

Секция МАШИНОСТРОЕНИЕ
Подсекция МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

26 апреля 2018 г., в 13³⁵, ауд. 221 корп. А
Научный руководитель – Околович Г.А., д.т.н., профессор
Секретарь – Широков Е.В., к.т.н., доцент

СОДЕРЖАНИЕ

1. РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СТЕРЖНЕВОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ РЕЧНОГО ПЕСКА С ДОБАВКАМИ НАНОДИСПЕРСНОГО ПИРОУГЛЕРОДА	
Григор А.С., Марков В.А., Ковылин С.Ю., Басова Е.М.	3
2. ОТВЕРЖДЕНИЕ ЖИДКОСТЕКОВЫХ СМЕСЕЙ РАЗБАВЛЕННЫМ УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ	
Григор А.С., Ковылин С.Ю., Марков В.А., Новоселов А.С.	7
3. КЛАССИФИКАЦИЯ БАРАБАННЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ ПО КОНСТРУКТИВНЫМ ПРИЗНАКАМ	
Марков В.А., Григор А.С., Ковылин С.Ю. Кутепова Н.Ю.	9
4. РЕЧНОЙ ПЕСОК КАК ОДИН ИЗ КОМПОНЕНТОВ ЕДИНОЙ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТОЙ СМЕСИ	
Григор А.С., Марков В.А., Ковылин С.Ю., Новоселов А.С., Басова Е.М., Кутепова Н.Ю.	19
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОТЛИВКАХ	
Григор А.С., Ковылин С.Ю., Козленкова Е.В., Нефедов А.С., Стрижко Т.А., Новоселов А.С.	22
6. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБОРОТНОЙ СМЕСИ	
Марков В.А., Григор А.С., Ковылин С.Ю., Климкин В.И.	24
7. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЛИТЕЙНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ЗАО «РОУ»	
Нефедов А.С., Григор А.С.	28
8. К ВОПРОСУ О РАЗДЕЛЕНИИ ПРУТКА НА ДЛИННОМЕРНЫЕ ЗАГОТОВКИ	
Бакланов Д.И., Герман С.В., Негодяев А.З.	32
9. ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ КОМПЕНСАЦИОННЫХ ПОЛОСТЕЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ СОРТОВОГО ПРОФИЛЯ В ЗАКРЫТЫХ КАЛИБРАХ	
Басова Е.М., Поксеваткин М.И., Негодяев А.З., Герман С.В., Бакланов Д.И.	34
10. ЗАПОЛНЯЕМОСТЬ КОМПЕНСАЦИОННОЙ ПОЛОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫТЯЖКИ ПРОКАТА	
Басова Е.М., Поксеваткин М.И., Негодяев А.З., Герман С.В., Бакланов Д.И.	36
11. ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ В ОПОКЕ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ УДАРНОМ ПРЕССОВАНИИ	
Лопатников Д.В., Козленкова Е.В., Алейников А.С., Москалёв В.Г.	38
12. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛИРУЕМОГО ВОЗДУХА В П-Г ФОРМЕ, ОТ ВЫСОТЫ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ УДАРНОМ ПРЕССОВАНИИ	
Лопатников Д.В., Козленкова Е.В., Алейников А.С., Москалёв В.Г.	40
13. СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КРЕМНИСТЫХ СТАЛЕЙ	
Беленко Н.А., Околович Г.А.	43
14. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ С ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ	

Собачкина Л.Д., Бутыгин В.Б., Демидов А.С.	45
15. ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ОТЛИВОК	
Кошелева Е. А. , Малькова Н. Ю. , Марширов И. В.	47
16. КОРРЕКТИРОВКА ДЕФЕКТОВ УСАДОЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	
Малькова Н. Ю. , Кошелева Е. А. , Марширов И. В.	49
17. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ «LVMFLOW CV» ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК	
Нефедов А.С. , Марширов И.В.	51
18. О ПРОВОЛОЧНОМ ИНДУКТОРЕ ТИГЕЛЬНОЙ ПЕЧИ	
Денисов Д. А., Левшин Г. Е.	54
19. СТАЛИ ДЛЯ ШТАМПОВ ГОРЯЧЕГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ	
Курдюмов О.Ю., Огневой В.Я.	57
20. ПОВЕРХНОСТНАЯ ЗАКАЛКА РАМЫ БОКОВОЙ ИЗ СТАЛИ 20ГФЛ БЫСТРОДВИЖУЩИМСЯ ПОТОКОМ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ	
Беленко Н.А., Околович Г.А.	58
21. ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ ИЗЛОЖНИЦЫ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МЕЛКИХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ОТЛИВОК С ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ В ВИДЕ ИЗОЛИРОВАННОЙ ПОЛОСТИ	
Широков Е.В., Нешатаев В.В., Стрижко Т.А.	61
22. АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕНТА-МОДЕЛЕЙ	
Мустафина Т.В. Мустафин Г.А.	63
23. АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛАСТИЧНЫХ ФОРМ ДЛЯ ДЕНТА-МОДЕЛЕЙ	
Мустафина Т.В. Мустафин Г.А.	65

**РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СТЕРЖНЕВОЙ
СМЕСИ НА ОСНОВЕ РЕЧНОГО ПЕСКА С ДОБАВКАМИ
НАНОДИСПЕРСНОГО ПИРОУГЛЕРОДА**

Григор А.С. – к.т.н., доцент, Марков В.А. – д.т.н., профессор,
Ковылин С.Ю. – директор*, Басова Е.М. – магистрант.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул),
ОП ООО «Полимет» (г. Барнаул, г. Тольятти)*

На современном этапе развития техники и отраслей народного хозяйства, и особенно в условиях перехода к рыночным отношениям перед литейным производством ставятся задачи повышения качества и товарного вида отливок, обеспечивающего выход на международный рынок. В этой связи литейщики разрабатывают новые технологические процессы получения отливок.

При нынешней ситуации повышения цен на материалы и энергоносители встал вопрос о нахождении более дешевого материала для изготовления форм и стержней. Этим материалом является речной песок.

Добыча и перевозка речного песка обходится дешевле и быстрее. Речной песок является песком низкого качества. Для улучшения качества отливок необходимо решить вопрос повышения качества речного песка. Основной проблемой при использовании речного песка является его низкая термостойкость, особенно при изготовлении крупных отливок сложной конфигурации, стержни и формы которых подвержены длительному термосиловому воздействию.

Реализация преимуществ песчано-глинистых смесей возможна в случае существенного улучшения их свойств и одновременной регенерации отработанных смесей.

Решение этих проблем осуществляется путем разработки новых составов смесей с различными органическими отвердителями, модификаторами, применением речного песка с добавками НДПУ.

Добавка НДПУ применяется не только для повышения термостойкости речного песка, но и для уменьшения пригара. Как связующее для такой смеси применялась глинистая составляющая 1,5 % и лигносульфанат 3,7 %. Полученная смесь была проверена на газопроницаемость, которая составила 279, сырая прочность 0,247.

В ходе исследований рассматривалась видоизмененная смесь в сравнении с базовой смесью используемой в технологическом цикле цеха ОАО «Барнаултрансмаш».

Во время выполнения экспериментов соблюдались инженерные требования к используемым материалам, согласно ГОСТ.

1. Для изготовления облицовочной смеси применять речной песок.
2. Песок должен быть просеянным, влажностью не более 0,2 %, температура не более 30 °С. Содержание глины в песке не более 2 % (превышение содержания глины приводит к ухудшению физико-механических свойств смеси).
3. В качестве связующего применяли лигносульфанат.

Таблица 1 – Состав смеси и ее физико-механические свойства

Речной песок	100 %
Огнеупорная глина	2,6 %
Асбестовая крошка	3 %
Каустическая сода	1,45 %
Лигносульфанат	5 %
Время перемешивания	10...15 мин
Газопроницаемость	119...226 ед
Прочность на сжатие по сырому	0,15...0,22 МПа·10 ⁻¹
Прочность на сжатие по сухому	2,5...3,8 МПа·10 ⁻¹
Влажность	3,75...4,75 %

Согласно нашим предыдущим исследованиям [1] было установлено, что по гранулометрическому составу речной песок соответствует наиболее распространенным применяемым ескам в современных чугунолитейных цехах.

При исследовании влияния количества НДПУ и времени перемешивания на влажность смеси, было установлено, что с увеличением содержания НДПУ и времени перемешивания стержневой смеси происходит снижение ее влажности (рисунок 1).

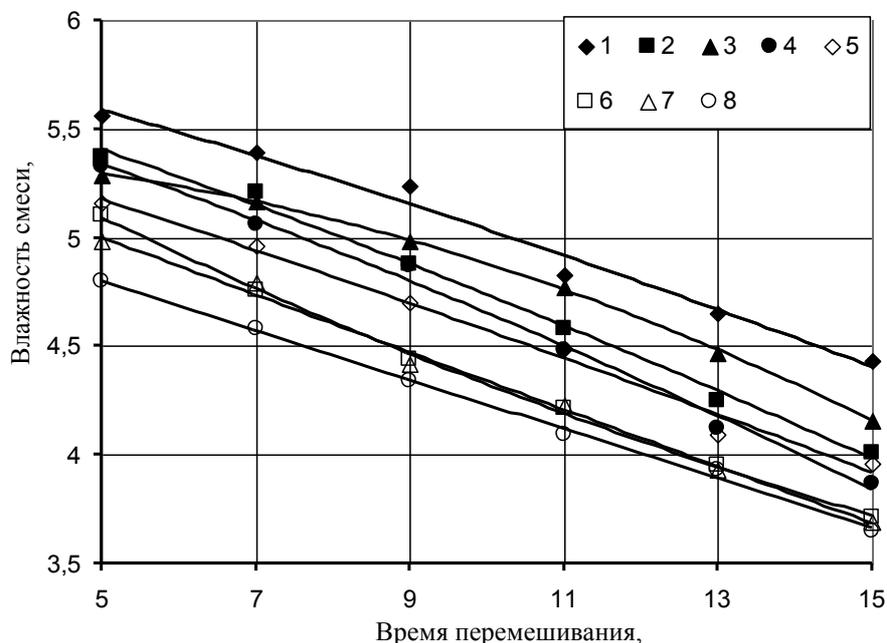


Рисунок 1 – Влияние времени перемешивания на влажность стержневой смеси в зависимости от содержания НДПУ: 1 – Без НДПУ; 2 – 0,4 % НДПУ; 3 – 0,5 % НДПУ; 4 – 0,6 % НДПУ; 5 – 0,7 % НДПУ; 6 – 0,8 % НДПУ; 7 – 0,9 % НДПУ; 8 – 1 % НДПУ.

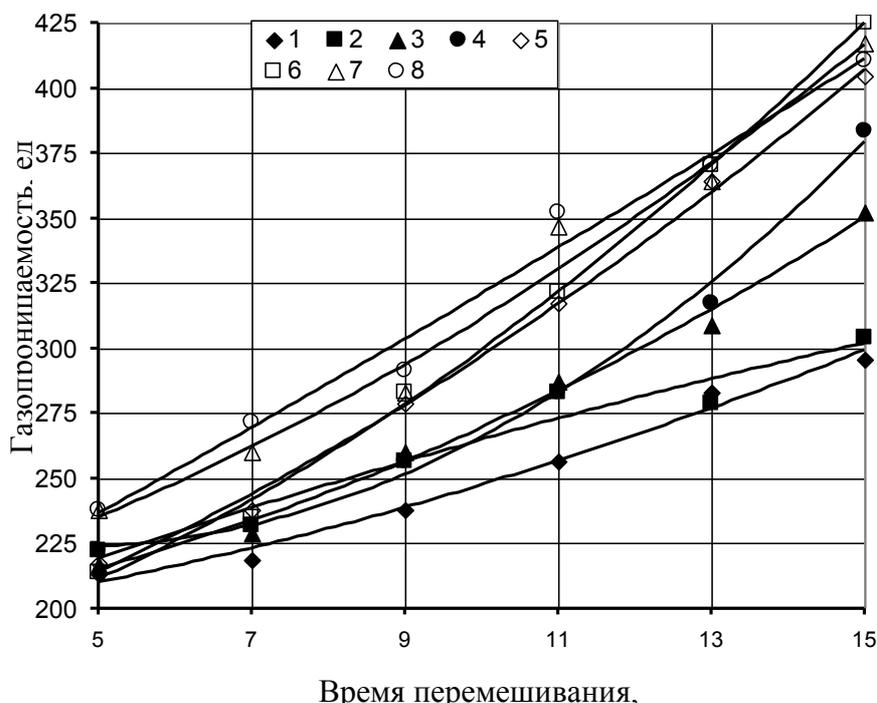


Рисунок 2 – Влияние времени перемешивания на газопроницаемость стержневой смеси: 1 – Без НДПУ; 2 – 0,4 % НДПУ; 3 – 0,5 % НДПУ; 4 – 0,6 % НДПУ; 5 – 0,7 % НДПУ; 6 – 0,8 % НДПУ; 7 – 0,9 % НДПУ; 8 – 1 % НДПУ.

Результаты испытания стержневой смеси на газопроницаемость представлены на рисунке 2. В ходе исследования влияния содержания НДПУ на газопроницаемость смеси было установлено, что при увеличении количества НДПУ и продолжительности времени перемешивания смеси происходит увеличение ее газопроницаемости.

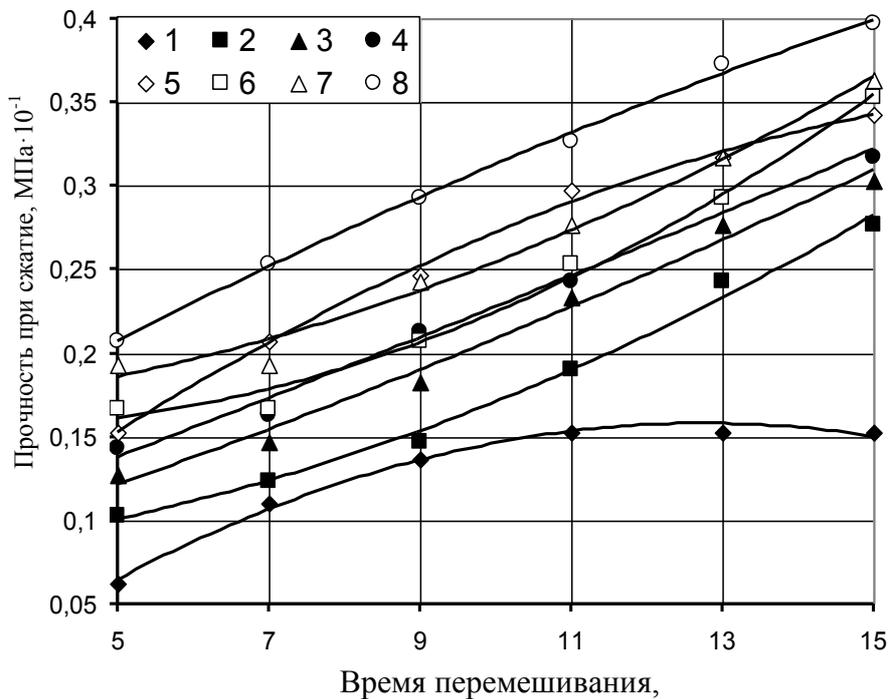


Рисунок 3 – Влияние времени перемешивания на прочность в сыром состоянии смеси в зависимости от содержания НДПУ: 1 – Без НДПУ; 2 – 0,4 % НДПУ; 3 – 0,5 % НДПУ; 4 – 0,6 % НДПУ; 5 – 0,7 % НДПУ; 6 – 0,8 % НДПУ; 7 – 0,9 % НДПУ; 8 – 1 % НДПУ.

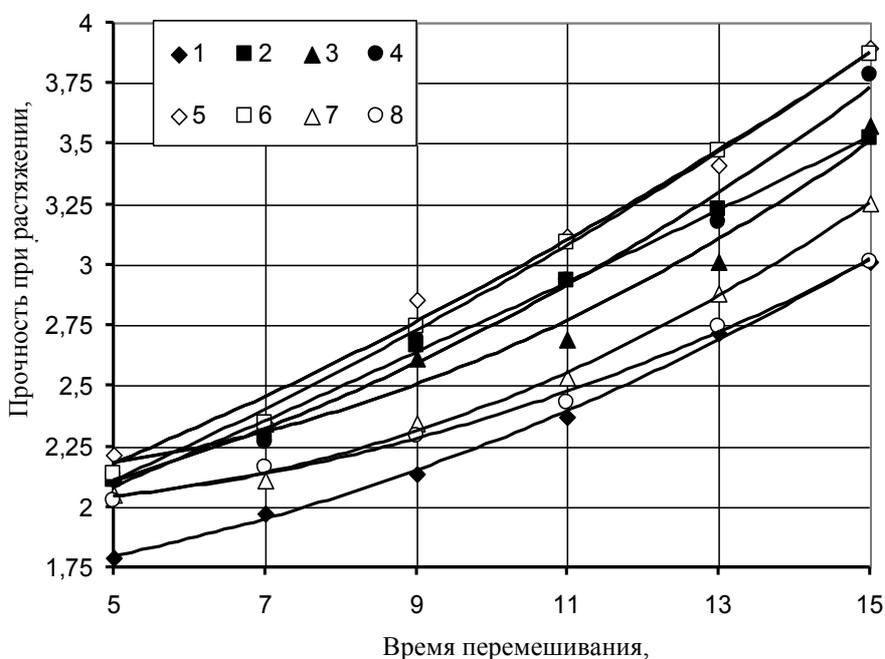


Рисунок 4 – Влияние времени перемешивания на сухую прочность стержневой смеси при растяжении в зависимости от содержания НДПУ: 1 – Без НДПУ; 2 – 0,4 % НДПУ; 3 – 0,5 % НДПУ; 4 – 0,6 % НДПУ; 5 – 0,7 % НДПУ; 6 – 0,8 % НДПУ; 7 – 0,9 % НДПУ; 8 – 1 % НДПУ.

Результаты исследования стержневой смеси на прочность при сжатии в сыром состоянии представлены на рисунке 3.

В результате испытания смеси на прочность при сжатии в сыром состоянии было установлено, что сырая прочность стержневой смеси при сжатии возрастает с увеличением содержания НДПУ и продолжительности времени перемешивания.

Результаты испытания стержневой смеси на прочность при растяжении в отвержденном состоянии представлены на рисунке 4.

В результате испытания смеси на прочность при растяжении в отвержденном состоянии было отмечено, как влияние содержания НДПУ в смеси на ее прочность, так и время перемешивания. Было установлено, что оптимальное содержание НДПУ, при котором достигается наибольшая прочность в смеси при растяжении в высушенном состоянии, составляет 0,7 %, а время перемешивания 15 минут.

Пригар был оценен визуально по сравнению с базовой смесью (применяемой в литейном цехе «Барнаултрансмаш»). Визуально было установлено, что при заливке СЧ 20 в сырую форму, пригар на разработанной смеси был меньше, чем пригар при заливке форм из базовой смеси.

Температура расплавленного чугуна 1600 °С, температура заливаемого металла 1580 °С. Оценка чистоты поверхности производится визуально после заливки и остывания отливки. Отметим, что оптимальное содержание НДПУ лежит в пределах 0,6...0,7 %. На обратной стороне отливки соприкасающейся с формовочной смесью заметны множество газовых раковин и есть определенный пригар. Стержни не покрывались краской.

Из проведенных исследований можно сделать вывод: применение речного песка возможно в чугунолитейном производстве при добавке в смесь НДПУ. Также эффективность применения речного песка в составе стержневых и формовочных смесей подтверждается исследованиями изложенных в работе [2].

Выводы

1. В результате исследований установлена принципиальная возможность применения готового НДПУ в качестве добавки улучшающей свойства речного песка. Введение НДПУ в смесь существенно не изменяет ее физико-механические свойства.

2. Экспериментально доказано, что наиболее эффективное применение речного песка наблюдается при содержании НДПУ в смеси 0,6...0,8 %, что объясняется оптимальным соотношением количества НДПУ и связующего лигносульфоната.

3. В результате исследований установлено, что речной песок, которым заменили в смеси кварцевый песок, вполне пригоден для использования в литейном производстве, но с условием образования термостойкой адгезивной оболочки, содержащей НДПУ. Замена кварцевого песка в смеси речным песком позволит сэкономить средства на приобретение формовочных материалов.

4. НДПУ, наряду с улучшением свойств речного песка и возникновением возможности применения речного песка в смеси, также устраняет накопление в оборотной смеси экологически вредных соединений, что предопределяет перспективность его применения в литейном производстве.

Список литературы

1. Григор, А.С. Применение в составе формовочных смесей речного песка с добавками механоактивированного компаунда [Текст] / А.С. Григор, В.А. Марков // Теория и практика литейных процессов. Труды Всероссийской научно-практической конференции 13 – 15 июня 2012 г. Новокузнецк 2012. – С. 132-136.
2. Перспективы применения Волжских речных песков в литейном производстве [Текст] / Н.А. Кидалов, Н.А. Осипова, И.Е. Поташова, Н.В. Григорьева // Литейное производство. – 2016. – №9 – С. 16-19.

ОТВЕРЖДЕНИЕ ЖИДКОСТЕКОЛЬНЫХ СМЕСЕЙ РАЗБАВЛЕННЫМ УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ

Григор А.С. – к.т.н., доцент, Ковылин С.Ю. – директор*,
Марков В.А. – д.т.н., профессор, Новоселов А.С. – магистрант.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул),
ОП ООО «Полимет» (г. Барнаул, г. Тольятти)*

Среди разнообразных вариантов технологии изготовления форм и стержней из смесей с жидким стеклом весьма перспективным является CO_2 – процесс. Однако из-за высокой скорости твердения и связанной с нею нестабильности процесса отверждения, заключающегося в «передуве» смеси и ее последующем разупрочнении с образованием засоров, ужимин, песочных раковин, а также из-за высокой остаточной влажности и большого расхода CO_2 (20...40 кг и более на 1 тонны отливок) этот технологический процесс недостаточно эффективен.

Существующие способы отверждения стержней и форм CO_2 не обеспечивают его полного усвоения, поэтому более половины используемого CO_2 безвозвратно теряется, загрязняя атмосферу цеха. Наиболее простым способом экономии CO_2 является снижение скорости его прохождения через смесь, однако при этом нарушается фильтрация CO_2 через слои продуваемой смеси, что влечет за собой неравномерное упрочнение стержней. Технически более сложно разбавление CO_2 каким-либо инертным по отношению к жидкому стеклу газом, например осушенным и очищенным воздухом, играющим роль носителя CO_2 и обеспечивающим его фильтрацию через поры смеси и наиболее полное усвоение.

Исследованию по использованию воздушно – углекислотой смеси для отверждения жидкостекольных смесей занимались как зарубежные, так и отечественные специалисты. В частности было установлено, что твердение происходит уже при 10 % – ном содержании CO_2 в газовой смеси. С уменьшением концентрации CO_2 для получения равной прочности необходимо увеличить длительность продувки. При содержании CO_2 50 ом % и более разница в длительности становится незначительной. При использовании высокомодульного жидкого стекла время твердения настолько мало, что появляется возможность сильно разбавить CO_2 .

Сокращение расхода CO_2 и его потерь является актуальной задачей, так как в ряде регионов страны снабжение заводов углекислым газом CO_2 связано с большими техническими и организационными трудностями.

По результатам исследований отечественных специалистов создана и прошла лабораторные и производственные испытания специальная установка для отверждения жидкостекольных стержней воздушно – углекислотной смесью [1]. Установка состоит из узлов подготовки воздуха и CO_2 (понижение давления и подогрев), смесителя и узла раздачи газовой смеси по рабочим местам. Воздух под давлением 0,5...0,7 МПа поступает из заводской пневмосети. Питание установки углекислым газом осуществляли от баллонной ramпы под давлением 6,1 Мпа.

Для безопасной работы на ветви высокого давления устанавливали обратный клапан и предохранительный клапан. В качества узла подготовки CO_2 использовали серийно выпускаемые рамповые кислородные редукторы и устройства подогрева CO_2 . Расход CO_2 измеряется дифманометром. Состав смеси контролируется газоанализатором. Узел раздачи воздушно-углекислотной смеси включает коллектор, систему вентиляей и трубопроводов для подачи смеси к рабочим местам стерженщиков.

Увеличение прочности смеси с ростом концентрации CO_2 сразу после продувки [1] обусловлено увеличением степени разложения жидкого стекла. Для практических целей, например, для того, чтобы стержневой ящик можно было раскрыть и извлечь из него стержень, достаточна прочность около 5 кгс/см² (изготовление стержней третьего – пятого классов сложности), что соответствует ~ 50 % - ной концентрации CO_2 .

Образцы, отверждаемые комбинированным способом (продувка CO_2 в сочетании с

сушкой на воздухе), продували воздушно – углекислотной смесью с концентрацией CO_2 0, 20, 40, 60, 80 и 100 %.

При длительном хранении наибольшую прочность имеет необработанная CO_2 смесь. С повышением концентрации CO_2 прочность смеси при хранении снижается. При интенсивном отверждении, когда сразу после продувки достигается высокая начальная прочность, отвержденные формы и стержни целесообразно сразу собирать и подавать под заливку. Если невозможно избежать простоя, то предпочтительно хранить формы и стержни в ожидании заливки в собранном виде, что предупреждает потерю влаги и обусловленное этим разупрочнение. Если формы и стержни были обработаны умеренной продувкой, то при их последующей выдержке прочность растет.

Оптимальная прочность ферм и стержней как сразу после отверждения, так и при длительном хранении получается в случае продувки смеси воздушно-углекислотной смесью с концентрацией CO_2 в ней 40...50 %. С повышением модуля M жидкого стекла прочность смеси снижается. Формы и стержни из смеси на высокомодульном ($M > 2,4$) жидком стекле не подлежат длительному хранению, так как их прочность при этом заметно снижается.

Технологический процесс изготовления стержней с помощью установки смешивания CO_2 с воздухом обрабатывали в 2 этапа. На первом этапе выбирали состав смеси, позволяющей уменьшить трудоемкость выбивки, снизить брак отливок по засорам и газовым раковинам, сократить расход CO_2 и облегчить ручной труд при выбивке стержней. На втором этапе находили оптимальную концентрацию CO_2 воздушно-углекислотной смеси, необходимую для отверждения стержней и устранения «передува» по сравнению с чистым CO_2 . Содержание жидкого стекла в смесях уменьшили на 25 %.

Основным фактором, влияющим на скорость отверждения, является количественный и качественный состав газовой смеси. Качественный состав определяется наличием в сжатом воздухе конденсата (влаги и масла) и твердых включений (окалина, окислов). При использовании неочищенного сжатого воздуха происходят конденсация и накопление в стержне избыточной влаги. Опасность выделения влаги из сжатого воздуха возникает при его относительной влажности > 30 %. На созданной установке достигается относительная влажность воздушно-углекислотной смеси < 10 %. Для очистки магистрального сжатого воздуха и CO_2 предусмотрены пылевые фильтры, предотвращающие засорение автоматического смесителя.

Конструкция стержневых ящиков в таком случае должна предусматривать дополнительные вентиляционные устройства для беспрепятственного проникновения газа через слой отверждаемой смеси.

Таким образом, в результате проведенных работ:

- экономия CO_2 за счет его разбавления воздухом достигла 30 %;
- увеличился срок хранения стержней, улучшилось их качество;
- облегчились условия труда за счет снижения энергетических затрат на уплотнение стержневой смеси;
- повысилась активность рабочих и производительность, снизился уровень травматизма.

Список литературы

1. Отверждение жидкостекляных смесей разбавленным углекислым газом [Текст] Е.А. Белобров, В.В. Чернявский и др. // Литейное производство. - 1987 г. № 2 – С. 10-12.

КЛАСИФИКАЦИЯ БАРАБАННЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ ПО КОНСТРУКТИВНЫМ ПРИЗНАКАМ

Марков В.А. – д.т.н., профессор, Григор А.С. – к.т.н., доцент,
Ковылин С.Ю. – директор*, Кутепова Н.Ю. – магистрант.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул),
ОП ООО «Полимет» (г. Барнаул, г. Тольятти)*

По конструктивным признакам все многообразие смесителей можно сгруппировать следующим образом.

1 Барабанные смесители.

1.1 барабанные смесители без рабочих органов.

1.1.1 Цилиндрические.

1.1.2 Конические.

1.1.3 Полигональные.

1.2 Барабанные смесители с рабочими органами.

1.2.1 Смесители с приводом на рабочие органы.

1.2.1.1 Барабанный валково-лопастной смеситель.

1.2.2 Смесители без привода на рабочие органы.

1.2.2.1 С фиксированным сквозным валом-катком и рыхлителем.

1.2.2.2 Смеситель с несвязанными стержнями-катками.

1.2.2.3 Смеситель с фиксированными стержнями-катками.

1.2.2.4 Смеситель с фиксированными катками.

1.2.2.5 Смеситель с независимыми катками и плужками.

1.2.2.6 Смеситель каскадный двухсекционный с катками и рыхлителем.

1.2.2.7 Смеситель каскадный двухсекционный с несвязанными стержнями-катками и маятниковыми катками с плужками.

Ниже представлен анализ некоторых из типов смесителей, имеющих характерные особенности в конструктивных решениях корпуса или рабочих органов, а также механизма движения организованного потока смеси в рабочем пространстве смесителя:

1. Барабанные смесители.

1.1. Барабанные смесители без рабочих органов.

1.1.3. Полигональный смеситель для порошковых материалов (рисунок 1).

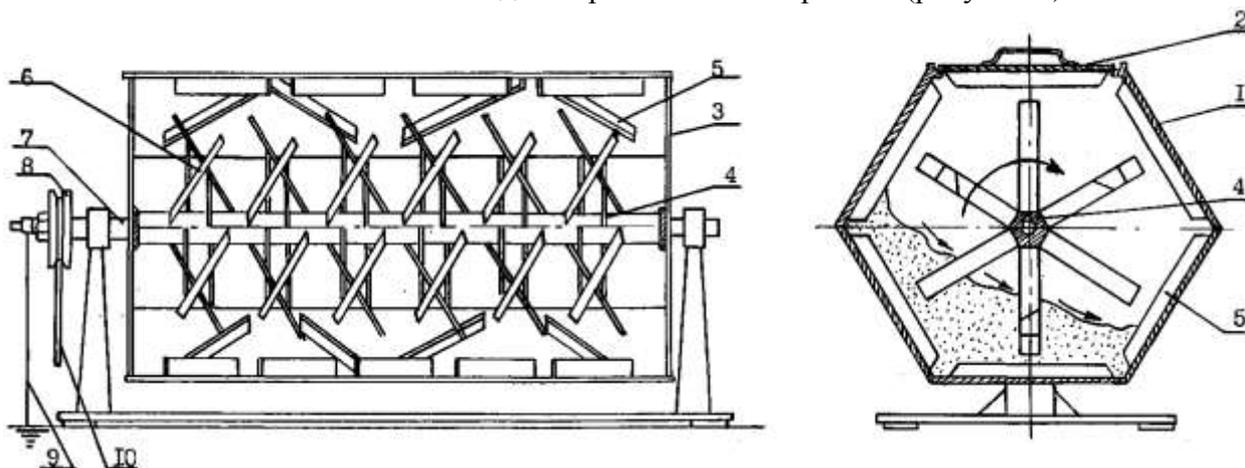


Рисунок 1 – Схема полигонального смесителя для порошковых материалов:

- 1 – шестигранный корпус, 2 – съемная крышка, 3 – стенка, 4 – шестигранная продольная ось, 5 – направляющие пластины, 6 – направляющие лопасти, 7 – поворотная цапфа, 8 – муфта привода, 9 – заземление, 10 – привод смесителя.

Барабанный смеситель периодического действия содержит шестигранный корпус 1 со съемной крышкой 2, с торцов корпус закрыт крышками, а внутри его неподвижно установлена шестигранная продольная ось 4, на которой по граням закреплены соединенные

попарно направляющие лопасти 6. На внутренних гранях корпуса и крышки по нормали к их поверхности неподвижно установлены направляющие пластины 5, плоскости которых расположены под углом 45...60° к оси корпуса, при этом пластины размещены на гранях таким образом, что на одной грани они установлены с равным шагом параллельно друг другу, а на смежной - попарно навстречу друг другу, что обеспечивает эффективное усреднение состава дисперсных сыпучих материалов. Корпус имеет цапфы для вращения от привода. Для снятия статического электричества, возникающего при смешивании сухих дисперсных композиций, корпус имеет заземление (рисунок 1).

Характерной особенностью является то, что он снабжен размещенными на внутренних гранях корпуса, перпендикулярно к их поверхности, неподвижными направляющими пластинами, плоскости которых расположены под углом 45...60 ° к оси корпуса, при этом пластины размещены попеременно на одной из граней с равным шагом параллельно друг к другу, а на смежной грани попарно под углом друг к другу.

При этом смеситель снабжен установленными на гранях продольной оси рядами с одинаковым шагом, попарно соединенными между собой направляющими лопастями, направление угла наклона которых в соседних рядах противопоставлено, при этом одна из лопастей в паре закреплена на грани перпендикулярно продольной оси, а другая наклонена под углом 45...60 ° к продольной оси.

Эффективность процесса смесеприготовления оценивается по коэффициенту вариации ключевого компонента в зависимости от времени смешивания.

Коэффициент вариации рассчитывается по формуле:

$$\gamma = \frac{S}{a} = \frac{1}{a} * \left(\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (a_i - a)^2 \right)^{\frac{1}{2}} * 100\%$$

Где γ – коэффициент вариации,

S – стандартное квадратичное отклонение;

a – заданное весовое содержание ключевого компонента;

a_i – весовое содержание ключевого компонента в i -той пробе,

n – число проб.

1.2. Барабанные смесители с рабочими органами.

1.2.1. Барабанные смесители с приводом на рабочие органы.

1.2.1.1. Барабанный валково-лопастной смеситель [1].

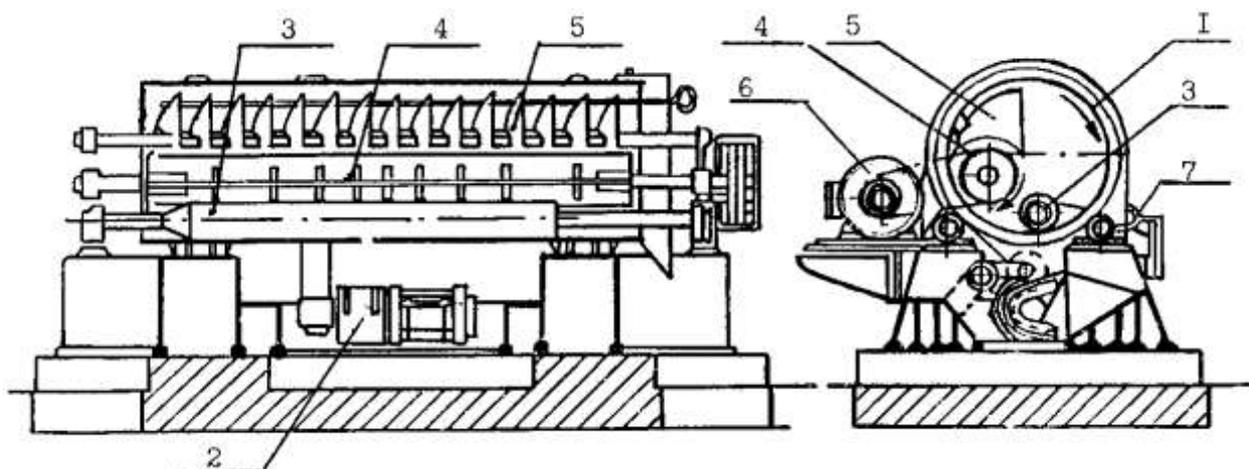


Рисунок 2 – Барабанный валково-лопастной смеситель: 1 – скребок. 2 – разрыхлитель, 3 – цилиндрический барабан, 4 – направляющие пластины, 5 – вал-каток

Барабанный смеситель непрерывного действия (рисунок 2) представляет собой цилиндрический барабан 3, внутри которого размещен вал-каток 5, рыхлитель 2, скребок 3 и направляющие пластины 4. Вал-каток 5 укреплен шарнирно на рычагах и собственным

весом прижимается к смеси, вращаясь за счет сил трения о смесь.

При перекатывании катка по слою смеси внутри барабана последняя уплотняется, что способствует внедрению глинистых частиц в поры между зернами смеси.

Для разрыхления и азирования уплотненной смеси по всей длине барабана размещены лопасти рыхлителя, к продольным кромкам которых привернуты зубчатые листы. Вращаясь от собственного привода, рыхлитель своими зубчатыми кромками сгребают смесь со стенки барабана и бросает ее на направляющие пластины. Последние установлены под углом к продольной оси барабана, образуя своеобразный винт, перемещающий смесь к выходному концу барабана.

В зависимости от необходимого времени перемешивания угол наклона направляющих пластин может быть изменен.

1.2.2. Барабанные смесители без привода на рабочие органы.

1.2.2.2. Барабанный смеситель с независимыми рабочими органами типа «стержни-катки» (рисунок 3) [2].

Барабанный смеситель содержит; привод 1, размещенный на катках 3, корпус 2, облицованный изнутри эластичным материалом 4 с низкой адгезией к связующим. Облицовочное покрытие закреплено с возможностью провисания под собственным весом. С одного торца корпуса установлен загрузочный 6, а с другой стороны разгрузочный 7 лотки, трубопроводы подачи жидких компонентов 8. Характерной особенностью конструктивного решения смесителя является то, что с целью повышения эффективности перемешивания, эксплуатационной надежности и расширения технологических возможностей смесителя он снабжен «стержнями-катками» 9, покрытыми эластичным материалом с низкой адгезией к связующим литейного производства, на корпусе выполнены вентиляционные отверстия 10, а трубопроводы подачи жидких компонентов выполнены с возможностью перемещения один относительно другого вдоль оси корпуса (рисунок 3).

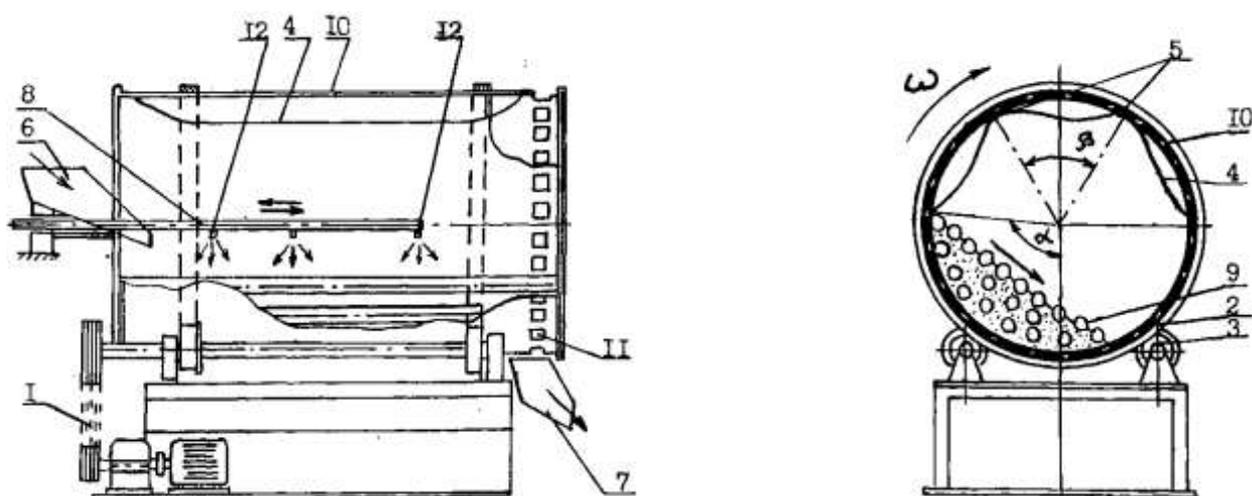


Рисунок 3 – Схема барабанного смесителя с независимыми рабочими органами типа «стержни-катки»: 1 – привод смесителя, 2 – корпус, 3 – катки опорные, 4 – эластичный материал, 5 – крепление эластичного материала к корпусу, 6 – загрузочный лоток, 7 – разгрузочный лоток, 8 – трубопроводы для подачи жидких компонентов, 9 – стержни-катки, 10 – вентиляционные отверстия, 11 – разгрузочные отверстия, 12 – распылителей жидких компонентов.

Рабочий процесс смесеприготовления осуществляют следующим образом. При вращении корпуса 2. за счет центробежной силы и силы трения стержни 9 и смесь смещаются на некоторый угол α относительно вертикальной оси корпуса и под действием силы тяжести начинают перекатываться в направлении, обратном вращению корпуса 2, что обеспечивает перемешивание компонентов смеси. В нижней части корпуса 2 участки облицовочного эластичного покрытия 4 прижимаются к стенке корпуса 2, который и воспринимает всю нагрузку.

По мере вращения корпуса 2 участки облицовочного эластичного покрытия перемещаются и выходят из зоны действия стержней 9. Под действием силы собственного веса участки эластичного облицовочного покрытия с образовавшейся из налипшей смеси корочкой начинают отделяться от стенки корпуса 2. Вентиляционные отверстия 10 исключают возможность вакуумирования полости, образованной эластичным облицовочным покрытием 4 и корпусом 2. Покрытие 4 прогибается вместе с налипшей на него корочкой смеси. Налипшая смесь, являясь вязкосыпучим телом, имеет низкую прочность на изгиб, в результате чего корочка смеси растрескивается и разрушается. Частицы корочки, отделившись от покрытия, вновь попадают в зону действия стержней 9, что устраняет зарастание рабочего пространства смесителя налипшей на стенки корпуса смесью и обеспечивает более равномерное распределение компонентов связующего по объему перерабатываемой смеси.

При переработке холоднотвердеющих смесей компоненты связующего с помощью трубопроводов 8 подаются в рабочее пространство смесителя. Для холоднотвердеющих смесей важным моментом является последовательность и время ввода компонентов связующего.

Если для конкретного состава холоднотвердеющей смеси требуется несколько жидких компонентов, то устанавливается соответственно необходимое количество трубопроводов.

1.2.2.3 Барабанный смеситель непрерывного действия с рабочими стержнями-катками органами типа «кассета» с фиксированными «стержнями-катками» (рисунок 4) [2].

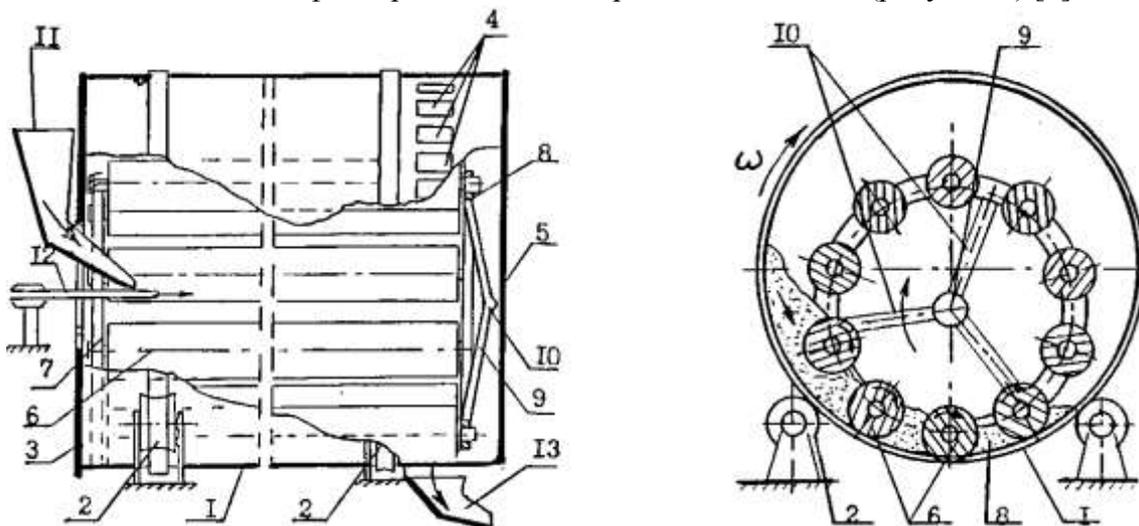


Рисунок 4 – Схема барабанного смесителя с рабочими органами типа «кассета» с фиксированными стержнями-катками: 1 – корпус, 2 – катки, 3 – крышка,

4 – разгрузочные отверстия, 5 – задняя крышка, 6 – стержни-катки, 7, 8 – кольца, 9 – спицы, 10 – ступица, 11 – вибралоток, 12 – трубопровод, 13 – лоток для готовой смеси.

Характерной особенностью барабанного смесителя непрерывного действия для приготовления формовочных смесей, содержащего приводной цилиндрический корпус с горизонтальной осью вращения, и с загрузочным окном с одного торца корпуса является то, что он имеет и разгрузочные щелевидные отверстия на корпусе у противоположного торца. Внутри корпуса расположены рабочие органы, выполненные в виде обрезиненных «стержней-катков». При этом с целью повышения эффективности процесса перемешивания «стержни-катки» торцовыми частями скреплены, посредством колец между собой по окружности с возможностью вращения каждого «стержня-катка» вокруг собственной оси.

В смесителе «стержни-катки» 6 скреплены между собой по торцам кольцами 7, 8 с возможностью вращения каждого из них относительно собственной оси. Наружный диаметр колец равен 0,6...0,75 внутреннего диаметра барабана, а расстояние между рабочими поверхностями двух смежных стержней-катков одинаково и равно 0,3...0,5 их диаметра. Кроме того, одно кольцо выполнено со спицами, соединенными в центре полусферической ступицы 10 (рисунок 4).

1.2.2.4. Барабанный смеситель с рабочими органами типа «смещенные катки» (рисунок 5) [2].

Смеситель состоит из цилиндрического корпуса 1, установленного на опорных катках 2, которые закреплены на раме 3 и имеют привод от электропривода 4 через редуктора 5. Корпус 1 с обоих торцов закрыт крышками 6 и 7, имеющих окна 8 и 9. Вибролоток 10 для подачи сухих компонентов установлен в окне 8 крышки 6, а трубопровод 11 с соплами 12 для подачи жидких компонентов смеси установлен в окне 9 крышки 7. На боковой поверхности корпуса 1 равномерно по окружности выполнены разгрузочные щелевидные отверстия 13, под которыми установлен приемный лоток 14, закрепленный на раме 3 (рисунок 5).

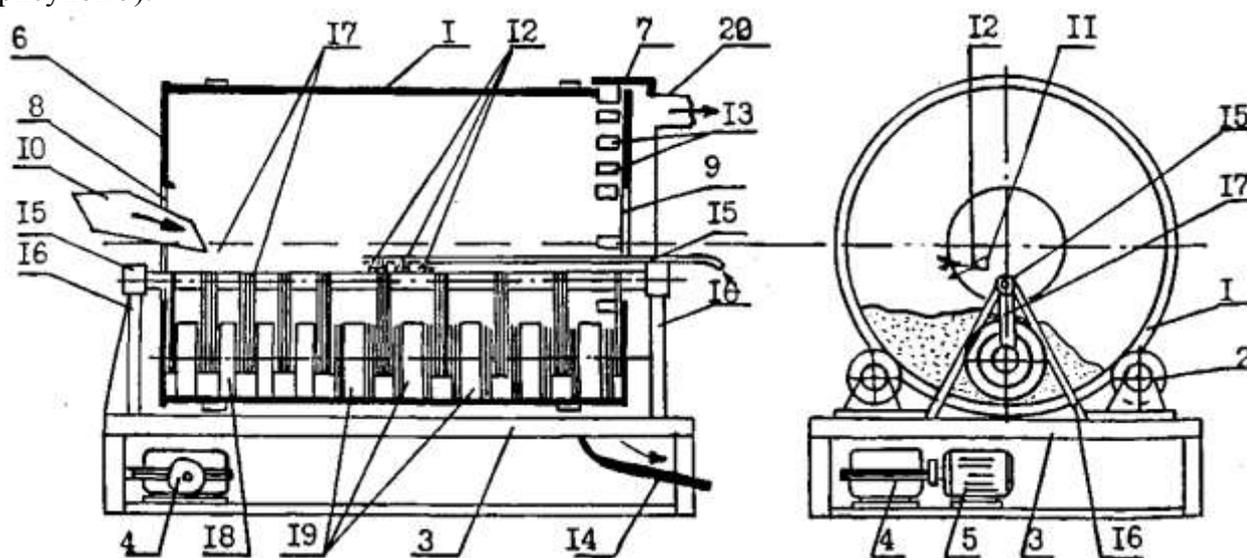


Рисунок 5 – Схема барабанного смесителя с рабочими органами типа «смещенные катки»: 1 – цилиндрически корпус, 2 – опорные катки, 3 – рама, 4 – редуктор, 5 – электродвигатель, 6, 7 – закрывающие крышки, 8, 9 – окна, 10 – вибрлоток, 11 – трубопровод для подачи жидких компонентов, 12 – сопло, 13 – щелевидные разгрузочные отверстия, 14 – приемный лоток, 15 – продольная ось, 16 – стойки, 17 – вилочные рычаги, 18 – разминающие катки, 19 – перетирающие катки, 20 – обод.

Внутри корпуса 1 установлена продольная ось 15, закрепленная с помощью стоек 16 на раме 3. Продольная ось 15 установлена со смещением h относительно центра корпуса.

На продольной оси 15 с помощью вилочных рычагов 17 шарнирно закреплены разминающие 18 и перетирающие 19 катки. Зона действия разминающих катков и перетирающих относятся как 1:2. Количество разминающих и перетирающих катков и их конструктивные размеры определяются размерами смесителя. За счет смещения продольной оси 15 относительно центра корпуса 1 катки 18 и 19 имеют наименьший зазор с корпусом 1 в нижнем положении, при отклонении катков от нижнего положения зазор увеличивается, что исключает заклинивание катков с корпусом смесителя. Каждый рычаг 17 выполнен в виде вилки, которая верхним отверстием шарнирно закреплена на продольной оси 15, а в нижних отверстиях установлена ось катка, при этом верхнее отверстие рычага 17 развернуто относительно нижних на угол $3...7^\circ$, в результате этого боковые поверхности каждого катка образуют аналогичный угол с плоскостью поперечного сечения корпуса 1.

Каждый разминающий каток 18 выполнен в виде жесткого колеса, содержащего обод 20, ступицу 21 и спицы-лопасти 22, поверхности которых повернуты относительно оси Катка на угол $15...20^\circ$. Величина угла α определяется условием захвата и пересыпания сухих компонентов смеси. Ограничение угла α в пределах $15...20^\circ$ определяется углом естественного откоса перерабатываемых материалов, который находится в пределах $20...32^\circ$ в зависимости от зернистости и начальной влажности оборотной смеси. Таким образом, при угле α более 20° не обеспечивается захват объемов смеси, а при значениях менее 15° уменьшается скорость осевого перемещения смеси.

Каждый перетирающий каток 19 выполнен в виде сплошного обрезиненного по рабочей поверхности диска 23, содержащего выступающую с двух сторон ступицу 24, на цилиндрической поверхности которой закреплены упругие разрыхляющие прутки 25, расположенные равномерно по окружности. Свободные концы прутков 25 изогнуты против направления вращения перетирающего катка 19 и не выступают за габариты его рабочей поверхности.

Компоненты смеси непрерывно подаются через загрузочное устройство в цилиндрический горизонтально расположенный корпус с закрепленными внутри него на продольной оси под углом к ней рабочими органами в виде катков. Продольная ось расположена с нижним вертикальным смещением относительно оси корпуса, что позволяет каткам пропускать крупные комья смеси при перемешивании. Катки выполнены в виде разминающих и перетирающих катков с вилочными рычагами, шарнирно закрепленных на продольной оси, причем разминающие катки выполнены со спицами в виде лопастей, расположенными под углом $15...20^{\circ}$ относительно их осей. Перетирающие катки выполнены в виде обрезиненных дисков с выступающими ступицами, на которых расположены изогнутые упругие прутки, выпуклость которых совпадает с направлением вращения катков. Такое выполнение катков обеспечивает транспортирование смеси вдоль продольной оси и эффективное ее перемешивание. Готовая смесь непрерывно удаляется из смесителя через разгрузочное устройство. Выполнение рабочих органов смесителя в виде разминающих и перетирающих катков позволяет повысить эффективность перемешивания и снизить энергозатраты.

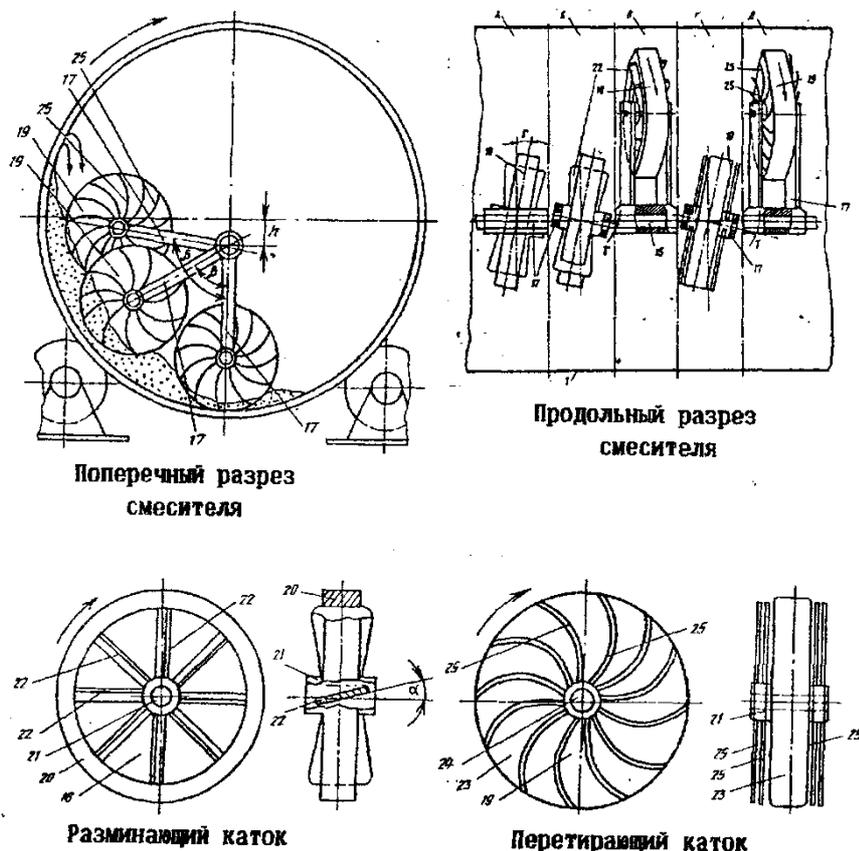


Рисунок 5 а – Фрагменты барабанного смесителя с рабочими органами типа «смещенные катки» (дополнение к рисунку 5): 1 – корпус ; 15 – продольная ось; 17 – вилочные рычаги; 18 – разминающий каток 19 – перетирающий каток; 20 – обод; 21 – ступица; 22 – спицы-лопасти; 23 – диск; 24 – ступица; 25 – разрыхляющие прутки; (α – угол поворота спицы-лопасти; β – угол отклонения катков; γ – угол поворота оси вилочного рычага: А, Б, В, Г, Д – зоны действия катков в рабочем пространстве смесителя

Эффективность перемешивания в барабанном смесителе обеспечивается за счет двух типов применяемых катков и их независимого воздействия на смесь, увеличения рабочих поверхностей, одновременно воздействующих на смесь. Использование рабочих органов только в виде катков обеспечивает также снижение энергозатрат по сравнению с известными типами смесителей.

1.2.2.5 Барабанный смеситель с рабочими органами типа смещенный каток-плужок (рисунок 6) [2].

Смеситель снабжен плужками 12, установленными шарнирно по горизонтальной оси, совпадающей с центром корпуса, причем каждый плужок кинематически связан с соответствующим вилочным рычагом 7 катка. Каждый плужок выполнен в виде двух пластин, соединенных под углом друг к другу и образующих своими плоскостями с внутренней поверхностью корпуса углы резания $\alpha = 15...20^\circ$. Суммарная ширина плужков равна длине корпуса барабана, Ось крепления выполнена смещенной относительно центра корпуса, при этом катки установлены по длине корпуса с шагом, равным ширине катка (рисунок 6).

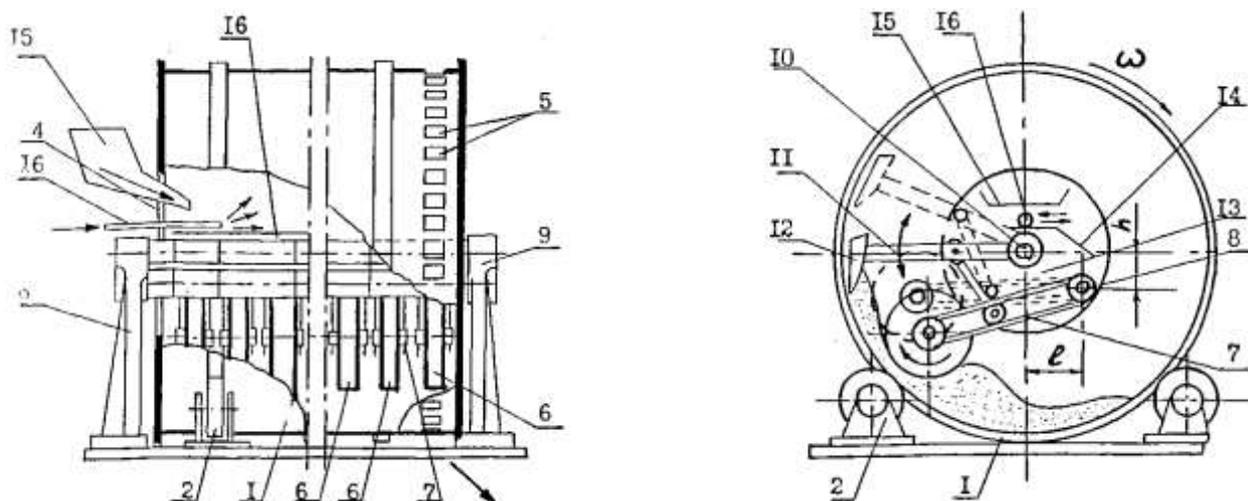


Рисунок 6 – Схема барабанного смесителя с рабочими органами типа смещенный каток-плужок:

- 1 – корпус, 2 – катки, 3 – крышка, 4 – окно для загрузки, 5 – отверстие для разгрузки, 6 – катки, 7 – вилочные рычаги, 8 – продольная ось, 9 – стойки, 10 – ось, 11 – кронштейны, 12 – плужки, 13 – тяги, 14 – кожух, 15 – вибралоток, 16 – трубопровод.

Величины h и l смещения оси в сторону, диаметрально противоположную каткам, определяются экспериментальным путем для каждого конкретного размера смесителя в зависимости от физико-механических свойств формовочной смеси и степени загрузки рабочего пространства смесью.

В смесителе плужки выполнены в виде двух пластин, соединенных между собой и образующих рабочими плоскостями с внутренней поверхностью корпуса угол резания, равный $15...25^\circ$, причем каждая пластина со стороны разгрузочных отверстий по ширине захвата выполнена больше смежной пластины, а суммарная ширина всех плужков равна длине образующей корпуса барабана.

В смесителе горизонтальная ось крепления вилочных рычагов установлена со смещением в горизонтальной плоскости относительно вертикальной оси корпуса в направлении, противоположном размещению катков, а последние смонтированы по длине корпуса с шагом, равным их ширине.

1.2.2.7 Барабанный смеситель непрерывного действия с рабочими органами типа «катки-плужки» с кинематической связью (рисунок 7) [2]

Смеситель состоит из корпуса 3, вращающегося на опорных катках 2. Со стороны загрузки на корпусе установлено загрузочное устройство 3, выполненное в виде усеченного конуса с окном. У противоположного торца на корпусе выполнены щелевидные разгрузочные отверстия 5. На стойках 6 установлена продольная ось 7, на которой шарнирно

закреплены кронштейны 8 с дополнительным плечом, на одном плече закреплен плужок 9 и на противоположном плече кронштейна шарнирно установлен вилочный рычаг 10 с катком.

Смежные плечи кронштейна выполнены под углом 110...140 °. На каждом рычаге 10 шарнирно закреплен стержень 12, который кинематически связан с плужком (рисунок 7).

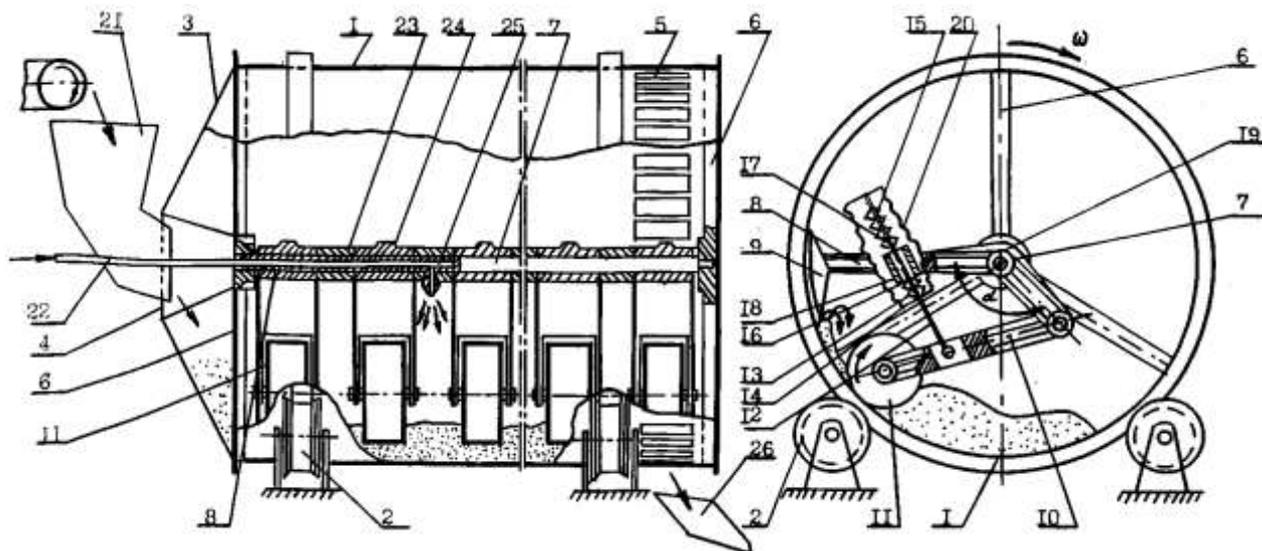


Рисунок 7 – Схема барабанного смесителя непрерывного действия с рабочими органами типа «каток- плужок» с кинематической связью: 1. – корпус смесителя, 2 – опорные катки, 3 – загрузочное устройство, 4 – окно, 5 – разгрузочное устройство, 6 – стойки, 7 – продольная ось, 8 – плечо кронштейна, 9 – плужок, 10 – вилочный рычаг, 11. – каток, 12 – стержень, 13 – резьба, 14, 15 – регулировочные гайки, 16, 17 – пружины, 18 – отверстия, 19 – шарнир, 20 – гофрированный чехол, 21 – вибрлоток, 22 – трубопровод, 23 – отверстие, 24 – втулка, 25 – сопло, 26 – приемный лоток.

Особенностью барабанного смесителя непрерывного действия для приготовления формовочных и стержневых смесей является то, что с целью повышения эффективности процесса перемешивания и расширения технологических возможностей каждый кронштейн плужков выполнен с дополнительным плечом, шарнирно связанным с вилочным рычагом катка и расположенным под углом к основному плечу.

При этом (кинематическая связь) шарнирно-рычажное соединение выполнено регулируемым по длине в виде стержня с резьбой, регулировочными гайками и пружинами. Свободный конец стержня размещен в отверстии шарнира на плече кронштейна.

Особенностью барабанного смесителя непрерывного действия для приготовления формовочных и стержневых смесей является то, что с целью повышения эффективности процесса перемешивания и расширения технологических возможностей каждый кронштейн плужков выполнен с дополнительным плечом, шарнирно связанным с вилочным рычагом катка и расположенным под углом к основному плечу.

При этом (кинематическая связь) шарнирно-рычажного соединения выполнена регулируемым, по длине в виде стержня с резьбой, регулировочными гайками и пружинами. Свободный конец стержня размещен в отверстии шарнира на плече кронштейна.

В каскадном барабанном смесителе непрерывного действия предназначен для приготовления формовочных смесей, содержащей горизонтальный цилиндрический вращающийся на опорных катках, связанных с приводом, корпус, внутри которого размещены рабочие органы, согласно полезной модели цилиндрический корпус выполнен в виде двух секций с самостоятельными приводными элементами, являющимися приводом, имеющих возможность вращения с разными угловыми скоростями и установленных соосно на единой раме. Первая секция выполнена меньшим диаметром с разгрузочными отверстиями, входящими во вторую секцию. Рабочие органы, установленные в первой секции, выполнены в виде несвязанных стержней-катков, а рабочие органы, установленные в

во второй секции, выполнены в виде ряда катков-плужков, шарнирно закрепленных с помощью рычагов на горизонтальной оси [3], [4].

Повышение эффективности перемешивания объясняется разделением корпуса смесителя на две секции, оборудованные отдельными приводными элементами, с разными рабочими органами. В первой секции обеспечивается дезагрегация и механоактивация компонентов оборотной смеси за счет движения потока смеси в вертикальной плоскости в связи, с чем сила веса смеси становится активной силой процесса смесеприготовления и более тесного контакта зерен смеси и рабочих органов смесителя, а во второй секции осуществляется основной процесс смесеприготовления для достижения требуемой технологической готовности формовочной смеси.

Каскадный барабанный смеситель, где на рисунке 8 – представлен общий вид каскадного барабанного смесителя непрерывного действия

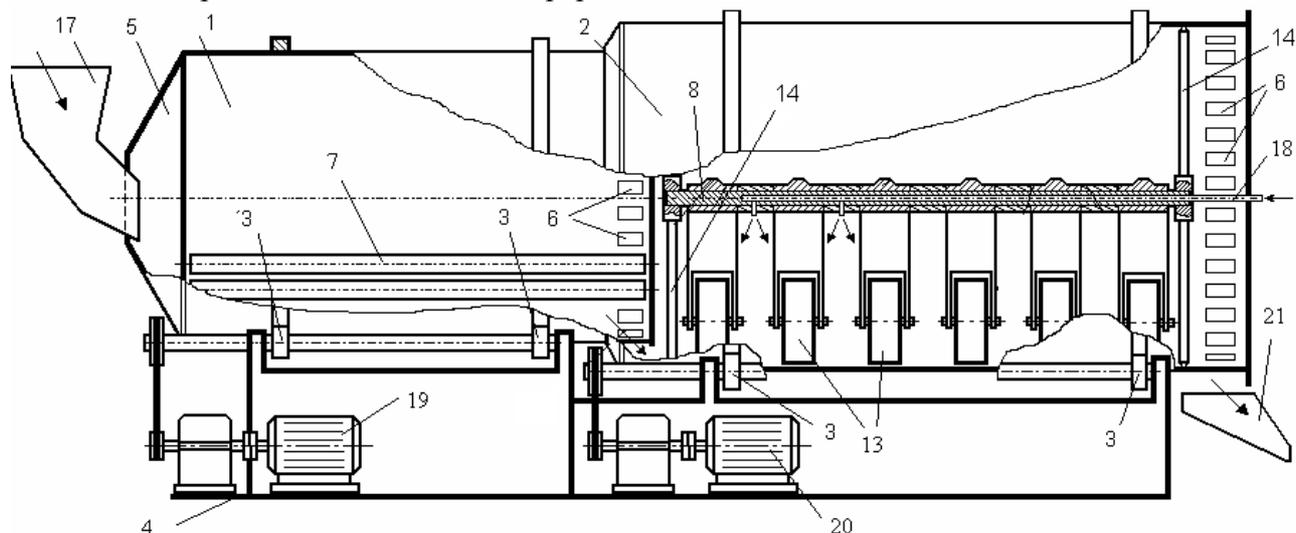


Рисунок 8 – Общий вид каскадного барабанного смесителя непрерывного действия

Предлагаемый каскадный барабанный смеситель непрерывного действия для приготовления формовочных смесей содержит горизонтальный цилиндрический корпус, выполненный в виде двух секций 1 и 2, вращающихся на опорных катках 3, установленных соосно на единой раме 4. Секция 1 выполнена меньшим диаметром, чем секция 2, ее торец со стороны загрузки корпуса закрыт конической крышкой 5, а с противоположной стороны имеет щелевидные загрузочные отверстия 6, входящие в смежный торец секции 2.

Внутри секции 1 установлены несвязанные рабочие органы, выполненные в виде несвязанных стержней-катков 7, а внутри секции 2 установлен ряд рабочих органов, выполненных в виде катков-плужков с кинематической связью, которые шарнирно закреплены на горизонтальной продольной оси 8.

Каждый кронштейн 9 плужков 10 снабжен дополнительным плечом 11, шарнирно связанным с рычагом 12 катка 13 и расположенным под углом α к кронштейну 9. Угол α может изменяться в зависимости от толщины слоя смеси под катком 13.

Катки 13 установлены на оси 8 по длине секции 2 с шагом, равным их ширине. Ось 8 секции 2 закреплена на распорных спицах 14, расположенных непосредственно внутри этой секции.

Плужки 10 выполнены из двух пластин 15 и 16, которые в плане образуют угол для перемещения смеси вдоль секции 2. Пластина 15, обращенная к разгрузочным отверстиям 6 секции 1, выполнена в 1,5...2 раза больше смежной пластины 16. При этом суммарная площадь всех плужков 10 равна внутренней длине секции 2. Поверхности пластин 15 и 16 плужка 10 образуют с внутренней поверхностью секции 2 угол резания β . Для исключения налипания смеси на поверхность плужка 10 величина угла резания β находится в пределах 15...25°.

В секции 1, в окне конической крышки 5 установлен вибрлоток 17 для подачи сухих

компонентов. Внутри оси 8 установлен трубопровод 18 для подачи жидких компонентов в секцию 2. Являющиеся приводом самостоятельные приводные элементы секций 1 и 2 выполнены в виде электродвигателей 19 и 20 соответственно. Опорные катки 3 связаны с электродвигателями 19 и 20. Поэтому секции 1 и 2 имеют возможность вращения с разными угловыми скоростями.

Секция 2 со стороны выполненных в ее торце для выхода готовой формовочной смеси щелевидных загрузочных отверстий 6 оборудована разгрузочным устройством 21.

Каскадный барабанный смеситель непрерывного действия для приготовления формовочных смесей работает следующим образом.

После одновременного включения электродвигателей 19 и 20 производится подача сухих компонентов вибрлотком 17. Сухие компоненты смеси попадают в секцию 1 и перемешиваются между движущимися стержнями-катками 7, где происходит их интенсивное перетирание и перемешивание за счет большого объема смеси, одновременно находящегося под действием стержней-катков 7. При этом в процессе перетирания элементарного объема смеси участвуют три поверхности, а именно поверхности двух рядом расположенных стержней-катков 7 и внутренняя поверхность секции 1, что обеспечивает эффективную дезагрегацию и механоактивацию компонентов оборотной смеси.

Объемы смеси, попадающие в зону действия стержней-катков 7, в которой расположены разгрузочные отверстия 6, под действием центробежной силы и давления стержней-катков 7 пересыпаются через разгрузочные отверстия 6 небольшими порциями, размеры которых зависят от ширины разгрузочного отверстия 6 и диаметра стержня-катка 7.

При выходе из вращающейся секции 1 компоненты смеси попадают в рабочее пространство вращающейся секции 2 и соответственно в зону действия катков 13. Одновременно по трубопроводу 18 подаются жидкие компоненты, и в зоне действия катков 13 происходит формирование сдвиговых деформаций в слое смеси перед катком 13, сжатие слоя смеси под катком 13, далее слой смеси под катком 13 срезается плужками 10; при этом пластина 15 срезает больше смеси, чем пластина 16. Срезанный слой смеси плужками 10 под действием собственного веса движется вниз и в пространстве между смежными катками 13 и за счет вращения корпуса секции 2 вновь попадает под катки 13. В процессе работы возможно увеличение слоя смеси под катком 13 (попадание кусочков стержней, сплески и тому подобное), каток 13 имеет возможность увеличивать зазор относительно внутренней поверхности секции 2 за счет шарнирного крепления рычага 12 на оси 8. В процессе работы возможно переуплотнение смеси под катком 13, в результате чего увеличивается нагрузка на плужок 10, который может переместиться под действием слоя смеси. При перемещении плужка 10 и кронштейна 9 за счет тяги плеча 11 каток 13 также перемещается с увеличением зазора между внутренней поверхностью секции 2 и катком 13, что приводит к снижению давления на смесь и устраняет ее переуплотнение. Готовая смесь через разгрузочные отверстия 6 выводится из смесителя и через разгрузочное устройство 21 направляется для дальнейшего использования.

Список литературы

1. Зайгеро́в, И.Б. Машины и автоматизация литейного производства / И.Б. Зайгеро́в. Минск «Высшая школа», 1968.-494 с.
2. Марков, В. А. Барабанные смесители для приготовления формовочных смесей / В.А. Марков – Барнаул: Изд-во АлтГТУ 1998, - 133с.
3. Патент на полезную модель № 97952 Российская Федерация, МПК В 22 С 5/18. Каскадный барабанный смеситель непрерывного действия для приготовления формовочных смесей / В.А. Марков, А.С. Григор, А.А. Марков, Н.А. Зоркальцева, А.Ю. Луганский; заявитель и патентообладатель Алт гос тех ун-т им. И.И. Ползунова. - № 2010119751; заявлена 17.05.10; опубликовано 27.09.10, бюл. № 27. – 2с.
4. Григор, А.С. Каскадный барабанный смеситель непрерывного действия для приготовления формовочных смесей / А.С. Григор, В.А. Марков // Ползуновский альманах. 2011. – № 4, – С. 75-77.

РЕЧНОЙ ПЕСОК КАК ОДИН ИЗ КОМПОНЕНТОВ ЕДИНОЙ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТОЙ СМЕСИ

Григор А.С. – к.т.н., доцент, Марков В.А. – д.т.н., профессор, Ковылин С.Ю. – директор*, Новоселов А.С. – магистрант, Басова Е.М. – магистрант, Кутепова Н.Ю. – магистрант Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул) ОП ООО «Полимет» (г. Барнаул, г. Тольятти)*

Последние годы перед литейным производством остро стоит вопрос об экономии затрат на формовочные материалы при производстве отливок. Уже несколько раз высказывалась гипотеза о замене карьерного песка на речной, в силу того, что второй является более дешевым, но здесь нужно помнить о стабилизации формовочной смеси, то есть поддержание ее свойств на требуемом уровне в процессе оборота. Это возможно лишь при вводе свежих добавок, которые компенсируют потери активных составляющих смеси. При проведении экспериментов использовалась как облицовочная формовочная смесь, в которой речной песок был в качестве свежей добавки, так и в качестве основного наполнителя единой песчано-глинистой смеси. Многократное изучение поведения речного песка в составе формовочной смеси позволило выяснить следующее:

- его гранулометрический состав зерновой основы близкий к карьерному песку марки $1K_2O_2O_2$ (рисунок 1) [1]. Наибольшее значение имеет величина зерен, а также их форма и состояние поверхности, что в свою очередь оказывает влияние на свойства формовочных смесей.

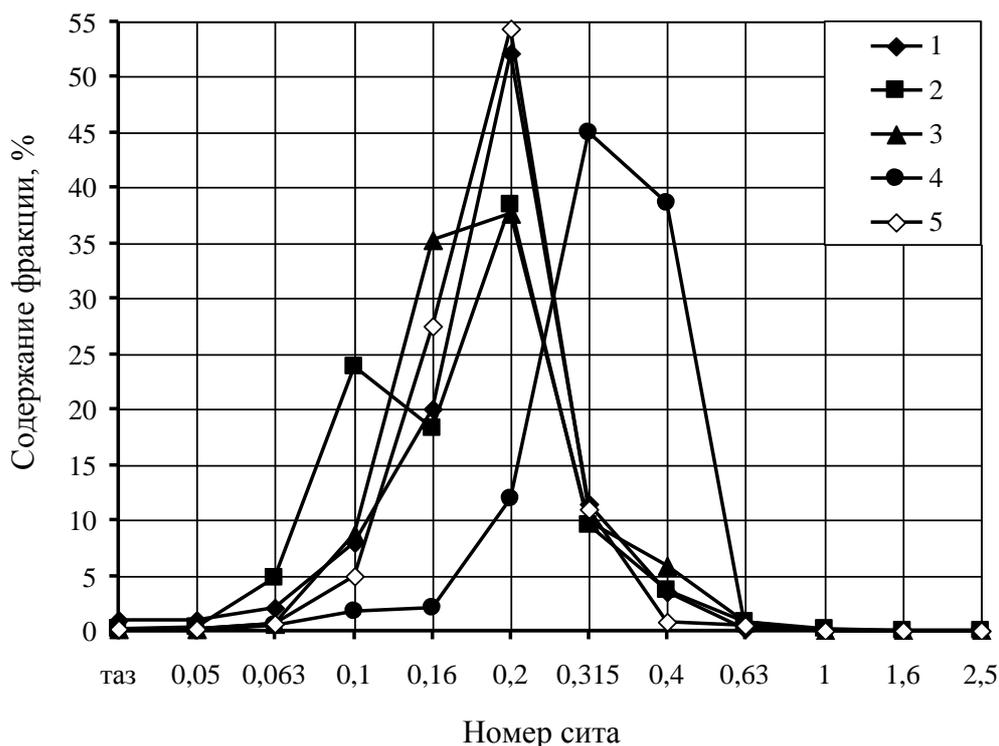


Рисунок 1– Гранулометрический состав речного песка и традиционных песков для чугунолитейных цехов: 1 – Речной песок, 2 – песок $5K_3O_3O_2$, 3 – песок $4K_2O_2O_2$, 4 – песок $3K_2O_2O_2$, 5 – песок $1K_1O_2O_2$

- прочностные и технологические свойства смеси на основе речного песка, определяемые в лабораториях АлтГТУ им. И.И. Ползунова и ОП ООО «Полимет», соответствовали требованиям технологической инструкции для получения отливок в ПФ (песчаных формах), то есть такие показатели, как прочность на сжатие, газопроницаемость и влажность подтверждают гипотезу об использовании в литейном производстве речного песка (рисунок 2).

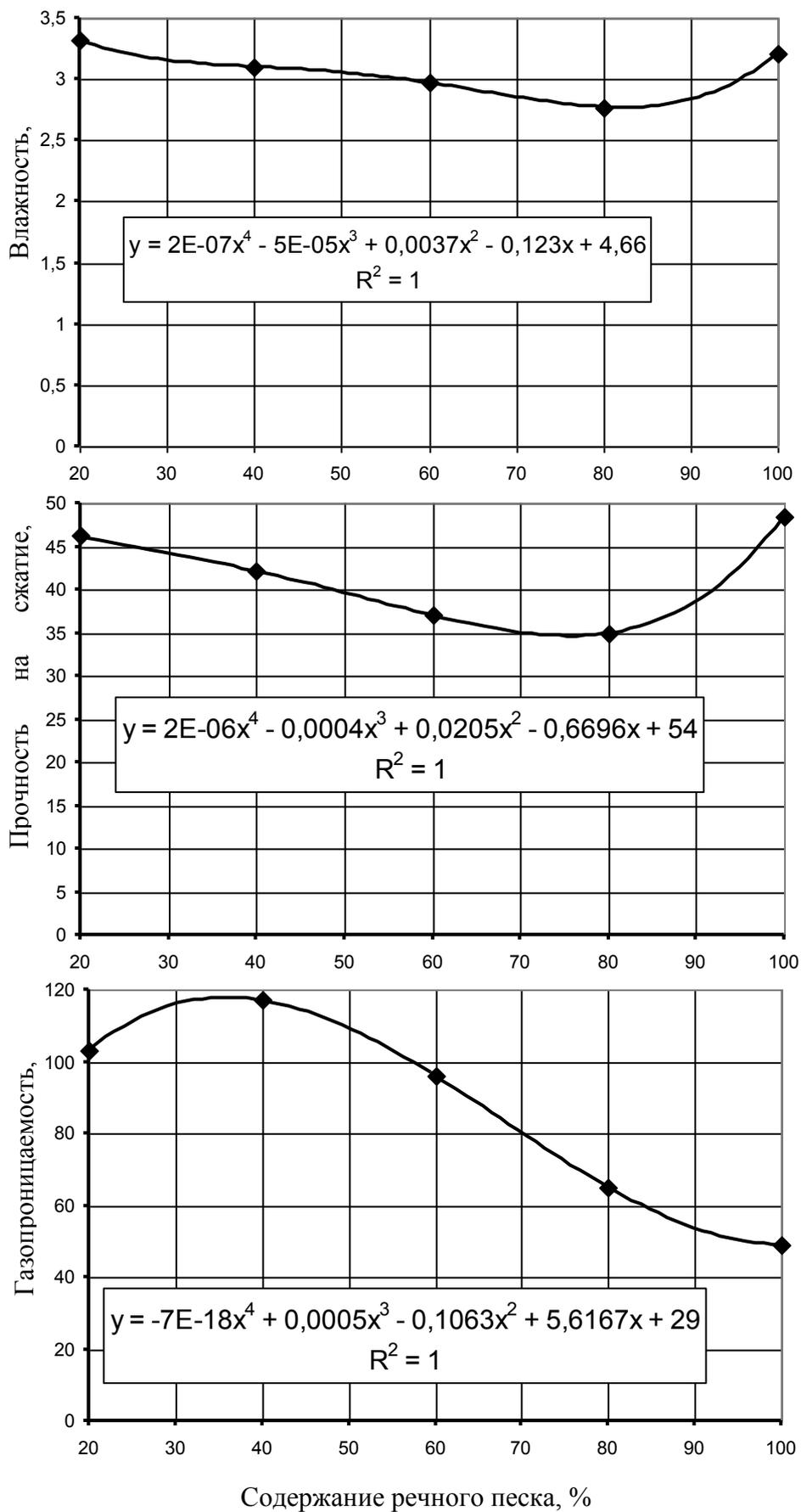


Рисунок 2 – Влияние количества речного песка на основные свойства единой песчано-глинистой смеси

Проверялось также поведение речного песка при заливке металла. Исследования проводились как на низкотемпературных сплавах, так и на высокотемпературных. Опасение было в том, что из-за большого количества слюды в составе речного песка, есть вероятность образования пригара. Как известно, слюда присутствует в песках в виде блестящих темных или серебристых чешуек. Из-за более низкой, чем у кварца, температуры плавления и взаимодействия с оксидами расплавленного металла эти примеси вызывают образование пригара на отливках. Наиболее распространены слюды: мусковит – белая калийная слюда ($K_2O - 3Al_2O_3 - 6SiO_2 - 2H_2O$) и биотит – черная железомagneзиальная слюда ($K_2O - 6(Mg,Fe)Al_2O_3 - 6SiO_2 - 2H_2O$). Твердость слюд по шкале Мооса 2...3, плотность 2700...3200 кг/м³, температура плавления 1150...1400 °С.

Исследования проводились на универсальной технологической пробе по определению пригара. В результате эксперимента были получены следующие образцы (рисунок 3).



Рисунок 3 – Образцы отливок, полученные на специальной технологической пробе для определения вероятности образования пригара [2], [3]

Поверхность отливок получалась как с множеством шероховатостей, так и «гладкая». Во время проведения многократных опытов поверхность отливок становилась более ровной. Это объясняется наличием в формовочной смеси противопригарной добавки нанодисперсного пироуглерода. Низкие огнеупорные свойства песка приводят к пригару и/или дефектам, связанным с прониканием металла в стержень. Такие дефекты предотвращаются использованием антипригарных добавок.. Введение частиц пироуглерода в состав адгезивной оболочки приводит к снижению возможности частицам глинистого связующего взаимодействовать между собой (агрегатироваться). Частицы пироуглерода при этом выполняют роль защитного экрана между соседними частицами глинистого связующего, в результате чего у них появляется большая возможность для гидратации и

образования адгезивного субстрата.

В данной работе была рассмотрена возможность сокращения затрат на компоненты формовочной смеси за счёт частичной замены карьерного кварцевого песка более доступным в экономическом плане речным. Данный метод представляется весьма прогрессивным при применении нанодисперсного пироуглерода в качестве противопопригарной добавки, в достаточной степени, компенсирующей различие химических составов этих материалов, составляющих основу формовочной смеси. Также эффективность применения речного песка в составе стержневых и формовочных смесей подтверждается исследованиями изложенных в работе [4].

Список литературы

3. Григор, А.С. Применение в составе формовочных смесей речного песка с добавками механоактивированного компаунда [Текст] / А.С. Григор, В.А. Марков // Теория и практика литейных процессов. Труды Всероссийской научно-практической конференции 13 – 15 июня 2012 г. Новокузнецк 2012. – С. 132-136.

4. Патент на полезную модель № 77809 Российская Федерация, МПК В 22 С 9/22. Технологическая проба для оценки влияния материалов литейной формы на формирование шероховатости поверхности отливок и вероятность образования пригара [Текст] / В.А. Марков.(RU), А.С. Григор.(RU), М.В. Миронова [и др.]; заявитель и патентообладатель АлтГТУ им. И.И. Ползунова.(RU). – опубликовано 23.11.08, бюл. № 31. – 2с.

5. Технологическая проба для оценки влияния материалов литейной формы на формирование шероховатости поверхности отливок и вероятность образования пригара [Текст] / В.А. Марков, А.С. Григор и др. // Наука и производство – 2009: материалы Международной научно-практической конференции: в 2 ч. – Брянск: БГТУ, 2009. – Ч.1. – С.76-78.

6. Перспективы применения Волжских речных песков в литейном производстве [Текст] / Н.А. Кидалов, Н.А. Осипова, И.Е. Поташова, Н.В. Григорьева // Литейное производство. – 2016. – №9 – С. 16-19.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОТЛИВКАХ

Григор А.С. – к.т.н., доцент, Ковылин С.Ю. – директор*, Козленкова Е.В. – магистрант, Нефедов А.С. – магистрант, Стрижко Т.А. – магистрант, Новоселов А.С. – магистрант. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул), ОП ООО «Полимет» (г. Барнаул, г. Тольятти)*

В процессе затвердевания и охлаждения отливки, в ней развиваются усадочные процессы. В твёрдой части затвердевающей отливки усадка сопровождается деформационными процессами. Внутренние напряжения в отливке возникают вследствие неравномерной и неодновременной усадки её частей. В зависимости от причин, вызывающих неравномерность усадки, внутренние напряжения подразделяются на следующие виды:

- Термические (температурные) напряжения σ_t обусловленные различной температурой разных частей отливки в процессе охлаждения.

- Фазовые напряжения σ_f , возникающие в результате неодновременного протекания фазовых и структурных превращений в отливке. Эти напряжения зависят от состава сплава и могут усиливать или ослаблять термические напряжения.

- Механические (усадочные) напряжения σ_{mt} , обусловленные механическим торможением усадки отливки со стороны формы. Сумма всех видов напряжений составляет литейные напряжения: $\sigma_l = \sigma_m + \sigma_f + \sigma_{mt}$

Таким образом, литейные напряжения развиваются внутри отливки - внутренние напряжения, которые могут быть временными или остаточными.

Временные напряжения существуют в отливке до тех пор, пока есть вызывающая их

причина.

Остаточные напряжения всегда являются внутренними, которые не зависят от внешних сил, связей отливки и уравниваются в её объёме.

При анализе охлаждения и усадки отливки можно определить следующий механизм формирования остаточных напряжений: На первом этапе охлаждения отливки, когда сплав переходит из жидкого состояния в твердое, сплав может пластически деформироваться под воздействием сколь угодно малых напряжений. При дальнейшем охлаждении отливки, когда сплав переходит из пластического состояния в упругое, развиваются напряжения, которые не релаксируются и происходит их нарастание.

Если развивающиеся внутренние напряжения превышают прочность сплава в конкретном температурном интервале, то происходит разрушение тела отливки, то есть образование горячих или холодных трещин.

Если внутренние напряжения не превышают прочности сплава, то они остаются в отливке, что приводит в дальнейшем к изменению конфигурации отливки (коробление) или короблению уже обработанных деталей, что снижает надёжность работы узлов машин и механизмов.

Таким образом, устранение остаточных напряжений, а также их количественная оценка является одной из актуальных задач литейного производства.

Для определения остаточных напряжений используют технологические пробы – усадочные решетки (прямоугольные, кольцевые, треугольные). Несмотря на различную конфигурацию технологических проб, они имеют два основных сопряженных элемента – толстые и тонкие брусья, соединенные перемычками.

В данной лабораторной работе остаточные напряжения определяются на прямоугольной усадочной решетке (рисунок 1).

Условие равновесия внутренних напряжений определяется уравнением:

$$\sigma_2 \cdot f_2 = 2\sigma_1 \cdot f_1$$

где f_1 и f_2 площади сечения тонкого и толстого брусьев. σ_1 и σ_2 напряжения в тонком и толстом брусьях, кг/мм².

Напряжения σ_1 и σ_2 вызывают упругие деформации сжатий Δ_1 в тонких брусьях и растяжения Δ_2 в толстом бруссе, определяемые по формулам: $\Delta_1 = \frac{\sigma_1 \cdot l}{E}$ и $\Delta_2 = \frac{\sigma_2 \cdot l}{E}$ соответственно.

где - l длина брусьев; E – модуль упругости сплава.

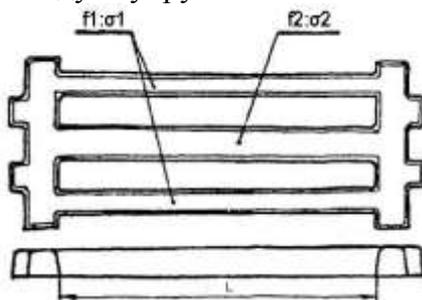


Рисунок 1 – Усадочная решетка для определения остаточных напряжений

Если разрезать толстый брус, то напряжения снимутся и брус перейдет в свободное состояние, размеры его сократятся. Абсолютное изменение размера Δ будет соответствовать величине упругих деформаций Δ_1 и Δ_2 то есть

$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 = \frac{\sigma_1 \cdot l}{E} + \frac{\sigma_2 \cdot l}{E}$ выразив σ_1 через σ_2 получим:

$$\Delta = \frac{2\sigma_2 \cdot f_2 \cdot l}{f_1 \cdot E} + \frac{\sigma_2 \cdot l}{E} \sigma_2 = \frac{\Delta \cdot E \cdot f_1}{(2f_2 + f_1) \cdot l}$$

При расчёте площадь сечения f_1 и f_2 длину l величину деформации Δ получают по отливке – усадочной решетке, значения модуля упругости могут быть взяты из справочной литературы или испытуемого сплава определены опытным путём. Величина остаточных напряжений зависит от времени охлаждения отливки в форме и свойств формы (Податливость, теплопроводность).

Нами была поставлена задача определить влияние материала литейной формы на формирование величины внутренних в отливки из алюминиевого сплава.

В качестве объекта исследования были выбраны 4 состава формовочной смеси:

- единая формовочная смесь чугунолитейного цеха ОАО «Алтайский завод агрегатов»;
- холоднотвердеющая смесь – α -set процесс;
- жидкостекольная смесь отверждаемая жидким катализатором;
- новая холоднотвердеющая смесь, разработанная специалистами АлтГТУ и которая сейчас проходит производственные испытания и патентование.

Все смеси готовили в лабораторном катковом смесителе, к качестве зерновой основы был выбран песок марки 2К₃О₄03 Янгельского ГОК.

Отливки после выбивки охлаждались на воздухе до комнатной температуры. Каждая охлажденная отливка обмеряется для точного определения f_1 и f_2 . Наносятся риски или кернения на центральный брус на расстоянии 20 мм друг от друга. После разметки производится поперечный разрез центрального бруса между рисками и повторный замер расстояния между рисками. Затем производится расчёт значений σ_1 и σ_2 .

Результаты работы показали, что наибольшей податливостью обладает песчано-глинистая смесь, кристаллизация отливки протекает равномерно, затрудненная усадка отсутствует. Отливка, полученная в жидкостекольную форму, имела самые высокие внутренние напряжения из всех испытуемых, это можно объяснить низкой податливостью литейной формы. Отливки полученные в литейные формы из α -set процесс и смеси предложенной специалистами АлтГТУ немного уступают по податливости песчано-глинистой смеси.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБОРОТНОЙ СМЕСИ

Марков В.А. – д.т.н., профессор*, Григор А.С. – к.т.н., доцент*,

Ковылин С.Ю. – директор**, Климкин В.И. – генеральный директор***

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)*,

ОП ООО «Полимет» (г. Барнаул, г. Тольятти)**,

ООО «Каменский металлзавод» (г. Камень-на-Оби)***

Тепловое взаимодействие материала формы и металла отливки представляет собой очень сложный процесс, в результате которого формируются все основные свойства отливки конфигурация, пористость, усадка, пригар и так далее В совокупности эти свойства характеризует качество получаемого изделия. Во многом качество отливки связано с формовочной смесью, которая претерпевает значительные изменения в результате теплового взаимодействия с расплавом. Так происходит невосполнимая утрата различных составляющих смеси (бентонит, углеродсодержащие и другие добавки), которые необходимо будет восстановить в процессе освежения. Помимо этого в результате многочисленных циклов получения отливок, в которые вовлечена формовочная смесь, происходит изменение ее гранулометрического состава. Формовочный материал переходит в новое качественное состояние. В связи с тем, что единые песчано-глинистые смеси на 90...98 % состоят из оборотной смеси, влияние добавок вводимых в процессе освежения не значительно. Поэтому качество готовой формовочной смеси будет напрямую зависеть от параметров оборотной смеси (температура, влажность, содержание активных добавок), с которыми она поступает в смеситель. Зная условия прогрева формы, при наличии математического аппарата мы сможем аналитически рассчитать утраты добавок, что приведет не только к минимизации

затрат на освежение формовочной смеси, но и повышению качества отливок.

Процесс распространения тепла в отливке и в форме полностью определяется их температурным полем. В качестве кривой, описывающей температурное поле литейной формы, Вейником А.И. было предложено уравнение параболы n -го порядка [1, 2]:

$$T = (T_{II} - T_H) \cdot \left(1 - \frac{x}{x_2}\right)^{n_2} + T_H$$

При расчете температурного поля литейной формы большое значение имеет начальная температура формы T_H . Она оказывает существенное влияние на скорость протекания процесса затвердевания металла. Особенно заметно это влияние при высоких начальных температурах формы, причем увеличение начальной температуры формы влечет за собой уменьшение скорости затвердевания отливки, а уменьшение температуры, наоборот, приводит к увеличению скорости ее затвердевания. Все это сказывается на свойствах отливки, а также и на самой формовочной смеси, которая будет прогреваться в зависимости от T_H на различную глубину [2].

В условиях реального чугунолитейного цеха происходят значительные колебания начальной температуры формовочной смеси в течение смены, зависящие от времени года, от соотношения масса смеси к массе заливаемого металла ($M_{см}:M_{мет}$), а также от графика работы цеха.

Одним из главных факторов оказывающих влияние на начальную температуру смеси является климат местности, в которой расположен цех. В Сибирском регионе с выраженным резко континентальным климатом температура воздуха изменяется от -40 °С зимой до $+40$ °С летом. В переходные периоды (весна, осень) случаются значительные перепады температур в течение суток, например, ночью заморозки до -20 °С, а днем оттепель и температура поднимается выше нуля. В результате этого обратная и готовая формовочная смеси имеют значительные колебания температуры, что оказывает существенное влияние на комплекс свойств смеси и готовой формы.

Изменение начальной температуры формовочной смеси во многом связано с соотношением, которое, как правило, находится в пределах 10...12, а порой может достигать 20. При малых значениях отношения $M_{см}:M_{мет}$ происходит значительный прогрев формы в результате которого практически вся смесь в той или иной степени подвергается тепловому воздействию со стороны металла отливки. Повышение температуры оборотной смеси влечет за собой увеличение начальной температуры формовочной смеси.

Так же немаловажным фактором, влияющим на начальную температуру формовочной смеси, является график работы цеха. Постоянный оборот формовочной смеси в течение дня приводит к повышению ее начальной температуры. При работе цеха в две смены изменение температуры может быть существенным.

Таблица 1 – Температура воздуха на улице, °С

Время суток, ч	Температура воздуха на улице, °С		
	Понедельник	Вторник	Среда
8	-7	-9	-10
9	-8	-7	-9
10	-4	-4	-7
11	-4	-4	-5
12	-2	-2	-5
13	-2	-2	-5

Таблица 2 – Температура воздуха в цехе, °С

Время суток, ч	Температура воздуха в цехе, °С		
	Понедельник	Вторник	Среда
8	14	14	7
9	14	15	9
10	15	15	10
11	15	15	11
12	16	16	11
13	16	17	12

Таблица 3 – Температура облицовочной смеси, °С

Время суток, ч	Температура облицовочной смеси, °С		
	Понедельник	Вторник	Среда
8	26	20	23
9	27	24	25
10	29	25	26
11	31	27	27
12	32	29	29
13	33	28	30

Таблица 4 – Температура оборотной смеси после выбивки форм, °С

Время суток, ч	Температура оборотной смеси, °С		
	Понедельник	Вторник	Среда
8	53	70	69
9	60	83	79
10	71	85	86
11	82	76	88
12	85	79	87
13	80	84	85

В феврале 2018 года на базе чугунолитейного цеха ООО «Каменский металлзавод» г. Камень-на-Оби Алтайский край, производилось исследование температуры формовочной и оборотной смеси в течение дня. График работы чугунолитейного цеха четыре дня (понедельник, вторник, среда). На данный период цех работал в одну неполную смену, заливка осуществлялась только до обеда, а в некоторые дни не производилась выбивка форм, поэтому изменения температуры формовочной смеси за счет оборотной не происходило. Температура воздуха в марте на улице изменялась в интервале от $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, в цехе от $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+17\text{ }^{\circ}\text{C}$.

По графикам представленным на рисунке 1 и таблицам 1, 2, 3 и 4 можно проследить изменения температуры формовочной и оборотной смеси по времени, а также проследить изменение уличной и цеховой температур.

Как видно из графиков температура облицовочной смеси к середине дня повышалась на $5...9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Если рассматривать температуру облицовочной смеси по дням на одно и тоже время, то можно увидеть, что также происходит ее изменение. На 8 часов утра в понедельник температура формовочной смеси составляла $+26\text{ }^{\circ}\text{C}$ после двух работы цеха и понижения уличной температуры во вторник она снизилась до $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, в среду мы видим что температура выросла и составила $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$.

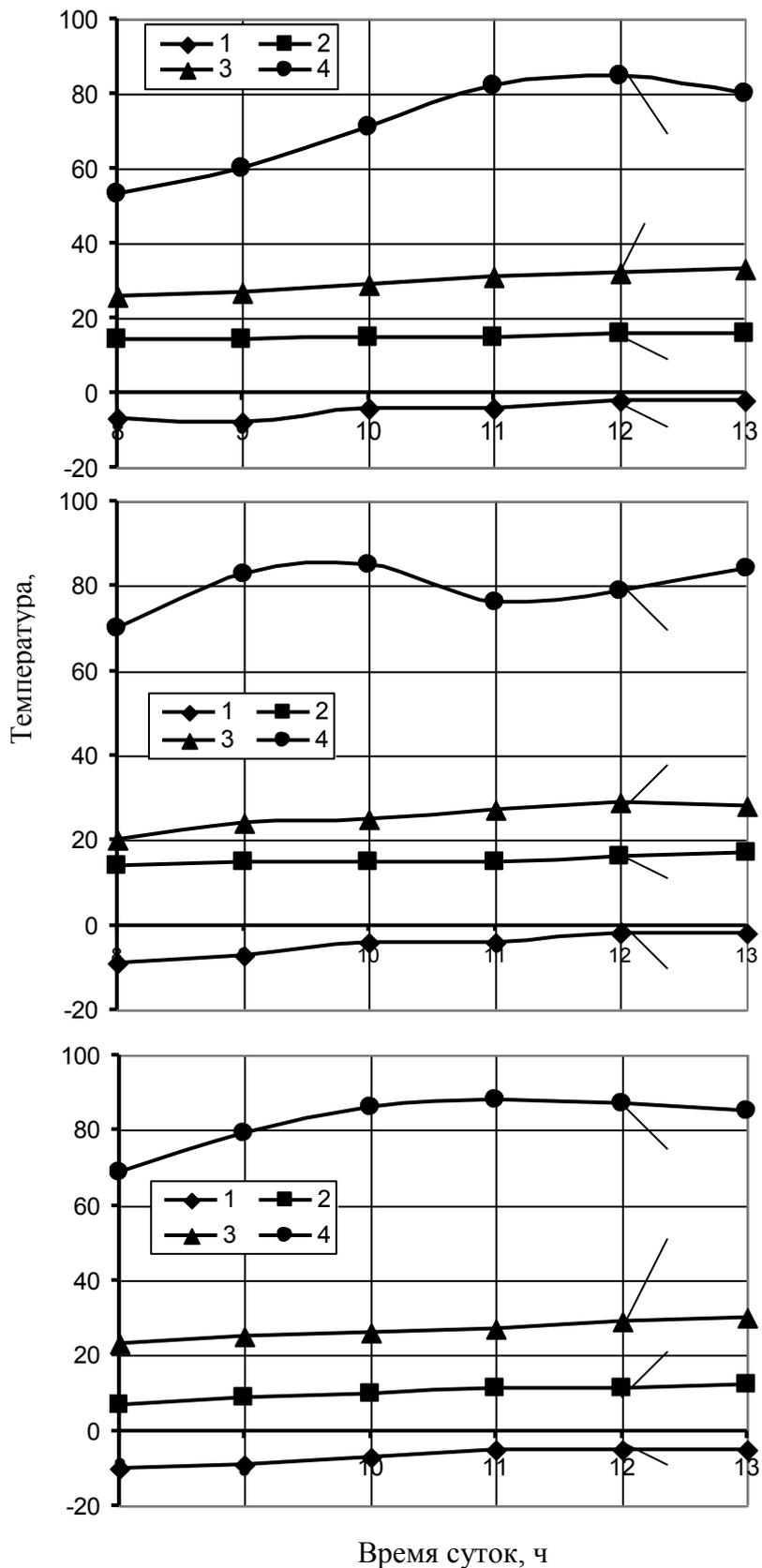


Рисунок 1 – Графики изменения температуры облицовочной и оборотной смеси:
 а – понедельник (05.03); б – вторник (06.03); в – среда (07.03);
 1 – температура оборотной смеси после выбивки форм;
 2 – температура облицовочной смеси; 3 – температура воздуха в цехе;
 4 – температура на улице.

Проведение аналогичных и других исследований в различные периоды года позволит накопить экспериментальные данные, которые могут стать при наличии математического аппарата основой для разработки программного продукта. На его основе можно будет решать задачи по освежению формовочных смесей в процессе смесеприготовления, не прибегая к производственному эксперименту.

Список литературы

1. Анисович, Г.А., Жмакин Н.П. Охлаждение отливки в комбинированной форме [Текст] / Г.А. Анисович, Н.П. Жмакин – М.: Машиностроение, 1969. - 136 с.
2. Вейник, А.И. Тепловые основы теории литья [Текст] / А.И. Вейник – М.: Машгиз, 1953.-383 с.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЛИТЕЙНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ЗАО «РОУ»

Нефедов А.С. – магистрант, Григор А.С. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул),

В том, что ЗАО «Редукционно-охладительные установки» (ЗАО «РОУ») – современное, высокотехнологичное, динамично развивающееся российское предприятие можно убедиться, изучив его историю.

ЗАО «Редукционно-охладительные установки» основано 17 ноября 2003 года на основе технической, кадровой и технологической базы ОАО «Сибэнергомаш», где в 2003 г. произошло закрытие линии по производству арматуры.

Основной деятельностью компании, в период с 2003 до 2005 года, было оказание инжиниринговых услуг по теплогидравлическим расчетам, комплектации и поставки БРОУ, РОУ, РУ и ОУ.

В 2005 году на ЗАО «РОУ» было организовано собственное производство энергетической арматуры на средние параметры и началось строительство первого основного производственного корпуса. А в 2008 году организовано и запущено производство энергетической арматуры на высокие и критические параметры.

В 2009 году – получение сертификата соответствия системы менеджмента качества требованиям международного стандарта ISO 9001:2008.

В 2010 году введен в эксплуатацию второй производственный корпус, который оснащен новейшим сварочно-наплавочным, термическим оборудованием, а так же оборудованием для проведения лабораторных методов разрушающего и неразрушающего контроля. Одновременно с этим ЗАО «РОУ» открывает собственное литейное производство.

В 2011 году вводится в эксплуатацию третий производственный корпус и начат выпуск электроприводов встроенного и колонкового исполнения.

А с 2012 года начат выпуск тройников и концентрических переходов для ТЭС, изготовленных методом центробежного литья ЭШП.

В ноябре 2012 года запущен в эксплуатацию четвертый производственный корпус, оснащенный современным высокотехнологичным металлообрабатывающим оборудованием.

Сегодня ЗАО «РОУ» – это не только надежное предприятие по проектированию и производству энергетической арматуры, но и один из лидеров рынка в России. Продукция поставляется на многие энергетические объекты, металлургические и нефтеперерабатывающие предприятия не только России и стран СНГ, но и в страны дальнего зарубежья.

Литейное производство отличается от ряда других производств многооперационностью и разнообразием используемых в технологическом процессе материалов. Отклонение от требуемого качества одного из материалов или неправильное выполнение одной из операций может привести к несоответствию качества отливки предъявляемым требованиям.

Качество отливки, в свою очередь, влияет на качество последующих операций

металлообработки.

Своеобразие литейного производства состоит еще и в том, что большая часть его процессов лишена непосредственной наглядности и происходит при переменных условиях. Все это затрудняет и усложняет технический контроль литейного производства.

В литейном производстве подлежат контролю: поступающие в производство основные и вспомогательные материалы; свойства полученных сплавов; модельно-опочная оснастка; формовочные и стержневые смеси; стержни; формы; отливки на различных стадиях изготовления и обработки.

Основные и вспомогательные материалы поступают в литейный цех преимущественно через цеховые кладовые. Задача контроля на этом участке – отбраковка поступающих некондиционных материалов.

В ЗАО «Редукционно-охладительные установки» отливки производятся двумя способами:

- Электрошлаковый переплав совместно с центробежной машиной.
- Индукционная печь совместно с вакуумно-пленочной формовкой.

Основной документ по которому контролируется качество литья – ОСТ108.961.03-79.

В процессе плавки плавильщик предоставляет в лабораторию образец с предварительным номером плавки для проверки химического состава.

В лаборатории ЗАО «РОУ» проверка химического состава проверяется методом спектрального анализа по ГОСТ 18895.

В случае несоответствия химического состава проводится корректировка (подшихтовка) плавки.

Методы контроля плавильного процесса зависят от типа плавильного агрегата и рода металла.

Контроль режима заливки. Заливку формы контролируют по температуре заливаемого металла пирометром ТЦП-1800П.

Повышение требований к точности черновых размеров отливок определяет необходимость систематического контроля состояния моделей, и другой оснастки. Производитель оснастки гарантирует не менее 1000 циклов съема, после чего оснастка контролируется с помощью спец. шаблона представителем литейного цеха, так как наружные поверхности отливок сформированы вакуумной формой, то формы служат значительно дольше, чем гарантирует их производитель. В условиях реального производства обратной связью металлообрабатывающего производства и литейного цеха является качество литья.

В ЗАО «РОУ» из смесей изготавливаются только стержни, предназначенные для вакуумной формовки, так как наружные поверхности отливок сформированы вакуумной формой, либо формой установленной на центробежную машину, в центробежной форме не применяются стержни, внутренняя полость (свободная поверхность) отливки формируется за счет центробежной силы.

Свойства смесей – влажность, газопроницаемость и прочность – подвергают систематическому контролю. Методика определения свойств смесей установлена ГОСТ 2189-78.

Вязкость литейных красок проверяют каждую заправку пульвизатора вязкозиметром (сопло 4 мм).

Контроль стержней является предупредительным по отношению к отливкам и в то же время приемочным по отношению к стержням как самостоятельным полуфабрикатам.

Такие дефекты, как осыпаемость, трещины, определяют внешним осмотром работники литейного цеха. Влажность крупных стержней проверяется простукиванием. Для контроля размеров стержней, используются предельные шаблоны.

Качество изготовленной формы в значительной мере определяет качество последующей отливки. Степень и равномерность уплотнения формы определяют специальным твердомером, пригодным для проверки горизонтальных, вертикальных и наклонных

поверхностей. Используя твердомер, можно организовать эффективный контроль плотности набивки форм и добиться резкого уменьшения брака по дефектам формовки.

Контроль правильности размеров формы распространяется главным образом на процесс установки стержней; контроль выполняют в большинстве случаев с использованием шаблонов, совмещающих производственное и контрольное назначение.

Контроль качества отливок в лаборатории – разрушающего контроля осуществляется по приливному образцу, согласно требований ОСТ 108.961.03-79. Из приливного образца производственный отдел изготавливает образец на разрыв по ГОСТ 1497, и образец на ударный изгиб по ГОСТ 9544. Лаборатория выдает заключение о механических свойствах отливки, также предоставляют образец в металлографическую лабораторию, после изготовления шлифов лаборатория выдает заключение о годности изделия по металлографии, которое передается в технологический отдел технологу по термообработке, в случае если структура изделия признается не годной, изделие отправляют на термообработку.

Изделие, имеющее хотя бы один дефект, называют дефектным. Это означает, что как минимум один из показателей качества отливки превысил предельно допустимое значение.

Изготовленные любым способом отливки контролируют по качеству, контроль осуществляют представители ОТК, в случае наличия дефектов представитель ОТК выписывает акт о браке. Совместно с ВИК проверяется твердость, а также отпиливаются образцы на металлографию и передаются в лабораторию.

В зависимости от степени пораженности дефектами все отливки подразделяют на четыре группы:

- годные, полностью отвечающие всем установленным требованиям технической документации и стандартов;

- условно годные, имеющие небольшие отклонения от установленных требований (малозначительные дефекты), не оказывающие существенного влияния на эксплуатационные показатели отливки или изделия в целом; отливки допускаются к дальнейшей обработке и используются по своему назначению с разрешения главных специалистов предприятия, после тщательной оценки дефектов;

- исправимый брак – отливки, имеющие один или несколько устранимых дефектов, после исправления которых они могут быть допущены к дальнейшей обработке и использованию по назначению;

- окончательный брак – отливки, имеющие такие дефекты, исправление которых технически невозможно или качество исправления которых близка или превышает стоимость отливки. Бракованию подлежат отливки, имеющие хотя бы один неустраняемый дефект.

Устранимость или неустраняемость дефекта определяют главные специалисты предприятия (Главный технолог, Главный сварщик, при участии Технического директора).

Магнитопорошковый метод – один из самых распространенных методов неразрушающего контроля стальных деталей. Применяется Магнитопорошковый метод предназначен для выявления поверхностных и под поверхностных (на глубине до 1,5...2 мм) дефектов типа нарушения сплошности материала изделия: трещины, волосовины, расслоения, не проварка стыковых сварных соединений, закатов и так далее.

Выполняется в соответствии с требованиями РД 13-05-2006. Методические рекомендации о порядке проведения магнитопорошкового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах. Суть метода состоит в том, что стальную отливку намагничивают приложенным магнитным полем (метод СПП). Во время намагничивания изделие поливают магнитной суспензией (ферромагнитный порошок, вода и смачивающие присадки).

Капиллярный методы контроля основаны на капиллярном проникновении жидкостей (пенетрантов) в дефекты и их контрастном изображении. Эти методы применяются для выявления поверхностных дефектов.

Капиллярный контроль осуществляют следующим образом: после подготовки (очистки, обезжиривания) поверхности контролируемой детали на нее наносят индикаторную жидкость (пенетрант), напыляют ее в виде аэрозоля. После нанесения жидкость с поверхности убирают (вытирают), но в дефектах она остается, затем наносят на поверхность проявитель (так же в виде аэрозоля). Проявитель высыхает, в него всасывается из дефектов индикаторная жидкость, окрашивая места дефектов. Капиллярным контролем выявляют дефекты шириной от 1 мкм, глубиной от 10 мкм и длиной от 0,1 мм.

При гидравлических испытаниях в качестве проникающего вещества используется жидкость, обычно вода, которая подается под давлением в изделие. Дефект обнаруживается по появлению жидкости с противоположной стороны шва. При испытаниях избыточным гидравлическим давлением в изделие подается вода под давлением, пересчитывается по ГОСТ 356-80 Арматура и детали трубопроводов. Давления номинальные, пробные и рабочие. Ряды.

Согласно этого ГОСТа изделие выдерживают при пробном давлении 10 мин, затем давление снижают до рабочего и производят осмотр, следя за давлением по манометру, отпотевания поверхности контролируемого изделия. Этим методом выявляются дефекты диаметром до 0,001 мм. Гидравлические испытания под давлением менее опасны, чем пневматические, так как жидкость несжимаема и течь ведет к падению давления без взрыва.

Применяется только для контроля сварных соединений литых деталей. Ультразвуковой контроль основан на способности ультразвуковых волн проникать в металл на большую глубину и отражаться от находящихся в нем дефектных участков. При встрече с дефектным участком ультразвуковая волна отражается от него и улавливается другой пластинкой-щупом, которая преобразует ультразвуковые колебания в электрический сигнал.

Эти колебания после их усиления подаются на экран дефектоскопа, которые свидетельствуют о наличии дефектов. По характеру импульсов судят о протяженности дефектов и глубине их залегания. Ультразвуковой контроль можно проводить при одностороннем доступе к сварному шву без снятия усиления и предварительной обработки поверхности шва.

Ультразвуковой контроль имеет следующие преимущества: высокая чувствительность (1...2 %), позволяющая обнаруживать, измерять и определять местонахождение дефектов площадью 1...2 мм²; большая проникающая способность ультразвуковых волн, позволяющая контролировать детали большой толщины; возможность контроля сварных соединений с односторонним подходом; высокая производительность и отсутствие громоздкого оборудования. Существенным недостатком ультразвукового контроля является сложность установления вида дефекта. Этот метод применяют и как основной вид контроля, и как предварительный с последующим просвечиванием сварных соединений рентгеновским или гамма-излучением.

Существует несколько методов ультразвукового контроля: эхо-метод, теневой, зеркально-теневой, эхо-зеркальный, дельта-метод.

Радиационные методы контроля являются надежным и широко распространенными методами контроля, основанными на способности рентгеновского и гамма-излучения проникать через металл. Выявление дефектов при радиационных методах основано на разном поглощении рентгеновского или гамма-излучения участками металла с дефектами и без них. Сварные соединения просвечивают специальными аппаратами. С одной стороны шва на некотором расстоянии от него помещают источник излучения, с противоположной стороны плотно прижимают кассету с чувствительной фотопленкой (рисунок 12). При просвечивании лучи проходят через сварное соединение и облучают пленку. В местах, где имеются поры, шлаковые включения, непровары, крупные трещины, на пленке образуются темные пятна. Вид и размеры дефектов определяют сравнением пленки с эталонными снимками. Источниками рентгеновского излучения служат специальные аппараты (РУП-150-1, РУП-120-5-1 и другие).

Рентгеном целесообразно выявлять дефекты в деталях толщиной до 60 мм.

Выявление наиболее важных технологических факторов, определяющих качество продукции, а также основных причин, влияющих на эти факторы. Такими факторами при изготовлении отливок являются, например, температура жидкого металла, его жидкотекучесть, газопроницаемость, прочность и влажность форм и так далее. На эти факторы соответственно влияют такие переменные величины, как размеры и масса составных частей шихты, давление вакуума в сети и другие. В каждом отдельном случае факторы и влияющие на них показатели следует выбирать с учетом особенностей данного цеха, характера литья, главных видов брака.

Виды дефектов литья, причины их образования и меры предупреждения.

Эффективность борьбы с браком литья определяется в значительной степени правильностью диагноза – выявлением действительного вида брака отливки, его причины и виновника брака. Только правильным решением этих вопросов, составляющих сущность контроля готовых отливок, можно обеспечить условия для ликвидации возникшего брака и предупредить появление его в дальнейшем.

К ВОПРОСУ О РАЗДЕЛЕНИИ ПРУТКА НА ДЛИННОМЕРНЫЕ ЗАГОТОВКИ

Бакланов Д.И. – аспирант, Герман С.В. – аспирантка, Негодяев А.З. – заведующий лабораторией

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

В связи с постоянным совершенствованием заготовительных технологических процессов, необходимым для повышения эффективности труда и снижения ресурсоемкости, требуется снижать трудоемкость и повышать производительность работ. При заготовке длинномерных стержней с повышенными требованиями к качеству, необходимо повышать эффективность заготовительного процесса за счет уменьшения количества операций по дополнительной обработке детали после заготовительной операции. Обычно это вызвано особенностями заготовительного процесса, или оборудованием, используемым при заготовке.

Наиболее распространенный способ заготовки длинномерного прутка, это его рубка в штампе. Один из возможных примеров заготовки прутка этим способом описан в изобретении «Штамп для разделения сортового проката» [1], в котором рассмотрена возможность улучшения качества отрезаемых заготовок за счет создания гарантированной постоянной величины усилия сжатия в процессе разрезки прутка. Преимуществом, которого является высокая производительность, но заготовки, полученные этим способом, имеют такие дефекты, как смятие кромки и скос торца, требующие дальнейшей доработки. Устранение полученных дефектов влечет за собой дополнительные операции, что ведет к повышению себестоимости детали.

Также известен способ разрезки прутка на заготовки, описанный в патенте «Комплекс для раскроя пруткового и трубчатого материала на мерные заготовки методом технологического разрушения» [2], в котором рассмотрена возможность повышения надежности устройства для резки прутка на мерные заготовки. Преимуществом данного комплекса является его универсальность при перенастройке на различные диаметры прутка и относительно высокая производительность, но в данном комплексе не решена проблема качества торцевой поверхности прутка, за счет излома заготовки. Поэтому после получения стержневой заготовки на этом комплексе, его торцевая поверхность требует дополнительной обработки.

Разработано устройство, позволяющее избежать дефекты как смятие, утяжины и заусенцы на концевых участках заготовок при соблюдении продольной устойчивости прутка [3], [4] (рисунок 1).

Его отличительная особенность заключается в разделении прутка за счет усталостного разрушения в зоне внедрения клинового инструмента (8). При работе устройства,

осуществляется вращение ротора (11) вокруг своей оси совместно с клиновым инструментом и отклоняющим роликом (7) с установленной частотой. Вследствие приложения к свободному концу прутка отклоняющим роликом заданного усилия при вращении ротора создается знакопеременная нагрузка в зоне внедрения клинового инструмента необходимого для создания концентрации напряжений в указанной области и происходит разделение прутка за счет усталостного разрушения. Это устройство обладает высокой производительностью и сводит образование отходов материала прутка при его заготовке к минимуму, так же не требуется дополнительной доработки торцевых поверхностей заготовок, и позволяет получать мерные заготовки с гладкими торцевыми поверхностями [5].

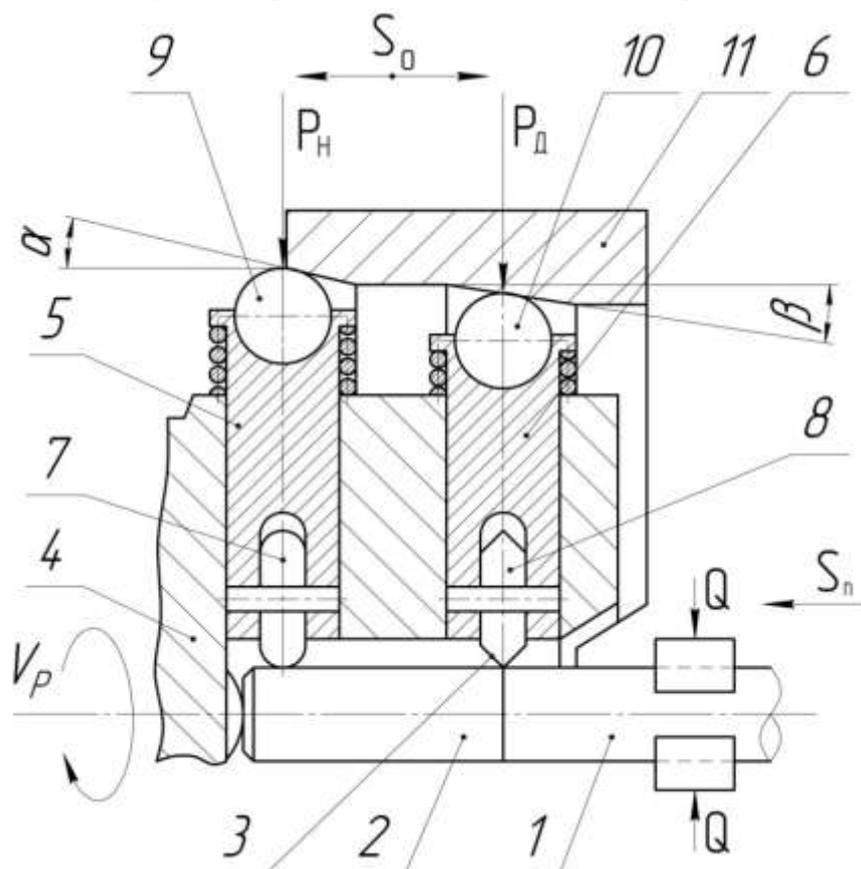


Рисунок 1 - Схема устройства для разделения прутка на мерные заготовки

1 – пруток, 2 – мерная заготовка, 3 – клиновый инструмент, 4 – ротор, 5 – нажимная державка, 6 – деформирующая державка, 7,8 – ролики, 9,10 – шарики, 11 – нажимная обойма
Вывод.

Предложен способ резки прутка на длинномерные заготовки, обеспечивающий высокое качество мерных заготовок.

Список литературы

1) Изобретение 1362574 РФ, МПК В 23 D 23/00. Штамп для разделения сортового проката // Н.И. Стрикель, М.Н. Верещагин, В.М. Зубов и др. Оpubл. 30.12.87. – Бюл. № 48.

2) Изобретение 1269924 РФ, МПК В 23 D 23/00. Устройство для резки прутка на мерные заготовки // Ю.М. Гецович. Оpubл. 15.11.86. – Бюл. № 42.

3) Патент 2508187 РФ МПК В 26 Д 2/16 (2006.01). Способ разделения прутка на длинномерные заготовки // М.И. Поксеваткин, К.Ю. Дунаев, Д.М. Поксеваткин. Оpubл. 27.02.2014. – Бюл. № 6.

4) Поксеваткин М.И., Чупахин Д.М., Резниченко С.В. Моделирование процесса резки стержневых заготовок на основе усталостного разрушения металла // КШП. ОМД. 2014, №8. с. 34-38.

5) Колмогоров В.Л. Напряжения, деформации, разрушение. М.:Металлургия, 1970.229 с.

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ КОМПЕНСАЦИОННЫХ ПОЛОСТЕЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ СОРТОВОГО ПРОФИЛЯ В ЗАКРЫТЫХ КАЛИБРАХ

Е.М. Басова – аспирант, М.И. Поксеваткин – к.т.н., профессор, А.З. Негодяев – заведующий лабораторией, С.В. Герман – аспирант, Д.И. Бакланов - аспирант
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Процесс формирования сортового профиля в закрытых калибрах является сложным и многофакторным процессом.

Необходимо разработать эффективную технологию формирования сортового профиля на основе данных, обеспечивающих оптимальное заполнение металлом компенсационных полостей (КП) закрытого калибра.

Для достижения этой цели нужно решить следующую задачу - разработать математическую модель, реализующую условия заполнения металлом КП.

В результате анализа условий заполнения металлом КП объектом исследования выбрана относительная глубина затекания металла в КП (η):

$$\eta = \frac{S_{\delta}}{S_{\text{кп}}}, \quad (1)$$

где η - относительная глубина затекания металла в КП – параметр оптимизации;

$S_{\text{кп}}$ - площадь сечения компенсационной полости (КП); мм²;

S_{δ} - площадь сечения валика, мм².

$$\lambda_i = \frac{S_i}{S_a}, \quad (2)$$

$\lambda = 1, 1, 1, 2$ и $1, 3$ – коэффициент вытяжки;

S_a – площадь поперечного сечения квадрата, мм².

Площадь поперечного сечения исходной заготовки:

$$S_i = \frac{\pi}{4} D_i^2, \text{ мм}^2 \quad (3)$$

где D_i – варьируемый диаметр исходной заготовки, мм.

Площадь сечения компенсационной полости (КП):

$$S_{\text{кп}} = \frac{1}{2} b \cdot h, \text{ мм}^2 \quad (4)$$

где b, h – соответственно ширина, высота компенсационной полости.

Площадь сечения валика:

$$S_{\delta} = \left(\frac{b+b_{\delta}}{2}\right) \cdot \delta, \text{ мм}^2 \quad (5)$$

здесь b_{δ} – ширина меньшего основания валика, сечение которого принято за правильную трапецию;

δ – глубина затекания металла в КП, мм.

Задача исследования состоит в обосновании относительной глубины затекания металла в КП при различных параметрах КП.

Относительная глубина зависит от ряда технологических параметров и может быть представлена в общем виде уравнением [1]:

$$\eta = f(\lambda, q, u), \quad (6)$$

где λ – вытяжка, q – геометрический фактор, u - относительный избыток металла исходной заготовки.

Тогда математическую модель процесса заполнения металлом КП с достаточной точностью можно аппроксимировать полиномом второй степени:

$$\eta = c \cdot \lambda^{\alpha} \cdot q^{\beta} \cdot u^{\gamma}, \quad (7)$$

где α, β и γ – показатели степени полинома [1].

Интенсивность течения металла существенно зависит от соотношения размеров исходной заготовки, относительных размеров КП и величины вытяжки.

При исследовании процесса заполнения КП металлом необходимо учитывать все существующие факторы. Если число факторов велико, то необходимо отсеять те факторы,

которые оказывают незначительное влияние на относительную глубину затекания металла в КП [2].

На рисунке 1 представлена схема форм компенсационных полостей.

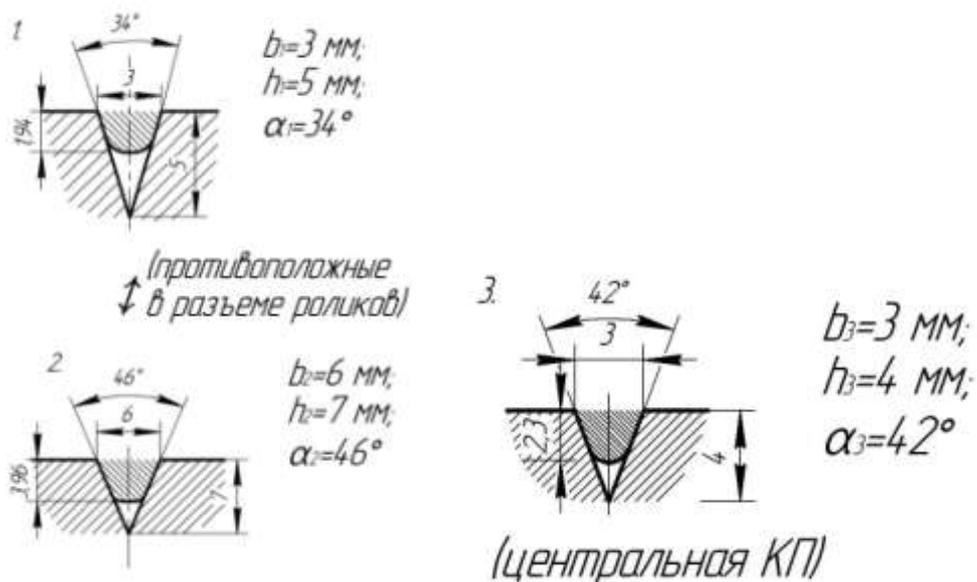


Рисунок 1 – Схема форм компенсационных полостей

В результате лабораторных экспериментов были получены результаты обмера образцов, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты обмера образцов

Тип КП	Площадь сечения КП, $S_{кп}$, мм ²	Глубина затекания, δ_{max}	Площадь затекания, S_{δ} , мм ²	Соотношение $S_{\delta}/S_{кп}$	
1	7,50	1,94	4,37	0,58	$\eta=0,58$ $\lambda=1,1$ $q=0,6$ $u=0,06$
2	21,0	3,96	17,46	0,83	$\eta=0,83$ $\lambda=1,1$ $q=0,86$ $u=0,06$
3	6,0	2,30	4,50	0,75	$\eta=0,75$ $\lambda=1,1$ $q=0,75$ $u=0,03$

Список литературы

1. А.А. Спиридонов. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
2. Тарновский И.Я. Теория обработки металлов давлением/ И.Я. Тарновский, А.А. Поздеев, О.А. Ганго и др. – М.: Металлургиздат, 1963. – 672 с.

ЗАПОЛНЯЕМОСТЬ КОМПЕНСАЦИОННОЙ ПОЛОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫТЯЖКИ ПРОКАТА

Басова Е.М. – аспирант, Поксеваткин М.И. – к.т.н., профессор, Негодяев А.З. – заведующий лабораторией, Герман С.В. – аспирант, Бакланов Д.И. – аспирант
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Определение заполняемости закрытого калибра в зависимости от изменения технологических параметров процесса формообразования сортового профиля и геометрических параметров компенсационной полости (КП) является важной целью для технологии формирования сортового профиля в закрытых калибрах.

Для достижения этой цели решить следующие задачи:

Сформулировать параметр оптимизации формирования сортового профиля в закрытых калибрах при затекании металла в КП;

1. Определить факторы, влияющие на параметр оптимизации;
2. Разработать математическую модель, реализующую условия заполнения металлом КП;
3. Получить и обработать результаты экспериментов;
4. Провести компьютерное моделирование процесса заполнения металлом КП.

При планировании эксперимента важно правильно выбрать параметр оптимизации. При этом параметр оптимизации должен быть однозначным в статистическом смысле, т.е. заданному сочетанию уровней факторов должно соответствовать одно (с точностью до ошибки эксперимента) значение параметра оптимизации; эффективным в статистическом смысле, т.е. определяться с наибольшей точностью, что позволяет сократить до минимума число параллельных опытов; существовать для всех состояний, исследуемого объекта; иметь физический смысл [1].

При исследовании процесса заполнения КП металлом необходимо учитывать все существующие факторы. Если число факторов велико, то необходимо отсеять те факторы, которые оказывают незначительное влияние на относительную глубину затекания металла в КП.

Ключевые параметры процесса:

1. Вытяжка $\lambda_i = \frac{S_i}{S_n}$; S_i – варьируемая площадь сечения исходной заготовки, мм², S_n – площадь сечения поперечного сортового проката, мм²; принято $\lambda_i = 1,05; 1,15; 1,25$; сортовой профиль – квадрат 11×11, мм².
2. Размеры исходных заготовок: $d_1 = 12,7$, $d_2 = 13,3$, $d_3 = 13,9$
3. Площадь сечения квадратного профиля $S_n = 121$ мм², радиус (r_j) закругления углов калибра: $r_{1,2,3} = 1,0; 2,0; 3,0$ мм.

Величина r_j служит важной характеристикой заполняемости углов калибра (формирования профиля проката): чем меньше радиус, тем выше требуемое напряжение деформирования при заполнении углов калибра, и тем больше металла пойдет в компенсационные полости.

Геометрические параметры компенсационных полостей непосредственно определяют форму и размеры формируемых в них технологических валиков [2].

Заполняемость КП оценивается выражением:

$$\eta = \frac{S_{ТВ}}{S_{КП}}, \quad (1)$$

где $S_{ТВ}$ – площадь сечения технологического валика (ТВ), мм;

$S_{КП}$ – площадь сечения компенсационной полости, мм.

Схема затекания металла в компенсационную полость приведена на рисунке 1.

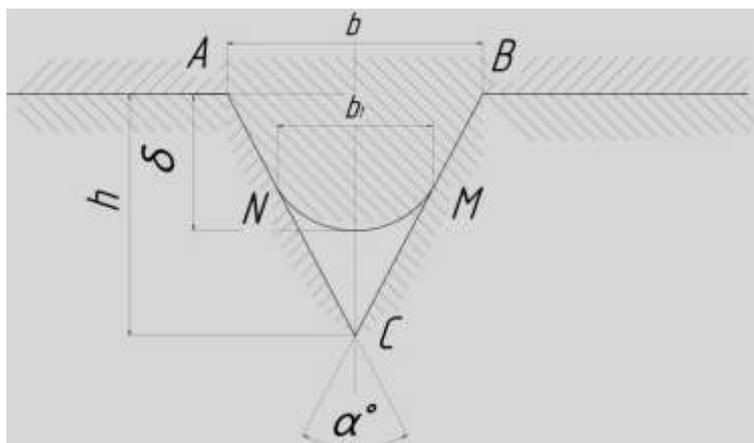


Рисунок 1 - Схема затекания металла в компенсационную полость: δ – глубина затекания; b и h – соответственно ширина основания и высота компенсационной полости (КП); α° – угол конуса КП

Принимаем фигуру ABMN (сечение валика) за трапецию. Тогда площадь сечения (S_δ) валика будет равна:

$$S_\delta = \frac{b+b_1}{2} \cdot \delta, \text{ мм}^2 \quad (2)$$

где b, b_1 - соответственно ширина основания КП и ширина верхнего основания ТВ;

Из подобия $\triangle ABC$ и $\triangle NMC$ получим:

$$b_1 = \frac{b(h-\delta)}{h}, \text{ мм} \quad (3)$$

где h - высота КП, мм.

С учетом выражения (2) по формуле (3) находим:

$$S_\delta = \frac{b(2h-\delta)}{2h} \cdot \delta. \quad (4)$$

Площадь сечения компенсационной полости находим:

$$S_{\text{КП}} = \frac{bh}{2}, \text{ мм}^2 \quad (5)$$

Тогда заполняемость КП в каждом проходе с учетом ф. (1), (4), (5) определяют по зависимости:

$$\eta = (2h - \delta)\delta/h^2, \quad (6)$$

На основе анализа процесса формирования сортового профиля в предчистовых закрытых калибрах с использованием компенсационных полостей [2] устанавливаем параметр оптимизации η и факторы эксперимента [1].

Выводы

1. С увеличением вытяжки с $\lambda_1 = 1,05$ до $\lambda_2 = 1,25$ коэффициент заполняемости монотонно возрастает, что обусловлено повышением сопротивления деформации при формировании сортового профиля.

2. С уменьшением угла конусности (α°) компенсационной полости (КП) с 46° до 34° коэффициент заполняемости существенно падает, что связано с резким повышением сопротивления деформации при уменьшении конусности КП.

Список литературы

1. А.А. Спиридонов. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
2. Патент РФ № 2582839. Способ формирования сортового профиля в закрытых калибрах. Поксваткин М.И., Басова Е.М., Герман С.В. Опубл. 27.04.2016

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ В ОПОКЕ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ УДАРНОМ ПРЕССОВАНИИ

Лопатников Д.В., Козленкова Е.В., Алейников А.С., Москалёв В.Г.

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Для проведения исследования бралась формовочная смесь, имеющая следующий состав: оборотная смесь 93 %, кварцевый песок марки 5К₃О302 – 5%, бентонит марки П1Т1А – 2 %, вода – 4%. Для экспериментов использовались цилиндрическая модель с усечённой гранью высотой: $H_m=150$ мм. При сравнении опытные срезы форм цилиндра высотой $H_m=150$ мм при прессовании высоким давлением были взяты у Аксёнова П.Н.[1].

Цель работы сравнить деформацию формовочной смеси в опоке при динамическом и статическом прессовании.

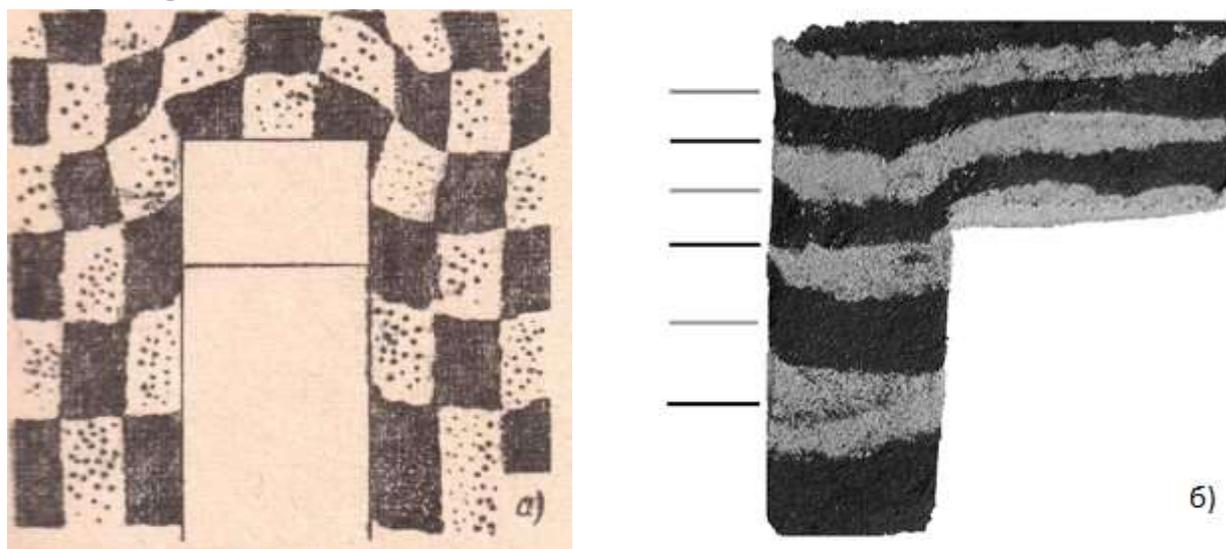


Рисунок 1 – Опытные срезы форм

- а - прессование под высоким давлением плоской колодкой
- б - высокоскоростное ударное прессование плоской колодкой

Из рисунка 1 можно увидеть различную неравномерность смещения (перетекания) смеси при прессовании под высоким удельным давлением и ударно-динамическим уплотнении. Исходя из рисунка следует, что при прессовании под высоким давлением значительную роль играет трение смеси об оснастку: модель, опока, прессовая плита. Сравнение твердости смеси по высоте формы показывает следующую картину (рисунок 2).

Из графика видно что динамическое ударное прессование сравнимо по твердости (рисунок 3) и плотности литейной формы с прессованием контурной рамкой. Главное преимущество динамического прессования является снижение как внутреннего, так и внешнего трения (смесь - технологическая оснастка). Что можно видеть на срезах экспериментальных форм на рисунке 4.

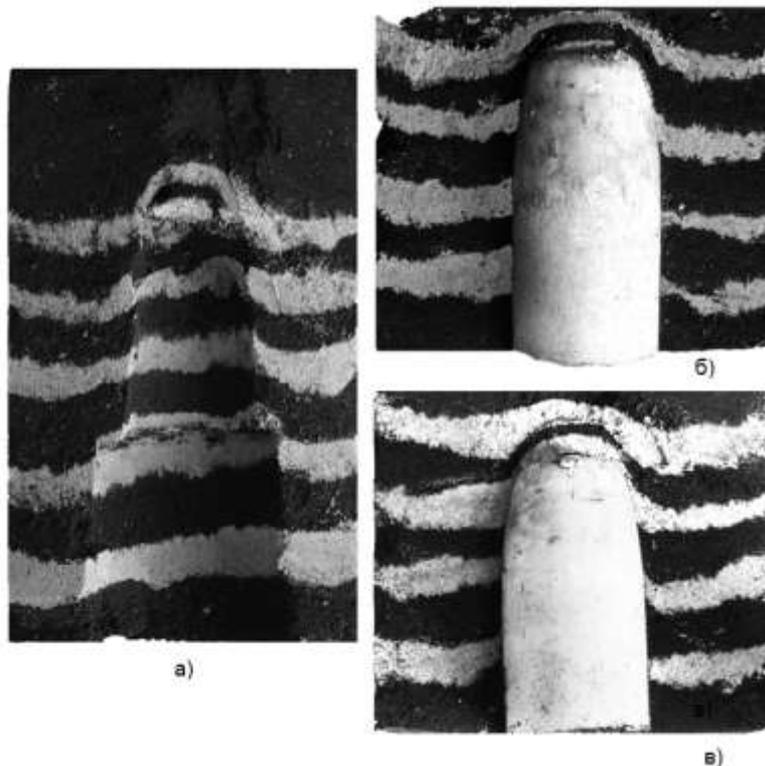


Рисунок 4 – Срезы экспериментальных форм при ударном динамическом уплотнении
 а - деревянная модель с уступом и пластмассовой опокой
 б - пластиковая модель и пластиковая опока
 в - пластиковая модель с силиконовой смазкой и пластиковой опокой

Список литературы:

1. Аксенов П. Н., Оборудование литейных цехов, П.Н.Аксенов – М.: Машиностроение, 1968. - 458 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛИРУЕМОГО ВОЗДУХА В П-Г ФОРМЕ, ОТ ВЫСОТЫ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ УДАРНОМ ПРЕССОВАНИИ

Лопатников Д.В., Козленкова Е.В., Алейников А.С., Москалёв В.Г.

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

При проведении эксперимента использовалась единая формовочная смесь для мелких и средних отливок, имеющая следующий состав: оборотная смесь - 93 %, кварцевый песок марки 5К₃О302 – 5%, бентонит марки П1Т1А – 2 %, вода – 4%. В опытах использовались оптимальная скорость падения груза 7м/с, соотношение массы груза к массе засыпаемой смеси равное 2,8. Исследования проводились при оптимальном коэффициенте фильтрации $k=0,65[2]$. На рисунке 1 приведена схема лабораторной установки.

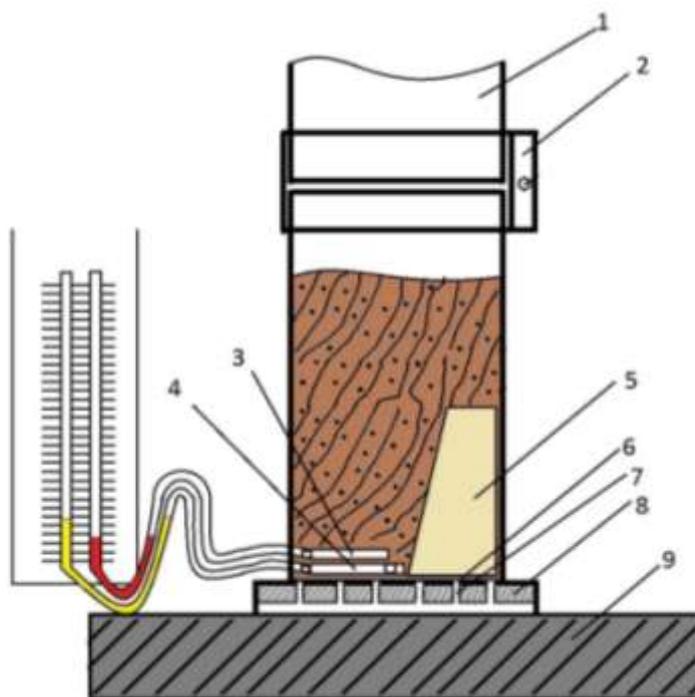


Рисунок 1– Схема лабораторной установки

1-направляющая труба, 2- соединительный хомут, 3-датчик замера давления по центру формы, 4- датчик «Т» образный для замера давления по краям формы, 5- модель, 6-полиамидная сетка, 7-отверстия вентиляции, 8- подмодельная плита, 9- ударник

Цель данной работы изучение влияния высоты столба засыпаемой формовочной смеси на давление вентилируемого воздуха по ладу литейной формы: по границе опока-смесь и по центру столба формовочной смеси.

Результаты исследования представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1 – Изменение давления вентилируемого воздуха в порах формовочной смеси в зависимости от высоты опоки

Номер опыта	Высота засыпаемой смеси, м	Масса смеси, кг	Масса груза, кг	Давление P, мм вод ст			
				Внешнее		Внутреннее	
				Значение	Среднее	Значение	Среднее
1	0,1	2,2	6,4	63	60	71	69
				58		67	
2	0,2	3,4	9,6	61	61	71	71
				61		70	
3	0,3	4,5	12,8	60	59	70	69
				58		68	
4	0,4	5,71	16	62	61	71	70
				60		69	

Примечание: внешнее давление - давления у края стенки опоки на ладе, внутреннее давление - давление по центру опоки на ладе

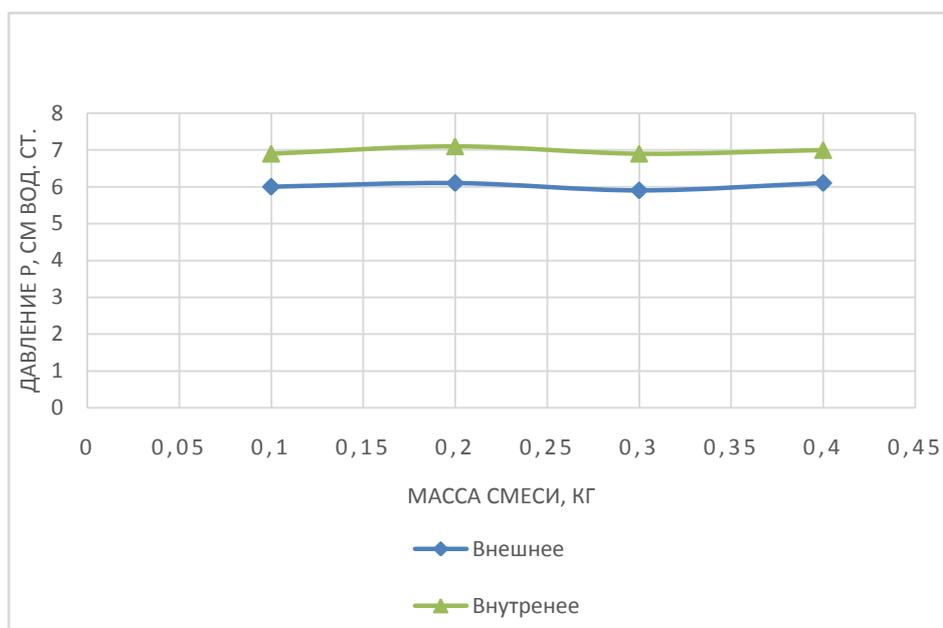


Рисунок 2– Изменение давления воздуха в порах формовочной смеси от высоты засыпаемой смеси в опоке

Из полученных данных следует, что давление вентилируемого воздуха из пор столба формовочной смеси не зависит от высоты опоки, и составляет: внутреннее - равное 686 Па, внешнее - 588Па. В свою очередь при оптимальном коэффициенте фильтрации эти давления являются оптимальными для получения максимальной плотности и твердости формы, что хорошо видно на графиках рис 3,4.

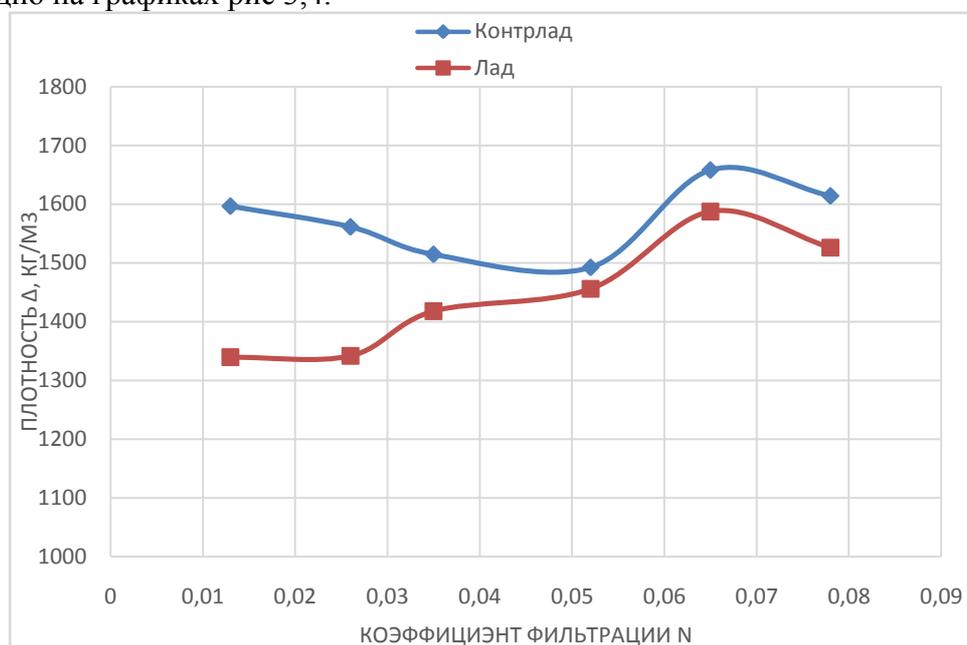


Рисунок 3 – Влияние коэффициента фильтрации на изменение плотности по высоте формы.

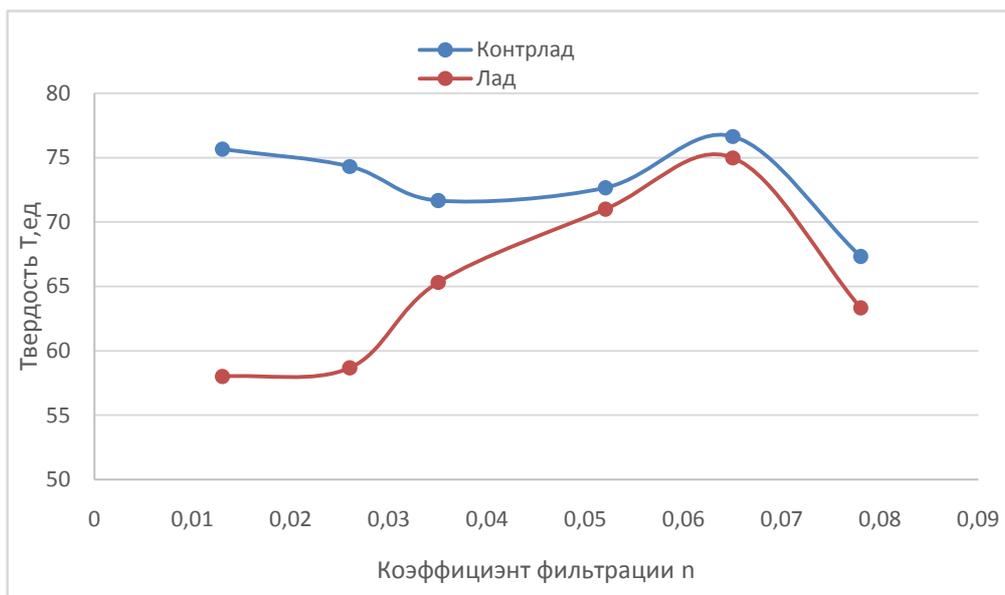


Рисунок 4– Влияние коэффициента фильтрации на изменение твердости по высоте формы.

Список литературы:

1. Матвеев И.В. Динамические и импульсные процессы и машины для уплотнения литейных форм [Текст]/ И.В. Матвеев, А.З. Исагулов, А.А.Дайкер –Алматы: Гылым(Наука), 1998.- 345с
2. Ильиных Е.С. Исследование влияния вентиляции на качество песчано-глинистой формы при высокоскоростном ударном прессовании [Статья]/ Е.С. Ильиных, А.С. Алейников, А.П.Гусев –Ползуновский Альманах №4 Т.5 С147-148 / Баранаул, АлтГТУ, 2017.-2с

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КРЕМНИСТЫХ СТАЛЕЙ

Беленко Н.А. – магистрант, Околович Г.А. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Для изготовления пружин железнодорожных вагонов по ГОСТ 1452-2011 применяют горячекатаный круглый прокат из конструкционных рессорно-пружинных сталей марок 55С2, 60С2, 55С2А, 60С2ХА и других марок по ГОСТ 14959-79 категории 3А, 3Б, 3В, 3Г.

Слитки и прокат из кремнистой стали типа 55С2-60С2 характеризуются значительной химической неоднородностью по содержанию углерода и кремния. При оценке свойств кремнистых пружинных сталей необходимо учитывать их металлургические и технологические характеристики. В процессе прокатки профилей кремнистой стали из-за ликвидации кремния обнаруживается резко выраженная полосчатость, а после охлаждения в структуре образуется ферритная полосчатость. Если даже этой полосчатости в прокате нет, то она возникает вновь в процессе нагрева до температуры закалки стали, достигая 4-5 балла в середине профиля. Наличие сильной зональной ликвидации углерода и дендритной ликвидации кремния требует различной температуры аустенизации изделий, полученных из разных частей прокатного слитка. При этом науглероживание участков аустенита, обогащенных кремнием, происходит весьма медленно и выравнивание концентрации углерода в условиях ликвидации кремния может вообще не происходить. Поэтому при выборе оптимального режима закалки надо учитывать необходимость получения аустенита достаточно высокой однородности, даже при значительной химической неоднородности стали в исходном состоянии. Кроме того, выявлена сильная полосчатость структуры – наличие более светлых, обогащенных марганцем, и более темных, обогащенных кремнием, полосок, появление которых является результатом дендритной ликвидации.

Температура закалки пружин, обеспечивающая получение мелкокристаллического

мартенсита, соответствует 860-875 °С для стали 50С2 и 850-870 °С для стали 60С2 с охлаждением в масле или воде. После закалки достигается максимальная твердость, а после отпуска при 400-470°С – оптимальное сочетание прочности и пластичности. Максимальная усталостная прочность рессор из стали 50С2 достигается после высокотемпературного нагрева под закалку. Повышение температуры закалки до 880-890 °С улучшает и статические свойства стали 60С2 вследствие устранения химической неоднородности аустенита[1].

Однако повышение температуры закалки сверх 960-980°С недопустимо, так как оно может привести к перегреву и обезуглероживанию. Максимум предела упругости, повышенная пластичность и вязкость достигается при температуре отпуска 400-450 °С.

Упругие элементы после отпуска целесообразно охлаждать в воде, поскольку, во-первых, при этом в поверхностном слое возникают сжимающие остаточные напряжения, а во-вторых, быстрое охлаждение от температуры отпуска при 500-540 °С предупреждает появление обратимой отпускной хрупкости, но вызывает коробление деталей. Эта отпускная хрупкость, кроме повышения порога хладноломкости, облегчает зарождение усталостных трещин и увеличивает скорость их распространения. В структуре стали 60С2 после закалки и отпуска при 250-500°С одновременно присутствуют карбидные фазы: ϵ , χ . Fe_3C . Максимальное количество ϵ -карбида отмечается при температуре 350 °С, χ – карбида – при температуре 400 °С. После отпуска при более высоких температурах преимущественно присутствует цементит (Fe_3C). Кремний увеличивает устойчивость ϵ -карбида и стабилизирует структуру мартенсита и остаточного аустенита. Исследование старения мартенсита кремнистой пружинной стали показало, что начальные стадии этого процесса контролируется диффузией углерода, но затем контролирующим фактором становится диффузия кремния в ϵ -карбиде, которая повышает устойчивость ϵ -карбида и поэтому цементит появляется в кремнистой стали лишь после отпуска при 400 °С, тогда как в углеродистой стали – уже после отпуска при 250 °С. Другим недостатком кремнистых пружинных сталей является их повышенная склонность к обезуглероживанию, поэтому по ГОСТ 14959-69 допускается глубина слоя – 0,5% от толщины проката. Наличие обезуглероженного слоя снижает усталостную прочность стали. Даже если обезуглероженный слой в состоянии поставки незначителен, то он увеличивается при нагреве под закалку в печах без защитной атмосфере и способствует возникновению поверхностных трещин глубиной до 1,5-2,0 мм (Рисунок 1) Вследствии растягивающих напряжений при мартенситных превращениях в сердцевине. Поэтому для улучшения свойств упругих элементов из кремнистой стали, имеющей обезуглероженный слой, целесообразно подвергать дробеструйному наклепу.

Нами выполнены следующие исследования: 1) структура и твердость образцов стали 60С2А в состоянии поставки; 2) после высокого отпуска при 680 °С, 1 час с охлаждением на воздухе, 3) после отжига при 860 °С, 1 час, охлаждение с печью; 4) закалку от 860 °С и от 900°С, м. с отпуском 390 °С, 20 (см. таблицу 1); 5) определена толщина обезуглероженного слоя.

Таблица 1 Твердость стали 60С2А после термической обработки

№ п/п		Твердость, HRC					Обезуглероженный слой, мм
		Исходная структура	Закалка 860 °С, м	Отпуск 390 °С, 20	Закалка 900 °С, м	Отпуск 390 °С, 20	
1	Исходная структура	25	55	52	57	53	≥0,15
2	Отпуск 680 °С, 1 час	24	55	52	58	54	≥0,15
3	Отжиг 860 °С	22	55	52	60	56	≥0,20

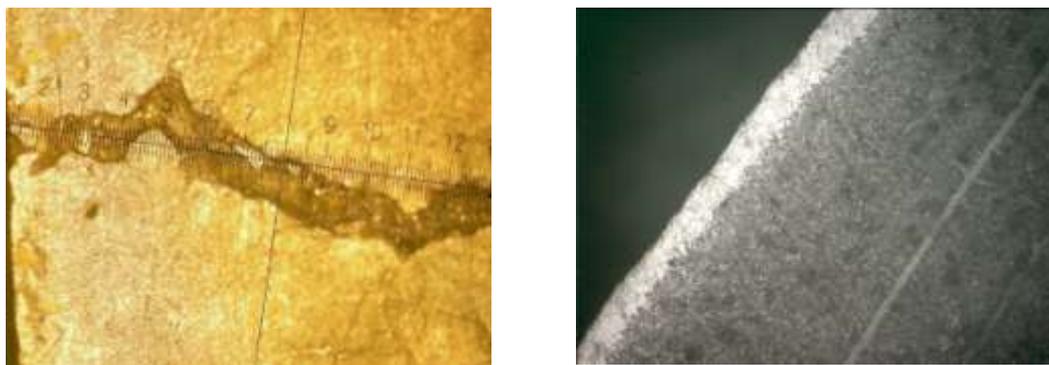


Рисунок 1 - Обезуглероженный слой и трещина стали 60C2

Выводы:

1. Наличие обезуглероженного слоя поверхности стали 60C2А в состоянии поставки на толщину более 0,15 мм, что составляет $\approx 10\%$ от толщины проката, вместо 5% мм, регламентированного ГОСТ 14959-69, которая не увеличилась после отпуска при 680 °С. Однако после отжига 860 °С и закалки от 900 °С, слой составил более 0,2 мм.
2. Химическая неоднородность по кремнию и углероду (ферритная полосчатость), затрудняет получение необходимой (высокой) твердости стали 60C2 после термической обработки.
3. Твердость (54-56 HRC) стали 60C2А возможно достичь после высокого отпуска 680 °С, 2-3 часа и последующей закалкой от температуры 900 °С с охлаждением в масле и отпуском 390 °С, 20 мин.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ С ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ

Собачкина Л.Д. – аспирант, Бутыгин В.Б. – к.т.н., профессор, Демидов А.С. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При разработке инструментальных сталей и сплавов, как правило, в первую очередь обращается внимание на повышение их прочностных свойств и теплостойкости. Однако, как указывают авторы [1, 2] значительное влияние на повышение стойкости инструмента оказывает теплопроводность. При повышенной теплопроводности температуры в рабочей кромке, в одинаковых условиях резания, естественно меньше из-за более интенсивного отвода тепла в нижележащие слои. Это повышает стойкость инструментов, уменьшает схватывание и позволяет форсировать режимы эксплуатации. Вместе с этим улучшаются и некоторые технологические свойства: снижается чувствительность к трещинам при быстром нагреве и охлаждении при закалке, и улучшается состояние поверхностного слоя при шлифовании [1]. Зная степень теплопроводности стали, можно правильно определять режимы термической обработки.

Теплопроводность в значительной степени зависит от состава стали. Различие в теплопроводности инструментальных сталей, в зависимости от их состава, может достигать десятков процентов. У большинства инструментальных сталей, имеющих высокое содержание углерода и сохраняющих после отпуска легированный мартенсит, теплопроводность при 300–700 °С ниже, чем у углеродистых сталей. Она определяется, главным образом, составом твёрдого раствора: упрочняющей фазой, её размерами. Изменение состава мартенсита сильно влияет на теплопроводность, поэтому теплопроводность разных сталей заметно различается при более высоких, чем при более низких температурах [3].

Теплопроводность сплавов, как указывалось выше, в основном зависит от их состава и температуры нагрева. У большинства сплавов теплопроводность понижается с увеличением

содержания углерода, хрома, кремния, марганца, никеля и вольфрама. Такие элементы как молибден, кобальт, цирконий, ниобий, азот относят к элементам, повышающим теплопроводность [5]. Приведённые данные характерны для инструментальных углеродистых сталей и быстрорежущих сталей с карбидным упрочнением. Сведения по теплопроводности быстрорежущих сталей с интерметаллидным упрочнением в литературе отсутствуют.

Быстрорежущие стали с интерметаллидным упрочнением имеют высокую теплостойкость и повышенные механические свойства. Применение таких сталей для обработки всё возрастающей доли конструкционных материалов, обладающих повышенной прочностью как при комнатной, так и при повышенных температурах, позволяет повысить производительность труда и себестоимость обработки. Поэтому немаловажно изучение такого физического свойства как теплопроводность, влияющего на поведение инструмента, изготовленного из стали с интерметаллидным упрочнением, при его эксплуатации.

Исследование теплопроводности быстрорежущих сталей с интерметаллидным упрочнением нами проводилось методом Кольрауша (один из наиболее точных методов определения коэффициента теплопроводности металлов). Как видно из таблицы 1, теплопроводность быстрорежущих сталей с интерметаллидным упрочнением В11М7К23 и В4М8К17Т [4] превышает теплопроводность стали с карбидным упрочнением Р18. Это можно объяснить, в частности, пониженным содержанием в составе этих сталей углерода (до 0,14 мас. %) и повышенным содержанием молибдена. Большей теплопроводностью обладает сталь В4М8К17Т, в которой наряду с минимальным количеством углерода присутствуют ниобий, азот и титан, способствующие повышению теплопроводности. Результаты, полученные при опытном апробировании стали В4М8К17Т показали, кроме того и её лучшую стойкость, по сравнению с В11М7К23 (в 1,4 раза), что служит подтверждением более высокой теплопроводности. Теплопроводность сталей с интерметаллидным упрочнением при 600 °С соизмерима с теплопроводностью стали У12 при 100 °С.

Таблица 1 – Теплопроводность инструментальных сталей (закалка с температур, сохраняющих зерно балла 10)

Сталь	Вид термической обработки	Теплопроводность, Вт/(м·К)					
		При температуре, °С					
		100	200	300	400	500	600
У12	Отжиг	43,96	–	–	–	–	–
	Закалка с 800 °С, вода	32,659	–	–	–	–	–
	Отпуск при 150 °С	33,497	–	–	–	–	–
Р18	Отжиг	25,541	–	–	–	–	–
	Закалка с 1280 °С	17,586	18,423	19,679	–	–	–
	Отпуск при 560 °С	20,098	21,354	22,61	23,866	–	–
В11М7К23	Закалка с 1250 °С	19,861	20,325	21,411	22,312	22,863	23,311
	Отпуск при 600 °С	22,336	22,854	23,914	24,366	25,023	26,124
В4М8К17Т	Закалка с 1250 °С	20,368	21,652	22,523	23,411	24,013	25,012
	Отпуск при 610 °С	23,431	24,012	25,016	26,003	27,021	28,112

Список литературы

1. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. – М.: Металлургия, 1975. – 584 с.
2. Гордезиани А.Г. Исследование влияния молибдена на структуру и свойства быстрорежущих сталей и определение оптимального состава сталей, легированных молибденом: автореф. дис. канд. техн. наук. – Москва, 1973. – 28 с.
3. Геллер Ю.А., Моисеев В.Ф., Колтунова А.А. Инструментальные стали // МИТОМ.– 1963.– №9. – С. 2–6.
4. Патент 2620233, МПК С22С 38/14 (2006.01) Российская Федерация. Инструментальная сталь с интерметаллидным упрочнением / Л.Д. Собачкина, В.Б. Бутыгин, Г.А. Околович, А.С. Демидов. – № 2015154935; заявл. 21.12.2015; опубл. 23.05.2017, Бюл. № 15.

5. Патент 2469120, МПК С22С 38/22 С22С 38/18 С22С 38/54 (2006.01) Российская Федерация. Способ регулирования теплопроводности стали, инструментальная сталь, в частности инструментальная сталь для горячих видов обработки, применение инструментальной стали и изделие из стали / Вальс Англес Исаак. – № 2009108335/02; заявл. 08.06.2007; опубл. 20.09.2010, Бюл. № 26.

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ОТЛИВОК

Кошелева Е. А. – магистрант, Малькова Н. Ю. – магистрант, Марширов И. В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

При эксплуатации деталей различным воздействиям больше всего подвергаются их поверхности, поэтому качество поверхностных слоев инструмента отражается на его работоспособности.

Для работы в сложных условиях эксплуатации применяются коррозионностойкие стали, производство и номенклатура которых постоянно увеличивается. Такие стали являются высоколегированными, поэтому их использование достаточно затратное. Поэтому экономически оправдана замена высоколегированных сталей на стали обыкновенного качества, подвергнутые химико-термической обработке.

Методы улучшения эксплуатационных свойств за счет объемного легирования сталей дают возможность получать стали с заданными свойствами. Однако объемное легирование, как правило, хотя и позволяет в значительной степени повысить эксплуатационные свойства, является не экономичным, а во многих случаях неосуществимым из-за почти полной потери сталями таких свойств, как пластичность и вязкость. Поэтому в последнее время все большее внимание уделяется методам поверхностного упрочнения сталей [1 – 9].

К методам поверхностного упрочнения сталей относятся: упрочнение поверхности пластической деформацией, нанесение покрытий, наплавка поверхностей, напыление материалов, микролегирование поверхностного слоя в процессе кристаллизации.

Многокомпонентная химико-термическая обработка и применение поверхностного легирования в процессе получения отливок – наиболее перспективные направления исследований по повышению износостойкости деталей и инструмента.

Применение химико-термической обработки (ХТО) особенно эффективно, когда необходимо получить детали с заранее заданными свойствами. Это экономически более выгодно, чем получение сталей с такими же свойствами.

Проведены комплексные исследования структуры и свойств упрочненных образцов и отливок из различных сталей. Изучали кинетику формирования окончательной структуры основного металла и упрочненных слоев [1 – 9, 12].

В результате проведенных исследований была показана принципиальная возможность комплексного многокомпонентного диффузионного упрочнения поверхностей сталей различного химического состава из насыщающих обмазок на основе карбида бора.

Установлено, что толщина диффузионного слоя, полученного при литье с использованием обмазок, на порядок больше по сравнению с диффузионными слоями, полученными методами ХТО из насыщающей смеси того же состава. Игольчатое строение, присущее боридным слоям, полученным методами ХТО, исчезает, переходя в литую боридную эвтектику. Микротвердость слоев, получаемых в процессе литья несколько ниже, чем у слоев, получаемых методами ХТО (11000 – 16000 МПа – у литых сталей и 16500 – 21000 МПа – при ХТО). Тем не менее, это компенсируется их значительно возросшей пластичностью, позволяя использовать литые диффузионно-упрочненные детали при повышенных ударных нагрузках без опасности скалывания слоя.

Исследования показали, что толщина слоя, полученного поверхностным легированием сталей различного химического состава, незначительно зависит от марки стали, в отличие от диффузионного упрочнения в твердой фазе [10, 11].

Испытания на износостойкость при абразивном износе показали многократный рост ресурса работы упрочненного образца по сравнению с неупрочненной сталью.

Процессы многокомпонентного насыщения позволяют сформировать многофазную структуру поверхностного слоя, обладающего комплексом полезных свойств. Многокомпонентное насыщение разными элементами поверхностей изделия дает возможность получать такое сочетание свойств упрочненного изделия, которое другими методами получить невозможно. В этом случае поверхностное упрочнение можно рассматривать не как определенную операцию изготовления детали, а как метод получения принципиально нового конструкционного материала.

Применение упрочняющих защитных покрытий позволяет существенно снизить затраты на изготовление и улучшить эксплуатационные свойства создаваемых изделий [1 – 12].

Список литературы:

1. Гурьев, М. А. Перспективные методы получения упрочняющих покрытий / Гурьев М.А., Кошелева Е.А., Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Галаа О. - Барнаул, 2016. - 182 с.
2. Гурьев, А. М. Диффузионное термоциклическое упрочнение поверхности стальных изделий бором, титаном и хромом / А. М. Гурьев, Б. Д. Лыгденов, С. Г. Иванов, О. А. Власова, Е. А. Кошелева, И. А. Гармаева, М. А. Гурьев // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2007. – Т. 4. – № 1. – С. 30–35.
3. Иванов, С. Г. Комплексное насыщение сталей бором и хромом – борохромирование / С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, Е. А. Кошелева, О. А. Власова, М. А. Гурьев // Ползуновский альманах. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ – 2008. – № 4 – С. 53–54.
4. Гурьев, А. М. Многокомпонентное диффузионное упрочнение поверхности деталей машин и инструмента из смесей на основе карбида бора / А. М. Гурьев, А. Д. Грешилов, Е. А. Кошелева, С. Г. Иванов, М. А. Гурьев, А. Г. Иванов, А. А. Долгоров // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2010. – № 2. – С. 19–23.
5. Кошелева, Е. А. Исследование поверхности стали при комплексном диффузионном упрочнении / Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2014. – № 2. – С. 158–161.
6. Гурьев, М. А. Поверхностное легирование деталей в процессе их производства методом литья по газифицируемым моделям / М. А. Гурьев, С. Г. Иванов, Е. В. Черных, Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2015. – № 2. – С. 173–175.
7. Кошелева, Е. А. Повышение прочности инструментальных сталей / Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2015. – № 2. – С. 133–134.
8. Гармаева, И. А. Одновременное насыщение бором, хромом и титаном углеродистых и легированных сталей / И. А. Гармаева, А. М. Гурьев, С. Г. Иванов, М. А. Гурьев, Е. А. Кошелева, Мэй Шунчи // Ползуновский альманах. – 2016. – № 4. – С. 117-121.
9. Гурьев, М. А. Разработка нового способа поверхностного упрочнения деталей машин и инструмента / М. А. Гурьев, С. Г. Иванов, Е. А. Кошелева, А. М. Гурьев // Ползуновский альманах. – 2016. – № 4. – С. 153-156.
10. Кошелева, Е. А. Исследование и разработка технологии получения отливок с упрочненной поверхностью / Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2017. – № 4. – Т. 5. – С. 175-178.
11. Гурьев, М. А. Исследование гранулометрического состава насыщающих сред для одновременного насыщения бором, хромом и титаном / М. А. Гурьев, Т. Г. Иванова, Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2017. – № 4. – Т. 5. – С. 15-21.
12. Гармаева, И. А. О кинетике формирования диффузионного слоя при борировании среднеуглеродистой и высокоуглеродистой сталей / И. А. Гармаева, А. М. Гурьев, Б. Д. Лыгденов, Мэй Шунчи, Е. А. Кошелева // Ползуновский альманах. – 2017. – № 4. – Т. 5. – С. 123-127.

КОРРЕКТИРОВКА ДЕФЕКТОВ УСАДОЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Малькова Н. Ю. – магистрант, Кошелева Е. А. – магистрант, Марширов И. В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Компьютерное моделирование – виртуальный способ представления объекта. При этом моделируемый объект отличается от реального, но очень приближен к действительности.

Суть компьютерного моделирования состоит в получении количественных и качественных результатов по имеющейся модели. Компьютерная модель сложной системы по возможности должна отображать все основные факторы и взаимосвязи, характеризующие реальные ситуации, критерии и ограничения. Модель должна быть достаточно универсальной, для того чтобы описывать близкие по назначению объекты, и в то же время довольно простой, чтобы позволить выполнить необходимые исследования с разумными затратами.

К преимуществам компьютерного моделирования относится: изучение объектов, которых не было в реальности, их визуализация, исследование явлений и процессов; управление временем; возможность многократного испытания модели и оптимизация конструкции. Одно из главных достоинств использования компьютерного моделирования то, что существующие данные можно применять многократно, а конструирование детали сводится к созданию эскизов и формированию из них твердотельных элементов, которые собираются в деталь. Также к плюсам компьютерного моделирования литейных процессов можно отнести возможность выполнения гидродинамического расчета заполнения расплавом формы, анализа температурных полей при кристаллизации и образовании усадочных дефектов, расчета напряжений и остаточных деформаций в отливках, оптимизации литниково-питающих систем [1, 2].

Нами была поставлена задача – используя компьютерное моделирование, проследить затвердевание отливки и проанализировать вероятность образования литейных дефектов еще на стадии проектирования, а также добиться предотвращения литейных дефектов в отливке.

В представленной работе приведены результаты процесса разработки литейной технологии для отливки (рисунок 1), изготавливаемой из стали 15ХМФЛ литьем в песчано-глинистые формы. Построение модели детали со всеми технологическими элементами (литниково-питающей системой и прибылями) выполнялось с применением системы автоматизированного проектирования (САПР) Autodesk Inventor 2018 [3]. В дальнейшем моделирование усадочных (образование макро- и микропористости) процессов осуществлялось с помощью системы автоматизированного моделирования литейных процессов (САМ ЛП) LVMFlow CV (рисунок 2).

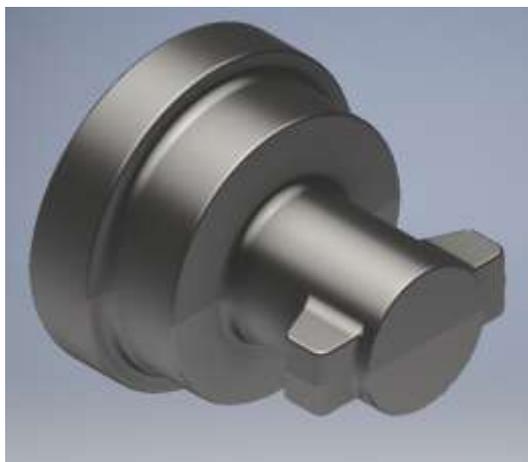


Рисунок 1 – Модель отливки в Inventor 2018

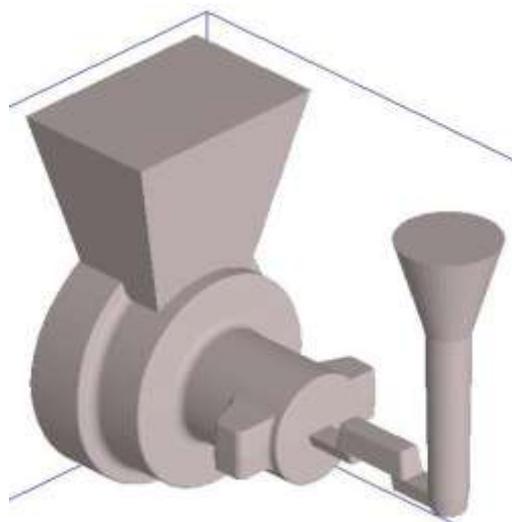


Рисунок 2 – Модель отливки в LVMFlow CV

В результате использование САМ ЛП LVMFlow CV позволило отследить в режиме реального времени изменение процессов затвердевания, в том числе визуально, а также выявить места образования усадочных раковин, определить температурный режим нагрева формы [4, 5].

Для устранения проблемы появления усадочных дефектов, было решено провести корректировку с использованием открытой прибыли. После моделирования в этом случае (рисунок 3), усадочные раковины значительно уменьшились, но поставленная цель не была достигнута – дефект остался.

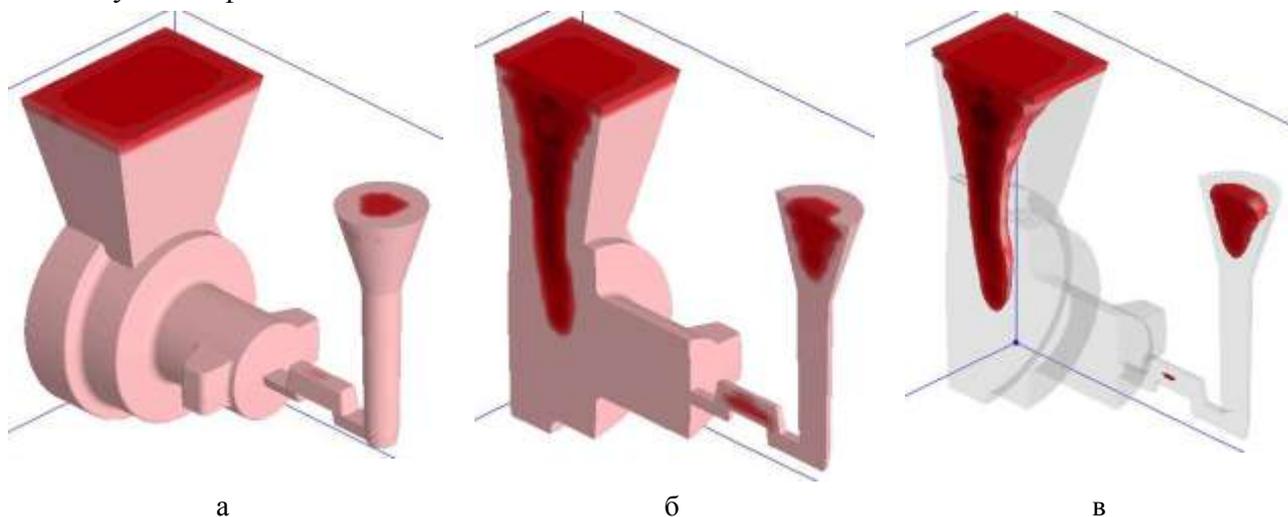


Рисунок 3 – Результаты корректировки усадочных процессов, при использовании открытой прибыли: а) твердотельная модель, б) твердотельная модель при сечении по осям XZ, в) прозрачная модель при сечении по осям XZ

Последующие моделирования в САМ ЛП LVMFlow CV с корректировкой технологии изготовления позволят оценить эффективность литниково-питающей системы еще на стадии разработки техпроцесса и выбрать наиболее оптимальный вариант для получения качественной отливки без дефектов усадочного происхождения.

Список литературы:

1. Малькова, Н.Ю. Разработка технологии изготовления отливок с использованием систем компьютерного моделирования / Малькова Н.Ю., Кошелева Е.А., Марширов И. В., Исаева Ю.В./ Ползуновский альманах. - 2016. - № 4. - С. 77-80.
2. Марширов, И.В. Применение систем компьютерного моделирования литейных процессов при разработке технологии изготовления отливок / Марширов И.В., Мустафин Г.А., Марширов В.В. / Ползуновский альманах. - 2015. - Т. 2. - С. 101-104.
3. Кошелева, Е. А. Диагностика дефектов литья с помощью компьютерного моделирования / Кошелева, Е. А., Малькова Н.Ю., Марширов И. В., Иванайский А. А. / Ползуновский альманах. - 2016. - № 4. - С. 189-190.
4. Малькова, Н.Ю. Анализ получения отливки без дефектов усадочного происхождения с использованием системы компьютерного моделирования LWMFlow / Малькова Н.Ю., Е. А. Кошелева, И. В. Марширов / НиМ-2017 - Наука и молодежь – 2017: 14-ая Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Секция "Машиностроение"– Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2017. – С. 63-65
5. Малькова, Н.Ю. Конструкторское и технологическое проектирование отливки с использованием российских систем компьютерного моделирования / Малькова Н.Ю., Е. А. Кошелева, И. В. Марширов / Ползуновский альманах. – 2017. – № 4. – Т. 5. – С. 120-122.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ «LVMFLOW CV»
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК

Разнообразие предлагаемых информационных продуктов охватывает все этапы процесса изготовления отливок: организационный, конструкторский, проектировочный, опытно-технологический, производственный.

В литейном производстве представляет интерес опыт по внедрению сквозной CAD-CAE-CAM технологии для проектирования и изготовления отливки и ее модельной оснастки. Суть этого подхода заключается в том, что технолог работает с компьютерной моделью отливки - на её основе происходит построение элементов литейной технологии, её анализ, моделирование всех процессов происходящих при заливке и кристаллизации. Это значительно сокращает производственный цикл. Также объемные модели находят применение на этапах, следующих за производством, с их помощью удобно разрабатывать техническую и эксплуатационную документацию, маркетинговые материалы и презентации. Таким образом, на базе объемной модели возможна организация сквозной технологии проектирования, что обуславливает настоящую техническую революцию в работе инженеров и технологов.

Современные компьютерные системы повышают эффективность проектирования в разы. С их помощью предприятие может создать цифровой прототип изделия и тем самым сократить количество ошибок, уменьшить число физических опытных образцов и затраты на производство.

В представленной работе приведены результаты процесса разработки литейной технологии для отливки «Бугель» (рис.1).

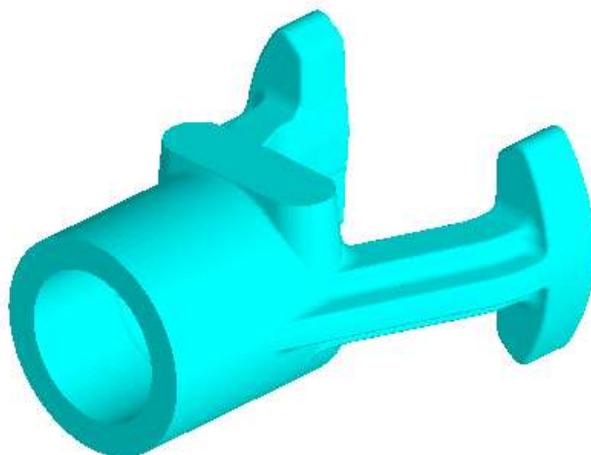


Рисунок 1 – Отливка «Бугель»

Данная отливка изготавливается из легированной стали 20ГСЛ по ОСТ 108.961.03-79 литьем в вакуумно-пленочную форму. Для построения модели отливки была использована CAD-система «Компас». Моделирование литейных процессов выполнялось посредством применения CAE-системы «LVMFlow CV».

Целью проведения данной работа являлась оптимизация расхода металла на литниковую систему, принятую в заводской технологии. При массе отливки в 83 кг, общая металлоемкость формы при получении одной отливки составляет 247 кг.

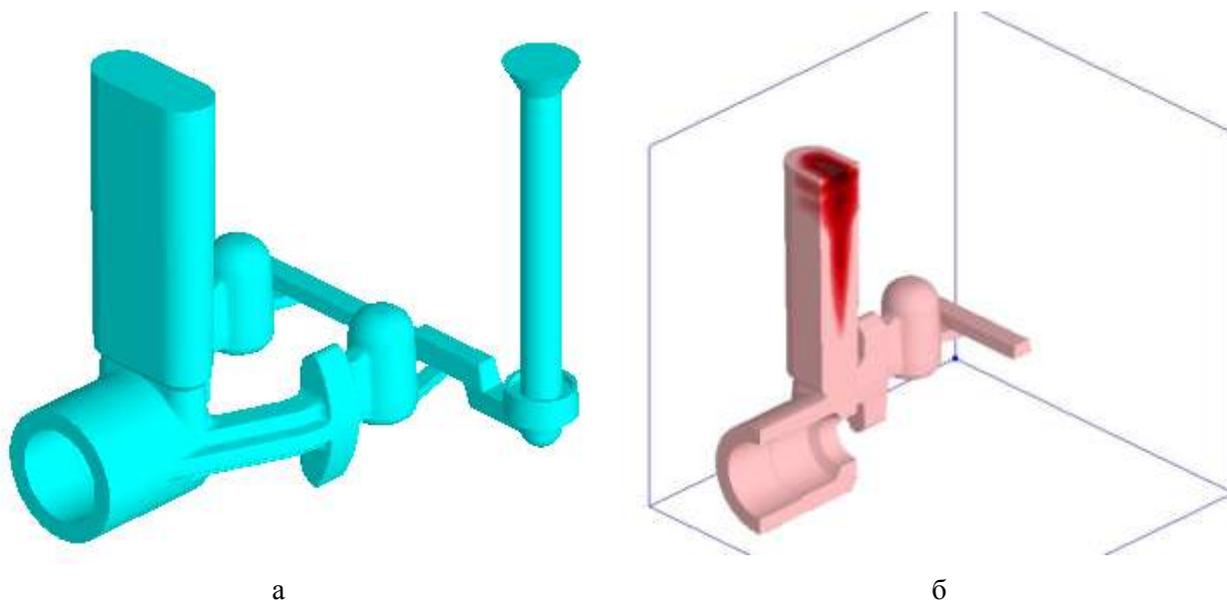


Рисунок 2 – Заводская литниковая система:
 а) общий вид, б) результаты моделирования усадочных процессов.

При помощи САD-системы «Компас» для получения отливки были построены варианты литниковых систем, рассчитанных в соответствии с существующими методиками.

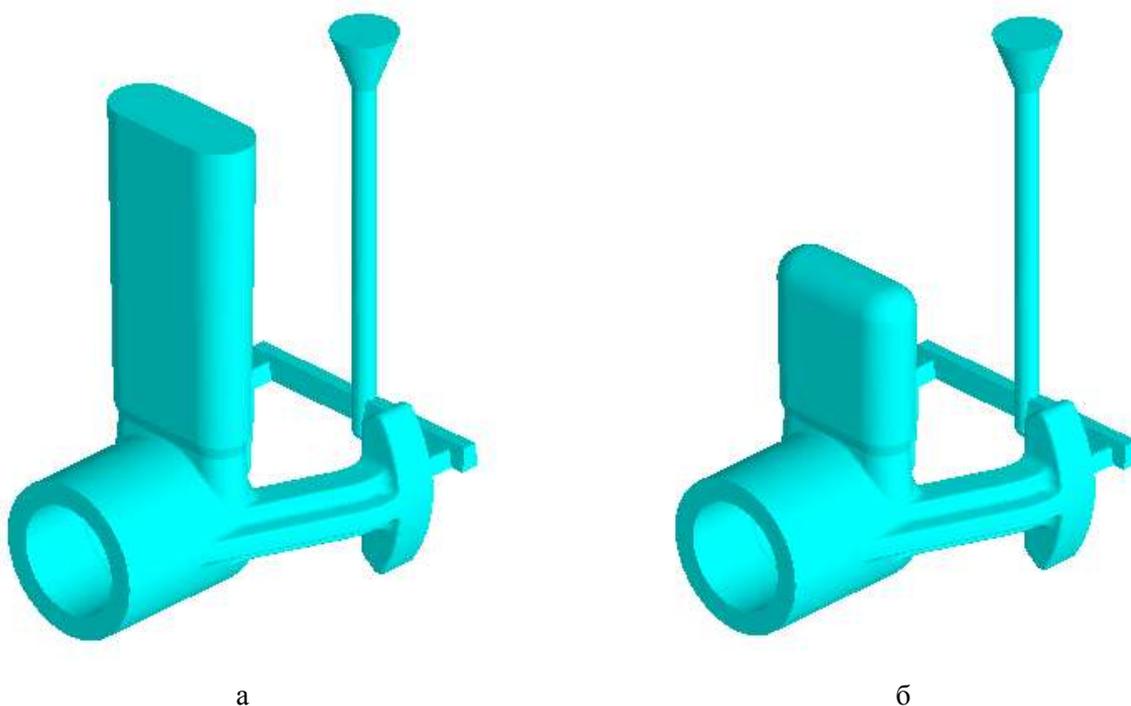


Рисунок 3 – Варианты литниковых систем:
 а) литниковая система с открытой прибылью, масса отливки совместно с литниковой системой 166 кг;
 б) литниковая система с закрытой прибылью, масса отливки совместно с литниковой системой 127 кг.

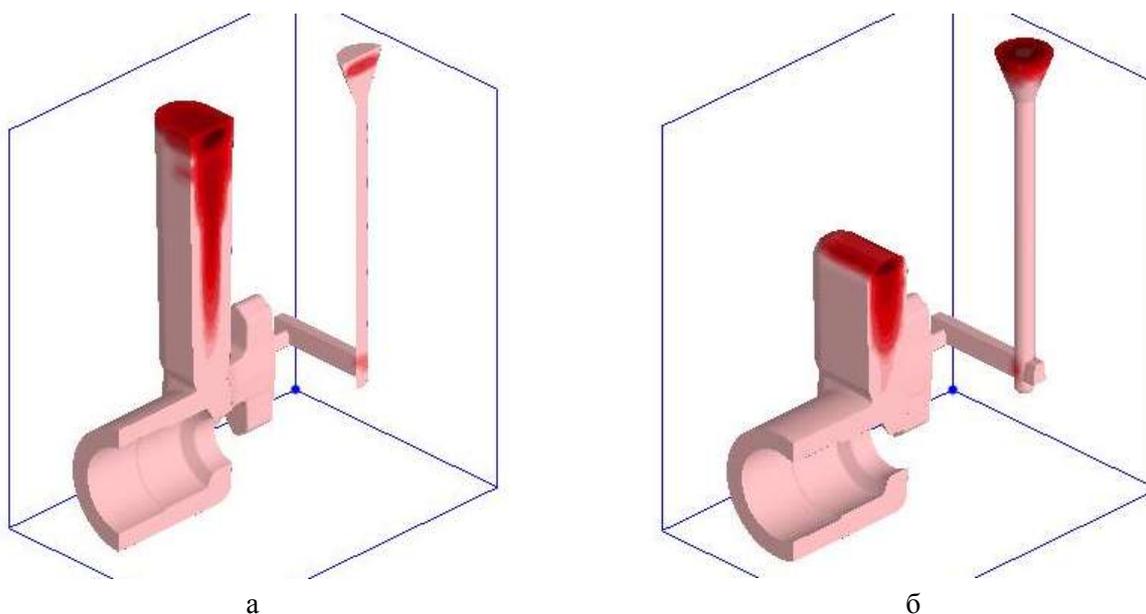


Рисунок 4 – Результаты моделирования усадочных процессов: а) литниковая система с открытой прибылью, б) литниковая система с закрытой прибылью.

Дальнейшее рассмотрение возможных вариантов открытой, либо закрытой прибылей и проведение необходимых этапов компьютерного моделирования процессов заполнения формы расплавом и его затвердевания, позволило скорректировать параметры литниково-питающей системы и разработать технологию получения отливки «Бугель» без дефектов усадочного происхождения с минимальным расходом металла (рис.4).

Список литературы:

1. Суслов, А.Г. Научные технологии в машиностроении / А.Г. Суслов, Б.М. Базров, В.Ф. Безъязычный и др.; под общ. ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, – 2012. - 528 с.
2. Марширов, В.В. Моделирование температурных полей при формировании биметаллических отливок / В.В. Марширов, И.В. Марширов // Литейное производство. - 2015. - № 8. – С. 33-35.
3. Марширов, В.В. Численное on-line моделирование процесса затвердевания отливок / В.В. Марширов, Л.Е. Марширова // Литейное производство. - 2015. - № 9. - С. 31 -34.
4. Малькова, Н.Ю. Разработка технологии изготовления отливок с использованием систем компьютерного моделирования / Малькова Н.Ю., Кошелева Е.А., Марширов И.В., Исаева Ю.В./ Ползуновский альманах. - 2016. - № 4. - С. 77-80.
5. Марширов, И.В. Применение систем компьютерного моделирования литейных процессов при разработке технологии изготовления отливок / Марширов И.В., Мустафин Г.А., Марширов В.В. / Ползуновский альманах. - 2015. - Т. 2. - С. 101-104.
6. Кошелева, Е.А. Диагностика дефектов литья с помощью компьютерного моделирования / Кошелева, Е.А., Малькова Н.Ю., Марширов И.В., Иванайский А.А. / Ползуновский альманах. - 2016. - № 4. - С. 189-190.
7. Малькова, Н.Ю. Конструкторское и технологическое проектирование отливки с использованием российских систем компьютерного моделирования / Н.Ю. Малькова, Е.А. Кошелева, И.В. Марширов / Ползуновский альманах. – 2017. – № 4. – Т. 5. – С. 120-122.

О ПРОВОЛОЧНОМ ИНДУКТОРЕ ТИГЕЛЬНОЙ ПЕЧИ

Денисов Д. А. – студент, Левшин Г. Е. – д. т. н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Главным электротехническим элементом современных индукционных индукторных тигельных печей является однослойный индуктор [1, 2, 3]. Он изготовлен из специальной медной трубки, на которую обычно вручную наносится электроизоляция, что удорожает его. Для охлаждения индуктора и воротниковой зоны футерованного тигля расходуется большое количество кондиционной воды с повышенными скоростью и давлением её в трубке индуктора, чтобы обеспечить температуру не выше 35 – 40 °С. Жесткие трубчатые витки индуктора вибрируют с удвоенной частотой и создают шум, что вредно влияет на всю конструкцию печи и работающих [1, 2, 3]. Кроме того печи характеризуются пониженным электрическим КПД [1, 2, 3].

Его можно заметно повысить [3], если n параллельных изолированных проводников выполнить в индукторе транспонированными. Это позволяет получить для них одинаковую самоиндукцию, сопротивление, а также расположение их по отношению к садке. В этом случае сопротивление, а, следовательно, и потери мощности в индукторе уменьшатся в $1/n^{0,5}$ раз. Это приводит к увеличению электрического КПД печи $\eta_{эл}$.

Так, при выполнении индуктора из n параллельных транспонированных проводников повышенное значение электрического КПД печи $\eta_{эл}$ равно

$$\eta_{эл} = n^{0,5} \eta_э / [1 + \eta_э(n^{0,5} - 1)]; \quad (1)$$

где $\eta_э$ – реальный КПД печи;

n – количество параллельных проводников.

Как следует из формулы (1), при реальном КПД печи $\eta_э=0,5$ увеличение числа n проводников с 1 до 4 повышает $\eta_{эл}$ в 1,3 раза, а до 9 – в 1,5 раза и так далее.

Однако это до сих пор не осуществлено из-за практической невозможности выполнения индуктора из параллельных транспонированных трубчатых проводников вследствие конструктивной сложности, связанной с необходимостью расположения трубчатых витков более чем в один слой, и подачи в них охлаждающей воды [2, 3].

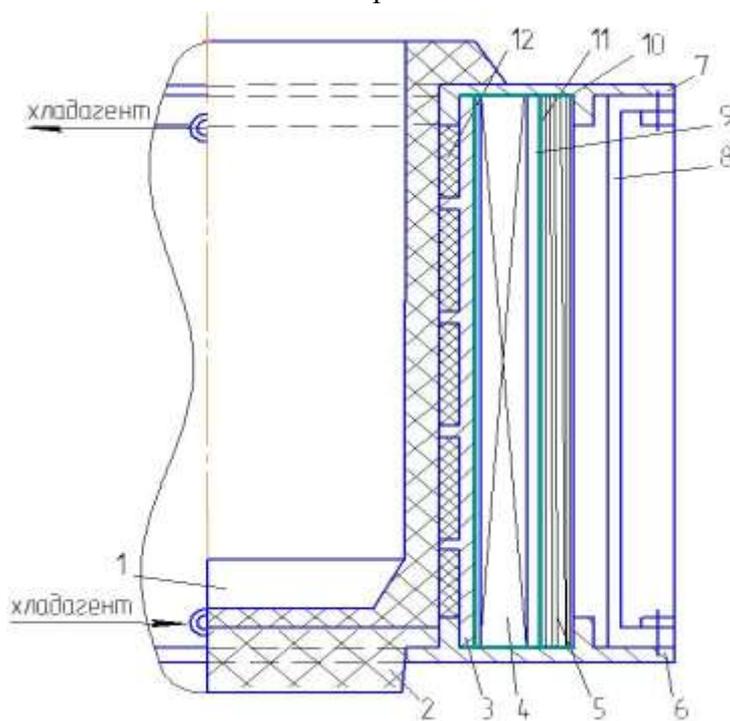
В 2016 г. появилась реальная возможность охлаждения витков индуктора снаружи. Для этого в конструкцию печи введены два новых элемента – кольцевые обечайка и магнитопровод с размещением индуктора между ними [4].

С использованием этого технического решения в АлтГТУ разработана индукционная индукторная тигельная печь с проволочным индуктором [5].

Она содержит соединенные вместе футерованный тигель 1, опирающийся на подину 2, цилиндрическую (кольцевую) обечайку 3, охватывающую тигель 1, охлаждаемый проволочный индуктор 4 с токоподводами (не показаны), электроизолированные витки которого охватывают обечайку 3, наружный вертикальный кольцевой наборный магнитопровод 5, охватывающий индуктор 4, нижнюю 6 и верхнюю 7 плиты с центральным отверстием для размещения подины 2 и «воротника» тигля, соответственно, скрепленные стяжками 8 (рисунок). Обечайка 3 размещена между тиглем 1 и индуктором 4. магнитопроводом 5, плитами 6 и 7, обечайкой 3 образована замкнутая кольцевая полость 9 для размещения индуктора 4 и подвода-отвода в нее хладагента. Для герметизации полости 9 предусмотрены эластичные уплотнения 10 по стыкам и слой 11 электроизоляционного материала на ее внутренней поверхности. В углублениях обечайки 3 размещен теплоизолирующий материал 12.

Витки индуктора 4 могут быть выполнены из медного, латунного или алюминиевого одно- или многопроволочного изолированного проводника вместо медного трубчатого проводника. Это предполагает охлаждение витков индуктора 4 жидким или газообразным хладагентом с внешней, а не с внутренней его поверхности. Поэтому для исключения электрического пробоя изоляции при охлаждении электропроводящей жидкостью, например технической водой, и повышения надежности электроснабжения желательно использовать

про водники с двойной изоляцией, выпускаемые промышленностью. При этом первый слой может быть выполнен из поливинилформалевого, эпоксидного, кремнийорганического лака или клея, а второй – из теплостойких и гибких резины или пластмасс.



Выполнение витков индуктора 4 из однопроволочного гибкого изолированного проводника позволяет более эффективно охлаждать все его сечение. Однако его толщина δ должна быть примерно равна двойной глубине $\Delta_{0,01}$ проникновения переменного магнитного поля в этот проводник, а именно $\delta \approx 2\Delta_{0,01}$. Глубину проникновения $\Delta_{0,01}$ в материал с удельным электрическим сопротивлением ρ и абсолютной магнитной проницаемостью $\mu_0\mu_i$, на которой волна поля частотой f практически полностью затухает и в ней остается 1 % энергии, можно оценить по формуле:

$$\Delta_{0,01} \approx 0,8[\rho/(f \mu_0 \mu_i)]^{0,5} \quad (2)$$

При промышленной частоте $f = 50$ Гц средняя глубина проникновения $\Delta_{0,01}$ для меди – ≈ 1 см, латуни – 1,77 см, алюминия – 1,2 см.

Поэтому целесообразен плоский проводник, позволяющий использовать ток большой величины. Если сечение витков и их количество окажется недостаточным для обеспечения необходимой магнитодвижущей силы витки индуктора располагаются в 2 – 3 и более слоев. Между витками и слоями должны быть зазоры для прохождения хладагента. Слои могут быть выполнены из одного длинного проводника или из соответствующего количества коротких проводников. Во втором случае они могут быть подключены последовательно или параллельно к источнику электрического напряжения. Последовательное подключение увеличивает активное и индуктивное сопротивление индуктора 4, но уменьшает ток, а параллельное – уменьшает активное сопротивление и увеличивает ток при одинаковом напряжении. Возможно независимое подключение слоев для регулирования величины индукции и режима работы печи.

Выполнение витков индуктора 4 из многопроволочного изолированного проводника устраняет необходимость соблюдения условия $\delta \approx 2\Delta_{0,01}$, так как каждая проволочка и, следовательно, весь проводник пронизывается полем на всю их толщину. К простейшим многопроволочным изолированным проводникам относятся жилы, состоящие из двух и более скрученных проволок. Из таких электроизолированных жил также возможно изготовление индуктора 4 с различным числом слоев и с применением транспонирования жил. Для крупных печей возможно изготовление индуктора 4 также из одно- или многожильных электроизолированных кабелей и проводов, в том числе транспонированных.

В этом случае уже имеется по меньшей мере двойная электроизоляция, в т. ч. резиновая, пластмассовая, а именно: на каждой жиле и на кабеле или проводе.

Во всех случаях изготовления индуктора 4 возможно разделение его на секции, в том числе путем тщательно изолированной отпайки, для расширения возможности регулирования электрического и плавильного режима.

Наиболее просто изготовить предлагаемый индуктор 4 путем навивки однопроволочного или многопроволочного электроизолированного проводника, например жилы, кабеля или провода, в том числе транспонированного, на внешнюю электроизолированную цилиндрическую поверхность обечайки 3 с последующим закреплением первого слоя на ней. Во время навивки возможно транспонирование проводников, например с шагом 100 – 200 мм в зависимости от высоты и диаметра печи, сечения проводника. При этом многопроволочный проводник обладает часто большей гибкостью, чем однопроволочный при равном сечении. Вполне возможны другие варианты изготовления индуктора 4 и закрепления его витков внутри кольцевой полости 9. В любом случае его изготовление гораздо проще и дешевле, чем медного трубчатого.

В случае многопроволочного индуктора 4 его вибрация имеет иные характеристики, а шум практически отсутствует из-за гибкости проводников и их изоляции.

Предложенная конструкция одно- и многопроволочного индуктора (с числом слоев 3 – 8) и его внешнего охлаждения сжатым воздухом и водопроводной водой проверена опытами с положительным результатом при электрическом напряжении до 400 В, величине тока до 1000 А и его плотности до 20 А/мм².

Работа разработанной печи подробно изложена в патенте [4].

По сравнению с известными промышленными печами предложенное решение позволяет расширить сферу применения индукционных плавки и тигельной печи путем использования нижеперечисленных преимуществ:

- снижения энергоемкости плавки за счет повышения КПД проволочного индуктора, особенно из транспонированных проводников и проводов, более полного улавливания кольцевым магнитопроводом магнитного потока рассеяния, увеличения этим магнитопроводом магнитной индукции в рабочей полости индуктора и уменьшения ее градиентов;

- уменьшения эксплуатационных расходов устранением расхода кондиционной воды за счет подачи дешевого хладагента в кольцевую полость;

- повышения защищенности индуктора и работающих и надежности работы печи установкой цилиндрической обечайки, препятствующей доступу расплава к индуктору;

- повышения защищенности работающих от воздействия шума путем изготовления индуктора из гибкого одно- или многопроволочного проводника и размещения его в кольцевой полости, в том числе заполненной жидким хладагентом;

- повышение защищенности работающих от вредного влияния электромагнитного поля путем более эффективного улавливания потока рассеяния;

- снижение стоимости и трудоемкости изготовления печи вследствие повышения экономичности и уменьшения трудоемкости изготовления проволочного индуктора.

Список литературы

1. Современные плавильные агрегаты.../ Сб. ИТЦМ "Металлург". – М.: Metallurg-консалтинг, 2014. – 370 с.

2. Фарбман С. А., Колобнев И.Ф. Индукционные печи для плавки металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1968. – 496 с.).

3. Левшин Г. Е. Научно-технические инновации индукционной плавки в индукторных и электромагнитных тигельных печах // Научно-технические инновации в машиностроении». 2016, № 3. – С. 12 – 21.

4. Пат. 177465 РФ, МПК F27B 14/06 (2006.1). Индукционная индукторная тигельная печь с кольцевым наборным магнитопроводом / Левшин Г. Е., Левшин А. Г. Патентообладатель АлтГТУ. – 2016148320/02; заявл. 8.12.16 г.; опубл. 26.02.18 г.

5. Пат. 177475 РФ, МПК F27B 14/06 (2006.1). Индукционная индукторная тигельная печь с проволочным индуктором / Левшин Г. Е., Левшин А. Г. Патентообладатель АлтГТУ. – 2016148321/02; заявл. 8.12.16 г.; опубл. 26.02.18 г.

СТАЛИ ДЛЯ ШТАМПОВ ГОРЯЧЕГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Курдюмов О.Ю. - магистрант, Огневой В.Я. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Штампы горячего деформирования работают в условиях, для которых характерны: высокие действующие напряжения, уровни которых приближаются к пределам текучести штамповых сталей; высокие температуры нагрева; циклическое воздействие напряжений от знакопеременных усилий при деформации; термические напряжения, определяемые условиями нагрева и охлаждения штампов; химическое взаимодействие, особенно проявляющееся в процессе прессования и жидкой штамповки. В наиболее тяжелых условиях работает штамповый инструмент при прессовании, высадке, точной штамповке, при прессовании медных сплавов в пресс-формах литья под давлением. Для обеспечения наибольшей стойкости процесс деформирования должен протекать в условиях оптимального режима и нормальных условиях эксплуатации оборудования. При этом необходимо соблюдение расчетного интервала температур штамповки, своевременное удаление окалины с заготовки, работа инструмента без перекосов и смещений. Применение эффективной смазки и обдувки штампа, подогрев штампа перед работой и равномерное охлаждение в процессе работы.

По характеру легирования и основным свойствам после окончательной термической обработки стали для горячего деформирования подразделяются на три группы:

1. Стали умеренной теплостойкости и повышенной вязкости применяются для молотовых штампов, крупных прессовых штампов и блоков матриц для ГКМ. Одним из основных требований для них является повышенная вязкость в крупных сечениях (до 700-800 мм). Обеспечение этого требования достигается ограничением содержания карбидообразующих элементов (до ~2.0% Cr; 0.7÷1.0% Mo или W; 0,3÷0.5% V) и легированием никелем - сталь 5ХНМ и 4ХМФС. Термическая обработка заключается в закалке от 850-950°C и отпуске при 500 и 550°C, соответственно, на твердость HRC 40 – 45.

2. Стали повышенной теплостойкости и вязкости. Это наиболее широко применяемые стали для большинства инструментов горячего деформирования и пресс-форм литья под давлением. Отличительной особенностью их от сталей умеренной теплостойкости является повышенное содержание карбидообразующих элементов (хрома, молибдена, вольфрама, ванадия). Благодаря этому стали 4Х5МФС и 4Х4ВМФС (ДИ-22) обладают более высокой теплостойкостью, прочностью при температурах эксплуатации, чем стали 5ХНМ и 4ХМФС.

Температуры закалки теплостойких сталей выбирают из условий получения наибольшей твердости при сохранении достаточно мелкого зерна аустенита, что обеспечивает лучшее сочетание эксплуатационных свойств. Температура закалки стали 4Х5МФС – 1020°C на твердость HRC 50 – 52; после отпуска при 560-580°C, твердость HRC 46 – 50. Закалка стали 4Х4ВМФС выполняется от 1050 – 1070°C на твердость HRC 55-60; отпуск при 620 – 640°C на твердость HRC 46 – 50.

Стали высокой теплостойкости. К сталям этой группы следует отнести, прежде всего, 5Х3В3МФС (ДИ-23) и 2Х6В8М2К8. После закалки от 1100 – 1200 С и отпуска при 680°C на твердость HRC 46 – 52, стали сохраняют устойчивость против теплового разупрочнения до 690 – 730°C соответственно.

Для сравнения: теплостойкость стали 5ХНМ составляет – 600⁰С, а 4Х4ВМФС – 650°C.

Одним из примеров применения сталей горячего деформирования являются ковочные вальцы. Ковочные вальцы предназначены для массового изготовления заготовок переменного сечения методом вальцовки металла в горячем состоянии. Вальцы выполняют

оттяжку концов прутков, профильную вытяжку в горячем состоянии и ковку симметричных деталей. На вальцах можно выполнять подготовительные операции для последующей обработки. Принцип работы вальцов заключается в обжатии заготовки между двумя валками, вращающимися в разные стороны. На поверхности валка выполнены ручьи, которые при обжатии заготовки придают ей требуемую форму.

Используемая сталь для валков ковочных валец сталь 5ХНМ имеет большую вязкость и прочность при повышенной температуре, разгаростойкостью, окалиностойкостью и хорошей износостойкостью, хорошей теплопроводностью. При температуре 500 °С сталь 5ХНМ имеет следующие механические свойства: $\sigma_{0,2} = 650\text{МПа}$, $\sigma_B = 900\text{МПа}$, $\psi = 70\%$, $\delta = 20\text{-}22\%$. Твердость изделий из марки стали 5ХНМ после закалки с отпуском в 550°С и закалки в масле при 840 – 860 °С, должна быть не менее 36 НRC При эксплуатации инструмента из стали 5ХНМ в температурах более 500°С ее стойкость резко падает, что делает ее не долговечной. При многократном использовании раскаленных прутков на верхнем и нижнем валках происходит деформация, что приводит к образованию канавок. При образовании канавок сечение прутков может получиться с дефектами, что может привести к браку пружины.

Предлагается заменить сталь 5ХНМ на сталь 4Х4ВМФС (ДИ-22).

4Х4ВМФС (ДИ-22) относится к категории износостойких высококачественных штамповых инструментальных сталей. Данный материал обладает повышенной теплостойкостью (до 650 °С) и разгаростойкостью. Наличие в его составе хрома придает хорошую износостойкость и окалиностойкость (таблица 1). Сталь марки 4Х4ВМФС применяется для высадки на горизонтально-ковочных машинах, инструмента машинной высокоскоростной штамповки; пресс-форм для литья медных сплавов под давлением; вставок штампов для горячего деформирования конструкционных легированных сталей и жаропрочных сплавов на кривошипных прессах и молотах.

Таблица 1. Химический состав стали 4Х4ВМФС, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	W	V	Cu
0,37-0,44	0,6-1	0,2-0,5	<0,35	<0,03	<0,03	3,2-4	1,2-1,5	0,8-1,2	0,6-0,9	<0,3

Температуры критических точек стали 4Х4ВМФС: $A_{c1} = 830\text{ }^\circ\text{C}$; $A_{c3} = 910\text{ }^\circ\text{C}$; $A_{r1} = 670\text{ }^\circ\text{C}$; $A_{r3} = 750\text{ }^\circ\text{C}$; $M_n = 255\text{ }^\circ\text{C}$.

Для ковочных валец из стали 4Х4ВМФС предлагается следующая термическая обработка: закалка 1050 – 1070 °С в масло с последующим двойным отпуском. Первый отпуск 620 – 630 °С, второй отпуск 560 – 580 °С. Данная термообработка позволяет получить твердость 241-299 НВ с повышением теплостойкости валец до 650 °С.

ПОВЕРХНОСТНАЯ ЗАКАЛКА РАМЫ БОКОВОЙ ИЗ СТАЛИ 20ГФЛ БЫСТРОДВИЖУЩИМСЯ ПОТОКОМ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ

Беленко Н.А. - магистр, Околович Г.А. - профессор, д.т.н.

Алтайский государственный технический университет им.И.И.Ползунова

Настоящая работа посвящена процессу термообработки стали 20ГФЛ используемой для производства рамы боковой железнодорожного вагона

В качестве способа термической обработки выбрана поверхностная закалка быстро движущимся потоком охлаждающей жидкости, которая позволит получить на поверхности сжимающие напряжения, которые, в свою очередь, приведут к увеличению усталостной прочности и сопротивления разрушению при циклическом нагружении, так как наличие сжимающих напряжений препятствует зарождению и развитию усталостных трещин на поверхности боковых рам.

В качестве исходной термообработки предлагается выбрать детали прошедшие нормализацию.

Указанный способ реализуется следующим образом. Боковая рама тележки грузового вагона загружается в электрическую печь, разогретую до температуры, не превышающей 140°C от линии Ас3 (по диаграмме Fe-Fe3C), выдерживается в печи в течение 30-120 мин для обеспечения сквозного нагрева и переносится в специальное закалочное устройство, в котором охлаждается быстродвижущимся потоком охлаждающей жидкости через специальные спрееры, находящейся под давлением 1-5 атм в течение 2-20 мин.

При этом охлаждение производят в две временные последовательные фазы, параметры охлаждения в которых различны. В первой фазе охлаждение осуществляется в течение 5-15 сек равномерно по всей площади достаточно большим объемом охлаждающей жидкости (10-15 м³), а во второй фазе деталь охлаждается менее интенсивно (объем жидкости 3-10 м³ за время до 15 мин). При этом во второй фазе охлаждения наиболее ответственные места боковой рамы тележки закаливаются более интенсивно, чем вся оставшаяся поверхность детали. Это является важным фактором обеспечения оптимальной конструкционной прочности и вязкости металла наиболее ответственных узлов при менее существенном упрочнении всей остальной части детали. При этом упрочнение остальной части детали на некоторую величину необходимо для избежания появления неравномерности эпюры напряжений и ее коробления.

Для реализации исследований был взяты фрагменты рамы боковой из сталей 20ГФЛ, 20ГЛ и 20ГТЛ. Поверхностную закалку проводили в трех разных средах: вода, «Термат» и «Термат» + 50 % вода.

До и после закалки был произведен экспресс-анализ твердости по Бринеллю электронным малогабаритным переносным твердомером на поверхности фрагментов боковых рам. Твердость поверхности возросла от 140-150 НВ (в нормализованном состоянии до закалки) до 320-350 НВ после закалки быстродвижущимся потоком охлаждающей жидкости (Таблица 1).

Таблица 1-твердость поверхности до и после закалки.

Марка стали	Твердость до поверхностной закалки, НВ	Твердость после поверхностной закалки в разных охлаждающих жидкостях, НВ		
		Вода	Вода + термат	термат
20ГЛ	141	323	341	331
20ГФЛ	149	334	347	338
20ГТЛ	144	332	344	335

Для измерения твердости в поперечном сечении из представленных образцов приготовили металлографические шлифы на всю толщину стенки (рисунок 1). Твердость измеряли с помощью твердомера по шкале HRC с шагом 2 мм по всей толщине стенки по трем параллельным линиям с расстоянием между линиями 5 мм и последующим вычислением средних значений.



Рисунок 1– металлографический шлиф с фрагмента рамы боковой тележки во всю толщину стенки

Профиль распределения твердости по сечению фрагментов прошедших поверхностную

закалку в воде, вода + термат, термат приведен на рисунке 2.

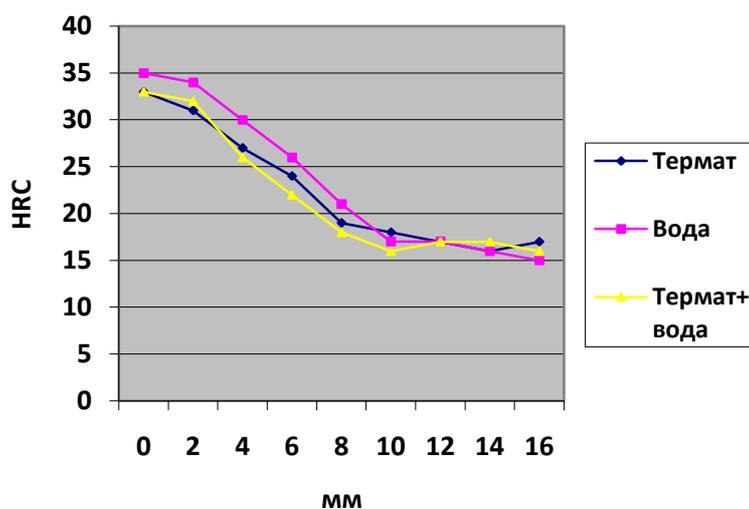


Рисунок 2– Профиль распределения твердости по сечению

Для проведения испытаний на одноосное растяжение также из фрагментов рамы боковой (из ровной площадки) были вырезаны стандартные пропорциональные плоские образцы типа I толщиной 6 мм по ГОСТ 1497-84

Диаграммы деформации образцов, вырезанных из поверхности закаленных фрагментов боковой рамы, в сравнении с образцами, вырезанными из фрагментов боковой рамы, прошедшей нормализацию, представлены на рисунке 3

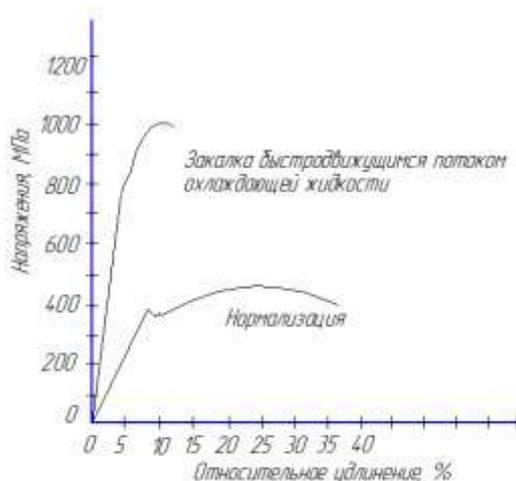


Рисунок 3 – Диаграммы деформации образцов

Выводы

1 Закалка потоком быстродвижущейся охлаждающей жидкости привела практически к двукратному повышению статических прочностных характеристик.

2 Профиль распределения твердости по сечению фрагментов боковой рамы носит плавный характер по мере удаления от закаленной поверхности в центр сечения, что говорит о получении на поверхности определенных сжимающих напряжений.

3 Достигнутая величина твердости существенно превышает твердость в исходном состоянии, прошедших термообработку после нормализации

ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ ИЗЛОЖНИЦЫ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МЕЛКИХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ОТЛИВОК С ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ В ВИДЕ ИЗОЛИРОВАННОЙ ПОЛОСТИ

Широков Е.В.- к.т.н., доцент, Нешатаев В.В.- студент, Стрижко Т.А.- студент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При формировании отливки с внутренней поверхностью в виде изолированной полости на специализированной лабораторной установке (рисунок 1) необходимо обеспечить непрерывное качение сферической изложницы по двум взаимноперпендикулярным поверхностям, одна из которых- горизонтальная, является плоской, а другая- вертикальная, представляет собой поверхность в виде кругового цилиндра [1]. Эта криволинейная поверхность обеспечивает движение сферической изложницы по сложной траектории, состоящей из двух сопряженных круговых траекторий. Сопряжение представляет собой технологический проем, через который перемещается изложница из одной части рабочего пространства установки в другую в своем непрерывном качении по заданной траектории. Задается движение изложницы двумя толкателями, каждый из которых обеспечивает ее качение в соответствующей части рабочего пространства. При этом вращение толкателей происходит в противоположные стороны, а их исходное взаимное расположение в момент запуска установки выполнено таким образом, что если толкающая часть одного толкателя находится в области технологического проема, то толкающая часть второго толкателя находится в строго противоположной стороне.

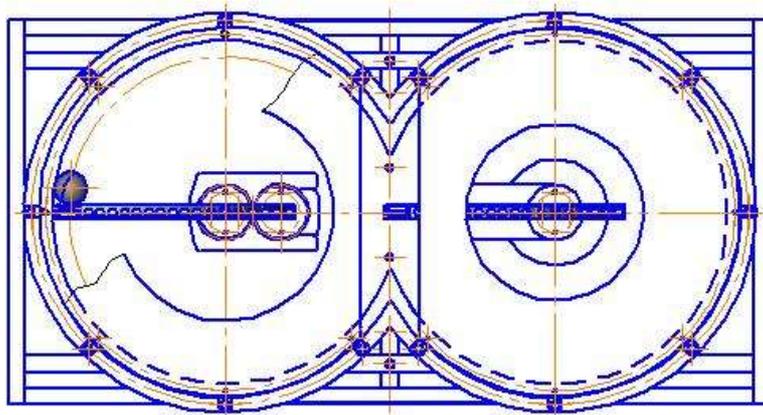


Рисунок 1- Схема лабораторной установки

Движение сферической изложницы носит сложный характер, поскольку она одновременно находится в поступательном движении по заданной траектории и во вращательном вокруг наклонной оси. Поступательное движение изложницы в виде качения по горизонтальной поверхности протекает под силовым воздействием толкателя и тяжести самой изложницы. Вращательное движение протекает под действием силового воздействия толкателя, силы тяжести изложницы и центробежной силы, которая прижимает изложницу к вертикальной криволинейной поверхности. В таких условиях качение изложницы характеризуется двумя точками фрикционного зацепления, которые находятся на рабочих поверхностях и через которые проходит, так называемая, мгновенная ось вращения [2] под углом 45° к обеим рабочим поверхностям. Реальное же вращение изложницы осуществляется вокруг оси, проходящей параллельно мгновенной оси и через ее геометрический центр.

Вращение расплава, находящегося внутри вращающейся изложницы, вокруг наклонной оси формирует внутреннюю поверхность отливки в виде параболоида вращения [3]. Следовательно, такое вращение не может сформировать внутреннюю поверхность в виде изолированной полости. Однако, когда изложница в своем движении попадает в зону сопряжения обеих частей рабочего пространства установки она под действием центробежной силы перемещается через технологический проем из одной части рабочего пространства в другую. Здесь начальное движение изложницы характеризуется как

свободное и продолжается до тех пор, пока ее не догонит другой толкатель и обеспечит дальнейшее ее, но уже контролируемое движение. Это, контролируемое толкателем, движение также является сложным, поскольку состоит из поступательного движения по круговой (части круговой) траектории и вращательного вокруг оси наклонной под 45° к горизонтальной и вертикальной рабочим поверхностям. Отличительной особенностью движения изложницы после ее перемещения является то, что вращение изложницы по отношению к ее предыдущему вращению является противоположным, так как после перемещения точки фрикционного зацепления изложницы с рабочими поверхностями изменились, а мгновенная и реальная оси изменили свое направление на 90° . Такое пространственное изменение положения оси вращения наряду с предыдущим вращением предполагает постоянное разностороннее формирование внутренней поверхности отливки в виде параболоида, меняющего направление своего формирования (рисунок 2).

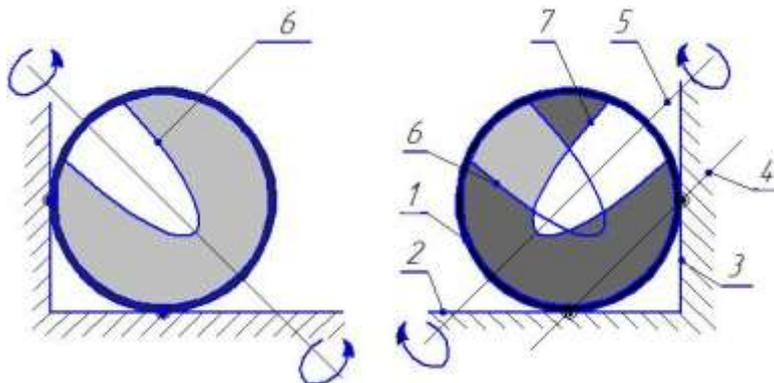


Рисунок 2- Изменение направления оси вращения изложницы из одного отделения рабочего пространства установки в другое отделение; 1-сферическая изложница; 2-горизонтальная беговая поверхность; 3-вертикальная беговая поверхность; 4-мгновенная ось вращения; 5-реальная ось вращения изложницы; 6-внутренняя поверхность вращающегося жидкого металла до перемещения из одного отделения рабочего пространства установки в другое; 7-внутренняя поверхность после перемещения

Циклическое движение сферической изложницы по всему рабочему пространству по заданной траектории в условиях непрерывного направленного затвердевания расплава от периферийной части изложницы к ее центру приводит к формированию отливки с внутренней поверхностью в виде изолированной полости. Для получения изолированной полости, конфигурация поверхности которой была бы близка к сферической, необходимо обеспечить непрерывный контакт изложницы с толкателями на всем протяжении ее качения по заданной траектории.

Основные технологические операции получения мелких центробежных отливок с внутренней изолированной полостью отработаны на лабораторной установке физическим моделированием с использованием пластиковой изложницы, заполняемой расплавленным модельным составом (рисунок 3).

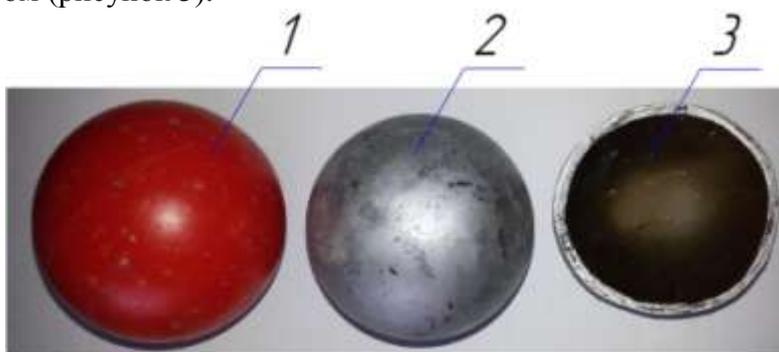


Рисунок 3- Получение мелких центробежных отливок: 1- пластиковая изложница; 2- полученная отливка из модельного состава; 3- полученная отливка в разрезе

Список литературы

1. Широков Е.В., Нешатаев В.В. К вопросу о получении центробежных отливок в условиях сложного вращения литейной формы/Широков Е.В., Нешатаев В.В. Стрижко Т.А.//Ползуновский вестник.-2017.-№4.-с.170-175.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для втузов.-10-е изд., перераб. И доп.-М.: Высш.шк., 1986-416 с., ил.
3. Каширцев Л.П., Литейные машины. Литье в металлические формы: Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2005. 368 с.

АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕНТА-МОДЕЛЕЙ

Мустафина Т.В. – студентка, Мустафин Г.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Денто-модель – это модель верхней и нижней челюстей, анатомически соответствующая зубочелюстному аппарату взрослого человека. Денто-модель относится к медицинским тренажерам и предназначена для повышения эффективности подготовки студентов, ординаторов и практикующих врачей при прохождении сертификации и аккредитации. Изготовление денто-моделей, моделей зубов и других тренажеров в АлтГТУ связано с совместной научно-технической работой нашего вуза с медицинским университетом.

Используемые тренажеры импортные, поэтому применяемые материалы для их изготовления неизвестны. В связи с этим проведен анализ всех материалов, применяемых в стоматологии и выявлена возможность их применения для изготовления денто-моделей и моделей зубов.

Материалы для моделей подразделяются на кристаллические (гипсовые), полимерные (полиуретан, эпоксидная смола, силикон), гибридные (гипс усиленный акрилом).

Известно множество разновидностей гипса, выпускаемого для нужд ортопедической стоматологии. В соответствии с требованиями Международного стандарта (ISO) по степени твердости выделяют 5 классов гипса, из которых наиболее пригодным для изготовления денто-моделей можно считать три последние классы гипса:

1) твердый, используется для изготовления диагностических и рабочих моделей челюстей в технологии съемных зубных протезов, например, *Пластон-L*, *Гипсогал*, в состав которого входит α -полугидрат сульфата кальция;

2) сверхтвердый, используется для получения разборных моделей челюстей, например, *Фуджирок-EP*, *Галигранит*, в состав которого входит α -полугидрат сульфата кальция;

3) особотвердый, с добавлением синтетических компонентов. Данный вид гипса обладает увеличенной поверхностной прочностью. Для замешивания требуется высокая точность соотношения порошка и воды. Так, например, *Дуралит-S*, *DENFLO-HX* — материал на основе синтетического α -полугидрата сульфата кальция — характеризуется очень низким расширением при затвердевании, что обеспечивает получение точных рабочих моделей.

Несмотря на широкое распространение гипса как материала для моделей, он обладает большим количеством недостатков, главная из которых – маленькая прочность на изгиб, разрыв и истирание, приводящая к отлому зубов и истиранию поверхности модели и искажению протезного ложа. Поэтому в настоящее время наряду с гипсом начали использовать специальные полиуретановые композиции (*Exakto-Form* (Bredent, Германия); *AlphaDie MF* (Schutz Dental, Германия); *Polyhard Q*), эпоксидные смолы (*Metallepoх*, *Epoch-Die* (Ivoclar, Лихтенштейн), *Tri-Epoxy* (*Tri-Dynamics Dental Co.*, *Cherry Hill*, США) и *Diemet-e* (*Erkodent*, Германия)) и силикон для изготовления моделей челюстей.

Полиуретановые модели обладают высокой прочностью и минимальной усадкой, не подвержены истиранию. Способ применения прост, в отличие от гипса не нужно соблюдать строгое соотношение между компонентами. Они поставляются в виде катализатора и базы равного количества, которые при перемешивании начинают твердеть. Полиуретан

используется для изготовления как обычных моделей методом литья, так и методом фрезерования моделей и 3D печати.

Exakto-Form (Bredent) — двухкомпонентная сверхпрочная пластмасса, пяти разных цветов, на основе полиуретана, для изготовления моделей челюстей, обеспечивающая точное соответствие формы и наивысшую стабильность кромок. Достоинством этой композиции является возможность нанесения очень тонких слоёв, отсутствие пористости в отливках, точное воспроизведения формы и поверхности оригинала, стабильность размеров и формы отливки.

Недостатком данного полиуретанового материала для моделей является высокая стоимость и малый срок хранения из-за самоотверждения одного из компонентов. Другим недостатком является высокая адгезия к материалам на основе полиэфира. Для устранения данного недостатка необходимо наносить на оттиск микродисперсную изолирующую жидкость эквато-форм.

Недостатком является и высокая токсичность компонентов и их паров, требующая защитной одежды, перчаток, очков и щитков для защиты лица, хорошей вентиляции и избегать открытого огня.

Alphadie MF (Schütz Dental) — полиуретановый, формовочный материал для литья моделей и культей. Точно повторяет детали, Сохраняет высокую прочность даже в тонких участках, чрезвычайно твёрдый, устойчив к откалыванию и расширению. Очень низкая усадка, всего 0.06 %.

Polyhard Q — термостойкая пластмасса, предназначенная для изготовления моделей челюстей. Удобно смешивается в пропорции 100А:100В (по объёму) и обладает низкой вязкостью, что значительно облегчает процесс смешивания и заливки. После полной полимеризации имеет твёрдость 80 по Шору D. Обладает хорошими физическими и эксплуатационными свойствами.

Diemet-e (Erkodent) — трёхкомпонентная эпоксидная смола, состоящая из основания, отвердителя и наполнителя. Применяется для отливки моделей в стоматологии. Эпоксидная смола должна быть очень тщательно дозирована. Характеристика смолы: рабочее время -15 мин, время гелеобразования – 20-30 мин, время затвердевания – 6-8 часов, окончательная твердость > 200 Н/мм², усадка – 0,05%. Силиконовые и полисульфидные оттиски можно не изолировать от эпоксидной смолы, а полиэфирные – необходимо изолировать тальком. Для получения точного отпечатка необходимо добиваться более тонкого слоя талька.

Для изготовления силиконовых моделей используется преимущественно А-силикон, так как он даёт меньшую усадку и обладает лучшими физико-механическими свойствами по сравнению с С-силиконом. Примером А-силикона является **силикон для моделей Mach-2**

Mach-2 используется для получения силиконовых моделей при изготовлении композиционных вкладок, накладок, виниров, полукоронок и т.д. Достоинства этого силикона: высокая производительность получения моделей, высокая текучесть, подробное воспроизведение мельчайших деталей, высокая твёрдость материала (90 по Шору), но при этом умеренная гибкость, позволяющая легко извлекать композитные модели.

Mach-2 в отличие от гипса не трескается, не ломается и не истирается. Модель легко обрезается острым скальпелем или бритвой. Нет необходимости в использовании боров и соответственно не образуется пыль при обработке модели.

При необходимости, для улучшения прочностных качеств композита, силиконовую модель можно нагреть в печи до температуры 121°С в течение 10 минут.

В стоматологии применяются и другие пластмассы: акриловые, винилакриловые, на основе модифицированного полистирола, сополимеры или смеси перечисленных пластмасс. Примерами таких пластмасс являются «Акрел», «СтомАкрил», «Полиметилметакрилат» и другие.

Полиметилметакрилат при нагревании выше 120°С размягчается, переходит в высокоэластичное состояние и легко формируется. Свыше 200°С начинается заметная деполимеризация, которая с достаточно высокой скоростью протекает при температурах

свыше 300°C.

В настоящее время предложено достаточно большое число разных методов упрочнения пластмассовых моделей металлическими, полимерными или стекло- и углеволоконными сетками, а также новые методы полимеризации пластмасс, в том числе и с использованием СВЧ-энергии. В тоже время продолжается работа по созданию новых базисных пластмасс на основе сополимеров и олигомеров, обладающих высокими прочностными характеристиками.

Список литературы:

1 Изготовление бюгельных протезов из современных материалов П. В. Обезьянин, А. М. Голубчик, С. А. Чижмакова – МГМСУ, г. Москва, Журнал зубной техник, № 5 (40), 2003 стр. 16-17.

2 Зубопротезная техника: Учебник / Под редакцией М.М. Расулова, Т. И. Ибрагимова, И. Ю. Лебеденко. — М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2005. — 448 с., ил.

3 <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=816724>

АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛАСТИЧНЫХ ФОРМ ДЛЯ ДЕНТА-МОДЕЛЕЙ

Мустафина Т.В. – студентка, Мустафин Г.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Эластичная (резиновая) форма может использоваться многократно. Её можно использовать в том случае, если есть необходимость сделать копию с какого-либо объекта для дальнейшей ее доработки.

При выборе материалов для изготовления резиновой формы необходимо учесть следующее:

1) вид изделия, которое необходимо скопировать (размеры, степень сложности поверхности, наличие сложного рельефа и т.д.);

2) вид материала, из которого изготовлен прототип или мастер модель, подлежащая формованию (механическая прочность, химическая инертность, чистота поверхности, устойчивость к температурам и давлению формования, необходимость сохранения прототипа после формования);

3) геометрический тип изделия (плоское, объемное);

4) легкость разрезания заформованного блока;

5) планируемый тираж продукции с одной резиновой формы.

Формовочные резины могут быть в виде достаточно упругих листов или блоков, в пастообразном виде (похожем по консистенции на модельную глину), в жидком виде с различной степенью вязкости.

Листовые резины горячей вулканизации на основе натурального каучука.

Являются наиболее распространенными видами резин, применяемых в ювелирном производстве. Типичными представителями данного вида, ставшими фактическим стандартом в ювелирном производстве, являются резины Castaldo White Label (WL), Castaldo Gold Label (GL) и Castaldo No-Shrink Pink, выпускаемые компанией F.E. Knight Castaldo (США). Эти резины требуют определенных навыков в процессе укладки в форму, но технология работы с ними хорошо отлажена и, как правило, не создает проблем. В некоторых случаях, листовые резины, имеющие защитный пластиковый слой с одной стороны листа и посыпку из талька с другой, могут при небрежном или неопытном обращении привести к расслоению формы после вулканизации вследствие недостаточно плотной укладки и загрязнения поверхностей при укладке.

Листовые пастообразные резины горячей вулканизации на силиконовой основе.

Эти силиконовые композиции специально разработаны для технологии литья по выплавляемым моделям для производства высококачественного ювелирного литья.

Наиболее характерными представителями являются резины Super High Strength,

Econosil, выпускаемые компанией F.E. Knight Castaldo (США), а также MRC 250, Grayflo - 2002, FZR-400, выпускаемые компанией Millenium Rubber Technology. Пастообразные резины легко укладываются в форму, никогда не дают пузырей и при плотной укладке заполняют все пустоты, т.к. увеличиваются в объеме при вулканизации. Формы после вулканизации легко режутся лезвием скальпеля. Резина не взаимодействует с материалом модели, что значительно улучшает качество поверхности. Для отделения мастер-модели от резиновой формы не требуется использования силиконового спрея - форма уже содержит компоненты, способствующие легкому отделению мастер-модели от резины. Возможный недостаток, характерный для некоторых технических резин, неприспособленных специально для ручной укладки в форму - повышенная чувствительность к жирам. Кожный жир, всегда присутствующий на руках, может привести к расслоению готовой формы в месте прикосновения к резине руками.

Резины этих двух типов отверждаются при вулканизации при температурах 150-170⁰С. Такие температуры не позволяют использовать пластмассовые мастер-модели из-за низкой температуры размягчения (120-130⁰С). Эти резины могут быть использованы с мастер-моделями из гипса или из лёгких цветных сплавов, например, алюминиевые сплавы. Однако применение металлических сплавов для мастер-моделей делает необходимым изготовления для их получения огнеупорных форм и механической обработки полученных отливок.. Это удлиняет и удорожает процесс производства дента-моделей.

Несомненным достоинством металлических мастер-моделей является их долговечность, способность выдерживать не только высокие температуры, но и высокое давление с образованием отпечатка высокого качества и точности.

При вулканизации или застывании резины происходит ее полимеризация. Этот процесс неизбежно приводит к изменению объемных характеристик материала. Резина дает усадку (3-5%). Наибольшую линейную усадку дают резины, вулканизация которых происходит при высоких температурах. Избежать этого полностью невозможно хотя бы потому, что коэффициент термического расширения модели, которая вулканизуется в резине, отличается от коэффициента термического расширения самой резины, и эти два физических тела расширяются по-разному при температуре вулканизации. После длительных исследований, компанией Castaldo, была разработана специальная резина No-Shrink Pink, которая при правильном и очень точном подборе температурного и временного режима вулканизации, а также материала, из которого изготовлена модель, позволяет добиться практически нулевой усадки.

Пастообразные двухкомпонентные композиции на основе силиконовой резины холодного отверждения.

Обладают всеми технологическими особенностями и преимуществами силиконовых резин горячей вулканизации, но при этом вулканизуется при комнатной температуре за 15-30 минут и дает практически нулевую усадку. Хорошо зарекомендовали себя резины марки Castaldo Quick-Sil, позволяющие получать прочные, твердые, точные формы. Однако из-за повышенной твердости разрезаются не очень легко, поэтому можно рекомендовать изготавливать из них разъёмные формы.

Резины, полимеризующиеся при комнатной температуре (как жидкие, так и пастообразные), в силу законов физики, дают меньшую усадку. Для некоторых типов таких резин (Quick-Sil, Liquacast, Ласил-С, Ласил-Т) - усадка составляет менее 0,1%.

Жидкие двухкомпонентные резины холодного отверждения.

Жидкие материалы легко заполняют форму, как правило, не требуют термического воздействия и давления, являются наиболее щадящими по отношению к прототипу (мастер-модели).

Жидкие двухкомпонентные резины бывают силиконовые и полиуретановые.

Такие резины требуют тщательного отмеривания и отвешивания компонентов, а также вакуумирования для того, чтобы избежать пузырьков в форме. Некоторые жидкие формовочные материалы (Ferris Mould Compound, Ferrisilicone, Ласил-Т) являются

прозрачными или полупрозрачными, что существенно облегчает работу со сложными моделями. Жидкие формовочные материалы на базе силиконовой резины - это двухкомпонентные материалы, состоящие из жидкой силиконовой основы и катализатора (отверждающего агента). Они обладают прекрасной химической и термической стойкостью, естественными смазывающими свойствами, а также облегчают процесс извлечения из формы. Такие резины легки в использовании и не требуют специального оборудования. Диапазон материалов, которые могут использоваться в качестве прототипа - очень разнообразен: металлы, воск, стекло, дерево, кость, пластмассы, модельная глина и пр.

Необходимо наиболее внимательно относиться к прочности при выборе жидких резин и компаундов. Это наиболее мягкие и малопрочные резины, высоких прочностных характеристик жидких силиконовых резин, отверждаемых при комнатной температуре, можно добиться только в случае, если в качестве полимеризующего агента использовать платиновый катализатор. Плохие прочностные характеристики отечественных силиконов объясняются именно тем, что в качестве агента используются оловоорганические соединения. С сентября 1999 г. компания Лассо приступила к выпуску жидких силиконовых резин холодного отверждения (Ласил-С и Ласил-Т) собственной рецептуры с использованием импортных отверждающих агентов.

Литература:

1. Яманова Р.Р., Современные материалы и технологии для получения форм и отливок при изготовлении сувенирной продукции / Вестник технологического университета. 2015, т.18, в.2, с.292-295 (ВАК) Яманова Р.Р., Современные материалы и технологии для получения форм и отливок при изготовлении сувенирной продукции / Вестник технологического университета. 2015, т.18, в.2, с.292-295 (ВАК)
2. Валетов В.А., Кузьмин Ю.П., Орлова А.А., Третьяков С.Д., Технология приборостроения. Учебное пособие, – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008 – 336 с.