

П. С. ПЕРШИН

**ТЕХНОЛОГИЯ
ТОЧНОГО
ЛИТЬЯ**



МАШГИЗ • 1955

С. С. Першин
Ю. В. Жуков

П. С. ПЕРШИН

ТЕХНОЛОГИЯ ТОЧНОГО ЛИТЬЯ

ИЗ ОПЫТА УРАЛМАШЗАВОДА



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1955 СВЕРДЛОВСК

В книге подробно описывается новая технология изготовления отливок по выплавляемым моделям с применением жидкого стекла (недорогого и общедоступного материала) взамен этилсиликата и спирта.

Практические сведения и данные, приводимые в книге, получены на основе обобщения более чем четырехлетнего опыта Уралмашзавода по изготовлению отливок новым методом. Полученные результаты на заводе — ежегодная экономия в размере одного миллиона рублей и расширяющаяся номенклатура литых деталей, изготавливаемых новым методом, — позволяют широко рекомендовать другим заводам описываемую в книге технологию.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников.

Рецензент инж. С. М. Мышалов

УРАЛО-СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА

Ведущий редактор инж. Б. Л. Фролов

ВВЕДЕНИЕ

В результате продолжительных исследований на Уралмашзаводе разработан и внедрен в производство новый технологический процесс точного литья по выплавляемым моделям. Сущность этого процесса состоит в замене дорогих материалов (этилсиликата и этилового спирта), используемых для образования огнеупорных покрытий, более дешевыми материалами — жидким содовым стеклом и водой. При этом жидкое стекло используется для получения геля кремнезема при химическом воздействии на него хлористого или азотнокислого аммония.

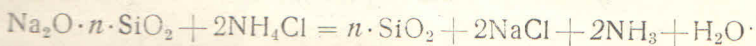
Технологический процесс изготовления отливок по выплавляемым моделям сводится к следующему. Металлические прессформы заполняются нагретым модельным составом из смеси парафина и стеарина. После затвердевания модельного состава прессформа разбирается и из нее извлекается готовая модель. В таком же порядке изготавливаются литниковые системы, стояки и прибыли.

Следующий этап — комплектовка моделей по несколько штук на одну общую литниковую систему или на стояк. Сборка модельного комплекта тщательно контролируется. Готовый модельный комплект передается для нанесения на него огнеупорного покрытия.

Нанесение огнеупорного покрытия на модельный комплект является одной из основных операций производства точного литья. Сущность операции сводится к погружению модельного комплекта в сметанообразную смесь маршалита с жидким стеклом и выниманию его из смеси. После этого модельный комплект выдерживается над ванной со смесью до полного прекращения активного стекания смеси. При этом на модельном комплекте остается тонкая пленка смеси маршалита с жидким стеклом, которая затем присыпается сухим кварцевым песком. Пе-

сок утолщает покрытие, упрочняет его и создает определенную газопроницаемость огнеупорному слою.

Как только будет получен первый слой покрытия, модельный комплект погружается в ванну закрепителя. В качестве закрепителя принимается 18%-ный водный раствор хлористого аммония (технического нашатыря) или водный раствор азотнокислого аммония. Под влиянием химического взаимодействия хлористого аммония со щелочной составляющей жидкого стекла, входящего в состав покрытия, происходит разложение жидкого стекла по реакции:



Как видно, разложение жидкого стекла происходит с выделением кремнезема, причем кремнезем выпадает в виде коллоида (геля). Коллоидальный же кремнезем, мгновенно выпадающий из жидкого стекла под влиянием закрепителя, связывает зерна песка и маршалита в твердую, прочную и монолитную корку.

Операция закрепления слоя покрытия в закрепителе продолжается в течение 1—2 минут. После этого модельный комплект вынимается из ванны, и закрепление слоя продолжается на воздухе в течение 2—7 минут, в зависимости от массы и конфигурации модельного комплекта.

Реакция закрепления сопровождается обильным выделением аммиака с закрепленного слоя покрытия и за твердением последнего.

Так наносится первый слой покрытия на модельный комплект. Затем последовательно наносятся еще три или четыре слоя тем же способом и с той же выдержкой в закрепителе и на воздухе, после чего готовый комплект передается для выплавления моделей.

Выплавление моделей производится в ванне с водой, нагретой до 75—80°. Так как температура плавления парафино-стеаринового состава находится в пределах 51—53°, то спустя 1—2 минуты после погружения модельного комплекта в ванну, начинается выплавление моделей. При этом на поверхность ванны начинают всплывать капельки расплавленного модельного состава; прекращение всплывания таких капелек свидетельствует о том, что выплавление моделей закончено.

После полного выплавления моделей огнеупорное покрытие образует форму, которая извлекается из ванны и поступает на операцию сушки. Сушка производится на

воздухе в течение 4 — 6 часов. Затем формы подвергаются прокаливанию при температуре 800° в течение 2 часов.

После охлаждения до комнатной температуры формы устанавливаются в опоки и засыпаются с наружной стороны крупным песком или молотым кварцем (размер зерна 1—3 мм в поперечнике). При этом наполнитель вокруг формы уплотняется. В случае заливки горячих форм уплотнение производится перед прокаливанием. Так подготовляются формы для заливки. Затем они заливаются расплавленной сталью, чугуном или цветным сплавом.

Выбивка, очистка, отрезка и доводка отливок производится методами, общепринятыми в точном литье.

Более чем четырехлетний опыт работы коллектива отделения точного литья на Уралмашзаводе, впервые внедрившего в производство описанную технологию, позволяет сделать некоторые обобщения и выводы по снижению стоимости еще дорогого в настоящее время точного литья. Приводимые в настоящей книге материалы и являются попыткой автора выполнить эту задачу.



ГЛАВА I

О ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРЕССФОРМ И ОСНАСТКИ

Прежде чем приступить к проектированию прессформы для какой-либо детали, необходимо выяснить, целесообразно ли изготовление этой детали методом точного литья. При этом следует учитывать не только экономические преимущества, но и возможности этого метода.

Методом литья по выплавляемым моделям получают отливки весьма сложной конфигурации, с точностью 4—5 классов и чистотой поверхности, соответствующей 5 классу чистоты. Однако приведенные показатели чистоты и точности можно получить лишь на отливках весом до 5—6 кг. На отливках же большего веса, а следовательно, и больших габаритов, показатели точности и чистоты поверхности понижаются. Поэтому методом точного литья получают главным образом мелкие детали весом от 10 до 600 г. В то же время метод точного литья не исключает возможности для изготовления отливок и большего веса (до 100 кг и больше).

Перевод деталей, изготавливаемых из проката или штамповкой, на производство методом точного литья диктуется необходимостью снижения затрат труда на механическую обработку. Однако это нельзя относить ко всем деталям. Например, детали, имеющие форму тел вращения, могут быть обработаны и на токарных автоматах с небольшими затратами труда. Поэтому изготовление таких деталей методом точного литья не всегда экономически выгодно. Следует учитывать также партионность деталей, так как стоимость изготовления прессформы относительно высока. При проектировании прессформ должны быть учтены следующие условия:

- 1) легкость разборки и сборки прессформы при надежном креплении ее частей;

- 2) по возможности небольшой вес прессформы;
- 3) легкость извлечения модели из прессформы;
- 4) соответствие чистоты рабочей поверхности прессформы 7 — 8 классу чистоты;
- 5) отсутствие в прессформе труднодоступных для очистки мест;
- 6) свободное заполнение прессформы модельным составом (заливка или прессование);
- 7) технологичность конструкции при изготовлении прессформы, при одновременной ее долговечности в эксплуатации;
- 8) изготовление прессформы с учетом возможностей доводки ее размеров.

Выплавляемая модель должна иметь геометрическую форму, соответствующую детали, с учетом припусков на усадку и механическую обработку. Поэтому необходимо учитывать усадку модельного состава и усадку металла при заполнении формы.

Усадка модельного состава зависит от метода заполнения прессформы и от характера модельного состава. У моделей, изготовленных методом прессования модельного состава, усадка меньше, чем у моделей, изготовленных методом свободной заливки. Кроме того, усадка моделей зависит и от степени ее затрудненности, так же как и усадка отливок.

Так как форма отливок весьма разнообразна, а колебания в усадках (модельного состава и металла отливки) значительны, получение точных размеров у первых отливок весьма затруднительно. Поэтому при проектировании прессформ необходимо учитывать возможность доводки новой прессформы на основе измерений опытной партии отливок. Так, внутренние размеры отливок — отверстия, пазы, углубления, которые в прессформах равноценны соответствующим штырям и вставкам, предусматриваются с учетом максимально возможной усадки. Внешние же размеры отливок предусматриваются с учетом минимальной усадки. В этих случаях при доводке прессформы оказывается возможным снять излишние припуски на размеры внешнего и внутреннего профиля отливки.

Чистота поверхности выплавляемых моделей, а также в значительной степени и чистота поверхности отливок зависит от чистоты рабочих поверхностей прессформы. Поэтому к обработке прессформы предъявляются большие требования. Рабочие поверхности ее должны соот-

ветствовать трем знакам 7—8 классов чистоты по ГОСТ 2789—51.

В практике наибольшее распространение получили металлические прессформы из стали, чугуна и цветных сплавов из-за их теплопроводности, что повышает производительность труда при прессовании моделей.

При выборе материалов необходимо учитывать способность металла или сплава легко обрабатываться шлифованием, полированием или другими методами доводки рабочих поверхностей.

В отдельных же случаях, когда требуется небольшое количество моделей, а к чистоте поверхности не предъявляется строгих требований, могут применяться гипсовые, пластмассовые и резиновые прессформы.

Металлические прессформы изготавливаются двумя способами: литьем и механической обработкой. К изготовлению литых прессформ прибегают в тех случаях, когда обычной механической обработкой не удастся выполнить сложные полости формы или когда такая обработка вызывает большие затраты труда (конические шестерни, кривые профили лопаток и т. п.).

Для изготовления литых прессформ применяются главным образом легкоплавкие сплавы на оловянной основе. К таким сплавам относятся оловянно-сурьмяные, оловянно-свинцовые и оловянно-висмутовые сплавы, а также баббиты и в особых случаях — силумины.

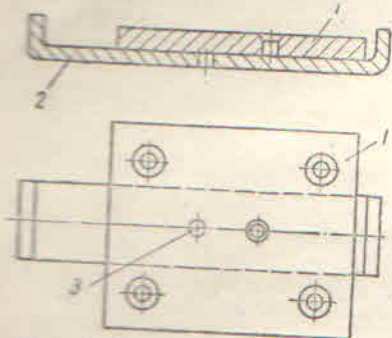
Макеты (эталоны) для изготовления литых частей прессформы делаются из стали, при этом рабочие поверхности их должны иметь чистоту, соответствующую 7—8 классам чистоты поверхности (ГОСТ 2789—51).

Конструкция прессформы должна обеспечивать быструю и легкую разборку прессформы, а также свободное извлечение модели.

Иногда конфигурация отливаемой детали позволяет извлекать модель из прессформы просто руками. При сложной конфигурации детали, затрудняющей извлечение модели из прессформы, следует в конструкции прессформы предусмотреть специальные толкатели.

Плоскости разъемов прессформы не должны пропускать модельный состав при прессовании его под давлением, достигающим 5 ат. Введение модельного состава в прессформу под таким давлением требует соответствующего перекрытия отверстия для состава, так как в противном случае часть модельного состава обратным давлени-

ем будет выброшена из прессформы. Если же оставлять прессформу под прессом до полного затвердевания модели, то использование пресса будет чрезвычайно непроизводительным. Поэтому при проектировании прессформы необходимо предусмотреть приспособление, перекрывающее отверстие для впуска модельного состава (фиг. 1).



Фиг. 1. Заслонка прессформы:
1 — загвоздка; 2 — зажимная;
3 — перекрывающее отверстие.

В прессформе должны отсутствовать труднодоступные для чистки места. Если по конструкции детали такие места неизбежны, то при проектировании прессформы следует предусмотреть технологические разъемы, вставки и т. п. Очень важно также, чтобы детали в конструкции были правильно сцентрированы и закреплены. Во избежание затруднений при выходе воздуха из прессформы во время затвердевания ее модельным составом необходимо предусмотреть мелкие каналы-риски глубиной 0,1—0,3 мм.

Отверстия и пазы в моделях обычно выполняются при помощи вставных штырей, валиков и шпонок, которые предусматриваются в прессформах. При этом необходимо правильно расположить эти детали; посадка их в гнезда прессформы должна соответствовать скользящей посадке по 2—3 классу точности. Следует учитывать, что усадка модельного состава в прессформе в большинстве случаев направлена к центру штырей, поэтому они зажимаются в прессформе усилиями усадки. Следовательно, надо обязательно предусмотреть надежный вылет рукоятки штыря для извлечения его при разборке прессформы. В отдельных же случаях, особенно при извлечении штырей крупных размеров, необходимо предусматривать специальные захваты для крючка и даже внутренние резьбы для ввинчивания рыма.

При наличии в модели углублений цилиндрической или равносторонней формы, которые выполняются соответствующими штырями в прессформах, необходимо учитывать, что извлечение таких штырей представляет особую трудность. Объясняется это следующим. В результате

усадки модельного состава, направленной к центру, зазор между моделью и штырем отсутствует, что создает вакуум в углублениях модели и затрудняет извлечение штыря. Трудности возрастают с увеличением размеров штыря или валика и приводят иногда к поломке моделей.

Для предотвращения описанных затруднений необходимо при проектировании прессформ предусматривать специальные отверстия диаметром 3—4 мм со вставками в них. В этих случаях первой извлекается вставка. Затем, при извлечении штыря воздух через отверстия попадает в углубление под штырь, и условия для образования вакуума исчезают.

Большое значение для качества моделей и отливок имеет правильный выбор места подвода модельного состава в прессформу и металла в форму. Отверстие для впуска модельного состава выбирается с таким расчетом, чтобы исключить случаи возможного брака моделей по ужиминам, спаям, воздушным мешкам и т. д. Питатели для подвода металла в форму, выполняемые на модели, а следовательно, и в прессформах, должны располагаться в наиболее толстых частях модели. Этим создаются условия для направленной кристаллизации металла в отливках. Размеры питателя выбираются из следующих условий: круг, вписанный в наиболее толстое место отливки, должен вмещаться в стояк или литниковую систему. В противном случае в отливках неизбежно образование усадочных раковин и пористости. При проектировании прессформ для крупных отливок необходимо предусмотреть установку прибыли на наиболее толстое место отливки, а подвод металла осуществить в тонкое место отливки или в прибыль. Одновременно с проектированием прессформ для моделей необходимо предусматривать вспомогательную оснастку для сборки моделей в модельные комплекты: литниковые системы, стояки и прибыли. Все детали по возможности нормализуются.

Для повышения долговечности прессформы, предназначенные для массового выпуска деталей, изготавливают из стали, при этом рабочие поверхности закаляют. Закалка необходима для вставной части прессформы и особенно для посадочных участков. С целью же повышения долговечности, а также для предохранения прессформ от коррозии их хромируют. Хромирование особенно необходимо в тех случаях, когда охлаждение моделей в прессформе производится под водой.



ГЛАВА II

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРЕССФОРМ

В зависимости от конфигурации отливки и от требований, предъявляемых к чистоте поверхности и точности ее, определяется способ изготовления прессформы. Чистота поверхности прессформы и точность ее размеров определяют чистоту поверхности и точность модели. Показатели точности и чистоты поверхности модели в значительной степени влияют на качество отливки.

Как уже говорилось, прессформы бывают металлические, гипсовые, резиновые и пластмассовые. Гипсовые, резиновые и пластмассовые прессформы применяются в условиях мелкосерийного и единичного производства для отливок, не требующих высокой точности, т. е. имеющих значительные припуски для механической обработки.

Наибольшее распространение получили литые прессформы и прессформы, изготовленные механической обработкой. К изготовлению литых прессформ следует прибегать только в тех случаях, когда прессформу чрезвычайно трудно изготовить способами механической обработки. В большинстве случаев прессформы изготавливают методами механической обработки, так как эти способы позволяют получить необходимую точность и чистоту поверхности прессформы.

ЛИТЫЕ ПРЕССФОРМЫ

Для изготовления литых прессформ требуется специальный макет (эталон). Такой макет изготавливается с учетом припусков на усадку (модельного состава и металла) и механическую обработку отливок. Макеты чаще всего изготавливаются из стали, рабочие поверхности их выполняются по 7—8 классу чистоты (ГОСТ 2789—51).

Для изготовления мелких частей прессформы макет

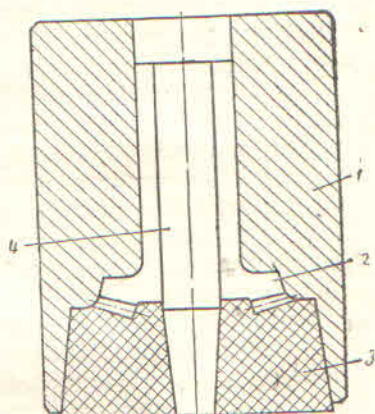
устанавливается в специальный корпус, плоскости которого подвергаются механической обработке (фиг. 2). Иногда макет заформовывается в корпус с применением фальшивой опоки. После установки макета в корпус заливается расплавленный металл. В некоторых случаях при заливке рекомендуется применять добавочное давление, чтобы получить более чистую и гладкую рабочую поверхность литых частей прессформы.

После охлаждения литых частей макет извлекается, а обнаруженные дефекты в корпусе исправляются пайкой.

Для изготовления литых прессформ рекомендуются легкоплавкие сплавы (табл. 1).

Расплавление легкоплавких сплавов производится в нержавеющей ковше, при этом сплав перегревается на $50-80^{\circ}$ выше температуры плавления, указанной в табл. 1.

В тех случаях, когда требуется получить особенно точные рабочие поверхности прессформы, макет подогревают до температуры, равной $0,3-0,5$ температуры плавления сплава.



Фиг. 2. Корпус для установки мелких частей прессформ:

1 — корпус; 2 — макет; 3 — части прессформы (баббитовые); 4 — центральный стержень.

Таблица 1

Сплавы для изготовления литых прессформ

Наименование сплава	Содержание элементов в %				Температура плавления в $^{\circ}\text{C}$
	олово	свинец	висмут	сурьма	
№ 1	42	—	58	—	139
№ 2	33	56	—	11	315
№ 3	35	30	35	—	140
№ 4	15	70	15	—	140
№ 5	—	87	—	13	247

В мелкосерийном производстве при бережном отношении к прессформе можно с успехом применять для изготовления литых прессформ баббиты марок Б 83 и Б 16. Баббиты этих марок передают четкий отпечаток макета и образуют чистую рабочую поверхность. Однако баббитовые прессформы недолговечны, поэтому их можно рекомендовать только при небольших повторяющихся сериях отливок.

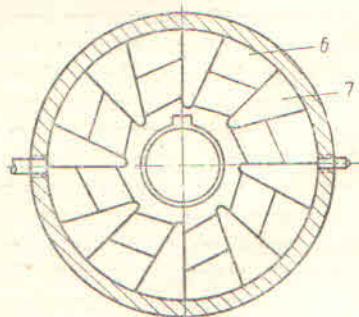
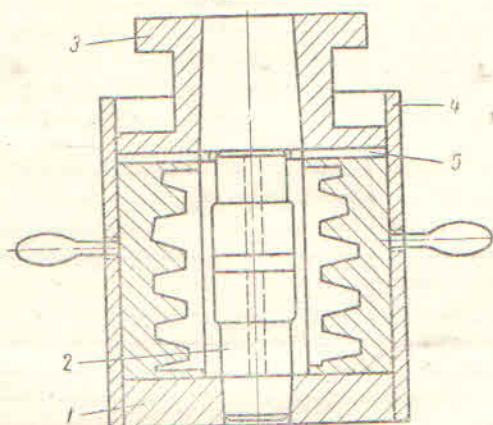
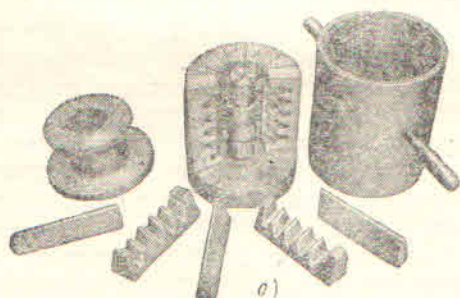
При изготовлении прессформ для крупногабаритных и сложных по конфигурации отливок инструмента из быстрорежущих сталей (червячные фрезы, спиральные сверла, косозубые долбяки и т. д.) применение легкоплавких сплавов становится затруднительным. Такие прессформы требуют большого расхода сплавов и имеют большой вес. Получаемые же отливки почти по всем поверхностям подвергаются механической обработке, так как инструмент должен иметь 2—3 класс точности.

В качестве материала для изготовления литых прессформ для отливки инструмента на Уралмашзаводе в течение пяти лет с успехом применяется силумин.

Силуминовые части прессформ имеют достаточную прочность и чистоту поверхности. Главное их достоинство — небольшой вес, что дает возможность легко оперировать прессформами, имеющими крупные габариты. На фиг. 3 показана силуминовая прессформа червячной фрезы. Прессформа собирается в следующем порядке. В основание (донышко) 1 устанавливается центральный стержень 2. Затем по образующей основания устанавливаются в порядке номеров спиральные гребенки 6 и спиральные клинья 7, образуя форму червячной фрезы. На собранные клинья и гребенки надевается конический кожух 4, который, опираясь на коническую поверхность основания, центрирует форму фрезы относительно центрального штыря.

На верхний торец клиньев и гребенок устанавливается разъемная шайба 5 для получения щелей легкоотделяемых прибылей, а на шайбу устанавливается форма прибыли 3.

Спиральные клинья и гребенки прессформы червячной фрезы механическим путем изготовить практически невозможно. Поэтому эти части прессформы изготавливаются методом литья по макету в следующем порядке: вместе с проектированием прессформы проектируется и макет червячной фрезы с учетом припусков на механическую



Фиг. 3. Силуминовая прессформа червячной фрезы:

1 — в разобранном виде; 6 — чертеж общего вида.

обработку и усадки (осевая усадка 1,7% и диаметрально-ная 2,3%). При проектировании макета предусматривается два технологических чертежа. По первому чертежу макет изготавливается в виде конической заготовки, на которой фрезеруются продольные спиральные пазы, предназначенные для отливки спиральных клиньев. На коническую заготовку надевается до половины высоты основания кожух, как калибр. Образующиеся спиральные пазы заливаются силумином. Затем остывший макет освобождается от кожуха, и все клинья извлекаются из пазов.

Дальнейшая механическая обработка макета производится по второму технологическому чертежу. По наружному диаметру снимается припуск, равный толщине перемычки гребенки (в пределах 10—20 мм, в зависимости от размеров фрезы), нарезается червяк и выполняется затылование. После этого макет направляется для отливки спиральных гребенок. Для этого в продольные пазы устанавливаются силуминовые клинья, снова надевается кожух, и в промежутки между клиньями заливается силумин, образуя спиральные гребенки прессформы. Затем торцы в кожухе подрезаются, клинья и гребенки маркируются порядковыми номерами, снимается кожух, а за ним клинья и гребенки.

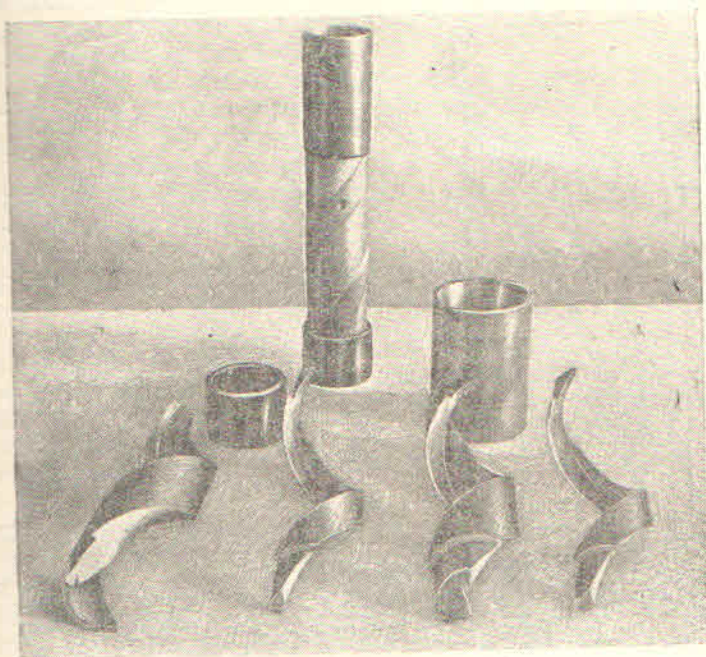
Так сравнительно просто изготавливаются очень сложные по профилю детали прессформ червячных фрез.

Еще сложнее механическим путем изготовить прессформу спирального сверла. Прессформа представляет собой втулку с четырьмя спиральными разъемными и с полостью, соответствующей по форме спиральному сверлу. Спиральные витки в сборе сверлу охватываются прибыльной частью прессформы. Нижний торец прессформы, проточенный под углом 118°, вставляется в специально расточенную донную часть с углублением.

На фиг. 4 показаны разъемные спиральные витки прессформы для сверла с верхней и нижней ее частями и прессформа в сборе. Эти отдельные спиральные витки прессформы не могут быть выполнены механическим путем, а изготавливаются методом литья. Так же, как и при изготовлении прессформ для червячных фрез, при проектировании прессформ проектируется и макет сверла с учетом припусков на механическую обработку и усадку. Макет сверла должен иметь прямой конус (у готового сверла этот конус обратный) по наружному диаметру и по поверхностям затылков.

Кроме того, проектируется и необходимая литейная оснастка.

К литейной оснастке относится приспособление, представляющее собой разъемную втулку 1, скрепленную с



Фиг. 4. Прессформа спирального сверла.

зу и сверху двумя кольцами 2 (фиг. 5). Во втулку на ходовой посадке вставляется центрирующая втулка 3, а в последнюю на скользящей посадке вставляется макет сверла 4. Разъемная втулка 1 может служить для заливки макетов, имеющих различные размеры; для этого служат сменные центрирующие втулки 3.

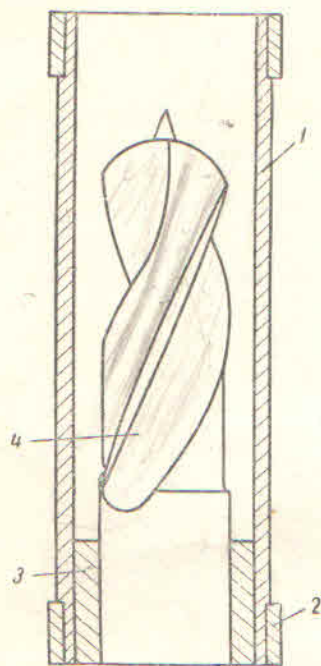
Силумин, перегретый до 800° , заливается во втулку 1, при этом скорость заливки должна быть возможно большей. После охлаждения залитого силумином макета с разъемной втулки снимаются кольца, а макет освобождается от литейной оснастки. В результате получается макет с силуминовой рубашкой. С такого макета на токарном станке срезается вся прибыльная часть до рабочего торца; сохраняется лишь передний центр макета. На гори-

горизонтально-фрезерном станке силуминовая рубашка макета прорезается до задних поверхностей двумя спиральными канавками с тем же углом спирали, с каким изготовлен и макет. Это достигается настройкой станка с теми же сменными шестернями,

которые использовались при фрезеровании спиральных канавок макета. При этом ширина канавок составляет примерно три четверти ширины задних поверхностей макета.

После этого поверхности фрезерования тщательно зачищаются слесарным путем, и макет снова устанавливается в разборную втулку и вторично заливается силумином. Силумин при второй заливке заполняет только спиральные канавки, а прибыльной частью залитых витков служит тот же верхний объем выше макета.

Вторично залитый макет освобождается от литейной оснастки и с него стачивается на токарном станке прибыльная часть спиральных витков. Со стороны обоих торцов макета делаются проточки для доннышки прессформы и ее прибыльной части. Спиральные витки на макете клеятся порядковыми номерами



Фиг. 5. Макет сверла, подготовленный к заливке силумином.

мерами во избежание путаницы при сборке и разборке прессформы, а затем осторожно сбиваются с макета. Вслед за спиральными витками сбиваются и основные профильные витки будущей прессформы. Снятые с макета спиральные витки легко собираются в прессформу по спиральным разъемам.

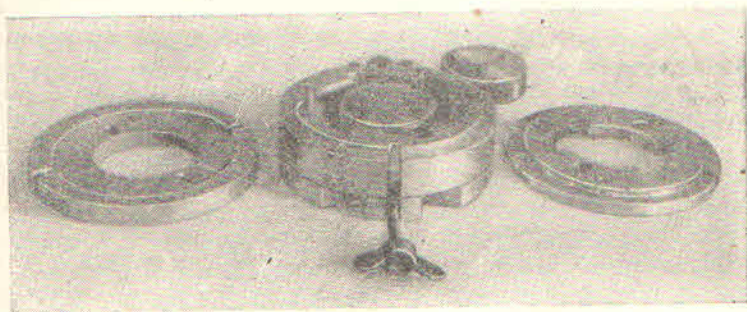
Модель из прессформы извлекается следующим образом: первым снимается доннышко, затем в сторону рабочего торца модели свинчиваются последовательно один за другим спиральные части прессформы; последней счи-

мается прибыльная часть. Для удобства свинчивания спиральных частей прессформы на внешней поверхности их делаются небольшие углубления засверловкой для ввинчивания в отверстие специального крючка, облегчающего съем спиральных частей прессформы с модели. Пригодность прессформы по размерам определяется после изготовления отливок опытной партии.

Необходимо отметить, что описанная прессформа рассчитана для свободной заливки модельным составом. В случае же прессования пастообразного модельного состава под давлением конструкция прессформы должна быть изменена: надо предотвратить вытеснение состава в разъемы и подъем витков из доньшка.

ПРЕССФОРМЫ, ИЗГОТОВЛЯЕМЫЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

Наиболее распространенным и точным способом является метод изготовления прессформ механической обработкой. Наличие современного станочного оборудования позволяет изготавливать прессформы для деталей чрезвычайно сложной конфигурации, высоких классов точности и чистоты поверхности.



Фиг. 6. Прессформа храповика.

Рабочие поверхности стальных прессформ могут быть получены с высоким классом чистоты шлифованием, полированием, притиркой и другими способами доводки. Однако изготовление прессформ способами механической обработки является наиболее трудоемким, а следовательно, и дорогим. Поэтому такой способ оправдывает себя только при условии крупносерийного и массового производства отливок.

На фиг. 6 в качестве примера показана разобранная прессформа храповика, изготовленная способом механической обработки.

ДОВОДКА РАЗМЕРОВ ПРЕССФОРМ

В связи с тем, что величины усадки моделей и отливок непостоянны и зависят от степени затрудненности усадки, их очень трудно учесть при проектировании прессформ для получения заданных размеров. Поэтому при проектировании и изготовлении прессформ имеется в виду дальнейшая доводка их по размерам. При доводке прессформы следует помнить, что чистота ее поверхностей определяет чистоту поверхности модели, а отсюда и отливки.

Внешние размеры прессформ выполняются с минусовыми допусками, а внутренние — с плюсовыми. Затем изготавливается опытная партия отливок не менее 15—20 шт. Эта партия подвергается тщательному обмеру с составлением таблицы размеров и установлением их нижнего и верхнего пределов. По предельным размерам определяются: возможный класс точности, величина отступлений от номинального размера и допуски на него. После этого в чертежах прессформы корректируются размеры на величину отступления, и прессформа подвергается доводке. Если прессформа изготовлена по минусовым допускам внешних размеров, то почти во всех случаях гарантируется припуск на доводку. Такое же положение достигается и при плюсовых допусках на внутренние размеры.

После обмера опытной партии отливок и соответствующей доводки прессформы вновь изготавливается и обмеряется опытная партия отливок. При этом, если какой-то размер не удовлетворяет требованиям точности, то производится вторичная доводка. После получения годной партии отливок составляется и утверждается рабочий чертеж заготовки (РЧЗ), утверждаются чертежи прессформы, прессформа принимается работниками ОТК и на нее составляется паспорт.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРЕССФОРМ

Прессформы должны храниться в кладовой, которая должна располагаться в сухом, отопляемом помещении. При длительном хранении прессформ без использования их следует законсервировать во избежание коррозии.

К прессформам, находящимся в эксплуатации, необходимо относиться очень осторожно, не допускать на них забоин, царапин и вмятин. Особенно бережно надо относиться к литым частям прессформы, изготовленным из мягких легкоплавких сплавов. Незначительные удары по таким частям приводят к вмятинам и забоинам. Очистку прессформ следует производить ветошью и деревянным инструментом.

В случае охлаждения моделей в прессформах водой вновь поступившие стальные прессформы тщательно проверяются, чтобы при эксплуатации избежать их коррозии. Кроме того, необходимо периодически производить обмеры партии отливок, изготовляемых по той или иной прессформе, для установления отклонений в размерах, вызванных износом или деформацией прессформы.





ГЛАВА III

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВЫПЛАВЛЯЕМЫХ МОДЕЛЕЙ

В зависимости от требований, предъявляемых к отливкам, а также от габаритов, конфигурации и веса отливок для изготовления выплавляемых моделей применяются различные модельные составы. Общеизвестные модельные составы, применяемые на заводах, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Составы для изготовления выплавляемых моделей

№ состава	Состав по весу в %					
	парафин	стеарин	перезин	этилцел- люлоза	каннфоль	воск пчелиный
1	65	35	—	—	—	—
2	50	50	—	—	—	—
3	35	65	—	—	—	—
4	70	25	—	5	—	—
5	25	65	—	10	—	—
6	—	83	—	17	—	—
7	38	—	—	18	40	4
8	27	—	—	23	45	5
9	20	—	—	—	50	30
10	30	40	5	—	—	25
11	20	70	10	—	—	—

Наибольшее распространение получили модельные составы № 1, 2, 3 и 4. Составы № 10 и 11 по своим свойствам сходны с парафино-стеариновыми составами, только

прочность моделей незначительно увеличивается. Вообще же для упрочнения моделей при изготовлении точных и ответственных отливок в модельные составы вводятся этилцеллюлоза, канифоль и пчелиный воск.

Технические требования к исходным материалам модельных составов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Технические требования к исходным модельным материалам

Наименование материалов	ГОСТ ОСТ	Удельный вес в кг/дм ³	Температура плавления в °С	Золы в %	Механические примеси в %	Влаги в %	Линейная усадка в %
Парафин .	784—42	0,91—0,97	50—52	0,01	отсут.	—	0,33
Стеарин .	6484—53	0,92—0,93	51—54	0,02	—	0,2	2,33
Церезин .	2488—47	0,91—0,94	50—85	0,03	0,1	—	3,3
Этилцеллюлоза .	ТУ МХП 1958—52	1,1—1,2	165	0,05	—	—	—
Канифоль .	797—41	1,0—1,1	65—90	0,03	0,1	0,4	—
Воск пчелиный .	ТУ 43Т—49	0,95—0,97	65—66	0,02	—	—	—

Этилцеллюлоза и пчелиный воск являются дорогостоящими материалами. Поэтому в практике заводов получили широкое распространение составы на основе парафина и стеарина. Большинство заводов использует модельный состав из 50 % парафина и 50 % стеарина.

Парафин представляет собой продукт переработки парафиновых нефтей. Стеарин — продукт химической обработки животных жиров. Он должен отвечать следующим техническим условиям:

Содержание золы не более	0,2%
Содержание влаги не более	0,2%
Иодное число не выше	32
Температура застывания	49—56°
Коэффициент омыления	198—212
Кислотное число	198—210
Цвет — белый или слегка желтоватый	
Содержание механических примесей — отсутствуют.	

Модельный состав из 50 % парафина и 50 % стеарина изготавливается методом сплавления составляющих с пере-

мешиванием их после расплавления. Для этого парафин и стеарин очищаются от случайных загрязнений, взвешиваются и расплавляются в чистой посуде. Следует помнить, что при перегреве модельного состава (выше 90°) парафиновая составляющая «осмоляется», модельный состав темнеет и теряет необходимые физико-механические свойства.

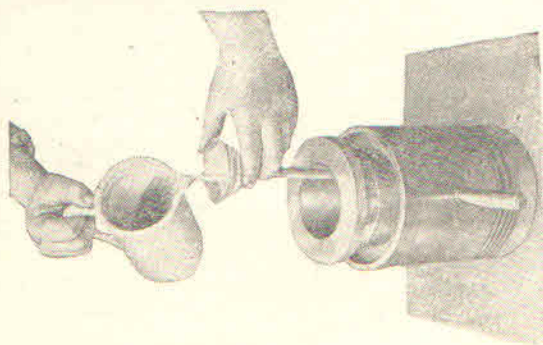
ДВА СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОДЕЛЕЙ

Как уже указывалось, существуют два способа изготовления выплавляемых моделей. Первый способ — свободная заливка прессформ модельным составом. Этот способ заключается в том, что модельным составом, расплавленным и нагретым до температуры $70-80^{\circ}$, заливаются собранные прессформы, при этом заполнение крупных прессформ производится через сифон во избежание инжекции воздуха (фиг. 7). После затвердевания моделей прессформы разбираются и из них извлекаются выплавляемые модели (фиг. 8).

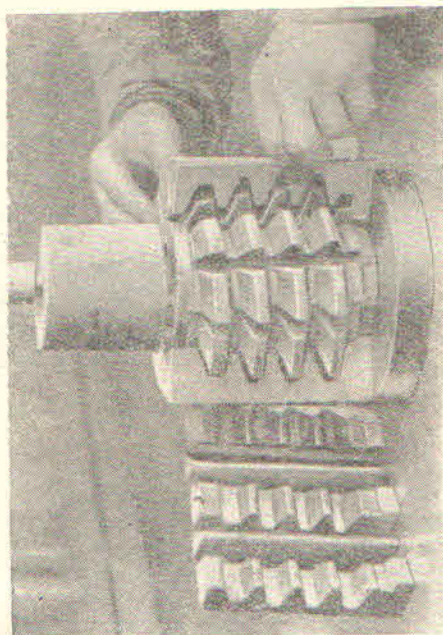
Свободная заливка прессформ имеет свои недостатки. В связи с очень малой теплопроводностью модельных составов охлаждение моделей в прессформах производится весьма медленно, в результате съём моделей с прессформы получается низким. Кроме того, большая усадка модельного состава часто приводит к образованию усадочных пороков: ужимин, трещин, коробления.

Поэтому на большинстве заводов описанный способ заменен способом принудительного прессования модельного состава в пастообразном состоянии в прессформе. Для этого модельный состав охлаждается до температуры $42-45^{\circ}$. При этой температуре модельный состав представляет собой пастообразную модельную массу, которую накладывают в шприц и принудительно, для мелких моделей — вручную, а для крупных — при помощи рычажного ручного пресса, запрессовывают в прессформы. Такой способ значительно производительнее способа свободной заливки и в несколько раз повышает съём моделей с прессформы.

Для поддержания температуры модельной массы в пределах $42-45^{\circ}$ модельный состав помещают в сосуд с двойными стенками (термостат), пространство между которыми заполнено водой или глицерином. Такой термостат оборудован электрообогревом, что обеспечивает система-



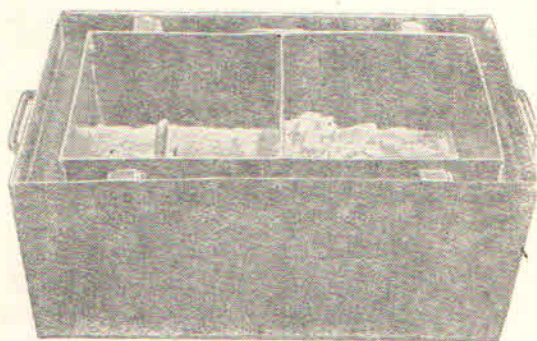
Фиг. 7. Заполнение прессформы через сифон.



Фиг. 8. Разборка прессформы.

тическое поддержание температуры состава в требуемых пределах (фиг. 9).

После продолжительных исканий конструкции пресса для прессования модельного состава одному из заводов Министерства судостроения удалось сконструировать и



Фиг. 9. Термостат для пастообразного состава.

изготовить специальный пресс-полуавтомат. Он обеспечивает быстрое и удобное прессование модельного состава. Многие заводы, в том числе и Уралмашзавод, заимствовали конструкцию пресса и с небольшими изменениями стали изготавливать такие прессы для своего производства.

На фиг. 10 показан пресс-полуавтомат. Приготовление пастообразного модельного состава производится в термостате 7, который находится в масляной ванне 6 и обогревается от электронагревательного элемента 8; последний автоматически отключается при достижении температуры масла в ванне $42-45^{\circ}$. Внутри термостата неподвижно укреплены гребенка 4 и крыльчатка 5, которая приводится в действие от электродвигателя 9 через редуктор 10. Крыльчатка состоит из 15 лопастей, расположенных по винтовой линии, и вращается со скоростью $60-70$ об/мин. В термостат заливается жидкий модельный состав и твердые мелкие отходы модельного состава. Приготовление модельного состава до пастообразного состояния в количестве 15 кг производится за $5-15$ минут, в зависимости от того, насколько хорошо подготовлена твердая составляющая.

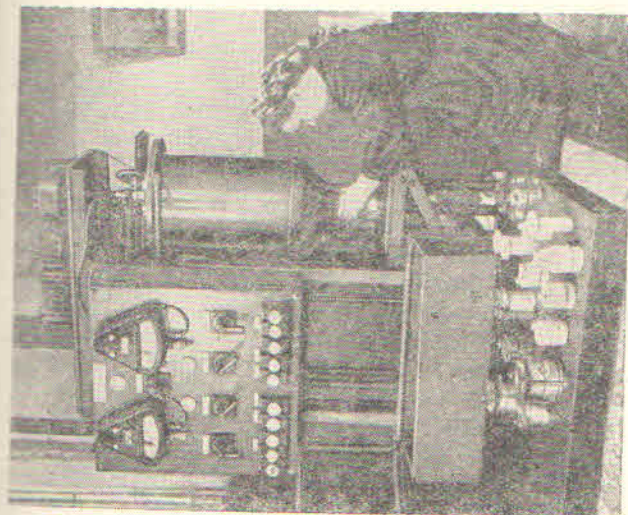
Термостат герметически закрывается крышкой, и приготовленный модельный состав под воздействием сжатого

необходимых

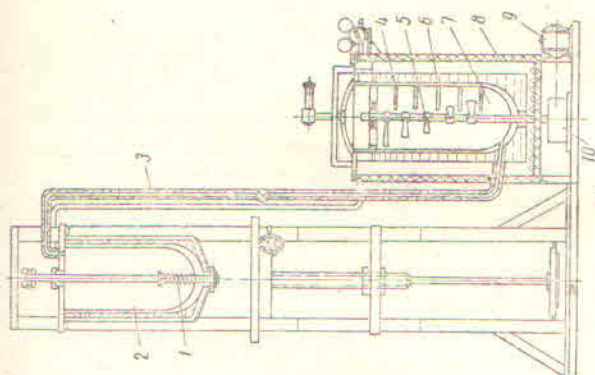
и пресса
заводов
использовать и

обеспечи-
состава
инструмен-
тальными
водства.
управление
в термо-
обогре-
следний
температуры
движно
иводит
ктор 10.
ных по
об/мин.
и твер-
овление
в коли-
мости
состав-

и при-
жатого



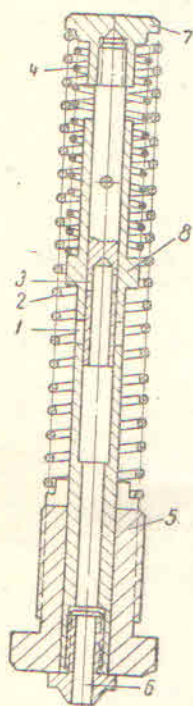
а)



Фиг. 10. Пресс-полуавтомат для прессования модельного состава:
а — общий вид; б — схема.

воздуха перегоняется по обогреваемой трубке 3 в верхний контейнер 2. Верхний контейнер также обогревается в масляной ванне при тех же температурных режимах. В контейнере установлено сопло 1, схема которого приведена на фиг. 11.

При воздействии на ножную педаль пресса поступательное движение передается на головку сопла 7 (фиг. 11). При этом пружина 2 сжимается, и под воздействием пружины 4 на втулку 8 из обогреваемой гайки сопла 5 выходит срыск 6. Спрыск может выходить из гайки на величину от 0 до 50 мм, создавая возможность совмещения срыска с отверстием прессформы. При нажатии срыска на спрысковое гнездо в прессформе сжимается пружина 4 за счет зазора между головкой сопла 7 и втулкой 8 до совмещения отверстий 1 и 3. При этом пастообразный модельный состав запрессовывается в прессформу под давлением 2 ат, которое непрерывно поддерживается в верхнем контейнере. Запрессованная модельным составом прессформа ставится в проточную холодную воду или под водяной душ для сокращения времени охлаждения модели.



Фиг. 11. Сопло пресса.

Приготовление модельного состава в термостате 7, (фиг. 10) происходит непрерывно, поэтому состав в верхнем контейнере периодически пополняется по мере его расхода. Производительность пресса при соответствующем обеспечении прессформами может быть доведена до 600—1000 моделей за смену в зависимости от веса, габарита и

конфигурации моделей.

Не всякий завод в начальный период производства в состоянии изготовить такой пресс. В этом случае для увеличения производительности выпуска моделей рекомендуется использовать ручные прессы реечного и рычажного типов.

Следует отметить, что производство моделей методом прессования модельного состава в пастообразном состоя-

значительно производительнее, чем свободная заливка прессформ и прессование модельного состава в жидком состоянии. Кроме того, размеры моделей и величины усадок получаются более постоянными, чем при производстве моделей свободной заливкой. Поэтому прессование моделей пастообразным составом должно применяться во всех случаях, допускаемых производственными возможностями цеха. Однако следует помнить, что чистота поверхностей моделей несколько ниже, чем чистота поверхности моделей, изготовленных по методу свободной заливки прессформ.

Производство моделей на полуавтоматическом прессе сводится к следующим основным операциям.

1. Разобранную прессформу продувают сжатым воздухом или обтирают чистой ветошью. Затем тщательно протирают рабочие поверхности прессформы, чтобы не допустить остатков на них модельного состава.

2. Периодически протирают рабочие полости прессформы ветошью, смоченной в трансформаторном масле и насухо отжатой. Модельные составы в прессформах тщательно очищают ветошью, а в труднодоступных местах — деревянным скребком с ветошью, смоченной в четыреххлористом углероде, который хорошо растворяет модельный состав. Затем прессформа протирается чистой ветошью, после чего ветошью, смоченной в трансформаторном масле и насухо отжатой.

3. Собирают прессформу в строгой последовательности операций, указанных в технологической карте.

4. Собранная прессформа устанавливается на стол пресса при открытой заслонке против spryska сопла.

5. Ножной педалью опускают sprysk сопла, не доводя его до гнезда заслонки прессформы на 1 — 2 мм. Затем перемещают прессформу на столе, добиваясь соосности отверстия spryska с отверстием гнезда прессформы.

6. Опускают головку spryska в гнездо прессформы и нажимают педалью на сошло пресса. При этом модельный состав под давлением 2 ат войдет в прессформу. Заполнение прессформы модельным составом производится за 0,5 — 5 секунд, в зависимости от объема прессформы.

7. Перекрывают заслонку и снимают нагрузку с педали. При этом под влиянием пружин переключается впускное отверстие и sprysk поднимется в обогреваемую гайку сопла.

8. Снимают прессформу со стола и опускают в ванну с горячей водой или ставят под водяной душ для ускоре-

ния охлаждения модели в прессформе. Затем берут следующую собранную прессформу и устанавливают ее на стол пресса для прессования новой модели.

9. Разбирают прессформу в последовательности, указанной в технологической карте. Затем извлекают модель из прессформы и опускают ее в ванну с проточной водой для дальнейшего охлаждения.

10. Очищают от остатков модельного состава заслонку прессформы и приступают к подготовке прессформы для сборки.

Съем моделей с пресса полуавтомата зависит от того насколько хорошо обеспечена работница у пресса прессформами. Для увеличения производительности труда необходимо до минимума сократить вспомогательное время прессовщицы. Для этого следует разборку и сборку прессформ поручить вспомогательным работницам.

Во избежание поломок, выкрашивания острых кромок и деформации моделей рекомендуется хранить модели в водяной ванне. При этом нельзя допускать расположения моделей в ванне в несколько слоев, так как в этом случае неизбежны поломки моделей. Модели, находясь в водяной ванне продолжительное время, омыливаются, но весьма незначительно. Это происходит в связи с взаимодействием стеариновой составляющей модельного состава с группой ОН, которая образуется при диссоциации воды на Н и ОН. Однако продолжительной практикой доказано, что незначительное омыление не отражается на чистоте поверхности отливок, а, больше того, способствует лучшей смачиваемости модели с лицевой смесью при нанесении покрытия.

СБОРКА МОДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ

Выплавляемые модели подвергаются доводке, которая сводится к очистке заусенцев, отделке и подготовке к сборке в модельные комплекты. Сборка моделей в комплекты производится напайкой моделей на литниковую систему. Напайка выполняется электрическими паяльниками; предварительно нагревательные элементы перематываются на напряжение 36 в.

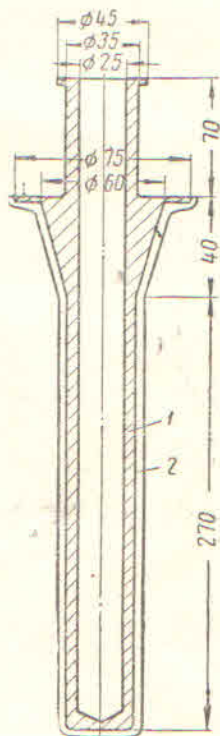
В зависимости от размеров моделей количество их в комплекте различно — от одной до сотни. При этом комплектование моделей на литниковую систему может быть боковым, нижним и сифонным. Для бокового комплекто-

вания широкое распространение получили литниковые системы типа стояков. Стояки в большинстве случаев изготовляются металлическими пустотелыми; на внешнюю поверхность их наносится модельный состав общей толщиной 2—3 мм. Нанесение модельного состава осуществляется погружением металлического стояка в расплавленный модельный состав, имеющий температуру 55—60°. После извлечения стояка из ванны на нем оказывается слой состава толщиной 0,5—1 мм. Такая толщина недостаточна для напайки модели, и поэтому после отвердевания первого слоя наносится еще один-два слоя, пока общая толщина не будет 2—3 мм.

На фиг. 12 показан металлический стояк 1 с нанесенным на него слоем 2 модельного состава. Стояк изготовляется пустотелым для быстрого прогрева-ния его в горячей среде ванны выплав-ления. Кроме того, пустотелый стояк облегчает напайку моделей при уста-новке его в горизонтальном положении на специальном приспособлении, а так-же создает удобства для хранения мо-дельных комплектов в вертикальном положении на штырях.

Практикой установлено, что при на-несении покрытия смесь маршалита с жидким стеклом не смачивается с те-ми участками модельного комплекта, которые затвердевали свободно, т. е. без соприкосновения с поверхностями прессформы. Затвердевание же модель-ного состава на металлическом стояке происходит свободно, а поэтому перед напайкой моделей на боковую поверх-ность стояка необходимо протереть поверхность его сухой салфеткой. Места припайки модели к стояку также за-твердевают свободно и требуют зачистки.

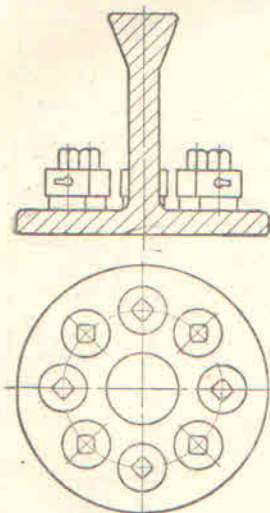
Изготовление литниковых систем для нижней и сифон-ной заливки деталей производится методом свободной за-ливки прессформ или прессования их пастообразным мо-дельным составом. После заливки или прессования в их



Фиг. 12. Металлический стояк со слоем модельного состава.

верхаку вставляется силуминовый или дуралюминиевый штырь для удобства нанесения огнеупорного покрытия, выплавления модельных комплектов и их хранения.

При заливке деталей снизу, если правильно выбрано место подвода металла в форму, хорошо обеспечивается направленность кристаллизации. Толстый коллектор литниковой системы в этом случае является прибылью для напаянных деталей. Крупным недостатком такого комплектования моделей является большой процент брака деталей по засорам. Малейшая неаккуратность в исполнении отдельных операций технологического процесса приводит к засорам формы.



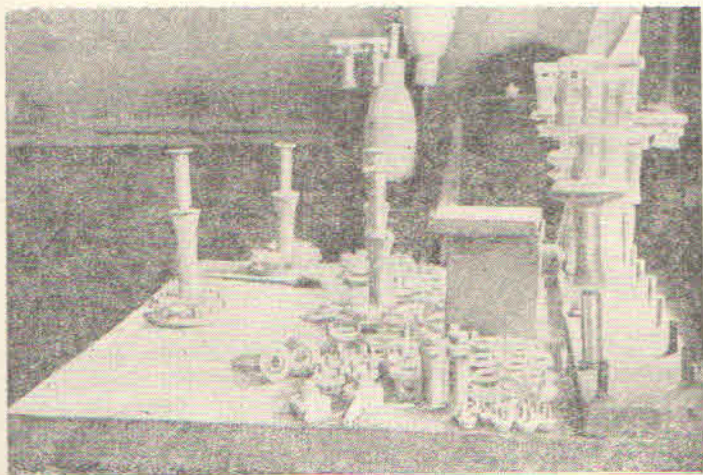
Фиг. 13. Схема комплектования моделей при нижней заливке деталей.

Практикой установлено, что лучшие результаты при работе на жидком стекле получаются при комплектовании моделей по методу сифонной заливки деталей, который дает плотные отливки мелкого развеса (фиг. 13 и 14). При этом направленность кристаллизации достигается за счет толщины основания литниковой системы и необходимого металлостатического напора в стояке. Сифонный метод заливки деталей характерен тем, что попавший в форму сор в процессе заливки не поднимается

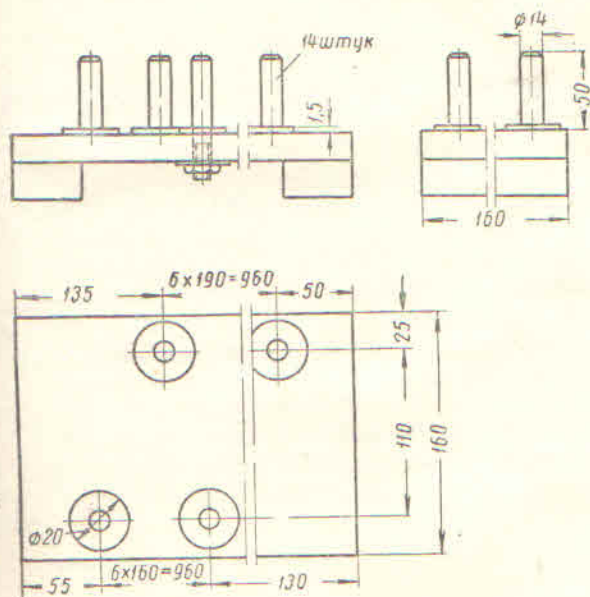
металлом и засоры оказываются в литниковой системе, а не в деталях. Кроме того, спокойное, равномерное заполнение металлом форм исключает возможность смывания покрытия и образования большого металлодинамического напора на форму.

Во всех случаях сборки модельных комплектов поверхности подпайки необходимо аккуратно протереть кисточкой во избежание плохой смачиваемости с лицевой смесью при нанесении покрытия.

Модельные комплекты хранятся в шкафах в вертикальном положении на штыредержателях, при температуре, не превышающей 25° (фиг. 15). Для поддержания такой температуры в летнее время в стенках шкафа следует уложить трубы с проточной холодной водой. При этом тем-



Фиг. 14. Комплектование моделей при сифонной заливке деталей.



Фиг. 15. Штыредержатели для хранения модельных комплектов.

пература в шкафах не должна опускаться ниже 15° , так как пониженная температура может привести к изменению размеров модели, а также к излишней хрупкости их и появлению трещин на моделях.

Модельные комплекты подвергаются тщательному контролю, после чего они поступают на участок нанесения огнеупорного покрытия.





ГЛАВА IV

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОГНЕУПОРНОГО ПОКРЫТИЯ

Нанесение огнеупорного покрытия является одной из самых ответственных операций в производстве точного литья. В свою очередь, качество огнеупорного покрытия целиком зависит от качества материалов, входящих в состав покрытия. Исходными материалами для огнеупорного покрытия служат: маршалит (естественный или искусственный), жидкое стекло, кварцевый песок и водный раствор хлористого аммония.

МАРШАЛИТ

Маршалит — это естественный или искусственный кварцевый порошок, проходящий через сито № 270 с ячейкой 0,053 мм, имеющий белый цвет. Искусственный маршалит получается при измельчении кварцевой глыбы или кварцевого песка с тонкостью помола, равной тонкости естественного маршалита, т. е. остаток на сите № 270 не должен превышать 30 %. На некоторых заводах Советского Союза применяется искусственная кварцевая мука, изготовленная путем помола плавленного кварца. Эта мука обладает меньшим коэффициентом линейного расширения при прокаливании форм и поэтому рекомендуется при отливке ответственных деталей.

Маршалит, предназначенный для огнеупорного покрытия при изготовлении точного стального литья, по своему химическому составу должен отвечать следующим требованиям:

Содержание SiO_2 не менее	95%
Содержание $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ не более	4%
Содержание $\text{CaO} + \text{MgO}$ не более	0,6%
Содержание FeO не более	0,3%
Потери при прокаливании не более	2%

Химическому анализу подвергаются пробы от каждой партии поступившего на завод маршалита. При этом огнеупорность маршалита должна быть не ниже 1680°, влажность не должна превышать 5%.

Маршалит подвергается предварительной подготовке, которая сводится к следующему. Полученный со склада маршалит сушится в течение 4 часов при температуре 150—200° в нержавеющей противнях. Толщина слоя маршалита в противне не должна превышать 75 мм, в противном случае для сушки потребуется много времени. После сушки и охлаждения до комнатной температуры маршалит просеивается через сито № 40 с целью отделения кварцевой муки от комового маршалита. Комовой маршалит следует размалывать в шаровой мельнице с последующим просевом через сито № 40.

От просеянного маршалита отмываются его глинистые и органические составляющие двукратным взбалтыванием $\frac{1}{3}$ части маршалита с $\frac{2}{3}$ частями воды. Вода сливается после отстаивания в ней маршалита в течение 1,5—2 часов. Затем отмытый маршалит сушится при температуре 200—250° в течение 4 часов.

Некоторые заводы применяют прокаливание маршалита при температуре 800—900° для удаления оставшихся в нем органических составляющих, конституционной влаги и уменьшения коэффициента расширения покрытия в процессе прокаливания форм.

После прокаливания маршалита недопустимо наличие в нем свободных водорастворимых солей. Реакция водной вытяжки должна быть нейтральной.

Просушенный маршалит просеивается через сито № 270 для лицевой смеси, применяемой для первого слоя огнеупорного покрытия, а для упрочняющей смеси, применяемой для остальных слоев,— через сито № 100. Просеивание маршалита производится на механических ситах закрытого барабанного типа или на качающихся герметически закрытых ситах.

ЖИДКОЕ СТЕКЛО

Жидкое стекло, или водный раствор силиката натрия, применяемое для огнеупорного покрытия при производстве точного литья, должно удовлетворять общим требованиям ГОСТ 962—41. Практикой установлено, что лучшие результаты получаются при использовании содового жидкого стекла.

Силикаты щелочных металлов (натрия, калия) способны растворяться в воде и характеризуются качественным показателем (натровое, калиевое, смешанное) и величиной коэффициента, называемого силикатным модулем.

Под модулем подразумевается отношение числа грамм-молекул кремнезема к числу грамм-молекул окиси натрия. Модуль силиката натрия определяется по формуле:

$$M = \frac{\% \text{SiO}_2}{\% \text{Na}_2\text{O}} 1,032,$$

где — коэффициент 1,032 характеризует отношение молекулярного веса окиси натрия к молекулярному весу кремнезема. Химический состав и модуль силиката натрия приведены в табл. 4.

Таблица 4
Химический состав и модуль силиката натрия

Наименование показателей	Виды силиката натрия		
	содовый	содово-сульфатный	сульфатный
Химический состав в %:			
кремнезем	71,5—73	70—72,5	70—72,5
окись натрия	26,02—7,5	25—27,5	25—27,5
окись железа + окись алюминия	0,7	1,2	1,5—2
окись кальция	0,4	0,6	0,8
серный ангидрид	0,36	1,5	2,0
Модуль силиката натрия .	2,65—3,0	2,63—3,0	2,63—3,0

Силикат натрия выпускается заводами в твердом виде, в форме прозрачных кусков раковистого излома и называется силикат-глыбой или глыбой, или же в виде водного раствора, называемого жидким стеклом. Полуторные окислы в силикат-глыбе, а также окислы щелочно-земельных металлов резко снижают растворимость силикат-глыбы в воде. Поэтому ГОСТ эти примеси ограничиваются.

Диаграмма плавкости системы $\text{Na}_2\text{O}—\text{SiO}_2$ приведена на фиг. 16 по Морею и Боуэну. Из диаграммы видно, что самая низкая температура плавления эвтектики $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2 \cdot \text{SiO}_2$ (793°) соответствует 73% SiO_2 . Это содер-

жание кремнезема заложено в основу ГОСТ на глыбу. Силикат-глыба получается сухим способом — сплавлением смеси кварцевого песка со щелочами. При этом щелочи вводятся в виде карбонатов (соды), дозируются по весу с кварцевым песком, тщательно смешиваются и загружаются в печи, где и сплавляются в глыбу. Содержание кремнезема в песке должно быть не ниже 99%.

Процесс сплавления силикат-глыбы идет по следующей реакции:



Полученная силикат-глыба измельчается и растворяется в воде для получения жидкого стекла. Таким образом, жидким стеклом называется водный раствор силикат-глыбы. Растворение силикат-глыбы в воде на заводах, изготовляющих жидкое стекло, производится в автоклавах при давлении пара 3—8 ат. Машиностроительные заводы, применяющие в большом количестве жидкое стекло, зачастую варят жидкое стекло открытым методом, без автоклавов. При этом в связи с худшей растворимостью силикат-глыбы продолжительность варки значительно возрастает.



Фиг. 16. Диаграмма плавкости системы $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O}$.

Растворение силикат-глыбы открытым способом (без автоклава) рекомендуется производить в железном котле. Силикат-глыба должна быть измельчена до величины зерна не более 1 мм. Вода в котле подогревается до кипения, а затем при непрерывном перемешивании постепенно вводится измельченная силикат-глыба. Примерное соотношение: 2,5 л воды на 1 кг силикат-глыбы. Кипячение производится от 1 до 5 часов при периодическом перемешивании.

После остывания и отстаивания жидкого стекла прозрачная жидкость сливается и подвергается контролю. При этом химический состав, модуль и удельный вес жидкого стекла должен удовлетворять требованиям ГОСТ 962—41 (табл. 5).

Таблица 5

Химический состав, модуль и удельный вес жидкого стекла
(по ГОСТ 962—41)

Наименование показателей	Виды жидкого стекла		
	содовое	содово-сульфатное	сульфатное
Химический состав в %:			
кремнезем	32,0—34,5	28—32	28—32
окись железа и окись алюминия	0,25	0,40	0,50
окись кальция	0,20	0,30	0,35
серный ангидрид	0,18	1,00	1,50
окись натрия	11—13,5	10—12	10—12
вода	57	60	60
Модуль жидкого стекла	2,60—3,00	2,56—3,00	2,56—3,00
Удельный вес	1,50—1,55	1,43—1,50	1,43—1,50

Техническое жидкое стекло представляет собой вязкую сиропообразную жидкость состава: $\text{Na}_2\text{O} \cdot n \cdot \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ желтоватого или зеленоватого цвета. Эта жидкость обычно мутная от находящегося в ней во взвешенном состоянии кремнезема. Хранение жидкого стекла продолжительное время допускается только в хорошо закрытой таре, так как уголекислота воздуха вызывает разложение его по формуле:



В результате этой реакции в жидком стекле выпадает коллоидальный кремнезем и, опускаясь на дно, образует студенистый отстой. Такое стекло становится непригодным для целей огнеупорного покрытия.

Жидкое стекло возможно замораживать. При этом качество стекла после оттаивания и тщательного перемешивания остается неизменным.

Вязкость жидкого стекла изменяется в очень широком диапазоне в зависимости от температуры, концентрации и химического состава.

Удельный вес жидкого стекла удобнее всего определить ареометром. При измерении удельного веса необходимо убрать пленку на поверхности стекла, а после измерения тщательно промыть ареометр до исчезновения следов щелочи. Следует помнить, что жидкое стекло растворяет стекло ареометра, и последний теряет собственный вес, что в свою очередь может привести к ошибкам в измерении.

Если жидкое стекло подвергнуть воздействию кислотами или кислотными солями, то в результате реакции происходит образование солей натрия соответствующих кислот или кислотных остатков. При этом выделяется кремнекислота в форме студнеобразного геля по реакции:



Принцип этой реакции и заложен в основу процесса, связанного с нанесением огнеупорного покрытия.

Необходимо отметить, что производство жидкого стекла не ограничивается только одним сухим способом. Существует еще два способа производства жидкого стекла: мокрый способ и способ возгонки. Мокрый способ основан на растворении в кипящем растворе едкого натрия кремнеземистого сырья: инфузорной земли, трепелов или пылевидного кварца. Растворение производится в автоклавах при давлении 3—6 ат. В результате по реакции:



получается жидкое стекло.

Способ возгонки основан на получении растворимого стекла из кремнезема и хлористого натрия в присутствии водяного пара:



а образующаяся соляная кислота уносится вместе с газами.

Жидкое стекло получило очень широкое распространение в промышленности и в частности в машиностроении. На любом машиностроительном заводе используют в производстве жидкое стекло. Поэтому применение жидкого стекла для производства точных отливок — вполне посильная задача для любого машиностроительного завода.

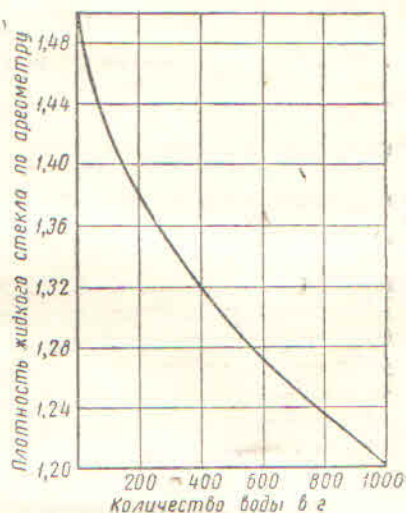
ПОДГОТОВКА ЖИДКОГО СТЕКЛА

Промышленное жидкое стекло, поступающее на заводы, имеет различный удельный вес и модуль. Поэтому для получения постоянных свойств огнеупорного покрытия, а также форм жидкое стекло подвергается предварительной подготовке. Цель подготовки жидкого стекла заключается в ускорении выпадания коллоидального кремнезема в процессе нанесения огнеупорного покрытия.

Подготовка жидкого стекла сводится к разведению его водой до плотности 1,4. Изменение плотности жидкого стекла в зависимости от количества воды на 1 кг стекла показано на фиг. 17.

Затем к разведенному стеклу добавляется раствор хлористого аммония. При этом рекомендуются следующие соотношения:

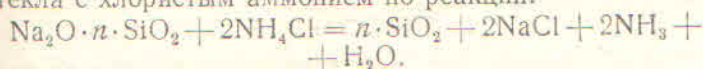
Модуль	Раствор хлористого аммония в %
2,7	8
2,8	7
2,9	6
3,0	5



Фиг. 17. График зависимости плотности жидкого стекла от количества воды.

Независимо от модуля жидкого стекла, количество вводимого водного раствора должно составлять: 30 г раствора хлористого аммония на 100 г стекла. Изменять пропорцию раствора хлористого аммония к стеклу не следует, так как изменится и плотность стекла.

При смешивании жидкого стекла с раствором хлористого аммония происходит химическое взаимодействие стекла с хлористым аммонием по реакции:



При этом выпадает творожистая масса смеси кремнезема с поваренной солью. Количество выпавшей массы может достигнуть до $\frac{1}{3}$ объемаготавливаемого стекла. Та-

кая масса под влиянием остаточной щелочи в стекле в течение 4—8 часов полностью растворяется. Процесс растворения творожистой массы можно ускорить. Для этого следует ввести предварительный подогрев раствора хлористого аммония до 50—60°, а также периодически (через каждые 2 часа) растирать комья творожистой массы с последующим тщательным перемешиванием.

Если к 100 г жидкого стекла с модулем 2,7 приливается 30 г 8%-ного раствора хлористого аммония, то при подготовке стекла в количестве 100 г будет внесено хлористого

аммония: $\frac{30 \times 8}{100} = 2,4$ г. Отношение молекулярного веса хлористого аммония в основной реакции к молеку-

лярному весу окиси натрия составляет: $\frac{107}{62} = 1,73$. Следова-

тельно, из внесенных 2,4 г хлористого аммония переходит в хлористый натрий только $\frac{2,4}{1,73} = 1,4$ г окиси натрия.

Из этого расчета видно, что при подготовке стекла нейтрализуется незначительное количество Na_2O . Остаточная окись натрия в количестве $10 - 1,4 = 8,6$ г находится в жидком стекле в виде щелочи и растворяет образующуюся творожистую массу.

При частичной нейтрализации окиси натрия повышается модуль жидкого стекла. При содержании в стекле 10% Na_2O и при модуле его, равном 2,7 кремнезема в стекле должно быть:

$$\frac{10 \cdot 2,7}{1,032} = 26,2\%.$$

После подготовки стекла содержание Na_2O становится равным 8,6%. Модуль жидкого стекла после подготовки будет:

$$M = \frac{26,2}{8,6} 1,032 = 3,15.$$

Таким образом, повышение модуля в результате подготовки составит:

$$3,15 - 2,7 = 0,45.$$

Вполне понятно, что данная величина зависит от первоначального модуля и от количества нейтрализованной окиси натрия. В среднем можно считать, что в результате подготовки жидкого стекла повышается модуль на 0,4 —

0,5 единиц. Такое резкое повышение модуля нарушает равновесие между кремнеземом и щелочью и в значительной степени подготавливает стекло к быстрому выпадению коллоидального кремнезема в процессе закрепления каждого слоя огнеупорного покрытия. Наоборот, любое повышение модуля, связанное с небольшим процентом введенного в стекло наштабля, плохо подготавливает стекло к выпадению кремнезема при нанесении покрытия.

Нарушение равновесия между щелочью и кремнеземом стекла при подготовке его без учета значения модуля может привести к выпадению кремнезема на дно сосуда, в котором производится подготовка. Практикой установлено, что при подготовке стекла с модулем 2,7—2,75 10%-ным раствором хлористого аммония (на 100 г стекла 30 г раствора) на вторые и третьи сутки на дне ванны появляется студенистый осадок. Кроме этого, при введении в стекло 10%-ного раствора хлористого аммония наблюдается неполное растворение творожистой массы. Комья белой творожистой массы покрываются стекловидным покровом и опускаются на дно. Наличие излишнего хлористого аммония характеризуется появлением белых хлопьев творожистой массы.

Необходимо отметить, что подготовку жидкого стекла следует производить раствором низкой концентрации: раствор хлористого аммония должен быть в пределах 5—8%. Как уже отмечалось выше, на 100 г жидкого стекла с модулем 2,7 можно вносить 2,4 г хлористого аммония в виде 8%-ного раствора (30 г хлористого аммония на 100 г стекла). Если же на 100 г стекла внести даже 1% сухого хлористого аммония, то образующаяся творожистая масса не растворится в жидком стекле.

Плотность подготовленного жидкого стекла после полного растворения всей творожистой массы должна быть в пределах 1,29—1,30. Экспериментальными работами установлено, что повышение плотности жидкого стекла ведет к резкому уменьшению количества маршалита в смеси со стеклом при неизменной вязкости этой смеси. При этом на первом слое огнеупорного покрытия наблюдается сетка мелких трещин, отслаивание первого и основного слоя и шелушение его. Поэтому понижение плотности стекла допустимо, но не ниже 1,25. Однако при понижении плотности стекла необходимо повышать содержание маршалита в смеси со стеклом до 60—65%, что в свою очередь неизбежно приведет к увеличению вязкости. Снижение

плотности жидкого стекла до величины 1,25 приводит к тому, что формы получаются непрочными; огнеупорное покрытие, сделанное на жидком стекле, имеющем плотность 1,20 и 1,22, настолько непрочно, что его не удается без поломки извлечь из ванны.

При необходимости понизить модуль жидкого стекла в состав стекла добавляется NaOH в твердом или жидком виде. NaOH легко растворяется в стекле, но при этом резко повышается плотность стекла.

Подготовку жидкого стекла можно производить не только раствором хлористого аммония, но и растворами кислот соляной, азотной, борной, а также азотнокислым аммонием.

Степень подготовки жидкого стекла определяет скорость выпадения коллоидального кремнезема при нанесении огнеупорного покрытия. Эта скорость определяет качество огнеупорного покрытия и служит одной из характеристик подготовленного жидкого стекла. Скорость выпадения коллоидального кремнезема определяется продолжительностью схватывания огнеупорного покрытия или продолжительностью выпадения коллоидального кремнезема при воздействии определенной порции азотной кислоты. Азотная кислота, как реагент на щелочь стекла, чрезвычайно чувствительна к изменению продолжительности схватывания при малейшем изменении состава стекла и качества его подготовки. Так, при использовании в качестве реагента на щелочь стекла раствора хлористого аммония продолжительность схватывания стекла, подготовленного 10%-ным раствором хлористого аммония, составляла 1 минуту, а продолжительность схватывания стекла, подготовленного 4%-ным раствором хлористого аммония, составляла 2 минуты. При использовании же в качестве реагента щелочи азотной кислоты продолжительность схватывания стекла первой подготовки составляла 1 минуту 20 секунд, а стекла второй подготовки — 10 минут.

В табл. 6 показаны сравнительные данные продолжительности схватывания раствора жидкого стекла, имеющего состав: $\text{SiO}_2 = 30\%$; $\text{Na}_2\text{O} = 11,3$; $M = 2,74$ с различной степенью подготовки его. Химическое воздействие на щелочь жидкого стекла производилось азотной кислотой и раствором хлористого аммония.

Из таблицы видно, что отклонения продолжительности схватывания значительно выше при употреблении азотной кислоты.

Сравнительные данные продолжительности схватывания раствора жидкого стекла

Концентрация раствора хлористого аммония при подготовке стекла (на 100 г стекла 30 г раствора) в %	Плотность стекла после подготовки,	Продолжительность схватывания при употреблении HNO_3	Продолжительность схватывания при употреблении раствора NH_4Cl
1	1,30	32 мин.	2 мин. 35 сек.
2	1,30	21 "	2 " 20 "
3	1,30	12 "	2 " 15 "
4	1,30	10 "	2 " 05 "
5	1,30	6 мин. 40 сек.	1 " 55 "
6	1,30	5 мин.	1 " 42 "
7	1,305	3 мин. 40 сек.	1 " 35 "
8	1,30	3 мин.	1 " 25 "
9	1,295	1 мин. 40 сек.	1 " 05 "
10	1,30	1 мин. 20 сек.	1 " 00 "

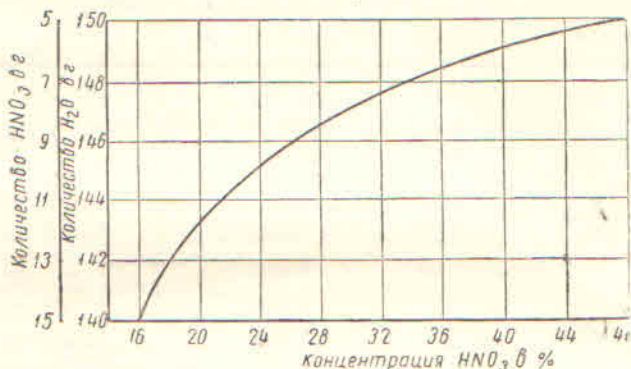
Методика определения продолжительности схватывания сводится к следующему. Навеска жидкого стекла, равная 20 г, растворяется в 150 г воды, температура которой должна быть в пределах 23—25°. После тщательного перемешивания получается весьма слабый раствор стекла в воде. Например, если подготовленное стекло содержит 7,7% Na_2O и 21,0% SiO_2 , то после смешивания его с водой получится:

$$\text{Na}_2\text{O} = \frac{7,7 \cdot 20}{170} = 0,9\%; \quad \text{SiO}_2 = \frac{21 \cdot 20}{170} = 2,47\%.$$

В такой слабый раствор стекла в воде на 170 г вводится 5 г азотной кислоты (концентрация 48%), затем смываются остатки кислоты в чашечке тем же раствором, и раствор тщательно перемешивается. При пониженной концентрации азотной кислоты ее количество должно быть увеличено за счет соответствующего уменьшения количества воды в навеске так, чтобы сумма раствора и кислоты во всех случаях составляла 175 г (фиг. 18).

В момент введения кислоты в раствор стекла нажимается головка секундомера. В стаканчик с раствором перио-

дически шепоткой вводится кварцевый песок, применяемый для присыпки, который тонет в растворе и оседает на дно стаканчика. Через определенный промежуток времени, который зависит от скорости выпадения коллоидального кремнезема, раствор начинает мутнеть, а затем наступает момент, когда раствор превращается в студени-



Фиг. 18. График зависимости контрольных навесок от концентрации азотной кислоты.

стую массу по всей высоте столба раствора в стаканчике. Опускающийся на дно стаканчика песок в этот момент задерживается в студенистой массе также по всей высоте столба раствора. В этот момент останавливают секундомер и определяют продолжительность схватывания.

Необходимо отметить, что довольно слабая концентрация жидкого стекла с содержанием кремнезема 2—2,5% при нейтрализации щелочи стекла азотной кислоты способствует выделению коллоидального кремнезема, который связывает всю воду, составляющую 96—97% навески в гидрогель кремнезема. 5 г азотной кислоты, введенные в раствор стекла, в состоянии нейтрализовать по соотношению молекулярных весов

$$\frac{5 \cdot 48 \cdot 62}{100 \cdot 126} = 1,18 \text{ г окиси натрия.}$$

В растворе при среднем содержании окиси натрия, равном 0,9%, его будет:

$$\frac{0,9 \cdot 170}{100} = 1,52 \text{ г.}$$

Таким образом, нейтрализуется около 80% содержащейся в растворе окиси натрия, и раствор после введения кислоты остается щелочным. Кислотный характер раствора допускать нельзя, так как продолжительность схватывания такого раствора становится неопределенной. Нейтральный характер раствора приводит к моментальному выпадению кремнезема, что затрудняет определение продолжительности схватывания.

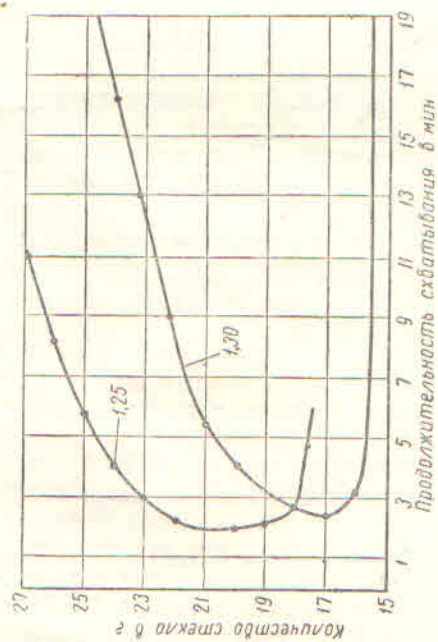
При определении продолжительности схватывания принята очень слабая концентрация жидкого стекла, потому что мгновенный ход реакции обычного и подготовленного стекла с кислотой и аммониевыми солями не может быть практически отмечен секундомером. Кроме того, характер твердой творожистой массы остается щелочным, несмотря на полное отсутствие свободного стекла. Слабый же раствор стекла в воде допускает в жидком состоянии даже кислотный характер его, и при погашении не всей содержащейся в растворе щелочи продолжительность схватывания может быть от 1 до 60 и более минут. Слабая концентрация стекла принята в методике для удлинения хода выпадения коллоидального кремнезема.

С повышением содержания щелочи в растворе, не реагировавшей с кислотой, продолжительность схватывания возрастает. На фиг. 19 показана зависимость продолжительности схватывания одного и того же стекла от количества его в навеске. Подготовленное стекло с плотностью 1,3 содержало 7,0% Na_2O и 21% SiO_2 . Теоретически необходимое количество стекла до полного погашения Na_2O в нем 5 г азотной кислоты составляет:

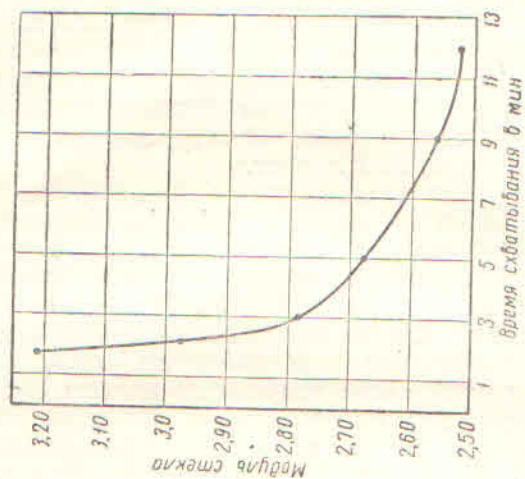
$$\frac{1,18 \cdot 10^3}{7} = 16,9 \text{ г.}$$

На графике минимальная продолжительность схватывания соответствует 17 г навески жидкого стекла. Дальнейшее уменьшение навески жидкого стекла ведет к неопределенному времени продолжительности схватывания. В методике выбрана навеска, равная 20 г, так как содержание Na_2O может изменяться в зависимости от состава жидкого стекла. Это обеспечивает щелочной характер раствора после введения в него азотной кислоты.

Продолжительность схватывания жидкого стекла зависит не только от наличия в стекле Na_2O , но и в значительной степени от содержания кремнезема, от величины отношения кремнезема к щелочи, т. е. от модуля стекла.



Фиг. 19. График зависимости продолжительности схватывания от количества жидкого стекла.



Фиг. 20. Кривая продолжительности схватывания жидкого стекла с различным модулем.

Кривая на фиг. 20 устанавливает зависимость между модулем жидкого стекла и продолжительностью схватывания. Из графика видно, что с уменьшением модуля возрастает продолжительность схватывания жидкого стекла, причем резкое возрастание продолжительности схватывания наблюдается при модуле 2,7 и ниже. Поэтому при использовании жидкого стекла для нанесения огнеупорного покрытия модуль его должен быть не ниже 2,7 с учетом возрастания его в процессе подготовки.

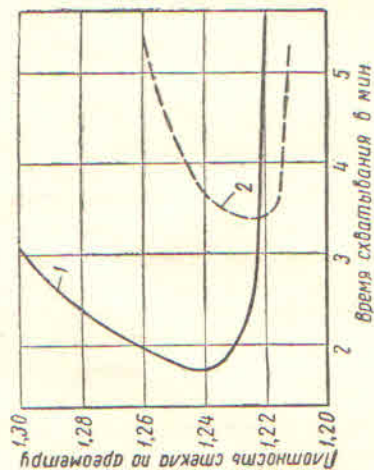
Снижение модуля при неизменном кремнеземе ведет к увеличению плотности стекла. Кривая зависимости продолжительности схватывания в зависимости от плотности стекла показана на фиг. 21, причем пунктирной линией 2 показана зависимость продолжительности схватывания от плотности неподготовленного стекла, а сплошной 1 — стекла, подготовленного 8%-ным раствором хлористого аммония. Резкое отставание минимума продолжительности схватывания объясняется неподготовленностью жидкого стекла к выделению коллоидального кремнезема.

Влияние подготовки жидкого стекла на продолжительность схватывания показано на фиг. 22. Кривыми установлена зависимость между продолжительностью схватывания и содержанием хлористого аммония, введенного в стекло при подготовке.

Чем меньше степень подготовки стекла (меньшее содержание нашатыря в %), тем больше продолжительность схватывания. Одна из кривых графика построена по данным первого дня подготовки, т. е. сразу же после растворения творожистой массы в стекле. Вторая кривая построена по данным, относящимся ко второму дню после подготовки. Оказывается, что при выдерживании жидкого стекла после его подготовки продолжительность схватывания сокращается на 2—3 минуты. Это объясняется уменьшением содержания NH_4OH в подготовленном стекле. NH_4OH представляет собой щелочь; при подготовке же стекла такой щелочи образуется 4—5%. Эта щелочь легко разлагается на NH_3 и H_2O в открытых сосудах, в которых производится подготовка стекла. При этом NH_3 улетучивается и концентрация щелочи становится все меньше и меньше.

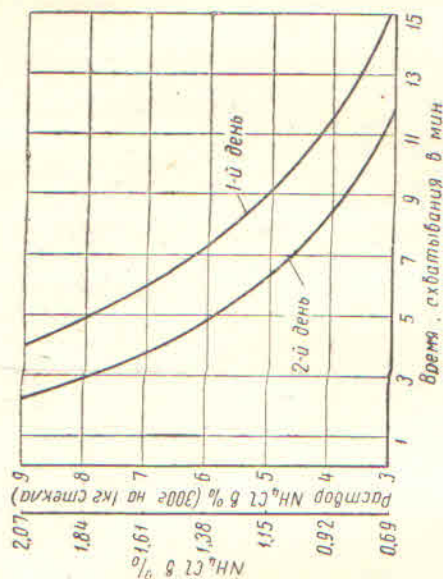
Установлено, что дальнейшее выдерживание жидкого стекла не оказывает существенного влияния на продолжительность схватывания.

Из сказанного можно сделать следующие выводы:



Фиг. 21. Кривые продолжительности схватывания жидкого стекла в зависимости от его плотности:

1 — подготовленное стекло; 2 — неподготовленное стекло.



Фиг. 22. Кривые зависимости продолжительности схватывания жидкого стекла от степени его приготовления.

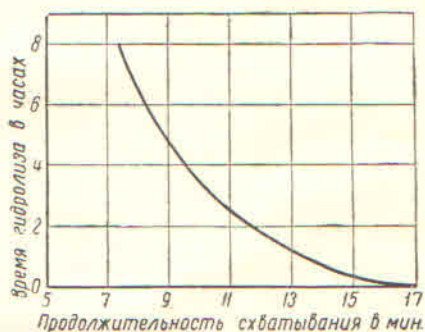
1) жидкое стекло для нанесения огнеупорного покрытия необходимо готовить накануне;

2) модуль жидкого стекла после его подготовки и с учетом возрастания его в процессе подготовки должен быть не ниже 2,7;

3) продолжительность схватывания подготовленного стекла должна быть в пределах от 2 до 5 минут. Снижение продолжительности схватывания менее чем 2 минуты настолько нарушает равновесие в стекле щелочи с кремнеземом, что жидкое стекло становится неустойчивым, и на дно сосудов выпадает гидрогель кремнезема. Повышение продолжительности схватывания более 5 минут свидетельствует о недостаточно хорошей подготовке жидкого стекла к выделению геля кремнезема, т. е. наличие щелочи в стекле настолько сильно связывает кремнезем его, что выпадение кремнезема при той же порции кислоты затягивается.

Плохая подготовка стекла в дальнейшем сказывается при закреплении огнеупорного покрытия, приводит к развариванию форм в ваннах выплавления, к трещинам на покрытии и шелушению первого слоя. Продолжительность схватывания хорошо характеризует степень подготовки жидкого стекла к выделению кремнезема. Если продолжительность схватывания правильно подготовленного жидкого стекла находится в пределах 2—5 минут, то неподготовленное стекло, разведенное водой до той же плотности, схватывается на протяжении 50—70 минут.

При проверке качества подготовки жидкого стекла, используя описанную методику определения продолжительности схватывания, необходимо азотную кислоту вливать сразу же после смешивания стекла с водой. При сильном разведении жидкого стекла происходит гидролиз его. На фиг. 23 показан график влияния гидролиза на продолжительность схватывания. Температура



Фиг. 23. График влияния гидролиза стекла на продолжительность схватывания.

воды при определении продолжительности схватывания должна быть в пределах 24—25°. Пять проб при определении продолжительности схватывания одного и того же подготовленного стекла при этой температуре дали следующие результаты:

I проба	2 мин. 55 сек.
II проба	3 мин.
III проба	2 мин. 53 сек.
IV проба	2 мин. 50 сек.
V проба	3 мин.

С понижением температуры раствора продолжительность схватывания увеличивается.

Лучшие результаты по качеству нанесенного на модель огнеупорного покрытия получаются при содержании кремнезема в подготовленном стекле от 21 до 23%, а Na_2O от 6,5 до 7,5. Количество Na_2O легко определяется в любом жидком стекле методом титрования кислотой навески жидкого стекла, разведенной в воде и прокипяченной в течение 15—20 минут. Такой контроль легко осуществить в условиях любого участка точного литья. Содержание кремнезема с учетом повышения модуля в процессе подготовки легко определить по содержанию Na_2O в стекле.

Пример расчета кремнезема по щелочи.

Пусть исходное жидкое стекло по данным химической лаборатории содержит: $\text{SiO}_2 = 31\%$ и $\text{Na}_2\text{O} = 11,4\%$. Плотность жидкого стекла 1,48.

Определим модуль такого стекла:

$$M = \frac{\% \text{SiO}_2}{\% \text{Na}_2\text{O}} 1,032 = \frac{31}{11,4} 1,032 = 2,8.$$

В результате титрования навески подготовленного стекла содержание Na_2O составило 6,8%. Принимая повышение модуля в процессе подготовки жидкого стекла на 0,4—0,5 единиц, количество кремнезема в стекле должно быть:

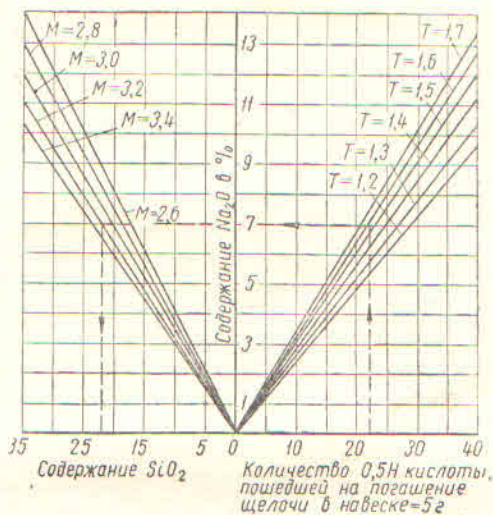
$$\text{SiO}_2 = \frac{\% \text{Na}_2\text{O} (M + 0,4)}{1,032} = 21,1\%.$$

Правильность этого расчета можно проверить. В процессе подготовки жидкого стекла на 100 г его необходимо добавить 12 г воды, чтобы получить плотность, равную 1,4, т. е. снизить с 1,48 (см. график на фиг. 17), а затем на каждые 100 г стекла ввести 30 г раствора хлористого

аммония. Таким образом, в подготовленном стекле кремнезема должно быть:

$$\text{SiO}_2 = \frac{31 \cdot 100 \cdot 100}{112 \cdot 130} = 21,3\%.$$

Значительно удобнее по содержанию Na_2O определять содержание кремнезема в подготовленном стекле по номограмме (фиг. 24). Например, если при титровании 5 г подготовленного жидкого стекла потребовалось для нейт-



Фиг. 24. Номограмма для определения содержания кремнезема в жидком стекле и формах.

рализации Na_2O 22 см³ полунормальной кислоты с титром (Т) 1,6, то содержание Na_2O в стекле составит 7%, а содержание кремнезема с учетом возрастания модуля до 3,2 составит 21,8%. На фиг. 24 этот пример показан пунктирной линией со стрелками.

Итак, подготовленное жидкое стекло должно отвечать следующим условиям: плотность стекла 1,29—1,3; содержание кремнезема 21—23%; содержание щелочи 6,5—7,5%; модуль 3—3,4; продолжительность схватывания 2—5 минут.

КВАРЦЕВЫЙ ПРИСЫПОЧНЫЙ ПЕСОК

Кварцевый присыпочный песок употребляется для присыпки огнеупорного покрытия после извлечения модельного комплекта из ванны со смесью маршалита с жидким стеклом. Назначение присыпочного песка сводится к тому, чтобы увеличить слой покрытия, улучшить газопроницаемость формы и лучше связать один слой покрытия с другим. Кроме того, кварцевый песок улучшает подалитивность формы и прочность ее.

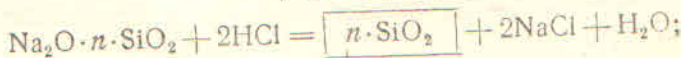
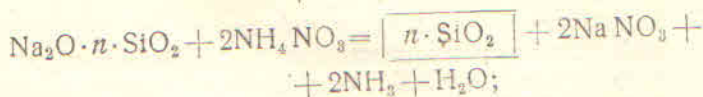
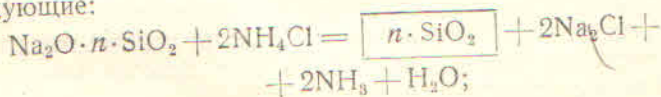
При изготовлении огнеупорного покрытия для крупных форм применяется песок марки К 40/70, а для мелких — марки К 50/100. Содержание кремнезема в песке должно быть не меньше 97%, глинистого вещества не более 2%, окиси железа не более 0,75%, а окислов щелочно-земельных и щелочных металлов не более 1,5%.

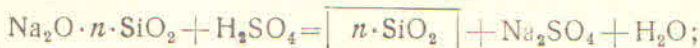
Присыпочный песок желателно употреблять отмытый. Для этого на сите № 60 или № 80 от песка отмываются глинистые и мелкие пылевидные составляющие, после чего песок сушится при температуре 200—300° в течение 3—4 часов, если слой его в противне не превышает 100 мм. При наличии технологических возможностей песок рекомендуется прокалывать при температуре 800—900°.

ЗАКРЕПИТЕЛЬ

В практике завода в качестве закрепителя употребляется раствор хлористого аммония. Вообще же в качестве закрепителя можно применять раствор азотнокислого аммония, а также растворы любых технических кислот.

В результате химической реакции закрепителя на щелоч стекла мгновенно выпадает коллоидальный кремнезем, который монолитно и прочно связывает зерна маршалита и присыпочного песка. Реакции закрепителя следующие:





Установлено, что лучшие результаты, с точки зрения качества огнеупорного покрытия, получаются при употреблении такого закрепителя, как водный раствор хлористого аммония (технический нашатырь). При использовании же в качестве закрепителя раствора кислот формы получаются слабыми и не обладают необходимой технологической прочностью. В процессе выплавления моделей такие формы нередко трескаются по выступающим граням. Недостаточная прочность форм и появление трещин по граням объясняется излишней химической «проработкой» слоя огнеупорного покрытия. Практикой установлено, что получить необходимую технологическую прочность форм, а также избежать появления трещин на формах можно в том случае, если в покрытии после выплавления моделей остается химически непроработанная окись натрия в количестве от 40 до 50%. Если химическая проработка окиси натрия после выплавления моделей составляет больше, то формы получаются слабыми, трескаются при выплавлении и прокаливании. Если же будет проработано меньше 40% окиси натрия, то покрытие будет мягким, при этом неизбежны раздутие и коробление формы в процессе выплавления. Необходимые соотношения проработанной окиси натрия в каждом слое покрытия достигаются при соблюдении определенного времени выдержки покрытия в закрепителе и на воздухе.

Растворы кислот в большинстве своем химически прорабатывают окись натрия в слое покрытия значительно больше чем на 50%. Объясняется это тем, что кислота значительно активнее соединяется с окисью натрия, чем соли слабого основания и сильной кислоты, к которым относятся хлористый и азотнокислый аммоний. Кроме того, химическое соединение кислот со щелочами вызывает экзотермические реакции. Это значительно ускоряет ход реакции и излишне прорабатывает слой огнеупорного покрытия. Процент проработки окиси натрия определяется следующим образом.

Пусть стекло содержит $\text{Na}_2\text{O} = 7,3\%$. Для погашения этой окиси натрия необходимо добавить к жидкому стеклу по соотношению грамм-молекулярных весов $7,3 \cdot 1,18 = 8,6$ г соляной кислоты. В переводе на соляную кислоту с концентрацией, равной 30%, количество ее составляет:

$$\frac{8,6 \cdot 100}{30} = 28,6 \text{ г.}$$

Теперь, если израсходовать 18 г кислоты, то процент проработки составит:

$$\frac{18 \cdot 100}{28,6} = 63\%.$$

При смешивании того же стекла с 20%-ным раствором азотной кислоты до состояния полутвердой творяжистой массы во всем объеме стекла температура этой массы возрастает на 4—5°. Если же смешивать то же жидкое стекло с хлористым и азотнокислым аммонием, то произойдут эндотермические реакции, т. е. реакции с поглощением тепла. Это замедлит ход реакции погашения щелочи и снизит процент ее проработки. С повышением температуры закрепителя растет процент проработки окиси натрия в слое покрытия. Так как окружающая температура не позволяет снизиться температуре закрепителя ниже 15—16°, тем самым систематически поддерживается технически необходимый процент проработки. Кроме того, к преимуществам аммониевых солей при применении их в качестве закрепителя необходимо отнести способность этих солей при разложении щелочами создавать аммиак, который в водном растворе дает NH_4OH , носящий щелочной характер, замедляющий интенсивность проработки окиси натрия. Необходимо отметить также, что раствор аммониевых солей в сравнении с растворами кислот наиболее безопасен.

При подборе концентрации хлористого аммония в воде установлено, что лучшие результаты для закрепления покрытия получаются при использовании 18%-ного водного раствора. Приготовление закрепителя сводится к растворению одной весовой части сухого хлористого аммония в 4,5 частях воды. Так как максимальная растворимость хлористого аммония даже в горячей воде составляет 23—25%, закрепитель оказывается близким к насыщенному. Поэтому, чтобы ускорить приготовление закрепителя перед введением хлористого аммония в воду, ее не-

обходимо подогреть до температуры 60—80°, а затем при введении хлористого аммония тщательно перемешивать раствор. После этого раствор необходимо охладить до комнатной температуры и использовать как закрепитель.

Хлористый аммоний (технический нашатырь) должен отвечать следующим условиям: содержание $\text{NH}_4\text{Cl} = 95 \div 99,3\%$; $\text{NaCl} = 0,6 \div 2\%$; влаги не более 1,5%; нерастворимых в воде веществ не более 0,7%.

Как уже указывалось выше, в ходе основной реакции закрепления образуется значительное количество аммиака, который в водном растворе создает NH_4OH . Поэтому закрепитель с наличием щелочи теряет свои основные свойства и слой огнеупорного покрытия остается мягким, не твердеет. Наличие NH_4OH в закрепителе легко определяется по специфическому запаху, а точнее — титрованием полунормальными кислотами. При наличии NH_4OH более 0,3% его необходимо нейтрализовать добавками концентрированной соляной кислоты. На каждый процент NH_4OH необходимо дать 1,04% HCl , а в пересчете на концентрацию промышленной кислоты K , количество ее Q составит:

$$Q = \frac{1,04 \cdot 100}{K}$$

При нейтрализации закрепителя соляной кислотой допускается избыток HCl в закрепителе, но не более 0,5%. При большом избытке HCl в закрепителе интенсивность химической проработки настолько возрастает, что формы оказываются непрочными.

При большой производственной загрузке закрепительных ванн контроль их с соответствующим корректированием закрепителя необходимо производить 2—3 раза в смену. Расход хлористого аммония на реакцию при большой производственной загрузке закрепительных ванн может быть значительным. Так, при дневном расходе смеси маршалита с жидким стеклом (обмазки) в количестве Q кг расход стекла со средним содержанием в нем $\text{Na}_2\text{O} = 7\%$ составит $\frac{Q}{2}$, так как смесь в среднем содер-

жит 50% маршалита и 50% стекла. На единицу погашения Na_2O требуется 1,73 единицы NH_4Cl , а степень проработки Na_2O закрепителем в слое покрытия составит 50%.

Тогда расход хлористого аммония, если в день расхо-

дуется 30 кг смеси маршалита с жидким стеклом, составит:

$$\frac{30 \cdot 7 \cdot 174 \cdot 100}{2 \cdot 100 \cdot 50} = 0,9 \text{ кг.}$$

При емкости ванны в 20 л содержание хлористого аммония в ней составит:

$$\frac{20 \cdot 18}{100} = 3,6 \text{ кг.}$$

К концу дня из 3,6 кг окажется $3,6 - 0,9 = 2,7$ кг, а содержание хлористого аммония при неизменном объеме раствора в ванне будет составлять:

$$\frac{2,7 \cdot 100}{20} = 13\% \text{ вместо необходимых } 18\%.$$

Изменение объема раствора в ванне в сторону уменьшения его происходит за счет смачивания слоя присыпчанного песка. Расход хлористого аммония на смачивание песка меньше расхода его на химическую реакцию. Поэтому концентрация хлористого аммония при непрерывной работе заметно снижается. Необходимая концентрация хлористого аммония (до 18%) поддерживается доливкой 20%-ного раствора по мере его расхода.

Определение концентрации хлористого аммония методом выпаривания—слишком продолжительная и нетехнологичная операция. Нагрев при выпаривании должен быть медленным, так как хлористый аммоний при нагреве диссоциирует. Потери хлористого аммония за счет диссоциации и летучей способности составляющих могут привести к ошибочным показателям концентрации. Кроме того, в остатках после выпаривания в смеси с NH_4Cl будет определенное количество NaCl . Поэтому удобнее концентрацию хлористого аммония в растворе определять косвенно, через продолжительность схватывания эталонного жидкого стекла.

Эталонное жидкое стекло представляет собой стекло, разведенное водой до плотности 1,24, с содержанием SiO_2 — 17,5—18% и Na_2O — 6,3—6,8%. Навеска эталонного стекла, равная 20 г и разведенная в 150 г воды при температуре 24—25°, при воздействии 20%-ным раствором хлористого аммония в количестве 20 г должна схватиться (превратиться в студенистую массу) в течение 34—35 секунд; при воздействии же 18%-ным раствором в течение 54—55 секунд. Зависимость между продолжи-

тельностью схватывания эталонного жидкого стекла и концентрацией хлористого аммония показана на графике (фиг. 25). Если эталонное стекло не отвечает условиям графика, то необходимо изменить его плотность.

Продолжительность схватывания 20 г эталонного стекла, разведенного в 150 г воды, при воздействии на него 20 г производственного закрепителя должна быть в пределах 50—65 секунд. Это соответствует концентрации хлористого аммония в закрепителе в пределах 18—17,5%.

При отсутствии на заводе технического хлористого аммония или при перебоях в снабжении им раствор хлористого аммония без особых трудностей можно приготовить из технической соляной кислоты и водного аммиака. Для получения раствора хлористого аммония этим способом, исходя из соотношения молекулярных весов составляющих, на единицу аммиака потребуются соляной кислоты:

$$\frac{36,5}{17} = 2,14 \text{ единицы.}$$

Соответственно из единицы аммиака получится:

$$\frac{53,5}{17} = 3,14 \text{ единицы хлористого аммония.}$$

Для того чтобы определить количество соляной кислоты на определенное количество водного аммиака, необходимо знать концентрацию NH_3 в водном аммиаке и концентрацию HCl в соляной кислоте. Самым удобным и вполне удовлетворительным способом определения концентрации этих составляющих является определение концентрации по плотности при помощи ареометра. Удельный вес соляной кислоты больше единицы, а водного аммиака меньше единицы, что следует учитывать при подборе ареометров.



Фиг. 25. График зависимости продолжительности схватывания эталонного стекла от концентрации NH_4Cl в закрепителе.

После измерения удельных весов водного аммиака и соляной кислоты определяют содержание NH_3 в водном аммиаке и HCl в соляной кислоте, а затем по формуле:

$$Q = \frac{\% \text{NH}_3 \cdot 2,14 \cdot 100}{\% \text{HCl}}$$

определяется количество (Q) соляной кислоты в граммах, потребное для образования хлористого аммония на 100 г водного аммиака.

При сливании составляющих в общий сосуд необходимо в соляную кислоту вливать аммиак и операцию производить под вытяжной вентиляцией. Реакция соединения аммиака с хлористым водородом экзотермическая. Выделяемое тепло при этом повышает температуру продуктов сливания до кипения; образуется летучий хлористый аммоний, заметный по белому дыму. Концентрация (K) хлористого аммония, полученного в результате такой реакции, подсчитывается в % по следующей формуле:

$$K = \frac{\% \text{NH}_3 \cdot 3,14}{100 + Q}$$

Полученный раствор хлористого аммония требуется развести водой.

Чтобы снизить тепловой эффект реакции, т. е. обеспечить более безопасные условия работы, и при этом значительно уменьшить потери на образование летучего хлористого аммония, необходимо рассчитать количество воды, потребное для доведения хлористого аммония до 18%. Затем расчетное количество соляной кислоты разводится этой водой для снижения ее концентрации. Потребное количество воды (B) в граммах для доведения концентрации хлористого аммония до 18% определяется по формуле:

$$B = \frac{(100 + Q) K}{18} - (100 + Q).$$





ГЛАВА V

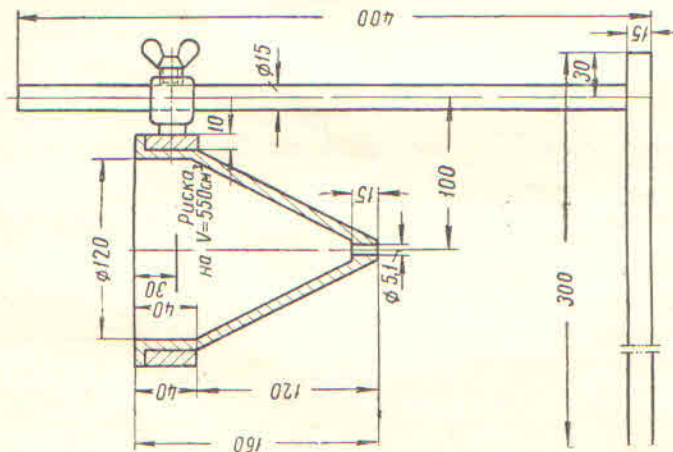
ПРИГОТОВЛЕНИЕ СМЕСИ МАРШАЛИТА С ЖИДКИМ СТЕКЛОМ

Смесь маршалита с подготовленным жидким стеклом представляет собой густую (сметанообразную) жидкость. Такая смесь готовится для нанесения на модель первого слоя покрытия, образующего поверхность формы. Подобная смесь называется лицевой. Смесь же, которая наносится на последующие три слоя покрытия и определяет прочность и монолитность формы, называется упрочняющей.

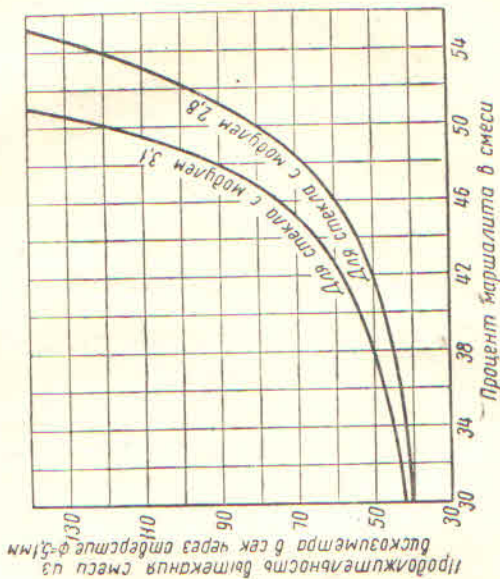
Смеси маршалита с жидким стеклом являются основой для огнеупорного покрытия, а поэтому тщательность их приготовления определяет постоянство требуемых свойств получаемых форм. Контроль смесей производится на вязкость, содержание Na_2O и продолжительность схватывания.

Вязкость смесей проверяется нестандартным вискозиметром (фиг. 26). Рабочий объем вискозиметра должен составлять 550 см^3 . Смесь в этом объеме вытекает через отверстие $\varnothing 5,1 \text{ мм}$ в определенный промежуток времени, в зависимости от назначения смеси (лицевая или упрочняющая).

Вязкость смеси зависит от количества маршалита, внесенного в стекло. Зависимость между вязкостью и содержанием маршалита в ней показана на фиг. 27. Для сравнения на фиг. 28 показана зависимость вязкости смеси маршалита с водой от содержания маршалита в ней. Из графика видно, что количество маршалита в смеси с водой при той же вязкости требуется значительно большее, чем в смеси со стеклом, так как вязкость подготовленного стекла больше вязкости воды.



Фиг. 26. Вискозиметр.

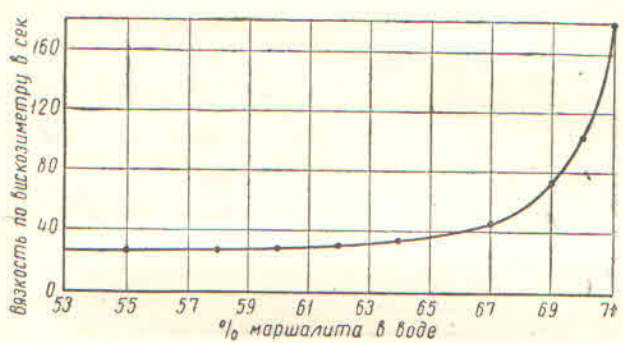


Фиг. 27. Зависимость между вязкостью смеси и количеством маршалита в ней.

количеством маршалита в ней.

при в. вискозиметр.

Так как при определении вязкости смесей используется нестандартный вискозиметр, то диаметр отверстия и форма его играют решающую роль при определении вязкости смесей. Контроль правильности показаний вискозиметра осуществляется определением продолжительности вытекания из него воды. Продолжительность вытекания воды в объеме 550 см^3 через отверстие $5,1\text{ мм}$ должна



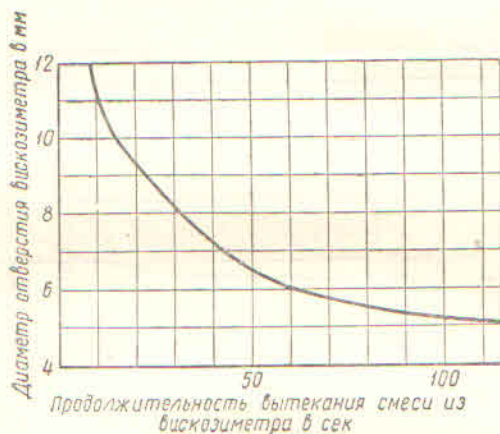
Фиг. 28. График вязкости смеси в зависимости от содержания маршалита в воде.

составлять 24—25 секунд, а подготовленного жидкого стекла с плотностью 1,3—36—37 секунд. Изменение отверстия вискозиметра влечет за собой изменение продолжительности вытекания смеси. Зависимость между диаметром отверстия вискозиметра и временем вытекания смеси показана на фиг. 29.

Наличие Na_2O в смесях контролируется методом титрования навески смеси в количестве 5 г. Навеска смеси разводится в $150\text{--}200\text{ см}^3$ воды, кипятится в течение 10—15 минут и титруется полунормальной кислотой с каплей индикатора—метилоранжа. Наличие Na_2O , а также наличие связующего кремнезема определяется по той же номограмме, по которой определяется кремнезем в приготовленном жидком стекле (см. фиг. 24).

Продолжительность схватывания — одна из основных характеристик смесей. Она определяется так же, как и продолжительность схватывания жидкого стекла. Чтобы приблизить показания продолжительности схватывания смеси к продолжительности схватывания стекла, навеска смеси берется равной 50 г. При введении 5 г азотной кис-

лоты в стаканчик с раствором включается секундомер и раствор непрерывно перемешивается во избежание оседания маршалита на дно стаканчика. Секундомер выключается при схватывании всего объема раствора в студенистую массу; при этом прекращается всякое оседание маршалита.



Фиг. 29. Зависимость времени вытекания смеси от диаметра отверстия вискозиметра.

ЛИЦЕВАЯ СМЕСЬ

Лицевая смесь, предназначенная для нанесения покрытия на модель, должна отвечать условиям получения чистой, гладкой и монолитной поверхности формы, которая, в свою очередь, определяет чистоту и гладкость поверхности отливки. Смесь изготавливается в следующем весовом отношении: 40—50 % подготовленного жидкого стекла и 50—60 % маршалита. Приведенные соотношения принимаются по весу. Точнее же соотношение подготовленного стекла к маршалиту определяется через вязкость смеси. Лицевая смесь в объеме 550 см^3 должна вытекать через отверстие, диаметр которого равен 5,1 мм в течение 75 ± 5 секунд. Вязкость лицевой смеси в значительной степени определяет качество первого слоя огнеупорного покрытия. Толщина слоя смеси на модели находится в зависимости от вязкости смеси; от толщины слоя, в свою

индомер
не осе-
выклю-
в сту-
седание

очередь, зависит степень проработки его, а также степень проникновения в смесь присыпочногo песка. Толстый слой смеси, наложенный на модель, химически не прорабатывается на всю свою толщину. Объясняется это явление тем, что при закреплении мгновенно образуется тонкая водонепроницаемая пленка коллоидального кремнезема, которая препятствует проникновению закрепителя вглубь толстого слоя. Такой химически непроработанный слой может развариваться в жидком стекле при выплавлении моделей.

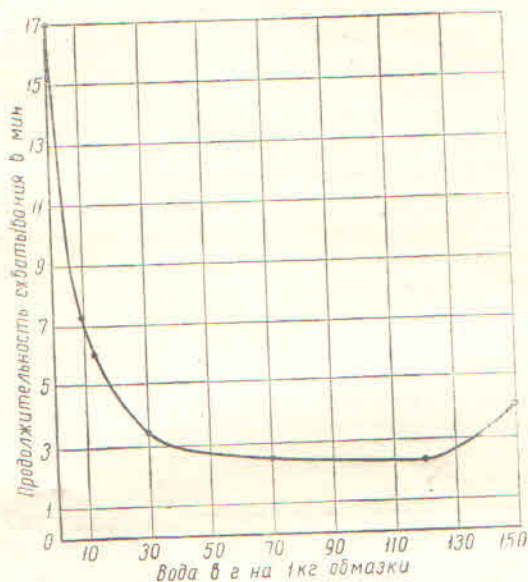
Смесь маршалита с жидким стеклом допускает использование ее продолжительное время — в течение недели и более, поэтому ванны со смесями требуется ежедневно только пополнять. Однако замечено, что в процессе выстаивания смесей маршалит в стекле может разбухать, и при одном и том же соотношении жидкого стекла к маршлиту вязкость смеси резко повышается. Степень разбухания маршалита в стекле, очевидно, зависит от процента глины в нем. Так, смесь, приготовленная в соотношении 45 % подготовленного стекла и 55 % маршалита, состава 96 % SiO_2 и 2,5 % Al_2O_3 , вытекала из вискозиметра в течение 75 секунд. На второй день та же смесь вытекала за 120 секунд, а на третий — за 160 секунд. Продолжительность схватывания смеси в течение этих трех дней оставалась неизменной.

Загустевшая смесь, т. е. смесь с повышенной вязкостью, требует разведения. Если разведение смеси до требуемой вязкости производить подготовленным стеклом, то резко изменится соотношение стекла к маршлиту, что приведет к увеличению Na_2O в смеси и продолжительности схватывания. Поэтому необходимо разведение загустевшей смеси производить жидким стеклом пониженной плотности (до 1,27—1,28), а в отдельных случаях даже только водой.

Продолжительность схватывания смеси характеризует скорость и надежность закрепления слоя покрытия в закрепителе, что является важным показателем качества смеси. Продолжительность схватывания лицевой смеси должна быть в пределах 2—5 минут. Наличие Na_2O в смеси должно быть в пределах 2,7—3,4 %.

Незначительные добавки воды к смеси резко снижают вязкость и продолжительность схватывания, без существенного снижения щелочи. На фиг. 30 показана зависимость продолжительности схватывания смеси в зависимо-

сти от добавок воды к 1 кг смеси. Из графика видно, что добавка 20 г воды к 1 кг смеси снижает продолжительность схватывания с 17 минут до 3,5; при этом содержание Na_2O снижается на 0,05—0,06%. Таким образом, добавками воды, а также добавками смеси к стеклу с плотностью 1,27—1,28 всегда можно получить необходи-



Фиг. 30. Зависимость продолжительности схватывания смеси от добавки воды к ней.

мую продолжительность схватывания. По содержанию Na_2O в смеси легко определить содержание связывающего коллоидального кремнезема в ней по номограмме (см. фиг. 24). Кроме того, по содержанию Na_2O в смеси легко определить содержание стекла в ней, зная содержание Na_2O в подготовленном жидком стекле; а по содержанию стекла легко определить содержание связующего кремнезема в смеси. Содержание связующего кремнезема, т. е. кремнезема, выпадающего из стекла в процессе закрепления, должно быть в пределах 8—10%.

Лицевая смесь склонна к разделению составляющих: маршалит со временем оседает на дно ванны. Это же явление в большой степени наблюдается и при использова-

нии этилсиликата. Поэтому для постоянства свойств покрытия рекомендуется через каждые 30—50 минут перемешивать смесь. При этом следует применять механические мешалки с электроприводом. Перемешивание необходимо производить аккуратно, стараясь как можно меньше заносить воздуха в смесь, всплывание которого на поверхность затруднено.

При необходимости использования лицевой смеси для изготовления деталей с резкими и четкими углублениями вязкость ее можно увеличить до 180 секунд и более; при этом стекло должно быть доведено до плотности 1,25. Содержание Na_2O в смеси должно быть в пределах 2,1—2,6%, а продолжительность схватывания — в пределах от 1 до 1,5 минуты. Такой смесью хорошо выполняются мелкие зубья конических шестерен с модулем 1—1,5.

УПРОЧНЯЮЩАЯ СМЕСЬ

Упрочняющая смесь маршалита с жидким стеклом предназначена для нанесения трех последующих слоев покрытия на первый слой, нанесенный лицевой смесью. Назначение упрочняющей смеси — создание прочной корковой формы. Корковые формы, сделанные на все четыре слоя только из лицевой смеси, не обладают достаточной технологической прочностью, что приводит к определенным трудностям в обращении с ними при прокаливании, хранении и транспортировке, а также при уплотнении в опоках.

Увеличение прочности корковых форм, сделанных с применением упрочняющих смесей, достигается повышением вязкости в смеси, повышением содержания Na_2O в ней, а следовательно, и повышением продолжительности схватывания. Вязкость упрочняющей смеси должна быть в пределах 118—120 секунд через тот же вискозиметр. Такое повышение вязкости необходимо для того, чтобы достигнуть утолщения каждого слоя покрытия. С утолщением слоя покрытия увеличивается количество стекла в нем, а отсюда и увеличение содержания связующего кремнезема, выделяющегося в результате основной реакции закрепления. Установлено, что необходимое качество поверхности и прочность формы достигаются в том случае, когда содержание связующего кремнезема в упрочняющем слое покрытия в 2 раза больше, чем в лицевом. Такое увеличение связующего кремнезема в упрочняющих

слоях покрытия обеспечивается повышенной вязкостью (до 118—120 секунд) и большим содержанием стекла в упрочняющей смеси.

Соотношение жидкого стекла с маршалитом в упрочняющей смеси должно быть следующим: 50—55 % подготовленного стекла и 45—50 % маршалита. При этом смесь должна обладать вязкостью, которая позволяет вытекать ей из вискозиметра за 118—120 секунд. Несмотря на то, что количество жидкого стекла в упрочняющей смеси больше, чем в лицевой, вязкость ее должна быть выше. Достигается это ежедневными добавками свежих порций смеси на подготовленном стекле плотностью не ниже 1,3 взамен израсходованной смеси. При разбухании маршалита в смеси и связанным с этим повышением вязкости разведение смеси до требуемой вязкости необходимо производить стеклом с плотностью не ниже 1,3.

Так как упрочняющая смесь не участвует в образовании поверхности формы, — маршалит для упрочняющей смеси может употребляться с просевом его через сито № 70. Содержание Na_2O в упрочняющей смеси должно быть в пределах от 3,5 до 4 %. Это обеспечивает содержание связующего кремнезема в смеси в количестве от 10 до 12 %. Поддержание количества Na_2O в смеси в указанных пределах необходимо для создания прочных и монолитных форм. Содержание Na_2O в смеси свыше 4 % приводит к плохой химической проработке слоя. При этом с увеличением прочности форм на их поверхностях появляются широкие трещины, которые обнаруживаются при выплавлении моделей и при прокаливании.

Таблица 7

Характеристика лицевой и упрочняющей смеси

Наименование характеристик	Лицевая смесь	Упрочняющая смесь
Продолжительность вытекания смесей из вискозиметра емкостью 550 см ³ через отверстие Ø 5,1 мм	70—80 сек.	118—120 сек.
Содержание Na_2O	2,7—3,4%	3,5—4%
Содержание связующего SiO_2 из стекла	8—10%	10—12%
Продолжительность схватывания	2—5 мин.	6—12 мин.

Продолжительность схватывания упрочняющей смеси в связи с увеличением содержания Na_2O в ней, в сравнении с лицевой, возрастает до 6—12 минут. Допускать повышение продолжительности схватывания больше чем 12 минут не следует, так как эта характеристика косвенно определяет скорость и полноту химической реакции, проходящей в процессе закрепления слоя покрытия.

Характеристика лицевой и упрочняющей смеси указана в табл. 7.





ГЛАВА VI

НАНЕСЕНИЕ ОГНЕУПОРНОГО ПОКРЫТИЯ

Одной из основных и самых ответственных операций производства точных отливок является операция нанесения огнеупорного покрытия на модельный комплект. Эта операция определяет качество формы, а качество формы, в свою очередь, определяет качество отливки. Поэтому тщательное выполнение этой операции, строгое соблюдение технологии и надежный контроль составляющих покрытия в значительной степени определяют качество отливок.

Качество нанесенного покрытия зависит от исходных материалов, степени подготовки жидкого стекла, тщательности и надежности контроля лицевой и упрочняющей смесей и в значительной степени от технологии нанесения покрытия. При нанесении покрытия необходимо добиваться сравнительно равномерной толщины слоя смеси на модельном комплекте. Равномерность же толщины слоя достигается надежностью стекания излишней смеси с модельного комплекта. Стеkanie излишней смеси с модельного комплекта происходит в виде струйки и начинается прекращаться в момент сравнительно медленного (через каждые 2—3 сек.) сброса смеси в виде капель. Присыпка слоя смеси песком производится до тех пор, пока не прекратится прилипание его к слою. Продолжительность пребывания слоя покрытия в закрепителе и на воздухе также отражается на качестве покрытия. Поэтому технологии нанесения огнеупорного покрытия необходимо уделять большое внимание.

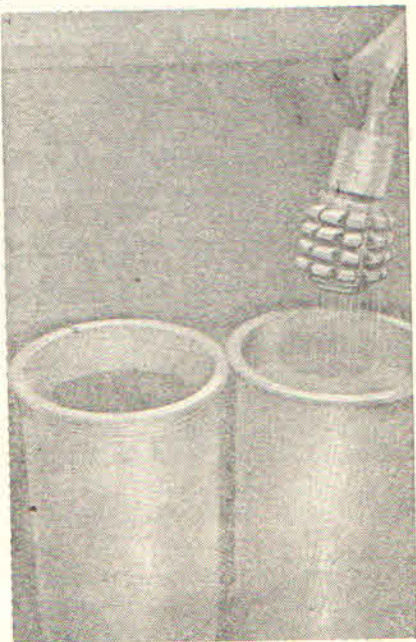
Огнеупорное покрытие наносится для создания прочной монолитной формы, равномерно покрывающей со всех сторон выплавляемую модель. Нанесение огнеупор-

ного покрытия производится методом погружения модельного комплекта в смесь маршалита с жидким стеклом с последующим присыпанием слоя смеси песком и закреплением каждого слоя огнеупорного покрытия в растворе хлористого аммония.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

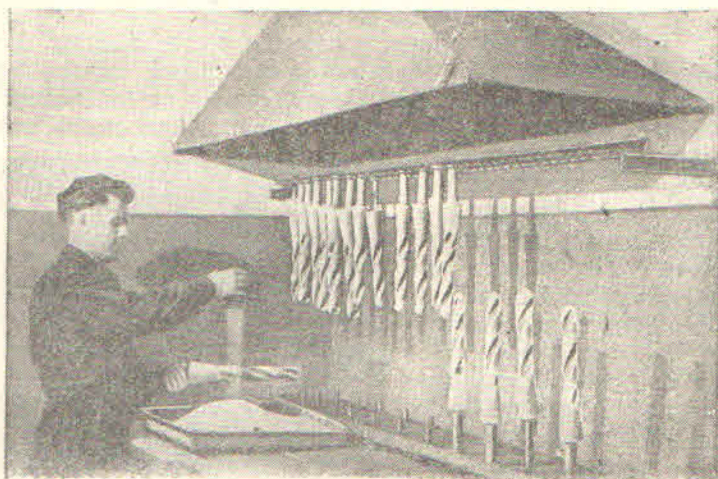
Технологический процесс сводится к следующему. Модельный комплект берется за специальный штырь-державку, вставленный при затвердевании в литниковой воронке, и полностью погружается в лицевую смесь маршалита с жидким стеклом. Затем модельный комплект извлекается из смеси и выдерживается над ванной до прекращения стекания излишков смеси в виде непрерывной струи, т.е. до начала стекания излишков смеси в виде редких капель (фиг. 31). При определении вязкости смеси продолжительность стекания ее с модельного комплекта определяет равномерность толщины слоя смеси на ней, что, в свою очередь, определяет степень химической проработки этого слоя в закрепителе. Этот слой смеси на модельном комплекте присыпается кварцевым песком в таком количестве, в каком он необходим до прекращения смачивания его жидкой составляющей смеси. Равномерность присыпания песком достигается непрерывным поворачиванием модельного комплекта в процессе присыпки.

На фиг. 32 показан процесс присыпки слоя огнеупорного покрытия.



Фиг. 31. Нанесение огнеупорного покрытия на модель.

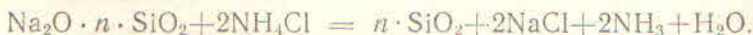
Присыпанный песком первый слой огнеупорного покрытия тут же погружается в ванну с 18%-ным водным раствором хлористого или азотнокислого аммония (закрепитель) на одну-две минуты. Обычно продолжительность пребывания модельного комплекта в ванне закрепителя определяется временем нанесения слоя смеси и



Фиг. 32. Присыпка слоя огнеупорного покрытия песком.

присыпки на очередном модельном комплекте. Под влиянием хлористого или азотнокислого аммония щелочная составляющая жидкого стекла мгновенно вступает в реакцию с кислотной составляющей солей аммония. Кремнезем стекла без щелочной составляющей не в состоянии удерживаться в водном растворе и выпадает в виде коллоидального кремнезема (геля), прочно скрепляя в твердую монолитную корочку зерна маршалита и песка.

Химическая реакция разложения стекла закрепителем следующая:



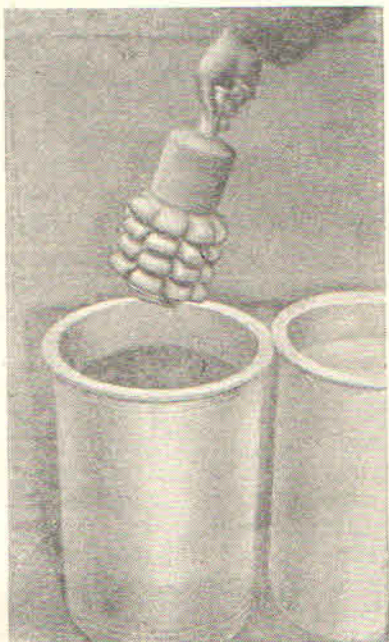
Как видно, жидкое стекло является материалом для получения коллоидального кремнезема, как связующего маршалита и песка. После закрепления слоя покрытия жидкое стекло в нем разлагается на коллоидальный кремнезем и соль. Если реакция произошла правильно, то

с закрепленного слоя покрытия обильно выделяется аммиак. По истечении 1—2 минут после погружения модельный комплект со слоем закрепленного покрытия извлекается из ванны закрепителя и выдерживается над нею до полного стекания закрепителя (фиг. 33). Для удобства в работе ванна со смесью устанавливается рядом с ванной закрепителя.

После закрепления модельный комплект выдерживается на воздухе в течение 5—7 минут до исчезновения резкого запаха аммиака. В процессе выдержки слой покрытия окончательно затвердевает под воздействием остатков закрепителя на слое песка. При этом прочность форм в значительной степени зависит от времени выдержки модельного комплекта на воздухе и концентрации закрепителя. Выдержку на воздухе слоя покрытия рекомендуется производить так, как это было показано на фиг. 32. При указанном положении модельного комплекта (в подвешенном состоянии)

прочность формы получается сравнительно одинаковой по всей ее высоте. Вполне вероятно, что утолщенный слой смеси в нижней части комплекта (получившийся при стекании излишков смеси) требует большего количества закрепителя, а тонкий слой сверху комплекта — меньшего. При выдержке комплекта с покрытием на воздухе в подвешенном состоянии закрепитель с верхней части слоя покрытия, где сравнительно тонкий слой смеси, стекает и концентрируется в нижней части покрытия, где сравнительно толстый слой смеси, куда и требуется большее количество закрепителя.

Таким образом, выдержка на воздухе модельного



Фиг. 33. Извлечение модельного комплекта из ванны закрепителя.

комплекта со слоем покрытия в подвешенном состоянии обеспечивает равномерность проработки слоя, несмотря на различную его толщину. Этим и достигается необходимая прочность корковой формы по высоте и сечением.

Последующие три слоя покрытия наносятся так же, как и первый слой. Отличие состоит только в том, что модельный комплект с нанесенным на него первым слоем покрытия погружается в ванну с упрочняющей смесью. После извлечения модельного комплекта из упрочняющей смеси покрытие присыпается песком и обязательно закрепляется в ванне закрепителя и на воздухе с теми же режимами времени, как и для первого слоя. При необходимости получить более толстый слой покрытия количества слоев покрытия увеличивается до пяти.

ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ЗАТВЕРДЕВАНИИ ПОКРЫТИЯ

При нанесении огнеупорного покрытия на модельный комплект, каждый последующий слой после первого подвергается двустороннему закреплению. Это достигается тем, что при погружении модельного комплекта в ванну с упрочняющей смесью остаточный закрепитель на песке первого слоя покрытия химически прорабатывает слой уплотняющей смеси с внутренней стороны. В процессе же закрепления в ванне закрепителя этот слой химически прорабатывается с внешней стороны. Несмотря на двустороннюю химическую проработку каждого слоя, покрытие после закрепления последнего слоя содержит Na_2O в количестве 0,7—1 %, что составляет около 50 % Na_2O , содержащегося в жидком стекле покрытия.

Неполная химическая проработка жидкого стекла в покрытии объясняется тем, что при закреплении слоя смеси мгновенно образуется пленка коллоидального кремнезема, которая является слабо проницаемой для закрепителя. В дальнейшем при прокаливании форм все количество Na_2O , содержащееся в покрытии, химически прорабатывается остаточным хлористым аммонием. На каждом слое покрытия. Как показала трехлетняя практика, Na_2O в готовых прокаленных корковых формах отсутствует или содержится в количестве не более 0,1 %.

Содержание Na_2O в огнеупорном покрытии после выплавки моделей в количестве 0,7—1 % желательно, так как этим значительно расширяются технологические воз-

возможности получения форм. Установлено, что содержание Na_2O в огнеупорном покрытии будет меньше нижнего предела, т. е. меньше 0,7%, в том случае, если химическая проработка каждого слоя огнеупорного покрытия очень интенсивна. Огнеупорное покрытие в этом случае получается прочным и неподатливым. При выплавлении моделей такое огнеупорное покрытие трескается, причем трещины располагаются по острым граням модели и имеют характер узких, едва заметных волн. В процессе сушки и прокаливания трещины увеличиваются как по длине, так и по ширине, а прочность формы оказывается недостаточной.

Исследованиями установлено, что если модель с нанесенным на нее покрытием погрузить на сутки в закрепитель или слабый 1—3% раствор соляной кислоты, то щелочной характер покрытия исчезает за счет полного химического взаимодействия с закрепителем или кислотой. При выплавлении моделей на покрытии большинства форм образуются узкие трещины, а форма не обладает достаточной прочностью после прокаливания. Если в огнеупорном покрытии в результате слабой химической проработки оказывается содержание Na_2O больше, чем верхний предел его, т. е. больше чем 1%, то такое покрытие оказывается мягким. При выплавлении модельного комплекта такое покрытие может деформироваться, развариваться в ванне выплавления; оно не обладает необходимой прочностью. При выплавлении крупных моделей на покрытии образуются широкие извилистые трещины не по граням, а на плоскостях или по образующим. Однако прочность форм после прокаливания получается достаточно высокой.

Для получения постоянства свойств покрытия, помимо контроля стекла и смесей, необходимо поддерживать концентрацию хлористого аммония в закрепителе, равную $18 \pm 1\%$, а также строго соблюдать технологический процесс нанесения огнеупорного покрытия.

ПРОЧНОСТЬ ФОРМ

Многие заводы, начинающие производство точных отливок на жидком стекле, а также и заводы, переходящие с этилсиликата на жидкое стекло, в начале своей производственной деятельности не могут получить необходимой технологической прочности форм. Прочность форм, как уже го-

ворилось, зависит от степени химической проработки каждого слоя покрытия и от количества связующего кремнезема, выпадающего из жидкого стекла. При этом необходимо помнить, что увеличение прочности форм всегда ведет к уменьшению газопроницаемости их. Степень химической проработки форм, в свою очередь, зависит от характера закрепителя и от времени выдержки закрепленного слоя в закрепителе и на воздухе.

Если прочность форм при использовании 18% раствора хлористого аммония получается недостаточной, то это значит, что Na_2O в покрытии проработано больше 50%. Для улучшения технологической прочности форм необходимо уменьшить время выдержки покрытия на воздухе до 3—4 минут. Если и после этого не получится нужная технологическая прочность, необходимо снизить концентрацию хлористого аммония на 2—3% или добавить к хлористому аммонiu менее активного азотнокислого аммония. Смешивание закрепителей производится также 18%-ным (по концентрации) азотнокислым аммонием в количестве от 10 до 40% к раствору хлористого аммония.

Прочность форм в значительной мере зависит от количества связующего кремнезема в огнеупорном покрытии. Это определяется количеством жидкого стекла и модулем. С увеличением модуля стекла одно и то же количество стекла выделяет большее количество связующего кремнезема. Для определения количества связующего кремнезема в покрытии проводилась специальная работа со взвешиванием покрытия по операциям нанесения его. Результаты работы сведены в табл. 8.

Из таблицы можно легко подсчитать составляющие огнеупорного покрытия. Оно состоит из 19—21% стекла, 21—23% маршалита, 50—54% присыпочногo песка и 5—7% закрепителя. Принимая процент кремнезема в подготовленном жидком стекле равным 21, связующего кремнезема в покрытии получается 4—4,5%.

Если же применять этилсиликат с содержанием кремнезема в количестве 17—22%, то связующего кремнезема в покрытии будет 2,5—3,3%, т. е. в среднем в 1,5 раза меньше, чем при использовании жидкого стекла в качестве исходного продукта. Тем не менее, несмотря на значительно большее количество связующего кремнезема при работе на жидком стекле, прочность форм при содержании кремнезема, равном 4%, ниже, чем прочность форм, полученных при работе на этилсиликате. Если же количест-

Таблица 8

Составляющие огнеупорного покрытия

Составляющие огнеупорного покрытия																											
№ модели	Вес первого слоя в %			Вес второго слоя в %			Вес третьего слоя в %			Вес четвертого слоя в %			Всего			Состав по-крытия в %				Состав покрытия в, %							
	смесь	песок	закрепитель	смесь	песок	закрепитель	смесь	песок	закрепитель	смесь	песок	закрепитель	смесь	песок	закрепитель	общий вес в %	стекло	марианит	песок	природст веса	стекло в по-крытии	марианит в по-крытии	песок в по-крытии				
1	35	65	5	45	60	10	60	60	10	50	55	10	75	70	5	205	310	40	615	126	139	310	6,5	20,5	23,0	50,0	0
2	40	70	10	70	85	10	70	70	15	75	90	10	70	90	10	325	405	55	785	154	171	405	7	20,0	22,0	51,0	0
3	45	70	15	55	80	10	70	70	10	70	75	5	80	70	10	320	365	50	735	152	168	365	7	20,5	22,5	50,0	0
4	45	80	10	50	65	10	85	80	10	70	85	10	65	90	15	295	420	55	770	140	155	420	8	18,0	20,0	54,0	0
5	105	150	25	145	160	25	155	160	30	160	170	20	150	190	15	715	830	115	1660	340	375	830	7	20,5	22,5	50,0	0
6	95	140	20	130	160	10	160	160	15	155	170	10	155	175	20	695	805	75	1575	330	365	805	5	21,0	23,0	51,0	0
7	80	100	20	95	115	10	115	115	10	125	125	5	125	130	15	540	585	60	1185	257	283	585	5	21,0	24,0	50,0	0
8	70	100	10	70	100	25	195	100	15	85	100	15	105	100	10	425	500	75	1000	200	225	500	7,5	20,0	22,5	50,0	0
Среднее	64	97	14	83	105	13	199	102	14	99	109	11	103	114	13	448	527	65	1040	213	235	527	6,3	20,4	22,6	50,7	0

во связующего кремнезема в покрытии составляет 4,5%, прочность форм значительно превосходит прочность форм, изготовленных на этилсиликате, и достигает 30—40 кг/см². Низкая прочность форм, изготовленных на жидком стекле при сравнительно большем проценте связующего кремнезема, объясняется большой пористостью связующего кремнезема. Это, в свою очередь, объясняется тем, что в процессе закрепления вся вода подготовленного жидкого стекла связывается кремнеземом. Таким образом, в процессе закрепления выпадает не гель, а гидрогель кремнезема.

Если принять содержание кремнезема в подготовленном жидком стекле равным 22%, а Na₂O равным 7,5%, то в стекле окажется около 70% воды. Вся эта вода подготовленного стекла в слое огнеупорного покрытия связывается кремнеземом. Если в чашечку, наполненную на половину ее объема жидким стеклом, приливать закрепитель, даже в количестве 25—30% от потребности на реакцию, непрерывно перемешивая содержимое, наступает такой момент, когда в чашечке оказывается только твердая творожистая масса без наличия жидкой фазы. Это говорит за то, что вся вода жидкого стекла и вода закрепителя связывается выпадающим из стекла кремнеземом. Безусловно, и при нанесении покрытия вся вода стекла в слое покрытия связывается кремнеземом.

В процессе закрепления покрытия вес его не убывает, а, наоборот, прибывает. Прибавление веса объясняется более активным смачиванием песка закрепителем, а также за счет образования соли, две грамм-молекулы которой в 1,9 раза больше грамм-молекулы Na₂O. Отсутствие убывания веса подтверждает, что вся вода стекла в покрытии связана в гидрогель кремнезема. Выпадающий из стекла кремнезем жадно связывает воду, что особенно ярко подтверждается ежедневным контролем подготовленного стекла на продолжительность схватывания. Из навески 20 г, разведенной в 150 г воды, под действием 5 г азотной кислоты (концентрация около 50%) выпадает кремнезем и связывает всю воду в студенистую массу (гидрогель). Принимая средний процент SiO₂ в подготовленном стекле равным 22%, в навеске стекла кремнезема будет 4,4 г, а воды из расчета 70% ее в стекле — 14 г. Вода азотной кислоты составляет 2,5 г.

Таким образом, 4,4 г кремнезема из стекла способны связывать воду в количестве $150 + 14 + 2,5 = 166,5$ г.

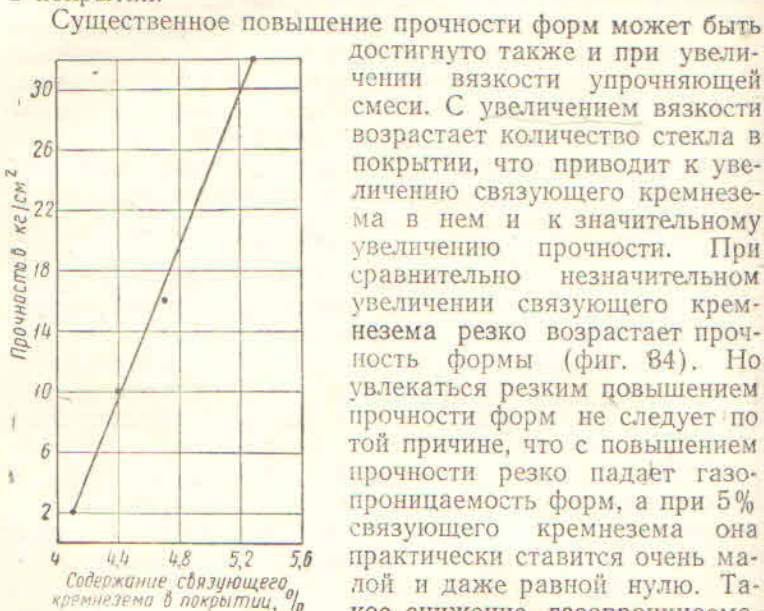
без учета воды, которая получается в результате хода основной химической реакции, т. е. один грамм выпадающего из стекла кремнезема в данном случае способен связать около 40 г воды. Получается, что в студенистой массе после ее схватывания кремнезема оказывается только около 2,5%, около 1% соли, а остальное составляет вода. Если в среднем в огнеупорном покрытии содержится 20% подготовленного стекла, а стекло содержит 70% воды, то оказывается, что в покрытии содержится

$$\frac{20 \cdot 70}{100} = 14\%$$
 связанной кремнеземом воды из стекла. Эта связанная кремнеземом вода значительно расширяет технологические возможности производства точных отливок применением жидкого стекла.

Связанная вода создает необходимую податливость форме как в процессе выплавки модели, а также и в процессе прокаливания корковых форм. В процессе выплавки податливость студенистой массы исключает возникновение трещин при условии строгого соблюдения приведенных ранее технологических параметров. В процессе же прокаливания эта 14% вода испаряется, образуя микроструктуру в связующем кремнеземе, чем и обеспечивается хорошая податливость форм и отсутствие трещин на формах при нагревании их до 800° и при сравнительно быстром охлаждении до комнатной температуры. Вода гидролизует кремнезем, который испаряется при прокаливании форм, создавая множество микропор в связующем кремнеземе, обеспечивая высокую газопроницаемость формы. Газопроницаемость форм, как показала практика, находится в пределах 25—40 единиц. Для производства точных отливок такая газопроницаемость является большой и позволяет заливать формы в холодном состоянии, вести фонтанную заливку мелких форм, снижает брак отливок из засорам.

Как уже указывалось ранее, прочность форм, изготовленных на связующем кремнеземе из жидкого стекла, может быть получена в широких диапазонах, и даже выше, чем прочность этилсиликатного покрытия. Увеличение прочности достигается снижением интенсивности проработки жидкого стекла слоями покрытия в процессе закрепления, т. е. при сокращении времени выдержки покрытия в воздухе в процессе закрепления и добавлении раствора азотнокислого аммония к раствору хлористого аммония. Интенсивность химической проработки при этом не

должна быть ниже 50% жидкого стекла, содержащегося в покрытии.



Фиг. 34. График зависимости прочности форм от содержания связующего кремнезема в них.

ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТЬ ФОРМ

Опытными работами было установлено, что формы шестерен с коническим мелким зубом, изготовленные с большой механической прочностью на упрочняющей смеси с повышенной вязкостью и содержанием связующего кремнезема, равным 5%, при сифонной заливке не в состоянии были быстро (со скоростью заливки) выпустить через поры содержащийся в них газ. Отливки после выбивки и очистки не имели резких граней по зубу, зуб получался закатанным. Создавалось впечатление, что как будто формы были залиты холодным металлом. Отливки же, изготовленные в формах на обычной смеси, с содержанием связующего кремнезема 4,5%, получались с четким, хорошим зубом, несмотря на то, что формы этих от-

ливки заливались в последнюю очередь из одного ковша с первыми. Опыты повторялись несколько раз и на различных деталях. Они показали, что газопроницаемость форм является основным фактором хорошей заполняемости их жидким металлом.

Для определения влияния заливки горячих форм на заполняемость их металлом формы с большой механической прочностью, но малогазопроницаемые, вторично подвергались нагреву до 800° с предварительным уплотнением их в опоках кварцем. Отливки из таких форм сравнивались с отливками, залитыми в холодные формы, изготовленные на обычной смеси. Подвод металла в обоих случаях производился сифонно. При сифонной же заливке заполняемость форм мало улучшается от степени подогрева; значительное улучшение заполняемости достигается при повышении газопроницаемости. В результате опытов преимущество по заполняемости форм металлом оказалось за холодными, но газопроницаемыми формами.)

Таким образом, расширение технологических возможностей производства точных отливок сводится к созданию податливости форм в процессе выплавления моделей, к сушке и прокаливанию их за счет образования гидрогеля. Этим методом предоставляется возможность получить газопроницаемые формы, позволяющие заливать их в холодном состоянии.

Возникает вопрос, обеспечен ли слой смеси в покрытии соответствующим количеством хлористого аммония В

содержит 1,3—1,5% Na_2O , а после закрепления, при условии 50% химической проработки, Na_2O в покрытии оказывается 0,7—0,8%. Потребность в хлористом аммонии для проработки этого количества Na_2O при сушке и прокаливании составляет:

$$(0,7 \div 0,8) \cdot 1,73 \cdot 5 = 6,25 - 6,9\%$$

де 1,73 — отношение грамм-молекулярных весов двух молекул хлористого аммония к грамм-молекуле Na_2O , а множитель 5 соответствует переводному коэффициенту твердого хлористого аммония на раствор его в закрепителе (при условии использования 20%-ного водного раствора хлористого аммония).

Из табл. 8 видно, что средний прирост веса в закрепителе составляет 6,3%, что примерно соответствует требуемому количеству хлористого аммония до полной проработки остатков Na_2O в прокаленном слое, в осо-

жет быть
и увели-
чающей
вязкости
стекла в
ит к уве-
кремнезе-
тельному
и. При
тельном
го крем-
ет проч-
(34). Но
ишением
едует по
ишением
ет газо-
при 5%
и она
чень ма-
лю. Та-
ицаемо-
ам, осо-
процес-
металлом
мешки.

формы
ные с
ей сме-
ющего
е в со-
устить
е вы-
у, зуб
то как
ливки
содер-
с чет-
их от-

ливки заливались в последнюю очередь из одного ковша с первыми. Опыты повторялись несколько раз и на различных деталях. Они показали, что газопроницаемость форм является основным фактором хорошей заполняемости их жидким металлом.

Для определения влияния заливки горячих форм на заполняемость их металлом формы с большой механической прочностью, но малогазопроницаемые, вторично подвергались нагреву до 800° с предварительным уплотнением их в опоках кварцем. Отливки из таких форм сравнивались с отливками, залитыми в холодные формы, изготовленные на обычной смеси. Подвод металла в обоих случаях производился сифонно. При сифонной же заливке заполняемость форм мало улучшается от степени подогрева; значительное улучшение заполняемости достигается при повышении газопроницаемости. В результате опытов преимущество по заполняемости форм металлом оказалось за холодными, но газопроницаемыми формами.

Таким образом, расширение технологических возможностей производства точных отливок сводится к созданию податливости форм в процессе выплавления моделей, к сушке и прокаливанию их за счет образования гидрогеля. Этим методом предоставляется возможность получить газопроницаемые формы, позволяющие заливать их в холодном состоянии.

Возникает вопрос, обеспечен ли слой смеси в покрытии соответствующим количеством хлористого аммония. В слое покрытия до закрепления его содержится 1,3—1,5% Na_2O , а после закрепления, при условии 50% химической проработки, Na_2O в покрытии оказывается 0,7—0,8%. Потребность в хлористом аммонии для проработки этого количества Na_2O при сушке и прокаливании составляет:

$$(0,7 \div 0,8) \cdot 1,73 \cdot 5 = 6,25 - 6,9\%,$$

где 1,73 — отношение грамм-молекулярных весов двух молекул хлористого аммония к грамм-молекуле Na_2O , а множитель 5 соответствует переводному коэффициенту твердого хлористого аммония на раствор его в закрепителе (при условии использования 20%-ного водного раствора хлористого аммония).

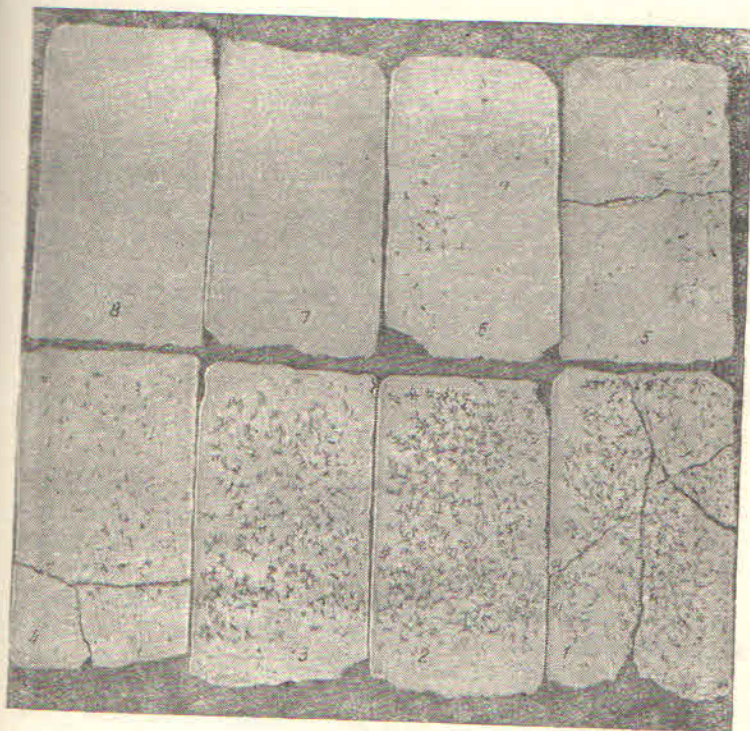
Из табл. 8 видно, что средний прирост веса в закрепителе составляет 6,3%, что примерно соответствует потребному количеству хлористого аммония до полной проработки остатков Na_2O в прокаленном слое, в осо-

бенности, если принять во внимание проработку первого слоя с внутренней стороны его стеариновой кислотой.

Чистота поверхности форм зависит в значительной степени от покрывающей способности моделей лицевой смесью. Эта покрывающая способность зависит от влияния поверхностного натяжения между моделью и лицевой смесью. Величина этого натяжения значительно меньше, чем между смесью и присыпчным песком. В результате разницы в величинах поверхностного натяжения песок стягивает с модели жидкую составляющую смеси и на поверхности формы образуются неровности в виде отдельных впадин произвольного размера, доходящие в поперечнике до 2—5 мм и напоминающие по своему характеру неправильную вафельную поверхность. В отдельных случаях при плохой смачиваемости модели лицевой смесью это стягивание смеси песком с модели настолько сильно сказывается, что на поверхности формы образуются пустоты в слое смеси.

С целью улучшения качества поверхности проводилась специальная работа по выявлению различных факторов, влияющих на стягивание жидкой составляющей лицевой смеси присыпчным песком. Работы сводились к подбору модельных составов, изменяющих величину поверхностного натяжения со смесью, к добавкам к смесям химикатов, улучшающих смачивание, и к уменьшению поверхностного натяжения присыпчного песка. В результате было выяснено, что: а) поверхностное натяжение между моделью и смесью значительно улучшается при условии хранения моделей в воде в течение не менее 4 часов; б) поверхность формы значительно улучшается и может быть равноценной поверхности формы, полученной при изготовлении ее на этилсиликате. Это достигается уменьшением поверхностного натяжения между смесью и песком, путем применения песка для первого слоя покрытия с различной степенью смачиваемости. Установлено, что смачиваемость кварцевого песка зависит от зернистости его. Так, песок К 30/50 смачивается в цилиндрике $\varnothing = 16$ мм и высотой 25 мм в течение 5—6 секунд, а песок К 70/140 в этом же цилиндрике смачивается в течение 15—16 секунд. Перед испытанием сухой цилиндрик устанавливается в фарфоровую чашечку, на дно которой наливается вода слоем 3—4 мм. Смачиваемость песка так же резко уменьшается внесением в песок (для первого слоя покрытия) жировых

составляющих. Незначительные добавки к песку в количестве 0,005% стеарина или парафина резко изменяют поверхностное натяжение его. Необходимо отметить, что излишки добавок жировых составляющих могут привести к тому, что песок совершенно потеряет смачиваемость и не будет прилипать к слою смеси, а также потеряет способ-



Фиг. 35. Образцы покрытий с различной смачиваемостью присыпочною песка.

ность смачиваться в закрепителе. Поэтому количество добавок стеарина к песку не должно превышать 0,005%. При этом песок предварительно подогревается до температуры 60—70°, а затем в него вводятся жировые составляющие и тщательно перемешиваются.

Наличие незначительного количества жиров в песке первого слоя, конечно, не сказывается на общем качестве форм, но значительно улучшает чистоту поверхности форм.

а следовательно, и отливок. На фиг. 35 представлено восемь образцов покрытия, изготовленных с различной степенью смачиваемости присыпочною песку. Первый образец покрытия присыпался песком марки К 20/40; второй — песком К 40/20; третий — песком К 30/50; четвертый — песком К 50/30; пятый — песком К 40/70 и шестой — песком К 50/100. Последние два образца изготовлены с добавкой к песку К 40/70 0,005% стеарина. Примерно такие же результаты, как и с добавками стеарина к песку, получаются при применении мелких песков К 70/140 и К 100/200.

Необходимо также отметить полезность работы, проведенной по применению твердого закрепителя на упрочняющих слоях покрытия. Закрепление слоев сводится к тому, что к присыпочному песку добавляется от 3 до 4% твердого хлористого аммония. Отвердевание слоя происходит в процессе присыпания его смесью песка с твердым хлористым аммонием. Теоретически необходимое количество твердого хлористого аммония при условии 20% стекла в покрытии составляет:

$$\frac{20(6,5 \div 7,5)}{100} 1,73 = 2,25 \div 2,6\%,$$

где $6,5 \div 7,5$ — процентное содержание Na_2O в покрытии;
1,73 — отношение грамм-молекулярных весов хлористого аммония к грамм-молекулярному весу Na_2O .

Первый слой покрытия необходимо закреплять в жидком закрепителе во избежание образования мелких газовых пузырьков за счет выделяющегося избыточного аммиака, который в жидком закрепителе растворяется. При использовании твердого закрепителя в первом слое образующиеся мелкие пузырьки газа приводят к соответствующим порокам на отливках. Поэтому использование твердого закрепителя рекомендуется только на упрочняющих слоях в количестве 3—4% к песку. Преимущество закрепления слоев покрытия твердым закрепителем состоит в равномерности распределения закрепителя, что не достигается при использовании растворов за счет стекания закрепителя с вертикальных плоскостей на горизонтальные во время выдержки слоев на воздухе.





ГЛАВА VII

ВЫПЛАВЛЕНИЕ МОДЕЛЕЙ И ПОДГОТОВКА ФОРМ

Выплавление модельных комплектов можно производить общеизвестными методами: в специальных печах, в опоках и без опок, при воздействии горячего воздуха. Лучшие же результаты даст метод выплавления моделей в жидкой среде. При этом наиболее экономичной и удобной средой является вода с добавкой к ней 0,5% хлористого аммония или 0,1% азотной кислоты.

ВЫПЛАВЛЕНИЕ МОДЕЛЕЙ В ЖИДКОЙ СРЕДЕ

Вода нагревается до температуры 75—85°, к ней добавляется хлористый аммоний. Он закрепляет внутренние участки формы, которые по ряду причин (сложность конфигурации, утолщение слоя смеси и др.) были недостаточно проработаны в процессе закрепления. В связи с тем, что остаточный закрепитель на покрытии частично растворяется в горячей воде, концентрация хлористого аммония к концу недели при непрерывной односменной работе в 30 л ванне выплавления достигает 2,5—3%. Кроме того, раствор непрерывно обогащается солью, так как вода хорошо растворяет соли, образующиеся в покрытии. Поэтому один раз в неделю необходимо выливать содержимый раствор и заменять его новым. Загрузку модельных комплектов в ванну выплавления и извлечение форм из ванны легко можно механизировать, особенно при наличии нормализованных литниковых систем. Для этого используются установки вращающихся приспособлений, в которых крепятся формы. Такие установки позволяют одновременно выплавлять модели из нескольких комплектов, загружать модельные комплекты и разгружать формы.

При этом выплавление моделей можно сделать даже непрерывным.

Простейшим способом загрузки модельных комплектов для выплавки и разгрузки форм из ванны является способ выполнения этих операций при помощи корзины. Модельный комплект с покрытием помещается в корзину и погружается в ванну выплавки так, чтобы верхняя поверхность модели была ниже уровня среды ванны. Предварительно эта поверхность, образованная модельным составом, очищается от остатков огнеупорного покрытия. Очистке необходимо уделять особое внимание, так как кусочки покрытия могут попасть в форму или в литниковую систему, образуя засоры в отливках.

Температура плавления модельного парафино-стеаринового состава составляет $51-53^{\circ}$, а температура среды ванны $75-85^{\circ}$. Поэтому через 5—15 секунд после погружения комплекта с покрытием начинается выплавка моделей, которое характеризуется всплыванием на поверхность среды модельного состава, удельный вес которого меньше единицы.

ПРЕИМУЩЕСТВА ВЫПЛАВЛЕНИЯ В ЖИДКОЙ СРЕДЕ

Несомненным преимуществом выплавки моделей в жидкой среде является то, что модели и литниковая система начинают выплавляться после того, как нагреется тонкое быстро нагревающееся покрытие. При этом модели с литниковой системой не успевают прогреться по всей их массе, так как теплопроводность модельного состава очень низка. В результате нагрева огнеупорного покрытия начинает плавиться модельный состав; между покрытием и моделью образуется щель, которая вполне способствует расширению модельного состава при его дальнейшем нагреве. Этим предотвращаются трещины на покрытии в момент выплавки моделей, чего нельзя сказать о печном выплавке моделей, где в результате медленного нагрева прогревается вся масса модельного комплекта, расширяется в объеме и рвет огнеупорное покрытие.

Вторым преимуществом выплавки моделей в жидкой среде является растворение солей покрытия в воде, наличие которых в форме неизбежно снижает качество отливок. Анализами установлено, что наличие соли в ванне выплавки моделей при недельной ее эксплуатации составляет от 1,5 до 2,5%, что дает:

$$\frac{(1,5 \div 2,5) 50}{100} = 0,75 \div 1,25 \text{ кг}$$

при недельных загрузках ванн 130—150 кг выплавленных форм.

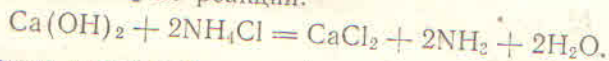
Если принять содержимое стекла в покрытии равным 20%, содержание Na_2O в стекле равным 7%, а степень химической проработки Na_2O в процессе закрепления равной 50% содержания Na_2O в покрытии, то количество соли в покрытии форм, прошедших через ванну, составит:

$$\text{от } \frac{130 \cdot 20 \cdot 7 \cdot 50 \cdot 1,9}{100 \cdot 100 \cdot 100} = 1,73 \text{ до } \frac{150 \cdot 20 \cdot 7 \cdot 50 \cdot 1,9}{100 \cdot 100 \cdot 100} = 2,0 \text{ кг.}$$

Таким образом, соль, которая образуется в процессе закрепления, почти вся растворяется в горячей ванне выплавления, среда которой с двух сторон вымывает соль из формы. Нарушение равновесного состояния по соли между жидкой горячей средой и покрытием вынуждает соль из покрытия перемещаться в среду ванны.

Кроме растворения соли NaCl , в ваннах частично растворяется остаточный хлористый аммоний. К концу недели в ванне содержится хлористого аммония от 2,5 до 4%.

Известь, находящаяся в песке, маршалите и стекле, способствующая пригару в отливках, при химическом воздействии на нее раствором хлористого аммония переходит в CaCl_2 по реакции:

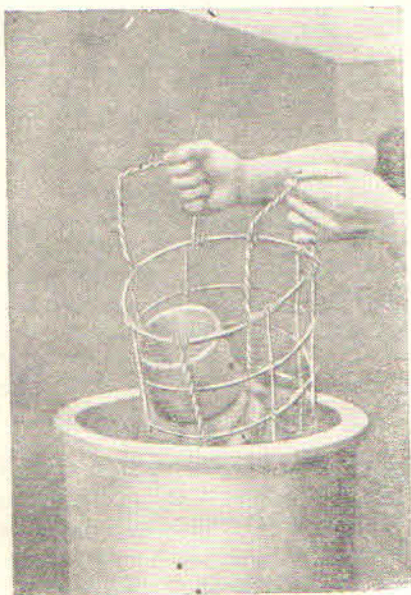


При этом хлористый кальций легко растворяется в воде и вымывается в процессе выплавления моделей. Химическим анализом в ваннах выплавления обнаружено до 0,3% CaCl_2 .

Температуру среды ванны не рекомендуется повышать более чем до 85°. При повышении температуры начинается активное движение жидкости, что приводит в движение оседающие на дно составляющие огнеупорного покрытия, в основном песок с последнего слоя. Этот песок при активном движении жидкости заносится в форму, а при заливке формы создает засоры. Кроме того, при температуре 90° и выше формы могут развариваться, и прочность их резко падает. То же наблюдается и при продолжительном (1 час и более) пребывании формы в ванне с рекомендуемой температурой выплавления.

При температуре ванны ниже 75° резко падает производительность операции выплавления; модельный комплект успевает прогреваться до образования щели между покрытием и модельным комплектом. Это приводит к расширению модельного комплекта и образованию трещин на покрытии.

Продолжительность пребывания формы в ванне больше

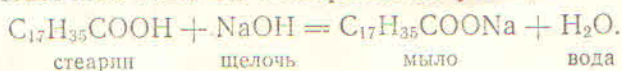


Фиг. 36. Выплавление моделей.

10—15 минут не рекомендуется во избежание разваривания форм и ослабления их прочности. Полное выплавление модельного комплекта характеризуется прекращением всплывания капелек модельного состава на поверхность ванны, после чего корзина с формой извлекается из ванны (фиг. 36). Затем содержащаяся в форме жидкость выливается в ванну выплавления.

На внутренних поверхностях извлеченных из ванны форм остается мыльная тонкая пленка, так как часть стеариновой составляющей омыливает-

ся остаточной щелочью в покрытии по реакции:

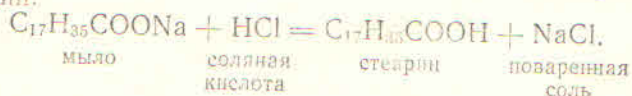


Мыльную пленку на внутренней поверхности формы можно смыть горячей водой. При этом лучший результат получается при погружении формы в освинцованную ванну со слабым 2—3% горячим раствором соляной кислоты, которая восстанавливает стеарин из мыльной пленки, а стеарин, расплавляясь в горячем растворе, всплывает на поверхность ванны.

Возврат модельного состава после выплавления моделей составляет 95—98%. Практически к потерям состава

ва относятся потери в виде мыльных пленок и капель в результате переливаний состава из сосуда в сосуд. Возврат состава полностью используется для производства моделей, но с обязательным предварительным восстановлением мыльных составляющих его после каждого выплавления моделей, так как омыливание состава резко ухудшает его свойства, придавая хрупкость моделям и прилипаемость к прессформам.

Восстановление модельного состава от мыльных составляющих сводится к сливанию состава в нержавеющую ванну. На дне ванны находится на $\frac{1}{5}$ часть объема ванны слабый 3—4,5% раствор соляной кислоты, подогретый до температуры 80—90°. По мере наполнения всего объема ванны составом и подогрева ее температура раствора кислоты поднимается до 100—110°, и раствор закипает. При кипении раствора создается хороший контакт кислоты с модельным составом, вследствие чего из мыла восстанавливается стеариновая кислота по следующей реакции:



Продолжительность кипения раствора в ванне восстановления — 30 минут, после чего ванна снимается с нагревательного элемента, раствор оседает и восстановленный модельный состав поступает в производство. Концентрация кислоты после восстановления состава обычно колеблется от 0,5 до 1%. Поваренная соль, которая образуется в результате восстановления стеарина, растворяется в растворе кислоты и также способствует восстановлению стеарина.

Очередная порция состава для восстановления наливается на этот же раствор. Доведение его до начальной концентрации (3—4,5%) производится вливанием расчетного количества концентрированной соляной кислоты. При этом концентрация кислоты перед восстановлением и после восстановления состава определяется титрованием полунормальной щелочью навески раствора, взятого со дна ванны специальным черпаком с удлиненной ручкой. Если анализом установлено отсутствие кислоты, необходимо ее дополнительно ввести для завершения реакции восстановления. Малый расход кислоты свидетельствует о незначительном омылении состава.

Признаком полного восстановления модельного состава является его прозрачность с коричневым оттенком и полное отсутствие желтых мыльных включений в жидком составе.

При омылении внутренней поверхности формы уносится часть стеариновой составляющей и модельный состав постепенно обедняется стеарином, что приводит к плохой смачиваемости моделей лицевой смесью. Поэтому периодически, один раз в неделю, модельный состав подвергается контролю на его кислотное число. Как известно, кислотное число стеарина должно быть в пределах 198—210; соответственно кислотное число модельного состава, имеющего 50% стеарина и 50% нейтрального парафина, должно быть 99—105. Для определения кислотного числа модельного состава берется 2 г состава и растворяется при слабом нагревании в 20 мл нейтрального спирта. Раствор титруется 0,5 нормальным спиртовым раствором едкого калия в присутствии фенолфталеина.

Кислотное число по ГОСТ 6484—53 определяется по формуле:

$$\text{к. ч.} = \frac{0,028 \cdot V \cdot 1000}{P},$$

где V — количество полунормального раствора едкого калия в мл, пошедшего на титрование;

P — навеска стеарина в г;

0,028 — количество едкого калия в г, соответствующее 1 мл полунормального раствора едкого калия.

Отсюда количество полунормального едкого калия, пошедшего на титрование 2 г модельного состава, должно быть:

$$V = \frac{\text{к. ч.} \cdot P}{0,028 \cdot 1000} = \frac{(99 + 105) \cdot 2}{28} = 7,1 \div 7,5 \text{ мл.}$$

Если в результате проведенного контроля установлено, что изменилось соотношение парафина и стеарина, то необходимо это соотношение восстановить добавкой к составу стеарина. Пусть при титровании модельного состава израсходовано 6,8 мл полунормального едкого калия, тогда содержание стеарина в составе будет:

$$\frac{50 \cdot 6,8}{7,3} = 46,5\%,$$

где 50 — процент стеарина в исходном модельном составе;
7,3 — средний расход полунормального едкого калия.

Следовательно, в одном кг модельного состава оказалось: стеарина 465 г и парафина 535 г. Отсюда добавка стеарина должна быть: $535 - 465 = 70$ г на 1 кг модельного состава.

Готовые формы после полоскания их горячей водой или кислотой прополаскиваются холодной водой и устанавливаются на этажерку для воздушной сушки, или в печь для ускоренной сушки.

Содержание Na_2O в формах определяется после их прополаскивания; оно должно быть в пределах 0,7 — 1 %. Определение содержания Na_2O производится методом титрования полунормальной кислотой отломанного (обычно от прибыльной части или воронки) участка формы весом в 5 г. Навеска формы кипятится в течение 10 минут и титруется в присутствии метилоранжа. При содержании Na_2O меньше 0,7 % формы могут трескаться по граням вследствие избыточной химической проработки стекла в покрытии. При содержании же Na_2O больше 1 % формы развариваются, образуя широкие извилистые трещины (иногда даже сквозные) и деформируются вследствие недостаточной химической проработки Na_2O закрепителем.

СУШКА ФОРМ

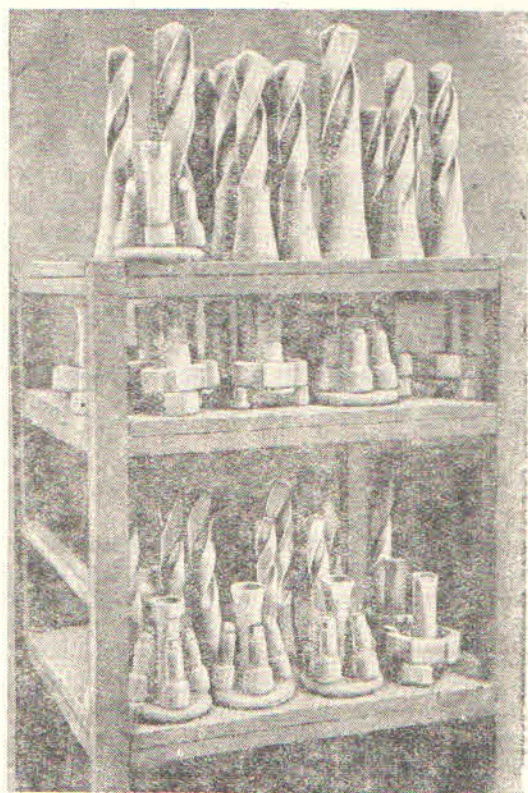
Сушка форм может быть искусственной и естественной. Искусственная сушка заключается в том, что формы помещаются в сушильные шкафы и сушатся по режиму: нагрев до температуры 180—200° со скоростью 80—100° в час и выдержка при температуре 180—200° в течение 1,5—2 часов. Затем формы извлекаются из сушильного шкафа и помещаются в печь для прокаливании.

Естественная сушка форм заключается в следующем: формы после выплавления моделей из них устанавливаются на этажерку и выдерживаются при окружающей температуре в течение 4—6 часов (фиг. 37).

В процессе сушки остаточный хлористый аммоний огнеупорного покрытия химически реагирует с остаточной щелочью. Установлено, что количество Na_2O в формах после сушки уменьшается примерно в 3 раза. Кроме того, в процессе сушки улетучивается влага и вес формы заметно уменьшается.

Вообще же сушкой форм предусматривается сравнительно медленное удаление из них влаги. Однако опытные

ми работами установлено, что сушка форм вовсе не обязательна и что формы с успехом можно помещать в печь для прокаливания при температуре 500—600° непосредственно после выплавления моделей. При этом не наблюдается особых дефектов, связанных с ускоренной суш-



Фиг. 37. Сушка форм.

кой форм. Оказывается, что хорошая газопроницаемость формы вполне обеспечивает быстрый отвод газов и паров, которые образуются при нагреве, и ожидаемые трещины, расслоения и деформация форм при прокаливании без сушки не наблюдаются.

Прокаливание форм производится без уплотнения их в опоках. Исключение представляют очень крупные формы, вес которых превосходит величину напряжений формы на опорную плоскость ее. Режим прокаливания должен быть следующим: посадка форм в печь при температуре не выше 600° , нагрев форм до температуры 800° со скоростью, не превышающей 100° в час; выдержка при этой температуре в течение 2 часов; разгрузка печи может производиться после выдержки.

При прокаливании форм происходит полное удаление влаги, легких и тяжелых углеводородов, которые образуются из остатков модельного состава и соли. Кроме того, при прокаливании тонкая форма быстро прогревается и в течение 2 часов выдержки из нее постепенно испаряется поваренная соль NaCl . Эту испарившуюся соль можно обнаружить в виде конденсата на холодном каркасе печи около дверцы.

Поваренная соль образуется за счет диссоциации остаточного (уже твердого) хлористого аммония, который образуется в процессе сушки. Известно, что при температуре 332° твердый хлористый аммоний начинает диссоциировать на хлористый водород и аммиак. Хлористый водород образуется в каждом слое покрытия и, проходя через него, на своем пути встречает остатки Na_2O , активно вступает в реакцию, образуя поваренную соль. Таким образом, в процессе прокаливания окончательно химически прорабатываются остатки жидкого стекла. В прокаленных формах количество Na_2O оказывается от 0 до 0,2%, при полном отсутствии его в первом слое, за счет окончательной химической проработки стеариновой кислотой в процессе горячего выплавления моделей.

Испарение соли сопровождается выделением белого дыма из форм, причем химическим анализом установлено наличие ее в формах только в сотых долях процента, тогда как в покрытии теоретическое количество соли, при полной проработке окиси натрия в стекле, должно быть от 2,5 до 3%. Это теоретическое количество соли в формах легко подсчитать. Если среднее количество стекла в покрытии составляет 20% со средним содержанием Na_2O в нем, равным 7%, то в покрытии оказывается 1,4% Na_2O . Это количество, по соотношению грамм-молекулярных весов, в результате реакции превращаясь в NaCl , увеличи-

вается в 1,9 раза, что и составляет 2,7% соли в покрытии. Если принять, что 50% соли вымывается из покрытия при выплавлении моделей, то количество соли, подлежащей испарению, составляет 1,3—1,5%.

Для определения потерь в покрытии при выплавлении моделей, сушке и прокаливании форм были тщательно определены веса форм после каждой операции. При этом потери веса при прокаливании одной из форм, ранее высушенной при 250°, составили 1,4, а другой формы 1,8%. Это в среднем соответствует количеству испарившейся соли. Потери же в весе сырых форм при выплавлении моделей составили 4,5%, а потери веса при сушке и прокаливании их — 19,5%. Общие потери составили:

$$4,5 + 19,5 = 24\%.$$

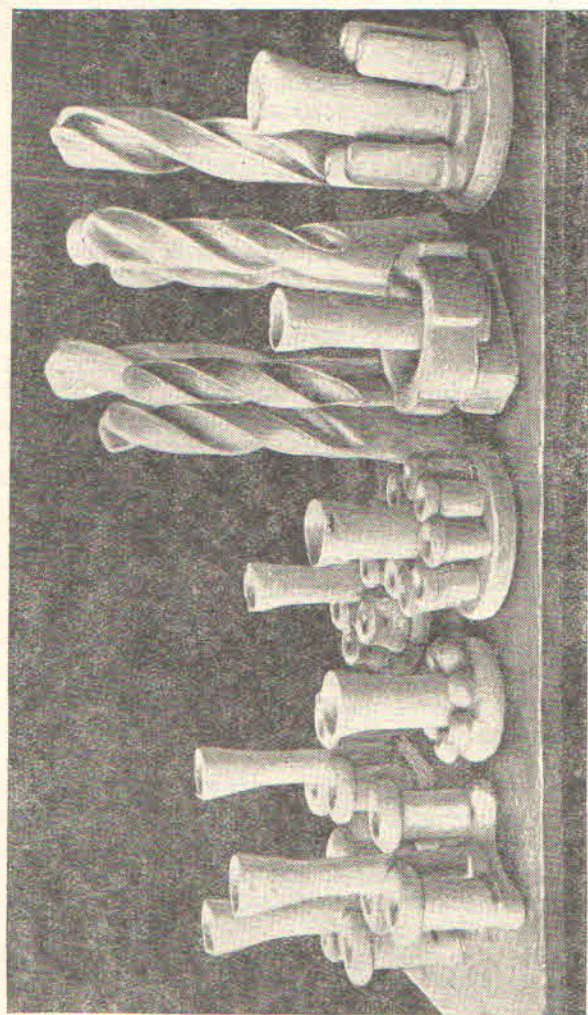
Эти потери объясняются: а) испарением влаги жидкого стекла, входящей при закреплении в состав гидрогеля в количестве 14%; б) испарением и частичным растворением в ванне выплавления закрепителя, который дает прирост в весе покрытия за счет смачивания слоя присыпочно-го песка в количестве 6,3%; в) испарением и растворением соли в ванне выплавления в количестве 2,7%. Сумма продуктов покрытия, подлежащих растворению в ванне выплавления моделей и испарению в печи прокаливания, составляет:

$$14 + 6,3 + 2,7 = 23\%.$$

Принимая во внимание частичную потерю веса песка последнего слоя покрытия и округление средних данных, можно сделать вывод, что приход влаги и соли в покрытии и формах равен расходу их в ванне выплавления и в печи прокаливания форм. Из всех сделанных ранее расчетов видно, что форма содержит 22% маршалита, 50% присыпочно-го песка, 4% связующего кремнезема и 24% всех потерь веса. Формы же после прокаливания за вычетом потерь при прокаливании содержат 29% маршалита, 66% присыпочно-го песка и 5% связующего кремнезема.

Такое содержание связующего кремнезема в формах обеспечивает надежную прочность форм, высокую газопроницаемость их и чистоту поверхности отливок по 4—5 классу.

На фиг. 38 показаны образцы прокаленных форм конических шестерен, пробок, воронок, храповиков и др. деталей.



Фиг. 38. Прокаленные формы.

УПЛОТНЕНИЕ ФОРМ

После прокаливания и охлаждения до комнатной температуры формы, хотя и обладают достаточной технологической прочностью, все же перед заливкой требуют определенного уплотнения для предотвращения прорыва жидким металлом. Кроме того, формы или комплекты форм для точных отливок часто невозможно заливать без уплотнения, так как невозможно поставить их под заливку, а подвеска их бывает труднее, чем уплотнение в опоке. Кроме того, уплотненные формы обеспечивают безопасную работу при разливе металла.

Уплотнение прокаленных и холодных форм производится в металлических легких опоках с доньшком, изготовленных из листовой стали толщиной 1,5—2 мм. Уплотнение сводится к следующему. На дно опоки насыпается слой молотого кварца зернистостью от 1 до 3 мм, толщиной 15—20 мм. Затем форма, тщательно проконтролированная с внешней и внутренней стороны, устанавливается в опоку на насыпанный слой кварца; промежутки между формой и стенками опоки засыпаются тем же кварцем. Засыпку кварца в опоку следует производить через воронку, чтобы предотвратить попадание кварца в форму.

После засыпки опоки кварцем производится уплотнение его на вибрационном столе. При отсутствии вибрационного стола уплотнение форм можно производить путем периодического постукивания молотком по корпусу опоки. Изготовить же вибрационный стол весьма несложно.

Уплотнением форм в опоках преследуется цель создания равномерной плотности слоя засыпанного в опоку кварца.

Внешняя конфигурация форм часто создает трудности при засыпке и уплотнении. Например, трудно представить себе свободное заполнение боковых отверстий формы без принудительного уплотнения. Вибрирование же опоки при уплотнении кварца помогает проникновению его и в боковые поверхности. При этом 10—15 % объема кварца в опоке убывает при вибрации, и требуется дополнительная досыпка его в опоку, что свидетельствует о достаточности уплотнения.

Крупная фракция применяемого кварца создает высокую газопроницаемость уплотненной формы. Газопроницаемость кварца в уплотненном состоянии в десятки раз превосходит газопроницаемость самой формы. Поэтому

кварц как уплотнитель не препятствует выходу газов из формы во время ее заливки. В процессе заливки корочка формы очень быстро нагревается, а затем прогревается (до температуры красного каления) и слой кварца, величина которого зависит от веса отливки.

Следует помнить, что кварцевые зерна при резком их нагреве имеют склонность к растрескиванию. Поэтому при повторных использованиях кварца в качестве уплотнителя образуется кварцевая пыль, которую один раз в неделю следует отсеивать, а при уплотнении опок, во избежание попадания кварцевой пыли в форму, необходимо над вибратором установить местную вытяжную вентиляцию. Вообще же кварц для засыпки используется многократно с добавками израсходованного количества. При этом расход кварца невелик. Отходы в пыль и частичная убыль кварца в процессе выбивки форм составляют 20—50 кг на тонну отливок.

Заменителями молотого кварца могут быть крупный кварцевый песок, молотый шамот, молотый хромистый железняк и мелкая чугунная дробь. Расход крупного кварцевого песка значительно превосходит расход молотого кварца за счет большего пылеобразования и потерь при выбивке отливок. Молотый шамот применяется той же фракции, т. е. 1—3 мм, и также является более пылеобразующим, чем кварц. Применение молотого валунчатого хромистого железняка, как уплотняющего форму материала, может быть рациональным только при использовании его в общем сталелитейном производстве, где зерно в 1—3 мм является отсевом. Специальное же применение хромистого железняка, как уплотняющего материала, приводит к увеличению себестоимости отливок, так как хромистый железняк значительно дороже молотого кварца. При всем этом хромистый железняк более стойкий к растрескиванию по сравнению с кварцем. Неоценимым свойством хромистого железняка является его значительно большая теплопроводность в сравнении с кварцем. Это способствует активному отводу тепла от формы в массу наполнителя. В результате форма не перегревается и не пригорает к отливкам даже крупного развеса (до 60 кг). Кроме того, ускоренный отвод тепла создает ускоренную кристаллизацию металла и предотвращает рост зерна. После выбивки отливок из уплотненной хромистым железняком опоки и остывания ее форма после легких ударов молотком по прибыли отделяется от отливки, как скорлупа.

Применение чугунной дроби для уплотнения форм создает большую возможность отвода тепла, чем применение хромистого железняка, но неизбежные потери дроби в процессе выбивки удорожают продукцию. Дробь для использования в дробеструйных камерах в основном производится методом выплавления чугуна в холодную проточную воду. При этом во многих случаях в дробинах образуются пустоты, наполненные газами. При резком нагреве газов такие пустоты расширяются и с треском разрывают дробинку, причем осколки дробинки летят во все стороны. Это обстоятельство вынуждает перед применением дробы в качестве уплотнителя форм предварительно прокалить ее в печи при температуре не ниже 900° .

Уплотненные формы транспортируются и устанавливаются на заливочную площадку перед плавильной печью для заливки их соответствующими сплавами.





ГЛАВА VII

ПЛАВКА СТАЛИ, ЗАЛИВКА И ВЫБИВКА ФОРМ

Плавка стали для изготовления точных отливок производится в высокочастотных индукционных или дуговых печах. Наибольшее распространение получили высокочастотные индукционные печи различной емкости (15—100 и более кг), питающиеся от машинного или лампового генератора. Такие печи позволяют выплавлять сталь высокого качества.

При эксплуатации индукционных печей весьма ответственной операцией является набивка огнеупорного тигля печи. В зависимости от характера сплавов и шлаков тигли могут быть кислыми и основными. Кислые тигли набиваются молотым кварцем, в основе которого содержится кремнезем. Основные же тигли набиваются молотым магнетитовым или хлормagnetитовым кирпичом. Связующим в том и другом случае является борная кислота в количестве 2—2,5% по весу.

Кислые тигли получили более широкое распространение, так как выплавляемая сталь в них менее загрязнена окисью железа в результате химического соединения ее с кислыми шлаками. Но в кислых печах угар металла больше, чем в основных печах. Поэтому при составлении шихты необходимо принимать во внимание характер футеровки печи, который требует наведения соответствующих шлаков.

НАБИВКА ОГНЕУПОРНОГО ТИГЛЯ

Прежде чем приступить к набивке огнеупорного тигля, необходимо подготовить соответствующие материалы.

Асбестовый картон, который укладывается с внутренней стороны индукционной катушки и служит электро-

изолятором, предупреждающим межвитковые замыкания, должен быть без связки (асбестовое волокно, спрессованное под большим давлением). Такой асбест называется асбестовым картоном. Особое значение подбору асбеста необходимо придавать при использовании лампового генератора, который создает потенциал на индукционной катушке колебательного контура около 8000 в.

При использовании асбеста со связкой последняя при нагреве обугливается; асбест теряет изоляционные свойства, что приводит к межвитковым замыканиям. Чтобы определить, имеется ли связка в асбесте, кусок асбестового листа бросают в печь прокаливания на 5—10 минут при температуре 700—900°. При отсутствии связки кусок асбеста не должен темнеть и выделять воспламеняющихся газов. Лист асбеста, предназначенный для тигля, тщательно контролируется на отсутствие посторонних включений. Деревянные щепочки, кусочки угля и другие посторонние включения должны быть изъяты без нарушения целостности листа.

Толщина асбестового картона принимается от 3 до 6 мм, а ширина должна быть на 100 мм больше высоты тигля. Это необходимо, чтобы на высоте 100 мм сделать зигзагообразные вырезы, которые при свертывании листа в цилиндр подгибаются и образуют дно цилиндра. Длина асбестового листа должна быть равной $l = \pi D$, где D — внутренний диаметр индукционной катушки. Стыки асбестовых листов делаются внахлестку, причем места стыков зачищаются, чтобы избежать утолщения асбестового слоя. Из того же асбестового картона вырезается асбестовый круг, диаметр которого на 10 мм больше диаметра индукционной катушки. Этот круг укладывается на дно асбестового цилиндра и расклинивает его.

Подготовка огнеупорной кварцевой массы сводится к сушке молотого кварца при температуре 250—350° в течение 2 часов (толщина слоя не более 50 мм). Затем кварц подвергается рассеву через сито 0,5 мм; не прошедший через это сито кварц просеивается через сито 1 мм, а кварц, не прошедший через это сито, просеивается через сито 3 мм. Просеянные фракции кварца пропускаются через магнитный сепаратор. Магнитная сепарация предназначена для выборки металлических включений из кварца, попадающих в него в процессе дробления и размола. Эта операция чрезвычайно важна, потому что металлическая стружка, попавшая близко к индукционной катушке, при

работе генератора быстро нагревается, плавится и, перегреваясь, создает предпосылки к образованию трещин в футеровке тигля. При отсутствии магнитного сепаратора выборку металлических включений можно производить сильным постоянным магнитом.

Сепарированный кварц смешивается в следующей пропорции: кварц, прошедший через сито 0,5 мм, 40%; кварц, прошедший через сито 1 мм, 30%; кварц, прошедший через сито 3 мм, 28% и сухая борная кислота 2%.

Смешивание кварца различных фракций производится особенно тщательно, чтобы достигнуть сравнительно равномерного распределения в массе кварца крупной фракции и борной кислоты.

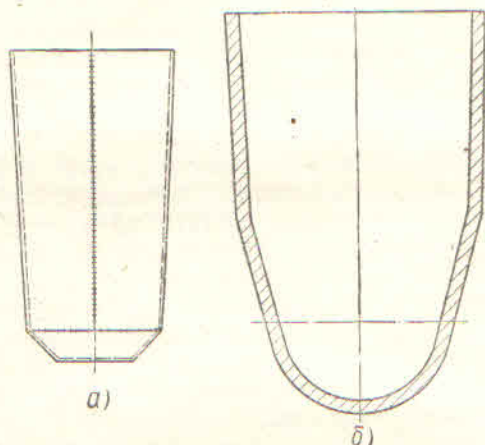
После такой подготовки можно приступить к набивке тигля. Эта операция сводится к следующему. В индукционную катушку вставляется асбестовый картон, образуя внутри катушки цилиндр. Клинья асбеста образуют дно цилиндра, а стенки его должны вплотную соприкасаться с катушкой, без зазоров, так как последние могут привести к прорыву асбеста при набивке тигля кварцем. Зазоры также могут образоваться и за счет деформации витков катушки при выбивке изношенных тиглей и при ремонте катушки. Поэтому уход за катушкой при эксплуатации высокочастотных индукционных печей должен быть надежным, исключающим деформацию катушки и искажение образующей внутреннего ее цилиндра.

Затем на дно асбестового цилиндра укладывается круг, сделанный из асбеста, распирающий дно цилиндра, а верх цилиндра распирается специальным распорным проволочным кольцом, изготовленным из пружинной стали. После этого на дно цилиндра порциями, не превышающими 50 мм по высоте, насыпается и утрамбовывается деревянными трамбовками сухая кварцевая смесь. Когда дно тигля будет наполнено кварцевой смесью и хорошо утрамбовано, на него устанавливается шаблон, изготовленный из стали (сварной или литой), внешняя форма которого определяет форму будущего тигля.

По форме сварной шаблон представляет собой два усеченных конуса, большие основания которых направлены вверх, а снизу вварено дно. Шаблон сваривается из листовой стали толщиной 2—3 мм (фиг. 39, а). Литой шаблон представляет собой сочетание усеченного конуса с полусфером (фиг. 39, б).

Установленный шаблон центрируется так, чтобы зазо-

ры между асбестовым цилиндром и стенками шаблона были сравнительно равномерными. Затем на дно шаблона устанавливается тяжелая болванка, предотвращающая движение шаблона в процессе набивки тигля. После этого также небольшими порциями засыпается кварцевая масса в промежутки между асбестовым цилиндром и шаблоном. Смесь тщательно утрамбовывается, образуя стенки огне-



Фиг. 39. Шаблон тигля индукционной печи:
а — сварной; б — литой.

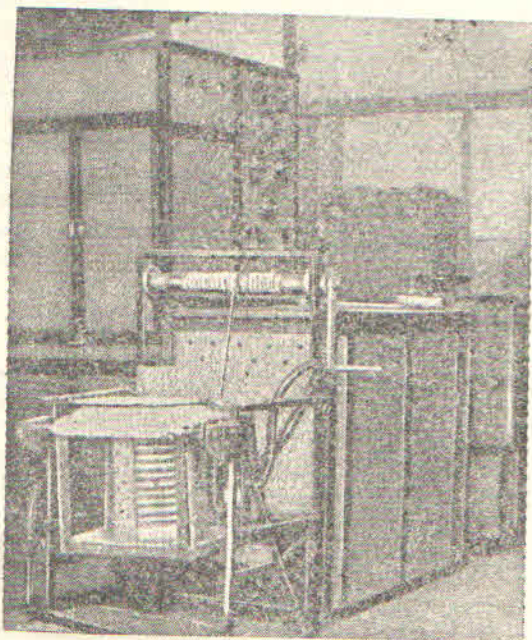
упорного кварцевого ~~лития~~ ^{тигля}. Трамбованием сухой кварцевой массы достигается принудительное распределение мелкой составляющей кварца между крупной фракцией. Практикой доказано, что чем лучше это распределение, тем больше стойкость тигля. Поэтому тщательности набивки тиглей необходимо придавать особенно важное значение. Нельзя, например, для набивки тиглей использовать только одну мелкую фракцию кварца. Крупная фракция кварца во время остывания печи и соответствующего изменения объема тигля предотвращает возникновение трещин.

Набивка тигля кварцевой массой производится до полной высоты шаблона, после чего специально изготовленной керамикой выкладывается верх тигля на пастообразную смесь огнеупорной глины с молотым шамотом. Для лучшей прочности керамического верха в смесь глины с шамотом следует добавить 5—10% жидкого стекла. Пос-

де соответствующей заправки верха тигля его набивка считается законченной, шаблон заполняется шихтой и плавится вместе с нею. При высокой температуре борная кислота, находящаяся в составе кварцевой смеси, теряет свою воду и переходит в борный ангидрид, который, в свою очередь, плавится и связывает зерна кварца в монолитный кварцевый тигель.

ПЛАВКА СТАЛИ

Первая плавка после набивки тигля ведется на пониженной мощности с целью постепенного прогрева кварца и лучшего спекания тигля. Продолжительность первой



Фиг. 40. Общий вид высокочастотной печи (идет плавка).

плавки должна быть не более 2,5 часа, причем в первый час плавки расходуется 30—40% мощности генератора (фиг. 40). В это время необходимо тщательно следить за индукционной катушкой и температурой воды, проходящей в катушке, так как при нагреве кварцевой массы борная

кислота выделяет влагу. Последняя выделяется в виде паров и конденсируется на охлаждаемых водой витках катушки, превращаясь в капельки воды. Эти капельки, стекая с витка на виток катушки, могут привести к межвитковому замыканию. Для предотвращения этого необходимо: 1) струей сжатого воздуха сдувать образующиеся капли с витков катушки; 2) приток охлаждающей катушку воды сократить так, чтобы температура выходящей из катушки воды была равна 70—80°. Витки катушки, нагретые до этой температуры, слабо конденсируют влагу, и пары футеровки выходят в помещение, не конденсируясь на витках. Пользуясь этим приемом, необходимо тщательно следить за температурой охлаждающей воды, так как повышение температуры до 100° приводит к обильному парообразованию, а отсюда к прекращению подачи воды в катушку и к возможным авариям печи.

Во второй час первой плавки расходуется 60% максимальной мощности. За это время расплавляется навеска шихты и шаблон. Последние 30 минут плавки ведутся на полной мощности. При этом жидкий металл доводится до заданной температуры, вводятся легкогораемые добавки, раскислители, производится рафинирование металла и выпуск его в ковш.

После первой плавки тигель спекается недостаточно хорошо. Поэтому для лучшего спекания тигля следует произвести еще две-три плавки.

Состав шихты и порядок загрузки ее в тигель зависят от сорта стали и определяются в каждом конкретном случае. Поэтому ограничимся лишь несколькими общими правилами. Тугоплавкие и маловыгорающие ферросплавы вводятся на дно тигля, т. е. размещаются в наиболее горячей зоне, чем обеспечиваются лучшие условия их усвоения жидким металлом. Ферросплавы, выгорающие в значительном количестве, должны вводиться в конце плавки, чтобы их угар был минимальным.

Следует также помнить, что содержание углерода в стали понижается в процессе плавки в высокочастотных печах за счет его выгорания. Следовательно, угар его должен возмещаться либо добавкой электродного боя, который для лучшего усвоения углерода металлом должен вводиться в начале плавки на дно тигля, либо введением в шихту стали с высоким содержанием углерода. Необходимо учитывать, что плавка в кислом тигле сталей с содержанием элементов, дающих сильные основные окислы,

не гарантирует постоянства химического состава стали по этим элементам, так как происходит химическое взаимодействие основных окислов с кислыми шлаками и футеровкой.

Нарушение равновесия между основными окислами в шлаке и теми же окислами в металле приводит к тому, что основные окислы поступают в шлаки, где снова химически соединяются с кислым шлаком. В результате этого угар элементов, дающих сильные основные окислы (например, марганец), в кислом тигле оказывается очень большим и непостоянным. Кроме того, сильные основные окислы в жидком металле и соли их в шлаках значительно снижают стойкость кислых тиглей. Поэтому стали, способные создавать в большом количестве такие окислы, следует плавить в основных тиглях.

Перед началом плавки на дно тигля накладывается расчетное количество электродного боя и мелкая шихта. Это необходимо для быстрого создания ванночки жидкого металла на дне тигля для растворения углерода в стали. Активное шлакообразование в начале плавки недопустимо, так как электродный бой может «запутаться» в шлаке, что приведет к отступлениям по углероду в стали. Затем весь объем тигля загружается шихтой, и по мере плавления ее и соответствующего оседания оставшаяся навеска шихты периодически закладывается в тигель.

Плавка стали в кислом тигле ведется под слоем шлака. Флюсами (3—5% от веса плавки) являются молотый кварц и битое оконное стекло. Битое оконное стекло содержит сильные основные окислы и, сплавляясь с кварцем, создает легкоподвижные жидкие шлаки. Поэтому при наличии очень густых, тугоплавких шлаков в тигле добавки битого стекла к шлакам необходимы. При этом следует помнить, что добавки излишнего количества стекла для получения жидких шлаков вредны, так как сильные основные окислы стекла, соединяясь с кислой футеровкой, создают легкоплавкие силикаты, и стойкость тигля резко падает. Жидкотекучесть шлаков должна обеспечивать технологические удобства для снятия их с зеркала металла специальным инструментом.

После расплавления металла счищается часть шлака так, чтобы зеркало металла было покрыто тонкой пленкой шлака. Под шлак вводится расчетное количество ферросилиция, который быстро и легко растворяется в стали, а за 3—5 минут до выпуска металла в ковш вводится ферро-

марганец. Раскисление стали производится ферросилицием и алюминием. Последний вводится перед выпуском металла в количестве 0,02—0,05 % от веса плавки, причем половина этого количества вводится в тигель, а половина — на дно приемного ковша.

В конце плавки, когда зеркало металла вместе со шлаками выходит из поля влияния индукционной катушки, не следует добавлять крупных холодных кусков шихты во избежание образования «мостов», т. е. затвердения всей поверхности расплавленного металла. При образовании моста необходимо быстро его ликвидировать. Для этого нужно попытаться ломиком проломить образовавшийся мост. Если это не удастся, следует найти наиболее тонкий участок моста и пробить его до появления жидкого металла. При этом давление газов под мостом уменьшится. Затем следует утеплить найденный участок кварцем и добавками мелкой шихты в перегретый металл; поднять уровень металла так, чтобы оплавить стенку моста горячим металлом, а затем проломить ломиком. Уничтожить мост можно и частичным наклоном печи. При этом жидким металлом подплавляется передняя часть моста и создается возможность проломить его в этом месте.

Стойкость тиглей при плавке углеродистых сталей и при нормальной эксплуатации достигает 60—100 плавков. При эксплуатации тиглей не следует доводить их до пробоа, ибо при пробоях возможны аварии. Поэтому тигель следует выбивать, если износ футеровки его достиг половины первоначальной толщины. В случаях местного разъедания футеровки рекомендуется подварить дефектные участки той же кварцевой смесью, но только сырой, с обязательной предварительной очисткой от шлака исправляемых участков.

Шихтой для отливки деталей из углеродистых сталей могут служить отходы проката (сталь марок 30 и 50), габариты которых позволяют использовать их в высокочастотных тиглях. Обычно на заводах бывает вполне достаточно этих отходов, но необходимо наладить их сортировку, в противном случае возможны плавки с отклонениями от заданного химического состава. Чтобы гарантировать заданный химический состав, а следовательно, заданные механические свойства отливок, можно применять переплавы (на дуговых печах), разлитые в мелкие габаритные болванки с последующим определением содержания элементов в переплаве. Однако этот метод

получения шихты является очень дорогим, что отрицательно сказывается на себестоимости точного литья.

Шихтой для отливки быстрорежущих сталей служат отходы соответствующих быстрорежущих сталей в виде обрезки и кузнечных отходов, а также обработанные инструменты и возврат инструментального литья. Вся шихта предварительно тщательно сортируется с помощью стиплоскопа или по искре. Угар элементов стали составляет: 4% вольфрама; 10% ванадия; 4% хрома и 6% углерода, в пересчете на электродный бой.

Расчетный средний химический состав стали марки Р18 должен быть следующим: $C = 0,75\%$; $W = 18,25\%$; $V = 1,2\%$; $Cr = 4,1\%$.

Обычно расчет шихты производится по навеске, равной 100 кг, а затем легко пересчитывается на любую навеску. При расчете принимается возврат, равный 50%, так как средний выход годного инструментального литья — около 50%. Вольфрама в шихте с учетом его потерь должно быть:

$$\frac{18,25 \cdot 100}{100 - 4} = \frac{18,25}{0,96} = 19,0 \text{ кг.}$$

Приход вольфрама:

от инструментальных отходов

$$\frac{50 \cdot 18,25}{100} = 9,13 \text{ кг.}$$

от возврата

$$\frac{50 \cdot 18,25}{100} = 9,13 \text{ кг.}$$

Всего $9,13 + 9,13 = 18,26 \text{ кг.}$ Недостающее количество вольфрама $19 - 18,26 = 0,74 \text{ кг}$ возмещается ферровольфрамом с содержанием в нем 72% вольфрама. Потребность в ферровольфраме составляет:

$$\frac{0,74}{0,72} = 1,03 \text{ кг.}$$

Если в шихту поступает сталь марки Р9, то в приход вольфрама от инструментальных отходов нужно ставить не 18,25, а 9,25 кг.

Ванадия в шихте, с учетом его потерь, должно быть:

$$\frac{1,2 \cdot 100}{100 - 10} = \frac{1,2}{0,9} = 1,34 \text{ кг.}$$

С шихтой его поступает 1,2 кг. Следовательно, добавка 0,14 кг ванадия, в пересчете на 40% феррованадий, составляет:

$$\frac{0,14}{0,4} = 0,35 \text{ кг.}$$

Хром в шихте, с учетом его потерь, должен быть в количестве:

$$\frac{4,1 \cdot 100}{100 - 4} = \frac{4,1}{0,96} = 4,3.$$

С шихтой хрома поступает 4,1 кг. Добавка 0,2 кг хрома, в пересчете на 60% феррохром, составляет:

$$\frac{0,2}{0,6} = 0,332 \text{ кг.}$$

Углерода в шихте, с учетом его потерь, должно быть:

$$\frac{0,75 \cdot 100}{100 - 6} = \frac{0,75}{0,94} = 0,8 \text{ кг.}$$

С шихтой вносится 0,75 кг углерода, а следовательно, нужна добавка электродного боя в количестве 0,05 кг.

Температура стали перед выпуском ее в ковш или непосредственно в форму зависит от веса деталей и их конфигурации. Измеряется температура фотометрическими пирометрами. Погрешность этих приборов, непостоянство поправок и ошибки измерения вынуждают искать новые методы измерения температур жидкой стали. Для измерения температуры жидкой стали применяются также и радионные пирометры (арометры), стационарно установленные на определенном расстоянии от зеркала металла. Однако они также имеют погрешности в измерениях, часто недопустимые в производстве точного литья.

Наиболее надежным способом измерения температур жидкой стали перед ее выпуском из печи является замер температуры платиновыми или вольфрамо-молибденовыми термометрами, спай которых предохраняются кварцевыми наконечниками. Спаи термпары в изолированном наконечнике опускается в жидкую сталь, и возникающая э. д. с. в термопаре передается на гальванометр, градуированный на градусы Цельсия. При измерении температур такими термопарами необходимо учитывать инерцию прибора за счет изоляции слоя малотеплопроводными материалами. Одним кварцевым наконечником при плавке стали в индукционных печах можно снять до пяти-шести измерений.

ЗАЛИВКА ФОРМ

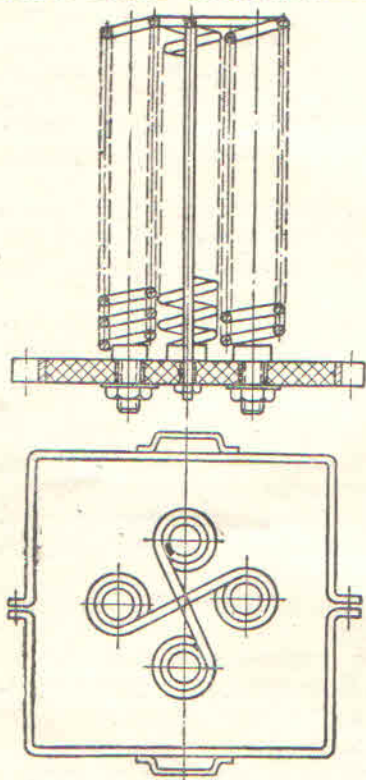
Раскаленный жидкий металл после замера температуры его выливается из печи в ковш и разливается по формам. Заливка форм в большинстве случаев производится ручным ковшом емкостью от 5 до 60 кг. При использовании ручного ковша-ложки разливка производится одним человеком, при использовании же ручного ковша на вилах — двумя. В обоих случаях при заливке требуется придерживать шлак на поверхности металла в ковше металлической или деревянной сухой счищалкой. При внимательном исполнении этой операции предотвращается попадание шлака в форму и образование шлаковых раковин в отливках.

Для удерживания шлака в ковше во время заливки форм часто применяются чайниковые ковши, которые, как известно, отличаются от обычных ковшей установкой перегородки внутри ковша.

Подготовка ковшей к приему жидкой стали заключается в футеровке их и соответствующем подогреве. Футеровка производится шамотно-кварцевой смесью следующего состава: 1) шамота молотого зернистостью от 0,5 мм и ниже — 40%; 2) молотого кварца зернистостью от 0,5 мм и ниже — 40%; 3) глины огнеупорной — 20%. Смесью тщательно перемешивается, увлажняется до тестообразного состояния с добавлением 5—7% жидкого стекла плотностью 1,4—1,5. Готовая смесь наносится на внутреннюю поверхность ковша так, чтобы толщина футеровки составляла около 40 мм на дне ковша и 15—20 мм на его стенках.

Затем ковш подвергается сушке при температуре 250—350° в течение 40 минут. Если при сушке на футеровке образовались трещины, их необходимо затереть той же футеровочной смесью, но разбавленной водой до более жидкой консистенции. Затертая таким образом футеровка ковша подвергается прокаливанию. Если прокаливание футеровки ковша предусмотрено на месте, то операция прокаливания является продолжением операции сушки. Прокаливание футеровки ковша на месте производится при помощи специального приспособления, представляющего собой шамотную плиту, обрамленную обручем; на плите крепятся две параллельно соединенные нихромовые спирали (фиг. 41). Диаметр нихромовой проволоки 4—4,5 мм; диаметр витка спирали 35 мм; число

витков на одной спирали — 60. Спирали питаются переменным током от сварочного трансформатора напряжением 65 в. Ковш накрывается шамотной плитой так, чтобы зазоры между плитой и верхней кромкой ковша были минимальными. При этом необходимо следить за тем, чтобы спирали не касались футеровки ковша или оставшейся тонкой металлической пленки на футеровке после разливки стали. Это может привести к замыканию отдельных частей спирали и, как следствие, к перегоранию спирали.



Фиг. 41. Приспособление для прокаливания ковша.

Прокаливание футеровки ковша таким приспособлением производится за 20—25 минут, причем температура футеровки ковша за этот промежуток времени достигает 600—650°.

Футеровка ковша перед приемом металла из печи должна быть разогрета до светлокрасного свечения. Такая степень нагрева футеровки ковша абсолютно необходима, так как при сравнительно небольшой массе жидкой стали медленное спадание температуры ее при разливке форм из ковша может быть обеспечено только за счет высокого разогрева ковша. Низкая температура разогрева футеровки ковша при заливке тонкостенных деталей и

деталей с большой развернутой поверхностью охлаждения приводит к недоливам и спаям в отливках.

Прокаливание футеровки ковшей может производиться и в печах вместе с прокаливанием форм. Такое прокаливание следует считать целесообразным для ручных ковшей-ложек, объем которых не позволяет вместить нагрет-

вательную спираль. К недостаткам же этого метода относится быстрое окисление кожуха ковша, неудобства, связанные с извлечением из печи горячего ковша, и необходимость разогрева печи температуры 800—900°. Как уже говорилось, перед приемом жидкой стали на дно ковша опускается порция раскислителя; ковш поднимается возможно ближе к носку печи во избежание окисления струи и возникновения большого металлодинамического напора, которым можно размыть футеровку ковша. Затем жидкий металл выливается в ковш.

Разливку металла по формам следует производить в возможно короткий промежуток времени, чтобы избежать переохлаждения металла в ковше. При этом необходимо следить за тем, чтобы носок ковша был ближе поднесен к заливаемой форме. Этим также достигается ослабление металлодинамического напора и инжектирование металлом воздуха в форму в процессе заливки. При заливке необходимо стремиться быстро заполнить форму металлом; сечение стояка должно быть залито металлом во весь период заливки.

При соблюдении этого исключается занесение пузырьков воздуха в форму, что предотвращает образование в отливках газовых раковин.

В зависимости от конфигурации и размеров деталей формы могут заливаться через дождевой литник, методом сифонной групповой заливки, в воронку стояка с боковой заливкой, непосредственно в прибыльную часть формы или в воронку вращающейся формы при центробежной заливке. Иногда заливку крупных форм производят непосредственно из печи. Так, например, заливают шарошки буровых долотьев. Форму в этих случаях подносят к носку печи, наклоняют печь, и металл через прибыль попадает в форму. Такой заливкой исключается потеря температуры металла, связанная с переливкой его в ковш, но такой метод может быть рекомендован для заливки крупных форм.

При заливке крупных форм, вызывающих значительную усадку, следует применять доливку горячего металла в прибыль. При необходимости заливки горячих форм, что может быть при отливке очень тонких (0,6 — 1,5 мм толщина стенки стальных деталей) и сложных по конфигурации деталей, формы извлекаются из печи прокаливания, устанавливаются на заливочной площадке и заливаются подогретыми.

Выбивка отливок из опок производится при температуре, не оказывающей влияния на качество отливок. Преждевременная выбивка может вызвать коробление отливок, возникновение больших внутренних напряжений в них и даже образование трещин. Время остывания отливок в формах зависит от марок стали, веса отливок и от сложности конфигурации их. Например, отливки, из высоколегированной быстрорежущей стали весом свыше 12 кг остывают в формах до температуры не более 200°. На отливках, выбитых из опок при температуре более 200°, обнаруживаются внутренние подприбыльные трещины. Выбивку мелких отливок из той же стали возможно производить при температуре, не превышающей 600°. Отливки из углеродистых сталей менее склонны к образованию дефектов ранней выбивки, чем отливки из легированных сталей, поэтому выбивка их может производиться при температуре 650—700°.

Выбивка отливок из опок сводится к следующему. Опки от заливочной площадки транспортируются на участок выбивки и опрокидываются на мягкую подушку из молотого кварца или хромистого железняка. При опрокидывании опок из них выпадает уплотняющий материал, а вместе с ним и отливки. Этот процесс должен производиться в низком бункере при хорошей местной вытяжной вентиляции.

При аккуратной выбивке уплотняющий материал ссыпается с формы; залитая металлом форма полностью сохраняется, не образуя даже трещин. Этим предотвращается загрязнение уплотнителя материалами огнеупорного покрытия, а пылевидные составляющие уплотнителя периодически, один раз в неделю, отсеваются через сито № 40.

После выбивки уплотняющего материала формы с отливками захватываются клещами за воронки или прибыльные части и перемещаются в соседний бункер, где и охлаждаются.

Охлажденная форма направляется для выбивки отливки. Отделение формы от отливки производится ударами молотка по прибыльной части отливки или по воронке группового литника. Эту операцию легко механизировать при наличии нормализованных литниковых систем. Для этого комплект отливок по оси стояка зажимается между двумя центрами в особом приспособлении. При этом к

одному из центров приспособления закрепляется пневматический молоток, заменяющий ручной труд рабочего.

Выбитые отливки подвергаются очистке в пескоструйных камерах или шкафах. Очень мелкие отливки очищаются в проволочном мешочке или на редком сите.

Следует учитывать, что при пескоструйной очистке, если отливка близко расположена к соплу аппарата, снимается стружка металла, в результате чего можно, при невнимательной очистке, нарушить требуемые размеры отливки.

Очищенные отливки передаются на операцию отделения (отрезку) отливок от групповых литников, прибылей и выпоров. Отрезка отливок в основном производится методом механической резки. Широко распространен способ отделения отливок из углеродистых сталей, чугуна и цветных сплавов на горизонтально-фрезерных станках (сегментной фрезой). Отливки, изготовленные из высоколегированных и жаропрочных сталей, не поддающиеся обработке резцом и фрезой, отделяются с помощью тонкого 2—3 мм абразивного круга на вулканитовой или бакелитовой связке. Такой способ отделения отливок значительно производительнее механической резки резцом или фрезой, но большой расход абразивных кругов и сравнительно частые поломки их являются отрицательной стороной этого способа.

Станок для отделения отливок от литниковых систем абразивным кругом обязательно должен быть оборудован местной вытяжной вентиляцией и соответствующим сборником металлоабразивной пыли.

Для отрезки отливок применяются также анодно-механические станки, основанные на использовании электрохимического и теплового действия электрического (постоянного) тока.

Анодно-механическим методом можно отрезать мелкие и чрезвычайно твердые отливки.

После отрезки отливки подвергаются слесарной доводке. Прежде всего зачищаются литники и места отделения прибылей. Такая зачистка производится на наждачных станках, причем во многих случаях выполнять эту операцию следует в механических цехах, так как зачистка сопровождается строгим соблюдением размеров отливки, а сама операция по своему характеру является операцией механической обработки.

К операциям доводки отливок относится также снятие

отдельных местных шероховатостей, наростов и других пороков, которые получаются в результате нарушений технологического процесса изготовления точных отливок. Нередко некоторые пороки отливок можно исправить доводкой абразивными кругами различного профиля, а также напильниками, надфилями и абразивными брусками.

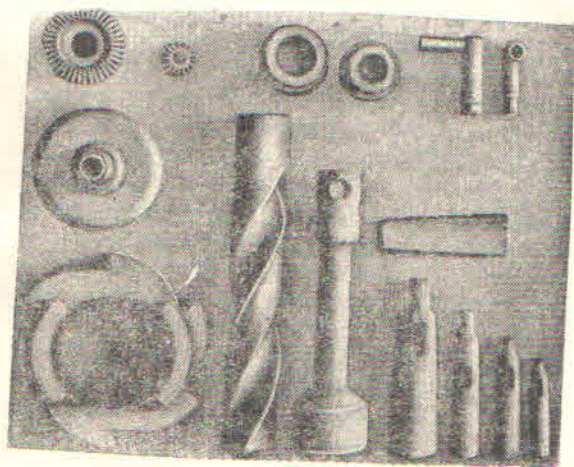
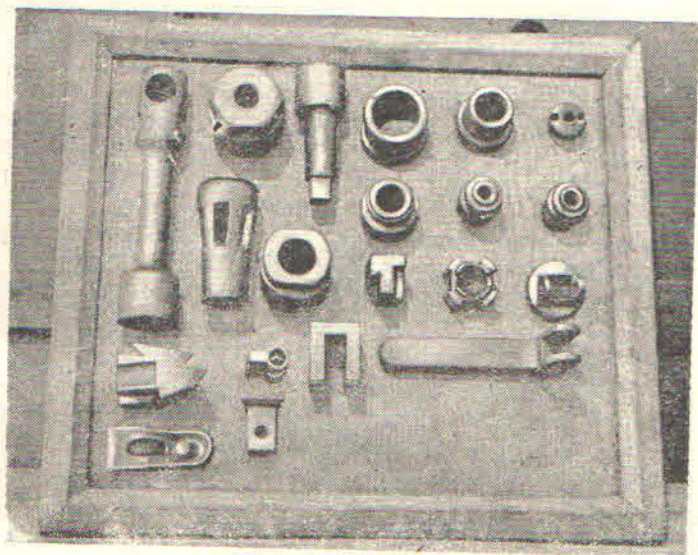
В подобных случаях следует помнить о незначительных припусках, а иногда и об отсутствии припусков на механическую обработку. Поэтому при доводке необходимо пользоваться специальными шаблонами, а при отсутствии таковых — универсальным инструментом, имея перед собой рабочий чертеж заготовки.

Исправление пороков в отливках во всех случаях является целесообразным. Нельзя забывать, что точные отливки в настоящее время еще являются достаточно дорогими в результате большой трудоемкости процесса из-за его недостаточной автоматизации. Исправление пороков на крупных отливках может быть достигнуто заваркой, с соответствующей зачисткой и доводкой места исправления.

В зависимости от марки стали, веса отливки и назначения ее отливки подвергаются термической обработке: нормализации, отжигу, закалке, отпуску, старению. Во всех случаях термической обработки нагрев отливок следует производить в отработанном карбюризаторе, чугуновой стружке, песке или в печах с нейтральной атмосферой. В противном случае точность в размерах отливок может быть нарушена за счет окисления поверхности отливок. После термической обработки отливки подвергаются второй пескоструйной обработке и поступают на технический контроль.

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ОТЛИВОК

Технический контроль отливок производится по рабочим чертежам отливок и утвержденным картам обмера. Остальные размеры должны удовлетворять требованиям седьмого класса точности. Размеры, допуски и технологические приливы на чертежах должны быть согласованы с конструкторами и технологами-механиками. Частные технические условия, относящиеся к данной отливке, также проставляются на чертежах. Помимо этих технических указаний, оформляются общие технические условия производства точных отливок, в которых оговаривается необходимость механических испытаний, химический состав сплавов и чистота поверхности отливок.



Фиг. 42. Образцы стальных отливок.

При приемке деталей особо ответственные размеры отливок контролируются проходными и непроходными калибрами и шаблонами. При отливке деталей мелких серий контроль производится универсальным инструментом. Особо ответственные отливки и все отливки опытных партий подвергаются рентгеновскому просвечиванию или просвечиванию гамма-лучами.

Периодически отливки подвергаются разрезке с приготовлением макрошлифов по особо ответственным сечениям, в которых можно ожидать появления внутренних пороков.

Пооперационный контроль отливок производится периодически по утвержденным инструкциям.

На фиг. 42 представлены некоторые образцы отливок, поступающие на контроль.





ГЛАВА IX

БРАК В ТОЧНОМ ЛИТЬЕ И МЕРЫ ЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

В период освоения точного литья на Уралмашзаводе по изложенному методу брак отливок был довольно большим. Однако позднее, когда были найдены основные параметры для подготовки жидкого стекла, смесей и закрепителя, а также после изучения причин, порождающих ухудшение качества форм и отливок, брак на участке точного литья был значительно снижен. Как показала практика, на многих заводах при переходе на использование жидкого стекла встречаются с большими трудностями и прежде всего с увеличивающимся количеством брака форм и отливок. Это объясняется нарушениями технологического процесса, пренебрежением к контролю материалов и смесей и т. д. Сталкиваясь с такими трудностями и первыми неудачами, многие из начинающих отказываются от внедрения нового технологического процесса. Поэтому особенно важно рассмотреть существо брака, который обнаруживается при освоении нового процесса, а также рассказать о мерах его предупреждения.

В процессе изготовления точных отливок с применением жидкого стекла возможен брак: 1) исходных материалов; 2) моделей; 3) форм. Все это, в конечном счете, приводит к браку отливок. Так, низкое качество исходных материалов может привести к браку форм и отливок, если применяются материалы, состав которых не соответствует действующим техническим условиям и ГОСТ. Маршалит должен отвечать требованиям технических условий; он должен быть чистым и мелким, 90 % его должно проходить через сито № 270. Особое внимание должно быть уделено содержанию SiO_2 , количество которого в маршалите долж-

но быть не менее 95%. Если содержание SiO_2 в маршалите снижается, то за счет этого увеличивается содержание глины, которая, как правило, снижает температуру плавления маршалита. Это сказывается на ухудшении поверхностей отливок и может привести к образованию пригара на отливках. Кроме того, с увеличением процента глины возрастает склонность маршалита к разбуханию в смеси с жидким стеклом, отчего смеси становятся густыми, повышается их вязкость, а следовательно, слой покрытия становится толще.

Жидкое стекло должно отвечать требованиям ГОСТ 962—41; желательно использование содового жидкого стекла, хотя, как показала практика работы ряда заводов, возможна замена содового жидкого стекла содово-сульфатным и сульфатным. Жидкое стекло должно быть чистым, без посторонних примесей и не давать большого осадка. Стекло, склонное к созданию большого коллоидального осадка, обычно высокомолекулярное. Осадок образуется за счет выпадения кремнезема под влиянием воздействия воздуха в процессе долгого его хранения.

Присыпочный песок должен быть кварцевым, марки К 40/70 или К 50/100 по ГОСТ 2138—51. Содержание кремнезема в песке допускается не менее 97%. Песок должен быть чистым, без механических включений.

Хлористый аммоний технический (нашатырь) должен отвечать требованиям ГОСТ 2210—51 сорта А, Б и В. Хлористый аммоний чрезвычайно гигроскопичен. Поэтому при составлении закрепителя и раствора для подготовки жидкого стекла сырой хлористый аммоний требуется просушить. При сушке следует помнить, что температура сушки не должна превышать 110° , так как хлористый аммоний при нагреве до 332° разлагается.

Наполнитель при уплотнении форм должен быть огнеупорен, очищен от пыли, которая приводит к понижению газопроницаемости формы. Зернистость наполнителя должна быть в пределах от 1 до 3 мм. Крупная зернистость свыше 3 мм может приводить к прорыву металла из формы в наполнитель.

Модельные материалы должны отвечать требованиям: парафин ГОСТ 784—42, а стеарин ГОСТ 6484—53. Брак моделей может быть по причине нарушений соотношения составляющих в модельном составе. Завышенное содержание стеарина приводит к малопрочным, хрупким моделям; поверхность моделей получается шероховатой, а

острые кромки — сыпучими. Заниженное содержание стеарина, особенно при использовании жидкого стекла в лицевой смеси, уменьшает смачиваемость смеси. Так как часть стеарина в модельном составе омыливается остаточной щелочью, а модельный состав полностью используется для последующего производства моделей, необходимо через 2—4 дня контролировать наличие стеарина в составе и при его нехватках соответственно добавлять в возврат модельного состава.

При производстве моделей методом прессования пастообразного состава в прессформы, давление воздуха на прессе для моделей до 100 г должно быть не больше 2 ат. При большем давлении на моделях возникают бугорки после извлечения моделей из прессформ. Эти бугорки могут возникнуть и при давлении в 2 ат, если модель преждевременно извлечена из прессформы.

Охлаждение моделей в прессформах производится в воде или под водяным душем. Время охлаждения для каждого вида моделей определяется при запуске опытной партии отливок и зависит от веса моделей и от поверхности охлаждения. Охлаждающая вода должна иметь температуру 11—15°. Температура воды выше 15° затягивает процесс охлаждения моделей, температура ниже 11° приводит к созданию трещин от переохлаждения моделей.

При плохом перемешанном модельном составе кусковатость его создает шероховатость поверхностей моделей. При очень жидком модельном составе появляются кривые полосы за счет разбрызгивания состава в начальный момент наполнения прессформы, а также воздушные пузыри на верхних частях модели за счет того, что поступающий жидкий модельный состав в прессформу под давлением 2 ат пенится в ней. При очень густом модельном составе острые кромки моделей получаются нечеткими. Кроме того, возможно незаполнение прессформ составом, особенно в случае запрессовки крупных моделей. При сборке прессформ необходимо следить за тем, чтобы в прессформе и в местах соединений частей прессформ не оставалось остатков модельного состава, в противном случае может быть брак моделей по несоответствию размерам.

Прессование моделей свыше 100 г следует производить при давлении 2,5 ат, при этом внутреннее давление полностью снимается объемной усадкой при остывании. Брак моделей при ручном прессовании состава в прессформы

получается чаще всего по причине плохого заполнения прессформ составом, вследствие непостоянства давления и недостаточности его.

Возможный брак форм при освоении точного литья по описываемому методу можно классифицировать в зависимости от следующих причин: 1) излишнее количество Na_2O SiO_2 в лицевой смеси; 2) высокая вязкость смеси; 3) недостаточное стекание смеси с модельного комплекта; 4) недостаточная присыпка слоя перед закреплением; 5) недостаточная химическая проработка покрытия закрепителем; 6) излишняя химическая проработка закрепителем; 7) разваривание форм при выплавлении моделей; 8) силикатные наросты на поверхности форм; 9) деформация при выплавлении моделей и при прокаливании форм; 10) расслоение покрытия.

Излишнее количество Na_2O и SiO_2 в лицевой смеси может получиться при нарушении соотношения между жидким стеклом и маршалитом. Как правило, это нарушение приводит к низкой вязкости смеси, но часто, особенно при использовании высокомодульного стекла, значительная вязкость его приводит к нарушению соотношения даже при нормальной вязкости смеси. Значительное содержание Na_2O в покрытии не может быть проработано закрепителем нормальной концентрации; в нем оказывается количество Na_2O больше верхнего предела. Первый слой покрытия в таком случае, после прокаливания форм, пучится и шелушится. Меры предупреждения подобного рода брака форм сводятся к строгому соблюдению требуемой вязкости смеси. В случае нарушения соотношения маршалита и стекла в смеси необходимо в подготовленное жидкое стекло добавить воды, снизив плотность до 1,29—1,28. Вязкое жидкое стекло—высокомодульное, и подобное разведение его не изменит количества связующего кремнезема в формах.

Высокая вязкость смесей приводит к созданию толстого слоя смеси на модели или модельном комплекте. Толстый слой смеси высокой вязкости образуется в узких пазах, щелях, в тонких отверстиях и в углублениях. При закреплении толстого слоя лицевой смеси в закрепителе на внешней поверхности слоя, соприкасающейся с закрепителем, мгновенно образуется пленка водоколлоидального кремнезема, непроницаемая для закрепителя. Поэтому толстый слой в углублениях химически не прорабатывается на всю толщину. В процессе выплавления моделей стеа-

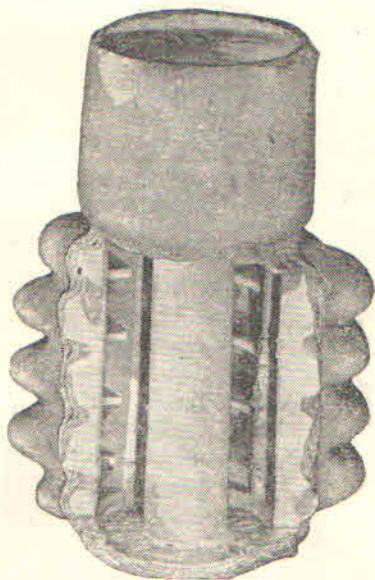
риновой кислотой и хлористым аммонием, который находится в растворе ванны выплавления, тонкая пленка этого слоя с внутренней стороны химически прорабатывается. Средин же толстого слоя остается химически не проработанной и в процессе сушки и прокаливания создает отслоения и выпучивания тонкой проработанной пленки (фиг. 43).

Меры предупреждения этого вида брака форм сводятся к надежному контролю вязкости лицевой смеси и к соблюдению основных параметров ее по содержанию Na_2O и SiO_2 .

Недостаточное стекание смеси с модельного комплекта приводит к тому, что во время присыпки песком слоя смеси излишки ее стекают на нижние участки модели. В этих местах концентрируется толстый слой смеси покрытия, который, как и в предыдущем случае, создает отслоения и шелушение первого и основного слоя покрытия.

Предупреждение этого вида брака форм достигается повышением внимательности работников при нанесении первого слоя покрытия. Стеkanie смеси первого слоя должно быть особенно тщательным, т. е. продолжаться до полного прекращения стекания в виде струйки и активно сбегаящих капелек.

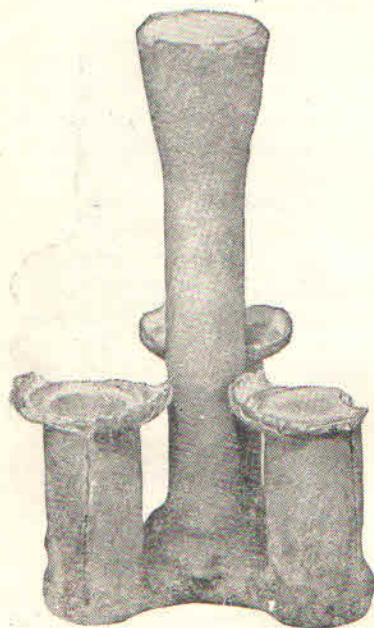
Недостаточная присыпка слоя смеси присыпочным песком является следствием преждевременного прекращения присыпания слоя. Слой смеси необходимо присыпать до тех пор, пока прекратится прилипание песка к слою. Преждевременное прекращение присыпания приводит к тому, что слой смеси в закрепителе трескается. Кроме того, недостаточное количество песка на слоях покрытия приводит к соответствующему увеличению маршалита и



Фиг. 43. Отслоение первого слоя покрытия.

связующего кремнезема в нем. Увеличение же связующего кремнезема приводит к увеличению прочности покрытия за счет резкого уменьшения газопроницаемости формы, а избыток связующего кремнезема в первом слое покрытия создает сетку трещин на лицевой стороне.

Недостаточная химическая проработка слоев покрытия является следствием нарушения технологии нанесения покрытия и ослабления химико-технологического кон-



Фиг. 44. Брак формы при излишней химической проработке слоя покрытия.

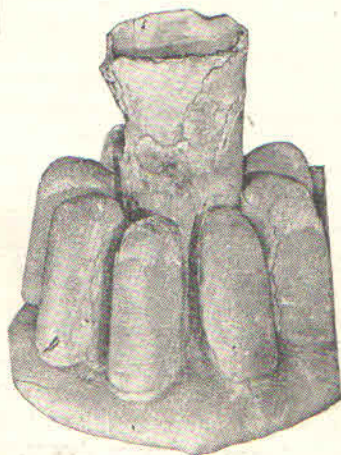
роля. Недостаточность химической проработки каждого слоя покрытия может быть по причинам малой выдержки слоя в закрепителе и на воздухе, слабой концентрации закрепителя и наличия больше нормы щелочи NH_4OH в закрепителе. В результате содержание Na_2O в формах после выплавки моделей оказывается больше 50% от исходного содержания. Такие формы в процессе выплавки моделей и прокаливания слоя покрытия выламываются. Однако в этом случае формы получаются очень прочными. Излишняя же химическая проработка слоя приводит к чрезвычайному ослаблению

форм, и формы не выдерживают напряжений, возникающих в результате выплавки моделей и при прокаливании. В этих случаях формы трескаются по граням и не обладают достаточной технологической прочностью. На фиг. 44 показана такая форма. Как видно, форма имеет продольные трещины, а верх ее сломан вследствие чрезвычайно малой прочности корки.

Излишняя химическая проработка форм объясняется излишним временем закрепления слоев покрытия в закреп-

пителе и на воздухе, очень сильной концентрацией закрепителя, наличием в закрепителе HCl больше нормы, тонкими слоями покрытия и малым содержанием Na_2O в нем. Если в покрытии после закрепления содержится Na_2O меньше 0,7%, это свидетельствует об излишней химической проработке покрытия.

Разваривание форм при выплавлении моделей получается вследствие передержки форм в ванне более 15 мин., высокой температуры среды в ванне (выше 85°) и вследствие слабой химической проработки покрытия в процессе закрепления. На фиг. 45 показана разваренная форма вследствие излишней передержки формы в ванне выплавления.



Фиг. 45. Разваривание формы.

Силикатные наросты на поверхности форм получают по причине плохой подготовки жидкого стекла. Подготовкой жидкого стекла преследуется цель ускорить выпадение коллоидального кремнезема в процессе закрепления. Степень подготовленности жидкого стекла к ускоренному выпадению кремнезема из него характеризуется продолжительностью схватывания определенной порции подготовленного стекла. Продолжительность схватывания стекла выше определенной нормы свидетельствует о плохой подготовленности стекла к выделению кремнезема под влиянием закрепителя. Такое стекло в слое покрытия закрепляется остаточным закрепителем чрезвычайно медленно; при выплавлении моделей оно способно выделять светлую жидкость. Химическим анализом установлено, что эта светлая жидкость содержит 12% SiO_2 , 4,3% Na_2O и представляет собой не что иное, как жидкое стекло очень низкой концентрации с модулем:

$$\frac{12}{4,3} - 1,032 = 2,85,$$

при исходном модуле стекла, равном 2,9.

Слабо проработанный слой покрытия в результате плохой подготовки стекла выделяет при нагреве указанную жидкость, которая при выходе из формы реагирует с хлористым аммонием среды в ванне. На поверхности формы образуются так называемые силикатные наросты.

Деформация форм при выплавлении моделей происходит по причинам мягкого покрытия, недостаточной прочности форм и внутреннего давления, возникающего вследствие расширения модельного состава в процессе выплавления моделей. Мягкое покрытие получается при плохой химической проработке отдельных слоев закрепителем. Деформация же форм может быть при недостаточной прочности их вследствие малого числа слоев покрытия или очень тонкого покрытия.

При выплавлении массивных моделей с затрудненным оплавлением литниковых ходов модели начинают плавиться первыми и при плавлении расширяются в объеме, создавая давление на стенки формы. Если форма недостаточно прочна, она деформируется под влиянием этого давления.

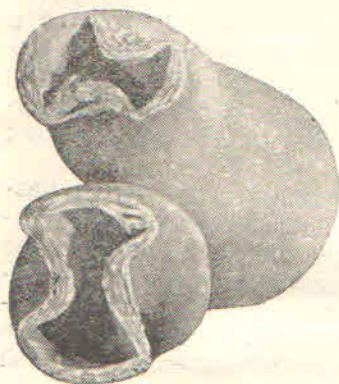
Предупреждение подобного вида брака сводится к изменению литниковых систем; литниковые ходы должны плавиться первыми, создавая щели для выхода модельного состава из формы при возникающем в ней давлении. Кроме того, в этих случаях необходимо несколько увеличить время закрепления покрытия на воздухе для создания наиболее прочных форм.

Деформация форм в процессе прокаливания может быть под влиянием большого веса формы, когда на опорную площадь формы приходится значительная нагрузка от собственного веса формы. Поэтому формы крупных отливок с большим собственным весом следует прокаливать в опоках. Так, например, формы червячных фрез с модулем 20 мм (чистый вес отливки 42 кг) прокаливаются без опок, а формы фрез с модулем 26 мм (чистый вес отливки 85 кг) деформируются при прокаливании без опок и поэтому прокаливаются в опоках. Во избежание деформации форм при прокаливании необходимо прокаливать их в вертикальном положении по отношению к оси стояка или формы. Если форму прокаливать в горизонтальном положении, да еще с опорой на 2—3 точках, то неизбежно ее коробление.

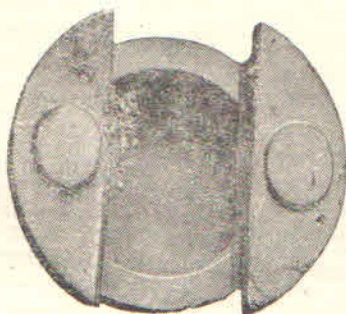
Расслоение покрытия по слоям смеси показано на фиг. 46. Такое расслоение часто приводит к выпучиванию первого слоя покрытия, а при заливке форм металлом на

отливках получают плену. Основные причины расслоения покрытия кроются в применении густых и вязких смесей и недостаточности химической проработки слоев.

Заливы в точных отливках получают по причинам: а) недостаточно внимательной доводки моделей, при которой допущены тонкие облои на моделях и которые соответственно передались отливке; б) трещин форм, которые при заливке заполняются металлом, создавая залив;



Фиг. 46. Расслоение покрытия.



Фиг. 47. Залив.

в) воздушных мешков во впадинах и мелких отверстиях, которые образуются при нанесении первого лицевого слоя смеси. Поэтому при нанесении первого слоя смеси необходимо тщательно просмотреть пленку этого слоя и при наличии пузырей между моделью и пленкой сдуть их, после чего создать возможность постепенного заполнения смесью образующейся пустоты в покрытии на том месте, где лопнули пузыри. Если эти пузыри оставлены в первом слое покрытия, то они заливаются металлом, образуя на отливках соответствующие газовым пузырям залив;

г) недостаточного уплотнения форм в опоке, приводящего к трещинам и прорыву металла в наполнитель при заливке форм металлом.

На фиг. 47 показан залив по причине слабого уплотнения форм в опоке.

Коробление отливок происходит по причинам: а) использования покоробленных моделей. Модели могут покоробиться из-за наличия внутренних напряжений, наруше-

ния температурных условий хранения и деформации. Особенно склонны к деформации тонкие модели с относительно большими габаритами; б) деформации форм во время сушки и прокаливания; в) деформации отливок вследствие ранней выбивки и механических ударов при выбивке и очистке отливок; г) деформации отливок вследствие усадки.

Капельки металла, не сварившиеся или слабо сварившиеся с основной массой отливки, в основном образуются в результате плохой техники заливки. Это получается в начальный момент заливки, когда струя металла представляет собой стекающие с конца ковша капельки металла. Эти капельки, попадая в форму, окисляются с поверхности и в процессе дальнейшей заливки не свариваются с основной массой отливки.

Наросты на отливках получаются вследствие: а) раздутия моделей, которые могут образоваться из-за наличия в моделях внутреннего давления при производстве их под прессами; б) раздутия формы в процессе выплавки моделей в результате плохой химической проработки слоев покрытия; в) недостаточного уплотнения форм в опоках. Такое раздутие обычно сопровождается трещиной покрытия и соответствующим заливом.

Недолив образуется в тех случаях, когда форма не полностью залита металлом. Прежде всего недолив получается, когда на форму недостает металла в ковше. Кроме того, недоливы форм могут быть и по причинам заливки их холодным или нежидкотекучим металлом, недостаточной газопроницаемости форм и неправильной литниковой системы (малого сечения ее). Недоливы в производстве точных отливок могут быть и вследствие малого металлостатического напора, в результате чего верхние ярусы отливок в комплекте получаются с недоливом.

Отбел отливок в производстве точного литья почти не встречается, так как этот вид брака в основном относится к чугунным отливкам. Мелкие чугунные отливки, изготовленные методом точного литья, могут получиться с отбелом в случае заливки холодных форм чугуном с низким содержанием углерода и кремния.

Пригар на отливках получается вследствие низкой огнеупорности материалов первого слоя покрытия, очень высокой температуры металла, которую не выдерживает первый слой формы, химического взаимодействия окислов металла с кварцевой формой и зажима покрытия в отвер-

ствиях и пазах благодаря радиальной усадке металла. Необходимо отметить, что пригар на отливках, по описываемому методу производства их, — чрезвычайно редкое явление из-за отсутствия щелочных составляющих в первом слое покрытия.

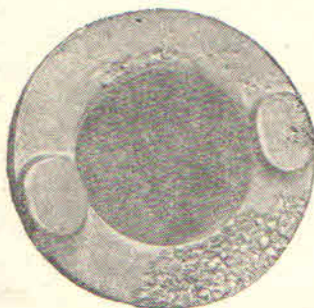
Газовые раковины также чрезвычайно редки и могут быть в отливках только по причинам большой загазованности металла и плохой техники заливки, которая приводит к инъекции воздуха в форму во время заливки. Газовые раковины по вине форм мало вероятны, ибо форма почти негасотворна. Тем не менее при нарушении принятого технологического процесса, в частности, при недостаточной температуре прокаливания форм, они могут оказаться настолько гасотворны, что при заливке их металлом создается «кип», который, безусловно, приведет к образованию газовых раковин.

Усадочные раковины являются следствием недостаточного питания отливок жидкой фазой во время кристаллизации отливок. Основной мерой борьбы с усадочными раковинами является создание условий направленной кристаллизации. Эта направленность кристаллизации в крупных отливках должна обеспечиваться установкой соответствующего сечения прибылей на наиболее утолщенных частях отливки. В мелких отливках при боковом расположении их на стояке направленность кристаллизации обеспечивается за счет расположения наиболее утолщенных мест к стояку, который кристаллизуется последним. При сифонном подводе металла в форму питание утолщенных мест отливок, к которым также подводится металл, должно осуществляться за счет металлостатического напора из стояка, высота которого значительно превосходит высоту утолщенного места отливки.

Усадочные раковины могут получаться и при наличии в деталях нескольких утолщенных узлов, что необходимо *учитывать при переводе деталей, изготавливаемых из проката, на литье*. Кроме того, усадочные раковины в отливках могут получаться вследствие неправильного подвода металла в форму, в результате чего получается усиленный прогрев отдельных сечений отливки, где можно и ожидать усадочную раковину. Размеры усадочных раковин зависят от температуры металла во время заливки форм. Поэтому в отливках, залитых перегретым металлом, могут получаться усадочные раковины. Применение холодильников, термоизоляционных смесей для прибылей, стержней

атмосферного и газового давления при производстве точных отливок в настоящее время представляет значительную технологическую трудность.

Раковины земляные. К этому виду брака больше всего относятся так называемые засоры (фиг. 48). Причины этого брака — в небрежном уплотнении форм, при котором наполнитель через воронку или прибыль попадает в форму, в допуске к операции уплотнения форм с трещинами, через которые мелкая фракция наполнителя попадает в форму, и в попадании песка и частиц покрытия в форму во



Фиг. 48. Земляные раковины



Фиг. 49. Шлаковые раковины.

время выплавления моделей и прокаливания форм. При выплавлении моделей и прокаливании форм необходимо предотвратить возможность попадания остатков покрытия и сора в форму.

Кроме того, земляные раковины могут образоваться по причинам срыва металлом слабой пленки первого слоя покрытия, малая прочность которой объясняется сильной химической проработкой, а также наличием в форме пороков: шелушения первого слоя покрытия, отслаивания, обвала части лицевого слоя покрытия.

Шлаковые раковины появляются при включении шлака в тело отливки (фиг. 49). Причины этого брака кроются в небрежной очистке шлака с поверхности металла в ковше во время заливки форм, благодаря чему шлак попадает в форму вместе с металлом. Шлаковые раковины могут быть в отливках и в тех случаях, когда металл с поверхности литниковой воронки попадает в форму.

Рыхлоты и пористость. Причины, вызывающие рыхлоты и пористость в отливках, являются теми же, что и при-

чины, вызывающие усадочные раковины, ибо рыхлоты и усадочная пористость — не что иное, как мелкие усадочные раковины, вызванные также явлением усадки.

Спаи образуются вследствие несвариваемости или плохой свариваемости двух окисленных поверхностей металла во время заливки формы. Спаи получаются по причине заливки форм холодным металлом или слишком малой скорости заливки форм, при малом сечении питателей, малой газопроницаемости форм, слабого металлостатического напора, перерыва струи во время заливки форм и плохой жидкотекучести сплава. В производстве точных отливок спай часто получается на отливках с малой толщиной стенки (от 0,5 до 2 мм). Формы таких отливок следует подогревать перед заливкой до температуры 500—800°.

Горячие трещины получаются из-за наличия в отливках внутренних напряжений, по своей величине превосходящих предел прочности на разрыв данного сплава при определенной температуре. Такие внутренние напряжения создаются в отливках усадкой и имеют сравнительно большую ширину при небольших глубинах. Причины, вызывающие горячие трещины, следующие: резкие переходы с тонкого сечения на толстое, большая усадка сплава, затруднительные условия усадки, созданные формой, неправильный подвод металла в форму, создающий местные перегревы ее, и др.

Необходимо отметить, что формы, изготовленные по описанному методу, имеют значительную податливость вследствие пористого связующего кремнезема, и что трещины в отливках по этой причине почти не встречаются.

Холодные трещины получаются в результате тех же внутренних напряжений, но последние при остывании отливок не превосходят по своей величине предела прочности данного сплава. Такие отливки при незначительных ударах, связанных с выбивкой и очисткой, способны к созданию холодных трещин, светлых в изломе, узких и проникающих часто на всю толщину отливки. Детали, склонные к подобного рода трещинам, должны аккуратно выбиваться и очищаться. После этого детали подвергаются термической обработке с целью снятия внутренних напряжений.

Холодные трещины могут быть вызваны небрежной выбивкой, очисткой и транспортировкой деталей, а также механическими повреждениями, не связанными с наличием внутренних напряжений.

Ужимины при производстве точного литья образуются вследствие появления трещин в первом слое покрытия во время заливки формы металлом. Жидкий металл заходит под слой покрытия, отодвигая его в тело отливки и образуя так называемую плену. При выбивке и отливке плена сравнительно легко отламывается, образуя ужимины. Чаще всего ужимины в точном литье получаются по причине очень прочных форм и связанной с этим потерей газопроницаемости формы. Ужиминами также называется поверхностная впадина — утяжка, вызванная усадкой металла.

Несоответствие размеров и конфигурации отливки требованиям чертежа, при тщательной проверке опытной партии и наличии уверенности в правильности и точности изготовленных прессформ, может получиться в случаях: а) износа и деформации прессформ; б) деформации моделей; в) небрежностей, допущенных при нанесении покрытия; г) раздутия и трещин, полученных в процессе выплавки моделей и прокаливания форм; д) недостаточности уплотнения форм в опоках; е) ранней и небрежной выбивки отливок; ж) снятия слоя металла при очистке пескоструем и доводке отливок; з) коробления отливок в термических печах и окисления слоя поверхности отливок при термической обработке их. Указанные дефекты являются основными в производстве точных отливок, так как соответствие размеров чертежам определяется малыми допусками. Поэтому своевременное предотвращение этих дефектов является главным условием для получения качественных отливок. При хорошо налаженном технологическом процессе и контроле, хорошей механизации процесса брак точных отливок можно свести до незначительной величины, не превосходящей величины брака в общем литейном производстве.

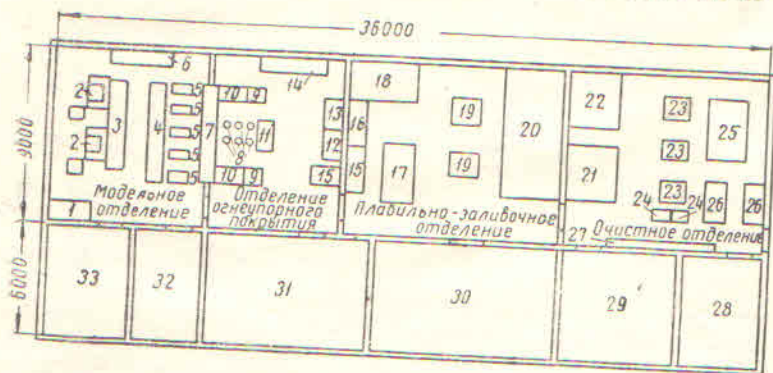


ГЛАВА X

ОРГАНИЗАЦИЯ УЧАСТКА ТОЧНОГО ЛИТЬЯ

Организация участка или цеха точного литья с использованием дешевых и недефицитных материалов, которые имеются на любом машиностроительном заводе, не представляет особых трудностей.

На фиг. 50 показана планировка участка точного литья, рассчитанного на годовой выпуск отливок, равный 300 т, при среднем развесе отливок в 250 г и общем их ко-



Фиг. 50. Планировка участка точного литья.

личестве 1 200 000 шт. Участок состоит из следующих отделений: модельного, отделения для нанесения огнеупорного покрытия и выплавления моделей, плавильного, отделения выбивки, очистки и доводки отливок и вспомогательных отделений — складские и бытовые.

Модельное отделение является одним из основных отделений участка. Так как от качества моделей во многом

зависит качество отливок,— это отделение должно быть чистым, светлым и с возможно меньшим колебанием температуры воздуха.

В этом отделении производится подготовка модельного состава, изготовление моделей, литниковых систем и сборка моделей в модельные комплекты.

Рядом с модельным отделением должен находиться склад 33 прессформ и литниковой оснастки, площадь которого зависит от характера производства. Кроме того, здесь должна разместиться экспресс-лаборатория 32, в которой производятся анализы модельного состава, жидкого стекла, смесей, закрепителя, форм после выплавления моделей и прокаливания. Модельное отделение имеет следующее оборудование: стенд 1 подготовки модельного состава. На стенде установлены термостат, баня для охлаждения возврата, весы настольные, электроплитки и лари для хранения модельных материалов. Над стендом должна быть смонтирована вытяжная вентиляция; прессы 2 для заполнения прессформ модельным составом со столами 3 для разборки и сборки прессформ; водяной конвейер 4; рабочее место 6 для свободной заливки прессформ; столы 5 для сборки моделей в комплекты; двусторонний шкаф 7 для хранения модельных комплектов. В боковых стенках шкафа вмонтирован змеевик с проточной холодной водой, а выдвижные полки могут выдвигаться в модельное отделение и в отделение для нанесения огнеупорного покрытия. Кроме того, в модельном отделении должен находиться контрольный стол.

Отделение для нанесения огнеупорного покрытия. В этом отделении производится нанесение огнеупорного покрытия с закреплением каждого слоя хлористым аммонием, выплавление моделей в горячей среде и восстановление модельного состава. Отделение имеет следующее оборудование: столы 10 для приготовления смесей песка и закрепителя с настольными весами. Внутри стола хранится дневной запас материалов покрытия; рабочий стол 11 для нанесения покрытия, оборудованный вешалкой и штыредержателями; ванны 8 со смесями и закрепителем; пескосыпы 9; ванна 12 выплавления моделей; ванна 13 восстановления модельного состава; этажерка 15 для хранения форм и верстак 14 дозировок.

Во вспомогательных отделениях, рядом с отделением огнеупорного покрытия, размещены склады 31 исходных материалов покрытия и подготовка их, которая сводится к

подготовке жидкого стекла, сушке, мойке и прессованию маршалита, сушке, мойке и просеванию песка, а также к приготовлению закрепителя.

Плавильно-заливочное отделение. В отделении производится воздушная сушка форм, прокаливание их, последующее уплотнение форм в опоках, плавка сталей и других сплавов и заливка форм жидким металлом. Отделение оборудовано этажерками 16 для сушки и хранения прокаленных форм; нагревательной печью 17 для прокаливания форм; пескосыпом для засыпки опок наполнителем; вибрационным столом 18 для уплотнения форм в опоках; двумя высокочастотными плавильными печами 19 марки ПО-150; ковшами с электронагревателями и трансформаторами. Здесь же расположено оборудование машинного отделения 20 генераторов.

Рядом с этим отделением на вспомогательных площадях размещен шихтарник 30, в котором кроме шихты хранятся иготавливаются материалы для набивки тигля.

Очистное отделение. В этом отделении производится выбивка отливок из опок (участок выбивки 21), очистка их от покрытия, пескоструйная очистка, отрезка отливок, термическая обработка их, доводка, контроль и сдача. Отделение оборудовано тележками для возврата наполнителя; металлическим ящиком для охлаждения комплектов отливок; пневматическим механизмом для отделения покрытия от отливок; пескоструйными камерами 22; станками для отрезки отливок от литниковых систем и прибылей — 23; наждачными станками 24; термической печью 25; верстакми 26 с закрепленными на них тисами для доводки деталей; стеллажами 27 для полуфабрикатов, не прошедших операцию очистки. Здесь расположен контрольно-проверочный пункт.

На вспомогательных площадях рядом с этим отделением расположен склад готовых изделий 28 и конторка 29 участка. Дневное задание описанного участка определяется в 4000 отливок. При производительности пресса 1000 моделей в смену для выполнения 4000 моделей требуется 2 пресса, при условии работы их на две смены.

Сборка моделей в комплекты, при среднем количестве моделей в комплекте, равном 8 шт., обеспечивается тремя рабочими местами в две смены. Для нанесения огнеупорного покрытия, при условии производительности каждого рабочего места 125 комплектов в смену, потребуется два таких рабочих места, обеспечивающих покрытием

500 комплектов в две смены. Шестиместная механизированная ванна выплавления вполне обеспечит выплавление моделей на всю дневную выработку отделения для нанесения покрытия.

При выходе годного, равном 33% от жидкого металла, потребуется 3 т металла в день, что обеспечивается десятью плавками двух плавильных высокочастотных печей емкостью по 150 кг, при работе в две смены. Третья смена рабочего дня является резервом участка. Технические показатели работы описанного участка: съем с 1 м² производственной площади $\frac{300}{325} = 0,92$ т в год; съем с 1 м²

общей площади $\frac{300}{540} = 0,56$ т в год; выработка на 1 про-

изводственного рабочего 3,7 т в год; выработка на 1 списочного рабочего около 3 т в год; выход годного — 33%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. А. Алексеев, П. С. Першин, Новое в точном литье, Машгиз, 1953.
2. Б. А. Алексеев, П. С. Першин, Передовой опыт в изготовлении литого инструмента, Машгиз, 1953.
3. С. В. Руссиян, Н. Н. Голованов, Технология и организация производства точного литья, Судпромгиз, 1953.
4. Б. С. Курчман, Точное литье, Оборонгиз, 1954.
5. С. С. Фельдман, Прецизионное литье, Машгиз, 1950.
6. П. Н. Аксенов, Литейное производство, Машгиз, 1950.
7. Н. Е. Шуб, Точное литье, Ленинградский дом научно-технической пропаганды, Л., 1950.
8. Точное литье, Ловнитол, Машгиз, 1952.
9. Точное литье в транспортном и тяжелом машиностроении, ВПТИ, Машгиз, 1954.
10. Точное литье по выплавляемым моделям в условиях мелкосерийного производства, ВПТИ, выпуск 27, Машгиз, 1954.



СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
ГЛАВА I. О проектировании прессформ и оснастки	7
ГЛАВА II. Изготовление и эксплуатация прессформ	12
Литые прессформы	12
Прессформы, изготавливаемые механической обработкой	19
Доводка размеров прессформ	20
Эксплуатация прессформ	20
ГЛАВА III. Изготовление выплавляемых моделей	22
Два способа изготовления моделей	24
Сборка модельных комплектов	30
ГЛАВА IV. Материалы для огнеупорного покрытия	35
Маршалит	35
Жидкое стекло	36
Подготовка жидкого стекла	41
Кварцевый присыпочный песок	54
Закрепитель	54
ГЛАВА V. Приготовление смеси маршалита с жидким стеклом	61
Лицевая смесь	64
Упрочняющая смесь	67
ГЛАВА VI. Нанесение огнеупорного покрытия	70
Технологический процесс	71
Химические процессы при затвердевании покрытия	74
Прочность форм	75
Газопроницаемость форм	80
ГЛАВА VII. Выплавление моделей и подготовка форм	85
Выплавление моделей в жидкой среде	85
Преимущества выплавления в жидкой среде	86
Сушка форм	91
Прокаливание форм	93
Уплотнение форм	96
ГЛАВА VIII. Плавка стали, заливка и выбивка форм	99
Набивка огнеупорного тигля	99
Плавка стали	103
Заливка форм	109
Выбивка и очистка отливок	112
Технический контроль отливок	114
ГЛАВА IX. Брак в точном литье и меры его предупреждения	117
ГЛАВА X. Организация участка точного литья	131
Литература	134

Навел Сергеевич Першин
ТЕХНОЛОГИЯ ТОЧНОГО ЛИТЬЯ

Художник М. Н. Гарипов

Технический редактор Н. А. Дугина

Корректор В. П. Ярыгина

ИС48125. Сдано в производство 8/IX-1955 г. Подписано к печати 19/XII-1955 г.
Печ. л. 6,97. Уч.-изд. л. 7,0. Бум. л. 2,12. Формат 84×1081/32. Тираж 5000 экз.
Индекс 4—3.

Челябинская областная типография, г. Челябинск, ул. Громова, 127. Заказ 3240.

Замеченные опечатки

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть	По чьей вине
42	14 снизу	2,1	2,7	тип.
102	17 снизу	литя	тигля	авт.
107	5 сверху	обработанные	отработанные	авт.
108	17 снизу	(ареометры)	(ардометры)	авт.

П. С. Першин, Технология точного литья, Машгиз, 1955.