

М 308659

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ им. Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

ГОЛОТЕНКОВ Олег Николаевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛИВОК
ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ И ОЛОВЯННЫХ БРОНЗ
ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ

05.16.04 Литейное производство

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ им. Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

ГОЛОТЕНКОВ Олег Николаевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛИВОК
ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ И ОЛОВЯННЫХ БРОНЗ
ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ

05.16.04 Литейное производство

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1308659

Голотенков О. Н. Исследован

и

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Москва

1 9 7 9

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена
Трудового Красного Знамени высшем техническом училище
имени Н.Э. Баумана

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор СТЕПАНОВ Ю.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор ЧУРСИН В.М.
кандидат технических наук, с.н.с.
КИРПИЧЕНКОВ В.П.

Ведущее предприятие: Литейно-арматурный завод
ПО "Пензтяжпромарматура"

Защита диссертации состояла " " 1977 г.
на заседании специализированного Совета по металловедению и
горячей обработке металлов Московского ордена Ленина и ордена
Трудового Красного Знамени высшего технического училища имени
Н.Э. Баумана по адресу: Москва Б-5, 2-я Бауманская ул., дом 5.

Ваши отзывы в 2-х экз., заверенные печатью, просьба высылать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ им.
Н.Э.Баумана.

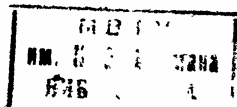
Автореферат разослан " " 1977 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО СОВЕТА,
кандидат технических наук, доцент

Беликов О.А.



Тир. МВТУ Объем I п.л. Тир. 100 экз.
Л80332. Подп. к печ. 26.09.77г. Зак.1432.



Введение

Актуальность проблемы. Основной задачей, поставленной перед нашей промышленностью XIX съездом КПСС, является повышение качества выпускаемой продукции и эффективности производства. В этой связи главными задачами литейного производства, как заготовительной базы машиностроения, являются: повышение точности и качества отливок, снижение массы за счет уменьшения припусков на обработку, снижение трудоемкости изготовления отливок, комплексная автоматизация и механизация производства. При решении этих задач особое внимание уделяется созданию малооперационных безотходных технологических процессов получения заготовок. К числу процессов, позволяющих снизить трудоемкость изготовления отливок, повысить их точность, относятся литье по газифицируемым моделям. Этот способ находит все более широкое применение для получения отливок из чугуна и стали в единичном, малосерийном и массовом производстве. Главная особенность этого способа литья состоит в использовании газифицируемой модели неизвлекаемой из формы перед заливкой. Благодаря чему повышается точность отливок, упрощается процесс изготовления форм; появляется возможность изготавливать отливки сложной конфигурации без стержней, снижается трудоемкость обрубных и очистных работ, ввиду отсутствия заливов и заусенцев.

Однако этот перспективный способ литья еще не нашел промышленного применения для производства отливок из цветных металлов и сплавов. Это объясняется отсутствием научно обоснованных и экспериментально подтвержденных данных о влиянии продуктов разложения газифицируемой модели на химический состав, структуру, газосодержание, плотность и механические свойства отливок, получаемых этим способом. Кроме того не определены оптимальные режимы заливки расплава в форму, и влияние этих режимов на служебные свойства отливок.

Целью настоящей работы является расширение области применения перспективного способа литья по газифицируемым моделям для получения отливок из медных сплавов — алюминиевых и оловянных бронз, широко применяемых в промышленности.

В соответствии с поставленной целью основными научными задачами работы явились:

— установление закономерностей кинетики разложения и уда-

лении жидкой фазы продуктов разложения газифицируемой модели из полости формы в период её заполнения;

- установление закономерностей взаимодействия водорода из продуктов разложения газифицируемой модели с алюминиевыми и оловянными бронзами при литье;

- установление закономерностей протекания окислительно-восстановительных процессов, происходящих на зеркале расплава, при заполнении формы с газифицируемой моделью расплавом алюминиевых и оловянных бронз.

Метод исследования: При решении поставленных задач экспериментально исследовано влияние физико-химического взаимодействия модели и продуктов её разложения с расплавом на служебные свойства отливок из алюминиевых и оловянных бронз, полученных литьём по газифицируемым моделям.

Научная новизна. Установлены закономерности взаимодействия медных сплавов и газифицируемых пенополистироловых моделей при заполнении формы и затвердевании отливки состоящие в том, что получение качественной отливки из медных сплавов достигается соблюдением режимов литья, при которых в процессе заполнения формы происходит равномерное вытеснение жидкой фазы продуктов разложения газифицируемой модели из полости формы на поверхность раздела металл-форма, проникание жидкой фазы в поры формы и последующая её газификация; впервые установлен механизм удаления жидкой фазы из полости формы в её поры под действием избыточного давления расплава в стояке; доказано, что расплав в полости формы предохраняется от окисления паро-газовой фазой продуктов разложения модели, а остаточное содержание водорода в отливках по газифицируемым моделям не превышает его содержания в отливках, полученных в сухих песчано-глинистых формах.

Практическая ценность. На основе экспериментальных исследований и теоретического анализа:

- определены оптимальные режимы заполнения формы расплавом, обеспечивающие получение качественных отливок, из алюминиевых и оловянных бронз;

- разработаны рекомендации по технологическим режимам литья медных сплавов по газифицируемым моделям;

- разработана и внедрена в производственных условиях на заводе "Динамо" им. С.М. Кирова технология получения отливок из бронзы Бр.ОЦС-5-5, а также отливок из бронзы Бр.АЖ9-4И на

ПО "Пензтяжпромарматура".

Апробация работы. Материалы диссертации доложены:

- на научном семинаре кафедры "Машины и автоматизация литейных процессов" МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1976 г.;
- на Всесоюзном научно-техническом совещании "Перспективы расширения применения пластмассовой модельной оснастки и пенополистироловых газифицируемых моделей в литейном производстве", ГПКТБМ, Ташкент, 1975 г.;
- на IV научно-технической конференции НТО Калужского филиала МВТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 1975 г.;
- на второй зональной конференции литейщиков "Прогрессивные технологические процессы производства отливок из различных сплавов", Пенза, 1976 г.;
- на Всесоюзном семинаре "Производство отливок по пенополистироловым моделям", МДНТИ, Москва, 1976 г.

Публикация. По теме диссертации опубликовано 4 работы.

Объем работы. Работа состоит из 5-ти глав, изложенных на 125 страницах машинописного текста с 11 таблицами и 65 рисунками. Список литературы содержит 100 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

Глава I. Некоторые вопросы технологии литья по газифицируемым моделям и задачи исследования

Проведенный анализ литературных данных показал, что литье по газифицируемым моделям является перспективным технологическим процессом, позволяющим снизить трудоемкость изготовления отливки, повысить её точность, уменьшить припуски на механическую обработку. Однако в промышленных масштабах этим способом получают отливки только из чугуна и стали. Отливки из цветных сплавов, в частности алюминиевых и оловянных бронз, не производят ввиду отсутствия данных о влиянии продуктов разложения газифицируемой модели на служебные свойства отливок; не определены оптимальные режимы заливки расплава в форму.

В результате проведенного анализа были сформулированы изложенные ранее научные задачи настоящей работы, а также определено содержание и целевое назначение отдельных её частей, главными из которых явились:

I. Теоретический анализ физико-химического взаимодействия алюминиевых и оловянных бронз с газифицируемой моделью и про-

дуктами её разложения на основных этапах формирования отливки.

2. Экспериментальное исследование взаимодействия расплава с моделью и продуктами её разложения при заполнении формы;

– процессов накопления и удаления жидкой фазы из пространства модель-расплав;

– поведение водорода при заполнении формы расплавом и снятии теплоты перегрева;

– окисляемости алюминиевой бронзы в полости формы при заполнении формы расплавом.

3. Исследование влияния взаимодействия алюминиевых и оловянных бронз с газифицируемой моделью и продуктами её разложения на образование дефектов поверхности и объема отливок, их механические свойства, газосодержание, химический состав, плотность и структуру при литье по газифицируемым моделям.

4. Разработка рекомендаций для промышленного использования литья по газифицируемым моделям отливок из литейных бронз.

5. Внедрение результатов исследований.

Глава II. Теоретический анализ взаимодействия алюминиевых и оловянных бронз с моделью и продуктами её разложения

Кинетика разложения модели в период заполнения формы расплавом.

Теоретический анализ фазового состава продуктов разложения газифицируемой модели в зависимости от важнейших кинетических факторов: температуры расплава и времени его взаимодействия с моделью показал, что при литье бронз по газифицируемым моделям в продуктах разложения модели основную долю (около 65 % по массе) составляет жидкая фаза; твердая фаза продуктов разложения газифицируемой модели состоит из пироуглерода (95 % по массе), отлагающегося на зеркале расплава, и сажистого углерода, образующегося в объеме между зеркалом расплава и фронтом разложения модели. Пироуглерод может препятствовать растворению водорода в расплаве.

Плавление пенополистироловой газифицируемой модели и удаление жидкой фазы из пространства модель-металл.

Теоретически показано, что при температурах заливки бронз жидкая фаза продуктов разложения модели не может полностью испаряться за время заполнения формы, поэтому должно происходить

накопление её на зеркале расплава. В результате этого термическое сопротивление зазора между моделью и металлом будет резко возрастать, что приведет к уменьшению скорости плавления модели. В действительности скорость подъёма расплава в форме остаётся практически постоянной, поскольку мы задаем постоянный расход расплава через канал в литниковой чаше путем поддержания постоянного гидростатического напора в ней.

Таким образом при заполнении формы расплавом для обеспечения постоянной скорости плавления модели часть жидкой фазы должна удаляться из пространства модель-металл. Удаление жидкой фазы может происходить за счёт вытеснения её в поры формы под действием гидростатического напора расплава в стояке. Объем вытесненной жидкой фазы пропорционален произведению площади, через которую она вытесняется, на глубину проникания её в форму с учетом пористости формы. Точное аналитическое определение глубины проникания охлаждающейся жидкости с переменной вязкостью сквозь зернистый слой, которым является форма, представляется весьма сложным даже при полном пренебрежении силами инерции.

Для приближенного анализа процесса удаления жидкой фазы из полости формы было рассмотрено совместное решение уравнений установившейся фильтрации вязкой жидкости и движения охлаждающейся жидкости в канале. С учетом капиллярного давления жидкости было найдено выражение для определения глубины проникания жидкой фазы в поры формы:

$$z = \sqrt{\frac{C'_{ж} \gamma'_{ж} R \varepsilon^3 (\Delta p + p_6)}{\alpha K \mu a_0^2 (1 - \varepsilon)^3}} \ln \frac{t_{жф} - t_{ф}}{t_{кр} - t_{ф}},$$

где $C'_{ж}$ - теплоемкость жидкой фазы; $\gamma'_{ж}$ - плотность жидкой фазы; R - радиус капилляра; Δp и p_6 - избыточное и капиллярное давление; α - коэффициент теплоотдачи; K - константа Козени-Кармана; μ - коэффициент вязкости; a_0 - удельная поверхность зернистого слоя; ε - пористость формы; $t_{жф}$ и $t_{ф}$ - температура жидкой фазы и формы; $t_{кр}$ - температура схватывания отирола.

Анализ полученного выражения показывает, что проникание жидкой фазы в поры формы возможно только при $\Delta p > p_6$. При $\Delta p \leq p_6$ на зеркале расплава будет накапливаться жидкая фаза продуктов разложения модели. Количество вытесненной жидкой фазы в поры формы зависит от пористости формы и температуры жидкой фазы, с увеличением которых увеличивается глубина прони -

кания, а следовательно и количество вытесненной жидкой фазы.

Поведение водорода при литье алюминиевой и оловянной бронз по газифицируемым моделям.

В составе паро-газовой фазы над зеркалом расплава при литье бронз по газифицируемым моделям находится до II-16 % водорода (по объёму). Алюминиевые и оловянные бронзы, как и все медные сплавы, склонны к растворению в них водорода. В работе был проведен термодинамический анализ растворимости водорода в бронзах Бр. АЖ9-4Л и Бр. ОЦНЗ-7-5-1.

Расчет растворимости водорода в Бр.ОЦНЗ-7-5-1 с учетом его активности и содержания над зеркалом расплава 16 % (объемных) показал, что содержание его в расплаве будет в пределах $1,52 \text{ см}^3/100\text{г}$, а в бронзе Бр.АЖ9-4Л - $1,7 \text{ см}^3/100\text{г}$. Массопередача из парогазовой фазы в расплав может существенно зависеть от состояния поверхности зеркала расплава. Одним из важных факторов, препятствующих растворению водорода в бронзах при литье по газифицируемым моделям является пленка пироуглерода, которая отлагается на зеркале расплава в результате разложения углеводов паро-газовой фазы. При литье алюминиевой бронзы дополнительным сопротивлением растворению водорода из паро-газовой фазы в расплаве является пленка окиси алюминия. Проведенный анализ показал, что получение отливок из алюминиевой и оловянной бронз по газифицируемым моделям возможно без опасения увеличения содержания водорода в расплаве.

Окислительно-восстановительные процессы на зеркале расплава при литье алюминиевых и оловянных бронз по газифицируемым моделям.

При литье бронз по пенополистироловым газифицируемым моделям над зеркалом расплава образуется углерод и паро-газовая фаза, состоящая из газов - восстановителей и окислителей, углеводов, азота и паров воды.

Термодинамический анализ окислительно-восстановительных процессов происходящих в полости формы на зеркале расплава показывает, что при литье алюминиевой (Бр.АЖ9-4Л) и оловянной (Бр. ОЦНЗ-7-5-1) бронз по газифицируемым моделям возможно восстановление окислов металлов (кроме Al_2O_3) газами-восстановителями и углеродом. При литье алюминиевой бронзы паро-газовая фаза и углерод предохраняют расплав от окисления.

Таким образом, паро-газовая фаза и углерод, образующиеся

при разложении газифицируемой модели оказывают положительное действие на качество отливок, особенно при литье алюминиевых бронз.

Глава III. Экспериментальное исследование взаимодействия алюминиевых и оловянных бронз с моделью и продуктами её разложения

Экспериментальные исследования проводили на образцах-пластинах размерами 100х330 и толщиной 15 и 30 мм. Модели изготавливали из плит пенополистирола марки ПСБ-Д-1 по ТУ6-05-21-13-72 и формовали в сухом кварцевом песке без связующего. Контрольные образцы тех же размеров заливали в просушенные песчано-глинистые формы. Применяли незапертую в стояке сифонную литниковую систему.

Бронзу Бр.АЖ9-4Л выплавляли из свежих материалов, а Бр. ОЦСНЗ-7-5-1 из чушковой бронзы Бр.ОЗЦ8С4Н1 в индукционной печи высокочастотной с графитовым тиглем емкостью 150 кг. Расплавы раскисляли фосфористой медью МФ3. Температуру контролировали термопарой ВР5/20; горячий спай защищали кварцевым наконечником.

Измерения пути по времени производили при помощи контактов установленных в тело модели, а температурного поля системы "модель-металл" при помощи ХА термопар с диаметром спая 0,2 мм, устанавливаемых в нижней, средней и верхней частях модели.

Установлено, что при скоростях подъема расплава в форме, ниже 2 см/с, между фронтом плавления модели и зеркалом расплава может быть паро-газовый зазор. Увеличение скорости подъема расплава в форме, выше 2 - 3 см/с, приводит к тому, что пространство между фронтом плавления модели и зеркалом расплава целиком заполняется жидкой фазой продуктов разложения модели. Дальнейшее увеличение скорости подъема расплава в форме, выше 5 - 6 см/с, приводит к резкому уменьшению зазора модель-металл; при этом наблюдаются значительные колебания скорости, особенно в начальный момент заливки, что может приводить к деформациям формы и браку отливок.

В начальный момент замещения модели расплавом происходит накопление жидкой фазы на зеркале расплава. В дальнейшем заполнение формы, в зависимости от скорости подъема расплава может происходить как с постоянным зазором, так и с его увеличе-

нием либо уменьшением. Последнее наблюдается при высоких скоростях подъема расплава в форме (выше 5–3 см/с), что является свидетельством вытеснения жидкой фазы из полости формы.

Непосредственными измерениями установлено, что температура жидкой фазы на зеркале расплава в форме при литье бронз изменяется в пределах 200–300°C.

Измерениями температуры формы показано, что жидкая фаза может проникать в песчаную форму. Глубина проникания жидкой фазы в поры увеличивается с ростом температуры жидкой фазы, давления создаваемого напором расплава в стояке и времени её контакта с формой. При температуре плавления стирола (164°C) проникание жидкой фазы в поры формы не наблюдается. Прониканию жидкой фазы в поры формы препятствует капиллярное давление, которое может быть в пределах 0,006–0,009 кгс/см².

Вытеснение жидкой фазы из полости формы зависит от скорости подъема расплава в форме. Чем выше скорость подъема расплава в форме, тем раньше начинается вытеснение жидкой фазы из зазора. При скоростях 7–8 см/с и выше вытеснение начинается практически с момента начала заполнения формы.

На основе экспериментальных данных и теоретического анализа показано, что механизм удаления жидкой фазы из полости формы зависит от скорости подъема расплава в форме. При скоростях 2–4 см/с удаление жидкой фазы происходит через боковую поверхность ограниченную фронтом плавления модели и зеркалом расплава. При скоростях расплава выше 4–5 см/с жидкая фаза прижимается к стенкам формы и распределяется по её поверхности, что способствует прогреву жидкой фазы и прониканию её в форму.

Исследование поведения водорода при заполнении формы расплавом и снятии теплоты перегрева проводили при помощи отбора жидкого расплава в кварцевые трубки при заполнении формы расплавом и в период снятия теплоты перегрева по истечении 10, 15 и 20 с после заливки. Вырезали также образцы из нижней, средней и верхней части отливок. Контрольные образцы заливали в просушенную песчано-глинистую форму.

Опыты показали, что в бронзе Бр.АЖ9–4Л при заполнении формы содержание водорода может повышаться на 22–29 % по сравнению с ковшевой пробой. В бронзе Бр.ОЦНЗ–7–5–I содержание водорода в период заполнения формы повышается на 50–60 % по сравнению с ковшевой пробой. Меньшая растворимость водорода в алюминиевой

бронзе в период заливки объясняется наличием на зеркале расплава окисной пленки алюминия, которая препятствует прониканию водорода в расплав.

Анализ содержания водорода в отливках из алюминиевой и оловянной бронз показал, что содержание его в отливках по газифицируемым моделям не превышает содержания в контрольных образцах, полученных в сухих песчано-глинистых формах.

Проведенное исследование позволяет утверждать, что возможно подлчать отливки из алюминиевой и оловянной бронз по газифицируемым моделям не опасаясь увеличения содержания в них водорода.

Окисляемость алюминиевой бронзы при литье по газифицируемым моделям исследовали используя пробу Добаткина-Зиновьева диаметром 60 мм и высотой 150 мм, которую отливали по газифицируемым моделям и в просушенную песчано-глинистую форму. Отливки образцов обрабатывали с торцев до одинаковой высоты. Затем образцы нагревали до температуры 800°C и осаживали до высоты 20 мм. По характеру боковой поверхности полученных образцов и их изломам оценивали наличие окисных плен в отливках.

При осадке нагретых контрольных образцов на боковой поверхности практически во всех случаях наблюдались трещины, причиной которых были окисные пленны. Боковая поверхность осажженных образцов, полученных по газифицируемым моделям, была чистой и не имела трещин, что указывает на предохранение расплава алюминиевой бронзы от окисления в полости форм.

Глава IV. Исследование влияния технологических факторов на качество отливок из алюминиевых и оловянных бронз при литье по газифицируемым моделям

Исследование влияния технологических факторов на образование дефектов поверхности и объема отливок из алюминиевой и оловянной бронз.

Исследовали влияние скорости подъема расплава в форме, температуры заливаемого расплава и толщины стенки отливки на качество поверхности и дефекты объема отливок, полученных в сухом кварцевом песке без связующего.

Установлено, что скорость подъема расплава в форме ниже 1-1,5 см/с не обеспечивает заполнения формы.

Изменение скорости подъема расплава в форме от 2 до

7-8 см/с при литье оловянной бронзы Бр.ОЦНЗ-7-5-I не оказывает влияния на образование дефектов поверхности и объема отливок. Увеличение скорости заливки выше 7-8 см/с может приводить к захвату жидкой фазы расплавом и образованию дефектов объема и поверхности.

Отливки из алюминиевой бронзы в большей степени подвержены образованию дефектов поверхности, особенно верхней торцевой части. На торцевой части отливок из бронзы Бр.АЖЭ-4Л при небольших (до 2-3 см/с) скоростях расплава в форме образуются дефекты от неразложившейся жидкой фазы - газовые вмятины и раковины. При увеличении скорости до 6 см/с на торцевой поверхности отливок наблюдаются дефекты типа неслитин. При дальнейшем повышении скорости до 8 см/с остаются лишь незначительные газовые вмятины.

Различие в дефектах поверхности отливок из бронз Бр.ОЦНЗ-7-5-I и Бр.АЖЭ-4Л указывает на особенности механизма образования дефектов от жидкой фазы в зависимости от характера затвердевания расплава. При одинаковых температурах и скоростных режимах заполнения формы и одинаковых скоростях охлаждения затвердевание бронзы Бр.ОЦНЗ-7-5-I имеет объемный характер, т.к. интервал затвердевания $\Delta t = 130-150^{\circ}\text{C}$; затвердевание бронзы Бр.АЖЭ-4Л протекает последовательно ($\Delta t = 5-10^{\circ}\text{C}$). Вследствие этого корка оловянной бронзы имеет низкую прочность и может легко деформироваться под действием гидростатического напора расплава при проникании жидкой фазы в поры формы, что и обеспечивает бездефектную торцевую поверхность отливки. Прочная корка алюминиевой бронзы не деформируется и сохраняет следы жидкой фазы, прижатой к потолку формы, в результате чего в отливке образуются дефекты. Поверхность отливок из бронзы Бр.АЖЭ-4Л при литье по газифицируемым моделям получается чистой, без пригара, вне зависимости от температуры заливки и скорости подъема расплава в форме. Отливки из бронзы Бр.ОЦНЗ-7-5-I имеют пригар тем больший, чем выше температура заливки. Для получения качественной, без пригара, поверхности отливок использовали окраску моделей противопригарной краской следующего состава (в % по массе): 4 % - раствор поливинилбутирала в этиловом спирте - 55 %, графит черный - 38 %, уголь древесный молотый - 7 %.

Влияние технологических факторов на механические свойства, плотность, структуру и химический состав отливок из алюминиевой и оловянной бронз по газифицируемым моделям.

Механические свойства, плотность, структуру, химический состав и твердость отливок исследовали на образцах в виде пластин размерами 100x330 мм и толщиной 15±30 мм. Пластины имели уклон 1:30 и прибыли рассчитанные по общеизвестным методикам.

Образцы по газифицируемым моделям заливали в сухой кварцевый песок без связующего, контрольные образцы в просушенную песчано-глинистую смесь. Подвод металла осуществляли через офонную литниковую систему.

Повышение температуры заливки бронзы Бр.АЖ9-4Л с 1100 до 1250°C незначительно влияет на механические свойства отливок толщиной стенок 15 мм. Механические свойства отливок толщиной стенок 30 мм с повышением температуры заливки несколько снижаются.

Механические свойства отливок по газифицируемым моделям не уступают контрольным и соответствуют ГОСТ 493-54.

С повышением температуры заливаемого расплава механические свойства бронзы Бр.ОЦНЗ-7-5-1 несколько понижаются, но остаются соизмеримыми со свойствами контрольных образцов и удовлетворяют ГОСТ.

Механические свойства бронз Бр.АЖ9-4Л и Бр.ОЦНЗ-7-5-1 не зависят от скорости подъема расплава в форме в диапазоне от 1,5 до 9,5 см/с, не уступают контрольным и соответствуют ГОСТ.

Плотность отливок из алюминиевой и оловянной бронз по газифицируемым моделям и контрольных, определяли методом гидростатического взвешивания теплелетов предназначенных для изготовления образцов на разрыв.

Средняя скорость отливок из бронзы Бр.АЖ9-4Л несколько превосходит плотность контрольных образцов отливок, что объясняется дополнительным отводом теплоты расплава на плавление и газификацию модели, а также на вторичную деструкцию паровой фазы, сконденсировавшейся на границе металл-форма в порах формы.

Скорость подъема расплава в форме практически не оказывает заметного влияния на плотность отливок из алюминиевой бронзы.

Повышение температуры заливки ведет к некоторому снижению

плотности отливок.

Плотность отливок из бронзы Бр.ОЦСНЗ-7-5-I несколько уступает плотности контрольных образцов. Повышение температуры заливки также ведет к снижению плотности отливок. Изменение скорости заливки от 2 до 8 см/с практически не влияет на плотность отливок.

Газифицируемая модель не оказывает влияния на микроструктуру и химический состав отливок из алюминиевой и оловянной бронзы.

Средняя твердость отливок, полученных из алюминиевой бронзы Бр.АЖ9-4Л по газифицируемым моделям, составляет НВ = 123 и превышает среднюю твердость контрольных образцов НВ = 119. Средняя твердость (НВ = 72) отливок из бронзы Бр.ОЦСНЗ-7-5-I, полученных по газифицируемым моделям несколько уступает контрольным, твердость которых равна в среднем НВ = 75.

Глава У. Рекомендуемые технологические режимы и внедрение результатов исследования

На основе теоретического и экспериментального исследования были разработаны практические рекомендации обеспечивающие получение качественных отливок из алюминиевых и оловянных бронз по газифицируемым моделям.

Главным условием получения качественных отливок из бронз является минимальное количество жидкой фазы на зеркале расплава к концу заполнения формы, так как основные дефекты образуются в верхней части отливки, причиной которых служит жидкая фаза. Это условие достигается за счёт увеличения скорости заливки, что способствует более полному вытеснению жидкой фазы в поры формы. Оптимальной скоростью подъёма расплава в форме, обеспечивающей получение качественных отливок из алюминиевых и оловянных бронз, является скорость в пределах 3-6 см/с.

Для получения качественных отливок из бронз целесообразно использовать сифонный не запёртый в стояке подвод расплава в форму. Оптимальная скорость подъёма расплава в форме задаётся сечением канала в литниковой чаше и уровнем в ней расплава. Размеры элементов литниковой системы могут быть приняты по следующему соотношению: $f_z : f_{ст} : f_{шл} : f_{литн} = 1 : 4 : 2 : 3$.

Температура заливки алюминиевой бронзы Бр.АЖ9-4Л и оловянной Бр.ОЦСНЗ-7-5-I должна быть не ниже 1130°C. Повышение температуры заливки более 1250°C ведет к увеличению окисляемости рас-

плава, повышенному газосодержанию и образованию газоусадочной пористости в отливках.

Указанные рекомендации проверены в производственных условиях на заводе "Динамо" им. С.М.Кирова на отливке червячного колеса из бронзы Бр.ОЦ5-5-5 и на ПО "Пензтяжпромарматура" на отливках токоуёмника из бронзы Бр.АЖ9-4Л. В результате применения данной технологии повысилась точность отливок, уменьшены припуски на механическую обработку, что дало снижение расхода металла на одной отливке в среднем на 25 - 30 %. Применение литья по газифицируемым моделям позволило повысить производительность труда, улучшить качество отливок и их точность, снизить трудоёмкость формовки, выбивки, очистки и обрубки отливок.

Общие выводы

1. Установлены закономерности процессов взаимодействия медных сплавов и газифицируемых пенополистироловых моделей при заполнении формы и затвердевании отливки состоящие в следующем:

а) жидкая фаза продуктов разложения газифицируемой модели при определенных режимах заполнения формы расплавом удаляется из полости формы под действием избыточного давления расплава в поры формы. Механизм удаления жидкой фазы из полости формы зависит от скорости подъёма расплава в форме. При скоростях выше 4-5 см/с жидкая фаза прижимается расплавом к стенкам формы, равномерно распределяясь по её поверхности, прогревается и впитывается в поры формы, что способствует получению отливок без дефектов поверхности и объёма;

б) паро-газовая фаза, образующаяся при разложении газифицируемой пенополистироловой модели, предохраняет расплав от окисления в полости формы при заливке, что позволяет получать отливки из легкоокисляемых медных сплавов без дефектов по окисным пленкам;

в) содержание водорода в отливках по газифицируемым моделям не превышает содержания его в отливках, полученных в сухих песчано-глинистых формах, что объясняется небольшим содержанием водорода над зеркалом расплава и предохранительным действием пленки пироуглерода.

2. Газифицируемая модель и продукты её разложения не оказывают влияния на химический состав и микроструктуру отливок из

алюминиевой (Бр.АЖ9-4Л) и оловянной (Бр.ОЦСНЗ-7-5-І). бронз.

3. Плотность отливок из алюминиевой и оловянной бронз по газифицируемым моделям не зависит от скорости подъема расплава в форме в пределах от 2 до 8 см/с и не уступает плотности контрольных отливок.

4. Механические свойства отливок из алюминиевой и оловянной бронз не зависят от скорости подъема расплава в форме в пределах 2 - 6 см/с. Изменение температуры заливки бронзы Бр.АЖ9-4Л от 1120 до 1250°C практически не изменяет механические свойства отливок. Механические свойства отливок бронзы Бр.ОЦСНЗ-7-5-І несколько снижаются с увеличением температуры заливки.

5. На основе указанных выше закономерностей установлены оптимальные режимы заполнения формы: скорость подъема расплава в форме в пределах 3-6 см/с и температура его заливки 1130-1250°C для получения отливок из бронз Бр.АЖ9-4Л и Бр.ОЦСНЗ-7-5-І без дефектов поверхности и объема.

6. На основе результатов исследования: разработаны и внедрены в промышленных условиях рекомендации по выбору и назначению технологических режимов получения отливок из литейных бронз по газифицируемым моделям в условиях завода "Динамо" им.С.М.Кирова и производственного объединения "Пензтяжпромарматура".

Основное содержание диссертации опубликовано в
следующих работах

1. Голотенков О.Н. Особенности формирования отливок из алюминиевых бронз при литье по газифицируемым моделям. "Перспективы расширения применения пластмассовой модельной оснастки и пенополистироловых газифицируемых моделей в литейном производстве", Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания. Ташкент, 1975 г., с. 73-75.

2. Голотенков О.Н. Механические свойства, плотность и газо-содержание отливок из бронзы Бр.АЖ9-4Л при литье по газифицируемым моделям. "Литейное производство", №11, 1976 г., с. 15-16.

3. Голотенков О.Н. Особенности формирования и физико-химического взаимодействия отливок из алюминиевых и оловянных бронз при литье по газифицируемым моделям. "Прогрессивные технологические процессы производства отливок из различных сплавов", Изд. Саратовского университета, 1976 г., с. 108-110.

4. Голотенков О.Н., Степанов Ю.А. Факторы качества бронзовых отливок по газифицируемым моделям, "Литейное производство", №3, 1977 г., с. 20-22.