

УДК 676.085.4

А. Ю. Ключев

Белорусский государственный технологический университет

**ПОЛУЧЕНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И РАЗРАБОТКА
ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛЬНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ТОЧНОГО ЛИТЬЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КАНИФОЛИ**

В статье описывается разработка рецептур и технологий модельных составов с использованием модифицированной канифоли для точного литья металлических изделий сложной геометрической конфигурации. Полученные экспериментальные образцы МС-1–МС-6 аналогичны промышленным составам ЗГВ-101 и ЗГВ-107 и прошли испытания в лабораториях БГТУ и ОАО «Завод горного воска». Для этого из экспериментальных составов, используя метод запрессовки под давлением при помощи гидравлического пресса, в пресс-формах были получены образцы в виде брусков, которые были подвергнуты испытаниям. В первых двух сериях полученных МС наблюдаются идентичные закономерности в изменениях физико-механических характеристик экспериментальных составов. С увеличением количества гидроксильных групп и молекулярной массы алканолamina, используемого для модификации канифоли в процессе получения МС, наблюдаются снижение предела прочности при изгибе σ_u и увеличение теплоустойчивости T_y соответственно для каждой из серий: σ_u – 9,5–9,0 и 8,7–8,5 МПа; T_y – 40,0–42,0 и 43,0–45,0°C. Эти свойства позволяют повысить качество получаемых отливок, которые не требуют последующей дополнительной обработки.

Экспериментально установлено, что МС I серии обладают большей прочностью на 15–20%, чем МС II серии. В то же время МС II серии более теплоустойчивы, чем МС I серии. Изменения свойств МС можно объяснить природой и физико-химическими свойствами алканоламиновых солей сосново-живичной канифоли и диспропорционированной сосново-живичной канифоли, которые в дальнейшем определяют прочность и теплоустойчивость МС.

С использованием наиболее термостабильных триэтаноламиновых солей сосново-живичной (ТАССЖК) и диспропорционированной живичной канифолей (ТАСДЖК) была улучшена рецептура и технология промышленного состава ЗГВ-101, разработаны рецептуры и технологии новых МС ЗГВ-101М и ЗГВ-103М для разных технологических операций точного литья по выплавляемым моделям. Исследование свойств показало, что все полученные экспериментальные образцы по физико-механическим свойствам превосходят промышленные составы.

Ключевые слова: модифицирование канифоли, модельный состав, точное литье, алканоламин, термостабильная соль.

Для цитирования: Ключев А. Ю. Получение, исследование свойств и разработка технологии модельных составов для точного литья с использованием модифицированной канифоли // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2021. № 1 (241). С. 139–146.

A. Yu. Klyuev

Belarusian State Technological University

**OBTAINING, STUDYING PROPERTIES AND DEVELOPMENT TECHNOLOGIES
FOR PRECISION CASTING MODELS USING THE MODIFIED ROSIN**

The article describes the development of formulations and technologies of model compositions using modified rosin for precision casting of metal products of complex geometric configuration. The obtained experimental samples MS-1 – MS-6 are similar to the industrial compositions ZGV-101 and ZGV-107 and have been tested in the laboratories of BSTU and OJSC “Mining Wax Plant”. For this, samples in the form of bars were obtained from the experimental compositions using the method of pressing under pressure using a hydraulic press, which were subjected to tests. In the first two series of the obtained MS, identical regularities are observed in the changes in the physicomachanical characteristics of the experimental compositions. With an increase in the number of hydroxyl groups and the molecular weight of alkanolamine used to modify rosin in the process of obtaining MS, a decrease in the ultimate strength in bending σ_u and an increase in the heat resistance of T_y are observed, respectively, for each of the series: σ_u – 9.5–9.0 and 8.7–8.5 MPa; T_y – 40.0–42.0 and 43.0–45.0°C. These properties make it possible to improve the quality of the resulting castings, which do not require subsequent additional processing.

It was found experimentally that series I MS have 15–20% higher strength than series II MS. At the same time, series II MS are more heat-resistant than series I MS. Changes in the properties of MS can be

explained by the nature and physicochemical properties of alkanolamine salts of pine-gum rosin and disproportionated pine-gum rosin, which subsequently determine the strength and heat resistance of MS.

With the use of the most thermostable triethanolamine salts of pine gum (TSPG) and disproportionated gum rosin (TSDGR), the formulation and technology of the industrial composition of ZGV-101 was improved, formulations and technologies of new MS ZGV-101M and ZGV-103M were developed for various technological operations of precision investment casting. The study of the properties showed that all the experimental samples obtained are superior to the industrial compositions in terms of physical and mechanical properties.

Key words: rosin modification, model composition, precision casting, alkanolamine, thermostable salt.

For citation: Kluev A. Yu. Obtaining, studying properties and development technologies for precision casting models using the modified rosin. *Proceedings of BSTU, issue 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology*, 2021, no. 1 (241), pp. 139–146 (In Russian).

Введение. Метод литья по выплавляемым моделям является лучшим способом для получения сложных по форме изделий из различных металлов. Он применяется для изготовления скульптур, ювелирных украшений, в стоматологии, в машино- и приборостроении. Возрастающий поток научно-технической информации в области литья по выплавляемым моделям свидетельствует о серьезном интересе к этой технологии практически всех ведущих машиностроительных компаний мира.

С целью разработки новых высокоэффективных модельных составов (МС) нами был проведен глубокий анализ патентной и научной литературы по рецептурам, способам получения и применения МС в литейном производстве для точного литья по выплавляемым моделям [1].

Проведенный анализ показал, что наиболее востребованные МС содержат в качестве ингредиентов парафин, стеарин, буроугольный и полиэтиленовые воски, целевые добавки (этилцеллюлоза, борная кислота, карбамид) и немодифицированные канифоли.

Применение канифоли обусловлено тем, что она придает МС повышенную прочность, термостойкость и теплоустойчивость. Однако при большом содержании канифоли (до 80,0 мас. %) в МС он приобретает хрупкость, прилипает к оснастке, утрачивает технологические свойства при многократном использовании.

В настоящее время исключительное значение приобретает проблема повышения технологических и эксплуатационных свойств МС, что требует новых подходов к подбору ингредиентов и созданию более эффективных композиций на их основе. В Республике Беларусь одним из перспективных направлений является использование в качестве компонента МС вторичных продуктов канифоли.

Производимые на ОАО «Завод горного воска» МС являются экспортоориентированными и поставляются на машиностроительные заводы Российской Федерации.

Основная часть. Исследование свойств модельных составов, полученных с использовани-

ем модифицированной канифоли. Для наработки экспериментальных образцов МС в качестве базовых видов канифоли использовались: канифоли сосново-живичная (СЖК) и диспропорционированная живичная (ДЖК), талловая (ТК) и диспропорционированная талловая (ДТК).

Одним из требований, предъявляемых к МС на ряде машиностроительных предприятий Российской Федерации, является их низкое КЧ $\leq 18,0$ мг КОН/г, так как более высокое КЧ МС приводит к коррозии пресс-форм, в которых получают модели. Поэтому карбоксильные группы СК канифоли необходимо дополнительно модифицировать. Для этого были получены этанол-, диэтанол- и триэтаноламиновые соли СЖК, ДЖК и ТК, ДТК. Они представляли собой вязкие водорастворимые продукты с КЧ = 2–4 мг КОН/г и $T_p < 30^\circ\text{C}$.

Диспропорционированные канифоли ДЖК и ДТК получали из живичной и талловой канифоли при 215–225°C в присутствии катализатора I^2 (0,5 мас. %).

С использованием термостабильных солей канифоли (СЖК и ДЖК, ТК и ДТК) [2, 3] были получены экспериментальные МС.

В качестве аналогов рассмотрены промышленные образцы МС марок ЗГВ-101, ЗГВ-103 и ЗГВ-107 [4, 5], производимые на ОАО «Завод горного воска». Однако из-за нестабильности физико-механических свойств (механическая прочность, теплоустойчивость, налипание в пресс-формах, расслоение), связанных с несоблюдением рецептур МС при их производстве и непостоянными физико-химическими свойствами исходных компонентов, на машиностроительных предприятиях Российской Федерации периодически возникают проблемы с их эксплуатацией. В связи с этим актуальны исследования, посвященные разработке рецептур МС, полученных с использованием более эффективных компонентов (в частности, модифицированной канифоли), для повышения их эксплуатационных свойств. Полученные экспериментальные образцы МС (МС-1–МС-6) прошли лабораторные испытания по расширенной но-

менклатуре показателей в лабораториях БГТУ по методикам [6–8]. Стендовые испытания образцов МС были проведены в исследовательской лаборатории ОАО «Завод горного воска» по методике [5].

Для проведения испытаний по методикам [6–8] из экспериментальных образцов МС методом свободной заливки в стальные хромированные формы были получены лопатки и бруски, которые были подвергнуты механическому воздействию (в лабораториях БГТУ). Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, I серия составов МС-1–МС-3 содержит алканоламиновые соли СЖК. II серия составов МС-4–МС-6 содержит алканоламиновые соли ДЖК. Промышленный состав ЗГВ-101 [5] содержит соль ТАССЖК.

Состав ЗГВ-107 [4] вместо соли канифоли содержит смолу НФПС, которая не является термостабильной и в процессе эксплуатации МС выделяет в воздух рабочей зоны цеха стирол, ксилол и толуол.

В сериях I и II наблюдаются идентичные закономерности в изменениях физико-механических свойств экспериментальных МС. Так, с увеличением молекулярной массы алканолamina (от ЭА до ТЭА), используемого для модифицирования канифоли в процессе получения МС, наблюдаются снижения величин для I серии: σ_m – 4,79–3,46 МПа; σ_p – 4,59–3,26 МПа; σ_u – 8,98–5,47 МПа и соответственно для II серии: σ_m – 3,85–3,57 МПа; σ_p – 3,87–2,90 МПа; σ_u – 7,09–5,30 МПа.

При этом МС I серии по физико-механическим свойствам превышают на 15–20% соответствующие свойства МС II серии. Следует отметить, что составы I и II серий по физико-механическим свойствам превышают составы ЗГВ-101 [5] и ЗГВ-107 [4].

Физико-механические свойства МС, полученных с применением алканоламиновых солей канифоли ТК и ДТК, не приводятся ввиду того, что они находятся на одном уровне с аналогичными свойствами составов МС-1–МС-6 и превышают по показателям составы ЗГВ-101 и ЗГВ-107.

В табл. 2 приведены физико-механические свойства МС, испытанных по методике [5] (в исследовательской лаборатории ОАО «Завод горного воска»).

Для этого из экспериментальных составов методом запрессовки под давлением при помощи гидравлического пресса в пресс-формах были получены бруски, которые были подвергнуты механическому воздействию.

Как видно из данных табл. 2, в первых двух сериях МС наблюдаются идентичные закономерности в изменениях физико-механических свойств экспериментальных составов.

Так, с увеличением молекулярной массы алканолamina, используемого для модификации канифоли в процессе получения МС, наблюдается снижение предела прочности и увеличение теплоустойчивости соответственно для каждой из серий: σ_m – 9,5–9,0 и 8,7–8,5 МПа; T_y – 40–42 и 43–45°C.

Таблица 1

Физико-механические свойства экспериментальных модельных составов

Номер серии	Образец	Алканоламиновая соль, входящая в МС	T_k , °C	Предел текучести σ_m , МПа	Предел прочности σ_p , МПа	Предел прочности при статическом изгибе при температуре $(19 \pm 1)^\circ\text{C}$ σ_u , МПа
I	МС-1	ЭАССЖК*	92,0	4,79	4,59	8,98
	МС-2	ДАССЖК*	88,5	4,49	4,29	6,72
	МС-3	ТАССЖК*	88,0	3,46	3,26	5,47
II	МС-4	ЭАСДЖК*	91,5	3,85	3,87	7,09
	МС-5	ДАСДЖК*	88,0	3,70	3,67	5,67
	МС-6	ТАСДЖК*	87,0	3,57	2,9	5,30
III	ЗГВ-101 [5]	ТАССЖК**	89,0	3,4	2,89	4,87
IV	ЗГВ-107 [4]	Смола НФПС	87,0	3,2	2,6	4,0

* Содержание алканоламиновой соли канифоли составляет 15,0 мас. %.

** Содержание алканоламиновой соли канифоли составляет 13,5 мас. % + 1,5–4,0 мас. % несвязанного ТЭА.

Таблица 2

Физико-механические свойства экспериментальных модельных составов

Номер серии	Образец	σ_u , МПа	T_y , °C	Массовая доля золы, %, не более	T_k , °C	У, %
I	МС-1*	9,5	40,0	0,031	92,0	0,98
	МС-2*	9,2	41,0	0,03	88,5	0,98
	МС-3*	9,0	42,0	0,08	88,0	0,96

Окончание табл. 2

Номер серии	Образец	σ_u , МПа	T_y , °C	Массовая доля золы, %, не более	T_k , °C	У, %
II	МС-4*	8,7	43,0	0,02	90,0	0,95
	МС-5*	8,6	44,0	0,018	88,0	0,95
	МС-6*	8,5	45,0	0,07	87,0	0,83
III	ЗГВ-101 [5]	5,5	38,0	0,1	89,0	1,0
IV	ЗГВ-107 [4]	6,0	40,0	0,1	87,0	1,1

* МС получены по [9].

Как видно, МС I серии обладают прочностью, большей на 15–20%, чем МС II серии. В то же время МС II серии более теплоустойчивы, чем МС I серии. Такое поведение в изменениях свойств МС, очевидно, можно объяснить природой и физико-химическими свойствами алканоламиновых солей СЖК и ДЖК, которые в дальнейшем и определяют прочность и теплоустойчивость МС.

По физико-механическим свойствам: пределу прочности и теплоустойчивости – экспериментальные МС-1–МС-6 превосходят составы ЗГВ-101 [5] и ЗГВ-107 [4].

Ввиду того что физико-механические свойства МС, полученных с использованием солей канифоли ТК и ДТК, находятся на уровне соответствующих свойств составов МС-1–МС-6, их данные в табл. 2 не приводятся.

Как видно из табл. 1 и 2, данные исследований МС, полученные при использовании разных методик [5–8] в лабораторных и стендовых испытаниях, подтверждают достоверность полученных результатов и дополняют друг друга.

Далее с использованием наиболее термостабильных солей: ТАССЖК и ТАСДЖК с различным их содержанием от 4,0 до 26,3 мас. % – были получены экспериментальные МС, рецептуры и свойства которых приведены в табл. 3.

При этом соотношение в них компонентов (см. образцы 2–8 и 10–16): буроугольный воск, парафин и полиэтиленовый воск – было рассчитано пропорционально рецептуре МС, приведенной в образце 1.

Определение физико-механических свойств МС проводили по методике [5].

Таблица 3

Состав и физико-механические свойства модельных составов

Образец	Экспериментальный состав, мас. %					Физико-механические свойства				
	Буроугольный воск Romonta	Парафин	Полиэтиленовый воск ПВ-200	СЖК / ДЖК	ТЭА	σ_u , МПа	T_y , °C	Массовая доля золы, мас. %	T_k , °C	У, %
Составы, полученные с использованием СЖК										
1	35,3	52,9	11,8	–	–	10,5	38,0	0,13	98,0	1,2
2	33,9	50,8	11,3	2,5	1,5	10,1	39,0	0,12	97,0	1,1
3	32,7	48,9	10,9	5,0	2,5	9,8	40,0	0,10	95,0	1,0
4	31,4	47,1	10,5	7,5	3,5	9,5	41,0	0,09	93,0	0,98
5	30,0	45,0	10,0	10,0	5,0	9,0	42,0	0,08	88,0	0,96
6	28,8	43,1	9,6	12,5	6,0	8,6	42,0	0,07	87,0	0,87
7	27,4	41,0	9,1	15,0	7,5	8,4	43,0	0,07	86,0	0,85
8	26,0	39,0	8,7	17,5	8,8	7,0	43,0	0,07	85,0	0,82
Составы, полученные с использованием ДЖК										
9	35,3	52,9	11,8	–	–	10,5	38,0	0,13	98,0	1,2
10	33,9	50,8	11,3	2,5	1,5	9,6	40,0	0,11	97,0	1,1
11	32,7	48,9	10,9	5,0	2,5	9,4	42,0	0,09	93,0	1,0
12	31,4	47,1	10,5	7,5	3,5	9,1	43,0	0,08	91,0	0,85
13	30,0	45,0	10,0	10,0	5,0	8,5	45,0	0,07	87,0	0,83
14	28,8	43,1	9,6	12,5	6,0	8,2	46,0	0,07	86,0	0,90
15	27,4	41,0	9,1	15,0	7,5	8,0	46,0	0,07	85,0	0,78
16	26,0	39,0	8,7	17,5	8,8	6,5	47,0	0,07	84,0	0,77
ЗГВ-101 [5]	30,0	46,0	10,0	9,0	5,0	Не менее 5,5	Не менее 38,0	0,1	89,0	1,0

Примечание. Образцы 4–7 – улучшенный состав ЗГВ-101 [9]; образцы 11–15 – состав ЗГВ-101М [9].

Как видно из данных табл. 3, введение в рецептуры МС (образцы 2–7) канифоли СЖК от 2,5 до 15,0 мас. %, что соответствует содержанию соли ТАССЖК от 4,0 до 22,5 мас. % (массовый процент соли канифоли определяется суммарным содержанием массовых процентов канифоли и ТЭА), влияет на физико-механические свойства состава.

С увеличением введения в МС канифоли СЖК, а значит, и с повышением содержания соли ТАССЖК в нем увеличивается T_y МС с 39,0 до 43,0°C. Однако при этом наблюдается снижение σ_u МС с 10,1 до 8,4 МПа.

Наиболее эффективными являются составы, рецептуры которых приведены в образцах 4–7 (улучшенный состав ЗГВ-101) [9]. По своим физико-механическим свойствам эти МС ($\sigma_u = 9,5$ – $8,4$ МПа и $T_y = 41$ – 43°C) превосходят промышленный состав ЗГВ-101 [5].

По величинам U (усушка) и массовой доли золы экспериментальные составы незначительно отличаются от требований ТУ РБ 00203358.003-98 [5].

Как видно из данных табл. 3, введение в рецептуры МС (образцы 10–15) канифоли ДЖК от 2,5 до 15,0 мас. %, что соответствует содержанию соли ТАСДЖК от 4,0 до 22,5 мас. % (массовый процент соли канифоли определяется суммарным содержанием массовых процентов канифоли и ТЭА), также влияет на физико-механические свойства состава.

С увеличением введения в МС канифоли ДЖК, а значит, и с повышением содержания соли ТАСДЖК в нем увеличивается T_y МС с 40,0 до 46,0°C. Однако при этом наблюдается снижение σ_u МС с 9,6 до 8,0 МПа.

Наиболее эффективными являются составы, рецептуры которых приведены в образцах 11–15 (состав ЗГВ-101М) [9]. По своим физико-механическим свойствам эти МС ($\sigma_u = 9,4$ – $8,0$ МПа и $T_y = 42,0$ – $46,0^\circ\text{C}$) превосходят состав ЗГВ-101 [5]. По величинам U и массовой доли золы экспериментальные составы незначительно отличаются от требований ТУ РБ 00203358.003-98 [5].

Ввиду того что физико-механические свойства МС, полученных на основе канифолей ТК и ДТК, находятся на уровне соответствующих свойств составов на основе канифоли СЖК и ДЖК, их данные в табл. 3 не приводятся.

Разработанные нами образцы МС, полученные с использованием триэтаноламиновой соли канифоли ДЖК (состав ЗГВ-101М), прошли успешные лабораторные испытания в исследовательской лаборатории ОАО «Завод горного воска» и были рекомендованы для расширенных испытаний в Российской Федерации.

Для выпуска опытно-промышленной партии МС ЗГВ-101М на ОАО «Завод горного воска» была разработана техническая документация.

Полученные данные были использованы в улучшенном составе ЗГВ-101 и разработанном ЗГВ-101М [9].

На ОАО «Завод горного воска» в 2016–2017 гг. выпущена и поставлена на машиностроительные предприятия Российской Федерации партия улучшенного состава ЗГВ-101 [9] в количестве 286,0 т.

Полученные данные были использованы для разработки состава ЗГВ-103М с повышенной пластичностью [10]. В составе использована триэтаноламиновая соль канифоли ДЖК и церезин.

Таким образом, как показывают исследования, использование термостабильных солей канифоли СЖК и ДЖК в рецептурах МС обеспечивает повышение эксплуатационных свойств последних. Наличие же в Республике Беларусь достаточной сырьевой базы (отечественного возобновляемого терпеноидного сырья) для производства канифоли (ОАО «Лесохимик»), а также возможность ее переработки во вторичные продукты делают потенциально возможной разработку и выпуск новых высокоэффективных конкурентоспособных МС для точного литья.

С использованием экспериментальных данных был разработан состав ЗГВ-103М для замены промышленного состава ЗГВ-103.

Технология модельных составов для точного литья с использованием модифицированной канифоли. Полученные результаты исследований легли в основу разработки рецептур и технологий МС марки ЗГВ-101М [9].

Технологическая схема процесса получения модельных составов для точного литья представлена на рисунке.

Получение МС осуществляется на установке, состоящей из следующего оборудования: реактора 1 из нержавеющей стали с обогреваемой рубашкой, снабженного мешалкой 3 с мотор-редуктором и загрузочным люком, расположенным на крышке с уплотнителем и холодильником 8. Снизу реактор снабжен сливным патрубком, перекрываемым вентилем. Теплогенератор 5 заполнен теплоносителем (силиконовое масло) с установленными в нем электронагревателями, автоматическим датчиком – регулятором температуры, и циркуляционным насосом 2 с электроприводом. Плавление исходных компонентов осуществляется в плавильниках ТЭА 10, полиэтиленового 11 и бурого угольного воска 12, парафина 13.

Заданное количество канифоли ДЖК загружают в реактор 1 и включают обогрев. При достижении температуры 105–115°C включают мешалку и перемешивают до получения однородной массы. С целью снижения КЧ и придания композиции пластифицирующих свойств в

реактор загружают ТЭА из плавильника 10, который взаимодействует с канифолью в расплаве при температуре 105–115°C.

Далее из плавильника 11 при температуре 90–100°C в реактор 1 загружают расплавленный полиэтиленовый воск, который сплавляют с триэтаноламиновой солью канифоли при постоянном перемешивании.

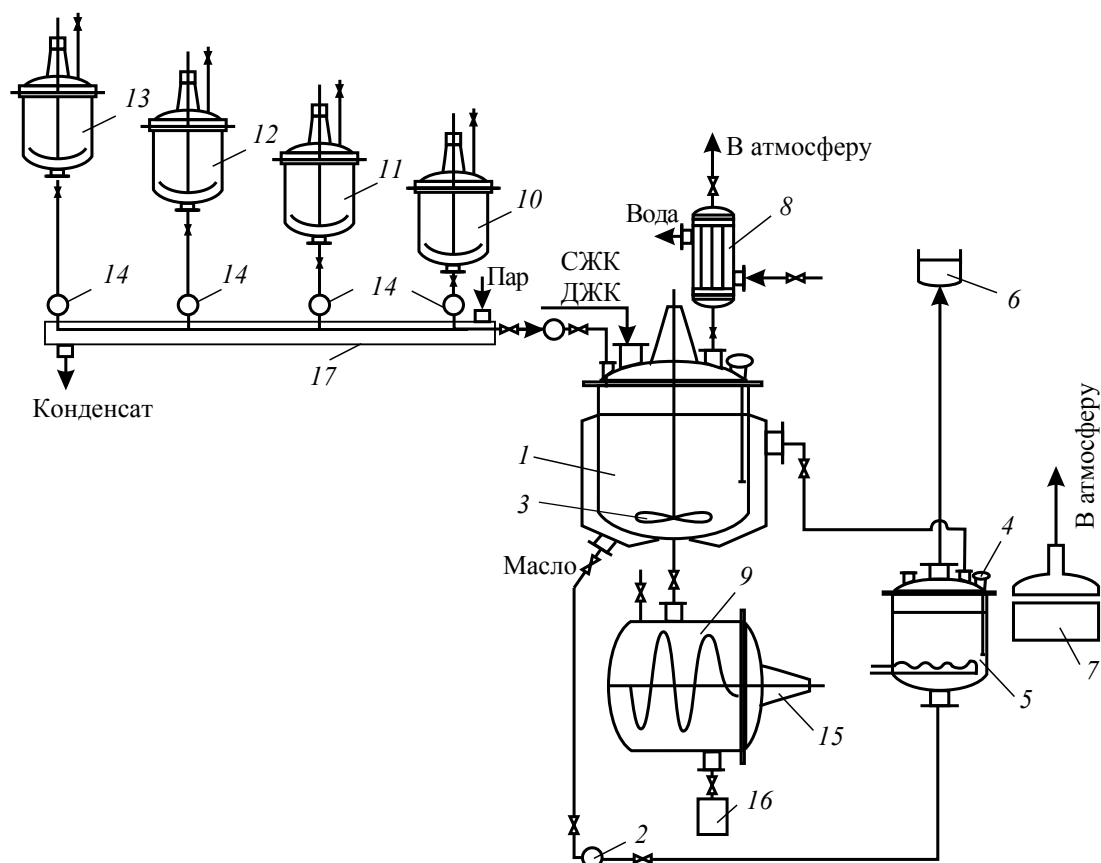
Из плавильника 12 при температуре 85–90°C в реактор 1 загружают буроугольный воск и перемешивают до получения однородной массы. Затем из плавильника 13 при температуре 80–85°C в реактор 1 загружают расплавленный парафин.

Гомогенизацию МС осуществляют в течение 60 мин при температуре 105–115°C. В процессе реакции контролируют температуру и интенсивность перемешивания. Контроль за ходом реакции осуществляют путем отбора проб и определения их T_k и КЧ. При достижении реакционной смесью заданных T_k и КЧ обогрев реактора выключают и МС сливают в промежуточную емкость 9. Расплав охлаждают

до температуры 70–80°C. Открывают вентиль сливного патрубка и готовый продукт сливают в картонные барабаны 16 через фильтр с размером ячейки 0,16×0,16 мм (на рисунке фильтр не показан).

Закключение. Как показали проведенные исследования, при химическом модифицировании канифоли СЖК и ДЖК алканаминами с ЭА до ТЭА с увеличением их молекулярной массы в процессе получения модельных составов у последних наблюдается увеличение теплоустойчивости с 40,0 до 46,0°C и соответственно снижение предела прочности с 9,8 до 8,0 МПа. Наиболее оптимальными для производства модельных составов являются триэтаноламиновые соли канифоли СЖК и ДЖК.

Разработана рецептура и технология улучшенного модельного состава ЗГВ-101 с использованием триэтаноламиновой соли канифоли СЖК. Установлено, что с увеличением содержания в составе соли с 4,0 до 22,5 мас. % теплоустойчивость возрастает с 39,0 до 43,0°C, а предел прочности снижается с 10,1 до 8,4 МПа.



Примерная технологическая схема получения модельного состава для точного литья ЗГВ-101М:

- 1 – реактор с обогреваемой рубашкой; 2 – циркуляционный насос; 3 – мешалка;
- 4 – термометр; 5 – теплогенератор; 6 – расширительный бачок;
- 7 – емкость для дробления канифоли; 8 – холодильник; 9 – промежуточная емкость;
- 10 – плавильник триэтанолamina; 11 – плавильник полиэтиленового воска;
- 12 – плавильник буроугольного воска; 13 – плавильник парафина; 14 – масса-расходомер;
- 15 – шнекер с приводом; 16 – сборник МС; 17 – теплообменник

Разработана рецептура и технология модельного состава ЗГВ-101М с использованием триэтаноламиновой соли канифоли ДЖК. Установлено, что с увеличением содержания в составе соли с 4,0 до 22,5 мас. % теплоустойчивость возрастает с 40,0 до 46,0°C, а предел прочности снижается с 9,6 до 8,0 МПа. Опытные образцы состава ЗГВ-101М прошли положительные лабораторные исследования и

были рекомендованы для дальнейших опытно-промышленных испытаний на машиностроительных предприятиях Российской Федерации.

На производство состава ЗГВ-101М были разработаны опытно-промышленный технологический регламент и ТУ ВУ 600125053.077-2015. Улучшенный состав ЗГВ-101 производится на ОАО «Завод горного воска».

Список литературы

1. Исследование возможности использования модифицированной канифоли в модельных составах для точного литья (обзор) / Н. Р. Прокопчук [и др.] // Труды БГТУ. 2012. № 4 (151): Химия, технология органических веществ и биотехнология. С. 106–118.
2. Зандерман В. Природные смолы, скипидары, талловое масло. М.: Лесная промышленность, 1964. 576 с.
3. Zur kenntnis der diterpene. Oxidativer abbau der Lavo-pimarsaure und ihres additions produktes an maleinsaure anhydrid / L. Ruzicka [et al.] // Helv. Chim. Acta. 1938. Vol. 21. P. 583–591.
4. Модельный состав для точного литья (варианты): пат. ВУ 12477 заявл. 20.02.2008; опубл. 30.10.2009. Афіцыйны бюл. 6 с.
5. Составы модельные. Технические условия: ТУ РБ 00203358.003-98. Введ. 11.11.2011. Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1998. 13 с.
6. Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб: ГОСТ 4648–71. Введ. 01.01.1973. М.: Издательство стандартов, 1971. 12 с.
7. Пластмассы. Метод испытания на растяжение: ГОСТ 11262–80. Введ. 01.12.1980. М.: Издательство стандартов, 1980. 11 с.
8. Нефтепродукты. Метод определения температуры каплепадения: ГОСТ 6793–74. Введ. 01.01.1975. М.: Издательство стандартов, 1974. 3 с.
9. Модельный состав для точного литья и способ его получения: пат. ВУ 21222; № а 20140125; заявл. 20.02.2014; опубл. 18.04.2017. Афіцыйны бюл. № 4. С. 80.
10. Модельный состав для точного литья и способ его получения: пат. 18054 Респ. Беларусь, МПК В 22 С 7/02; № а 20120409; заявл. 21.03.2012; опубл. 28.02.2014. Афіцыйны бюл. 2014. № 1. С. 79.

References

1. Prokopchuk N. R., Gorshcharik N. D., Klyuev A. Yu., Kozlov N. G., Rozhkova E. I., Latyshevich I. A. Research possibility of using modified rosin in model compositions for precision casting (Review). *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 4: Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology, pp. 106–118 (In Russian).
2. Zanderman V. *Prirodnyye smoly, skipidary, tallovoe maslo* [Natural resins, turpentine, tall oil]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1964. 576 p.
3. Ruzicka L., Bacon R. G. R., Lukes R., Rose J. D. Zur kenntnis der diterpene. Oxidativer abbau der Lavo-pimarsaure und ihres additions produktes an maleinsaure anhydrid. *Helv. Chim. Acta*, 1938, vol. 21, pp. 583–591.
4. Mulyarchik V. V., Konstantinov V. G., Danishevskiy V. N., Ryazantseva A. A., Titenkova R. V. *Model'nyy sostav dlya tochnogo lit'ya (varianty)* [Model composition for precision casting (options)]. Patent ВУ, no. 12477, 2009.
5. TU RB 00203358.003-98. *Sostavy model'nyye. Tekhnicheskiye usloviya* [Model compositions. Technical conditions]. Minsk, Belorusskiy gosudarstvennyy institut standartizatsii i sertifikatsii Publ., 1998. 13 p. (In Russian).
6. GOST 4648–71. *Plastmassy. Metod ispytaniya na staticheskiy izgib* [Plastics. Static bending test method]. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1971. 12 p. (In Russian).
7. GOST 11262–80. *Plastmassy. Metod ispytaniya na rastyazheniye* [Plastics. Tensile test method]. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1980. 11 p. (In Russian).
8. GOST 6793–740. *Nefteprodukty. Metod opredeleniya temperatury kaplepadeniya* [Petroleum products. Dropping point method]. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1974. 3 p. (In Russian).

9. Mulyarchik V. V., Danishevskiy V. N., Konstantinov V. G., Titenkova R. V., Prokopchuk N. R., Kluev A. Yu., Kozlov N. G., Rozhkova E. I. *Model'nyy sostav dlya tochnogo lit'ya i sposob ego polucheniya* [Model composition for precision casting and method of its obtaining]. Patent BY, no. 21222, 2017.

10. Titenkova R. V., Kluev A. Yu., Prokopchuk N. R., Mulyarchik V. V., Danishevskiy V. N., Konstantinov V. G., Kozlov N. G., Latyshevich I. A. *Model'nyy sostav dlya tochnogo lit'ya i sposob ego polucheniya* [Model composition for precision casting and method of its obtaining]. Patent BY, no. 18054, 2013.

Информация об авторе

Клюев Андрей Юрьевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: andrey_kluev_bstu@mail.ru

Information about the author

Klyuev Andrey Yur'evich – DSc (Engineering), Professor of the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: andrey_kluev_bstu@mail.ru

Поступила 11.11.2020