенные установки</p> <p>Механические сита</p>
Технологический контроль и упаковка отливок	<p>Контроль плотности отливок</p> <p>Маркировка</p> <p>Упаковка в тару для отправки потребителю</p>	<p>Автоматические весы, рентгеновские аппараты</p> <p>Пневматическое ударное приспособление, специальные маркировщики</p> <p>Скобочные и тарные машины, работающие совместно с непрерывным и периодическим транспортом</p>

Автоматизация операций должна внедряться после тщательного анализа всех преимуществ и недостатков автоматизации. Средства механизации и автоматизации должны быть технологически и экономически выгодны для условий данного производства. Конструкции механизированных узлов, разработанные в условиях опытного производства, при внедрении нужно проверять в условиях цехов серийного производства.

Машины литья под давлением чаще всего работают в полуавтоматическом режиме. Механизации и автоматизации требуют главным образом околос машинные операции, т. е. те технологические

приемы, которые не всегда входят в цикл работы машины и выполняются вручную.

В автоматизированные комплексы литья под давлением входит оборудование с различной степенью механизации: от машин, имеющих средства механизации для одной-двух околomашинных операций до машин с комплектом средств для полной автоматизации процесса литья, включая выдачу готовой отливки в тару.

В комплексах литья под давлением автоматизируются:

- дозирование и заливка сплава из раздаточной печи в камеру прессования машины;
- цикл операций, выполняемых машиной литья под давлением, включая раскрытие пресс-формы и работу выталкивателя;
- захват отливки;
- вынос отливки за пределы рабочей зоны машины после открытия пресс-формы и выталкивания из нее отливки;
- охлаждение отливки;
- перенос отливки к прессу и укладка в ориентированном положении в штамп для удаления литника и облоя;
- удаление отливки из штампа в тару;
- обдув и смазка пресс-форм перед каждой заливкой или через определенное заданное число циклов;
- смазывание пресс-камеры и пресс-поршня;
- определение полноты извлечения отливки;
- контроль и подрегулирование основных технологических параметров;
- поддержание заданного температурного режима пресс-формы;
- разогрев пресс-формы в начале работы;
- операции по обеспечению безопасности работающих;
- управление всеми механизмами, обеспечивающими выполнение перечисленных операций.

Соответственно в состав автоматизированного комплекса одновременно с базовой машиной литья под давлением входят:

- дозатор или манипулятор-заливщик с раздаточной печью;
- робот универсальный или манипулятор для уборки отливок из рабочей зоны и других манипуляций;
- смазчик пресс-формы в передвижном или стационарном исполнении;

смазочные устройства пресс-камеры и пресс-плунжера;  
пресс обрубной для обрубки литниковой системы и облоя;  
устройство охлаждения отливок;  
установка термостатирования пресс-формы;  
специальный комплект измерительных средств;  
вспомогательный агрегат с блокирующей площадкой обслуживания;  
управляюще-диагностическая система.

Изучение опыта по внедрению и эксплуатации комплексов литья под давлением с различной комплектностью и различным конструктивным исполнением средств механизации показало, что состав комплекта средств механизации и их исполнение зависят от номенклатуры и серийности выпуска отливок. Так, манипуляторы могут иметь различное исполнение, включая исполнение с программным управлением. Дозаторы могут быть пневматические, магнитодинамические, механические рычажные. Смазывание осуществляется либо передвижным блоком форсунок, либо при помощи стандартно закрепляемых форсунок.

Включение прессы в состав комплекса рационально лишь в массовом производстве при соизмеримых производительностях по литью и обрезке. В случае если производительность прессы значительно превосходит производительность комплекса, экономически более целесообразно иметь один пресс на несколько комплексов и устанавливать его отдельно. Также необходимо уточнять целесообразность наличия специального комплекта измерительных средств.

Опыт показывает, что весь технологический процесс получения готовой отливки должен быть тщательно проверен на безотказность в условиях его реализации на автоматизированном комплексе, т. е. конструкция отливки с литниковой системой должна обеспечивать возможность ее захвата и манипуляций с ней, а конструкция пресс-формы, смазочный материал, литейные уклоны – легкий выход стержней, выталкивание отливки без заеданий.

Автоматизированные комплексы литья под давлением классифицируют:

– по базовой машине (усилие запираения, горизонтальная либо вертикальная холодная камера прессования, горячекammerная, универсальная, специальная);

- любому из средств механизации (манипулятор, дозатор, пресс горизонтальный, вертикальный);
- объему охвата операций средствами механизации (частичный, полный);
- управлению (цикловое, программное).

Механизация операций заливки металла, смазывания пресс-формы и пресс-поршня повышает производительность в среднем на 15–17 %. Использование роботов или манипуляторов теоретически не повышает производительности машин литья под давлением, а в некоторых случаях действия рабочего даже быстрее. Однако манипуляторы не нуждаются в перерывах и отдыхе, не подвержены снижению работоспособности от утомления, поэтому в конечном итоге реальная производительность комплекса оказывается несколько выше.

Механизация и автоматизация процесса получения литья с использованием дозатора и роботов стабилизируют время переходов и технологические параметры, что является определяющим фактором, влияющим на качество отливок. По опытным данным, брак снижается на 30–50 %, что равноценно повышению производительности оборудования на 2–3 %. Внедрение комплекта измерительных средств на надежной электронной базе автоподналадкой оборудования сокращает время на регулирование и настройку и дает реальное повышение производительности комплекса еще на 2–3 %.

За счет сокращения потерь времени на подогрев пресс-форм в начале смен и после перерывов внедрение установок термостатирования повышает производительность на 5–10 %. Стабилизация теплового режима повышает стойкость дорогостоящей оснастки.

Таким образом, внедрение автоматизированных комплексов литья под давлением при правильной эксплуатации в целом позволяет повысить производительность на 22–30 %.

В настоящее время оборудование для литья под давлением изготавливается преимущественно не в виде отдельных машин, а совместно со средствами механизации и автоматизации (рис. 1.5).



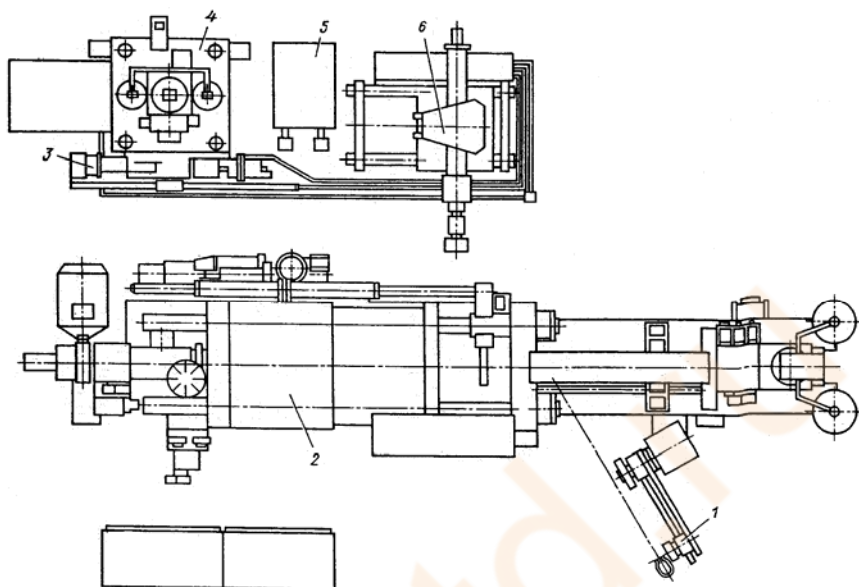


Рис. 1.5. Схема АК средней мощности:

1 – дозатор; 2 – машина; 3 – средства механизации пресса; 4 – обрезной пресс;  
5 – охлаждающее устройство; 6 – робот

Схемы некоторых других автоматических комплексов (АК) приведены на рис. 1.6–1.16 [33].

Основа комплекса, изображенного на рис. 1.6, – машина 6 с холодной камерой прессования, имеющая быстродействующий механизм прессования, оснащенная приборами для контроля работы и наладки механизмов прессования и запираения пресс-формы. Смазывание рабочей поверхности пресс-формы производится автоматическим устройством 11. Расплав подается по раздаточной печи 2 заливочно-дозировующим устройством 1 в камеру прессования машины. После затвердевания и охлаждения отливки происходят раскрытие пресс-формы, выталкивание отливки и ее съем манипулятором 10, который помещает отливку в ванну с охлаждающей водой. Далее отливка по конвейеру 9 перемещается на приемный стол 8 и после осмотра оператором переносится им в штамп обрубного пресса 7, откуда отливка попадает в тару. Комплекс управляется системой 5. Для поддержания заданных температурных режимов процесса машина имеет систему

охлаждения пресс-формы, управляемую аппаратурой 4, и систему 3 регулирования температуры расплава в раздаточной печи. Комплекс обслуживается двумя операторами: один из них следит за работой машины, заливочно-дозировочного устройства, манипулятора – съемника отливок, за раскрытием пресс-формы и т. д.; другой – за работой охлаждающего конвейера, транспортировкой отливок к обрубному прессу и обрубает их на прессе.

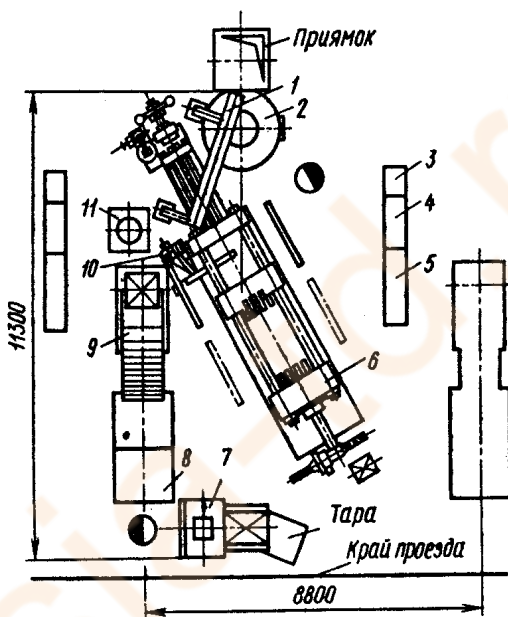


Рис. 1.6. План автоматизированного литейного комплекса:

1 – заливочно-дозировочное устройство; 2 – раздаточная печь; 3 – система регулирования температуры расплава в раздаточной печи; 4 – аппаратура управления системой охлаждения пресс-формы; 5 – система управления автоматизированным комплексом; 6 – машина с холодной камерой прессования; 7 – обрубной пресс; 8 – приемный стол; 9 – конвейер; 10 – манипулятор; 11 – автоматическое устройство смазывания пресс-формы

Зарубежные АК с вертикальным обрезным прессом и подвижным блоком форсунок показаны на рис. 1.7, а и 1.8, а [26]. В АК универсальный робот типа Unimate (США) обслуживает обрезной пресс, который расположен между машиной и охлаждающим устройством. Для заливки используется ковшовый манипулятор.

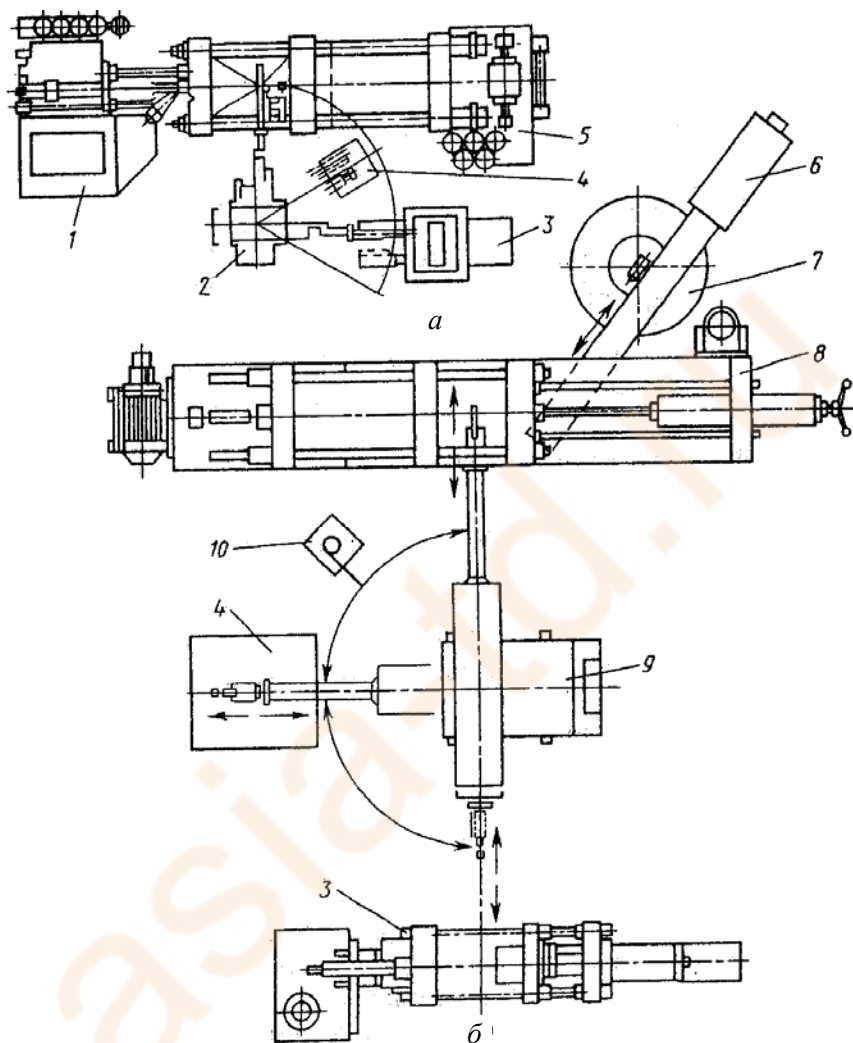


Рис. 1.7. Схемы АК средней мощности на базе вертикальных обрезающих прессов с пневматическим (а) и механическим (б) дозаторами:

1 – заливочно-дозировочное устройство пневматического типа; 2 – совмещенный съемник отливок и смазкораспылитель; 3 – обрезающий пресс; 4 – охлаждающее устройство; 5 – машина усилием 5400 кН; 6 – механический дозатор модели Dosal-3; 7 – раздаточная печь; 8 – машина фирмы Triulzi (Италия) усилием 2800 кН; 9 – промышленный робот; 10 – узел контроля извлечения отливок

В АК, показанном на рис. 1.8, б, для обслуживания обрезного пресса используется робот типа Versatran, мощность которого меньше мощности робота типа Unimate.

На рис. 1.8, а приведена одна из возможных схем АК, отличающаяся тем, что один робот обслуживает две машины ЛПД. Такая схема предъявляет особо большие требования к роботу. В частности, необходимо обеспечить его повышенную производительность.

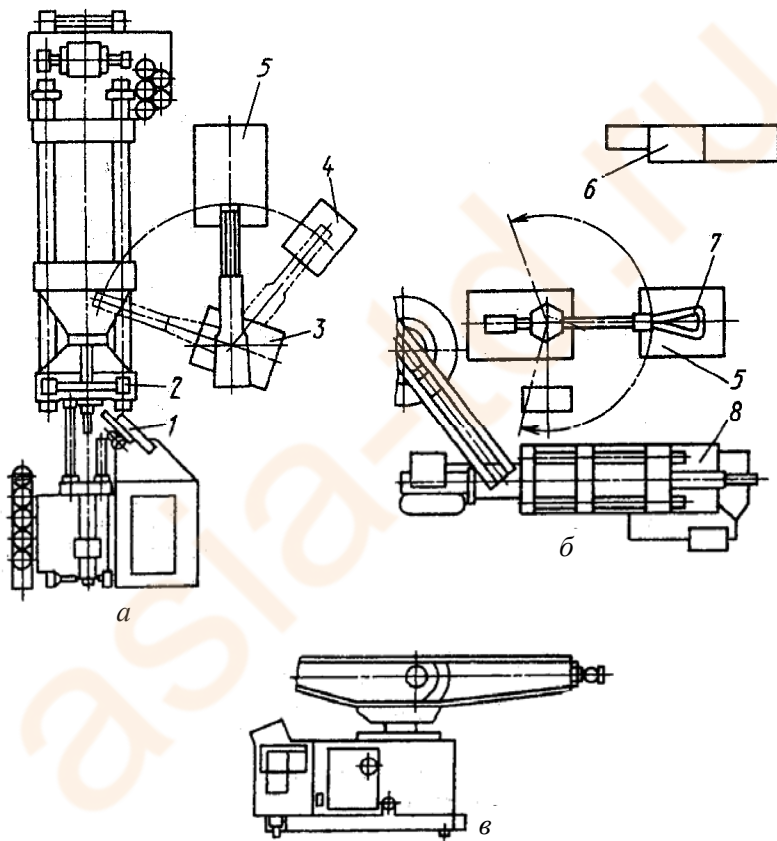


Рис. 1.8. Схемы АК на базе вертикальных обрезных прессов (а, б) и схема работы мод. Unimate 2000 (в):

1 – механический дозатор; 2 – смазкораспылитель с подвижным блоком форсунок; 3 – робот типа Unimate; 4 – охлаждающее устройство; 5 – вертикальный обрезной пресс; 6 – шкаф управления; 7 – робот типа Versatran; 8 – машина фирмы Bühler усилением 1600 кН

Преимущества современных вертикальных обрезных прессов сделали данный вариант АК основным. Иногда к недостаткам АК «литье–обрезка» относят то, что обрезной пресс имеет большую производительность, чем литейная машина, поэтому значительную часть времени пресс простаивает. Хотя это частично справедливо, следует учитывать, что стоимость обрезного прессы относительно невелика (особенно по сравнению с литейной машиной). Обрезной пресс с самостоятельным загрузочным приспособлением можно использовать не только для обрезки литников и облоя, но и для выполнения других операций (пробивка пазов, прошивка и т. п.). В будущем возможна организация таких производств, когда обрезной пресс будет связан непосредственно с оборудованием автоматизированной зачистки. Современные обрезные прессы дают возможность осуществлять несколько финишных операций. Например, в Японии и США внедряются прессы с вращающимся столом, с помощью которого отливки проходят большое число обрезных и очистных операций, а также подвергаются дальнейшей обработке, например обточке, сверлению, нарезке резьбы и т. д. Поэтому создается возможность изготавливать детали непосредственно литьем под давлением. На рис. 1.9, б приведена одна из возможных схем такой организации производства.

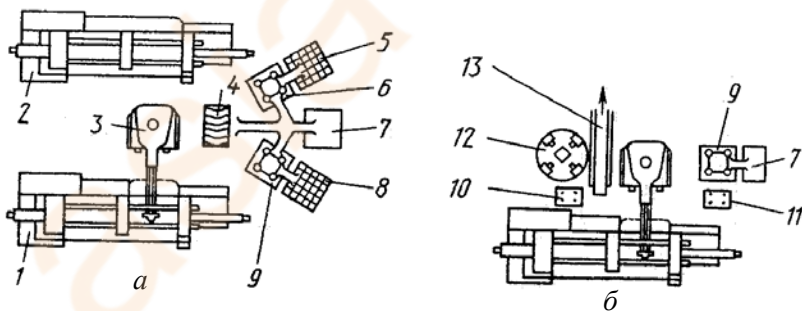


Рис. 1.9. АК с двумя литейными машинами (а), одной литейной машиной и позициями финишной обработки (б):

1, 2 – литейные машины; 3 – робот; 4 – охлаждающее устройство; 5, 8 – тара для отливок; 6, 9 – обрезные прессы; 7 – тара для отходов; 10, 11 – места складирования отливок; 12 – многопозиционный поворотный стол для финишных операций; 13 – конвейер или другое устройство для подачи отливок на очистку или базирование

АК с горизонтальным прессом, внедренный в ФРГ и США, показан на рис. 1.10, *а*. Первым средним российским АК с ориентированным извлечением отливки и обрезкой без промежуточного складирования ручного труда обрубщика был АК модели АЛ711А09 (рис. 1.10, *б*).

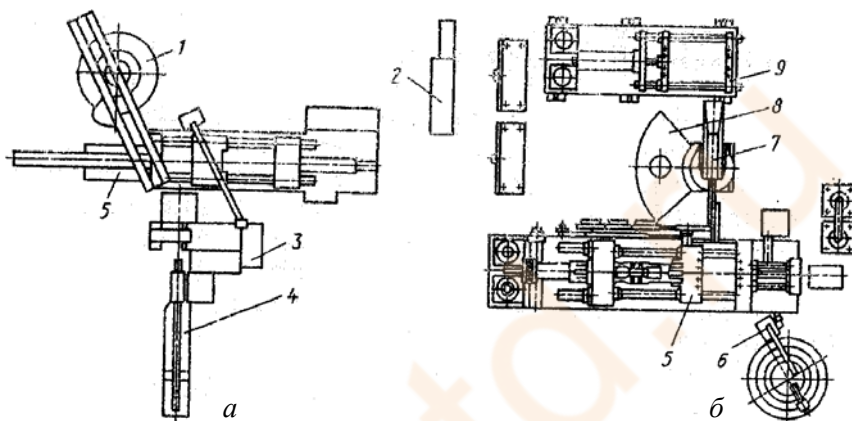


Рис. 1.10. Схемы АК на базе горизонтальных обрезных прессов агрегатного (*а*) и многокомпонентного (*б*) типов:

1 – раздаточная печь с навесным механическим дозатором; 2 – пульт управления; 3 – охлаждающее устройство; 4 – устройство транспортирования и обрезки модели Trimmat 402; 5 – литейная машина; 6 – раздаточная печь с консольным механическим дозатором; 7 – манипулятор мод. РМ-1 МПО «Точлитмаш» им. С. М. Кирова; 8 – душирующее устройство; 9 – обрезной пресс

На рис. 1.11 показана планировка АК фирмы Bühler (Швейцария), применение которой целесообразно при недостатке площадей. На участке устанавливаются заливочно-дозировочное устройство, съемник отливок, конвейер к обрезному прессу, на котором вручную обрезается отливка. На конвейере куст отливок охлаждается перед обрезкой в штампе обрезного пресса.

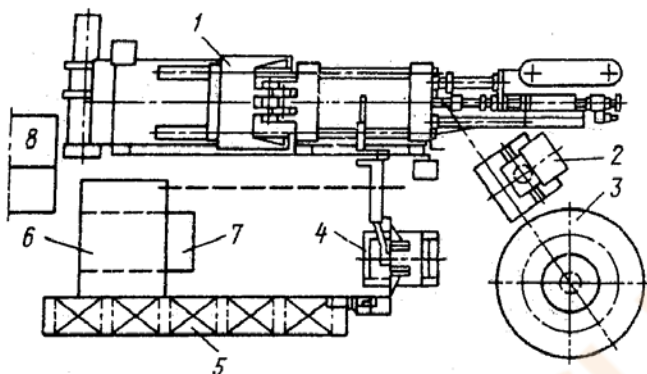


Рис. 1.11. Схема АК фирмы Böhler:

- 1 – литейная машина усилием 1600 кН; 2 – заливочно-дозировочное устройство;  
 3 – раздаточная печь; 4 – съемник; 5 – шаговый конвейер; 6 – обрезной пресс;  
 7 – тара для отходов; 8 – проход

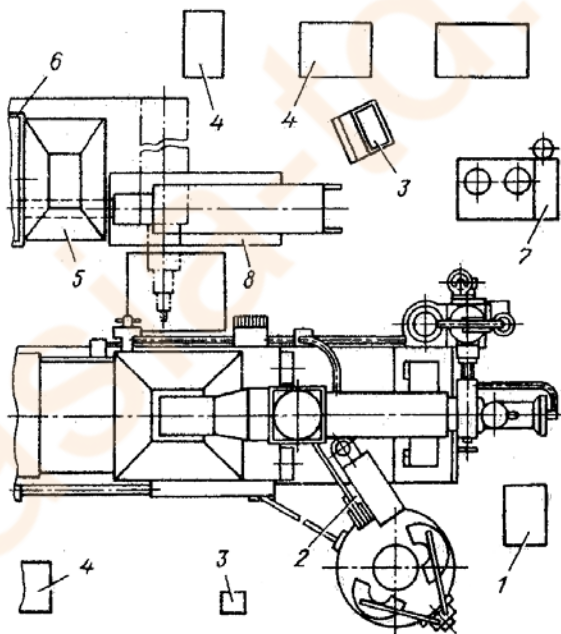


Рис. 1.12. Схема крупного АК:

- 1 – измеритель параметров; 2 – дозатор модели АН-18А; 3 – пульт управления;  
 4 – шкаф управления; 5 – охладитель отливок; 6 – смазкораспылитель  
 пресс-формы; 7 – смазкоагрегат пресс-пары; 8 – робот

Современные достижения в области роботизации позволили создать надежный робот типа Unimate (США). На рис. 1.13 показана схема АК на базе такого робота. Здесь используются следующие устройства:

подогревательно-раздаточная печь, оборудованная пневматическим дозирующим устройством системы SFEAT;

машина 2 большой мощности с холодной камерой прессования;

робот 3, который извлекает отливку из полости пресс-формы, охлаждает ее в ванне с водой и подает на обрезной пресс;

ванна 4 с водой для охлаждения отливок;

гидравлический обрезной пресс 5, оснащенный подвижным разгрузочным устройством 6.

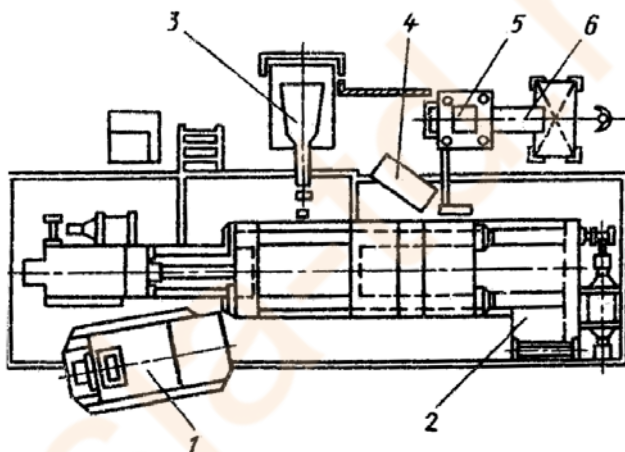


Рис. 1.13. Схема крупного АК фирмы Fiat на базе робота Unimate:  
1 – подогревательно-раздаточная печь; 2 – машина с холодной камерой прессования; 3 – робот; 4 – ванна с водой; 5 – обрезной пресс; 6 – подвижное разгрузочное устройство

Для охлаждения пресс-формы служат каналы в полуформах, по которым циркулирует вода, очищенная от примесей. В рассматриваемом АК применено дополнительное устройство для автономного терморегулирования. Оно состоит из нагревательного контура, в котором теплоносителем является масло, и охлаждающего контура с водой. Температура пресс-формы измеряется с помощью термопар в нескольких точках. Регулирование расхода масла и воды осуществляется с помощью электромагнитного клапана.



Последовательность циклов определяется запрограммированными электрическими и электронными приборами. Операции, повторяющиеся в каждом цикле, схематически сводятся к следующим действиям. Робот находится в положении ожидания перед закрытой пресс-формой, в то время как отливка затвердевает. После частичного открытия подвижной (со стороны выталкивателя) полуформы схват робота перемещается в открытую полуформу, отливка выталкивается и за пресс-остаток захватывается схватом. Подвижная часть пресс-формы полностью открывается. Манипулятор извлекает отливку из полости пресс-формы; пресс-форма опрыскивается через жестко установленные сопла раствором воды и смазочного материала в запрограммированной последовательности. Частицы облоя с грязью выдуваются сжатым воздухом. Пресс-поршень перемещается в обратном направлении и при этом автоматически смазывается. Робот погружает отливку в ванну с водой для охлаждения, схват также для охлаждения погружается в ванну. Одновременно смыкается пресс-форма, и жидкий металл в отмеренном количестве заливочным устройством подается в камеру прессования; после этого выполняется впрыскивание металла в пресс-форму. Манипулятор берет отливку за пресс-остаток, вынимает из охлаждающей ванны и подает в штамп обрезного пресса. Робот включает обрезной пресс. Отходы подаются на ленточный конвейер, который доставляет их к печам для переплавки. В это же время манипулятор опять оказывается в положении ожидания перед пресс-формой. Обрезной штамп открывается, и загрузочное устройство перемещает салазки под обрабатываемую отливку и принимает ее при выталкивании. Разгрузочное устройство подает отливку в контейнер.

Предусмотрены узел контроля полноты извлечения отливки и группа блокировочных узлов у обрезного пресса. Внедрение АК позволило улучшить технико-экономические показатели литья под давлением.

Рассмотренный крупный АК базируется на использовании универсального программируемого робота, который успешно эксплуатируется в десятках стран, в том числе и в СНГ. Российская промышленность изготавливает подобные мощные роботы, например «Универсал-50М», «Универсал-15». Однако на машинах литья под давлением эти роботы пока еще широко не внедрены.

**АК с неориентированным извлечением отливок.** Схемы АК на базе крупных машин приведены на рис. 1.14. АК работают в режиме неориентированного транспортирования отливок к обрезным прессам.

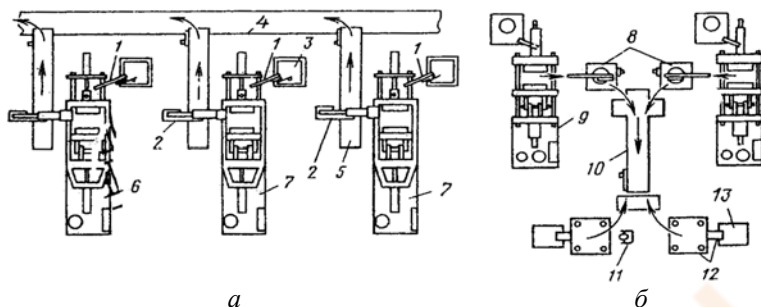


Рис. 1.14. Схемы крупных АК с роботами и манипуляторами, работающими с группой конвейеров (а) или с одним охлаждающим конвейером (б):  
 1 – вытеснительное заливочно-дозировочное устройство; 2 – съемник отливок;  
 3 – раздаточная печь; 4, 5 – конвейеры; 6, 9 – машины с холодной горизонтальной камерой прессования усилием 5400 кН; 7 – машины прессования усилием 8100 кН;  
 8 – съемник типа Rimrock (США) с ходом 1525 мм; 10 – охлаждающий конвейер;  
 11 – оператор обрезного пресса; 12 – обрезной пресс; 13 – тара;  
 стрелками показано перемещение отливок

В Швеции внедрен АК (рис. 1.15) на базе машины с усилием за-  
 пирапия 20 000 кН. В него также входит промышленный робот с шестью степенями свободы.

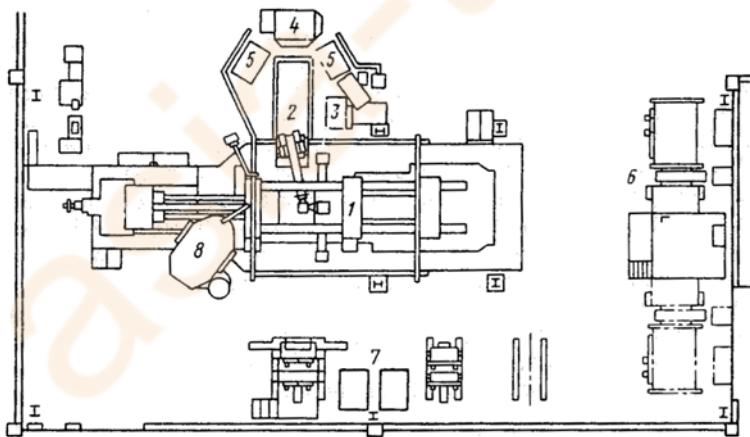


Рис. 1.15. Схема крупного АК:  
 1 – машина усилием 20 000 кН; 2 – промышленный робот с шестью степенями свободы; 3 – установка для охлаждения форм; 4 – обрезной пресс усилием 400 кН;  
 5 – контейнеры для транспортировки отливок; 6 – комбинированная плавильно-раздаточная печь; 7 – устройство для нагрева форм; 8 – заливочно-дозировочное устройство

**Гибкие производственные модули (ГПМ).** На рис. 1.16 представлена схема ГПМ, в состав которого входит следующее оборудование: машина 1 литья под давлением с горизонтальной холодной камерой прессования; пневматический дозатор 6 металла или электропечь 7 с манипулятором 8 для заливки металла; устройство 9 для смазывания пресс-формы и устройство 10 для смазывания пресс-плунжера. Поддержание постоянной температуры формы осуществляется устройством 2 для термостатирования. Модуль оснащен роботом 13, который извлекает отливку из формы, опускает ее в ванну 11 и затем устанавливает в обрубочное устройство 12, которое снабжено механизмами для обдува инструмента и контроля параметров отливок. Для ускорения движения пресс-форм ГПМ оснащен устройством для вытягивания колонн, быстродействующим зажимом, устройством 5 для замены форм. В состав ГПМ входит также автоматизированный склад 4 с роботом для перемещения пресс-форм 3.

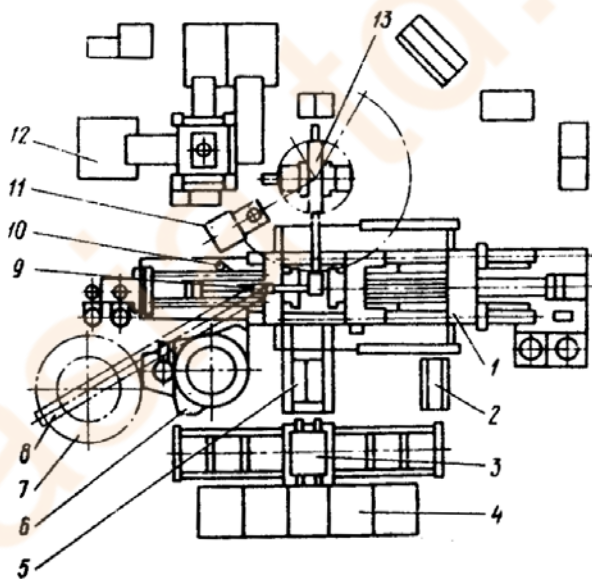


Рис. 1.16. Схема гибкого производственного модуля:

- 1 – машина ЛПД; 2 – устройство термостатирования; 3 – пресс-формы; 4 – автоматизированный склад; 5 – устройство для замены форм; 6 – пневмодозатор металла; 7 – электропечь; 8 – манипулятор для заливки металла; 9 – устройство для смазывания пресс-формы; 10 – устройство для смазывания пресс-плунжера; 11 – ванна; 12 – обрубочное устройство

Технологический процесс получения отливок на ГПМ осуществляется в следующей последовательности. Вначале проводится очистка и смазывание пресс-формы. Форсунки вводятся в разъем пресс-формы, после чего к ним подводится смазочный состав, который разбрызгивается с помощью сжатого воздуха. Параллельно аналогичным образом осуществляется смазывание пресс-плунжера. Далее происходит смыкание частей пресс-формы. С помощью устройства для термостатирования контролируется и автоматически поддерживается температура пресс-формы, что позволяет повысить стабильность теплового режима. После закрытия пресс-формы автоматически включается пневматический или ковшовый дозатор. По окончании заливки жидкий металл запрессовывается в пресс-форму, начинается кристаллизация. По окончании кристаллизации происходит раскрытие пресс-формы. Затем выталкиватель выдвигает отливку из гнезда на расстояние, необходимое для ее захвата роботом-съемником. Последний удаляет отливку из зоны пресс-формы, поворачивает ее на 90° для контроля полноты извлечения отливки. В случае обнаружения брака отливка направляется в специальный желоб и происходит остановка цикла, необходимая для устранения дефекта. Если брак не обнаружен, то отливка погружается в ванну для охлаждения, одновременно начинается новый цикл. Из ванны для охлаждения отливка подается на обрезной пресс. После удаления руки робота из рабочей зоны пресса происходит обрезка. Отливки падают на желоб, который направляет их на весы. Остатки металла попадают на другой желоб и удаляются. Если после срабатывания пресса отливка не попадает на весы, это свидетельствует о том, что часть ее осталась в зоне обрезки, пресс останавливается, и поступает сигнал о его отключении. По окончании цикла обрезки с помощью сжатого воздуха кромки инструмента очищаются от остатков отливок. Замена пресс-формы осуществляется следующим образом. Быстродействующий зажим раскрывается и выталкивает пресс-форму на стол, далее с помощью устройства для замены она удаляется из машины, а на ее место устанавливается другая. В случае когда необходимо установить громоздкую пресс-форму, используется устройство для вытягивания колонны, с помощью которого верхняя колонна удлиняется на расстояние, необходимое для монтажа пресс-формы с помощью крана.

Робот-манипулятор перемещает пресс-формы на автоматизированный склад, имеющий секции, оснащенные датчиками, определяющими наличие пресс-формы в определенной ячейке.

ГПМ нескольких типоразмеров комплектуются устройствами для быстрой перестановки пресс-форм, складом пресс-форм, устройствами для компьютерной связи с ЭВМ верхнего уровня и другими элементами, характеризующими современное оборудование. Все модели имеют соответствующее вентиляционное оборудование.

Дополнительную информацию по оборудованию, входящему в автоматизированные комплексы литья под давлением, и основным параметрам комплексов можно получить из работ [1, с. 330; 25–27; 30, с. 103–133; 31, с. 350; 33, с. 246–247, 284].

## **1.2. Организация производства в цехах литья под давлением**

В зависимости от объема выпуска, номенклатуры, требований к отливкам и других факторов существует несколько вариантов оптимальной организации производства в цехах литья под давлением, поэтому понятие «современный цех» применимо не только к высокомеханизированным цехам массового производства, но и к не очень крупным участкам. Каждый тип цеха имеет свою структуру парка оборудования, средств механизации, транспортных и других средств. Попытка перенести такую структуру на цех мелкосерийного производства приводит к неоправданному удорожанию отливок без улучшения их качества.

Для цехов массового производства на современном этапе характерно широкое внедрение комплексной механизации, автоматизации и компьютеризации на таких участках, как плавильный, машинный, очистной, организация автоматизированных модульных комплексов, сочетающих операции литья и обрезки отливок и управляемых с помощью ЭВМ, использование общецехового АСУ, измерение и автоматизированное управление технологическими режимами на базе широкой компьютеризации и приборизации машин, комплексов и участков, повышение надежности всего оборудования, снижение расхода энергии.

Для цехов серийного производства с большой номенклатурой отливок прогрессивными направлениями являются следующие: применение блок-форм и другой быстроперенастраиваемой оснастки, использование универсальных машин с ограниченными средствами механизации, сохранение единого зачистного участка, а в ряде слу-

чаев – перенесение зачистки в механические цеха с сохранением лишь операции обрезки основных литников, частичное применение широкоуниверсальных роботов и манипуляторов с легко переналаживаемым управлением для широкого охвата операциями вплоть до смазывания формы, использование систем быстрой замены форм.

Большая часть цехов относится к мелкосерийному и крупносерийному производству с соответствующими компромиссными техническими решениями. Сравнить можно только цехи одного типа, чтобы избежать неоправданной степени автоматизации мелких цехов и участков, не улучшающей, а ухудшающей технико-экономические показатели. Однако граница оптимальной степени автоматизации с каждым годом смещается в сторону менее крупных цехов.

Независимо от типа цеха при совершенствовании организации производства и внедрения комплексной механизации нет мелких и крупных проблем. Иногда даже такой, казалось бы, мелкий вопрос, как жесткость куста отливки со всеми литниками, определяет успех внедрения автоматизированных режимов работы. Или же отсутствие блокировок на всех этапах цикла литья также может нарушить работу комплекса и привести к поломкам, а без литейных уклонов  $1-2^\circ$  на отливках почти невозможна безлюдная технология.

Важнейший параметр всего оборудования, применяемого в цехе, – его фактическая надежность. Иногда при приемке оборудования пользуются условными показателями надежности, которые не отражают реальных условий работы.

Правильная организация производства возможна главным образом при комплексном учете всех факторов и в первую очередь при использовании специализированных, а не приспособленных зданий. Характерная особенность новых зданий для крупносерийного производства – двухэтажность (а иногда и более высокая этажность). При наличии двух этажей можно компактно разместить участки, сократить грузопотоки, улучшить обслуживание машин и другого оборудования.

Несмотря на многочисленные рекомендации и публикации, проектировщики некоторых новых цехов повторяют старые ошибки: занижают мощности плавильных участков по жидкому металлу, неправильно решают вопросы оптимальной транспортировки огромного количества отходов, вокруг машин предусматривают мало площади. Здесь, в частности, не учитывается, что хотя литье под давле-

нием можно отнести к малоотходному производству, отходов внутри рабочего цикла много и их надо перерабатывать в основном внутри цеха. Это возможно только в сочетании с разветвленной сетью непрерывного транспорта. Например, использование принципа автоматического адресования отливок ограничено и не может заменить систему конвейеров в цехах с достаточно большим объемом выпуска продукции [33].

**Механизация плавильно-раздаточных операций.** Техничко-экономические показатели работы цехов литья под давлением в значительной степени зависят от правильной организации и совершенствования плавильно-раздаточных операций. Наряду с общими требованиями организации таких работ имеются специфические требования, связанные со следующими факторами:

- большое количество отходов (возврата) в виде пресс-остатков, литников и промывников;

- наличие отходов небольшой массы, но с большой площадью поверхности (облой и пр.);

- непрерывное использование относительно малых, строго дозированных порций жидкого металла;

- насыщенность цеха машинами, механизмами и коммуникациями.

Проблемы организации плавильно-раздаточных операций затрагивают много аспектов. Ниже рассмотрены лишь некоторые направления механизации этих операций в современных цехах литья под давлением.

**Транспортирование жидкого сплава с металлургических заводов.** Одним из важных направлений совершенствования плавильно-раздаточных работ является способ загрузки плавильных печей не твердой шихтой, а жидким сплавом, приготовленным на металлургических заводах, что позволяет сократить продолжительность операций и снизить расходы на приготовление сплава. Особенно широко применяют транспортирование с металлургических заводов жидких алюминиевых сплавов. Например, фирма Kays Alloy Casting (Англия) перевозит алюминиевые сплавы в контейнерах, стационарно смонтированных на грузовых автомобилях. Вместимость каждого контейнера 2,5 т. Металл передается в плавильные или раздаточные печи по передвижному желобу. Расстояние перевозки – до 50 км.

**Загрузка шихты в плавильные печи.** Механизированная загрузка шихты обеспечивает в литейных цехах значительный технико-эко-

номический эффект вследствие наличия большого количества возвращаемых в переплавку отходов. Загрузку шихты можно механизировать следующими способами: установкой бункера непосредственно над тиглем плавильной печи с подачей шихты конвейером и использованием саморазгружающей бабды или малогабаритного скипового подъемника. Последний способ применяют довольно редко. При засыпке шихты скрап периодически накапливается в коробе с откидным днищем. Наполненный короб транспортируют вилочным автопогрузчиком к печи, поднимают и фиксируют. Затем днище короба раскрывается и скрап высыпается в печь. После этого створки днища закрываются и короб возвращается в исходное положение.

Для механизированной загрузки печей также используют бабды с открывающимся днищем, которые поднимают над тиглем с помощью крана. Загрузку шихты с помощью саморазгружающейся бабды применяют, например, в литейном цехе завода Skoda (Чехия). Возврат скапливается в расположенном около печи бункере большой емкости, откуда он через вибрационное днище бункера поступает по вибрационному желобу в печь. Шихта автоматически взвешивается на электромагнитных весах. Подача в печь крупногабаритных чушек массой до 500 кг осуществляется с помощью тельфера. Одновременно он служит для выгрузки чушек из вагонов и укладки их в складах шихты.

**Транспортирование жидкого металла к раздаточным печам.** Централизованная плавка и подача жидкого металла снижают расходы на плавку, облегчают соблюдение температурного режима приготовления сплава и условия работы литейщика и дают возможность выдерживать постоянство химического состава. При централизованной подаче жидкого сплава можно уменьшить вместимость раздаточных печей.

На участках литья под давлением легких сплавов расплавы транспортируют с помощью монорельсовых ковшей или электрокаров, оборудованных подъемниками с поворотным ковшом, на участках литья цинковых сплавов – по электрообогреваемым наклонным желобам с подачей сплава самотеком. Выбор того или иного способа транспортирования жидкого сплава зависит главным образом от расположения машин в цехе. Например, при использовании монорельса ковш должен проходить возле всех раздаточных печей, хотя печи, остановленные для наладки или ремонта, не должны пополняться



жидким металлом. Непрерывное прохождение ковша возможно только при наличии свободной площади возле каждой машины.

Ковш с жидким сплавом по монорельсу передвигают вручную или с помощью электротали, которой можно управлять с помощью выносного пульта с пола или из кабины, перемещающейся вместе с ковшом. Для большинства цехов и участков наиболее рационально применение электротали, управляемой с пола, для крупных цехов с большим расходом жидкого металла – электротали, управляемой из кабины.

В некоторых цехах монорельсы заменяют ковшами, установленными на электро- или автокарах. Эта система транспортирования обладает большей гибкостью, так как машины можно обслуживать в любой последовательности и по наиболее удобному маршруту. Для удобства обслуживания можно применять электро- и автопогрузчики двух типов: с боковым поворотом ковша и с поворотом ковша по ходу. Однако использование самоходного транспорта требует наличия в цехе достаточной площади для его маневрирования.

За рубежом установки для транспортирования и заливки жидких цветных сплавов наиболее часто применяются для алюминиевых и цинковых сплавов и реже – для свинцовых и оловянных. Эти установки используют для перекачивания расплава из плавильной печи в раздаточную печь, раздаточный ковш или заливочное устройство.

Установка для транспортирования жидких сплавов включает центробежный или магнитогидродинамический насос для перекачивания расплава и футерованные огнеупором трубы для передачи расплава на расстояние.

Фирма *Metallics System* (США) изготавливает установку, способную передавать жидкие алюминиевые и цинковые сплавы по футерованному трубопроводу на расстояние до 25 м, и поднимать ее на высоту до 6 м. В установке применяется центробежный насос, изготовленный, в зависимости от перекачиваемого металла, из графита или коррозионно-стойкой стали. Изменением конструктивных параметров центробежного насоса обеспечиваются различные режимы его работы: большой расход жидкого металла при малом давлении или малый расход жидкого металла при большом давлении. Отдельные детали насоса изготавливают с точностью  $\pm (0,05-0,07)$  мм.

При передаче жидкого металла по трубопроводу не требуется предварительного подогрева труб или их подогрева в процессе работы. Установка труб не вызывает затруднений. Футерованная огне-

упором труба диаметром 100 мм выдерживает перекачку до 600 т расплава. Выпускают два варианта установок для транспортирования жидкого металла. Центробежный насос одной из установок подает жидкий металл из плавильной печи попеременно к четырем заливочным устройствам. Для этого насос поворачивают и его нагнетающую трубу соединяют с одним из четырех стационарных трубопроводов. Жидкий металл подают в любое заливочное устройство за несколько минут. При этом потери температуры металла составляют около 1 °С на каждый метр длины трубопровода. В другой установке центробежный насос установлен стационарно, а колено нагнетающей трубы насоса поворачивается и соединяется с разными трубопроводами.

В установке для транспортирования жидкого металла фирмы Interatom (ФРГ) применяется магнетогидродинамический насос. Индуктор насоса размещается в керамической секции, погружаемой в ванну печи. Изменяя уровень и частоту тока в индукторе, регулируют скорость потока жидкого металла в канале насоса. Количество подаваемого металла контролируют по времени или посредством измерительных датчиков. Такие насосы используются главным образом при литье под давлением, литье в песчаные формы, а также при разливе металла в слитки. Преимущество этих насосов заключается в отсутствии движущихся частей и простоте регулирования интенсивности подачи жидкого металла. Типовая мощность магнетогидродинамического насоса производительностью 8 т жидкого алюминиевого сплава в час составляет 12 кВт·А.

**Плавильно-раздаточные работы.** В последнее время наметилась новая тенденция организации плавильно-раздаточных работ, основанная на сокращении расхода электроэнергии при использовании электропечей. У общепринятой системы централизованной плавки с подвозом жидкого металла к раздаточным печам имеются два существенных недостатка: потеря тепловой энергии и необходимость перегревать сплав в плавильных печах. Поэтому пока имеются лишь отдельные попытки децентрализовать процесс плавки и раздачи, а для сохранения высокого качества жидкого металла – применять различные фильтры или использовать другие приемы. В массовом производстве рациональность данной схемы еще не проверена.

По зарубежным и отечественным данным, перелив жидкого алюминиевого сплава из плавильной печи в транспортные ковши и по-

следующая заливка в раздаточные печи у машин сопровождаются интенсивным турбулентным движением металла. При переливах из плавильной печи в ковш и из ковша в раздаточную печь отношение поверхности струи к объему металла достигает максимального значения и значительная часть металла подвергается окислению воздухом, что приводит к увеличению потерь металла, появлению в отливке участков с повышенной твердостью, неметаллических включений и к увеличению брака отливок. Образование шлака при переливах и транспортировании жидкого металла может быть настолько интенсивным, что тщательно отрафинированный в плавильной печи расплав после второго перелива в раздаточную печь снова требует эффективной очистки.

Хорошие результаты дало использование электропечей сопротивления, расположенных непосредственно у литейных машин. Эти печи имеют различную вместимость, производительность расплавленного алюминиевого сплава составляет до 300 кг/ч, точность нагрева расплава  $\pm 5$  °С. При таких условиях плавки не образуются пары воды и, следовательно, окись алюминия и водород; отсутствует турбулентность движения металла (так как нет операции транспортирования); снижаются потери металла (исключены два перелива). В одном из цехов отказ от централизованной плавки и установка электропечей у машин дал существенную экономию за счет уменьшения потерь металла на 75–80 %, снижения брака в среднем на 10 %, улучшения обрабатываемости отливок вследствие отсутствия в них твердых мест и шлаковых включений, которые образуются в результате транспортирования и перелива металла.

Особого внимания заслуживают эксперименты, проведенные фирмой Hyatt Die Casting (США). Сравнивались работа газовой тигельной плавильной печи новейшей конструкции и работа электропечи сопротивления, эксплуатирующейся в цехе уже около года. Сравнение показало, что при использовании электропечи общие затраты на электроэнергию для плавки и выдержки алюминиевого расплава значительно ниже, количество шлаковых включений в пять раз меньше, стойкость тигля в два раза выше, чем при эксплуатации газовой печи. Принимая во внимание результаты экспериментов, фирма установила еще пять электропечей сопротивления. Все чушковые материалы предполагается расплавлять в электропечах сопротивления, находя-

щихся у машин, а возврат собственного производства переплавлять в наклоняющихся печах сопротивления, а затем разливать в чушки.

В цехах литья под давлением для плавильно-раздаточных печей предполагается использовать тигли из карбида кремния, разделенные огнеупорной перегородкой на две части. В одну половину тигля погружается твердая шихта, а из другой половины вычерпывается металл для заливки машин. Такая конструкция тигля резко уменьшает возможность попадания шлаковых включений в камеру прессования. Можно также применять специальную тигельную вставку с крышками, делящую объем тигля на две части, которые могут открываться и закрываться независимо друг от друга. Стойкость тиглей из карбида кремния составляет в среднем около года, стойкость нагревательных элементов – 3–5 лет. Новые электропечи сопротивления высокой производительности оснащены необходимыми устройствами для работы в режимах поддержания температуры расплава, его выдержки и перегрева. При необходимости может производиться дополнительное плавление металла.

Отказ от централизованной плавки и ее проведение в новых усовершенствованных плавильно-раздаточных электропечах сопротивления непосредственно у литейных машин, по данным работы [33], обеспечивает следующие преимущества:

- существенное снижение энергетических затрат и трудоемкости обслуживания;

- значительное повышение качества расплава;

- улучшение санитарно-гигиенических условий труда (по сравнению с газовыми и мазутными отражательными печами);

- повышение безопасности работы и производительности труда;

- снижение простоев;

- уменьшение производственных площадей;

- возможность использования различных методов обработки расплава;

- уменьшение угара металла при плавке на 75–80 % (по сравнению с плазменными печами);

- улучшение качества расплава благодаря отсутствию продуктов горения в атмосфере плавильного пространства, поддержанию определенной температуры расплава в печи и отсутствию операции транспортирования расплава;

- повышение надежности работы цеха;

облегчение перехода на изготовление отливок из другого сплава [33].

### **Организация и автоматизация работ по замене пресс-форм.**

Важным резервом снижения простоев при литье под давлением является внедрение приспособлений и систем автоматизированной замены пресс-форм. В этой области уже накоплен зарубежный и отечественный опыт. До последнего времени замена производилась вручную без каких-либо специальных приспособлений, следствием чего являлись простой оборудования и оснастки, увеличение трудоемкости, тяжелые и опасные условия труда. В последние годы ведущие фирмы комплектуют свои машины дополнительными устройствами для механизации и автоматизации замены пресс-форм.

Освоение процесса автоматизированной замены пресс-форм в литейных цехах включает в себя множество аспектов, в том числе организацию участка или рабочего места обслуживания машины с предварительным подогревом пресс-форм; использование новых подъемно-транспортных устройств; внедрение специальных приспособлений для механизированного (а в дальнейшем и автоматизированного) монтажа и демонтажа элементов форм; обеспечение машин устройствами для быстрого вытягивания колонн, перестановки камеры прессования по высоте и пр.

Подъемно-транспортные устройства для гибкой автоматизированной замены пресс-форм, приспособления для ускоренного крепления пресс-форм и некоторые другие механизированные устройства рассматриваются в работе [33, с. 343–356].

#### ***1.2.1. Организация и расчет плавильных отделений при литье под давлением и в кокиль***

В организации литья под давлением и в кокиль большую роль играет рациональная организация плавильных отделений, снабжающих цех жидким металлом.

В целях максимального сокращения путей транспортировки жидкого металла к рабочим местам плавильное отделение располагают вблизи заливочного отделения. Когда в цехе имеется несколько заливочных отделений или участков (литья в кокиль, литья под давлением), одно и то же плавильное отделение может снабжать жид-

ким металлом и эти отделения и участки. В таком случае плавильное отделение размещают между ними.

Работа плавильного отделения строго согласуется с работой заливочных отделений как по количеству выплавляемого металла, так и по маркам сплавов.

Отделения литья в кокиль и под давлением работают по параллельному режиму, при котором кокиль или пресс-форму на машине последовательно подготавливают, заливают жидким металлом, а затем освобождают от отливки. В связи с этим требуется бесперебойное снабжение жидким металлом в течение всей смены.

При выборе плавильных агрегатов учитывают:

масштаб производства;

назначение литья и характер требований, предъявляемых к качеству металла;

энергетические возможности предприятия;

экономичность печей, т. е. стоимость топлива, приходящегося на каждую тонну расплавленного металла.

Плавильные агрегаты в отделении могут быть непрерывного и периодического действия. Как первые, так и вторые способны обеспечить бесперебойную работу заливочного отделения с параллельным режимом работы. Это достигается путем применения промежуточных емкостей – раздаточных печей, находящихся на рабочих местах.

Металл из плавильного отделения к раздаточным печам подается в жидком виде или в виде чушек (слитков) готового сплава. При мелкосерийном производстве раздаточная печь в ряде случаев заполняется чушковым металлом и в ней производится приготовление сплава. Однако применение раздаточных печей в качестве плавильных агрегатов снижает качество сплава и замедляет темп работы, так как плавка металла в раздаточной печи происходит гораздо медленнее, чем в плавильном агрегате. Предпочтительнее подавать сплав в раздаточную печь в жидком виде, при этом снижаются расходы на плавку, повышается производительность труда, легче поддерживать постоянство температурного режима.

При невозможности снабжать раздаточные печи жидким металлом рационально на каждом рабочем месте иметь две раздаточные печи. В то время как в одной печи металл плавится, из другой он выбирается.

В настоящее время в плавильных отделениях цехов алюминиевого литья применяются самые разнообразные плавильные агрегаты. В цехах с небольшими масштабами производства для плавки алюминиевых сплавов применяют тигельные печи – плавильные агрегаты периодического действия. Наибольшее распространение получили поворотные тигельные печи с нефтяным, газовым и электрическим обогревом. Сравнительно небольшой объем (150–300 кг) делает их весьма маневренными. Их легко переводить с приготовления сплава одной марки на другую, что очень важно при малых объемах производства. В небольших цехах эти печи могут одновременно служить и раздаточными печами.

При крупносерийном и массовом производстве широкое распространение получили камерные электрические печи типа САК и САН. Печь типа САК – это стационарная печь емкостью 150 или 250 кг, которая может служить как для непрерывной работы, так и для периодической. Очень часто печь САК применяется в качестве раздаточной, т. е. она совмещает две функции – плавильной и раздаточной печи. Печи типа САН – наклоняющиеся. Они имеют емкость до 2 т. Печи могут действовать как агрегаты непрерывного и периодического действия. При наличии в отделении печи САН крупные кокилы можно заливать металлом непосредственно из плавильной печи, минуя раздаточные. В связи с тем что температура заливки сплава для каждого кокила различная, печи САН доводят температуру металла до среднего уровня. До необходимой температуры заливки сплав доводится в транспортирующих ковшах. Эти ковши перед заливкой кокилей, раздаточных печей или дозаторов подогревают на небольших горнах или, наоборот, охлаждают.

Недостатками камерных электропечей являются:

- невозможность вести плавку под флюсом из-за его разрушающего действия на нагревательные элементы;
- зарастание футеровки настывшими шлаками;
- длительность послеремонтной сушки;
- высокий расход электроэнергии.

Для переплава стружки и других отходов широкое применение получили пламенные печи ванного типа с газовым или нефтяным обогревом. В связи с тем что металл, получаемый из этих печей, сильно насыщен газами, для приготовления рабочего сплава их применяют сравнительно редко. Но практика показала, что и в газовых

печах можно получать качественный металл при условии правильного ведения плавки. Для уменьшения окисления и пленообразования загрузку литейных отходов производят не в плавильную печь, а в специальный отсек с жидкой ванной. Готовый сплав перед выдачей из печи отстаивается от окислов и газов в специальных копильниках. При больших масштабах производства для повышения производительности труда и экономии электроэнергии зачастую пользуются комбинированным методом плавки, при котором отходы собственного производства расплавляют в пламенных печах, а полученный жидкий металл перегружают вместе с твердой частью шихты в электропечи для последующей доводки, рафинирования и разливки.

В последние годы широкое распространение получили индукционные печи – каналные и тигельные. Эти печи обладают высокой производительностью, минимальным угаром и расходом электроэнергии, обеспечивают хорошие условия труда. В них можно получать равномерный химический состав сплава и температуру всей ванны металла. Тигельные индукционные печи очень маневренны при переходе с плавки одного сплава на другой. Одним из недостатков этих печей является то, что они требуют дополнительной площади для установки трансформаторов и конденсаторных батарей. В отдельных случаях эта площадь равна площади самой плавильной установки.

Магниево-алюминиевые сплавы, так же как и алюминий, можно готовить в отражательных печах с газовым или нефтяным обогревом, в индукционных тигельных электропечах и в электропечах сопротивления.

Если цех или кокильное отделение потребляют небольшое количество металла и разных марок, наиболее рациональным является применение тигельных электропечей. Поскольку тигельные печи относятся к агрегатам периодического действия, то если в цехе имеется одна такая печь, ее емкость должна быть равна суммарной емкости всех раздаточных печей. Для гарантии бесперебойной работы лучше иметь не менее двух печей. Вместо одной-двух печей большой емкости целесообразнее иметь несколько печей малой емкости.

Режим работы печей, их количество должны быть согласованы с режимом работы заливочного отделения. Работа строится таким образом, чтобы через каждые 45–90 мин можно было пополнять запас жидкого металла в раздаточных печах и дозаторах. В случае если цех потребляет большое количество металла при небольшой



номенклатуре сплавов, наиболее рациональным является применение печей непрерывного действия или индукционных печей. Лучшая маневренность достигается при комбинации из печей большого объема непрерывного действия и нескольких печей малого объема периодического действия.

Расположение печей в отделении зависит от емкости печей, принятой технологии приготовления сплавов и системы транспортирования жидкого металла из плавильного отделения в заливочное. Но при всех вариантах транспортирования металла печи должны быть расположены таким образом, чтобы к ним имелся доступ не менее чем с трех сторон. Плавильные печи в отделении устанавливают так, чтобы расстояние между ними было более 1,5–2 м, а расстояние от стен до печей – более 2 м. Печи размещают так, чтобы в случае выброса металла или воспламенения все рабочие могли быстро покинуть площадь вокруг печи.

В средних и крупных цехах при плавильном отделении имеется шихтовый участок или шихтовый двор. Шихтовые дворы оборудуют закромами для хранения исходных материалов, отходов и лигатур и стеллажами для чушковых материалов. На участке устанавливают десятичные весы на 10 и 500 кг. Площадь участка рассчитывается на хранение одно-, двухдневного запаса свежих материалов и трех-, пятидневного запаса оборотных материалов. Шихтовый участок располагают в непосредственной близости от плавильного отделения. Участок имеет свои печи для переплава отходов и приготовления лигатур. Если нет возможности оборудовать участок особыми печами, то для этой цели пользуются рабочими печами в нерабочую смену. Печи для переплава магниевой стружки должны быть размещены в отдельном помещении или быть изолированы от других печей. Хранению магниевой стружки уделяется особое внимание. Помещение, где она хранится, должно быть сухим, так как влажная стружка подвергается коррозии и есть опасность ее самовозгорания. Шихтовый участок обслуживает бригада шихтовщиков. При небольшом объеме производства в смену работает по одному шихтовщику. В обязанности шихтовщика входит подготовка шихты, навеска шихтовых материалов согласно шихтовому рецепту, транспортировка шихты к печи и заполнение на каждую плавку шихтового листа или шихтового журнала.

Для сплавов, особо ответственных по химическому составу, при шихтовке подвергают взвешиванию все составляющие шихты, включая отходы собственного производства. Для сплавов менее ответственных взвешивание шихты производится только по свежим составляющим, а отходы добавляются после расплавления свежего металла до определенного уровня печи. Это дает возможность транспортировать отходы прямо из отделения обрубки к плавильным печам, минуя шихтовый двор.

При малых объемах производства шихту подвозят к печи в тележке и загружают в печь вручную. При больших объемах транспортировка и загрузка шихты механизуются. Шихту к печам доставляют в металлических коробах. Для небольших печей масса шихты в коробке равна массе приготавливаемого в печи сплава. Для больших печей непрерывного действия масса шихты восполняет массу жидкого металла, который за определенный промежуток времени выбирается из печи.

При больших объемах производства доставку коробов к печам осуществляют с помощью крана, электрокаров или электропогрузчиков. Загрузка шихты в печь производится с помощью монорельса и бады с откидным дном или транспортером.

При изготовлении в одном цехе нескольких сплавов основным принципом организации шихтового хозяйства является исключение возможности перепутывания сплавов, их раздельная шихтовка и доставка к печам. Особенно велика опасность перепутывания отходов. Поэтому наиболее целесообразным является ведение раздельной обрубки отливок по каждому сплаву и раздельное транспортирование отходов в плавильное отделение.

Рабочие сплавы можно готовить по одному из двух вариантов.

**Первый вариант.** Приготовление сплава производится в два этапа. Первый этап – получение первичного сплава. Для этого готовят шихту, плавят металл, а затем разливают его в изложницы. Перед разливкой отбирают образец, который направляют на химический анализ. Когда становятся известными результаты химического анализа, сплав снова расплавляют и корректируют соответствующими добавками, а затем рафинируют и модифицируют, если это предусмотрено технологией. Полученный рабочий сплав подают на заливку деталей.

Этот вариант имеет следующие преимущества:  
исключаются выпадения брака по химическому анализу;  
имеется возможность использовать низкосортные отходы (сплески, стружку, брак деталей, имеющих инородную арматуру).

К недостаткам варианта относятся:

повышенный угар;

увеличенная трудоемкость приготовления сплава;

большой расход топлива.

**Второй вариант.** Приготовление сплава производится в один этап. При этом варианте также готовят сплав, но не разливают его в изложницы, а оставляют жидким в печи. Отобранный образец контролируют на химический состав ускоренным способом – спектральным экспресс-анализом, длительность которого не должна превышать 15–25 мин, а при использовании квантомеров – 10 мин. После получения результатов анализа корректировку химического состава сплава (если таковая требуется) производят непосредственно в плавильной печи, его рафинируют и модифицируют, а затем готовый рабочий сплав транспортируют в заливочное отделение.

Работа по этому варианту дает возможность обходиться меньшим количеством печей, экономить рабочее время, материалы и топливо. Большинство литейных цехов, имеющих экспресс-лаборатории, работает по второму варианту. Отливка первичных сплавов производится только при использовании низкосортных отходов.

При работе печей периодического действия химическому анализу подвергают каждую плавку, при работе печей непрерывного действия анализ из печи берут через определенные промежутки времени, например через каждые 3 ч.

Обслуживание плавильных печей осуществляет бригада плавильщиков. В обязанности плавильщиков входит загрузка подготовленной шихты в печь, расплавление металла, наблюдение за режимом плавки, доводка сплава в печи (рафинирование, введение различных легирующих добавок и т. д.), доставка готового сплава к раздаточным печам. При небольших масштабах производства и наличии одной-двух печей их обслуживание может производить один плавильщик. При больших объемах производства организуются бригады плавильщиков и производится распределение обязанностей внутри бригады. Загрузку шихты и транспортирование жидкого металла к раздаточным печам и дозаторам осуществляют рабочие более низ-

кой квалификации (2-го разряда); приготовление сплавов, наблюдение за качеством выплавляемого металла, определение готовности сплава – рабочие более высокой квалификации (3–4-го разряда). Если проводится плавка особо ответственных сплавов или требуется произвести расчет добавок или другие более сложные операции, эта работа поручается плавильщикам 5-го разряда [3].

Необходимую информацию по выбору плавильного агрегата для приготовления расплавов, используемых при литье под давлением, можно найти в работе [31, с. 282–300].

Техническая характеристика плавильных печей для цветных сплавов приведена в работах [31, с. 283, 284, 286–289, 293, 295–299; 32, с. 96–100, 103].

Составы шихт, флюсов и угар некоторых цветных сплавов можно подобрать по данным работ [29, с. 71; 31, с. 129–160, 164–167; 32, с. 90, 120].

Расчет плавильных отделений цехов литья под давлением и в кокиль производится по методике, изложенной в работе [3, с. 6–14].

### ***1.2.2. Организация и оснащённость рабочих мест в заливочных отделениях цехов литья под давлением***

***Заливочное отделение*** – это основное отделение цеха, где производят литье под давлением. В заливочном отделении устанавливают машины для литья под давлением, насосы и аккумуляторы к ним, раздаточные печи или дозаторы. Машины и другое оборудование следует располагать таким образом, чтобы к ним был свободный доступ при ремонте, монтаже и демонтаже, установке и снятии пресс-форм, при доставке жидкого металла.

Очень важен правильный выбор типа машины для отливки той или иной детали. Рентабельность применения литья под давлением во многом зависит от правильного выбора машины. В небольших литейных цехах, имеющих несколько машин, детали отливают без учета мощности. Иногда мелкие детали отливают в мощных машинах. В этом случае снижается производительность труда, повышается расход рабочей жидкости. Массивные пресс-формы плохо прогреваются сплавом, возможно возникновение брака по незаливам. Иногда, наоборот, отливки изготавливают в машинах недостаточной мощности. Это может также иметь место, если конструктор

проектирует многогнездную пресс-форму без учета мощности имеющихся машин. В этом случае из-за недостатка давления отливки получаются неплотными.

Выбор типа машин определяется габаритами детали, ее массой, маркой сплава и технологическими требованиями, объемом производства.

Машины в заливочном отделении располагают как в один ряд, так и в несколько рядов, линейно или параллельно, с центральными и боковыми проходами и проездами. При установке машин в два ряда общая ширина пролета должна составлять не менее 18 м, а расстояние между рядами должно быть не менее 3,5–4 м для удобства проезда транспорта. Машины размещают так, чтобы прессующие блоки были направлены в сторону прохода.

Расстояние между осями машин должно быть: для небольших машин – 3 м, для крупных – 4 м и более. Расстояние от стен до машин должно быть не менее 1 м.

Около каждой машины с холодной камерой сжатия устанавливают раздаточную печь. Печь размещают со стороны прессующего блока машины ближе к проходу так, чтобы было удобно заполнять ее металлом. Так как металл в машины заливается небольшими порциями (до 1–2 кг), объем раздаточных печей делают небольшим, чтобы металл находился в них недолго. Емкость печи должна обеспечить бесперебойную работу машины в течение 30–90 мин. Ухудшает свойства сплава его пребывание в раздаточной печи в течение более длительного времени.

При механизированной заливке применяют различные типы дозаторов. В зависимости от конструкции и принципа действия дозаторы могут быть совмещенными с раздаточной или плавильно-раздаточной печью, а также располагаться около машины для литья под давлением или монтироваться на ней.

В качестве раздаточных печей чаще всего применяют электропечи. Иногда применяют нефтяные или газовые печи: в этом случае особое внимание необходимо обращать на отсос продуктов горения. Конструкция печей при литье под давлением такая же, как и при заливке деталей в кокиль. Для установки пресс-форм в машины и их снятия, для демонтажа машины при ремонте в отделении должна быть предусмотрена кран-балка грузоподъемностью 1–3 т, управляемая с пола.

Пол в заливочном отделении обычно делают из чугунных рифленых плит. В заливочном отделении должна быть установлена сильная приточно-вытяжная вентиляция. Освещение применяют комбинированное – общее и местное. Местное освещение предусматривают у каждой литейной машины над зоной разъема пресс-формы и камерой прессования.

Центром рабочего места заливщика является машина для литья под давлением. Справа, со стороны камеры прессования, обычно расположена раздаточная печь. Наиболее рационально размещать раздаточную печь не на одной оси с центром машин, а несколько ближе к рабочему. Расстояние между бортом печи и выступающим краем машины рекомендуется принимать 0,5–0,7 м. Это расстояние равно длине ручки заливочной ложки, что позволяет заливщику набирать сплав не сходя с места, применяя локтевые и кистевые движения рук. Высота зеркала металла при полном тигле должна находиться примерно на уровне приемного отверстия камеры сжатия, т. е. около 0,8–1 м, что соответствует зоне удобной работы по высоте для человека среднего роста (165–170 см) и исключает наклон туловища вперед более чем на 30°.

Пирометрическую установку с приборами располагают таким образом, чтобы рабочему были хорошо видны показания приборов. Между машиной и печью рядом с приемным отверстием машины обычно размещают тару или бункер для сброса пресс-остатков. Тут же, но несколько ближе к рабочему, на подставке устанавливают бачок со смазкой. Справа от рабочего места чаще всего находится ящик для сбора отливок, слева – этажерка для хранения арматуры и инструмента. Арматуру располагают на таком уровне, чтобы рабочий мог доставать ее рукой не нагибаясь. С обеих сторон машины устанавливают щиты, предохраняющие рабочих от возможного разбрызгивания металла из пресс-формы. Аналогичное расположение оборудования целесообразно и для машин, оборудованных дозаторами.

Возможны и другие схемы планировок рабочего места. Если в машине отливаются детали из магниевого сплава, рядом с раздаточной печью помещают печь с жидким флюсом для промывки ковша и ящик с сухим флюсом для припыливания зеркала металла. В таких случаях раздаточную и флюсовую печи объединяют в одну двухместную печь.

На рабочем месте заливщика должны быть предусмотрены следующие оснастка и инструмент:

1. Клещи, применяющиеся для извлечения отливок из пресс-формы. Длина ручки клещей должна быть достаточной для того, чтобы рабочий извлекал отливки не наклоняясь в зону разъема формы. Этими же клещами рабочий сбрасывает пресс-остатки в бункер и устанавливает арматуру. В момент когда рабочий производит заливку металла, не пользуясь клещами, он кладет их на ящик для отливок.

2. Мерная ложка или ковш, служащий для заливки металла в камеру прессования (при отсутствии дозатора). Ручка ковша должна иметь длину около 0,5 м, а объем ковша – быть равен объему металла на отливку плюс пресс-остаток. Когда рабочий не пользуется ковшом, ковш должен лежать на борту печи ручкой к рабочему.

3. Шлакоочиститель для периодической очистки зеркала металла в печи и изложница для слива остатков металла из ковша, которые располагаются около печи.

4. Помазок или пистолет-распылитель и шланг со сжатым воздухом для нанесения разделительного покрытия на плоскости форм и для обдува форм.

5. Фасонная горелка, контур которой приближенно соответствует контуру полости пресс-формы, в тех цехах, где разогрев пресс-форм производится газом. В нерабочем положении горелка лежит на этажерке.

6. Деревянная решетка или помост, устанавливаемые под ноги рабочему. Высота помоста должна позволять регулировать соотношение роста рабочего с высотой заливочного отверстия машины.

Для наиболее полного отражения света и создания эстетических условий труда в цехе верхние части стен, фермы, балки, перекрытия окрашивают в белый цвет, а панели стен высотой 1,5–2 м – в светлые тона. Печи и дозаторы для уменьшения теплоотдачи также окрашивают в белый или серебристый цвет. Подъемно-транспортные сооружения окрашивают в цвета, предупреждающие об опасности, – в красный или оранжевый.

Основные принципы организации труда при литье под давлением – тщательно продуманная система обслуживания рабочего места, применение рациональных методов и приемов труда, полное использование рабочего времени, улучшение санитарно-гигиенических

условий труда, улучшение производственного инструктажа и повышение квалификации рабочих.

Комплекс выполняемых операций на всех машинах одного типа бывает примерно одинаковым. Так, при работе на машинах с вертикальной холодной камерой прессования заливщик производит следующие операции:

- 1) очистка пресс-формы от налипших остатков металла;
- 2) окраска пресс-формы;
- 3) окраска прессующей пары;
- 4) установка арматуры, если это требуется конструкцией детали;
- 5) смыкание матриц;
- 6) набор сплава и заливка его в камеру прессования;
- 7) прессование;
- 8) подъем прессующего поршня и сбрасывание пресс-остатка;
- 9) раскрытие матриц;
- 10) снятие и осмотр отливки.

Затем цикл повторяется. Длительность цикла занимает иногда менее минуты. При таком коротком цикле особенно повышается роль рациональной организации труда, исключающей отвлечение рабочего на непроизводительные операции. Заливщик, работающий на машине, не должен выполнять никаких работ, непосредственно не связанных с заливкой деталей. В этом случае он приобретает определенные навыки, механичность движений, что способствует повышению производительности труда и стабилизации теплового режима формы. Рабочее место должно планомерно и бесперебойно обеспечиваться всем необходимым для работы. Жидкий металл подают к раздаточной печи плавильщика, транспортирование отливок в отделение финишной обработки осуществляют транспортные рабочие, они же производят уборку литников и пресс-остатков. Периодическую проверку отливок выполняет контролер. Установка и наладка пресс-форм производятся наладчиком. Наладчик следит за нормальной работой пресс-форм, в процессе работы выполняет их мелкий ремонт, а также устраняет неполадки и регулирует машины.

Порядок перестановки пресс-форм в машинах зависит от принятой в отделении сменности. При работе в две смены замена пресс-форм производится в третью (нерабочую) смену. При трехсменной работе часть машин, в которых надо заменить формы, останавливают, а после замены форм работа возобновляется.



У извлеченных из пресс-формы горячих отливок питатели и промывник легко отламываются, а у остывших отливок их удалить значительно труднее. Поэтому при литье под давлением часто совмещаются две профессии – заливщик и обрубщик. В механизированных цехах с операцией заливки совмещаются не только удаление литников, но и все операции обрубки отливки. Это снижает трудоемкость, ликвидирует ряд транспортных и погрузочно-разгрузочных работ. Если рабочее время заливщика очень уплотнено или тепловой режим пресс-формы не допускает совмещения операций, операции обрубки могут производить транспортные рабочие. В этом случае совмещаются основная и вспомогательные профессии.

При литье под давлением мелких и средних деталей обслуживание одной машины производится одним рабочим. При отливке крупных деталей обслуживание одной машины можно поручить двум рабочим. Заливщик более высокой квалификации (3–4-й разряд) производит очистку и окраску пресс-формы, снятие и осмотр отливки, его подручный (2–3-й разряд) смазывает поршень, заливает металл в камеру, производит прессование, сбрасывает пресс-остаток. При совмещении операций заливки и обрубки возможен другой вариант: первый рабочий обслуживает литейную машину и пресс для ломки литников, другой обрубает отливки на гидравлическом прессе, производит ручную зачистку и контроль отливок, а также погрузку их на транспортер. Для поддержания высокого темпа работы и снижения утомляемости они меняются местами через каждые два часа.

На очень мощных машинах состав бригады может быть еще больше. Так, при отливке блоков цилиндров автомашин массой около 50 кг бригада заливщиков состоит из пяти человек. Бригадир очищает пресс-форму и производит ее окраску. В обязанности оператора входит наблюдение за показаниями приборов, смыкание матриц и прессование. Третий заливщик производит заливку жидкого металла в дозатор, счищает шлак, следит за температурой металла. Четвертый рабочий вводит каретку механизма съема и извлекает готовую отливку из пресс-формы, устанавливая ее на стол. Пятый рабочий осматривает отливку, пробивает заливки в каналах и отверстиях; отбивает некоторые элементы литниковой системы и откачивает отливку по рольгангу на конвейер. Бригадир имеет 5-й разряд, остальные члены бригады – 4-й [3].

### ***1.2.3. Проектирование и организация отделений финишной обработки отливок при литье под давлением и в кокиль***

После извлечения из пресс-формы или кокиля и последующего охлаждения отливки поступают в отделение финишной обработки.

Кокильные отливки, залитые с применением песчаных стержней, поступают на выбивку. Выбивка стержней из отливок – одна из самых тяжелых операций очистки отливок. Эта работа производится в неблагоприятных условиях пылеобразования, а в случае если отливки недостаточно охлаждены, – теплового излучения. Стержни из песчано-масляных и им подобных смесей удаляют из отливок легким постукиванием молотком. Механизированное удаление стержней достигается применением быстродействующего пневматического молотка, при этом стержневая масса легко высыпается из отверстий.

При применении спекающихся глинистых смесей и при массовом производстве отливок стержни можно удалять или гидравлическим способом, или в выбивных герметических звуконепроницаемых камерах. Такая камера представляет собой стальной сварной короб с двойными стенками. На внутренней стороне приемной двери рабочий закрепляет отливку. При закрывании двери отливка прижимается к бойку и включает пневматическое выбивное устройство на определенное время. После окончания выбивки рабочий открывает дверь и снимает отливку.

Затем кокильные отливки подвергают обрубке и зачистке, удаляют литники и прибыли, а поверхность отливок защищают от облоя и заливов. Эти операции выполняют на обрубном участке. При мелкосерийном и серийном производстве наиболее распространенным способом обрубки является обрезка на ленточной пиле. Вертикальные ленточные пилы позволяют обрезать литники любой формы, поэтому они предпочтительнее горизонтальных пил. Обрезку деталей во избежание повреждения тела отливки или травмирования обрезчика производят в специальных приспособлениях, устанавливаемых на стол. Для облегчения работы обрезчика на отливке должны быть четко намечены границы, отделяющие отливку от прибыли с помощью отличительных знаков (линий или точек). Обрезка ведется строго по маркам сплавов, если же нет возможности устанавливать для каждого сплава свою пилу, то на рабочем месте обрезчика устанавливают ящики для литников каждого сплава. Ящики

различаются специальной окраской или надписями. Рабочее место обрезчика ограждают специальным щитом, так как при обрыве полотна пилы возможно травмирование окружающих. Освещение рабочего места должно быть интенсивным.

В последнее время в цехах с крупносерийным и массовым производством все большее распространение получает обрезка прибылей на станках, уменьшающая долю ручного труда в операции обрезки. Этот способ наиболее распространен при обрезке крупных деталей, имеющих много массивных прибылей. Для установки отливки на станок в первую очередь необходимо удалить литники. В некоторых случаях литники обламывают легкими ударами алюминиевого или деревянного молотка. Лучше всего это делать непосредственно после извлечения отливок из кокиля, так как литники легче обламывать у горячей отливки. Если же по какой-либо причине литники обламывать нельзя, их обрезают пилой, а затем отливку передают на токарный или фрезерный станок для дальнейшей обрезки. Так, например, при изготовлении автомобильных поршней обрезку прибылей производят на многоместных барабанно-фрезерных или вертикально-фрезерных станках.

После обрезки производится зачистка отливок, которая включает две операции:

1) зачистку остатков литников, обля, заливок и заусенцев, получающихся на плоскостях разъема формы, осуществляемую пневматическими зубилами или фрезерованием на станках;

2) зачистку необработываемых поверхностей, заключающуюся в обработке деталей с помощью шарошек, установленных в пневмо- или электродрелях.

Операции зачистки очень трудоемки, поэтому, чтобы исключить получение заливок, обля, заусенцев, важно строго и своевременно наблюдать за состоянием кокильной оснастки и качеством песчаных стержней.

Несмотря на то что отливки, получаемые на машинах литья под давлением, в дальнейшем требуют минимальной механической обработки или могут идти на сборку совершенно без обработки, они после снятия с машины требуют обрезки литников, удаления обля, заусенцев, заливок. В ряде случаев необходима зачистка отдельных поверхностей отливок от литейных дефектов. Так как зачистные работы по сравнению с литейными слабо механизированы и большин-

ство зачистных работ выполняется вручную, трудоемкость зачистки достигает 50–60 % трудоемкости изготовления отливки в целом, а количество рабочих, занятых на зачистке, часто превышает штат заливочного отделения. Для снижения трудоемкости отделочных работ большую роль играет состояние пресс-формы, правильность ее конструкции и эксплуатации, своевременность ремонта. Если плоскости разъема правильно подобраны и хорошо пригнаны друг к другу, а форма не имеет разгара, выступающие части точно сопрягаются, отливка будет требовать минимальной доработки.

При небольших объемах производства зачистку отливок, получаемых на машинах для литья под давлением, можно производить на двусторонних обдирочных станках с помощью установленных на них дисковых напильников, абразивных кругов или накатанных наждаком войлочных пыжей. У каждого станка организуют два рабочих места – с каждой стороны шпинделя. Для установки деталей к станку прикрепляют упорный подручник, высота и угол наклона которого регулируются. На рабочем месте устанавливают два ящика (или две корзины): один с незачищенными отливками – сбоку от рабочего, другой – с зачищенными отливками – за спиной или впереди рабочего. Установка тары сзади рабочего – менее удобный вариант, так как после обработки каждой детали рабочий должен поворачиваться на 180°. Поэтому рациональнее устанавливать тару спереди рабочего, за станком. Обработанная деталь попадает в установленную таким образом тару по склизу, прикрепленному сбоку станка. Тара с незачищенными отливками должна иметь ножки такой высоты, чтобы рабочий мог доставать отливки не нагибаясь.

Тару с отливками транспортируют на рабочее место для зачистки и обратно с помощью электропогрузчиков или по конвейеру.

Большую роль в повышении производительности труда слесаря-обрушника играет правильная организация его рабочего места. На рис. 1.17 изображен специальный одноместный верстак, применяемый при поточном производстве отливок. По желобу 6 в ящик 7 поступают незачищенные отливки. На решетчатом столе 4 укрепляются тиски или пневматическое зажимное приспособление 3. Зачищенные отливки попадают в ящик 2, который по рольгангу 1 транспортируется на контроль. Отходы металла сквозь прорези стола попадают через окно 9. Рабочий инструмент хранится в ящике 8. Отсос пыли осуществляется через вытяжную трубу 5.

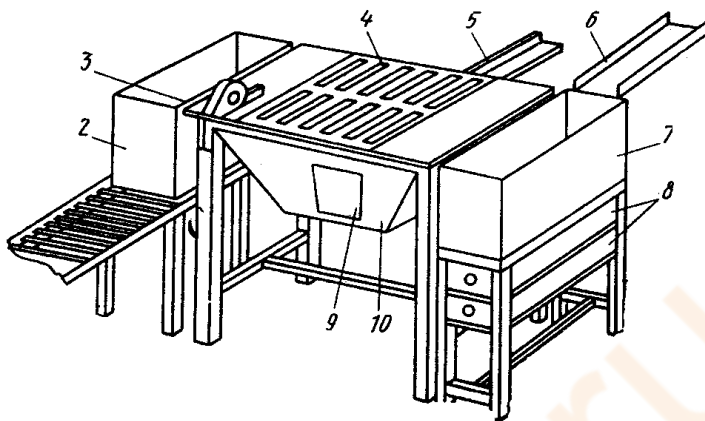


Рис. 1.17. Специальный одноместный обрубной верстак:  
 1 – рольганг; 2 – ящик; 3 – зажимное приспособление; 4 – стол;  
 5 – вытяжная труба; 6 – желоб; 7 – ящик; 8 – ящик; 9 – окно; 10 – бункер

Снижения трудоемкости зачистных работ при литье под давлением можно достичь их механизацией. Первая операция – удаление литников. Боковые литники, а иногда и центровые, как правило, обламывают вручную. В одних случаях эту операцию производит сам литейщик, в других она выполняется на обрубном участке. Толстые литники – боковые и центровые – можно обрезать на токарном станке, на фрезерном станке с дисковой фрезой или ленточной пилой. Эффективно вырубку литников производить в штампах. Одновременно в штампах вырубается облой.

Применение штампов – один из главных резервов механизации. Конструкция обрубных штампов может быть самая различная. У одних штампов отливка после вырубki проваливается через матрицу вниз, в поставленную тару, у других удаляется движением ползуна, у третьих она может сдвигаться струей сжатого воздуха. В некоторых случаях штамп вырубает сразу и наружный и внутренний облой; для сложных отливок применяют двойные (или более) комбинированные штампы, в которых отливка последовательно перекадывается в разные положения. При массовом производстве для обрубki мелких деталей применяют многоместные штампы, обрезающие детали в нескольких плоскостях и одновременно прошивающие отверстия.

Штампы устанавливают на эксцентриковые или кривошипные прессы, а в механизированных цехах – на пневматические или гид-

равлические. Если пресс имеет недостаточную высоту раскрытия и отливки трудно устанавливать и крепить, используют матрицы, скользящие по салазкам. В выдвижную матрицу вставляется деталь, затем матрица задвигается и фиксируется фиксатором. После вырубки матрица с деталью выдвигается обратно. Также в штампах можно производить пробивку заливок в отверстиях.

Процесс обрезки можно сделать полуавтоматическим, если применять прессы. В этом случае рабочий только укладывает отливки, их вырубка и удаление производятся механически. Рабочий может обслуживать несколько таких прессов. В целях безопасности прессы оборудуют двухкнопочным управлением. Для повышения производительности труда проектируются приспособления, позволяющие быстро устанавливать отливку в штамп. Такие приспособления проектируются конструктором одновременно с проектированием пресс-формы.

Механизация обрубных работ при литье под давлением в настоящее время идет в направлении применения гидравлических прессов, совмещенных с литейной машиной. Применение гидравлических прессов вместо кривошипных объясняется тем, что они более мощные и позволяют производить обрубку целого блока из четырех–шести отливок, что очень важно при применении многогнездных пресс-форм. Совмещение прессы с литейной машиной облегчает перевод производства на поток. Обрубной пресс устанавливают рядом с литейной машиной и соединяют с ней коротким рольгангом или транспортером (рис. 1.18).

При таком расположении оборудования литники обламывает рабочий, обслуживающий машину для литья под давлением, а второй рабочий обрубает отливку на прессе. Такая компоновка оборудования целесообразна для машин литья под давлением с усилием запарания свыше 2000 кН.

Отливки, извлеченные из машины, попадают на пресс. Обрубные отливки падают на склиз, а с него направляются на последующие операции. Обрезь проваливается в отверстия на штампе и по другому склизу попадает на транспортер, доставляющий ее в плавильное отделение. Возможен другой вариант удаления отливок из прессы – применение загрузочного устройства, которое снимает отливки, остающиеся в верхней плите штампа, выдвигает их из полости разъема и путем наклона сбрасывает в тару или на транспортер. Во всех этих случаях обрубной пресс работает как полуавтомат.

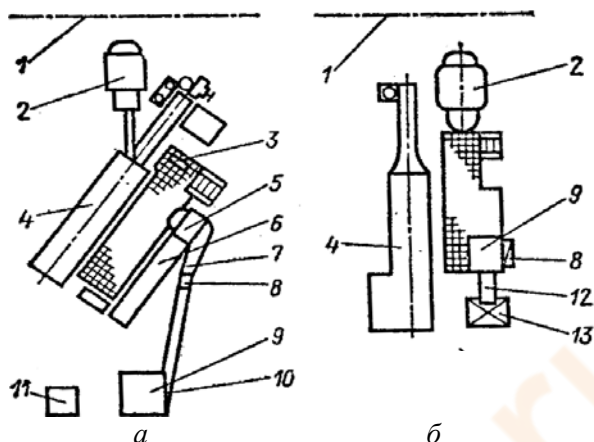


Рис. 1.18. Расстановка комплекса оборудования для литья под давлением:  
*a* – для крупных отливок; *б* – для мелких отливок;

1 – монорельс для тали с жидким металлом; 2 – раздаточная печь (на схеме *a* – с дозатором); 3 – пульт управления дозатором; 4 – машина для литья под давлением; 5 – пресс для ломки литников; 6 – охлаждающий склиз; 7 – склиз для литников; 8 – окно шахты, ведущей к пластинчатому конвейеру для уборки литников и облоя; 9 – обрубной пресс; 10 – склиз для облоя; 11 – стол для контроля отливок; 12 – автоматическое разгрузочное устройство пресса; 13 – короб для отливок

В табл. 1.9 представлена техническая характеристика некоторых моделей обрезных прессов.

Таблица 1.9

### Техническая характеристика обрезных прессов

Параметр	Модель обрезного пресса				
	П16А	П20	К13004	П30	П60
Усилие, кН:					
запирания пресс-формы	До 2500	–	10 000	–	До 20 000
обслуживаемой машины обрезки гидроцилиндров выталкивания обратного хода	160	200	200	300	600
Расстояние, мм:					
между колоннами	530×530	630×630	850×850	–	1200×1000
наибольшее между нижней и подвижной плитами	800	800	950	1000	1200
Ход подвижной траверсы, мм	400	400	600	650	800
Габаритные размеры пресса, мм					
длина	2020	2020	2030	–	3325
ширина	1400	1400	2160	–	2260
высота	2490	2490	4360	–	5000

В табл. 1.10 приведены ориентировочные значения расчетной производительности прессов для обрубки отливок.

Таблица 1.10

Расчетная производительность прессов для обрубки отливок  
в одноместных штампах (отливок в 1 ч)

Масса алюминиевых отливок, кг	Усилие пресса, т		
	10	16	25
0,05	1500	–	–
0,1	1100	–	–
0,2	950	–	–
0,5	–	850	–
0,7	–	650	–
1,0	–	600	–
1,5	–	–	550
2,0	–	–	500

Широкое применение получила очистка мелких отливок путем галтовки сухим или сырым способом. Галтовка – высокопроизводительная операция, требующая незначительной затраты труда. Галтовочные барабаны могут быть легко встроены в поточные линии. Галтовкой можно не только зачищать, но даже полировать детали. Трудоемкость ручной зачистки снижается на 50–90 %.

Суть галтовки заключается в следующем. Отливки загружают во вращающийся барабан, при вращении они трутся друг о друга и о загружаемый вместе с ними абразивный материал, что и обеспечивает очистку их поверхности. Обслуживание галтовочных барабанов несложно и может производиться рабочим низкой квалификации. Время галтовки зависит от массы, конфигурации и материала отливки и колеблется в пределах от получаса до 5–6 ч. Поэтому один рабочий может одновременно обслуживать несколько барабанов или совмещать эту работу с какой-нибудь другой.

Отливки, к поверхности которых предъявляются повышенные требования, подвергаются очистке в пескоструйных камерах путем обдужки мокрым песком, алюминиевыми или чугунными опилками или мелкими шариками. Обдужка производится в герметически закрытых



камерах. Для мелких и средних деталей применяют небольшие камеры с вращающимся столом. Крупные детали обдуваются в камерах большого объема, в которые отливки закатываются на тележках. При поточном производстве камеры делаются проходными.

В отделении финишной обработки иногда организуют участок исправления дефектов на отливках. Если отливка имеет какой-либо дефект, не всегда есть смысл ее браковать. Отдельные дефекты поддаются исправлению зачисткой, заваркой, пропиткой. Исправлению рационально подвергать только крупные и средние отливки; мелкие отливки, изготавливаемые без применения песчаных стержней, дешевле забраковать и отлить вновь.

В отделении финишной обработки производится и термическая обработка отливок. В некоторых цехах для проведения операций термообработки выделяют специальный участок. Отливки из алюминиевых и магниевых сплавов подвергают либо старению, либо закалке с последующим старением, либо только закалке. Для проведения операций термической обработки участок оборудуют печами и ваннами различных конструкций. Печи чаще всего имеют электрический обогрев. Загрузка отливок для термообработки производится или вне печи (когда у печи выдвигной под), или непосредственно в печь (когда под печи оборудован роликами). В последнем случае загрузку производят в корзинах или на поддонах. В небольшие камерные печи отливки загружают вручную или с помощью электротали. В крупные туннельные печи отливки подаются по рольгангу, транспортеру или другими видами транспорта.

Расположение оборудования в отделении финишной обработки проектируется таким образом, чтобы детали двигались с операции без тупиков и возвратного движения. Ширину проходов между оборудованием делают из расчета 1 м на рабочее место. Проезд для транспортера должен иметь ширину не менее 2 м при движении в одном направлении и не менее 3 м при движении транспортера в двух направлениях [3].

Проектирование операций выбивки, извлечения из формы, обрезки, очистки, обрубки, зачистке, химической обработки отливок из цветных сплавов также может осуществляться на основе данных работы [31, с. 429–469].

Информация по печам для термообработки алюминиевых сплавов содержится в работе [32, с. 171].

Расчет оборудования термообрубных отделений осуществляется по методике, приведенной в работе [36, с. 45–55], складов шихтовых материалов – [36, с. 55–66].

#### ***1.2.4. Организация транспортирования отливок в цехах литья под давлением и в кокиль***

В небольших цехах транспортирование отливок осуществляется на ручных тележках. Этот вид транспорта малопроизводителен и требует большого количества транспортных рабочих. Механизация транспортирования отливок осуществляется двумя путями: перевозкой деталей на электрокарах или применением непрерывного транспорта – конвейера. Внедрение конвейеров не только механизмирует операцию транспортирования отливок, но также способствует комплексной механизации цеха, так как предусматривает движение отливок от литейных машин и кокильных установок в отделение финишной обработки и по этому отделению с операции на операцию. Конвейер создает ритмичность производства, так как в его ритме должны работать машины для литья под давлением, кокильные установки, обрубные штампы, станки для обрезки и зачистки деталей. В результате снижается цикл производства, увеличивается производительность труда, увеличивается съём отливок с 1 м<sup>2</sup> заливочной площади. Применение конвейеров повышает качество отливок, устраняет их повреждения при транспортировании, облегчает управление технологическими процессами в связи с возможностью своевременно и оперативно изменить режим, облегчает условия труда.

Конвейерное производство требует четкого оперативного планирования, оно выявляет слабые места и требует полной согласованности в работе всех участков.

Конвейер – это не только способ транспортирования, но и место для хранения отливок, он позволяет освободить площадь пола от отливок, загромождающих ее. На конвейерах можно иметь любой необходимый запас отливок. Это гарантирует производство от простоя оборудования, если по каким-либо причинам одна из машин выходит из строя.

При наличии трехсменного запаса отливок на конвейере можно регулировать сменность работ отделения финишной обработки (одна, две или три смены).

При конвейерном производстве важную роль приобретает рациональная организация его обслуживания. Задержка в доставке металла к раздаточным печам и машинам может вызвать остановку конвейера. Установку пресс-форм и кокилей, их наладку, регулирование и мелкий ремонт необходимо производить в нерабочую смену.

Особое внимание следует обращать на строжайшее соблюдение технологической дисциплины. Малейшее отклонение от установленного технологического процесса может привести к массовому браку. Поэтому при конвейерном производстве особенно важно строго соблюдать технологические параметры – температуру металла и формы, время заливки и выдержки, скорость прессования, удельное давление.

Конвейер может быть непрерывным или пульсирующим. Наиболее прогрессивным является применение непрерывных конвейеров. Работа непрерывных конвейеров способствует повышению производительности труда, так как ритм конвейера задается исходя из показателей работы наиболее передовых рабочих.

Наибольшее распространение получили подвесные конвейеры, когда отливки подвешиваются на специальных подвесках. Мелкие отливки транспортируются на конвейере в подвесных металлических корзинах и ящиках. Ящики могут автоматически опрокидываться в нужных местах, например у прессов и обрезных станков, у термических печей, на контрольных пунктах.

Конвейер обычно проходит вдоль задней линии рабочего места на расстоянии вытянутой руки рабочего. Если конвейер проходит вдоль передней линии, он должен быть расположен на большой высоте и у каждого рабочего места опускаться вниз, чтобы оператор мог повесить или положить отливку.

Мелкие детали поступают на конвейер из промежуточной тары, в которую они скатываются с машин или кокилей по склизу или транспортеру.

Выталкиваемые из пресс-формы или кокилей отливки имеют высокую температуру. Если отливки сразу после выталкивания поступают на обрезной пресс или станок, их предварительно охлаждают. Для этого конвейер пропускают через охладитель туннельного типа, в котором охлаждение отливок производится разбрызгиванием воды или подачей сжатого воздуха. Обрезные отливки направляются по конвейеру для дальнейшей обработки.

Если отделение финишной обработки находится в другом помещении, транспортировать отливки конвейером особенно удобно. Конвейер в этом случае размещают под крышей или в подвале цеха. Поточное производство легче всего организовать при массовом изготовлении отливок одной номенклатуры. В этом случае в одну линию устанавливают литейную машину или кокиль, пресс для обрубки и все зачистные станки. Однако однономенклатурное производство встречается довольно редко. Если же на поток переводится многономенклатурное производство, то прямоточный принцип планировки осуществляется иначе (рис. 1.19).

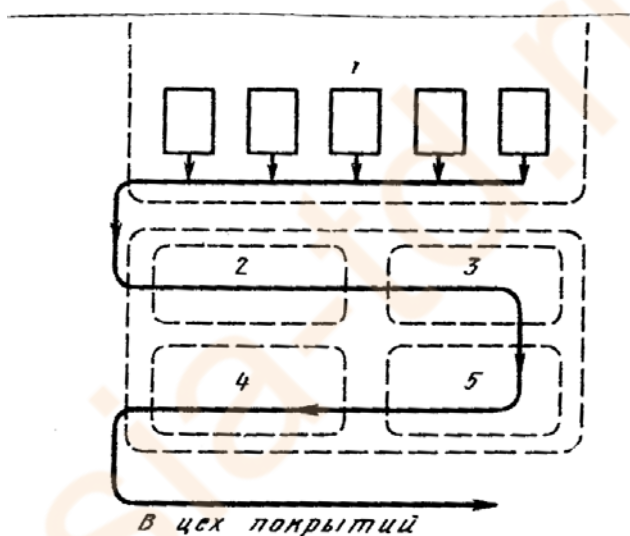


Рис. 1.19 Прямоточный принцип планировки:

- 1 – литейный участок; 2 – обрезка отливок; 3 – прошивка отверстий;  
4 – сверление отверстий; 5 – другие операции механической обработки

Все отливки, снятые с машины или кокиля, навешиваются на непрерывный конвейер в том порядке, в каком рабочие снимают их с машины. Детали по этому конвейеру попадают на участок обрезки. У каждого обрезного прессы или станка снимается отливка такого наименования, на которое он отлажен. После обрезки деталь снова попадает на конвейер и проходит все дальнейшие операции, а затем транспортируется на контроль и упаковку.

В одном цехе может быть несколько поточных линий, например для группы мелких или средних отливок и т. д. [3].

### ***1.2.5. Организация ремонта в цехах литья под давлением и в кокиль***

Правильная организация ремонтной службы – залог работоспособности оборудования и получения качественных отливок. Оборудование литейных цехов работает в неблагоприятных условиях, так как в воздухе содержится большое количество пыли, дыма, газов.

Машины для литья под давлением работают в еще более неблагоприятных условиях. Это объясняется периодически повторяющимся движением рабочей жидкости в моменты прессования, которое приводит к сильному износу машин.

Система планово-предупредительного ремонта машин для литья под давлением и в кокиль должна строиться следующим образом:

- межремонтное обслуживание;
- периодические осмотры и проверки;
- плановые ремонты – текущий, средний, капитальный.

***Межремонтное обслуживание*** должно осуществляться дежурными ремонтными рабочими (наладчиками, слесарями, смазчиками, электриками). Дежурный ремонтный рабочий следит за правильной эксплуатацией оборудования, а также устраняет мелкие неполадки и дефекты. За каждым дежурным рабочим закрепляется определенное оборудование.

***Периодические осмотры и плановые проверки литейных машин*** заключаются во внешнем осмотре машины, смазке, проверке действия отдельных ее частей и частичной разборке и замене отдельных деталей. В процессе осмотров составляются опись дефектов и эскизы деталей, подлежащих замене при плановых ремонтах. Осмотры и проверки должны осуществляться ремонтными рабочими службы механика. Осмотры следует производить в нерабочее время и в выходные дни.

***Первый плановый ремонт*** – малый или текущий – основной вид ремонта. Во время этого ремонта производится разборка тех узлов, которые подвержены наибольшему износу, заменяются изношенные детали и выявляются дефекты, подлежащие устранению при сред-

нем и капитальном ремонте. Малый ремонт, так же как и осмотры, следует производить в нерабочее время и в выходные дни.

**Второй плановый ремонт** – средний – включает в себя выполнение всех работ первого ремонта с заменой изношенных деталей путем частичной разборки оборудования без снятия его с фундамента. Средний ремонт производится в рабочее время.

**Третий плановый ремонт** – капитальный – включает в себя все работы первого и второго плановых ремонтов, а также предусматривает полную разборку машин, установок и насосов, в том числе снятие с фундамента и замену всех изношенных деталей.

Первый и второй ремонты могут выполняться в цеховой ремонтной мастерской, а капитальный ремонт может производиться ремонтным цехом или отделом главного механика. После капитального ремонта машину принимают механик цеха, представитель ремонтного цеха и представитель ОТК.

Между двумя капитальными ремонтами имеется восемь чередований ремонтов, не считая осмотров:

$$\begin{aligned} & \text{К} - \text{О} - \text{М} - \text{О} - \text{М} - \text{О} - \text{С} - \text{О} - \text{М} - \text{О} - \\ & - \text{М} - \text{О} - \text{С} - \text{О} - \text{М} - \text{О} - \text{М} - \text{О} - \text{К}, \end{aligned}$$

где К – капитальный ремонт;

О – осмотры;

М – малый ремонт;

С – средний ремонт.

Обслуживание и ремонт кокильных машин и машин для литья под давлением должны осуществлять квалифицированные слесари не ниже 3-го разряда. Слесари работают под руководством неосвобожденного бригадира, имеющего квалификацию на один-два разряда выше других слесарей. Все слесари, как дежурные, так и ремонтные, находятся в ведении механика цеха.

В связи с тем что большинство предприятий работает с максимальной загрузкой литейных машин, очень важно проводить ремонт в сжатые сроки с максимальной производительностью. Для этого нужно стремиться к максимальной механизации ремонтных работ. Разборка и сборка литейных машин связана с большим количеством подъемно-транспортных работ, поэтому в отделении должны быть

установлены кран-балка или кран-укосина. Ремонтная группа должна быть оснащена необходимым оборудованием. Группа подготавливает запасные части для предстоящего ремонта, она всегда должна иметь наготове определенное количество запасных частей.

На каждый тип литейной машины имеется альбом чертежей. Если такого альбома нет, то он может быть выполнен путем эскизирования деталей в процессе осмотров и ремонтов.

Чтобы сократить время ремонтов, к ним необходимо тщательно готовиться, а сами ремонты проводить с максимальной интенсивностью.

Ремонт оснастки (кокилей и пресс-форм) может осуществляться как модельным или инструментальным цехом завода, так и соответствующей группой или участком литейного цеха.

В процессе эксплуатации пресс-форм и кокилей в паспорт необходимо записывать все неполадки оснастки, чтобы устранить их при ремонте. После выполнения заказа или месячной программы последние отливки, снятые с формы, замеряют в ОТК. Если по результатам замера имеют место отклонения, их также записывают в паспорт.

Текущий осмотр и проверку формы необходимо производить после снятия ее с машины или станка перед отправкой на склад. Форму очищают от брызг металла, ржавчины, остатков краски. Проверяют комплектность всех частей формы, прочищают вентиляционные каналы, производят смазку частей формы. В таком виде форма сдается на склад.

Если в форме имеются неисправности, производят ее текущий ремонт. При текущем ремонте форму разбирают, рабочие полости и плоскости разъема очищают до металлического блеска, удаляют все шероховатости, заусенцы и забоины. Все части промывают керосином. Вентиляционные каналы продувают сжатым воздухом. После этого форму собирают, смазывают и передают на склад.

Если в форме имеются более значительные дефекты, производят ее средний ремонт. При этом виде ремонта кроме перечисленных выше работ производят механическую обработку рабочих гнезд (если этого требует геометрия отливки) и шлифование плоскостей разъема.

Если в форме будут замечены большие повреждения или резко выраженные искажения в геометрии рабочих полостей, ремонт ее может оказаться нерентабельным и форму заменяют новой. При запуске формы в работу после ремонта необходимо проверить несколько первых отливок по тем размерам, которые оформлялись

заменными частями. Обо всех ремонтах формы делается соответствующая запись в ее паспорте. Ремонт формы должен осуществляться квалифицированными слесарями-инструментальщиками четвертого–пятого разряда [3].

### *1.2.6. Организация технического контроля*

Вопросы качества в литейном производстве играют большую роль. От качества литых деталей зависят надежность и долговечность изделий, а также экономичность каждого технологического процесса. Несмотря на то, что вопросы литейной технологии довольно хорошо изучены и освоены, в отдельных областях литейного производства доля брака еще велика. Брак приводит к перерасходу материала, рабочего времени, топлива, снижает производительность труда. Браком в литейном производстве считают отливки, которые по своему качеству не соответствуют требованиям чертежа, государственных стандартов или технических условий. В зависимости от характера имеющихся дефектов брак бывает исправимым или окончательным.

Брак может быть обнаружен как в литейном, так и в механическом цехе и даже на сборке. В этом случае убытки от брака еще более возрастают, так как к убыткам литейного цеха прибавляются стоимость механической обработки и потери металла на стружку.

Для повышения качества отливок, снижения количества брака, выявления его в начальных стадиях технологического процесса в литейных цехах организуют службу технического контроля. При рациональной организации службы контроля ее функции сводятся не только к пассивному выявлению бракованных деталей, но и к активному предупреждению возможности возникновения брака, к повышению качества отливок, уменьшению числа исправляемых дефектов в отливках.

Технический контроль в литейном цехе осуществляется на всех производственных и некоторых вспомогательных участках и охватывает все этапы технологического процесса. Основные виды контроля – профилактический и оперативно-исполнительный.

К профилактическому или входному контролю относится контроль подготовки производства. Он заключается в проверке исходных материалов и литейной оснастки.



**Контроль исходных материалов.** Этому виду контроля подвергают все материалы, участвующие в технологическом процессе, – металлы, сплавы, лигатуры, все составляющие красок, паст, смазок стержневых материалов и т. п. Все поступающие на завод материалы должны иметь сертификаты. Если же по каким-либо причинам сертификат отсутствует, материал проверяют в соответствующей лаборатории завода, и только после получения удовлетворительных результатов он может быть запущен в производство.

**Контроль оснастки.** Контроль новой оснастки (кокилей, пресс-форм, шаблонов, калибров) производят в процессе ее доводки путем замеров оснастки и разметки нескольких отливок, изготовленных на ней. Все отклонения фиксируют в паспорте пресс-формы или кокиля и в случае необходимости исправляют. В процессе работы оснастку также периодически контролируют путем осмотров, разметки деталей, а особо ответственные пресс-формы проверяют в центральной измерительной лаборатории по специальному графику. Оснастка, прошедшая ремонт, проходит контроль так же, как и вновь изготовленная.

К оперативно-исполнительному контролю относится контроль хода и результатов производства.

**Контроль операций технологического процесса.** Контроль качества жидкого металла заключается в проверке соответствия его химического состава техническим условиям, отсутствия инородных примесей (шлака, газов и т. д.), а также температурных режимов плавки и заливки. В первую очередь контролируют правильность составления шихты. Химический состав сплава определяют в химической или спектральной лаборатории путем анализа проб металла, взятых из печей. Структуру сплава и механические свойства контролируют на специальных отдельно отлитых образцах. Периодичность этих видов проверки зависит от требований технических условий, масштабов производства, вида и емкости печей, вида шихтовых материалов (готовые сплавы или чистые металлы). Контроль температурного режима систематически осуществляют при плавке металла, его разливке по раздаточным печам и заливке в формы.

Для сложных в производстве отливок определяют те операции технологического процесса, в которых имеется наибольшая опасность появления брака. Эти операции подвергают систематическому контролю.

**Контроль отливок.** Этот вид контроля осуществляют как путем визуального внешнего осмотра, так и специальными методами, служащими для выявления скрытых дефектов. Визуальный контроль проводится два раза – первый раз отливки осматривают с литниками и прибылями после их извлечения из формы на рабочем месте или на специальной площадке. Второй раз отливки осматривают после их обрезки и зачистки. При больших объемах производства второй визуальный контроль может быть совмещен с окончательным контролем.

При внешнем осмотре контролируют чистоту поверхности и отсутствие видимых невооруженным глазом дефектов. Иногда в соответствии с требованиями технологии выявление внешних дефектов производят с помощью проникающей жидкости, делающей дефекты хорошо заметными. Контроль размеров при необходимости производят с помощью накладных шаблонов, калибров или специальных приспособлений. Имеется ряд методов выявления скрытых дефектов. Плотность отливок проверяется рентгеновским просвечиванием. Наиболее распространенным методом выявления трещин является испытание с помощью флюоресцирующих жидкостей. Твердость отливок проверяется с помощью специального прибора.

Как правило, 100%-й контроль отливок по внешнему виду, геометрии или на скрытые дефекты необходим только для самых ответственных деталей. Менее ответственные детали проверяют выборочно – 5–10 % отливок из партии.

Окончательный контроль отливок производится контролером перед отправкой деталей на механическую обработку или сдачей их заказчику. При окончательном контроле проверяют соответствие отливок всем требованиям чертежа, технических условий или стандартов. Окончательному контролю подвергается 100 % отливок. После приемки детали контролер ставит на ней свое клеймо, свидетельствующее о годности отливки.

В функции контроля входит не только выявление получившегося при литье брака, но и предупреждение возможности его проявления. Одним из методов предупреждения брака является статистический контроль. Он заключается в том, что периодически производят замеры и наблюдения, а их результаты заносят в специальный график-карту. Выявление на графике тенденции к возникновению брака сигнализирует о том, что в ходе технологического процесса что-

то неблагоприятно и требуется принять определенные меры. С помощью статистического контроля можно следить за химическим составом сплавов и рядом других параметров. Так, например, статистическим контролем можно предотвратить появление пористости в отливках, изготавливаемых литьем под давлением.

Простейшим способом выявления пористости является взвешивание. Если известно, сколько весит плотная отливка, то уменьшение ее массы свидетельствует о том, что режим работы литейной машины нарушен (снижено удельное давление на металл). Проверка массы отливок производится выборочно в размере 10–15 % партии изготовленных за определенное время деталей.

Объем контрольных операций в литейном цехе, направленных на улучшение качества продукции, профилактику и устранение брака, очень велик. Производить все контрольные операции силами специальных контролеров сложно даже в самых крупных цехах, так как аппарат бюро технического контроля (БТК) в этом случае будет очень громоздким. В связи с этим большое значение приобретает правильное распределение обязанностей и ответственности за качество отливок и снижение брака между производственным персоналом и работниками службы технического контроля. Вопрос о целесообразности проведения отдельных контрольных операций штатными контролерами решается с учетом масштабов производства и конкретных условий работы.

Если общая загрузка производственных рабочих и других исполнителей позволяет возложить на них выполнение ряда контрольных операций, штатный контролер не вводится. Профилактический контроль и контроль части операций технологического процесса осуществляются силами непосредственных исполнителей, бригадиров, мастеров, а со стороны БТК производится периодическая проверка выполнения технологического процесса. Контроль состава шихты осуществляется мастером или бригадиром. За химическим составом в крупных цехах следит контролер, в небольших – бригадир или мастер. Контроль температурного режима осуществляет пирометрист.

Первый контроль в цехах с большим объемом производства осуществляет контролер, а в цехах с небольшим объемом – бригадир или сам рабочий. Окончательный контроль всегда производится контролерами. Весь производственный персонал литейного цеха – рабочие, наладчики, мастера, технологи и другие работники – на-

равне с контролерами несут ответственность за качество отливок и соблюдение технологического процесса.

Квалификация контролеров обычно на один-два разряда выше квалификации тех рабочих, чью продукцию они проверяют. Особенно высокие требования к квалификации предъявляются при окончательном контроле.

От работоспособности контролеров во многом зависит качество выпускаемой продукции, поэтому организации рабочего места контролера должно быть уделено такое же внимание, как и рабочему месту производственника. Расположение контрольных точек зависит от объема производства, его организации и специфики. Они могут располагаться на участках литья в кокиль, под давлением, финишной обработки. Окончательный контроль производится на контрольной площадке или в помещении БТК. При массовом производстве контрольные точки можно располагать у конвейерной линии. Структура БТК зависит от объема производства. При крупных масштабах производства БТК состоит из начальника, сменных контрольных мастеров и контролеров. При небольших масштабах производства сменные мастера могут отсутствовать, а при мелкосерийном весь штат может состоять из одних контролеров, находящихся в ведении начальника ОТК завода.

После окончательного контроля на все годные отливки оформляются сопроводительные документы, затем отливки передают или на склад, или непосредственно в механический цех. Отливки, дефекты которых можно исправить, передают на исправление, а отливки, представляющие окончательный брак, оформляют соответствующими картами брака, согласно которым производится учет брака, расчет убытков и удержание их с виновных.

Брак учитывается за каждые сутки нарастающим итогом с начала месяца в натуральном исчислении. В конце месяца составляют сводку, в которой по каждому наименованию указывают количество забракованных деталей с подразделением на виды и причины брака и его виновников. Отдельно в сводке отмечают брак, предъявленный механическими цехами.

Брак в сводке также подразделяется по участкам и отделениям, где он возник. На основании сводки технологи ежемесячно производят анализ брака, высчитывая процент брака по каждой детали. По деталям, особенно подверженным браку, анализ проводят каждую декаду.

Все забракованные детали сосредотачивают на специальной площадке или в изоляторе брака. Там их хранят до момента оформления брака, а также до предъявления его виновникам. Бракованные детали ежедневно просматриваются мастерами и технологами. После этого забракованные детали поступают в переплав в соответствии с марками материала.

Руководствуясь картами брака, бухгалтерия производит расчет удержаний с виновников. Большое значение для снижения брака имеет инструктаж, воспитание ответственности за доброкачественное выполнение операции и строгое соблюдение технологической дисциплины [3].

### ***1.2.7. Техника безопасности и охрана труда***

*Техника безопасности* – это комплекс технических и организационных мероприятий, направленных на обеспечение безопасных условий труда. При литье в кокиль и под давлением необходимо руководствоваться «Правилами техники безопасности и производственной санитарии в литейном производстве машиностроительной промышленности».

На участках приготовления сплавов, заливки металла в кокиль и в машины для литья под давлением происходит интенсивное выделение тепла. Температура воздуха в этих отделениях бывает довольно высокая, что делает условия труда тяжелыми и неблагоприятно отражается на здоровье рабочих.

Для уменьшения тепловыделения необходимо принимать ряд мер. Над печами для приготовления сплавов и раздаточными печами следует устанавливать вытяжные зонты. Печи должны иметь теплоизолирующие стенки, а каждое рабочее место быть оборудовано индивидуальной приточной вентиляцией в виде воздушных души. Индивидуальную вентиляцию рекомендуется сочетать с эффективной общеобменной вентиляцией.

На некоторых операциях производственного процесса выделяются значительные количества пыли. К числу этих операций относятся изготовление и выбивка песчаных стержней, галтовка, очистка. Для уменьшения запыленности воздуха в цехе эти операции следует производить в отдельных помещениях с мощной вытяжной вентиляцией. Над галтовочными барабанами должны быть установ-

лены вытяжные зонты. Крышки барабанов во время работы прочно завинчиваются.

Наилучшим способом галтовки с точки зрения условий труда является гидроабразивная галтовка. Пескоструйный способ очистки отливок с технологической точки зрения – один из лучших, но из-за большого пылеобразования он повсеместно заменен другими видами очистки – дробеструйной, гидроабразивной и т. п.

В литейном цехе возможны случаи производственного травматизма, если не соблюдаются правила техники безопасности. Изучение правил техники безопасности – первая обязанность рабочего. К работе допускаются только те лица, которые прошли медицинское освидетельствование и инструктаж по технике безопасности. В процессе работы мастер периодически проводит инструктаж рабочих по правилам безопасности работы.

Рабочим в литейных цехах выдают за счет предприятия спецодежду и предохранительные приспособления.

Перед началом смены рабочий должен надеть спецодежду. Брюки у плавильщиков и заливщиков должны быть надеты поверх валенок или ботинок, а не заправлены в них. Рукава куртки надо застегивать у кисти, а волосы убирать под головной убор. Обязательным является ношение защитных очков. При работе около печи или машины для литья под давлением или в кокили обязательно нужно надевать брезентовые рукавицы.

Средства, используемые для переноски ковшей с металлом, должны периодически осматриваться и ремонтироваться. Не разрешается переносить ковши и тигли в рогачах или носилках, имеющих диаметр больший, чем у ковша или тигля, с применением всякого рода закладок. Заливать металл во влажную форму или кокиль запрещается во избежание выброса металла. Весь инструмент и оснастку перед началом работы необходимо подогреть. В случае применения электроподогрева нагревательные приспособления, расположенные внутри формы, должны иметь напряжение не выше 22 В. Кокильные установки, машины для литья под давлением и плавильные печи надо обязательно заземлять. Все открытые движущиеся части литейных машин, прессов и другого оборудования следует ограждать. Пусковые кнопки электродвигателей необходимо располагать таким образом, чтобы рабочий при необходимости мог быст-

ро выключить оборудование. Они не должны быть утоплены, так как оператор работает в рукавицах.

Наждачные камни, применяемые при зачистке, перед работой следует проверить на прочность, отбалансировать и тщательно закрепить на шпинделях.

Рабочие места не должны быть загромождены отливками и отходами производства. Проезды и проходы необходимо держать свободными. Все подъемно-транспортное оборудование должно периодически испытываться и своевременно исправляться.

Очень велико значение выполнения правил техники безопасности при работе с магниевыми сплавами. Печи для этих сплавов надо располагать около наружных стен помещения, имеющих запасной выход. Подход к печам должен быть со всех четырех сторон. Необходимо исключить возможность попадания влаги или другой жидкости в металл. Печь защищают стальным листовым кожухом с открывающейся дверцей. Все виды работ с жидким магнием следует производить с обязательным применением защитных флюсов. Помещения, в которых происходят опилка и зачистка магниевых сплавов, сопровождающиеся выделением магниевой пыли, необходимо изолировать и снабжать мощной вентиляцией.

Особое внимание следует уделять технике безопасности при литье под давлением. Работа обслуживающего персонала на машинах для литья под давлением допускается только при их полной исправности. Одной из опасных зон машины является разъем пресс-формы. Для предохранения оператора от случайного попадания в разъем при смыкании матриц следует устанавливать блокирующие устройства. Смыкание формы становится возможным только после того, как оператор закончит обслуживание формы и на пульте управления нажмет кнопку, снимающую блокировку. В связи с тем что в процессе прессования при неплотном смыкании матриц возможен выброс металла, для защиты оператора на формодержателе или одной из полуформ должен быть установлен предохранительный щиток.

Заливщик должен производить работу в защитных очках, а в момент прессования отворачивать лицо или закрывать глаза тыльной стороной руки. Между машинами должны быть установлены стационарные щиты из фанеры или листовой стали высотой не менее 2 м, перекрывающие зону, противоположную рабочему месту.

Серьезную в пожарном отношении опасность представляет гидрорыв, если рабочей жидкостью является легковоспламеняющееся минеральное масло. В настоящее время при литье под давлением минеральное масло заменяют негорючими органическими жидкостями.

Большую роль в организации безопасности работы играет наглядная агитация. В отделениях, на участках необходимо вывешивать плакаты, лозунги, щиты, на которых должны быть изображены безопасные методы работы.

Ответственность за соблюдение безопасности в работе несут старший мастер отделения или участка и начальник цеха [3].

### **1.3. Примеры планировок участков и цехов литья под высоким давлением**

Ниже описаны некоторые цехи с типичными проектными решениями по данным работы [33].

**Цехи массового производства небольшой номенклатуры алюминиевых отливок.** Литейный цех Уфимского моторостроительного ПО рассчитан на выпуск в год около 20 тыс. т алюминиевых отливок литьем под давлением и в кокиль. Литьем под давлением получают тринадцать наименований деталей, а литьем в кокиль – четыре. В цехе установлены машины ЛПД фирмы Wotan (ФРГ) модели ДМКН-2000 (14 шт.), модели ДМКН-1100 (11 шт.), модели ДМКН-900 (8 шт.) и модели ДМКН-700 (3 шт.), а также машины фирмы Vihorlat Snina (ЧССР) модели СОО-400/36 (11 шт.) и модели СОО-250/16 (1 шт.), 10 полуавтоматических кокильных установок модели ФМ-1 фирмы Fata (Италия) для литья поршней и 16 кокильных станков для литья блоков цилиндров.

Цех представляет собой одноэтажное шестипролетное (по 24 м) здание прямоугольной формы с размерами в плане 81 × 144 м (рис. 1.20). Административно-бытовой корпус площадью 86 тыс. м<sup>2</sup> размещен отдельно от цеха и связан с ним двумя подземными галереями. Общая площадь цеха 40 500 м<sup>2</sup>, в том числе производственная 18 500 м<sup>2</sup>. Цех оснащен 12 мостовыми кранами грузоподъемностью 1,0–20,0 т и 14 монорельсами.



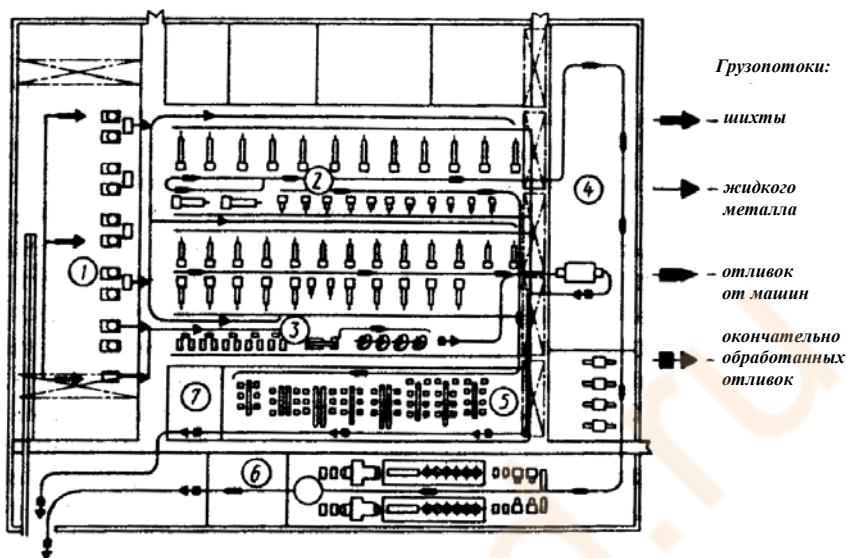


Рис. 1.20. Схема цеха по производству средних и крупных отливок:  
 1 – плавильное отделение; 2 – отделение литья под давлением; 3 – отделение литья в кокиль; 4 – отделение обрубки отливок блока цилиндров; 5 – отделение обрубки остальных отливок; 6, 7 – участки контроля

Шихтовые материалы разгружаются из железнодорожных вагонов и укладываются в штабеля на пол шихтового участка отделения первого цеха. Возврат собственного производства (литники, промывники) из отделений обрубки отливок блока цилиндров 4 и обрубки остальных отливок 5 должен проваливаться через окна в нижней траверсе прессов на склизы и поступать на пластинчатый конвейер подвального помещения с последующим выходом в плавильное отделение. С пластинчатого конвейера через управляемый двухрядный загрузочный лоток возврат направляется в контейнер весового устройства. После заполнения контейнер с возвратом взвешивается, а затем подается на расположенный рядом склад. Расход свежих шихтовых материалов при плавке составляет 60 %, остальное – возврат. В цехе используются два сплава: АК8М – для литья под давлением (отделение 2), АК12ММгН – для литья в кокиль (отделение 3).

Применение сплава АК8М позволило получить отливки повышенной герметичности, которая проверяется в отделении контроля 6. Кроме того, в связи с применением этого сплава для остальной номен-

клатуры отливок отпала необходимость в термообработке. Производство отливок поршней сосредоточено в отделении 3 и в потоке с полным циклом производства, исключая смешивание сплавов.

Плавильное отделение 1 оснащено восемью индукционными печами (вместимость 6 т) промышленной частоты модели ИАТ-6М2 для приготовления сплава АК8М, печами модели ИАТ-2 и 5М1 – для приготовления сплава АК12ММгН. Для контроля химического состава пробы из плавильного отделения доставляют в экспресс-лабораторию цеха пневмопочтой. Контроль осуществляется на спектрографе ДФС-10.

Каждая пара плавильных печей обслуживается наклонным электромиксером вместимостью 5,5 т. Сплав из плавильной печи в миксер переливается по специальному желобу. После выстаивания в миксере расплав при температуре 740–750 °С переливается в подогретый до 400–450 °С поворотный ковш вместимостью 400 кг, установленный на электропогрузчике ЭМ-202, который транспортирует металл и разливают его по раздаточным печам. Комплексное рафинирование сплава проводится в ковше при температуре сплава 720–730 °С таблетками гексахлорэтана и порошковым флюсом МХЗ. В описываемом цехе создан автоматический робототехнический комплекс. В его состав входят: машина модели СL00-400/36, дозатор модели МДН-6А, промышленный робот «Циклон-5» с устройством циклового программного управления УЦМ-30, система автоматического смазывания пресс-формы и пресс-поршня, пресс модели К 13004 для обрубки литниковой системы. Обрубной пресс с механизированным лотком принимает обрубленную отливку и сбрасывает ее в тару. Между прессом и машиной расположен робот с поворотной рукой, на одном конце которой находится захват для съема отливки и укладки ее в пресс, а на другом – форсунки смазывающей системы. Схема управления комплексом позволяет отливать детали как с участием робота, так и без него (при отладке формы или ее разогреве). Возможно также управление роботом и смазывающей системой с центрального пульта управления.

Для смазывания формы применяют устройство с автоматическими форсунками, вводящимися роботом между полуформами. В этом случае порядок работы комплекса следующий: при поступлении команды с УПЦ-30 в действие приводится система автоматического смазывания формы; после получения ответа об окончании смазыва-

ния командой с УЦМ-30 начинается цикл работы машины модели CL00-400/36, в который входит автоматический цикл работы дозатора модели МДК-6А. После окончания запрессовки металла и получения ответа об открытии формы командами с УЦМ-30 управляется робот, который производит захват отливки, ее съем с пресс-формы, вынос из разъема пресс-формы и укладку в пресс. При повороте руки робота от литейной машины системой проходных концевых выключателей контролируются наличие отливки в хвате руки и ее целостность. При возврате пресс-поршня в исходное положение приводится в действие его смазывающая система. В цехе работает свыше 50 дозирующих установок типа МДН. Полученный существенный экономический эффект от их использования составил более 1 млн руб. в год благодаря уменьшению безвозвратных потерь металла, расхода электроэнергии, вспомогательных материалов, запасных частей, общей трудоемкости и повышению производительности труда. Затраты при внедрении установок типа МДН взамен ручной заливки увеличиваются, а при замене ковшовых дозаторов уменьшаются.

В цехе предусмотрен участок для заварки дефектов. Имеется участок ремонта пресс-форм и их складирования.

В корпусе цветного литья КамАЗа предусмотрено изготовление отливок 80 наименований (средняя масса 0,64 кг, максимальная 7,2 кг) из сплава АК9ч с годовой производительностью 13,5 тыс. т. Характерная особенность этого производства – использование АК, частично рассмотренных выше. Они включают раздаточную печь, ковшовый дозатор, машину с усилием запаривания 11 000, 7000 или 4000 кН; манипулятор для извлечения отливок из полости формы и подачи ее в бак с водой, пластинчатый конвейер для подачи отливок к гидропрессу усилием 300 кН, предназначенному для обрезки облоя и литниковой системы, устройство для автоматического смазывания формы и пресс-поршня; контактное устройство для контроля за извлечением отливки из полости формы, шкафы управления.

Для обеспечения надежности работы комплекса в автоматическом режиме и постоянства технологических параметров каждый АК снабжен электронной измерительной системой, которая контролирует все технологические режимы изготовления отливок.

Заливка металла из раздаточной печи в камеру прессования осуществляется механическим дозатором. Набор металла ведется через нижнее отверстие в ковше из глубины ванны, поэтому оксидные

плены и шлаковые включения, находящиеся на поверхности металла, не попадают в раздаточный ковш.

Обрезка литников и облоя на стыке стержней ведется в штампе на гидропрессе. Загрузка осуществляется рабочим, а выгрузка отливок и скрапа автоматизирована: скрап по ленточному конвейеру, расположенному под полом цеха, поступает непосредственно к плавильным печам, а отливки – в сборную тару. Остатки заусенцев и облоя удаляются в дробебетных камерах и барабанах. Это позволяет ликвидировать участок ручной зачистки отливок.

Высокая производительность труда достигается за счет непрерывности технологического цикла, высокая эффективность производства – благодаря применению усовершенствованной системы управления (с использованием ЭВМ), планирования и организации производства.

Отличительная особенность цветно-литейного цеха цветного литья Алтайского моторного завода – стопроцентная механизированная заливка машин ЛПД с помощью пневматических дозаторов. Основное оборудование находится на втором этаже цеха, вспомогательное – на первом. Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов предусмотрена на всех этапах – от поступления шихтовых материалов до подачи готовых отливок на склад. Комплексная механизация заливки решена на основе АК литья в кокиль и под давлением. В цехе работает 100 таких АК, каждый из которых состоит из автоматизированной кокильной машины или машины литья под давлением с дозатором, обрубным прессом и транспортными устройствами. Автоматизированы сборка и разборка частей кокиля или форм, заливка расплавленного металла дозаторами, выдержка его при кристаллизации, съём отливок, их транспортирование.

Машины оснащены механизмами для автоматизации внемашинных операций. Все машины укомплектованы специальными прессами для обрубки облоя и литниковой системы и работают синхронно с автоматическими дозирующими установками моделей Д-250, Д-630. Модернизированные автоматические дозирующие установки выгодно отличаются от известных; в частности, жидкий металл из ванн дозатора подается в форму по специально футерованному металлопроводу (вместо чугунного), при этом его стойкость выше в 30–35 раз; исключена необходимость дополнительного нагрева из-за низкой теплопроводности материала; усовершенствована принципиальная пневмосхема с авторегулированием дозы, что существенно повышает ее

точность (до 3 %); автоматические электронные приборы (типа КСП) регулирования температуры жидкого металла в дозаторе позволяют стабилизировать режим заливки формы.

Загрузка шихтовых материалов в плавильные печи полностью механизирована с помощью грузоподъемных механизмов и приводных роликовых конвейеров. Металл плавят в индукционных печах промышленной частоты модели ИАТ-2,5 с автоматическим контролем и управлением от электронной аппаратуры типа АРИР, КСП. Жидкий металл транспортируется на участок заливки мостовыми кранами и подается в дозаторы.

На заводе тормозной аппаратуры ПО ЗИЛ в г. Рославле построен цех, предназначенный для обеспечения заводов ЗИЛ и КамАЗ фасонными отливками узлов тормозной аппаратуры. К отливкам предъявляют повышенные требования по размерной точности и герметичности (их испытывают под давлением 0,78–2,16 МПа). Здание цеха одноэтажное, его площадь 17 070 м<sup>2</sup> (рис. 1.21). Два поперечных пролета шириной 24 м и длиной 96 м каждый заняты складом шихты и плавильным отделением (высота пролетов до подкрановых путей 11,5 м, до низа ферм 14,4 м). В четырех продольных пролетах размером 132,5 × 24 м каждый размещены остальные производственные и вспомогательные отделения (высота пролетов до подкрановых путей 8,15 м, до низа ферм 10,8 м).

Система возврата отходов собственного производства из очистного отделения на склад шихты размещена в тоннеле на глубине 4 м, помещение для конденсаторных батарей плавильных печей размещено на глубине 5,2 м. Помещение для распределительных подстанций и силовых трансформаторов (кроме печных для плавильного оборудования), приточных вентиляционных систем и бытовые помещения примыкают к цеху по всей его длине.

В основу организации производства положено максимально возможное применение поточных линий плавки, разливки металла, литья под давлением, очистки отливок с применением транспортных средств и систем, обеспечивающих бесперевалочную подачу отливок в единой таре на все технологические процессы как внутри цеха, так и к потребителям, например, отливки от литейных машин – в очистное отделение, на термический участок, склад готовой продукции, в цех механообработки и на участок пропитки и гидроиспытаний транспортируются в единой таре размером 840 × 640 × 500 мм.

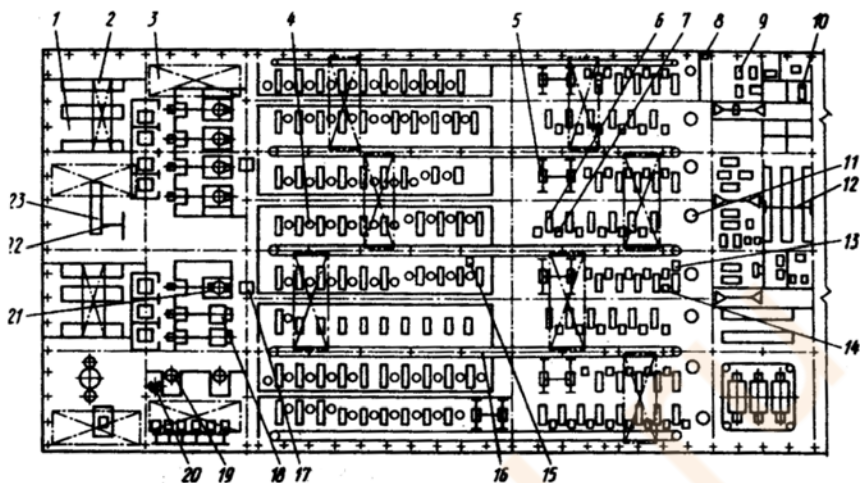


Рис. 1.21. Схема цеха по производству мелких отливок:

1 – стеллажи для чушек; 2 – кран-штабелер; 3 – мостовой кран; 4 – машины ЛПД; 5 – межоперационные склады; 6 – конвейерная поточная линия; 7 – прессы; 8 – разметочная машина; 9 – установка спектрального анализа; 10 – рентгено-телевизионная установка; 11 – виброгалтовочные машины; 12 – кран-штабелер; 13, 15 – роликовые конвейеры; 14 – верстаки; 16 – подвесной конвейер; 17 – флюсо-плавильная установка; 18 – индукционные тигельные печи ИАТ-1/0,4М3; 19 – стеллажи для ремонта печей ИАТ-6М2; 20 – стеллаж для ремонта печей ИАТ-1/0,4М3; 21 – индукционные тигельные печи ИАТ-6М2; 22 – система пластинчатых конвейеров; 23 – агрегат прокатки

В цехе предусмотрено производство отливок из двух сплавов: алюминиевого сплава АК12 и из цинкового сплава ЦАМ4-1. В цех шихта в виде чушек подается автотранспортом. Затем чушки в таре подаются электропогрузчиками в специальные ячейки стеллажей 1 (см. рис. 1.21). На складе шихты расположены два стеллажа для чушек. Каждый склад оборудован одним опорным краном-штабелером 2 с телескопической колонной, вилочным захватом и кабиной управления. Алюминиевые отходы поступают на склад шихты из очистного отделения с помощью системы пластинчатых конвейеров 22, затем эти отходы прокаливают при 350 °С в агрегате прокатки 23 и загружают в тару. Цинковые отходы собирают пластинчатым конвейером в очистном отделении, перегружают в тару и электропогрузчиком транспортируют на склад шихты.

В плавильном отделении установлено пять индукционных тигельных печей 21 ИАТ-6М2 вместимостью 6 т для плавки сплава АК12 и две печи 18 ИАТ-1/0,4М3 вместимостью 2,5 т для плавки сплава ЦАМ4-1. Со складов шихта в таре подается электропогрузчиками в плавильное отделение к загрузочным устройствам 7, расположенным у каждой печи. Грузоподъемное устройство – это лоток с вибратором, подвешенным на двух электроталях, передвигающихся по монорельсу. При подъеме, опускании и передвижении в зоне загрузки электротали работают синхронно, а в зоне разгрузки (около печей) – раздельно, что необходимо для перехода лотка при его разгрузке из вертикального в наклонное положение. При необходимости включается вибратор лотка. Загрузка тары с шихтой производится электропогрузчиком на отметке пола в нижнем положении лотка. Загрузочное устройство управляется оператором с печной площадки с помощью подвесной кнопочной станции. Для сокращения ремонтного цикла и увеличения производительности плавильных печей в плавильном отделении установлены два станда 19 для ремонта печей ИАТ-6М2 и один станд 20 для ремонта печей ИАТ-1/0,4М3. Для транспортирования печи ИАТ-6М2 на станд предусмотрен мостовой кран 3 грузоподъемностью 300/50 кН. Съем печи для ремонта и установка подготовленной для плавки отремонтированной печи занимают около 4 ч.

Сплав АК12 рафинируют жидким флюсом, приготовленным в флюсоплавильных установках 17, а сплав ЦАМ4-1 – хлористым цинком в ковшах. Жидкие сплавы от электропечей в отделении ЛПД транспортируют к литейным машинам в ковшах вместимостью 500 кг с помощью электропогрузчиков, снабженных механизмами съема и поворота ковша.

В цехе установлено 77 машин 4, в том числе с холодной камерой прессования: машины фирмы Jdra (Италия) – модели OL-180-12 (3 шт.), модели OL-280-13 (15 шт.), модели OL-380-14 (7 шт.), модели OL-700-15 (7 шт.) – и машины фирмы Vihorlat Snina (Чехия) модели CL00-160/16-16 (3 шт.), модели CL00-250/25-17 (4 шт.), модели CL00-400/36-18 (3 шт.). Предусмотрено использование двух машин модели OL/Z-60A-19 и пяти машин модели CLT-160/10-20 с горячей камерой прессования.

Все машины фирмы Jdra (Италия) снабжены механизмом фирмы Rimrock для автоматического смазывания форм и механизмом фирмы Acheson для смазывания пресс-поршня. Также они имеют аппара-

туру для нагрева и регулирования температуры форм и масла в машинах. При изготовлении отливок из алюминиевого сплава используют состав из 80 % масла «Вапор» и 20 % серебристого графита; при изготовлении отливок из цинкового сплава – машинное масло № 3 (нанесение через две-три запрессовки). Машины с усилием запираания 6,86 МН снабжены устройством для извлечения отливки из формы и укладывания ее в тару. Машины с усилием запираания 3,92 и 6,86 МН устанавливают вместе с автоматическими дозирующими установками модели Д-250 вместимостью 250 кг. В камере прессования машины меньшей мощности сплав заливают вручную из электрических тигельных раздаточных печей модели САТ-0,25Х1 вместимостью 250 кг. Проектом цеха предусмотрено оборудование машин механическими дозаторами (масса дозы 0,5–5 кг). Над машинами ЛПД установлены вытяжные откидные зонты. Для замены пресс-форм на машинах и ремонта оборудования установлены электромостовые краны грузоподъемностью 49 кН с управлением из кабины. Для удобства обслуживания кабина крана расположена в середине пролета.

В отделении литья под давлением имеются места для складирования пресс-форм на поддонах. Для сложных форм предусмотрены стеллажи и кантователи для зачаливания и транспортирования краном. Машины расположены в пять поточных линий. Каждая линия оснащена подвесным грузонесущим конвейером (ПГК) 16 для транспортирования отливки в тару от литейных машин в очистное отделение, а также для возврата пустой тары к литейным машинам. Для транспортирования тары на ПГК смонтированы специальные подвески. У литейных машин установлены двухрядные роликовые конвейеры 15 с тележками, позволяющими передавать тару с одного конвейера на другой.

Перед очистным отделением расположены пять межоперационных складов 5 для хранения тары с отливками на случай неравномерной работы отделения литья под давлением. Склады оборудованы кранами-штабелерами с управлением с пола. Тара с отливками поступает на склады с ПГК и разгружается на однорядные роликовые конвейеры, а затем транспортируется кранами-штабелерами в ячейки стеллажей. В очистном отделении имеются конвейерные многономенклатурные поточные линии 6, на которых производится обрезка литников и заусенцев по линии разъема, зачистка заусенцев, сверление отверстий и контроль отливок. Тара с литниками поступает к прессам 7 на ПГК и разгружается на роликовые конвейеры 13.



Все обрубные прессы в цехе установлены в очистном отделении. Обрезка литников и облой производится на гидравлических четырехколонных прессах модели К-13004. Литники и облой сбрасывают через проемы в полу и с помощью системы ленточных и пластинчатых конвейеров транспортируют на склад шихты. Зачистка заусенцев (в труднодоступных местах) и сверление отверстий в отливках производятся на верстаках 14, оборудованных пневмотискарами и вытяжной системой. От прессов к верстакам отливки доставляются ленточными конвейерами. Для уменьшения ручных операций по зачистке используются виброгалтовочные машины 11 модели ВМПВ-200 с механизированной загрузкой и выгрузкой отливок и галтовкой в жидкой среде.

После зачистки отливки из алюминиевого сплава термически обрабатываются в вертикальных конвейерных печах. Загрузка и выгрузка отливок в печь электропогрузчиками в оборотной таре позволила ликвидировать двойную перегрузку отливок из тары в поддоны и из поддонов в тару ручную. После термообработки и контроля годные отливки транспортируются электропогрузчиками в тару на склад готовой продукции, оборудованный краном-штабелером 12 с управлением с пола.

В спектральной экспресс-лаборатории проверяют химический состав на приборе Kwantowak 3100 (Франция) 9. Образцы из плавильного отделения в лабораторию и результаты анализа из лаборатории в плавильное отделение доставляются пневмопочтой. В рентгеновской лаборатории для выборочного контроля плотности отливок предусмотрена рентгентелевизионная установка 10 фирмы Zaifert (Германия). Разметка отливок проводится на специальной машине Beta 8 (Германия).

Для улучшения качества отливок и исправления дефектов (течи) предусмотрены участки пропитки деталей водорастворимой полиэфирной смолой ПН-301 и участок гидроиспытания деталей. Пропитка производится после окончательной механической обработки, поэтому участок расположен в отдельно стоящем здании и через галерею связан с главным корпусом системой подвесных толкающих конвейеров.

Ниже приведены данные по организации производства в одном из цехов японской фирмы Honda. Парк машин четырех цехов подразделяется на три группы: машины малой мощности с усилием за-

пирания 1500–3000 кН (9 шт.); машины средней мощности с усилием запираания 4000–8000 кН (26 шт.); машины большой мощности с усилием 10 000–22 000 кН (11 шт.). Годовой выпуск алюминиевых отливок на всех 46 машинах составляет 17 800 т. Другими способами литья ежегодно получают 5960 т.

Для устранения коробления отливок созданы следующие условия: равномерное охлаждение всех участков отливки, ее извлечение при стабильной температуре, минимальный смыв разделительного состава с поверхности пресс-формы. Наиболее эффективным средством повышения точности линейных размеров и уменьшения коробления является регулирование температуры пресс-формы. Для эффективного регулирования температуры пресс-формы применяется следующий принцип. Вся форма разделяется на несколько зон. Каждая зона снабжается индивидуальным датчиком температуры и автономной системой терморегулирования каждой зоны формы в зависимости от действующей тепловой нагрузки.

Уменьшение массы отливки иногда достигается использованием сложных стержней, однако часто это сопряжено с дополнительными расходами. При изготовлении мотоциклов широко применяют тонкостенные отливки. На моторных отливках по условиям эксплуатации иногда приходится применять отливки с более толстыми стенками.

Получение тонкостенных отливок обеспечивается применением оптимальной конструкции литниково-вентиляционной системы, оптимальными сочетаниями таких технологических параметров, как температура пресс-формы, скорость впуска металла, продолжительность заполнения, давление прессования. Из всех перечисленных факторов наибольшее значение имеет температура пресс-формы: чем она выше, тем лучше условия заполнения рабочей полости пресс-формы. Для повышения температуры пресс-формы и ее поддержания применяют различные способы.

Комплекс рассмотренных мероприятий позволяет получать отливки высокого качества. Например, толщина стенок корпуса коробки передач 2–1,5 мм, наибольшая неплоскостность 0,2 мм, толщина заливов не более 0,1 мм. Этот корпус имеет несколько тонких ребер.

На рис. 1.22 приведена планировка одного из цехов литья под давлением фирмы Honda (Япония).

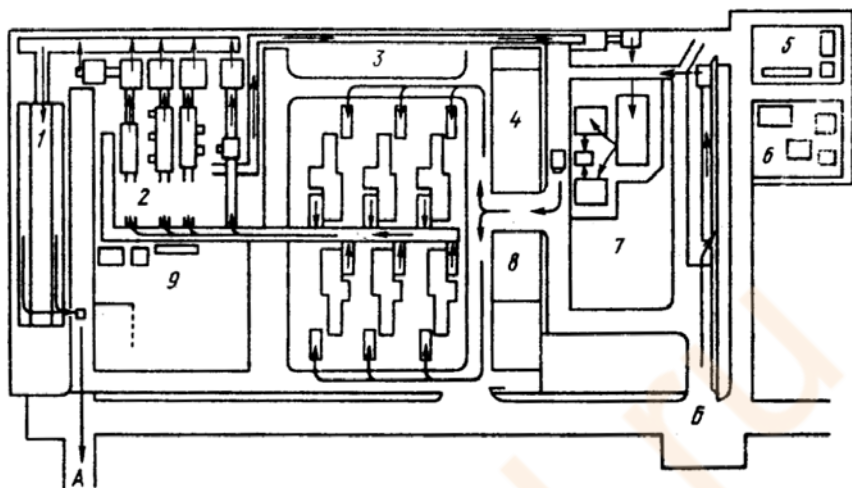


Рис. 1.22. Схема цеха литья под давлением Honda (Япония):

1 – автоматизированный склад; 2 – отделение финишных операций; 3 – отделение литья под давлением; 4 – помещение для отдыха; 5 – оборудование для циркуляционной системы водяного охлаждения пресс-форм; 6 – вентиляционное оборудование; 7 – плавильное отделение; 8 – участок контроля отливок; 9 – участок обслуживания пресс-форм; А – автоматизированное транспортирование отливок на механическую обработку; Б – поступление чушек металла

Манипуляторы для переноса отливок снабжены универсальными зажимами, которые могут схватывать пресс-остатки независимо от их размера.

Для транспортирования вставок пресс-формы используется автоматизированное устройство, которое работает совместно с автоматизированным укладочным устройством. Устройство для смазывания подвижной и неподвижной частей пресс-формы работает в сочетании с ковшовым заливочно-дозировочным устройством. Разгрузочно-манипуляторное устройство обеспечивает извлечение куста отливок из пресс-формы и его укладку на вспомогательный скребковый конвейер. Обрезка облоя осуществляется на гидравлических прессах, установленных возле транспортирующих устройств. Склад отливок управляется с помощью ЭВМ.

В автоматизированном режиме отливается, в частности, головка блока четырехтактного двигателя. При их изготовлении используются разовые стержни из хлористого калия. Из отливки эти стержни

удаляются путем растворения в воде. Разовые стержни оформляют в этой отливке также выпускные и выхлопные окна сложной конфигурации.

Отливки четырехцилиндрового блока автомобиля Civic 1300 фирмы Honda производятся на машине с холодной горизонтальной камерой прессования типа Ube-2200. Масса отливки составляет 13,4 кг (масса детали 9,8 кг). Диаметр прессующего плунжера 140 мм, его скорость 2,8 м/с, продолжительность заполнения формы 0,15 с, давление на металл 8000 кН, стойкость пресс-формы 110 000 запрессовок, продолжительность литейного цикла 127 с, выход годного литья 65 %, усилие запирающей машины 22 000 кН. Повышенный процент брака относился преимущественно к результатам проверки на герметичность; после внедрения процесса пропитки брак сократился до 0,2 %. Чтобы достигнуть высокой производительности при стабильном качестве, скорость выпуска нужно выдерживать в пределах 30–100 м/с при низкой температуре заливаемого сплава. При этом используется достаточно высокое давление на металл. В рабочую полость формы металл впускается тонкоизмельченной струей. В этом случае после кристаллизации образуется пористость, однако она не оказывает влияния на эксплуатационные свойства отливок. Возможен и более благоприятный вариант бестурбулентного заполнения при малых скоростях и точном регулировании температурных параметров.

В рассматриваемом производстве внедрено проведение анализа тепловых параметров пресс-формы с использованием трехмерной модели, в которой аналогом теплоты является электрическая проводимость. Оценка результатов проводится с помощью ЭВМ, в частности, достигается возможность теоретического расчета зон охлаждения и нагрева. Также проводятся комплексные исследования технологических параметров и их связи с литниково-вентиляционной системой, условиями выпуска, тепловыми и гидравлическими характеристиками. Изучается взаимосвязь условий выпуска металла и продолжительностью кристаллизации отливки.

Для улучшения вентиляции рабочих полостей вокруг некоторых элементов отливок, например возле очень тонких ребер, иногда предусматривается утолщенный искусственный облой. Иногда он может удаляться при механической обработке отливок. А иногда при необходимости отливки получают практически без облоя.

Фирмой Honda и другими японскими фирмами внедрена особая технология получения отливок с мелкораспределенной пористостью с равномерно распределенными мелкими порами. Обычно такие поры не влияют на эксплуатационные характеристики изделия. Более того, было обнаружено, что герметичность таких отливок более высокая, нежели у отливок с крупными порами или раковинами.

Предупреждение образования крупных раковин достигается благодаря особым условиям высокоскоростного впуска, а также вакуумированием, применением кислорода, низкоскоростного впуска при получении утолщенных отливок. Низкоскоростной впуск комбинируется с направленным затвердеванием, достигаемым особым тепловым балансом различных участков пресс-формы.

Для быстрой перестановки форм разработаны гидравлические зажимы и другие приспособления. При изготовлении пресс-форм широко применяют электроэрозионные станки и станки с числовым программным управлением. Новая технология и оборудование улучшают качество отливок из алюминиевых сплавов, расширяют область применения, снижают их стоимость и трудоемкость изготовления. План расположения оборудования в цехе алюминиевого литья мощностью 22–23 тыс. т в год одного из российских заводов показан на рис. 1.23 (цех литья под давлением заблокирован с цехом литья в кокиль).

Технико-экономические показатели цеха следующие:

Общий выпуск литья, тыс. т/год. ....	22–23
в том числе:	
в кокиль. ....	11–12
под давлением. ....	10–11
Серийность отливок, тыс. шт./год. ....	660–4000
Число рабочих. ....	650
в том числе:	
производственных. ....	524
вспомогательных. ....	52
ОТК. ....	74
Выпуск на одного производственного рабочего, т/год. . .	43
Общая площадь цеха, м <sup>2</sup> . ....	32 800
Съем литья с 1 м <sup>2</sup> общей площади цеха, т/год. ....	0,68

Описание планировок цехов литья под давлением магневых и цинковых сплавов представлено в работах [1, с. 331–332; 33, с. 367–375].

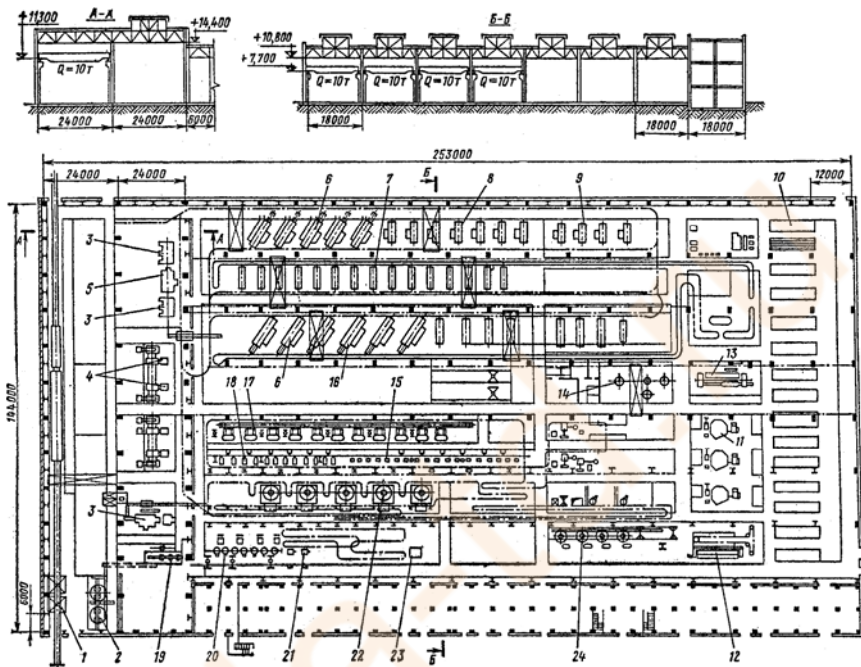


Рис. 1.23. План расположения оборудования в цехе литья алюминия в металлических формах мощностью 22–23 тыс. т/год: 1 – приемный бункер для песка; 2 – бункер для песка; 3 – газовая плавильная печь емкостью 27 т; 4 – газовая плавильная печь емкостью 2 т; 5 – печь выдержки расплавленного алюминиевого сплава емкостью 18 т; 6 – 9 и 16 – машины для литья под давлением; 10 – стеллажи для складирования отливок; 11 – станки для черновой обработки поршней; 12 – установка для неразрушающего контроля мелких отливок; 13 – печь для термообработки отливок; 14 – термическая шахтная печь; 15 – кокильные станки для мелких отливок; 17 – кокильные станки для отливки поршней; 18 – кокильные станки для крупных отливок; 19 – смесеприготовительная система; 20 – однопозиционные стержневые машины; 21 – двухпозиционные стержневые машины; 22 – печь для подушки окрашенных стержней; 23 – смесеприготовительная система; 24 – пятипозиционная карусельно-кокильная машина

## 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ ЛИТЬЯ В КОКИЛЬ

### 2.1. Структура, технологический процесс и кокили

По структуре цехи литья в кокиль аналогичны цехам литья под давлением и также имеют три основных производственных отделения: плавильное, заливочное и финишной обработки отливок. В зависимости от потребности цеха в песчаных стержнях в проекте предусматривают участок или отделение изготовления стержневых смесей и стержней, так же как это делается при литье в песчаные объемные формы.

Цехи кокильного литья рекомендуется проектировать на мощность 20–25 тыс. т/год для производства чугунных 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 [1].

Исходными данными для проектирования цехов литья в кокиль служат те же сведения, что и для проектирования цехов литья под давлением (см. гл. 1).

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.

**Технологический процесс.** В общем виде процесс литья в кокили состоит из следующих операций:

- подготовки кокиля (очистки, подогрева, нанесение на рабочие поверхности облицовки и краски);
- изготовления песчаных стержней, так же как это делается в других литейных цехах (если необходимо по конструкции отливок);
- сборки кокиля с установкой, если нужно, стержней;
- плавки рабочего сплава;
- заливки жидкого металла в кокиль, выдержки отливки в кокиле;
- разборки кокиля, удаления отливки и ее охлаждения;

– выбивки стержней, обрубки, очистки и при необходимости исправления дефектов и термической обработки отливок.

Более подробно технологический процесс литья в кокиль рассматривается в работах [3, 4, 8, 9, 11, 31, 32, 39, 40, 43, 44, 46].

**Кокили** рекомендуется выполнять со сменными вставками. Такая конструкция позволяет по мере износа кокилей заменять лишь отдельные части. Это важно, так как из-за высокой стоимости кокилей снижается рентабельность процесса. Кроме того, сборный кокиль меньше подвержен короблению, что уменьшает заливы по плоскости разъема и, как следствие, снижает трудоемкость финишных операций. Обоймы сборных кокилей изготавливают из чугунов и углеродистых сталей, а вставки – из чугуна и стали, легированных хромом и молибденом. В некоторых случаях могут быть применены кокили с литыми рабочими поверхностями, полученными по специальной технологии (по гипсовым слепкам, выплавляемым моделям, песчаным стержням).

Для получения отливок из цветных сплавов применяют алюминиевые анодированные кокили. Они обязательно должны быть водоохлаждаемыми. Благодаря низкой стоимости алюминиевых кокилей в ряде случаев кокильное литье рентабельно даже для партий отливок в 200–300 шт.

В табл. 2.1 приведены примерные данные о стойкости чугунных кокилей.

Таблица 2.1

Средняя стойкость чугунных кокилей (число заливок) [1]

Отливки	Материал отливок		
	Сталь	Чугун	Алюминий
Мелкие	500–1000	5000 и более	30 000 и более
Средние	300–500	1000–5000	–
Крупные	100–250	200–500	3000–5000

Дополнительную информацию о кокилях можно получить из работ [11, с. 95–103; 32, с. 342–344; 43, с. 3–89].



Подготовку кокилей начинают с очистки бывшего в работе кокиля. Для очистки рекомендуется применение дробеметной камеры с вращающимся столом. Однако этим способом можно удалять только наружный слой облицовки. Слой, лежащий непосредственно на поверхности кокиля, обычно удаляют вручную металлическими щетками. Затем кокили разогревают газовыми горелками и наносят огнеупорную облицовку. Пламя горелки должно быть слабоокислительным, чтобы избежать отложения на поверхности кокиля копоти, ухудшающей сцепление облицовки с металлом. В зависимости от требуемой толщины наносят один или несколько слоев облицовки. Хорошо выполненная операция нанесения огнеупорной облицовки обеспечивает длительную (до недели) непрерывную работу кокиля. Для обеспечения низкой шероховатости поверхности отливок огнеупорные облицовки покрывают слоем краски. Через одну или несколько заливок слой краски разрушается и его наносят снова. Наиболее часто краски применяют при литье черных металлов. В этом случае в их состав вводят вещества (сажа, кокс молотый и др.), газифицирующиеся при заливке металла.

Процессы приготовления облицовок и красок, расчет количества оборудования – обычные для литейных цехов.

Составы красок для кокилей и способы их приготовления приведены в работах [11, с. 105–114; 32, с. 347–348; 41, с. 78; 45].

## **2.2. Механизация и автоматизация кокильного литья**

Организация кокильного литья значительно зависит от уровня механизации и автоматизации технологического процесса.

При литье в кокиль могут быть механизированы следующие операции: раскрытие и закрытие формы, установка и удаление стержней, заливка формы металлом, удаление отливки, нанесение на рабочую поверхность формы разделительного покрытия, поддержание необходимого теплового режима формы.

Организация производства при литье в кокиль зависит от того, какое оборудование применяется для изготовления отливок – ручные кокили, однопозиционные машины, карусельные машины или конвейеры. При выборе вида механизированного оборудования исходят из следующих предпосылок: масштабов производства, размеров имеющихся площадей, стоимости оборудования, габаритов, слож-

ности и массы отливок. Установка конвейерных линий требует максимума площадей, больших затрат материальных средств, но обеспечивает высокий съём отливок с 1 м<sup>2</sup> площади, минимальную их трудоемкость и себестоимость. Однопозиционные станки не требуют больших площадей и капиталовложений, но дают низкий съём и малую производительность.

По своим экономическим показателям карусельные машины занимают промежуточное место между конвейерными линиями и однопозиционными станками. Целесообразность применения конвейерных линий и карусельных машин возрастает по мере увеличения массы, габаритов и сложности отливок. С увеличением этих показателей растёт и масса частей кокиля, что качественно изменяет структуру нормы времени на отливку. Если при изготовлении мелких деталей большую часть нормы составляет время на кристаллизацию, то при изготовлении крупных отливок на разборку и сборку кокиля расходуется намного больше времени, чем на охлаждение отливки. Достичь увеличения производительности можно, только применяя механизированное оборудование [3].

При серийном и мелкосерийном производстве крупных, сложной конфигурации отливок более эффективными оказываются автоматизированные кокильные машины или механизированные кокили. В массовом и крупносерийном производстве мелких и средних отливок более эффективно использование автоматических литейных кокильных машин, комплексов, линий.

Основное направление развития производства кокильного литья – комплексная механизация и автоматизация производственных процессов на всех переделах, начиная от подготовки шихтовых материалов и приготовления жидкого металла и кончая обрубкой, очисткой и складированием готовых отливок.

Автоматизация процессов литья в кокиль осуществляется системой управления машиной или комплексом, часто связанной с управляющей ЭВМ.

**Кокильные машины.** Кокильные машины разделяются на универсальные – одно-, двух- и трехпозиционные, карусельные – четырех-, шести-, восьми-, 12-, 16-позиционные и специальные. Специальные двух-, трехпозиционные и карусельные машины обычно предназначены для изготовления в массовом производстве отливок

определенного типа, таких, например, как поршни двигателей внутреннего сгорания, крышки электродвигателей и т. д.

**Карусельные кокильные машины** являются специальными и предназначены для массового производства отливок. Такие машины обычно имеют 6, 8, 12, 16 позиций. Благодаря совмещению основных операций эти машины обладают высокой производительностью и, как правило, имеют вертикальную ось вращения карусели, реже – горизонтальную.

Карусельные машины с вертикальной осью вращения карусели состоят из однопозиционных кокильных секций с самостоятельными приводами для запираания и раскрытия кокиля и выталкивания отливок. Эти секции смонтированы на столе карусели. Стол карусели может иметь непрерывное или пульсирующее движение. Пульсирующее движение стола упрощает заливку форм, нанесение на их рабочую поверхность огнеупорного покрытия, извлечение отливок и другие операции. Такие машины часто используют в составе автоматизированных литейных комплексов.

### ***2.2.1. Поточные линии для литья в кокиль***

Поточные линии для литья в кокиль применяют в массовом и крупносерийном производстве отливок широкой номенклатуры. Обычно эти линии состоят из однопозиционных полуавтоматических машин или автоматизированных литейных комплексов, включающих автоматическую кокильную машину, агрегат для заливки кокилей, манипуляторы для удаления отливок из машины и передачи их в пресс для обрубки литников, устройства для подготовки кокиля к заливке и часто – роботы для установки в кокиль песчаных стержней. В состав такого комплекса могут входить однопозиционные или карусельные автоматические кокильные машины. В последнем случае комплекс обычно специализирован для производства какой-либо одной отливки или однотипных отливок.

На рис. 2.1, *a* представлен автоматизированный литейный комплекс [8]. Расплав из дозатора 1 заливается в кокили 2, установленные на восьмипозиционной карусельной машине. Песчаные стержни из магазина 4 устанавливаются в кокиль манипулятором 6 и им же подаются в пресс 8 для отделения литников. Готовые отливки подаются в тару 7, а затем по подвесному конвейеру 5 транспорти-

руются на дальнейшую обработку. Расплав от плавильных агрегатов ковшами подается в дозатор по монорельсу 9. Комплекс обслуживается тремя операторами.

На рис. 2.1, б представлен автоматизированный литейный комплекс, состоящий из двух однопозиционных кокильных машин. Расплав из дозатора 1 попеременно заливается в кокили, установленные на машинах 2. После затвердевания отливки и раскрытия кокиля отливка манипулятором 4 передается в тару 3. Комплекс управляется оператором с пульта 5.

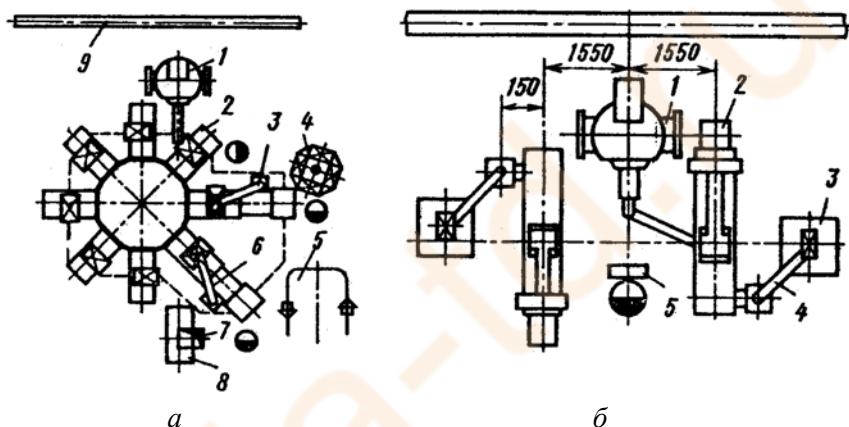


Рис. 2.1. Схема автоматизированных литейных комплексов литья в кокиль на базе: а – восьмипозиционной карусельной машины; б – однопозиционных машин:

- 1 – дозатор;
- 2 – кокиль;
- 3 – манипулятор;
- 4 – магазин для стержней;
- 5 – подвесной конвейер;
- 6 – манипулятор;
- 7 – тара;
- 8 – обрезной пресс

- 1 – дозатор;
- 2 – кокильная машина;
- 3 – тара;
- 4 – манипулятор;
- 5 – пульт управления

На рис. 2.2. изображена схема комплексно-автоматизированной линии по производству поршней для автомобильных двигателей [1].

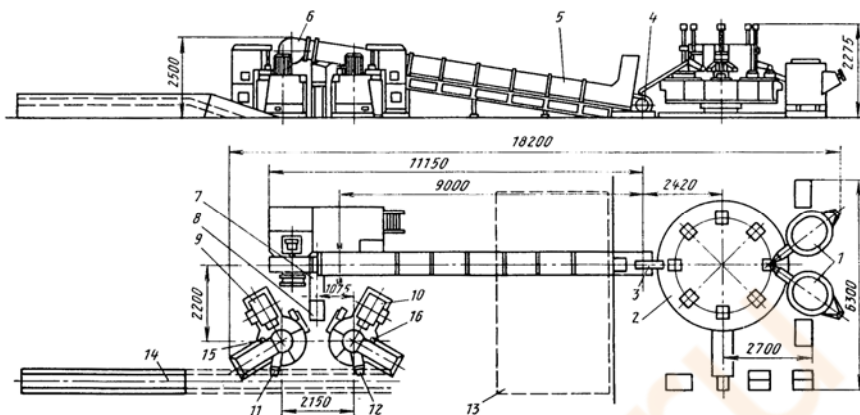


Рис. 2.2. Комплексно-автоматизированная линия конструкции НИИТ Автопрома для производства отливок поршней для автомобильных двигателей:  
 1 – дозаторы; 2 – карусельная кокильная машина; 3 – лоток; 4 – конвейер; 5 – охлаждающая камера; 6 – вентилятор; 7 – лоток; 8 – стол; 9, 10 – обрезающие полуавтоматы; 11, 12 – лотки для поршней; 13 – помещение для электрошкафов; 14 – транспортер; 15, 16 – лотки для литников

Заливку кокилей производят на литейной машине. Сама литейная машина представляет собой автомат карусельного типа, который имеет восемь позиций с одноместными кокилями (рис. 2.3).

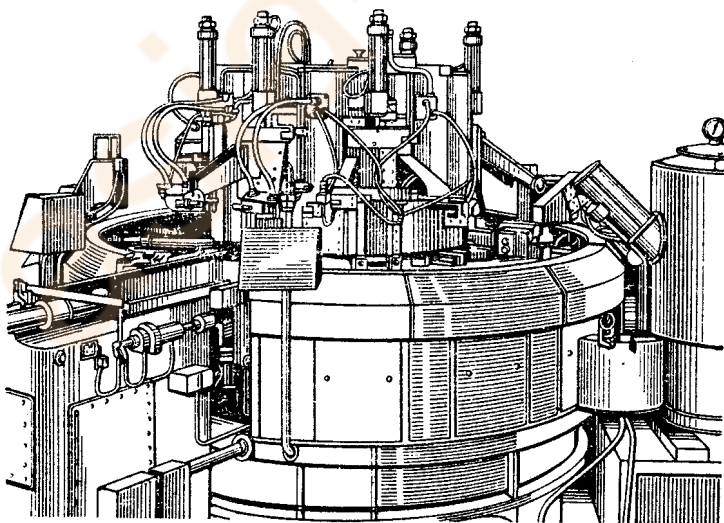


Рис. 2.3. Автоматическая карусельная машина для литья поршней

Машина может отливать поршни нескольких типоразмеров. Выполнение цикла по позициям происходит в следующем порядке:

- 1) подрыв боковых стержней, образующих в отливках отверстия под поршневой палец;
- 2) подрыв и извлечение трех клиньев, образующих внутреннюю полость поршня; охлаждение и смазка центрального клина;
- 3) раскрытие кокиля;
- 4) извлечение отливки и установка ее на транспортер;
- 5) установка арматуры (термовставки) и сборка трех центральных клиньев;
- 6) закрытие кокиля;
- 7) простановка боковых стержней;
- 8) заливка кокиля сплавом.

В машине предусмотрена возможность охлаждения элементов кокиля, при этом интенсивность охлаждения можно регулировать. Центральный клин охлаждается и смазывается на второй позиции путем погружения в ванну с водно-графитовым раствором.

Линия работает следующим образом (см. рис. 2.2). Жидкий сплав из дозатора 1 поочередно автоматически заливается в кокили, смонтированные на карусели 2. Получившаяся отливка на позиции съема снимается механической рукой и сбрасывается на лоток-склиз 3. С лотка отливка попадает на непрерывно движущийся конвейер 4 и с его помощью перемещается через охлаждающую камеру 5. Для интенсификации охлаждения в камере смонтирован вентилятор 6, создающий принудительное движение воздуха. Остывшие отливки сбрасываются с конвейера на лоток-склиз 7, а с него попадают на стол 8. Со стола рабочий вручную поочередно загружает отливки на обрезные полуавтоматы 9 и 10. Конвейер 4 работает непрерывно и независимо от работы полуавтоматов. При остановке обрезных полуавтоматов поршни сбрасываются со стола в тару, расположенную под столом. После обрезки литников и прибылей поршни с полуавтоматов сбрасываются на лотки 11 и 12, подающие отливки на горизонтальный ленточный транспортер 14, расположенный ниже уровня пола. На площадке контроля поршней транспортер поднимается вверх. Для того чтобы поршни не скатывались на наклонных участках, к ленте транспортера прикреплены поперечные ребра, а по бокам установлены направляющие. После визуального контроля поршни укладывают в контейнеры и с помощью крана транспортируют на загрузочную

площадку печи старения. Прошедшие термообработку отливки поступают на склад готовой продукции. Оставшиеся после обрезки на полуавтоматах литники, прибыли и стружка сбрасываются по лоткам 15 и 16 на транспортер, доставляющий их к плавильным печам.

**Кокильные конвейеры.** Кокильные конвейеры применяют в массовом производстве однотипных отливок, например фасонных отливок сантехники, а также для изготовления отливок с различной серийностью выпуска, разной массы. Основные их преимущества – высокая производительность, возможность организации потока при производстве разногабаритных отливок широкой номенклатуры.

Кокильные конвейеры могут быть горизонтально-замкнутыми и вертикально-замкнутыми.

**Автоматизированные линии литья в кокили.** Автоматизированные линии литья в кокили применяют в массовом и крупносерийном производстве. Эти линии специализированные и предназначены для изготовления одной отливки или однотипных отливок. Обычно в автоматизированные линии входят многопозиционные карусельные кокильные машины; заливочные машины или дозаторы для заливки расплава в кокили; установки для нанесения огнеупорных покрытий на кокили; устройства для очистки кокилей, а также манипуляторы для передачи отливок из кокиля в установки для обрубки литников, выбивки песчаных стержней, очистки отливок. В состав автоматизированных линий могут также входить плавильные агрегаты, транспортные средства для подачи расплава к заливочным устройствам, автоклавы для обработки чугуна магнием, агрегаты для термической обработки отливок, транспортные устройства для удаления отходов, оборудование для очистки отливок, установки и приборы для контроля качества отливок. Эти линии отличаются высокой производительностью, компактностью, небольшой энергоемкостью.

### ***2.2.2. Механизация и автоматизация заливки кокилей***

Механизация и автоматизация заливки форм, являющиеся элементами комплексного решения проблемы автоматизации производства отливки, позволяют уменьшить потери металла на сливы и сплески, сократить брак отливок вследствие нарушения режима, наблюдаемого при ручной заливке, уменьшить массу литников, повысить точность отливок. Применение автоматической заливки позволяет решить важную социальную задачу: исключить тяжелый ручной труд

в зоне с повышенной температурой и загазованностью, превратить труд заливщика в труд квалифицированного оператора, управляющего сложной техникой.

**Требования к автоматическим системам заливки.** Заливка любой формы, в том числе и кокиля, является одной из самых ответственных и сложных для автоматизации. Это объясняется тем, что для нормальной (без недоливов и переливов, сплесков) заливки формы расход из ковша должен изменяться в заливочной чаше определенного уровня и превосходить среднее значение, определяемое технологическим режимом. Затем заполнение формы протекает при некотором постоянном расходе из ковша и в конце заливки во избежание перелива расплава расход уменьшается. Каждая форма с рабочей полостью литниковой системы требует соблюдения вполне определенного оптимального режима заливки, нарушение которого может привести к браку отливок.

При заливке формы необходимо точное выполнение сложных манипуляций с ковшом. Все это определяет требования к системе «заливочное устройство–форма» при автоматизации заливки:

- кокиль и заливочное устройство должны строго фиксироваться в пространстве друг относительно друга;

- положение чаши, выпоров или прибылей и их размеры должны быть унифицированы для различных отливок;

- заливочное устройство должно обеспечить точное соблюдение закона изменения расхода и иметь погрешность дозирования (отклонение массы расплава от заданной) не более 2–3 %;

- отсутствие в расплаве неметаллических включений, пленок окислов;

- потери теплоты при движении расплава из раздаточной емкости в кокиль должны быть минимальными и постоянными, а температура сплава – находиться в пределах, заданных технологий заливки;

- конструкция заливочного устройства должна обеспечивать быструю переналадку системы на новый технологический режим.

На производстве используют заливочные установки, машины, дозаторы, работающие на различных принципах дозирования, способах выдачи (вылива) дозы, контроля за процессом заполнения формы.

Для автоматизации заливки кокилей чугуном применяют установки с наклоняемой емкостью, с пневматической выдачей расплава и магнитодинамические.



Для автоматизации заливки форм алюминиевыми сплавами используют установки с пневмовыдачей дозы, черпакового типа и магнитодинамические. Последние используют также при литье магниевых сплавов.

**Заливочные установки с наклоняемой емкостью** (рис. 2.4) предназначены для заливки в кокили чугуна [11]. В состав этих установок входят обогреваемый газом миксер 1, поворотная рама 4, на которой установлены два ковша 5, гидроцилиндры 6 и 7 поворота ковша, приводы поворотной рамы. Установка работает в автоматическом режиме. Чугун из миксера 1 по желобу 3 поступает в один из ковшей 5. После наполнения ковша рама 4 с ковшами поворачивается, полный ковш поступает на позицию заливки, опорожненный – на позицию заполнения. При подходе очередного кокиля на позицию заливки ковш 5 наклоняется гидроцилиндром 6 и чугун поступает в кокиль. По достижении уровня контактного датчика, установленного в кокиле, подается команда на реверс ковша. Точность дозирования 2–3 % при дозе 4–5 кг. После опорожнения ковша рама 4 поворачивается; остатки чугуна сливаются из ковша в изложницу 8, ковш поворачивается гидроцилиндром 7. Для защиты работающих от излучения установлен экран 2. Производительность установки до 200 заливок/ч при дозе 4–5 кг и вместимости ковша 75 кг. В НИИСЛ (г. Одесса) разработан ряд таких установок с ковшами вместимостью 250–2500 кг чугуна.

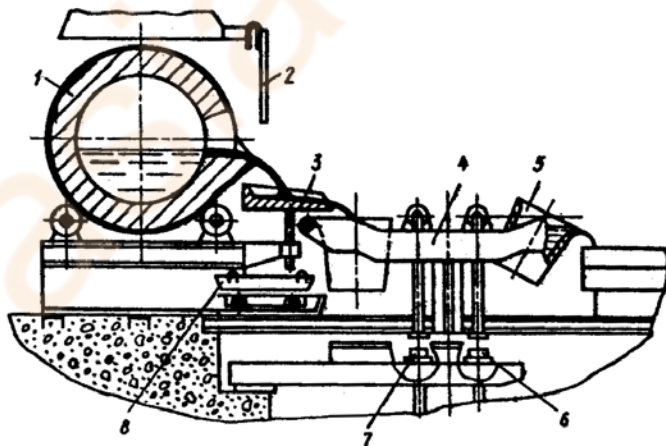


Рис. 2.4. Заливочная машина с наклонной емкостью:  
1 – миксер; 2 – защитный экран; 3 – желоб; 4 – рама; 5 – ковш;  
6, 7 – гидроцилиндры поворота ковша; 8 – изложница

**Пневматические дозаторы** широко применяются для заливки в кокиль алюминиевых сплавов (рис. 2.5), но также их используют для заливки чугуна. Дозаторы этого типа обеспечивают достаточную чистоту сплава, минимальные потери теплоты, точность выдачи дозы и простоту регулирования.

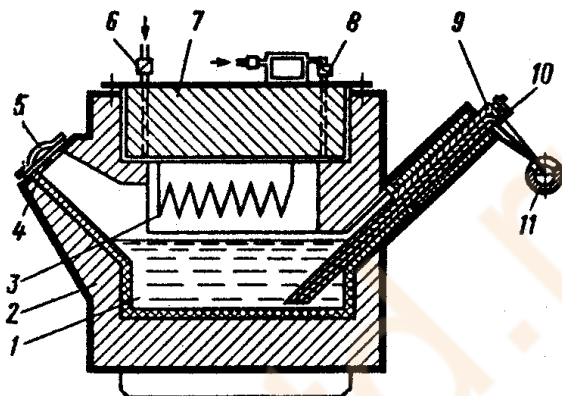


Рис. 2.5. Пневматический дозатор для алюминиевых сплавов:

- 1 – расплав; 2 – печь; 3 – нагревательная спираль; 4 – заливочное окно; 5 – крышка окна; 6, 8 – воздушные клапаны; 7 – крышка печи; 9 – сливной насадок; 10 – электроконтакт; 11 – кокиль (камера прессования)

Электрическая печь сопротивления 2, обогреваемая спиралями 3, герметически закрывается крышкой 7. Расплав 1 заливается в предварительно разогретый дозатор через окно 4, герметически закрывающееся крышкой 5. Для выдачи дозы через клапан 6 внутрь дозатора подается сжатый воздух под таким давлением, что расплав поднимается по обогреваемому металлопроводу до уровня сливного насадка 9, замыкает электроконтакт 10, подающий сигнал на открытие клапана 8, через который в дозатор дополнительно впускается воздух при определенном давлении. Под действием давления воздуха в течение определенного времени доза сплава вытекает через калиброванное отверстие насадка 9 в кокиль или камеру прессования машины литья под давлением 11. Точность выдачи дозы составляет 5 % при массе дозы 0,2–5 кг. Такие дозаторы используют также для автоматизации заливки при литье под давлением.

Преимуществом дозаторов этого типа является отсутствие подвижных частей, соприкасающихся с расплавом, а также сифонная выда-

ча наиболее чистого расплава. Однако эти дозаторы имеют недостатки: недолговечность металлопровода, большое зеркало расплава, соприкасающееся с воздухом, сравнительно низкая точность дозирования, особенно для малых доз, большая инерционность (продолжительность набора и сброса давления в камере).

Технические характеристики некоторых дозаторов, предназначенных для заливки алюминиевых сплавов, приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Технические характеристики дозаторов алюминиевых сплавов

Показатели	Д-63	Д-250	Д-630
Масса дозы, кг	0,3–2	1–20	5–50
Емкость дозатора, кг			
полная	90	270	700
полезная	75	250	630
Установленная мощность, кВт	10	20	41
Предел регулирования температуры, °С	1000	900	850
Габаритные размеры, мм	1900 × 1630 × × 1700	2650 × 1400 × × 1900	3580 × 1900 × × 2250
Масса, кг	1320	2700	4100

Для заливки чугуна используют пневматические дозаторы, схема которых приведена на рис 2.6. Основа установки – канальная индукционная печь промышленной частоты. Ванна 1 и окно для скачивания шлака герметизированы. Печь имеет два металлопровода: заливочный 2 и выпускной 4. Они образуют сифон, поэтому выдаваемый из установки чугун практически не имеет шлаковых включений.

Перед началом работы дозатор заполняется расплавом через заливочный металлопровод 2. Для выдачи дозы через отверстие в крышке 3 внутрь камеры печи подается сжатый воздух, под действием которого на зеркало расплава 6 чугун поднимается в выпускном 4 и заливочном 2 металлопроводах. Через металлопровод 4 чугун подается в камеру 5 с калиброванной сливной втулкой. Расплав дозируется по его уровню в форме или по времени заливки. Массовый расход регулируется изменением уровня расплава над сливным отвер-

ствием или сменой сливных втулок с калиброванными отверстиями. Для поддержания постоянного уровня в камере 5 имеются электроконтактные датчики. После выдачи дозы сжатый воздух из установки выпускается и расплав по металлопроводам сливается в печь. Для повышения быстродействия установок при выдаче малых доз камера 5 снабжается стопорным механизмом, перекрывающим отверстие в сливной втулке. Тогда для заливки поднимается и опускается стопор при постоянном уровне расплава над отверстием сливной втулки.

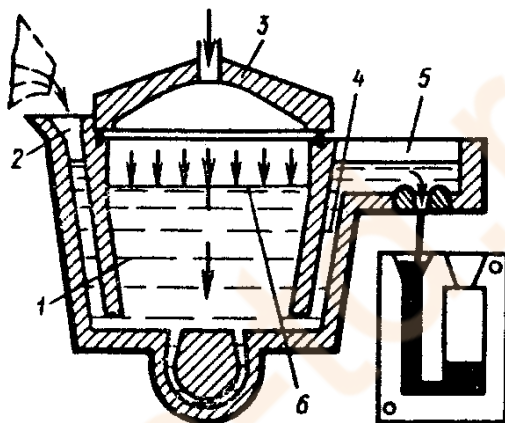


Рис. 2.6. Пневматический дозатор для заливки чугуна в процессе выдачи дозы: 1 – ванна канальной индукционной печи; 2 – заливочный металлопровод; 3 – крышка; 4 – выпускной металлопровод; 5 – сливная камера; 6 – зеркало расплава чугуна

Наряду с преимуществами – постоянство температуры чугуна, отсутствие малостойких металлопроводов, отсутствие в расплаве шлаковых включений – установки имеют недостатки: сложность эксплуатации канальных индукторов и герметизации крышки, большая инерционность, возможность окисления расплава при длительном контакте зеркала расплава с воздухом.

**Магнитодинамические дозаторы.** Работа дозатора основана на взаимодействии тока, протекающего в расплаве, с внешним магнитным полем. На расплав, по которому протекает ток, действуют электромагнитные силы, вызывающие движение расплава в направлении, определяемом правилом левой руки. В зависимости от способа создания в расплаве электрического тока установки бывают кондуктивные, в которых используется электропроводность расплава, и индуктивные.

Неметаллические включения и шлак, находящиеся в расплаве, обладают низкой электропроводностью, поэтому вихревые токи в них не возникают, вследствие чего эти частицы не движутся, а скапливаются в начале канала, по которому движется свободный от включений и шлака расплав.

Магнитодинамические установки широко применяют для автоматизации заливки алюминиевых сплавов, однако их используют и для заливки медных сплавов и чугуна.

Установка (рис. 2.7) имеет миксер 1 с индукционным подогревом с помощью канального индуктора 2. Узкая часть миксера является металлопроводом 3. В этой части миксера толщина футеровки невелика, и снизу и сверху над этим местом установлены две катушки 4 с магнитным сердечником 5. Изменяя с помощью автотрансформатора напряжение в катушках 4 электромагнита расход расплава 6 можно регулировать в широких пределах (0,3–3 кг/с).

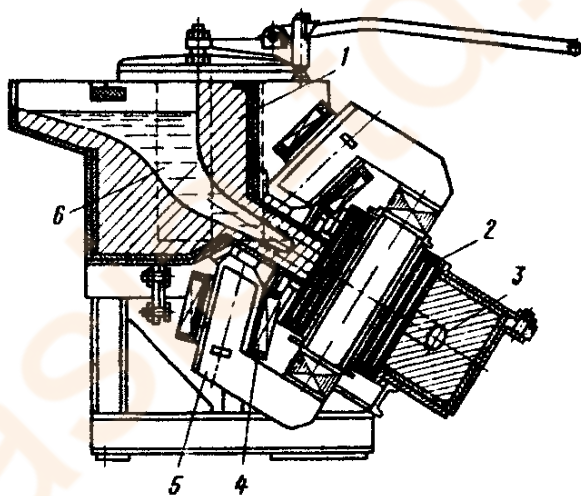


Рис. 2.7. Магнитодинамическая заливочная установка:  
1 – миксер с индукционным подогревом; 2 – канальный индуктор;  
3 – металлопровод; 4 – катушка; 5 – магнитный сердечник; 6 – расплав

**Механические дозаторы** применяют для заливки алюминиевых сплавов. Наибольшее распространение получили черпаковые дозаторы, преимуществами которых являются простота и надежность устройства, возможность точной регулировки движений, достаточно вы-

сокая (до 3 %) точность дозировки, независимость от конструкции раздаточной печи, малая энергоемкость. Вместе с тем они имеют недостатки: быстрое изнашивание мерного ковша и возможность захвата пленок окислов с зеркала расплава. Однако эти дозаторы просты в эксплуатации, поэтому их достаточно широко применяют для автоматизации заливки кокилей, а также при литье под давлением.

На рис. 2.8 представлена схема работы черпакового дозатора. Мерный ковш А цилиндрической формы с удлиненным носком выполнен из огнеупорного материала. В цилиндрической стенке ковша имеется отверстие Б для поступления расплава внутрь ковша и слива излишков сверх дозы при извлечении ковша из ванны. В исходном положении ковш погружен в тигель так, что расплав через отверстие Б в стенке ковша заполняет его. Затем с помощью рычага ковш поднимается, совершая при этом такое движение, что расплав не выливается из ковша. В конечном положении ковш с помощью привода поворачивается вокруг оси, закрепленной на рычаге, и доза расплава сливается в форму.

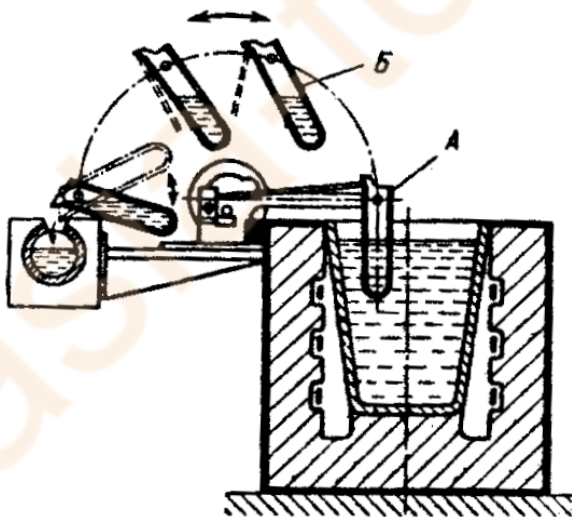


Рис. 2.8. Схема работы черпакового дозатора:  
А – ковш; Б – отверстие

Дополнительная информация по дозаторам жидких металлов имеется в работах [30, с. 308–312; 31, с. 290–292, 349].

**Автоматизация вспомогательных операций.** Огнеупорные краски обычно наносят с помощью форсунок с воздушным или механическим распыливанием с подачей краски под избыточным давлением или инъекцией. Перед окраской рабочую поверхность кокиля обдувают сжатым воздухом. Устройства для окраски кокилей бывают двух типов: с неподвижными и перемещаемыми форсунками. Устройства с неподвижными форсунками используют в основном для кокилей с неглубокими рабочими полостями, простой конфигурации, а с перемещаемыми форсунками – для окраски кокилей со сложными, глубокими рабочими полостями, длинными стержнями.

Для извлечения отливки из кокиля применяют манипуляторы, механизмы которых должны исключать удары отливки или ее деформацию, обеспечивать ориентацию отливки с требуемой точностью при передаче ее на следующую операцию. Конструкции таких манипуляторов рассмотрены в работах [31, 47, 48].

### ***2.2.3. Автоматизация управления технологическим процессом***

В проблеме механизации и автоматизации кокильного литья, как, впрочем, и других литейных процессов, можно отметить две основные задачи:

- механизация и автоматизация манипуляторных операций (основных, вспомогательных, транспортных);
- автоматизация управления параметрами технологического процесса.

Механизация и автоматизация манипуляторных операций позволяют устранить ручной труд, улучшить условия труда, повысить качество отливок путем точного и надежного выполнения основных операций.

Автоматическое управление технологическим процессом позволяет стабилизировать основные параметры технологии, поддерживать их в оптимальных пределах и обеспечивать стабильность получения отливок высокого качества, повышать производительность труда и эффективность производства.

Только при совместном решении этих задач возможно создание надежно работающих автоматических литейных комплексов.

Однако решение второй задачи, как показывает практика, всегда оказывается более сложным, чем решение первой. Это объясняется тем, что для автоматического управления процессом получения отливки необходимо располагать закономерностями связей между качеством отливки и параметрами системы «отливка–кокиль–механизмы машины», представленными в виде ее математических моделей. Такие модели могут явиться основой использования управляющих ЭВМ для автоматического управления процессом. Создание таких математических моделей представляет определенные сложности, так как требует учета не только общих закономерностей влияния технологических факторов (температура заливки расплава, температура кокиля, свойства его материала, толщина и свойства огнеупорного покрытия, толщина стенки отливки, свойства сплава и т. д.) на качество отливки, но и многих других факторов, характерных для рассматриваемой системы «отливка–кокиль–механизмы машины».

Методам разработки и создания таких математических моделей посвящена специальная литература [49–51].

Методы и средства решения задачи автоматизации управления технологическим процессом являются общими для различных способов литья. Наиболее подробно они рассмотрены на примере автоматизации управления процессом литья под давлением (см. гл. 1).

Различные варианты программного управления карусельными кокильными машинами рассматриваются в работе [30, с. 146–147].

Надежность работы автоматического комплекса, его производительность и качество отливок во многом зависят от того, насколько правильно учтены требования литейной технологии при создании данного технологического оборудования и как полно учтены требования автоматизации данного технологического процесса при его разработке.

Для наиболее эффективного решения проблемы автоматизации следует не только в комплексе рассматривать создание автоматического оборудования и технологии, но и разрабатывать конструкции деталей и отливок, которые наиболее соответствуют требованиям их изготовления на автоматическом оборудовании. Создание таких технологичных конструкций отливок представляет собой сложную комплексную проблему, но решение ее позволяет получить высокую эффективность производства [49].



### 2.3. Расчет оборудования

Выбор машин для литья в кокиль определяется мощностью цеха, серийностью производства, номенклатурой отливок и рядом других параметров, характеризующих технологический процесс. Как отмечалось ранее, в цехах небольшой мощности применяют однопозиционные машины, в цехах с большим выпуском литья используются многопозиционные карусели или, при производстве простых по форме, но большого габарита отливок, кокильные конвейеры. При выборе машин для литья в кокиль учитываются габаритные размеры кокиля, положение разъема (или разъемов) кокиля, масса жидкого металла, заливаемого в форму, усилие размыкания половинок формы [40, 42].

Технические характеристики некоторых кокильных машин приведены в работах [11, с. 121–125; 30, с. 296–304; 31, с. 335], а также в табл. 2.3.

Количество кокильных станков определяется с учетом величины технологического цикла. Для однопозиционных машин, включая машины литья под низким давлением, эта величина представляет суммарное время занятости кокиля на подготовку к заливке (очистку, покрытие краской, установку стержней), заливку, охлаждение отливки в кокиле и удаление отливки.

Таким образом, длительность технологического цикла индивидуального станка

$$T = t_{\text{п}} + t_{\text{з}} + t_{\text{ох}} + t_{\text{уд}}.$$

При использовании карусельных машин время технологического цикла  $T$  определяется как сумма времени остановки карусели  $T_0$ , которое равно времени наиболее продолжительной операции) и времени поворота на одну позицию  $T_{\text{п}}$ :

$$T = T_0 + T_{\text{п}}.$$

Длительность технологического цикла изготовления отливки зависит от веса, конфигурации, толщины стенки отливки, температуры заливки, рода металла, от конструкции кокиля. Длительность технологического цикла определяется по заводским или справочным данным.

Таблица 2.3

## Технические характеристики однопозиционных кокильных машин

Показатели	Однопозиционные машины с вертикальным разъемом									
	5922	5912	5913	5944	5924	5915	5926А	5946А		
Размер рабочей плоскости плиты для крепления частей кокля, мм	400 × 320	400 × 320	500 × 400	630 × 500	630 × 500	800 × 630	1250 × 630	1250 × 630		
Ход подвижной плиты, мм	200	320	400	250	250	500	320	320		
Наименьшее расстояние между плитами, мм	400	400	500	500	500	630	800	1000		
Усилие раскрытия (закрытия) кокля, кгс	3500	3500	5000	10000	10000	12500	25000	25000		
Время холостого цикла, с	10	7	10	40	15	20	45	65		
Емкость печи (по алюминевому сплаву), кг	-	-	-	-	-	-	-	-		
Мощность электродвигателей, кВт	7,5	7,5	7,5	13	13	10	13	13		
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм	2915 × 750 × 1465	2230 × 750 × 1500	2520 × 1095 × 1500	3200 × 2650 × 2700	3200 × 1850 × 2400	2600 × 1400 × 1250	3560 × 2350 × 2675	3560 × 2350 × 2955		
Масса, кг	3500	2300	2600	7800	4500	4000	9130	10600		

Показатели	Однопозиционные машины с горизонтальным разъемом		Шестипозиционные машины		Трехпозиционные машины	Установки литья под низким давлением		
	5966А	4535Б	5942	83106 (59у66)		83245 (59у44)	83106 (59у66)	4566
Размер рабочей плоскости плиты для крепления частей кокиля, мм	1000 × 800	400 × 500	500 × 400	800 × 630	800 × 630	800 × 500	1000 × 800	1000 × 1000
Ход подвижной плиты, мм	320	200	200	65	65	250 (боковой)	500 (верхний)	-
Наименьшее расстояние между плитами, мм	500	-	-	-	-	630	630	400
Усилие раскрытия (закрытия) кокиля, кгс	18000	5000	8000	12000	12000	12500	20000	35300
Время холостого цикла, с	25	15	22	60	60	55	45	-
Емкость печи (по алюминевому сплаву), кг	-	-	-	-	-	200	200	300
Мощность электродвигателей, кВт	13	15,5	8,6	5,5	5,5	57,6 (общая)	70 (общая)	42
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм	2450 × 2030 × 2300	3200 × 1450	2225 × 1530 × 1750	2050 × 1550 × 950	2050 × 1550 × 950	3000 × 2500 × 3840	2770 × 2100 × 4220	3100 × 2400 × 4750
Масса, кг	6740	6000	4450	3730	3730	14650	15500	14530

Ориентировочная производительность однопозиционных кокильных машин приведена в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Производительность однопозиционных кокильных машин,  
заливок/ч

Масса жидкого металла в кокиле, кг	Без охлаждения кокиля	С охлаждением кокиля	
		воздушным	водным
5	12	15	18
5–10	8	10	12
10–20	6	8	10
20–40	5	7	8
40–60	4	5	6

Так как во многих случаях время на кристаллизацию отливки составляет 60–70 % времени, затрачиваемого на ее изготовление, и при этом кокильщик простаивает, возможна организация обслуживания двух или даже большего числа однопозиционных кокильных машин одним рабочим.

Перед расчетом кокилей необходимо разделить всю номенклатуру отливок на группы, в зависимости от марки применяемой кокильной машины.

Число кокильных машин, предназначенных для определенных групп отливок, необходимое для выполнения производственной программы, рассчитывается по формуле

$$n_k = \frac{N_e \cdot K_n}{g_k \cdot \Phi_d},$$

где  $N_e$  – количество съемов в год (количество форм, подлежащих заливке в течение года) для данной группы отливок, съемов/год;

$K_n$  – коэффициент, учитывающий неравномерность работы оборудования ( $K_n \approx 1,1$ );

$g_k$  – часовая производительность кокиля, съемов/год;

$\Phi_d$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч/год.

Таким образом, производительность кокильного станка по количеству отливок определяется произведением количества отливок в кокиле ( $n_{отл}$ ) на  $g_k$ . Значение  $n_{отл}$  определяется параметрами отливки, конструкцией кокиля и возможностью станка, а  $g_k$  – технологическим циклом изготовления отливок ( $T$ ).

Расчетное количество съемов находится по формуле

$$N_e = \frac{\sum_{i=1}^n (N_{отл}) \cdot (K_{бр})_i}{(n_{отл})_i},$$

где  $N_{отл}$  – годовой выпуск  $i$ -й отливки, отл./год;

$K_{бр}$  – коэффициент брака  $i$ -й отливки;

$i$  – порядковый номер отливки в группе;

$n$  – количество отливок в форме.

Расчитанное количество кокильных машин округляется до целых больших чисел и определяется коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{n_k}{(n_k)_в},$$

где  $n_k$  – расчетное количество машин (без округления);

$(n_k)_в$  – выбранное количество машин.

Значения  $K_3$  однопозиционных кокильных машин должны находиться в интервале 0,6–0,9.

Для карусельной кокильной установки  $K_3$  должен составлять  $0,6 < K_3 < 0,8$ .

Часовая потребность в облицовках и красках определяется по формуле

$$Q_k = \frac{E \cdot P_{ок} \cdot K_{пот}}{K_n \cdot \Phi_d}, \text{ кг/ч,}$$

где  $E$  – годовой выпуск литья (с учетом брака), т/год;  
 $P_{ок}$  – расход облицовки (краски) на 1 т литья, кг/т;  
 $K_{пот}$  – коэффициент потерь и запаса;  
 $K_n$  – коэффициент загрузки оборудования;  
 $\Phi_d$  – годовой действительный фонд времени, ч/год.

Подбор оборудования плавильных отделений и отделений финишной обработки в цехах кокильного литья при производстве цветных сплавов осуществляется аналогично подбору оборудования соответствующих отделений цехов литья под давлением (см. гл. 1), а при производстве литья в кокиль из черных сплавов – как отделений цехов литья в песчаные объемные формы [36, с. 6–13, 45–53]. Для чугунных отливок обычно требуется установка термических печей для отжига.

Методика расчета плавильного смесеприготовительного, стержневого, термообрубного отделения, склада формовочных и шихтовых материалов изложена в работе [36], вспомогательных отделений – в работе [37].

## 2.4. Литье под низким давлением

Наиболее полно литье под низким давлением рассматривается в работах [8, 11, 43, 46]. В последние годы для изготовления кокильных отливок, в основном из цветных сплавов, все чаще применяют процесс литья под низким давлением. При этом способе обеспечиваются получение отливок с плотной структурой, автоматизация заливки металла в кокиль, снижение расхода металла на литниковую систему, улучшение заполняемости кокиля. Литьем под низким давлением получают отливки с толщиной стенок 2–3 мм.

Технические характеристики установок для литья под низким давлением приведены в табл. 2.3. Машина для литья под низким давлением модели 4566 показана на рис. 2.9.

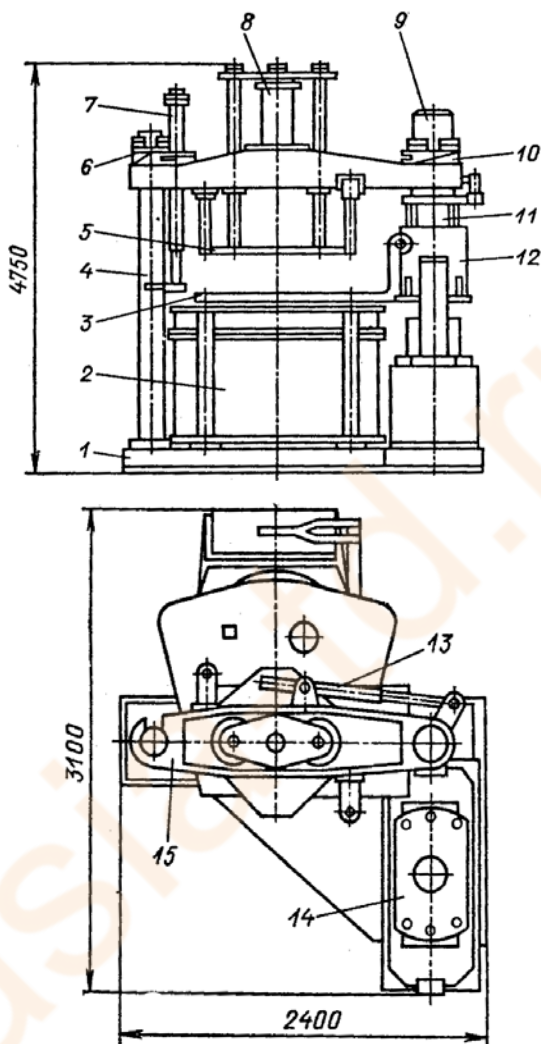


Рис. 2.9. Машина для литья под низким давлением модели 4566

(без гидростанции и шкафов управления):

1 – основание; 2 – печь герметизированная для алюминиевого сплава; 3 – рычаг механизма поворота под нижнюю часть кокиля; 4, 11 – колонны; 5 – крепежная плита под верхнюю часть кокиля; 6, 10 – зажимы траверсы; 7 – механизм съема отливок из верхней части кокиля; 8 – механизм раскрытия; 9 – узел подвода гидравлики; 12 – механизм поворота; 13 – цилиндр поворота; 14 – механизм выталкивания отливок из нижней части кокиля; 15 – траверса

## 2.5. Литье в облицованные кокили

Вопросам литья в облицованные кокили посвящен ряд работ [8, с. 114–116, 121–122; 11, с. 125–132; 44]. Определенные технологические преимущества присущи изготовлению отливок в облицованных кокилях. Этот процесс представляет собой сочетание способов литья в кокиль и в оболочковые формы. Нагретую плиту с моделью накрывают половиной кокиля. Полость, образовавшуюся между рабочей поверхностью модели и кокилем, из пескострельной головки через сопла заполняют плакированной смесью, применяемой в оболочковом литье. Под действием теплоты смесь – облицовка – отверждается. После извлечения модели получают кокиль (полуформу), у которого рабочая поверхность оформлена облицовкой. Таким же образом получают и вторую половину кокиля. После заливки металла в собранный облицованный кокиль связующее в облицовке выгорает, она теряет прочность и довольно легко удаляется из кокиля. После очистки кокиль снова возвращается для нанесения облицовки. Применение облицовки обеспечивает многократное увеличение стойкости кокиля, снижение его стоимости (кроме плоскости разъема, кокиль не обрабатывают резанием), возможность регулирования в широких пределах теплового режима формирования отливки путем варьирования толщиной облицовки.

Автоматизированная линия изготовления отливок в облицованных кокилях (рис. 2.10) работает следующим образом. Кокиль 8 по рольгангу 7 подается к карусельному автомату 1. На автомате происходит надув и отверждение облицовки, после чего кокиль снимают с карусели и кантуют плоскостью разъема вверх. К позиции сборки 2 кокиль подается приводным рольгангом. Металл заливают из ковша 3, после чего кокили охлаждают на рольганге. На манипуляторе 4 осуществляются разборка кокиля, прошивка надувных отверстий, выталкивание отливок из кокиля и сбрасывание их на приемное устройство. В камере 5 кокили охлаждаются и очищаются от остатков облицовки. После выхода из камеры кокиль кантуется в манипуляторе 6, оператор его осматривает и в случае необходимости подчищает вручную.



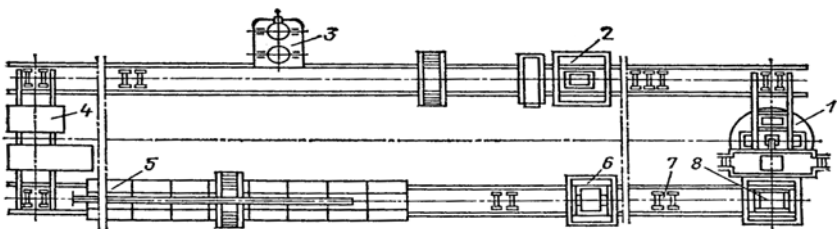


Рис. 2.10. Схема автоматизированной линии изготовления отливок в облицованных кокилях:

- 1 – карусельный автомат; 2 – позиция сборки кокиля; 3 – ковш с расплавом; 4 – манипулятор разборки кокиля; 5 – камера охлаждения; 6 – манипулятор кантовки; 7 – рольганг; 8 – кокиль

## 2.6. Организация работ на заливочном участке цеха литья в кокили

*Рабочее место* – это основное звено производства, та пространственная зона со всем находящимся в ней оборудованием, инструментом и оснасткой, где рабочий или бригада рабочих осуществляют непосредственное выполнение производственного процесса. Рациональная организация рабочего места предусматривает наиболее целесообразную оснащенность и планировку рабочего места. Рабочее место кокильщика оснащается:

- 1) кокильными установками;
- 2) раздаточными или плавильно-раздаточными печами;
- 3) установками для замера температуры;
- 4) инструментом и приспособлениями;
- 5) производственной мебелью (этажерками, тумбочками, стеллажами) для размещения инструмента и приспособлений;
- 6) транспортными средствами и тарой для транспортирования отливок на последующие операции.

Организация производства на кокильном участке в первую очередь зависит от того, на каких кокильных установках изготавливают отливки. При мелкосерийном производстве заливку деталей производят в ручные кокили. Небольшие ручные кокили устанавливают на специальные столы. Кокили имеют ручной привод для разъема, а удаление стержней производится вручную. Ручные кокили рационально применять только при отливке мелких деталей и небольших

объемах производства, так как при работе на них значительный удельный вес занимает ручное время. При серийном и крупносерийном производстве применяют более совершенное оборудование в виде кокильных станков. Кокильные станки чаще всего имеют такую конструкцию, которая позволяет монтировать на них кокилы различных типоразмеров.

Для изготовления мелких и крупных фасонных отливок применяют также литейно-кокильные и карусельные машины, отличающиеся от станков полной или частичной механизацией и автоматизацией процесса. Кокильные и карусельные машины позволяют организовать непрерывное производство отливок. Для обеспечения кокилей металлом на рабочем месте устанавливают раздаточные печи. Рабочий сплав в этих печах периодически пополняют из плавильных агрегатов. В раздаточной печи металл доводят до нужной температуры, которую поддерживают в течение всего времени заливки. Из раздаточной печи кокильщик с помощью ковша или разливочной ложки зачерпывает металл и заливает его в кокиль. Емкость раздаточной печи зависит от ряда факторов: производительности кокильных установок; массы отливок; принятой технологии изготовления отливок; времени, затрачиваемого на приготовление сплава в плавильных агрегатах.

Печь выбирают такой емкости, чтобы в работе кокильщика не было перерыва. В то же время печь не должна иметь слишком большую емкость, так как от длительного пребывания сплава в печи качество отливок снижается. Разбор содержимого печи должен производиться в течение 45–90 мин.

Для литья в кокиль алюминиевых деталей применяют раздаточные печи в основном с одним из трех видов обогрева – нефтяным, газовым или электрическим. Нефтяные печи малозкономичны. Кроме того, они способствуют загазованности цеха и не обеспечивают равномерного нагрева металла. Газовые печи значительно более экономичны и гигиеничны. Но не все предприятия располагают газовым топливом. Наиболее удобными являются электропечи сопротивления. Они гигиеничны, производительны, позволяют контролировать и регулировать температуру металла.

При небольших масштабах производства в качестве раздаточных иногда применяют плавильные тигельные печи или, наоборот, жидкий сплав готовят в раздаточных печах, т. е. приготовление

сплава и его разливку выполняют из одной и той же печи периодического действия. Этот способ непроизводителен и связан с большими перерывами в работе кокильщика, равными времени плавки и доводки сплава.

При некоторых вариантах организации массового и крупносерийного производства совмещение плавильной и раздаточной печи является целесообразным. Но в этом случае, в отличие от описанного выше, применяют плавильный агрегат непрерывного действия, например, печи типа САК или ПК. Печь имеет загрузочное окно, через которое производится загрузка шихты. Расплавленный металл поступает из металлосборника печи в приемник у раздаточного окна, через которое кокильщик (или несколько кокильщиков) зачерпывает металл для заливки кокилей. Есть печи, которые имеют два раздаточных окна, и соответственно около каждого располагается несколько рабочих мест.

При отливке крупных деталей массой более 20–30 кг металл берут непосредственно из плавильного агрегата непрерывного действия (например, печи типа САН или индукционной), который может находиться на сравнительно большом расстоянии от рабочего места. Жидкий металл выливается через носок при наклоне печи в большой заливочный ковш, который транспортируют к месту заливки по монорельсу или другим транспортером. Удобно применение передвижных печей, которые можно подавать для пополнения металлом в плавильное отделение и легко заменять при ремонте, а также применение наклоняющихся печей, где заливка металла производится не зачерпыванием, а через носок печи путем ее наклона.

Заливка кокилей магниевыми сплавами производится не только из плавильных печей, но и из раздаточных.

Наиболее прогрессивным технологическим решением является применение заливочно-дозировочных устройств (дозаторов). Для заливки алюминиевых и магниевых сплавов широко применяются пневматические дозаторы, совмещенные с раздаточной или плавильно-раздаточной печью.

Транспортирование жидкого металла из плавильного отделения к раздаточным печам осуществляется несколькими способами. Первый способ – транспортирование в ковшах, установленных на электропогрузчиках. Ковш, установленный таким образом, можно поворачивать и наклонять. Система снабжения металлом на электропо-

грузчиках очень гибкая, она позволяет обслуживать раздаточные печи в любом порядке и, кроме того, не ограничивать возможности перестановки оборудования. Однако эта система требует хорошего состояния полов в литейном цехе и широких проездов. Наиболее распространено транспортирование жидкого металла в ковшах по монорельсу с помощью тали, управляемой из кабины, которая перемещается вместе с ковшом.

Применение съемных конструкций ковшей позволяет производить некоторые операции по доводке сплава (рафинирование, модификация) вне печи – непосредственно в подогреваемых ковшах.

Инструмент кокильщика делится на следующие группы:

- инструмент, применяемый при плавке металла и заливке его в кокиль: шлакоочистители, ложки, ковши, ручки;
- инструмент, применяемый при подготовке и сборке кокиля: шаберы, щетки, ежи, пульверизаторы;
- инструмент, применяемый при извлечении отливки из кокиля: ломы, клещи и т. п.

Разливку металла из раздаточных печей производят с помощью различных ложек и ковшей. Объем ковша при отливке алюминиевых деталей должен быть равен объему металла заливаемой детали, а при отливке магниевых деталей должен быть на 7–10 % больше, так как донный остаток металла бывает сильно загрязнен. Остатки металла из ковша сливают в стоящую рядом с печью изложницу.

Рациональная планировка рабочего места имеет большое значение для повышения производительности труда, так как позволяет рабочему отливать детали, затрачивая минимум энергии и движений. Она должна обеспечивать экономное использование производственных площадей. В то же время тесное расположение оборудования и оснастки может привести к снижению производительности труда и травматизму.

Рабочее место кокильщика должно соответствовать общим принципам организации рабочего места. На рабочем месте не должно быть ничего лишнего, а все необходимое должно быть удобно расположено. Все, что берется правой рукой, должно лежать справа, а все, что берется левой рукой, – слева. Предметы, которыми пользуются чаще, необходимо размещать ближе тех предметов, которые применяются реже.

Все предметы, которыми пользуется рабочий, должны находиться в пределах досягаемости вытянутых рук. Оптимальный размер рабочей зоны определяется дугами, описываемыми руками рабочего при их движении в локтевом суставе в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Кокильная установка – это центр рабочего места. В рабочем положении кокильщик стоит к ней лицом. Кокиль монтируется на стол или станок таким образом, чтобы высота рабочей зоны находилась на уровне локтей рабочего. Если рабочая зона по какой-либо причине находится выше уровня локтей рабочего, под ногами устанавливают подставку, если ниже этого уровня – поднимают кокиль. Раздаточная печь с металлом должна находиться сбоку от плавильщика или сзади него на расстоянии 1,5–2,5 м. Увеличение расстояния между кокилем и печью приводит к потере времени на непроизводительные движения, уменьшение этого расстояния может вызвать перегревание рабочего.

Около одной раздаточной печи можно размещать от одного до четырех рабочих мест, в зависимости от габарита и веса заливаемых деталей. При отсутствии раздаточных печей, когда детали заливаются из плавильно-раздаточных агрегатов, последние располагают на расстоянии 3–5 м от кокилей. При этой форме организации производства производительность труда значительно снижается из-за большого расстояния, проходимого кокильщиком от печи к кокилю.

При отливке мелких и средних деталей с одной стороны от кокиля (чаще всего справа) ставят столик или тумбочку для инструмента, бачка с краской, клейм (рис. 2.11), с другой стороны складываются отливки. В условиях мелкосерийного производства детали складываются на пол, при более крупных объемах производства – в специальную тару. Тару изготавливают на ножках или подставках, чтобы под нее можно было подкатывать тележки с подъемной платформой, поднимать и увозить ее. Рационально складывать отливки сразу на тележки, минуя тару. При более совершенной организации производства или при отливке крупных деталей транспортирование отливок к месту обрезки осуществляют с помощью конвейера, рольганга или транспортера.

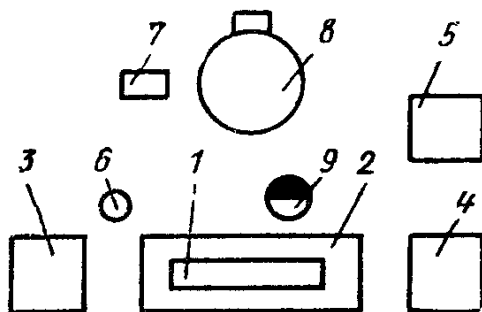


Рис. 2.11. Схема организации рабочего места для отливки алюминиевых деталей с применением песчаных стержней:

1 – кокиль; 2 – кокильный стол; 3 – тумбочка для инструмента и приспособлений; 4 – тара для отливок; 5 – этажерка для песчаных стержней; 6 – шланг сжатого воздуха; 7 – место плавления инструмента; 8 – раздаточная печь; 9 – рабочий

Рядом с раздаточной печью находится место для заливочного инструмента и изложница для слива остатков сплава из ковша. На рабочем месте должна размещаться газовая горелка (если имеется газ) для разогрева кокилей и стержней, шланг со сжатым воздухом для обдувки отливок и полости кокиля, вода для охлаждения матриц и стержней кокиля. Между рабочими местами устраиваются для слива воды в канализацию канализационные люки, закрытые сверху плитами. В случае применения песчаных стержней на рабочем месте устанавливают этажерку для их хранения. Если же на участок не подведен газ, то для подогрева стержней и арматуры иногда устанавливают специальную печь или электрогорелку. При отливке крупных деталей для установки стержней и удаления отливок применяют пневматические подъемники. В случае если технологией предусмотрено рафинирование или модифицирование сплава в раздаточных печах, около последних устанавливают бачки с соответствующими материалами.

При литье магниевых деталей на рабочем месте помимо плавильно-раздаточной печи имеют еще печь для жидкого флюса и ящик с сухим флюсом. В печи с жидким флюсом кокильщик промывает ковш перед каждым забором металла, а сухим флюсом при помощи сетчатого бачка он во избежание загорания сплава припыливает зеркало металла после каждого зачерпывания.

При отливке алюминиевых деталей заливку мелких и средних деталей массой до 10 кг наиболее рационально производить из раз-

даточной печи с помощью ручного ковша. Детали массой от 10 до 20 кг можно также заливать из раздаточной печи, но уже двумя ковшами. Детали более 20 кг заливают с помощью большого ковша, перемещаемого по монорельсу. Металл в этом случае набирают не из раздаточной печи, а из плавильного агрегата [40]. При отливке магниевых деталей практика многих заводов показывает, что заливку мелких деталей массой до 2 кг удобно производить из раздаточных печей, заливку деталей массой от 2 до 15 кг лучше производить из стационарных плавильных печей или дозаторов, массой более 15 кг – из выемных тиглей или также из дозаторов.

На рис. 2.12 изображены схемы организации рабочих мест для заливки мелких и средних отливок с расположением одного рабочего места и двух рабочих мест около раздаточной печи.

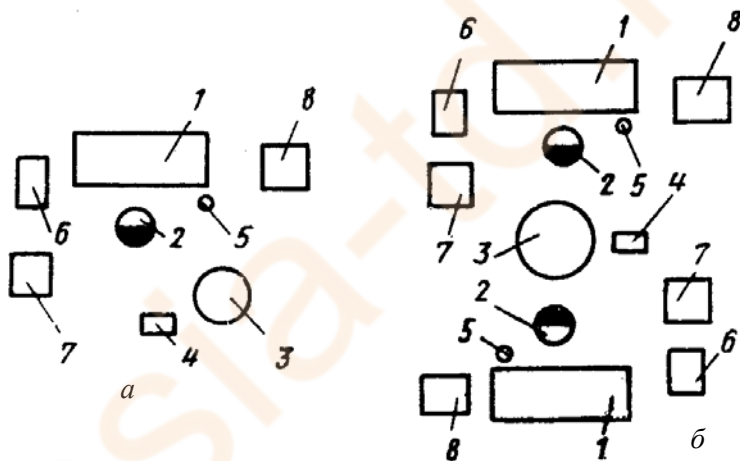


Рис. 2.12. Схема организации рабочего места кокильщика:

*а* – одно рабочее место у раздаточной печи;

*б* – два рабочих места у одной раздаточной печи:

1 – кокиль; 2 – рабочий; 3 – раздаточная печь; 4 – ящик для сбора отходов;

5 – шланг сжатого воздуха; 6 – стол для стержней; 7 – ванны для охлаждения металлических стержней; 8 – ящик для отливок

При заливке деталей в кокиль происходит интенсивное тепло- и газовыделение, что может неблагоприятно отразиться на здоровье рабочих. Чтобы устранить вредное влияние газов и тепла на работающих в цехе, устанавливают мощную вентиляцию. Над раздаточ-

ными и плавильными печами, особенно для магниевых сплавов, над тиглями с флюсом устанавливают вытяжные зонты. Такие же зонты устанавливают и над кокильными установками, если детали отливается с применением песчаных стержней. Кроме местных вытяжных зонтов в цехе монтируется общеобменная вентиляция. Очень эффективно подведение к каждому рабочему месту индивидуальной приточной вентиляции в виде воздушного душа.

Рабочее место интенсивно освещают, причем освещение должно быть направлено на раздаточную печь, кокиль, стол с инструментом. При отливке больших деталей с глубокими поднутрениями дополнительно применяют переносные лампы.

От правильной организации труда на участке зависят производительность труда, качество выпускаемой продукции, экономичное расходование материалов, степень утомляемости рабочего. Одним из условий хорошей организации труда является рациональная организация обслуживания рабочего места, обеспечение его всем необходимым для бесперебойного протекания производственного процесса, а также своевременное предупреждение возможности перебоев в ходе производства.

При мелкосерийном производстве кокильщик помимо своей основной работы – заливки деталей – выполняет много вспомогательных работ, таких как, например, доставка кокиля на рабочее место и его установка, доставка приспособлений и стержней, подноска металла и заполнение раздаточной печи, транспортирование отливок. При серийном, крупносерийном и тем более массовом производстве рабочий должен быть максимально разгружен от выполнения вспомогательных и подсобных работ, требующих перерыва или замедления работы, и все свое рабочее время использовать на изготовление отливок. Выполнение рабочим вспомогательных работ снижает его производительность.

Рациональная организация обслуживания рабочих мест при серийном и крупносерийном производстве предусматривает:

- 1) доставку кокиля со склада на рабочее место, а после изготовления партии деталей – обратно на склад подсобными или транспортными рабочими;
- 2) установку кокиля, его наладку наладчиком;
- 3) обслуживание плавильных и раздаточных печей, доставку жидкого металла к раздаточным печам плавильщиками;



4) транспортирование отливок из кокильного отделения в обрубное транспортными рабочими.

Система обслуживания рабочих мест должна строиться на основании суточных и сменных графиков работы кокильного отделения.

Вспомогательные работы по обслуживанию не должны тормозить производственную работу, поэтому их следует производить параллельно, или в обеденный перерыв, или во время специальной подготовительной смены. Организация подготовительной смены, во время которой осуществляются ремонт печей, кокильных установок, плавка металла и подготовка всего необходимого для работы производственных рабочих, значительно повышает производительность труда.

Производственная работа организуется в две смены, третья смена резервируется для подготовки. Подготовительная смена может либо занимать целиком третью смену, либо начинаться на 2–3 ч раньше рабочей смены, а затем продолжаться параллельно ей. При массовом производстве, где подготовительно-заключительное время сведено до минимума или совсем отсутствует, такие операции по подготовке кокиля, как разогрев или окраска кокилей, также производятся наладчиками во время подготовительной смены.

Одной из основ рациональной организации труда является разделение и кооперирование труда. Специализация способствует выработке у рабочего определенных навыков, приводит к углублению знаний, что повышает производительность труда и качество продукции. Необходимо стремиться к тому, чтобы рабочие места были закреплены за рабочими. За рабочими также должны быть закреплены определенные шифры кокилей. Для осуществления этого мероприятия требуется, чтобы месячный план был своевременно доведен до отделения или участка, что дает возможность мастеру установить, какая деталь будет отливаться каждым рабочим.

Если проанализировать структуру затрат рабочего времени на изготовление отливок, то можно заметить, что во многих случаях время на кристаллизацию отливки, т. е. технологическое время, достигает 60–70 % всего времени, затрачиваемого на изготовление заготовки. Так как это время значительно перекрывает время на производство ручных операций, остаток технологического времени может быть использован для многостаночного обслуживания нескольких кокилей. Кокильщик выполняет всю ручную работу на одном кокиле, заливает его металлом и переходит к другому, затем к третьему и т. д.

Для того чтобы решить вопрос о возможности многостаночного обслуживания нескольких кокилей на том или ином рабочем месте, необходимо провести хронометражные наблюдения. Если данные хронометража свидетельствуют о том, что применение многостаночного обслуживания возможно и целесообразно, составляют графики совмещения работ на нескольких кокилях (рис. 2.13).

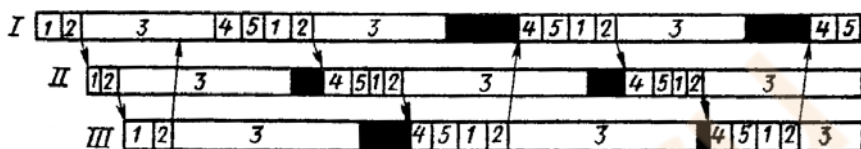


Рис. 2.13. График работы кокильщика при обслуживании трех кокилей:

*I* – время очистки и закрытия кокиля; 2 – время на заливку металла в кокиль; 3 – время на кристаллизацию отливки; 4 – время на открытие кокиля; 5 – время на извлечение отливки и осмотр (зачерчено время простоя кокиля; стрелки указывают на переходы от одного кокиля к другому)

На эти графики наносят следующие данные:

- 1) время ручной работы, связанное с подготовкой кокиля к заливке;
- 2) время на заливку металла;
- 3) время кристаллизации;
- 4) время ручной работы, связанное с открытием кокиля и извлечением отливки;
- 5) время на переходы от кокиля к кокилю;
- б) время простоя кокиля или рабочего.

Группировка производится на основе наиболее удачного сочетания времени ручной работы и времени кристаллизации. Кокили не должны терять свой тепловой режим. Все кокили заливают сплавом одного химического состава. Подбирают кокили близких конструкций, чтобы рабочий производил однотипные движения, которые можно изучить до мельчайших подробностей (лучший вариант – подбор нескольких кокилей одного наименования отливок). Маршрут обслуживания и организация рабочего места должны быть наиболее рациональными.

Для облегчения подбора кокилей при многостаночном обслуживании все имеющиеся кокили разбивают на группы по следующим

признакам: марка заливаемого сплава, вид и конструкция кокиля, время кристаллизации отливки, время ручной работы. На основании этих признаков комплектуют группы родственных кокилей для многостаночного обслуживания. При обслуживании нескольких кокилей для одного наименования отливок количество кокилей для многостаночного обслуживания может быть определено по формуле

$$n = \frac{\tau}{t_{\text{руч}}} (0,9 + 1),$$

где  $n$  – число кокилей;

$\tau$  – время кристаллизации одной отливки, мин;

$t_{\text{руч}}$  – время ручной работы (открытие, закрытие кокиля, заливка металла, переходы от одного кокиля к другому), мин;

0,9 – коэффициент, учитывающий микропаузы в работе.

При работе с кокилями разных конструкций и разным временем кристаллизации количество кокилей для многостаночного обслуживания определяется по формуле

$$n = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n}{t_{\text{руч1}} + t_{\text{руч2}} + \dots + t_{\text{ручn}}} (0,8 + 1),$$

где  $n$  – число кокилей;

$\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$  – время кристаллизации отливки в каждом кокиле, мин;

$t_{\text{руч1}}, t_{\text{руч2}}, \dots, t_{\text{ручn}}$  – время ручной работы на каждом кокиле, включая время на переходы, мин;

0,8 – коэффициент, учитывающий микропаузы в работе.

При многостаночном обслуживании кокилей очень важное значение имеет определение наивыгоднейшего маршрута движения и наилучшего варианта расположения кокилей и последовательности операций. При этом нужно, чтобы длина пути при одном цикле заливки была минимальной; время на изготовление всех отливок в одном цикле – кратчайшим; соблюдались правила техники безопасности и промсанитарии; утомляемость рабочего была наименьшей.

На рис. 2.14 изображены возможные варианты расположения кокилей при многостаночном обслуживании.

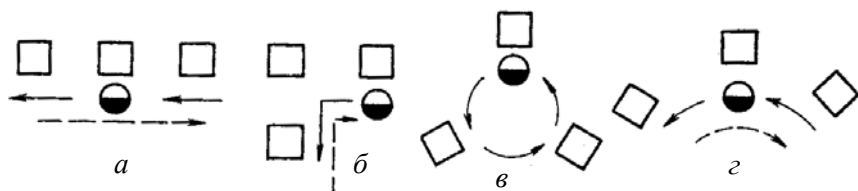


Рис. 2.14. Возможные варианты расположения кокилей при многостаночном обслуживании:

*a* – линейное; *б* – перпендикулярное; *в* – кольцевое; *г* – веерообразное

Первый вариант – линейное расположение. При нем имеет место непроизводительное хождение назад, к первому кокилю. Тем не менее этот вариант наиболее удобен в том случае, если отливки транспортируются по конвейеру. Извлекая отливку из кокиля, рабочий сразу же навешивает ее на крюк конвейера и переходит к следующему кокилю.

Расположение кокилей под прямым углом друг к другу имеет те же недостатки, что и линейное расположение, хотя непроизводительные хождения рабочего в этом случае несколько меньше. Этот вариант менее удобен при конвейерном транспортировании отливок.

Кольцевое расположение кокилей самое неудобное. При этом варианте раздаточная печь размещается в центре кольца. При среднем расстоянии кокиля от центра печи в 2–2,5 м рабочий, совершая один цикл, будет проходить путь 12–15 м, что вызовет большую его утомляемость. Применение конвейера при этом варианте нерационально, так как рабочий будет затрачивать много времени на переноску отливок от тех кокилей, которые максимально удалены от конвейера.

Наиболее производительным является веерообразное расположение кокилей.

При транспортировании отливок тележками тару для сбора отливок лучше всего располагать сзади кокилей. Расположение их сбоку увеличивает размер пути, по которому передвигается рабочий. Можно для двух кокилей ставить один ящик. Этот вариант также удобен и при транспортировании, так как он приближается к линейному.

При многостаночном обслуживании важное значение имеет правильное расположение инструмента и приспособлений. Стол с ин-

струментом и приспособлениями лучше всего располагать слева от каждого кокиля. Кокильщику неудобно работать, если у одного кокиля он располагается слева, а у другого – справа, так как при этом теряются ориентация и темп работы. Ковш для заливки металла размещают около раздаточной печи так, чтобы он опирался на подставку, или на борту печи, но ни в коем случае не на полу, чтобы рабочий не тратил лишних движений на поднятие ковша.

Обслуживание кокилей может быть индивидуальным и бригадным. При бригадном обслуживании чаще всего организуются комплексные бригады, где каждый рабочий выполняет различные, но технологически связанные между собой операции. Крупные кокили обслуживает бригада из двух-трех кокильщиков. Чаще всего при бригадном методе работы обслуживаются два-три кокиля, а иногда и больше.

Пример разделения труда в комплексной бригаде: первый рабочий подвозит металл в ковше от печи по монорельсу и поочередно заливает четыре кокиля из одного ковша, второй рабочий вслед за первым через 2 мин после заливки открывает каждый кокиль, извлекает отливку клещами и навешивает ее на крюк подвесного конвейера, третий рабочий последовательно обдувает полость кокиля сжатым воздухом, устанавливает в нее песчаный стержень и закрывает кокиль, третий рабочий является бригадиром.

При бригадной работе общее количество рабочих в бригаде должно быть меньше, чем если бы каждый рабочий обслуживал отдельный кокиль или группу кокилей. Один из рабочих, чаще всего наиболее квалифицированный, является бригадиром. Очень важным моментом в организации труда является правильное использование квалификации рабочих. Количество работающих в бригаде и их квалификация зависят от количества обслуживаемых кокилей, их сложности, степени механизации, характера технологического процесса.

На участке мелких отливок квалификация рабочих может быть на один-два разряда ниже, чем на участке крупных отливок. Внутри бригады транспортирование металла и заливку его в формы производит рабочий более низкой квалификации, так называемый подручный (1–2-го разряда), а разборку и сборку кокиля, покраску и очистку производит рабочий более высокой квалификации (3–4-го разряда). При заливке магниевых деталей, наоборот, набор металла из печи в ковш и заливку кокиля должен производить наиболее квалифицированный рабочий, так как имеется опасность попадания по-

кровного флюса в отливку. При многостаночном обслуживании кокилей в сменах организуются бригады из 4–12 кокильщиков, на каждую бригаду выделяются бригадир-наладчик и слесарь.

В цехах кокильного литья очень часто применяется совмещение профессий, т. е. один рабочий выполняет две или несколько разнохарактерных, но производственно близких работ. Так, если кокильщик не работает на нескольких кокилях, то технологическое время кристаллизации отливки он может использовать для других работ – зачистки песчаных стержней, удаления у отливки литниковой системы и др. Совмещение профессий позволяет значительно повысить производительность труда за счет более полного использования рабочего времени. Совмещать можно не любые профессии, а только те из них, по которым производимые работы территориально и по времени не исключают друг друга. Совмещение профессий в кокильном отделе можно осуществлять по двум направлениям:

а) основные с основными, например: кокильщик и плавильщик, кокильщик и обрубщик, кокильщик и стерженщик-зачищальщик;

б) основные со вспомогательными, например: кокильщик и наладчик, кокильщик и контролер.

Для успешной работы кокильщика большое значение имеет выявление и освоение наиболее эффективных приемов работы. Одним из способов передачи передовых приемов труда является инструктаж. Инструктаж – это доведение до рабочего определенного объема знаний и навыков, необходимых для выполнения сменного задания, повышения производительности труда, изготовления отливок высокого качества, безопасности работы.

Производственный инструктаж должен выполняться комплексно и охватывать не только производственных рабочих, но и рабочих, производящих обслуживание участка. Формы проведения инструктажа могут быть как письменными, так и устными. Письменный инструктаж заключается в вывешивании на рабочих местах технологических карт, инструкций, памяток, плакатов, материал которых должен быть четко и доходчиво оформлен. Устный инструктаж производится мастерами или бригадирами, а в отдельных случаях – технологами или нормировщиками. В начале рабочей смены после получения рабочим наряда и технической документации мастер или бригадир объясняет рабочему, как правильно выполнить заданную работу,

разбирает с ним технологическую карту. Одновременно он показывает, как надо подготавливать кокиль, устанавливать стержни и т. д.

В течение смены мастер или бригадир также несколько раз обходят рабочие места, выявляя недостатки в приемах и навыках работы и давая дополнительный инструктаж.

Передовые методы труда можно внедрять путем обмена опытом между самими рабочими, а также путем демонстрации работы передовиков.

## 2.7. Примеры планировок участков и цехов кокильного литья

Пример плана расположения оборудования в цехе алюминиевого кокильного литья на выпуск 11–12 тыс. т/год показан на рис. 1.20 (цех кокильного литья сблокирован с цехом литья под давлением).

На рис. 2.15 приведена планировка кокильного участка, на котором из чугуна отливают арматурные детали. Участок оснащен семью шестипозиционными карусельными кокильными автоматами 2. Выплавленный в индукционных тигельных печах 1 типа ИЧТ-6 металл подвозится к двум раздаточным стендам 3. От этих стендов чугун забирается разливочными ковшами 4. Для уборки отлитых деталей служит конвейер 5.

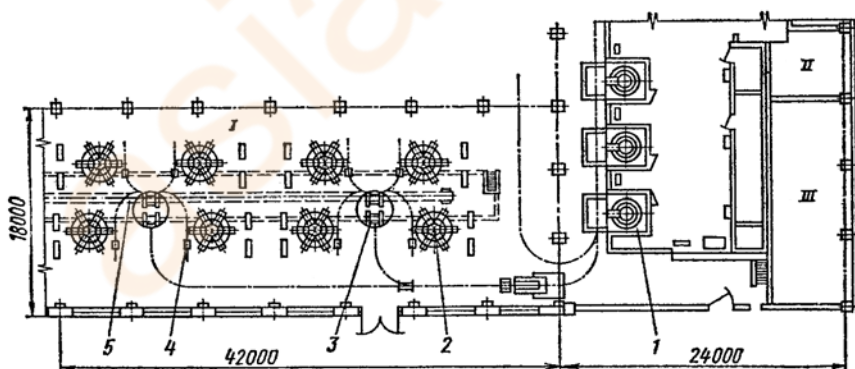


Рис. 2.15. Участок кокильного литья:

I – кокильный участок; II – насосная; III – трансформаторная для печей ИЧТ-6

План расположения оборудования в цехе чугунного литья на выпуск 40 000 т/год труб и фасонных отливок приведен на рис. 2.16. Цех имеет два пролета, примыкающих торцом к складу шихтовых и формовочных материалов. В одном пролете организовано производство труб, в другом – фасонных отливок. Чугун из вагранок 1 производительностью 15 т/ч выдается в барабанные ковши емкостью 1 т и по замкнутому монорельсу 11 с помощью электроталевых тележек 5 грузоподъемностью 3 т раздается по миксерам 10 с газовым обогревом. Емкость миксеров 2 т. Трубы отливают в многогорторных машинах 2. Заливочные устройства передвигают по монорельсам 4 вручную. Трубы после удаления из изложниц с помощью приспособления 3 передаются на уборочно-охладительный конвейер 6. Фасонные части отливают на четырех автоматизированных кокильных линиях 9. Извлеченные из кокилей отливки через люки поступают в подземную галерею на вибрационный охлаждающе-уборочный конвейер 7.

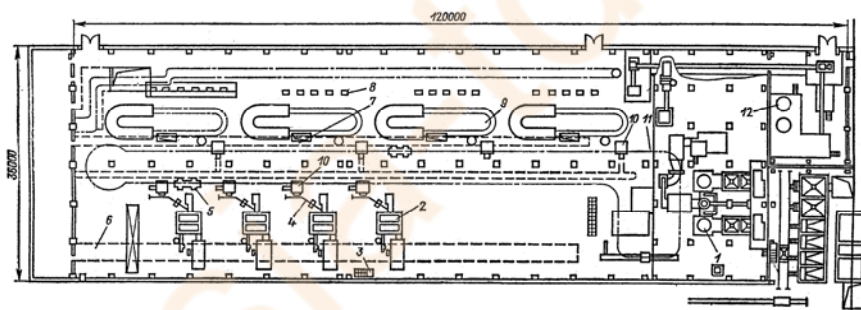


Рис. 2.16. Цех кокильного литья на выпуск 40 000 т/год отливок труб и фасонных частей

Песчаные стержни изготавливают на вибропрессовых формовочных машинах 8.

Каждая из линий обслуживается пятью такими машинами. Для приготовления стержневой смеси предусмотрены смешивающие бегуны 12. Приготовление облицовок и красок для кокилей и изложниц централизовано. К местам потребления их подают по трубопроводу.



### **3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ ЛИТЬЯ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ**

В данных цехах предусматривается выпуск отливок разной степени сложности из любых литейных сплавов. Для данного производства наиболее целесообразно отбирать детали сложной конфигурации с большим объемом механической обработки, т. е. с низким коэффициентом использования металла.

Основными исходными данными для проектирования цеха литья по выплавляемым моделям являются производственная программа и характеристика изготавливаемых отливок.

#### **3.1. Разработка технологического процесса и расчет оборудования**

Выбор технологического процесса и оборудования является определяющим, главным в проектировании цеха. Технологический процесс и оборудование должны обеспечивать получение отливок нужного качества с наименьшими трудовыми и материальными затратами.

На рис. 3.1 приведена схема технологического процесса, который можно принимать за основу для технологической части проекта, с распределением операций по отделениям цеха. Характеристики оборудования и рекомендации по его применению приводятся в каталогах на литейное оборудование, а также в работах [8, с. 5–65; 11, с. 197–247; 30, с. 101–102, 275–290; 35, с. 101–103; 52; 53].

Для расчета технологического и транспортного оборудования вначале необходимо определить требуемое количество материалов (модельного состава, суспензии, песка и др.), а также полуфабрикатов и изделий (модельных звеньев, блоков, отливок и т. п.), которое должно быть изготовлено на этом оборудовании для выполнения производственной программы.

На производстве эти величины обычно определяются:

а) при серийном производстве – по технологическим картам для характерных отливок, представляющих собой группы идентичных отливок (отливки-представители);

б) при массовом производстве – по технологическим картам на все отливки.

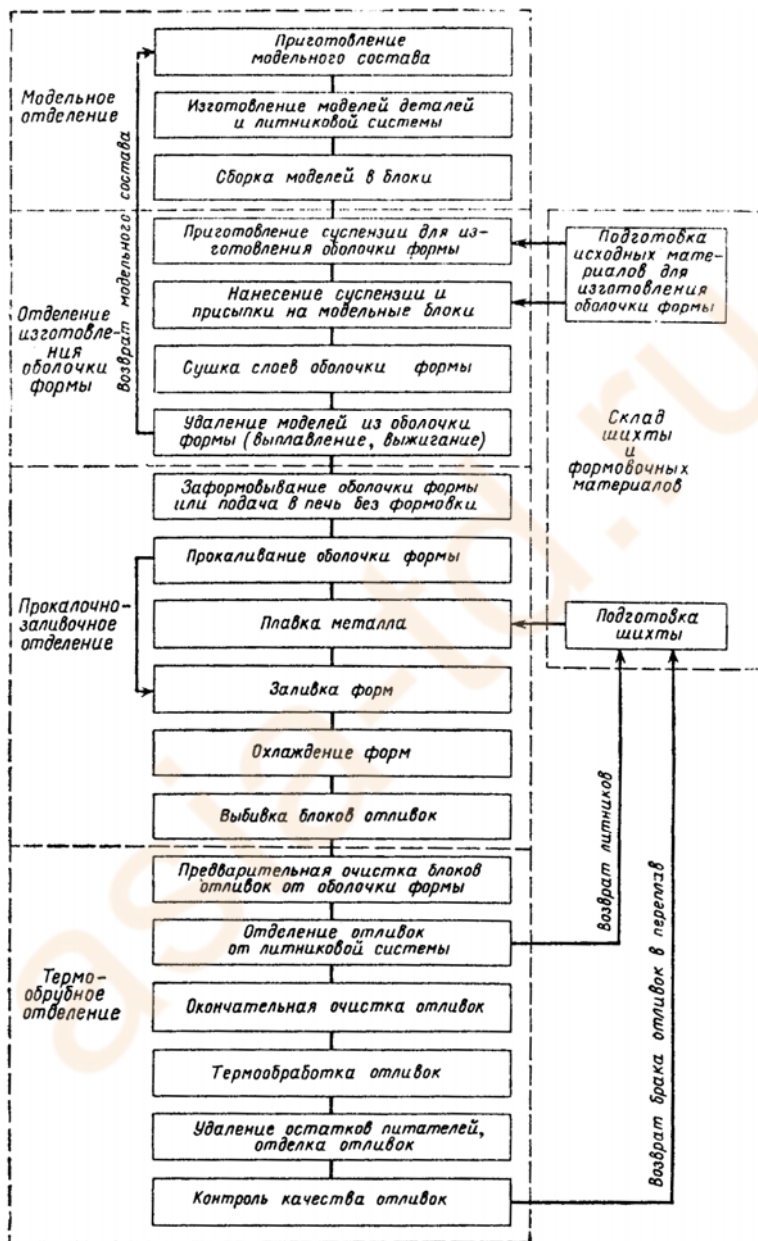


Рис. 3.1. Схема процесса изготовления отливок по выплавляемым моделям

При выполнении курсовых (дипломных) проектов и практических занятий требуемое количество материалов и изделий рассчитывается на основании выданного задания с использованием рекомендуемых расчетных формул и справочных данных по методике, которая будет приведена ниже.

Рекомендуется деление номенклатуры отливок на восемь групп по массе, кг: до 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 более 1,5. Такое деление оправдано тем, что для каждой группы отливок характерны свои технологические нормативы и показатели. Исходные технологические данные рассчитываются и заносятся в ведомость по соответствующей форме (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Форма исходных технологических данных

Программа			Масса годных отливок (В), кг/год	Число моделей в звене (Г)	Число звеньев в блоке (Д)	Число моделей в блоке (Е)	Число блоков на программу (Ж), шт./год	Масса модельного состава, кг		
Наименование отливки	Масса отливки (А), кг	Количество отливок, (Б), шт./год						На одну модель (З)	На один блок (И)	На программу (К), кг/год
			А · Б			Г · Д	Б/Е	$A \frac{\rho_1}{\rho_2}$	$3 \cdot E + V_{л} \times \rho_z$	И · Ж
Итого										

Примечание.  $\rho_1$  – плотность модельного состава;  $\rho_2$  – плотность материала отливки;  $V_{л}$  – объем,  $\text{дм}^3$ , литниковой системы и модельного стояка (или суммы модельных втулок).

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 возмеща-

ются 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 значения коэффициентов технологических потерь при литье по выплавляемым моделям следующие [1]:

$$K_1 = 1,08-1,10,$$

где  $K_1$  – коэффициент брака отливок, учитываемый при расчете термообручного отделения;

$$K_2 = K_1 \cdot K_{бл},$$

где  $K_2$  – коэффициент брака и потерь, учитываемый при расчете прокалочного-заливочного отделения;

$K_{бл}$  – технологические потери и брак прокалочного-заливочного отделения (неукомплектованность блоков и т. п.):

$$K_{бл} = 1,03-1,06;$$

$$K_3 = K_2 \cdot K_{об},$$

где  $K_3$  – коэффициент брака и потерь, учитываемый при расчете отделения изготовления оболочковых форм;

$K_{об}$  – технологические потери и брак отделения изготовления оболочек форм:

$$K_{об} = 1,03-1,05;$$

$$K_4 = K_3 \cdot K_{мод},$$

где  $K_4$  – коэффициент брака и потерь, учитываемый при расчете модельного отделения;

$K_{мод}$  – технологические потери и брак модельного отделения:

$$K_{мод} = 1,10-1,17.$$

Определив коэффициенты технологических потерь, можно составить сводную ведомость объемов производства для расчета основного оборудования по форме табл. 3.2.

Относительно точно расход суспензии на программу может быть определен по суммарной поверхности модельных блоков. Средний расход суспензии на 1 дм<sup>2</sup> поверхности модели составляет 0,001 дм<sup>2</sup> 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.

При проектировании цеха в его состав должны включаться следующие отделения: модельное, приготовления суспензий, изготовления формоболочек, прокалочного-заливочного, плавильного, очистки от керамики, термообрубное, ремонтно-механическое, склады шихты и формовочных материалов, лаборатории. Режим работы цеха целесообразно принимать 2-сменным параллельным с третьей подготавливающей сменой.

Типовое, серийно выпускаемое оборудование, автоматические линии, конвейеры и комплексы выбираются в соответствующих разделах каталогов на литейное оборудование, а также по данным практики на базовом предприятии и литературы [8, 11, 30, 35, 52, 53].

Таблица 3.2

Форма ведомости объемов производства при литье по выплавляемым моделям

Группа отливок по массе, кг	Программа		Масса годовых отливок (В), кг/год	Число блоков на программу (Ж), шт./год	Масса модельного состава на программу (К), кг/год	Масса на программу с учетом потерь, кг/год		Число на программу с учетом потерь, шт./год				Масса на программу с учетом потерь, кг/год			
	Номер (наименование отливки)	Масса отливки (А)				Годовой выпуск отливок (Б), шт./год	модельных блоков (Е)	обочечек (З)	блоков отливок (Л)	отливок (М)	металлозавалки	М + Лq <sub>л</sub> × k <sub>пл.м</sub>	В · k <sub>1</sub>	Ж · k <sub>3</sub>	Ж · k <sub>4</sub>
	(Из табл. 3.1)														
ИТОГО:															

Примечания: 1.  $k_1 - k_4$  – коэффициенты технологических потерь и брака;  $q_l$  – масса литников на один блок;  $k_{пл.м}$  – коэффициент, учитывающий потери металла на угар, скрап, сливы и т. п. для стали  $k_{пл.м} \approx 1,06$ , для цветных сплавов  $k_{пл.м} \approx 1,08$ .  
 2. Масса суспензии, которую рассчитывают в зависимости от принятого числа слоев покрытия по укрупненным показателям (табл. 3.3) или, если номенклатура отливок невелика, по поверхности отливок.

Расчет программы цеха, необходимого количества оборудования и материалов производится по методике и формулам, приведенным в работе [36], основными из которых являются

$$n = \frac{N}{\Phi_{\text{д}} \cdot g},$$

где  $n$  – расчетное количество оборудования, шт.;

$N$  – годовая потребность в материале (изделиях, полуфабрикатах) для данного вида оборудования, т/год (шт./год);

$\Phi_{\text{д}}$  – годовой действительный фонд времени работы оборудования с учетом выбранного количества смен, ч/год;

$G$  – производительность оборудования, т/ч (шт./ч);

$$N_{\text{в}} = n \cdot K_{\text{загр}},$$

где  $n_{\text{в}}$  – выбранное количество оборудования;

$K_{\text{загр}}$  – коэффициент загрузки оборудования:  $K_{\text{загр}} = 0,7-0,9$ .

Отлична от известной лишь методика расчета требуемого количества модельной массы и количества автоматов для изготовления моделей и модельных звеньев.

Количество модельной массы  $N_{\text{м}}$  на годовую программу определяется по формуле

$$N_{\text{м}} = Q(1 - k_{\text{и}}),$$

где  $N_{\text{м}}$  – количество модельного состава в год, т/год;

$Q$  – масса модельного состава с учетом технологических потерь и брака, рассчитанная по производственной программе, т/год;

$k_{\text{и}}$  – коэффициент использования возврата модельной массы:  $k_{\text{и}} = 0,6-0,9$ .

$$Q = K \cdot k_4,$$

где  $K$  – масса модельного состава на программу без учета потерь;

$k_4$  – коэффициент потерь (см. табл. 3.2).

Полученные данные позволяют рассчитать нужное количество установок для приготовления модельной массы.

В массовом и крупносерийном производстве стояк блока моделей собирается на металлический стержень для подвески на конвейер, поэтому следует дополнительно учесть производство литниковых чаш и колпачков.

В табл. 3.3 приведены показатели для ориентировочных расчетов объемов производства по укрупненным показателям.

Таблица 3.3

Ориентировочные показатели для стальных отливок  
средней сложности

Показатели	Группы отливок по массе, кг							
	До 0,02	0,02-0,04	0,04-0,06	0,06-0,1	0,1-0,2	0,2-0,6	0,6-1,5	1,5 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	Более 95
модельного состава (при 10 % потерь)	900	800	700	600	500	450	400	Более 400
песка	1300	1300	1300	1300	1000	1000	1000	1000
Число отливок (моделей) в блоке длиной 500 мм	100	80	60	40	20	10	6	4

При использовании в цехах типового серийно выпускаемого оборудования рекомендуется применять блоки следующих размеров: два типоразмера по диаметру – до 250 и 400 мм при длине до 500 мм. Ориентировочное число отливок (моделей) в блоке приведено в табл. 3.3.

**Примеры компоновки типового серийного оборудования в комплексно-механизированные линии.** На рис. 3.2 приведен один из вариантов расположения оборудования линии изготовления моделей. Модели массовых отливок изготавливают на автоматах модели 653, а модели серийных отливок – на карусельных поворотных столах. Модельную массу готовят централизованно на установке модели 652А.





модели б6б, машина для разрезания мешков с пылевидным кварцем и печь для его сушки.

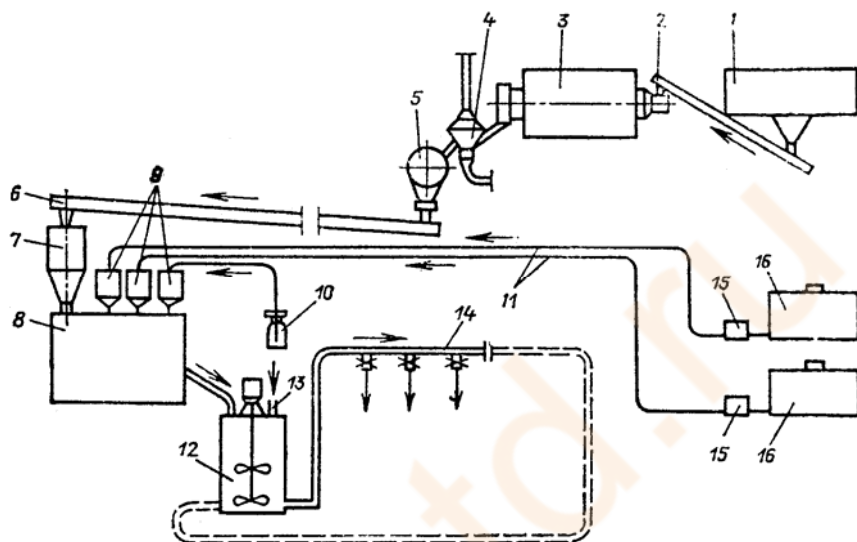


Рис. 3.3. Схема комплексной механизированной линии приготовления суспензии: 1 – машина для вспарывания мешков; 2, 6 – закрытые конвейеры; 3 – печь; 4 – охладитель; 5 – сито; 7 – бункер; 8 – смеситель; 9 – напорные баки; 10 – емкость с кислотой; 11 – трубы; 12 – бак; 13 – патрубок; 14 – шланги; 15 – насосы; 16 – цистерны

Мешки вспарываются в машине 1. Пылевидный огнеупор из бункера машины закрытым конвейером 2 передается для подсушки в печь 3. Далее он поступает в аппарат 4 для охлаждения, а отсюда в полигональное сито 5. Из-под сита материал забирается и передается в бункер 7 автомата приготовления суспензии системой закрытых конвейеров 6 (или в кабелях). В напорные баки 9, установленные над автоматом, жидкие составляющие суспензии подаются из цистерн 16 насосами 15 по трубам 11. В напорный бак для подкисления воды кислота подается из бутылки 10, а вода – из водопровода. В автомате 8 составляющие суспензии смешиваются, и готовая суспензия стекает в бак 12. К местам потребления суспензия подается под действием сжатого воздуха (патрубок подачи 13) по резиновым шлангам 14. При подаче сжатого воздуха люк, через который суспензия поступает в бак, перекрывается.

Комплексно-автоматизированная линия, показанная на рис. 3.4, выполняет операции по формированию оболочки на модельном блоке и выплавление моделей. Автоматы 1 обмазки и обсыпки блоков (модель 6А67), камера сушки 3 (модель 6А82) и ванна 2 выплавления моделей (модель 672) объединены в единую линию. На участке сборки 4 на конвейере устанавливают модельные блоки, которые сначала поступают к автомату обмазки и обсыпки № 1, где формируется первый слой покрытия, и далее по конвейеру в камеру сушки. После прохождения первой ветви конвейера высохнувшие блоки поступают в автомат № 2 для нанесения второго слоя покрытия, затем снова в камеру и так далее до получения готовой оболочки. Число автоматов и ветвей конвейера может быть увеличено по сравнению с приведенным на схеме, если нужно получить больше слоев покрытия. Блоки с готовой оболочкой далее транспортируются в ванну 2. После выплавления моделей оболочки-формы снимают с конвейера и передают на последующие операции.

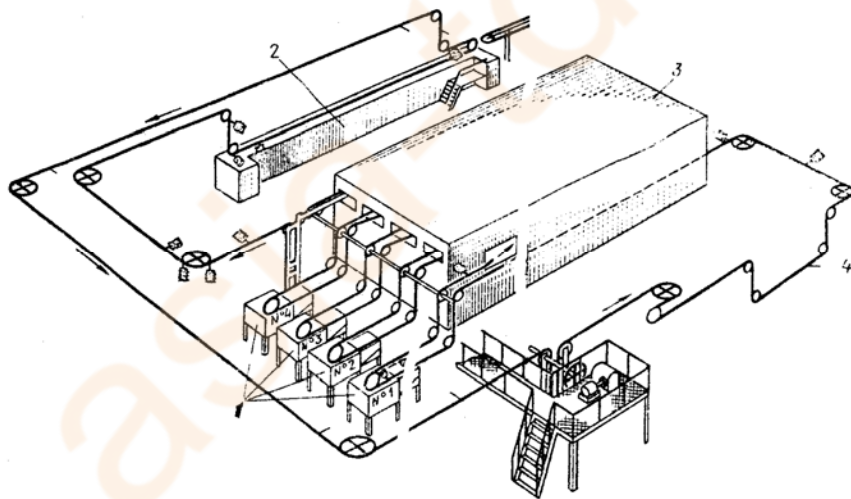


Рис. 3.4. Схема комплексной автоматизированной линии изготовления оболочек:  
 1 – автоматы обмазки и обсыпки блоков; 2 – ванна выплавления моделей;  
 3 – камера сушки; 4 – участок сборки

**Пресс-формы.** Наибольшее применение в крупносерийном и массовом производстве находят стальные многогнездные пресс-формы, изготавливаемые на металлорежущих станках. При правильной экс-

плутации со стальных пресс-форм можно достигнуть до 500 тыс. съёмов. Уход за пресс-формами заключается в периодической их промывке и смазке. При износе подвижные части восстанавливают инструментальщики. Пресс-формы рекомендуется хранить смазанными, на стеллажах, в сомкнутом состоянии. Площадь склада пресс-форм принимают в размере 6–12 % площади модельного отделения при массовом и крупносерийном производстве и 8–15 % при серийном производстве.

### 3.2. Планы расположения оборудования

На рис. 3.5 приведено расположение технологического и транспортного оборудования цеха мощностью 2000 т/год в двухэтажном здании.

В цехе осуществляют два производственных процесса. Основное производство обеспечивает выпуск 1800 т крупных и средних серий отливок из конструкционных сталей с максимальной массой 1,5 кг. Этот производственный процесс спроектирован на базе автоматизированного оборудования и высокой степени механизации всех процессов. Второй производственный процесс организован на базе механизированного оборудования и запроектирован как экспериментально-производственное отделение на выпуск 200 т отливок мелких серий из стали различных марок.

В цехе предусмотрены склад формовочных материалов с участками подготовки пылевидного кварца и навески шихты (на заводе имеются базисные склады формовочных и шихтовых материалов), ремонтно-механическая мастерская, инструментальное хозяйство, лаборатория, служба внутрицехового транспорта и др.

**Модельное отделение.** Все операции по приготовлению модельного состава (отстой, плавление, приготовление мазобразной смеси, нагнетание готового модельного состава в мазепровод) выполняются автоматически на установках 1 модели 652А. Поддержание заданного температурного режима обеспечивается насосно-нагревательными станциями 2. Готовый модельный состав по обогреваемому трубопроводу подается к десятипозиционным автоматам 4 модели 653, предназначенным для изготовления отливок модельных звеньев крупными сериями, или к карусельным столам 5, используемым для изготовления звеньев или отдельных моделей от-

ливков мелких серий. Модельные блоки собираются на движущемся конвейере линии модельно-керамических блоков б.

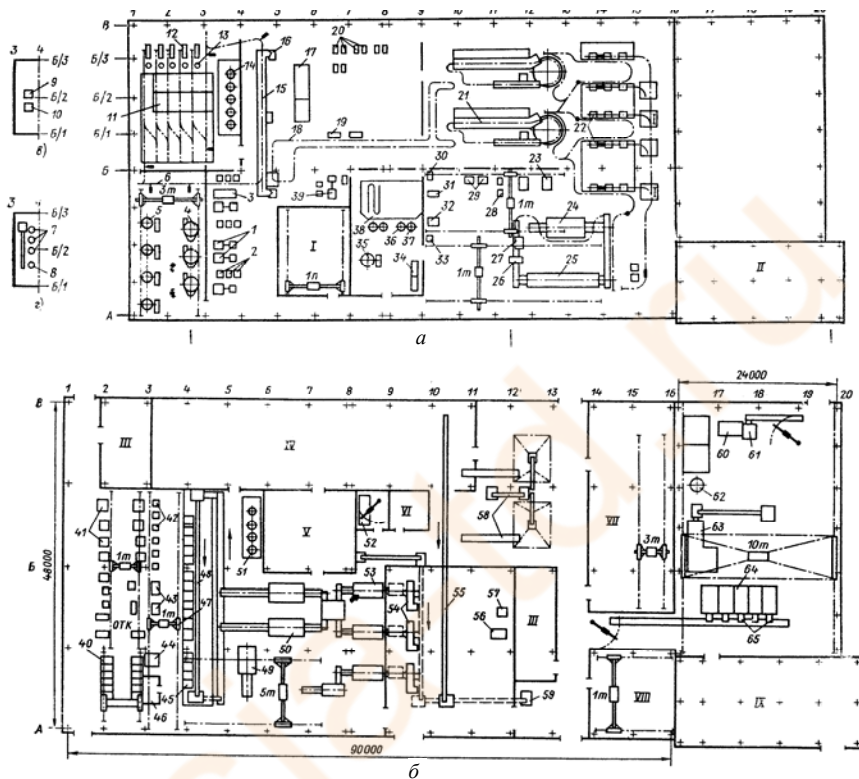


Рис. 3.5. План расположения оборудования цеха мощностью 2000 т/год:  
 а – второй этаж; б – план на отметке +13,6 м; в – план на отметке +10,5 м;  
 г – план на отметке +13,6 м;

I – штампоинструментальное хозяйство; II – контора и цеховая лаборатория;  
 III – трансформаторная подстанция; IV – кондиционеры, насосные и фреоновые станции, проточная вентиляционная система; V – управление вентиляционными системами; VI – кладовая; VII – генераторы плавильных печей; VIII – ремонтно-механическая мастерская; IX – бытовые помещения; I т – грузоподъемность кран-балки (1 тонна)

**Отделение изготовления оболочек форм.** Собранные блоки конвейером транспортируются к оборудованию, на котором автоматически наносятся и сушатся пять слоев огнеупорного покрытия и выплавляется модельный состав.

Огнеупорное покрытие наносят пятью автоматами обмазки и обсыпки 12 модели 6А67, см. рис. 3.5, а. Сушка блоков проходит в воздушно-аммиачной камере 11 модели 6А82. После нанесения покрытия конвейер доставляет блоки в ванну 15 выплавления модельного состава модели 672. Выплавление проходит в горячей воде или в расплаве модельного состава. При ремонте ванны 15 модельный состав перекачивают в бак 17. Выплавленный модельный состав (в случае выплавки в воде) стекает вместе с водой в разделитель 16 и освобожденный от воды перекачивается по обогреваемому трубопроводу в плавильный бак 3 для повторного использования. Выплавленные формы снимаются с конвейера и перевешиваются на подвесной конвейер 18, который передает их к местам сортировки, ремонта и контроля 19.

Для хранения форм предусмотрен промежуточный склад 20. Часть оболочек может доставляться конвейером 18 непосредственно на обжиг и заливку, минуя промежуточный склад.

Суспензия готовится в автоматах 9 и 10 модели 662А, рис. 3.5, в. Пылевидный кварц к автоматам подается в кубелях. Жидкие составляющие закачиваются в напорные баки 7, рис. 3.5, з, откуда поступают в автоматы. Бак 8 резервный. Готовая суспензия скапливается в баках 14, откуда передается по шлангам к расходным бакам 13, расположенным у автоматов обмазки и обсыпки. Песок к этим автоматам подается пневмотранспортом.

**Прокалочно-заливочное отделение.** Плавка стали ведется в индукционных печах 22 типа ИСТ-016. Ковши и тигли ремонтируются на специальном участке. Для приготовления набивочной массы предусмотрен смеситель 62.

Оболочки формы устанавливаются на подвески конвейера агрегата 21 обжига, заливки и охлаждения модели 675А. На этом агрегате выполняется прокаливание форм в газовой печи, формовка в кипящем слое, заливка форм на карусели агрегата жидким металлом, извлечение залитых блоков из опорного песка и охлаждение отливок. После охлаждения залитые блоки сбрасываются с подвесок конвейера на ленточный конвейер 55, который доставляет их на термообрубной участок.

Смесь песка с водой из-под камеры охлаждения агрегата обжига системой гидрооборки 58 направляется в общезаводскую систему регенерации песка.

**Термообрубное отделение.** Отбивку керамики с блоков и отделенные отливки от стояка выполняют на полуавтоматах 54 модели 693. Для блоков, которые невозможно обрабатывать на полуавтоматах, устанавливают универсальное оборудование: вибрационную установку для отделения керамики и отливок 57 модели 6A92 и пресс гидравлический 56 для отделения отливок от стояка модели 694. Отбитая керамика и другие отходы системой ленточных конвейеров передаются в короба 59, которые периодически вывозят из цеха. Литники собирают в бады и периодически вывозят на участок подготовки и навески шихты, а отливки передают в установки 53 модели 695 для выщелачивания керамики. Раствор щелочи готовят в установке 52, откуда он подается по трубам к установкам выщелачивания.

Очищенные и промытые отливки через промежуточные бункеры вибропитателями выдаются на конвейеры газовых печей 50 для нормализации отливок в защитной атмосфере. Для термической обработки отливок из специальных сталей установлена печь с выкатным подом 49. Защитный газ для печей вырабатывается в эндогенераторах 51. После термообработки отливки подаются на сортирование. Отливки движутся по ленте конвейера 48 перед сортировщиками, которые из общего потока выбирают закрепленные за ними отливки, осматривают их и забрасывают в соответствующий бункер 45. Далее отливки для отделения питателей кран-балкой 47 подаются к полуавтоматам заточки питателей 43, обдирочным станкам 42, механическим прессам 41. В отделении предусматривают также пост газосварщика 46 для заварки дефектов отливок и дробеметный барабан 44 для дополнительной очистки отливок. Принятые ОТК отливки сдаются на склад 40 готового литья.

**Экспериментально-производственное отделение,** рис. 3.5, а. Механизированное оборудование этого участка позволяет осуществлять различные технологические процессы и организовывать экспериментальные работы. Модельный состав приготавливают на установке 39 модели 651. Готовый модельный состав подается по обогреваемому трубопроводу к карусельному столу 35 с пресс-формами. Сборку моделей в блоки выполняют на столах 34, откуда собранные блоки тележками подают на обмазку.

Керамическое покрытие наносят вручную окунанием в бачок 36 с суспензией и затем в бачок 37 с «кипящим» песком.

Сушка ведется в воздушной камере 38 конвейерного типа. Высушенные блоки тележкой подают к станку для подрезки торца литниковой чаши 33 и затем на выплавку в ванну 32 модели 671. Выплавленные оболочки на столе 27 модели 673 формуют в опоки, которые обжигают в толкательной печи 24. Заливка осуществляется на заливочном рольганге. Залитые опоки охлаждают в проходной камере 25 и выбивают на поворотной установке 26.

Для удаления керамики с блоков и вибрационного отделения отливок служит установка 30 модели 692. Для отрезки отливок от стояка можно также использовать гидравлический пресс 31 модели 694. Выщелачиваются отливки в ваннах 23. Обрубку и заточку питателей выполняют на прессах 29 и наждачных станках 28.

**Склад шихты и формовочных материалов**, рис. 3.5, б. Мешки с пылевидным кварцем вспарываются в специальной машине 61, пылевидный кварц сушится в газовой печи 60 и после охлаждения и просеивания направляется в расходный бункер, откуда кубелями подается к агрегатам приготовления суспензии.

Кварцевый песок пневмотранспортом подается в цех с базисного заводского склада. Из расходных бункеров цехового склада также пневмотранспортом песок подается к местам потребления. Для очистки и сушки шихты установлена барабанная печь 63. Шихта, поступающая с базисного склада, и собственные литники подаются в бункеры 64 с вибрлотками 65. Шихта по массе набирается в бады, которые через специальное отверстие поднимаются на площадку плавильных печей. К печам бады с шихтой подаются электроталью.

Ниже приведены проектные технико-экономические показатели описанного цеха.

Площадь цеха общая (без конторско-бытовых помещений), м <sup>2</sup> . . . . .	7144
В том числе:	
производственная . . . . .	5544
вспомогательная . . . . .	1080
склады . . . . .	520
Общее число работающих (без ОТК) . . . . .	224
В том числе:	
рабочих . . . . .	198
из них производственных . . . . .	110
	175



Общая установленная мощность токоприемников, кВт. . . . .	4071
Трудоемкость 1 т годного литья, чел-ч. . . . .	99,3
Выпуск литья в т/год:	
на 1 м <sup>2</sup> общей площади. . . . .	0,28
1 м <sup>2</sup> производственной площади. . . . .	0,36
одного работающего. . . . .	8,9
одного рабочего. . . . .	10,1
одного производственного рабочего. . . . .	18,2

В 1981 г. в ПО «Уралвагонзавод им. Ф. Э. Дзержинского» был сдан в эксплуатацию цех литья по выплавляемым моделям с выпуском 1500 т отливок в год, предназначенный для производства мелких и средних отливок из углеродистых и легированных сталей марок 15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 40Л, 45Л, 32Х06Л, 40ХЛ, 20Г1ФМЛ и для производства отливок деталей дробебетных аппаратов из высокохромистого чугуна.

Цех состоит из трех отделений:

- подготовки исходных материалов и изготовления легкоплавких моделей и керамических оболочек;
- проковки керамических оболочек, выплавки металла и заливки форм;
- очистки, обрезки, термообработки и сдачи отливок.

План расположения основного технологического оборудования представлен на рис. 3.6.

Для изготовления легкоплавких моделей и керамических форм применяют:

модельный состав МВС-3А Оренбургского опытно-промышленного нефтемаслозавода, который по своим технологическим свойствам превосходит применявшиеся ранее составы на основе парафина, стеарина, церезина, буроугольного воска и значительно дешевле их;

этилсиликат 40;

гидролизный технический этиловый спирт;

соляную и серную кислоты;

пылевидный кварц КП-2 Великодворского месторождения (Владимирской обл.), содержащий не менее 9,8 % Si, и кварцевый песок 1К016 Басьяновского месторождения для первых двух слоев керамической оболочки и 1К0315 Кичигинского месторождения для остальных трех слоев.

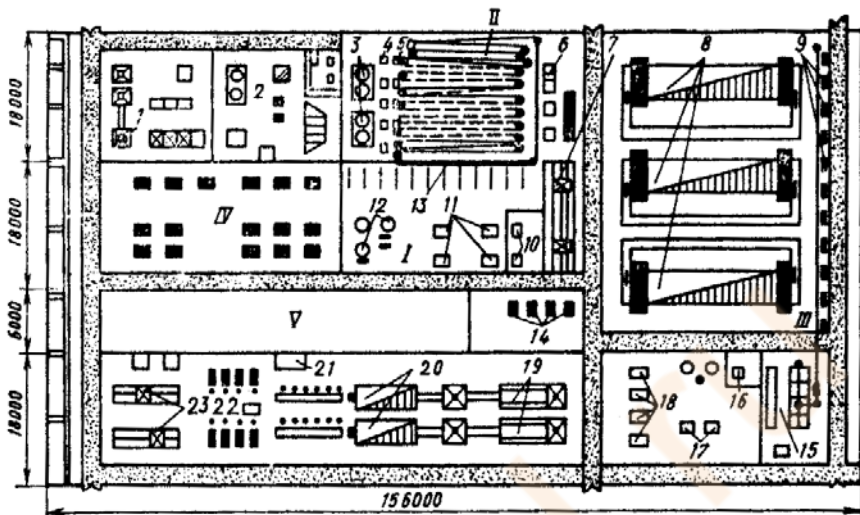


Рис. 3.6. Цех точного литья по выплавляемым моделям [54]:

I – участок приготовления моделей; II – участок сушки; III – плавильный участок; IV – участок доводки пресс-форм; V – участок вспомогательного оборудования; 1 – установка сушки песка; 2 – экспериментальный участок; 3 – установка приготовления суспензии; 4 – ванна; 5 – установка присыпки песком в кипящем слое; 6 – агрегат вытопки модельного состава; 7 – склад хранения блоков; 8 – линии прокалки и заливки блоков; 9 – индукционные печи; 10 – установка изготовления модельного состава; 11 – автоматы изготовления моделей; 12 – установка изготовления крупногабаритных моделей и литниковых систем; 13 – конвейер; 14 – холодильные установки для воды; 15 – шихтовый участок; 16 – дробеструйная камера; 17 – станки отрезки стояков; 18 – установки выбивки керамики; 19 – агрегаты выщелачивания керамики; 20 – печь нормализации; 21 – дробеметный барабан; 22 – участок технического контроля; 23 – склады-накопители

Привозимый в цех песок сушат на установке 1 (см. рис. 3.6) производительностью 3 т/ч в кипящем слое. Высушенный песок и пылевидный кварц пневмотранспортом подают на участок приготовления суспензии.

Модельный состав готовят на участке I (см. рис. 3.6) изготовления моделей в установках 10 модели 651 и в пастообразном состоянии подают по трубопроводам к десятипозиционным автоматам 11 модели 653. На этих автоматах изготавливают модели, модельные звенья и элементы литниковой системы к ним, а крупногабаритные модели и литниковые системы для индивидуальной сборки изготавливают на установках 12 модели 6А50. Модельные звенья

собирают на металлическом стояке с зажимным устройством. Индивидуальные модели электропаяльником припаивают к отдельно изготовленным стоякам. Собранные модельные блоки подвешивают на конвейер 13 агрегата нанесения и сушки огнеупорного покрытия конструкции СКБТЛ завода литейных машин им. С. М. Кирова (г. Тирасполь). Суспензию, состоящую из гидролизованного раствора этилсиликата и маршаллита, готовят в установке 3 модели 661, расположенной на верхней площадке цеха, и по системе трубопроводов подают в ванны 4 для нанесения на модельные блоки пятислойного покрытия. Блоки присыпают песком в установке 5 в кипящем слое песка.

После нанесения очередного слоя покрытия блоки по подвесному конвейеру поступают в камеру сушки на участке II, в которой за 2,5 ч при 22–26 °С и относительной влажности 50–70 % каждый слой покрытия высушивают. После просушки последнего (пятого) слоя блоки по конвейеру подают к агрегату 6 вытопки модельного состава. Агрегат вытопки представляет собой вертикальную камеру, внутри которой установлен горизонтально замкнутый конвейер. Снятые с конвейера блоки через загрузочно-разгрузочное окно агрегата устанавливают на этажерки конвейера. Модели выплавляют горячим воздухом, поступающим в камеру из установки его подогрева. После выплавки модельного состава блоки осматривают и наполным транспортом подают на механизированный склад 7 хранения блоков. На рис. 3.6: IV и V – участки доводки пресс-форм и вспомогательного оборудования; 14 – холодильные установки для воды, охлаждающей пресс-формы.

Блоки прокаливают и заливают на трех линиях 8 моделей АВА-730Л и АВА-1160Л конструкции СКБТЛ. Прокалочные печи, входящие в состав линий, позволяют выполнять следующие операции: установку керамических блоков в опоку (с габаритами 580 × 350 × 500 мм) и формовку их наполнителем, уплотнение наполнителя в опоках, прокаливание керамических блоков при 1000–1100 °С, заливку блоков жидким металлом, охлаждение опок с залитыми блоками до 50–80 °С, расформовку опок и удаление металлических блоков, возврат наполнителя в бункер-наполнитель, межоперационное транспортирование опок. Производительность линии 5 опок/ч, время прокаливания 8 ч. В линии 140 опок.

На позиции заформовки в опоки устанавливают керамические блоки и открытием челюстного затвора бункера-накопителя опоки засыпают наполнителем с одновременным включением вибраторов. Опоки с заформованными оболочками подают шаговым транспортером на позицию загрузки в печь. С помощью сталквателя опоки подают на направляющие заталкивателя, который перемещает опоки в рабочую зону печи. Дальнейшее продвижение опок в печи осуществляется за счет толкания их последующей опок.

После прокаливании опоки с наполнителем оператор выталкивателем извлекает опоки и ставит на пластинчатый конвейер, а на место извлеченных опок по сигналу с пульта управления заталкиватель подает следующие опоки, т. е. одновременно производится загрузка опок в печь и выгрузка их на пластинчатый конвейер под заливку. Залитые блоки в опоках пластинчатым конвейером транспортируют в охлаждающую камеру. С помощью толкателя опоки с пластинчатого конвейера сталкваются на направляющие охлаждающей камеры за первый упор тележки. Далее их перемещают шаговой тележкой охлаждающей камеры, управляемой с пульта формовщиком.

При выходе из охлаждающей камеры опоки разделителем опок подают на толкающий транспортер, которым проталкивают их в кантователь. Механизм фиксации прижимает опоку к основанию поворотной камеры, поворачивающейся на 180°. Блоки вместе с наполнителем падают на наклонную решетку. Наполнитель через решетку по лотку поступает в элеватор, который подает его в бункер-наполнитель. Залитые керамические блоки в это время укладываются в тару, а поворотная камера кантователя возвращается в исходное положение; при этом освободившаяся опока выталкивается на шаговый транспортер для последующей установки керамических блоков и засыпки опоки наполнителем.

Металл выплавляют в индукционных печах 9 вместимостью 160 кг из шихты, поступающей в цех в виде отходов из литейных, кузнечных и механических цехов, а также отходов собственного производства. Шихту хранят, подготавливают и дозируют на участке 15, с которого электротельфером по монорельсу в специальной таре ее подают к печам плавильного участка III.

Залитые керамические блоки в таре системой подвесных конвейеров подают на участок, где керамику отбивают в четырех установках 18 модели 6А92, а отливки отделяют от стоек методом огне-

вой резки и на станках с вулканитовым кругом 17 модели А-574. Мелкие отливки после отрезки от стояков очищают в автоматической дробеструйной камере 16 собственной конструкции, крупные – в дробеметном барабане 21. Для удаления керамики из труднодоступных мест отливок их выщелачивают в агрегатах 19 и промывают горячей водой. Стальные отливки нормализуются в конвейерной печи 20 с защитной атмосферой, чугунные отливки термообработываются в другом цехе.

Зачистку питателей на отливках, слесарную доработку, исправление дефектов, правку в нагретом состоянии и сдачу представителям технического контроля производят на участке 22 окончательной сдачи отливок. Отливки до отправки хранят в двух складах-накопителях 23.

В цехе имеются хорошо оснащенные современным оборудованием химическая и спектральная лаборатории и лаборатория контроля технологических параметров. В первом пролете цеха перед участком нанесения огнеупорного покрытия расположен экспериментальный участок 2, на котором по ускоренному циклу можно получать керамические блоки. Здесь отрабатывают технологию, проводят опытные работы по применению новых материалов; в частности, ведутся работы по применению новых недефицитных материалов, позволяющих при сохранении прочностных и других технологических характеристик керамических блоков сократить потребление этилсиликата и этилового спирта.

Дополнительную информацию по литью по выплавляемым моделям можно найти в работах [8, 30, 55].

## 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ ЛИТЬЯ В ОБОЛОЧКОВЫЕ ФОРМЫ

### Определение объемов производства

На основании исходных данных составляют ведомости объемов производства по форме табл. 4.1.

Расчеты вести по формулам:

колонка 3

$$Б = А \cdot k_{бр},$$

где  $k_{бр}$  – коэффициент, учитывающий брак отливок:  $k_{бр} \approx 1,05$ ;

колонка 5

$$Г = \frac{Б}{В} \cdot k_{об},$$

где  $k_{об}$  – коэффициент, учитывающий потери оболочек:  $k_{об} \approx 1,03$ ;

колонка 8

$$Б \cdot Д \cdot k_{ст},$$

где  $k_{ст}$  – коэффициент, учитывающий потери стержней:  $k_{ст} \approx 1,08$ ;

колонка 11

$$Ж = Е \cdot Г;$$

колонка 14

$$К = И \cdot Г \cdot k_{ст};$$

колонка 15

$$Л = (Ж + К) k_{см},$$

где  $k_{см}$  – коэффициент, учитывающий потери песчано-смоляной смеси:

$k_{см} \approx 1,06$ ;

колонка 16

$$0,8 Л;$$

колонка 18

$$М \cdot Б;$$

колонка 19

$$Н = М \cdot В + q_{л},$$

где  $q_{л}$  – масса литников в форме;

колонка 20

$$П = Г \cdot Н;$$

колонка 21

$$П \cdot k_{п.м},$$

где  $k_{п.м}$  – коэффициент, учитывающий потери металла на угар, скрап, сливы и т. п.; для чугуна  $k_{п.м} \approx 1,05$ , для стали  $k_{п.м} \approx 1,06$ , для цветных сплавов  $k_{п.м} \approx 1,08$ .

## Форма ведомости объемов производства при литье в оболочковые формы

Наименование (номер) отливки	Число отливок			Число форм на программу с учетом потерь (Т)	Номер стержня	Число стержней		Размер форм (длина × ширина), мм	Масса, кг													
	на программу (А)	на программу с учетом брака отливок (В)	в форме (В)			на отливку (Д)	на программу с учетом потерь		Е)	Ж)	И)	К)	Л)	М)	Н)	О)	П)	Р)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
	на программу (А)	на программу с учетом брака отливок (В)	в форме (В)	Число форм на программу с учетом потерь (Т)	Номер стержня	на отливку (Д)	на программу с учетом потерь	Размер форм (длина × ширина), мм	дной формы (Е)	песчано-смоляной смеси для форм на программу (Ж)	одного стержня, кг	стержней на форму (И)	песчано-смоляной смеси для стержней на программу (К)	песчано-смоляной смеси для форм и стержней на программу с учетом потерь смеси (Л)	регенерируемого песка	одной отливки (М)	отливок на программу с учетом брака отливок	порции металла на форму (Н)	жидкого металла на программу (П)	металлозавалки на программу		
												I. Горизонтальная заливка форм без засыпки II. Вертикальная заливка форм без засыпки III. Вертикальная заливка форм с засыпкой ..... ..... .....										
ИТОГО																						

**Технологический процесс и оборудование.** Отливки в оболочковые формы изготавливают по технологической схеме, представленной на рис. 4.1 [1].

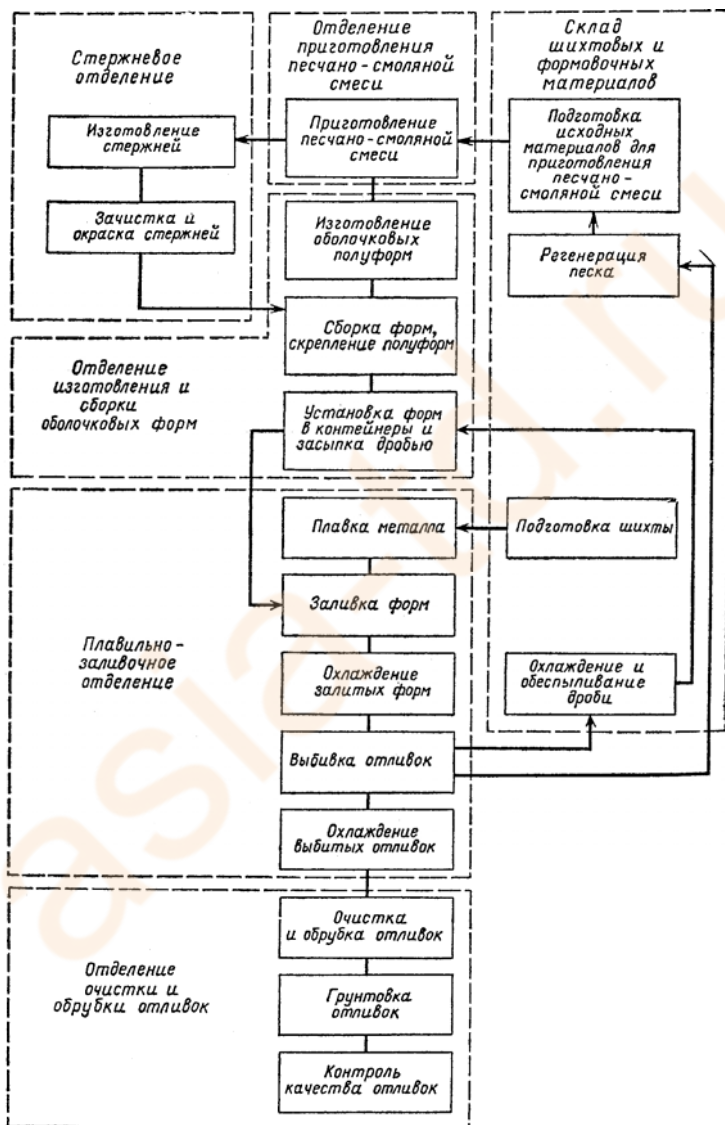


Рис. 4.1. Схема технологического процесса литья в оболочковые формы



Приготовление песчано-смоляных смесей – одна из важнейших операций процесса, от которой зависит качество изготавливаемых оболочек. Рекомендуется приготовление лакированных смесей. В таких смесях частицы песка покрыты тонкой пленкой смолы. Наиболее эффективным является метод горячего лакирования песка бакелитовой смолой (4–5 %) при введении в смесь уротропина (0,4–0,5 %) и стеарата цинка или стеарата кальция (0,04–0,05 %). Для приготовления горячим методом лакированных смесей можно применять автоматическую установку модели 7226 (рис. 4.2).

Песок из цехового бункера с помощью специального узла загрузки подается в нагреватель 7 до установленного уровня, где нагревается в «кипящем слое» до 150–180 °С. «Кипение» создается вентилятором 1. Затем через дозатор-шлюз порция нагретого песка (250 кг) попадает в двухвалковый смеситель 2. Сюда же последовательно через определенные интервалы времени вводят новолачную смолу, раствор уротропина и стеарат. Порции этих компонентов отмериваются дозаторами для смолы 8, для воды 9, для уротропина 10 и для стеарата 11. При перемешивании горячего песка со смолой последняя расплавляется и обволакивает зерна песка. Корпус смесителя охлаждается водой, и перемешиваемая смесь продувается воздухом (после ввода уротропина и до ввода стеарата). После окончания перемешивания смесь выгружается в разрыхлитель 3, где продолжается перемешивание, разбивание комков и охлаждение смеси. После разрыхлителя смесь пропускают через вибросито 4, и она поступает в охладитель 6, где вентилятором 5 создается «кипящий» слой. Из охладителя смесь поступает в цеховую транспортную систему. Управление установкой осуществляется с пульта 12.

Ниже приведена техническая характеристика установки модели 7226.

Производительность, т/ч.....	3
Продолжительность цикла, мин.....	5
Масса одного замеса, кг.....	250
Установленная мощность, кВт.....	96
Расход, м <sup>3</sup> /ч:	
сжатого воздуха.....	2,5
газа.....	70
Масса установки, т.....	19

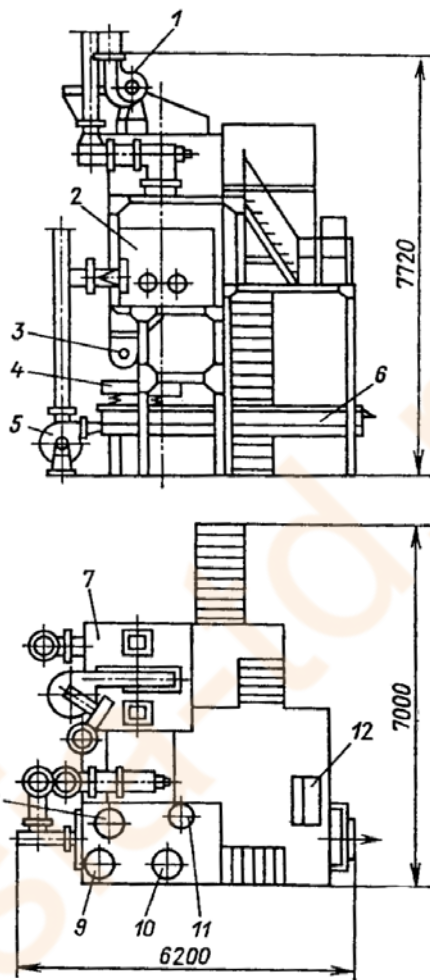


Рис. 4.2. Автоматическая установка горячего плакирования песка:  
 1, 5 – вентиляторы; 2 – смеситель; 3 – разрыхлитель; 4 – вибросито; 6 – охладитель;  
 7 – нагреватель; 8 – дозатор для смолы; 9 – дозатор для воды; 10 – дозатор для  
 уротропина; 11 – дозатор для стеарата; 12 – пульт управления

Число сушильных печей, сит, магнитных сепараторов и установок для плакивания смеси рассчитывают по общей методике [36].

Средний расход песка на 1 т годного литья в оболочковые формы – приблизительно 750 кг.

Для сушки и просева песка используют такое же оборудование, как в цехах литья в объемные песчаные формы. Для просушки песка рекомендуется применять сушила непрерывного действия с автоматической загрузкой и выгрузкой. После сушки песок просеивают на вибрационных ситах. Изготовление оболочковых форм осуществляется на оборудовании (табл. 4.2), которое различают по методу изготовления оболочек (насыпной с подпрессовкой, надувом), по способу насыпки (бункерный и рамочный), по числу позиций (одно- и многопозиционное), по способу перемещения модельной плиты (челночное, карусельное, конвейерное и рольганговое).

Таблица 4.2

Техническая характеристика машин  
для изготовления оболочковых форм

Оборудование	Размер подмодельной плиты, мм	Наибольшая высота модели, мм	Производительность (в зависимости от толщины оболочки), полуформ/ч	Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм	Масса, кг
Машина полуавтоматическая четырехпозиционная для изготовления оболочковых полуформ мод. АОФ-4	500×400	180	70–100	2700×2600×2250	5435
Автомат для изготовления оболочковых полуформ модели 8Б31	800×600	200	80–200	4620×3350×3400	11 000
Машины полуавтоматические для склеивания оболочковых полуформ моделей:					
880	500×400	180	65–80	1800×930×2450	2000
882	800×600	200	65–80	2300×1250×2450	3000

Для склеивания оболочковых полуформ обычно применяют одно- и многопозиционные штыревые прессы. Серийно выпускаются полуавтоматические машины для склеивания моделей 880 и 882 (см. табл. 4.2).

Количество оборудования для изготовления оболочковых форм рассчитывают по общей методике [36].

При отливке в оболочковые формы крупных металлоемких деталей прочность оболочек часто оказывается недостаточной. Под действием заливаемого металла смола выгорает, оболочка разупрочняется и не успевшая затвердеть отливка может раздуться и потерять точность размеров. Наиболее распространенный способ упрочнения оболочковых форм перед заливкой – засыпка их опорным материалом, чаще всего чугунной дробью. Дробь засыпают в металлические контейнеры, в которые предварительно устанавливают собранные оболочковые формы. Дробь в контейнере вокруг формы должна быть уплотнена вибрацией. При выбивке отливок дробь из контейнеров высыпают, охлаждают, просеивают и обеспыливают, после чего ее можно использовать вновь.

Следует отметить, что засыпку контейнеров дробью так же, как и их выбивку (высыпание), следует выполнять на отдельных позициях с накопителями для пустых и засыпанных контейнеров. Эти рекомендации вызваны тем, что ритм засыпки и выбивки контейнеров и их установки на конвейер, как правило, трудно синхронизировать с ритмом заливки форм. На одном из заводов, где засыпка и выбивка контейнеров были запланированы на литейном конвейере, приходилось запускать конвейер на различные скорости и проектные мощности не достигались.

Часто для упрочнения оболочковых форм в них выполняют ребра жесткости или опорные выступы на внешней стороне полуформ, которые упираются в стенки заливочного контейнера или друг в друга при вертикальной установке для заливки. Такая технология изготовления оболочек позволяет в ряде случаев отказаться от засыпки контейнеров дробью.

В цехах литья в оболочковые формы рекомендуется организовывать регенерацию песка. Регенерация заключается в нагреве возврата смеси (кусков, оставшихся от оболочек, обгоревшего песка) до температуры 900 °С, при которой смола выгорает, а песок после охлаждения, рассева и обеспыливания может быть вновь использован для приготовления песчано-смоляной смеси.

Оболочковые стержни при толщине более 20 мм обычно изготавливают полыми. Оболочковые стержни имеют высокую прочность ( $\sigma_b \geq 2,5\text{--}3,5$  МПа), поэтому для них не требуются металлические

каркасы. Благодаря малой гигроскопичности эти стержни можно долгое время хранить на складе. Они легко выбиваются из отливок. Из-за того что их масса на 40–80 % меньше массы сплошных стержней, стоимость оболочковых стержней даже при высокой стоимости смолы иногда меньше стоимости стержней из песчано-масляных смесей. Оболочковые стержни используют не только при литье в оболочковые, но и в другие формы [1].

Более подробная информация по технологическому процессу и оборудованию для литья в оболочковые формы содержится в работах [1, с. 119, 123; 11, с. 152–183; 30, с. 274–275; 56].

Подбор и расчет оборудования для изготовления стержней, включая оболочковые, а также оборудования остальных отделений и участков цеха литья в оболочковые формы рассматриваются в работах [36, 37].

На рис. 4.3 показан план участка литья в оболочковые формы массового производства чугунных отливок на одном из заводов в Швейцарии.

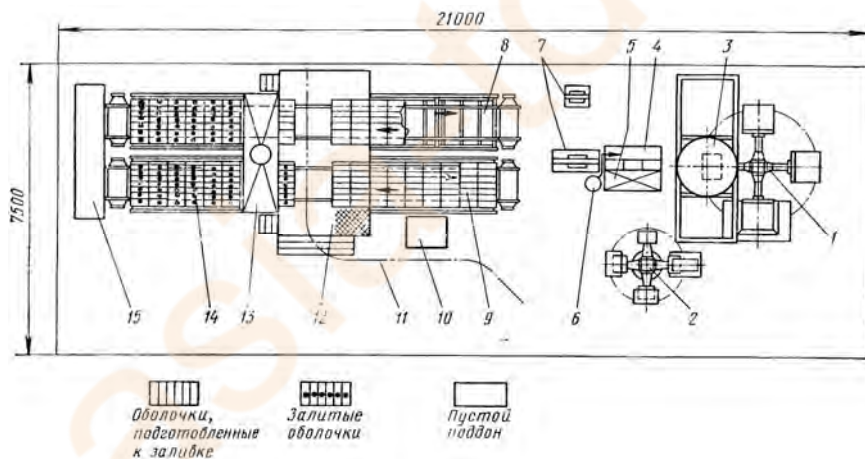


Рис. 4.3. План участка литья в оболочковые формы:

1 – четырехпозиционная карусельная установка изготовления оболочковых форм; 2 – четырехпозиционная карусельная установка изготовления оболочковых стержней; 3 – бункер с песчано-смоляной смесью; 4 – рабочий стол для сборки форм; 5 – стеллаж для стержней; 6 – шприц для подачи клея; 7 – пресс для склеивания оболочек; 8 – тележечный конвейер, обратная ветвь; 9 – тележечный конвейер, прямая ветвь (конвейер вертикально-замкнутый); 10 – ванна для очистки оснастки; 11 – заливочный монорельс; 12 – заливочная площадка; 13 – вытяжной зонд; 14 – тележечный конвейер, охлаждающая ветвь; 15 – место выбивки

Технико-экономические показатели этого участка приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Технико-экономические показатели,  
полученные при литье в оболочковые формы чугунных деталей

Показатели	Ротор	Гильза цилиндров	Цилиндры двигателей воздушного охлаждения	
			двухтактного	четырёхтактного
Масса отливки, кг	0,9	0,7	4	10,5
Брак, %	2,2	5,1	3,3	2,7
Выход годного, %	61	56	71	74
Производительность, форм/ч	40	42	36	25
Число моделей на плите	4	4	2	1
Число стержней	4	2	2	6
Размер оболочки, мм	350×400	350×430	250×450	400×450
Толщина оболочки, мм	10	10	12	17
Масса оболочки, кг	8	7,5	8,5	16,5
Время заливки, с	5	3	7	11
Температура заливки, °С	1400	1350	1425	1360
Способ подвода металла	Сифоном		Сверху	Сифоном
Экономия при обработке резанием (по сравнению с отливками, изготовленными в песчаных сырых формах), %	48–50	10–12	15–17	18–20

Планировка типового цеха чугунного литья в оболочковые формы мощностью 5000–7000 т/год приведена на рис. 4.4. Цех предназначен в основном для выпуска отливок массой до 10 кг сериями 50 000–5000 шт./год.

В торцовом пролете расположен склад 1 шихтовых и формовочных материалов. В первом пролете размещены отделение 2 приготовления плакированной песчано-смоляной смеси, стержневое отделение 3, ремонтная мастерская 4 и участок 5 грунтовки отливок. Во втором пролете запроектированы плавильное отделение 13 с двумя вагранками производительностью 3 т/ч, отделение 11 для изготовления и сборки оболочковых форм и отделение 8 очистки и обрубки отливок. В конце этих двух параллельных пролетов расположен склад 7 готовых отливок, а за его стеной – бытовые помещения 6.

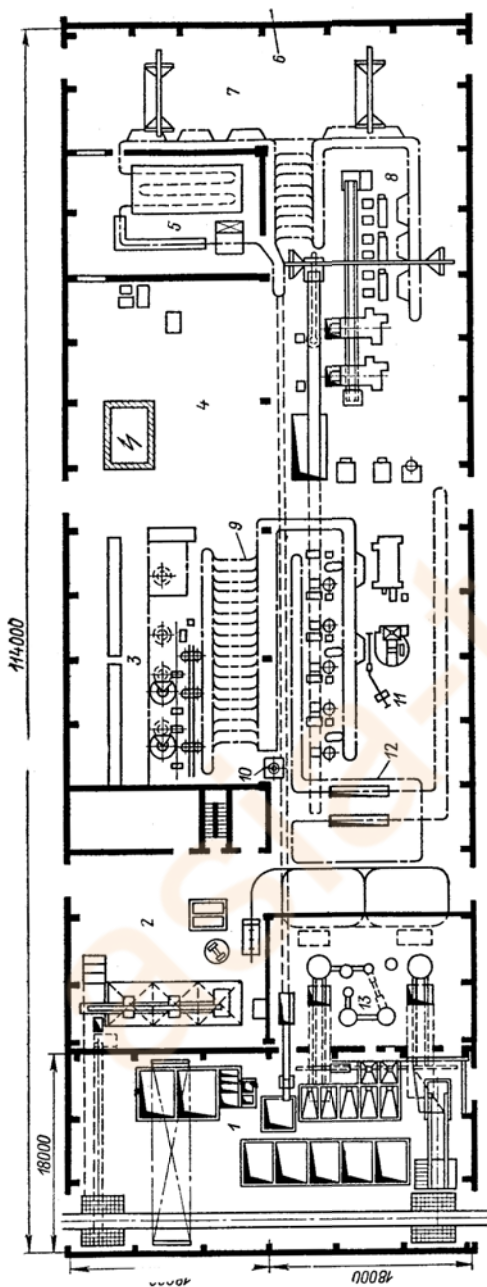


Рис. 4.4. Цех чугунного литья в оболочковые формы мощностью 5000–7000 т/год: 1 – склад шихтовых и формовочных материалов; 2 – отделение приготвления плакировочной песчано-смоляной смеси; 3 – стержневое отделение; 4 – ремонтная мастерская; 5 – участок грунтовки отливок; 6 – бытовые помещения; 7 – склад готовых отливок; 8 – отделение очистки и обрубки отливок; 9 – подвесной толкающий конвейер; 10 – бункер; 11 – отделение для приготвления и сборки оболочковых форм; 12 – подвесной конвейер для заливки форм; 13 – плавильное отделение

Учитывая, что цехи литья в оболочковые формы организуют в основном на заводах, имеющих другие литейные цехи и располагающих базисными складами, емкость цехового склада шихты и формовочных материалов рассчитана на десятидневный запас. Плакированная смесь пневмотранспортом подается к машинам для изготовления оболочковых форм и стержней. Стержни от машин на сборку транспортируются подвесным толкающим конвейером 9 с автоматическим адресованием. Заливка форм запроектирована на подвесном конвейере 12 без засыпки с горизонтальным расположением форм на площадках конвейера, покрытых песчаной постелью. Длина конвейера 160 м, шаг подвесок 1,5 м, время охлаждения залитых форм на конвейере 30 мин. Выбивка отливок предусмотрена на выбивной решетке с перфорированной плитой. Отливки, остатки оболочек и песок от постели проваливаются на пластинчатый конвейер, находящийся в туннеле. Охладившиеся отливки поступают на очистку, обрубку, после чего грунтуются. Песок от перегоревшей оболочки и от постели пневмотранспортом передается в бункер 10, из которого берется для подсыпки на площадки конвейера.

При выпуске 7000 т/год отливок технико-экономические показатели цеха следующие:

Выпуск отливок, т/год:	
с 1 м <sup>2</sup> общей площади цеха.....	1,8
на одного работающего.....	59,8
одного рабочего .....	67,9
Установленная мощность токоприемников	
на 1 т отливок, кВт .....	0,2



## 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ЛИТЬЯ

**Область применения.** Наибольший технико-экономический эффект дает применение центробежного литья для отливки тел вращения. К числу этих изделий относятся: трубы различного назначения из чугуна, стали, цветных металлов, жаростойких, коррозионно-устойчивых и твердых сплавов, втулки, гильзы цилиндров автомобилей, тракторных и других двигателей, маслоты для поршневых колец, полые крупногабаритные стальные слитки, кольца подшипников качения, бандажи железнодорожные и трамвайные.

Помимо отливки тел вращения центробежный метод изготовления применяют для получения фасонных деталей, подобных звездочкам, зубчатым колесам, турбинным дискам с лопатками, а также для отливок арматуры, зуботехнических и ювелирных изделий. Большое распространение метод получил при отливке биметаллических изделий [42]. Подробную информацию о центробежном литье можно получить из работ [8, с. 218–242; 11, с. 367–390; 30, с. 304–307; 43, с. 99–115; 57].

**Исходные данные для проектирования.** Исходными данными являются номенклатура деталей или их представителей (по маркам металла и геометрическим параметрам) и программа цеха. Форма представления данных для проектирования показана в табл.5.1.

Таблица 5.1

Форма исходных данных для проектирования цеха  
центробежного литья

Марка сплава	Наименование отливок	Планируемый брак отливок, %	Масса одной отливки, кг/отл.	Годовой выпуск отливок, отл./год	Примечание

**Машины для центробежного литья.** Для изготовления втулок, обечаек, маслот и аналогичных им деталей с гладкой или с фасонной внешней поверхностью применяют центробежные машины моделей 552 и 553 (рис. 5.1, табл. 5.2).

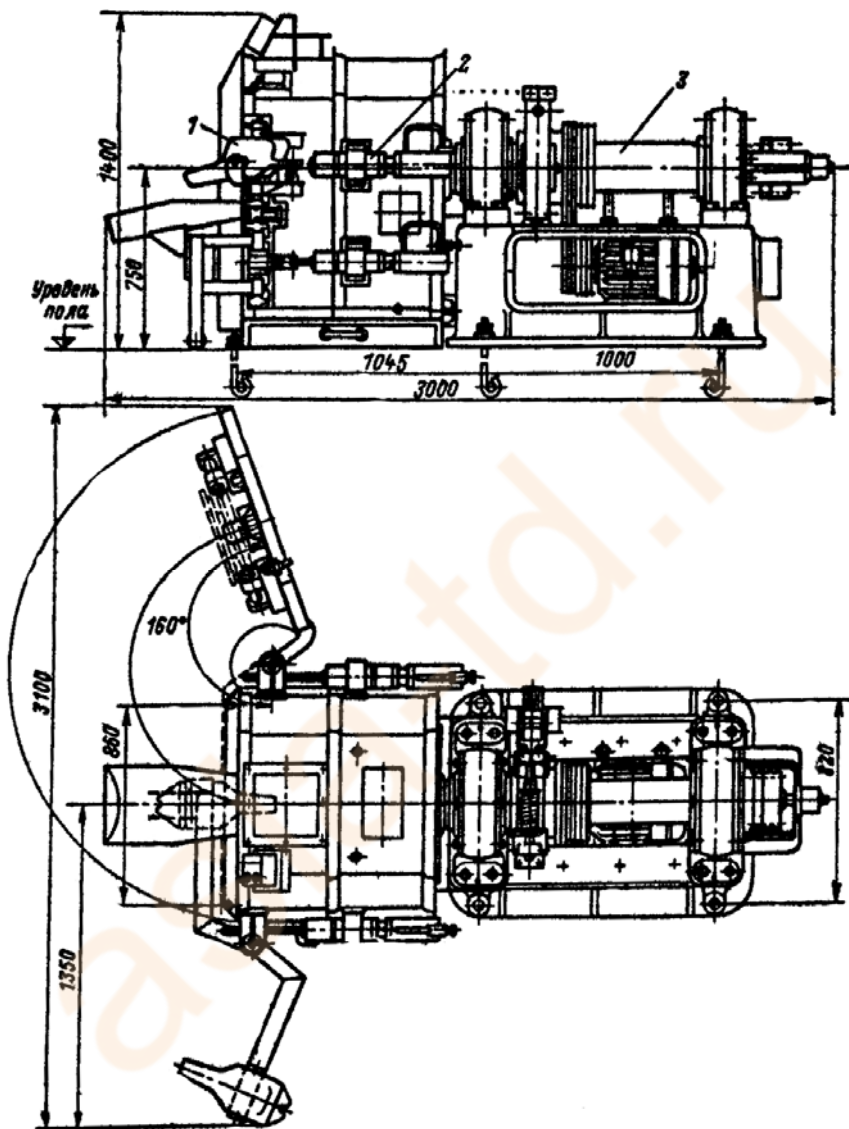


Рис. 5.1. Центробежная машина модели 553:  
 1 – желоб; 2 – изложница; 3 – ротор

Таблица 5.2

Технические характеристики машин  
для центробежного литья [42]

Параметры	Модель				
	ЛН-102	ЛН-104	552-2	553-2	554-2
Заготовки:					
наружный диаметр, мм	100–150	200–300	75–200	200–320	320–500
длина наибольшая, мм	4000	5000	320	500	800
масса, кг	96–156	279–490	80	140	700
Производительность, шт./ч	28–30	23–25	14	9	3
Расход воздуха, м <sup>2</sup> /ч	55	45	–	–	–
Расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч	15	35–40	–	–	–
Установленная мощность электродвигателя, кВт	90	122	6,0	8,0	–
Габаритные размеры, мм	13700 × × 3230 × × 3200	22100 × × 6900 × × 4000	2500 × × 1895 × × 1400	2500 × × 1895 × × 1400	–
Примечания:					
1. Машин ЛН-102 и ЛН-104 предназначены для чугунных напорных раструбных труб, машины 552-2, 553-2, 554-2 – для литья заготовок (штулок).					
2. Машин 552-2, 553-2 и 554-2 консольные с горизонтальной осью вращения.					

При использовании этих машин для отливки деталей в накатные формы:

– в изложнице высверливают большое количество отверстий для выхода газов;

– для подачи в изложницу формовочной смеси и предварительного профилирования и накатки предусматривают специальные устройства.

Над машиной на швеллерах, прикрепленных к станине, располагают бункер для формовочной смеси.

Производительность центробежных машин при применении накатных сырых форм может быть принята 0,7 от указанной в табл. 5.2. В условиях мелкосерийного производства подготовку форм производят на отдельных устройствах.

Для производства чугунных напорных труб диаметром 200–300 мм строительной длиной 5 м применяют центробежные машины модели ЛН104 (см. рис. 5.2).

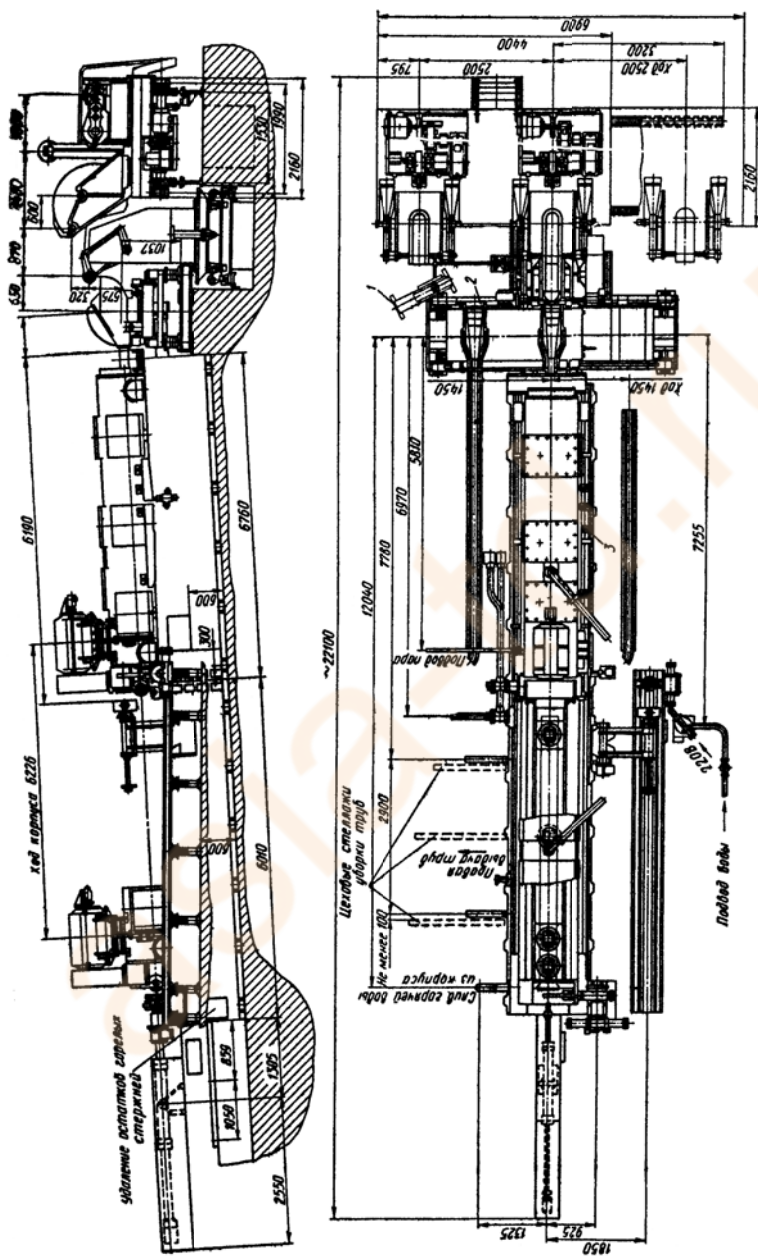


Рис. 5.2. Центробежные машины модели ЛН104:  
 1 – весы для порции жидкого металла; 2 – желоб; 3 – изложница, стеллажи для уборки труб

Схема установки для отливки канализационных труб со сменными изложницами показана на рис. 5.3.

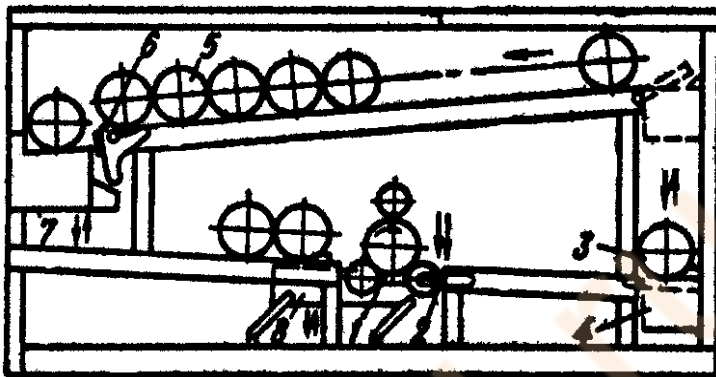


Рис. 5.3. Схема вертикально замкнутой поточной линии для центробежной отливки труб:

1 – заливка; 2 – устройство для выкатки изложниц из центробежной машины; 3 – извлечение трубы; 4 – подъемное устройство для передачи изложницы на верхний стеллаж; 5 – участок очистки изложниц и нанесения теплоизолирующего покрытия; 6 – отсекающее устройство для поодиночной подачи изложниц; 7 – подъемное устройство для передачи изложниц на нижний стеллаж; 8 – устройство для закатки изложницы на позицию заливки

В работе установки участвуют 20 изложниц, угол наклона изложниц  $1^{\circ}30'$ , частота вращения изложницы на позиции заливки 100 и 1000 об/мин, на позиции нанесения покрытия 300 об/мин; общая мощность электродвигателей 13.1 кВт, габариты установки, мм: длина 8950, ширина 4700, высота 2800; масса агрегата (без изложниц) 14 т; производительность 60 труб/ч.

Движение изложниц по всему вертикально замкнутому потоку механизировано.

Количество требуемых центробежных машин определяют по формуле

$$N_{\text{рцм}} = \frac{K_{\Gamma} T 1,1}{60 \Phi_{\text{д}}},$$

где  $K_{\Gamma}$  – заданное по годовой программе количество отливок, отл./год;

$T$  – время изготовления одной отливки, мин/отл.;

1,1 – коэффициент, учитывающий потери от брака и по другим признакам;

$\Phi_d$  – фонд рабочего времени оборудования, ч/год.

Расчитанное количество  $N_{рцм}$  доводят до ближайшего целого числа  $N_{цм}$  и определяют коэффициент использования машин  $\eta_m \leq 0,8$ . Достигнутые технико-экономические показатели производства канализационных труб центробежным способом обеспечивают съем 7,4 т/год с 1м<sup>2</sup> площади и выпуск на одного работающего 115,6 т и выше.

Выход годного литья можно принять равным 80 % для чугунных отливок и 70 % для стальных заготовок. Средние нормы расхода материалов (на примере чугунных канализационных труб) приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Средний расход материалов в кг/т чугунных труб

Материал	Трубы чугунные канализационные – центробежное литье	Фасонные части к трубам чугунным канализационным – кокильное литье
Чугун литейный	594,7	690,8
Чугун передельный	35,3	40,5
Лом чугунный	387,2	422,0
Ферросилиций 18%-й	40,6	50,6
Итого	1057,8	1203,9
Прокат черных металлов	0,42	1,73
Трубы стальные бесшовные	0,03	0,065
Смола каменноугольная	13,2	21,2
Глина формовочная	2,4	2,0
Известняк	55,6	69,2
Кирпич огнеупорный	14,6	15,4
Маршалит	0,42	0,492
Плавиковый шпат	1,3	1,7
Песок формовочный	5,1	145,36
Сульфатно-спиртовая барда	–	3,42
Примечания: 1. Выход годного при центробежном литье труб 86,3 %, при кокильном литье фасонных частей 69,2 %.		
2. Расход электроэнергии на 1 т труб 100 кВт·ч, на 1 т фасонных частей 120 кВт·ч.		

**Выбор изложниц.** Металлические изложницы без покрытия целесообразно использовать только при массовой отливке одноразрубных водопроводных труб средних размеров и небольшой длины.

Металлические изложницы с теплоизолирующим покрытием и поточная организация производства наиболее выгодна для массового производства одноразрубных чугунных труб малых и средних размеров и канализационных труб.

Центробежная отливка в песчаные формы (сырые и сухие) наиболее целесообразна при изготовлении двухразрубных, двухфланцевых труб, труб большого диаметра, а также при серийном производстве труб различных типоразмеров. При условии применения современных методов формовки и поточной организации производства отливка труб в песчаные формы может быть применена для массового производства, в особенности для труб большой длины.

Теплоизолирующие покрытия для изложниц могут быть двух видов: сухие песчаные смеси с термореактивным связующим или жидкие, в виде водных суспензий или растворов.

Для проектных расчетов можно принять один из следующих составов жидких покрытий изложниц для труб [42].

Первый состав, г:

Маршалит .....	100
Сульфитная барда .....	15
Белая глина .....	5
Вода .....	1000

Второй состав (плотность 1,26 г/см<sup>3</sup>), % по массе:

Огнеупорная глина .....	30
Сульфитная барда .....	10
Графит серебристый .....	0,5

Более качественные отливки получают при покрытии изложниц концентрированным раствором сульфитного щелока или раствором сульфитного щелока и хлористого бария. При толщине слоя 0,5–1,0 мм отбела отливок не наблюдается.

Сухие плакированные смеси получают на основе бакелитовых смол горячим методом, их наносят тонким равномерным слоем во время вращения изложницы. В состав этих смесей входят: кварцевый безглинистый песок 3–4 %, бакелитовая смола 104, уротропин, стеарат цинка.

Часовую потребность в смесях, красках, покрытиях определяют по формуле

$$B_k = \eta_6 N_{\text{цм}} \text{ПР}_k, \text{ кг/ч,}$$

где  $\eta_6$  – коэффициент, учитывающий потери и брак формы (для смесей

$\eta_6 = 1,25$ , для красок  $\eta_6 = 1,1$  и для покрытий  $\eta_6 = 1,15$ );

$N_{\text{цм}}$  – количество установленных центробежных машин;

$\text{П}$  – часовая производительность одной машины, отл./ч;

$\text{Р}_k$  – расход смесей, красок и покрытий на одно изделие, кг/отл.

Для расчета величины  $\text{Р}_k$  используются следующие данные:

Толщина стенки- втулки, мм	До 10	Св. 10 до 15	Св. 15 до 20	Св. 20
Толщина теплоизоли- рующего слоя, мм	1,5	2,5	4	5

Расчетное количество оборудования для приготовления теплоизолирующих смесей (красок, покрытий) определяется по формуле

$$n_T = \frac{B_k}{q_k}, \quad (5.1)$$

где  $B_k$  – часовая потребность в смесях (красках, покрытиях), кг/ч;

$q_k$  – часовая производительность оборудования, кг/ч.

По  $n_T$  выбирается необходимое количество машин для получения теплоизолирующих материалов с учетом коэффициента загрузки (0,7–0,9).

Состав и расчет оборудования для подготовки изложниц производят из следующих положений:

– теплоизолирующим слоем изложницы покрывают на самой центробежной машине;

– в мелкосерийном производстве втулок различных типоразмеров, требующем систематической переналадки оснастки центробежной машины, накатка и заливка не могут следовать одна за другой, поэтому целесообразнее накатку форм выполнять на специальной машине, а затем, накопив заготовленные формы, передавать их



под заливку на центробежную машину; в этом случае каждая из машин будет работать производительнее;

– в тех случаях, когда подготовку изложниц ведут на специальных участках, применяют нестандартизованное оборудование, расчет которого выполняют по формуле

$$N_{\text{мр}} = \frac{1,1N_{\text{цм}}\Pi T_{\text{ф}}}{60},$$

где  $N_{\text{мр}}$  – расчетное количество машин;

1,1 – коэффициент, учитывающий брак форм;

$N_{\text{цм}}$  и  $\Pi$  – те же обозначения, что и в формуле (5.1);

$T_{\text{ф}}$  – время изготовления одной формы, мин.

Значения  $N_{\text{мр}}$  доводят до целого числа  $N_{\text{в}}$  (выбранное количество оборудования), пользуясь коэффициентом использования (загрузки) оборудования.

Расчеты других отделений (участков) цеха центробежного литья (плавильного, термообрубного, склада шихтовых и формовочных материалов и др.) осуществляются в соответствии с методикой, изложенной в работе [36].

**Варианты проектных решений.** Различают три основных вида установок центробежных машин для изготовления втулок, обечаек, маслот, гильз и других аналогичных отливок с гладкой поверхностью.

*Установка на участке одной-трех машин.* Такая организация отвечает условиям небольшого объема производства одного или многих типоразмеров отливки.

В зависимости от условий разливки в цехе металл может подаваться к машинам мерными ковшами или через промежуточные ковши.

*Установка группы машин.* Этот вариант организации отвечает условиям серийного производства одного или нескольких типоразмеров отливок. Подача металла при этой организации может быть такая же, как и в первом случае. Однако если вся группа машин производит отливки одного типоразмера, то более рационально выделить заливку в самостоятельную операцию, прикрепив к ней специальных рабочих, переходящих от машины к машине. Такое разделение труда увеличивает дозировку металла.

*Установка машин на карусели.* Этот вариант может быть применен лишь при крупносерийном или массовом производстве. Такая организация участка предполагает разделение труда по всем операциям. Производительность труда возрастает еще больше за счет уменьшения потерь времени на смену инструмента и рационального использования времени охлаждения отливок.

При первом и втором вариантах организации участка необходимо, чтобы на участке были установлены резервные машины. При третьем варианте резервные машины должны быть в запасе, чтобы в случае необходимости они могли быть легко установлены взамен выбывших из строя.

Кольцевой конвейер рекомендуется применять для накатных форм в мелкосерийном производстве. Он может нести на себе 8–12 центробежных машин.

Сочетание быстрого вращения изложницы с заливкой в нее жидкого металла требует от проектировщиков особенно внимательного отношения к вопросам техники безопасности.

Проектирование вспомогательных служб и разработка строительной части цеха центробежного литья могут осуществляться в соответствии с рекомендациями работы [37].

## 6. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗМЕРАМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ЦЕХОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ЛИТЬЯ

В цехах специальных способов литья ширина пролетов может приниматься 18 или 24 м, второй размер предпочтительнее.

В двухэтажных зданиях высота до уровня пола второго этажа 7,8 м, ширина пролета второго этажа 18 или 24 м, а первого – соответственно 9 или 12 м. Шаг колонн для одно- и двухэтажного здания 6 или 12 м.

Нормы грузоподъемности транспортных средств и высота пролетов зданий для некоторых цехов специальных способов литья приведены в таблице [1].

Нормы грузоподъемности транспортных средств и высоты пролетов зданий

Выпуск цеха, тыс. т/год	Плавильный агрегат	Транспортные средства		Высота до головки подкранового рельса (в одноэтажном от отметки пола второго этажа), м	Минимальная высота до низа конструкций перекрытия (в одноэтажном здании от $\pm 0,0$ , в двухэтажном от отметки пола второго этажа), м
		Вид	Грузоподъемность, т		
<b>Цехи стального литья по выплавляемым моделям</b>					
0,5–1	ИСТ-0,16	Подвесной транспорт	0,5–1	–	7,2; 8,4; 9,6; 10,8
1–2	ИСТ-0,16; 0,4	То же	0,5–2	–	7,2; 8,4; 9,6; 10,8
2–5	ИСТ-0,16; 0,4	–	0,5–3	–	8,4; 9,6; 10,8
<b>Цехи литья под давлением</b>					
	Электропечи емкостью, т: до 0,25	Подвесной транспорт Кран-балка	0,5–2 0,5–2	– 8,15	9,6 10,8
	0,4–1	Подвесной транспорт Кран-балка	1–2 1–2	– 8,15	9,6 10,8
	1–2,5	Подвесной транспорт Мостовые краны	2–5 5; 10	– 8,15	9,6 10,8
	2,5–6	Подвесной транспорт Мостовые краны	2–5 10; 15/3	– 8,15; 9,65	9,6 10,8; 12,6

## ЛИТЕРАТУРА

1. Основы проектирования литейных цехов и заводов / под ред. Б. В. Кнорре. – М. : Машиностроение, 1979. – 376 с.
2. Резчиков, Е. А. Проектирование литейных заводов и цехов : учебное пособие / Е. А. Резчиков. – М. : Завод-вуз при Московском автозаводе им. И. А. Лихачева, 1986. – 68 с.
3. Коломенская, М. В. Организация литья в кокиль и под давлением / М. В. Коломенская. – М. : Машиностроение, 1974. – 88 с.
4. Рубцов, Н. И. Специальные виды литья / Н. И. Рубцов. – М. : Машгиз, 1955. – 331 с.
5. Белопухов, А. К. Технологические режимы литья под давлением / А. К. Белопухов. – М. : Машиностроение, 1967. – 239 с.
6. Литье под давлением / под ред. А. К. Белопухова. – М. : Машиностроение, 1975. – 338 с.
7. Литье тонкостенных конструкций / под ред. Г. Ф. Баландина. – М. : Машиностроение, 1966. – 254 с.
8. Степанов, Ю. А. Технология литейного производства : специальные виды литья / Ю. А. Степанов, Г. Ф. Баландин, В. А. Рыбкин. – М. : Машиностроение, 1983. – 287 с.
9. Вейник, А. И. Теория особых видов литья / А. И. Вейник. – М. : Машгиз, 1958. – 300 с.
10. Сидоров, В. И. Машины для литья под давлением / В. И. Сидоров. – Свердловск : Машгиз, 1961. – 160 с.
11. Специальные способы литья : справочник / В. А. Ефимов [и др.] ; под общ. ред. В. А. Ефимова. – М. : Машиностроение, 1991. – 436 с.
12. Белопухов, А. К. Технологические режимы литья под давлением / А. К. Белопухов. – М. : Машиностроение, 1985. – 272 с.
13. Горюнов, И. И. Пресс-формы для литья под давлением : справочное пособие / И. И. Горюнов. – Л. : Машиностроение, 1973. – 256 с.
14. Заславский, М. Л. Литье в металлические формы / М. Л. Заславский, В. М. Шестопап // Технология и оборудование литейного производства (Итоги науки и техники) : в 6 т. – М. : ВИНТИ АН СССР, 1975. – Т. 6. – 240 с.
15. Литье под давлением / под общ. ред. Л. И. Ванберга. – М. : Машгиз, 1962. – 400 с.

16. Пляцкий, В. М. Литье под давлением / В. М. Пляцкий. – М. : Оборонгиз, 1957. – 464 с.

17. Совершенствование технологии и организация производства литья под давлением / под общ. ред. Ю. Ф. Игнатенко. – М. : МДНТП, 1980. – 133 с.

18. Машины для литья под давлением / под ред. Б. Е. Розенберга. – М. : Машиностроение, 1973. – 288 с.

19. Машины для литья под давлением / В. А. Антонов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1973. – 288 с.

20. Никулин, Л. В. Литье под давлением магниевых сплавов / Л. В. Никулин, Т. Н. Липчик, М. Л. Заславский. – М. : Машиностроение, 1978. – 181 с.

21. Заславский, М. Л. Совершенствование оборудования для литья под давлением / М. Л. Заславский, А. А. Крейцер, А. И. Малюк. – М. : ВНИИТЭМР, 1985. – 56 с.

22. Заславский, М. Л. Машины для литья под давлением / М. Л. Заславский, В. А. Глушков, А. И. Малюк //Технология и оборудование литейного производства (отечественный опыт). – М. : ВНИИТЭМР, 1986. – Вып. 6. – 85 с.

23. Зеленов, В. Н. Смазка пресс-форм литья под давлением / В. Н. Зеленов, Л. Е. Киселенко. – М. : Машиностроение, 1983. – 144 с.

24. Каширцев, Л. П. Литейные машины. Литьё в металлические формы / Л. П. Каширцев. – М. : Машиностроение, 2005. – 368 с.

25. Заславский, М. Л. Автоматизированные системы управления технологическими процессами литья в металлические формы / М. Л. Заславский, В. С. Иванов, В. И. Маляров. – М. : НИИмаш, 1980. – 64 с.

26. Заславский, М. Л. Автоматизируемые и программируемые комплексы литья под давлением / М. Л. Заславский, В. В. Антонов. – М. : НИИмаш, 1982. – 55 с.

27. Автоматизация и прогрессивная технология литья под давлением / под общ. ред. Ю. Ф. Игнатенко, Р. А. Короткова, В. Я. Невзорова. – М. : МДНТП, 1984. – 128 с.

28. Ноговицин, Б. Ф. Основы расчета и проектирования машин для литья под давлением / Б. Ф. Ноговицин. – Иркутск : Изд-во Иркутского университета, 1987. – 127 с.

29. Городничий, Н. И. Литейное производство цветных металлов и сплавов / Н. И. Городничий. – М. : Металлургия, 1989. – 104 с.

30. Сафронов, В. Я. Справочник по литейному оборудованию / В. Я. Сафронов. – М. : Машиностроение, 1985. – 320 с.
31. Цветное литье : справочник / Н. М. Галдин [и др.] ; под общ. ред. Н. М. Галдина. – М. : Машиностроение, 1989. – 528 с.
32. Колобнев, И. Ф. Справочник литейщика : Цветное литье из легких сплавов / И. Ф. Колобнев, В. В. Крымов, А. В. Мельников. – М. : Машиностроение, 1974. – 416 с.
33. Литье под давлением / М. Б. Беккер [и др.]. – М. : Машиностроение, 1990. – 400 с.
34. Литейное производство черных и цветных металлов : методические указания к выполнению дипломного проекта / В. И. Швабауэр [и др.] ; под ред. В. М. Александрова. – Челябинск : ЧПИ, 1988. – 74 с.
35. Благов, Б. Н. Оборудование и проектирование литейных цехов: Расчет и проектирование отделений литейных цехов : учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 0404 / Б. Н. Благов ; под ред. А. М. Михайлова. – М. : МИСиС, 1979. – 115 с.
36. Довнар, Г. В. Проектирование цехов : в 4 ч. / Г. В. Довнар, В. А. Стасюлевич. – Б.и. – Ч. II : Проектирование основного технологического и подъемно-транспортного оборудования для цехов литья в разовые песчано-глинистые формы. – 70 с.
37. Довнар, Г. В. Проектирование цехов : в 4 ч. / Г. В. Довнар. – Б.и. – Ч. III : Проектирование вспомогательных служб и разработка строительной части. – 82 с.
38. Совершенствование технологии и организации производства литья под давлением : материалы семинаров. – М. : МДНТП, 1980. – 120 с.
39. Литье в кокиль / под ред. А. И. Вейника. – М. : Машиностроение, 1980. – 415 с.
40. Кокильное литье : справочное пособие / Н. П. Дубинин [и др.]. – М. : Машиностроение, 1967. – 460 с.
41. Постников, Н. С. Производство литых алюминиевых сплавов / Н. С. Постников, А. В. Мельников. – М. : Metallurgia, 1979. – 136 с.
42. Проектирование машиностроительных заводов и цехов : справочник : в 6 т. / под общ. ред. Е. С. Ямпольского. – М. : Машиностроение, 1974. – Т. 2 : Проектирование литейных цехов и заводов / под ред. В. М. Шестопала. – 294 с.

43. Серебро, В. С. Технология и механизация производства отливок в металлических формах / В. С. Серебро, А. Л. Становский. – Одесса : ОПУ, 1993. – 130 с.
44. Руденко, А. Б. Литье в облицованный кокиль / А. Б. Руденко, В. С. Серебро. – М. : Машиностроение, 1987. – 184 с.
45. Сварика, А. А. Покрытия литейных форм / А. А. Сварика. – М. : Машиностроение, 1977. – 216 с.
46. Бедель, В. К. Литье под низким давлением / В. К. Бедель, Г. И. Тимофеев. – М. : Машиностроение, 1968. – 259 с.
47. Устройство промышленных роботов / Е. И. Юревич [и др.]. – Л. : Машиностроение, 1980. – 333 с.
48. Жолнерович, Е. А. Применение промышленных роботов / Е. А. Жолнерович, А. М. Титов, А. И. Федосов. – Минск : Беларусь, 1984. – 225 с.
49. Баландин, Г. Ф. Основы теории формирования отливки / Г. Ф. Баландин. – М. : Машиностроение, 1976 – 1979. – Ч. 1. – 1976. – 327 с. ; Ч. 2. – 1979. – 329 с.
50. Моисеев, Н. И. Математика ставит эксперимент / Н. И. Моисеев. – М. : Наука, 1979. – 222 с.
51. Норенков, И. П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем / И. П. Норенков. – М. : Высшая школа, 1980. – 308 с.
52. Литье по выплавляемым моделям / под ред. Я. И. Шкленника и В. А. Озерова. – М. : Машиностроение, 1971. – 434 с.
53. Литье по выплавляемым моделям / В. Н. Иванов [и др.] ; под ред. Я. И. Шкленника, В. А. Озерова. – М. : Машиностроение, 1984. – 408 с.
54. Сотников, В. К. Цех точного литья по выплавляемым моделям ПО «Уралвагонзавод им. Ф. Э. Держинского» / В. К. Сотников, В. А. Кондратьев // Литейное производство. – 1985. – № 2. – С. 26–27.
55. Озеров, В. А. Литье по моделям из пенополистирола / В. А. Озеров, В. С. Шуляк, Г. А. Плотников. – М. : Машиностроение, 1970. – 250 с.
56. Иванов, В. Н. Литье в керамические формы по постоянным моделям / В. Н. Иванов, Г. М. Зарецкая. – М. : Машиностроение, 1975. – 134 с.
57. Юдин, С. Б. Центробежное литье / С. Б. Юдин, М. М. Левин, С. Е. Розенфельд. – М. : Машиностроение, 1972. – 279 с.

Учебное издание

**ДОВНАР** Геннадий Витольдович

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЦЕХОВ  
СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ ЛИТЬЯ**

Учебно-методическое пособие  
по курсовому и дипломному проектированию  
для студентов специализации 1-42 01 01-01  
«Литейное производство черных и цветных металлов»

Редактор *Т. Н. Микулик*

Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 29.11.2013. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 12,03. Уч.-изд. л. 9,41. Тираж 100. Заказ 547.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.