

Литейное ПРОИЗВОДСТВО

6 2021

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ • ИЗДАЕТСЯ С 1930 г.



Использовать технологии —
видеть результат.

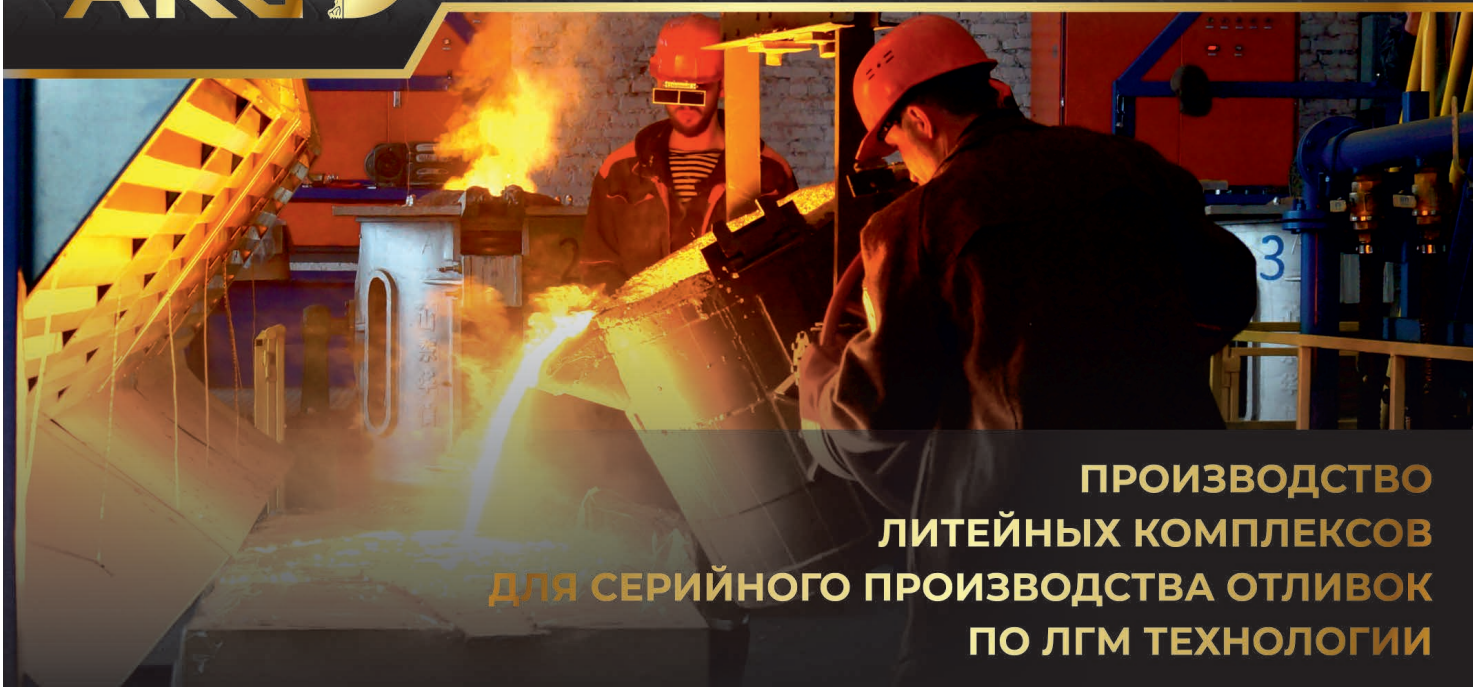
URALCHIMPLAST 
HÜTTENES-ALBERTUS

Команда экспертов в литейной химии и профессиональных металлургов.
Объединение знаний и опыта.

Россия, 622012, Нижний Тагил,
Северное шоссе, 21

тел.: +7 (3435) 34 60 07
факс: +7 (3435) 34 64 00

e-mail: ucp-ha@ucp.ru
[Http://ucp-ha.ru](http://ucp-ha.ru)



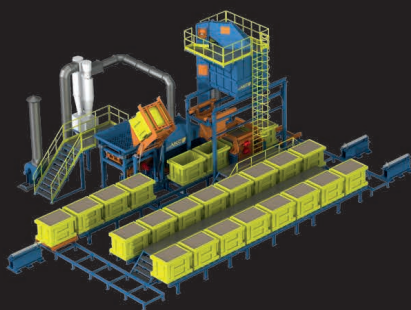
**ПРОИЗВОДСТВО
ЛИТЕЙНЫХ КОМПЛЕКСОВ
ДЛЯ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК
ПО ЛГМ ТЕХНОЛОГИИ**

Ваш надёжный партнёр на рынке литья с 1994 года!

www.aksspb.com



Автоматизированная
формовочная линия
(производительность до 600 т/месяц)



Механизированная
формовочная линия
(производительность до 100 т/месяц)



Автоматизированная
формовочная линия
для крупногабаритных отливок
(производительность до 600 т/месяц)

ОБОРУДОВАНИЕ МОДЕЛЬНОГО УЧАСТКА

Оборудование предназначено для серийного производства изделий из EPS полистирола (пеномодели в ЛГМ технологии, различная упаковка, элементы декора).



Автомат модельный серии ФА



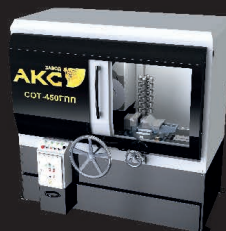
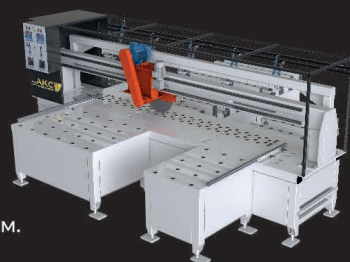
Полуавтомат модельный

**ПРОИЗВОДСТВО
СТАНКОВ**

**СТАНК ДИСКОПИЛЬНЫЙ
ОТРЕЗНОЙ СО-1500**

Для резки плит
из алюминиевых
сплавов толщиной до 200 мм.

Точность реза до 0,3 мм на 1 м реза.
Пневматические прижимы для фиксации заготовки.
Система охлаждения фрезы «масляный туман».



СТАНК СОТ 450 ГПП

Станок для отрезки
отливок от литниковой системы



СОДЕРЖАНИЕ • CONTENTS

Литейные сплавы. Отливки

- 2** Токарев А.А., Бакин И.В., Каляскин А.В., Болдырев Д.А., Кулаков Б.А. Заэвтектический серый чугун: особенности микроструктуры, свойств и графитизирующего модифицирования • Tokarev A.A., Bakin I.V., Kalyaskin A.V., Boldyrev D.A., Kulakov B.A. Hypereutectic gray iron: features of microstructure, properties and inoculation
- 6** Никитин В.И., Черников Д.Г., Никитин К.В., Тимошкин И.Ю. Наследственное влияние структуры шихты и обработки расплава на свойства в литом состоянии и деформируемость заэвтектических силуминов • Nikitin V.I., Chernikov D.G., Nikitin K.V., Timoshkin I.Yu. Inherited influence of charge structure and melt processing on properties in the cast state and workability of hypereutectic silumins

Литье в песчаные формы

- 13** Свинооров Ю.А., Гутько Ю.И., Батышев К.А., Семенов К.Г. Разупрочняющие добавки песчано-жидкостекольных смесей при производстве отливок из чугуна и стали • Svinoroev Yu.A., Gutko Yu.I., Batyshev K.A., Semenov K.G. Softening additives of liquid-glass mixtures in the production of cast iron and steel casting
- 18** Осипенко И.А., Исагулов А.З., Репях С.И., Куликов В.Ю., Квон Св.С., Щербаква Е.П. Холоднотвердеющая смесь для форм и стержней • Osipenko I.A., Isagulov A.Z., Reruyh S.I., Kulikov V.Yu., Kvon Sv.S., Chsherbakova Y.P. Cold-hardening mixture for molds and cores

Литейное оборудование

- 22** Попов А., Доценко П. Современные литейные стержневые технологии – анализ и тенденции развития по опыту немецкой фирмы Laempe • Popov A., Dotcenko P. Modern core-making technologies – analysis and development trends on the experience of the German company Laempe
- 27** Лисовой А.А., Ткаченко И.С., Худешенко А.Н. Инновационное оборудование нового поколения для ЛГМ-процесса • Lisovoy A.A., Tkachenko I.S., Hudeshenko A.N. New generation of innovative equipment for the LFC process

Организация производства

- 31** Попов А. Внедрение технологий Laempe в мировой литейной промышленности в 2020 г. • Popov A. Implementation of Laempe technologies in world foundry industry in 2020
- 34** Краполь Х.-П. Сокращение сроков пусконаладочных работ: неиспользуемые мощности и сокращение затрат • Krapohl H.-P. Machine set-up times: unused capacity and cost reserves

Информация. Хроника

- 37** Фирма ASK – Больше свободы в проектировании и меньше время производства отливок
- 39** К 30-летию создания ИТЦМ «Металлург»

Редакционно-издательский совет

БЕХ Н.И.

Председатель
Редакционно-издательского совета

ПОДДУБНЫЙ А.Н.
Заместитель
председателя,
Главный редактор
журнала

БАСТ Ю.

КИДАЛОВ Н.А.

КОРОТЧЕНКО А.Ю.

МАРУКОВИЧ Е.И.

МАСАЛОВ А.К.

НАЙДЕК В.Л.

НУРАЛИЕВ Ф.А.

ПАНФИЛОВ Э.В.

ПИИРАЙНЕН В.Ю.

ТКАЧЕНКО С.С.

ШАТУЛЬСКИЙ А.А.

ШИНСКИЙ О.И.

Издательский дом
«ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»
объявляет подписку
на электронные версии журналов
«ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»,
«МЕТАЛЛУРГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»
(подробнее www.foundrymag.ru)

АВТОМАТ ФОРМОВОЧНЫЙ ФА-400/800

для изделий из полистирола



Формовочный автомат модели ФА-400/800 предназначен для изготовления формованных изделий из пенополистирола. Это универсальная машина позволяет быстро произвести смену пресс-форм для получения различных типов моделей.

Предварительно вспененные гранулы загружаются в пресс-форму формовочного автомата определенной конфигурации.

Затем через дюзы подается водяной пар. Под воздействием пара гранулы пластифицируются, спекаясь в готовое изделие из пенополистирола.

После охлаждения и вакуумирования, происходит извлечение готовых изделий из пресс-формы формовочного автомата.

Для литья по газифицируемым моделям, наши формовочные автоматы позволяют изготавливать любые детали из пенополистирола в пределах рабочего поля. «Завод АКС» выпускает модельный ряд автоматов с размерами рабочего поля от 400 x 400 мм до 600 x 800 мм.

Производительность формовочного автомата определяется количеством моделей, расположенных на его рабочем поле.

В конструкции автомата предусмотрено загрузочное устройство, автоматически заполняющееся пенополистиролом из бункера хранения по команде с пульта управления. Загрузочное устройство оснащено пятнадцатью патрубками, по которым пенополистирол под давлением подается в пресс-формы.

Цикл работы автомата составляет от одной до трех минут, в зависимости от толщины стенки модели и количества форм на рабочем поле автомата.

Простой и понятный интерфейс пульта управления автомата позволяет программировать продолжительность каждой операции по секундам и очень быстро настраивать выпуск новых изделий.

Автомат очень легкий в обслуживании. Один работник может работать на двух и более автоматах.

Замена пресс-форм с лицевыми плитами занимает не более получаса. Замена пресс-формы вместе с камерами около 2 часов.

Для безопасности работы формовочный автомат оснащен предохранительными клапанами, а также защитными дверями, автоматически отключающими работу автомата при их открытии.

Позволяет увеличить количество выпускаемой продукции до 6 раз!

Автомат производства «Завода АКС» – это оптимальное решение при автоматизации процессов серийного производства изделий из пенополистирола, позволяющее увеличить количество выпускаемой продукции до 6 раз и значительно сократить затраты на производство.



УДК 621.74.02:
669.131A.A. Tokarev, I.V. Bakin,
A.V. Kalyaskin,
D.A. Boldyrev,
B.A. Kulakov

Аннотация

Summary

Заэвтектический серый чугун: особенности микроструктуры, свойств и графитизирующего модифицирования

Hypereutectic gray iron: features of microstructure, properties and inoculation

A.A. Токарев, И.В. Бакин, А.В. Каляскин, Д.А. Болдырев, Б.А. Кулаков

Рассмотрены особенности структур графитных включений в серых чугунах марок СЧ10 и СЧ15 в зависимости от степени их эвтектичности. Установлено, что первичный графит в заэвтектическом сером чугуне (СЧ) может всплывать в виде спели. Показано различие в структурных особенностях графитных включений заэвтектических и эвтектических СЧ. Описаны сложности достижения благоприятной морфологии графитной фазы в высокоуглеродистом заэвтектическом СЧ.

Ключевые слова

Высокоуглеродистый заэвтектический серый чугун, модифицирование, первичный графит, стабильность свойств, структура.

The structural features of the graphite inclusions in SCh10 and SCh15 gray irons are considered depending on the degree of their eutecticity. It was stated that the primary graphite in hypereutectic gray iron can float up in the form of spill. The difference in the structural features of graphite inclusions in the hypereutectic and eutectic gray irons is shown. The difficulties of achieving a favorable morphology of the graphite phase in the high-carbon hypereutectic gray iron are described.

Key words

High-carbon hypereutectic gray iron, inoculation, primary graphite, stability of properties, structure.

Из практики получения пердедельного, литейного и литейного рафинированного чушковых чугунов известно, что марки ПЛ1, Л1, ЛР1 принадлежат к заэвтектическим с углеродным эквивалентом $C_s = C + 1/3(Si + P)$ до 5,7 [1]. Заэвтектические чугуны – это чугуны, в которых углеродный эквивалент превышает эвтектический (4,26) [2]. При кристаллизации таких чугунов из расплава в интервале температур $C^D \rightarrow C^F$ (рис. 2) стабильной диаграммы состояния «железо – углерод» выделяется первичный графит (Γ_1). Первичный графит имеет столбчатую, пластинчатую и/или игольчатую форму (ПГф1

и/или ПГф3, рис. 1, а, б), неравномерное и/или в точное распределение (ПГр2 и/или ПГр5, рис. 1, в, г). Длина включений составляет более 1 мм (ПГд1000, рис. 1, д). Т. е. зародышеобразование графита в заэвтектическом чугуне происходит в жидкости, и представлено в виде т. н. *графитовой спели* [3]. Из-за различия по плотности расплава жидкого чугуна и графита в первые моменты кристаллизации даже при ускоренном охлаждении графитовая спель всплывает на поверхность ванны и закрывает ее. Для устранения этого эффекта в литейных цехах, производящих литейные и пердедельные

Таблица 1

Чугун	Химсостав, %								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Sn
Заэвтектический $C_s = 4,34 > 4,26$	3,73	1,83	0,81	0,018	0,071	0,210	0,090	0,56	0,080
Эвтектический $C_s = 4,24 \approx 4,26$	3,72	1,57	0,85	0,015	0,004	0,045	0,031	0,59	0,098

чугуны, используются мощные вентиляторы, сдувающие всплывший графит. В результате часть графита уходит в нерациональные потери.

Заэвтектические чугуны, близкие к эвтекстическому составу (SE не более 4,5%), обладают наилучшей комбинацией свойств для тонкостенныхливолок: жидкотекучесть, предел прочности и др. [4]. До недавнего времени заэвтекстические СЧ не были востребованы промышленностью из-за особенностей кристаллизации и затруднённости проведения графитизирующего модифицирования.

При разработке и освоении СЧ с повышенными теплофизическими и износо-фрикционными

свойствами было доказано, что СЧ с углеродным эквивалентом, слегка превышающим эвтекстический, имеет ряд преимуществ по сравнению с до- и эвтекстическими чугунами. Опыт производства такого чугуна показал, что при небольшой «заэвтекстичности» частицы первичного графита не превышают критического размера, что позволяет им оставаться в расплаве в виде «взвеси», т. е. весь кристаллизующийся графит сохраняется в структуре чугуна.

В табл. 1 приведен фактический химсостав эвтекстического и заэвтекстического СЧ для отливки тормозного диска.

Представленные в табл. 1 чугуны имеют одинаковое содержание углерода, но различное количество Si, что влияет на величину углеродного эквивалента. С повышением содержания Si углеродный эквивалент увеличился на 0,1%. Незначительное увеличение углеродного эквивалента обусловило более сильный потенциал графитизации, что выразилось в изменении структуры графитных включений.

На рисунках 3 и 4 показана морфология графита в структуре заэвтекстического и эвтекстического чугунов (табл. 1), с выделением характерных

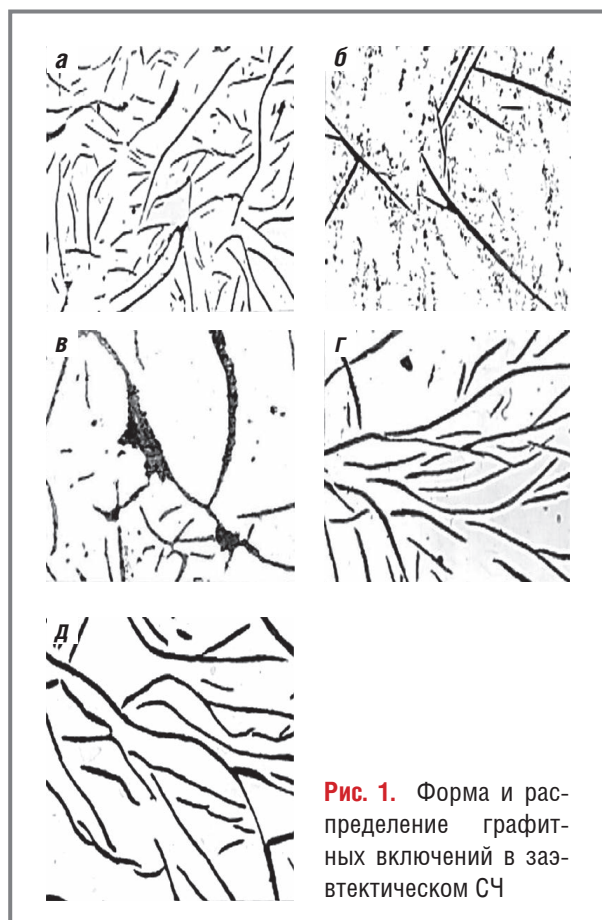


Рис. 1. Форма и распределение графитных включений в заэвтекстическом СЧ

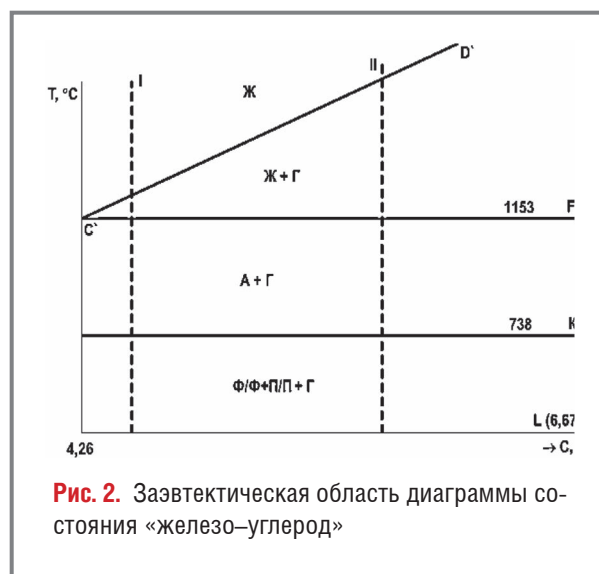


Рис. 2. Заэвтекстическая область диаграммы состояния «железо–углерод»

Таблица 2

Тип чугуна (табл.1)	$\sigma_{в}^{сп}$, МПа	Твердость, НВ ^{сп}
Эвтектический	165,5	185
Заэвтектический	161	190

участков. Анализ изображений показывает, что структура графитных включений в чугунах с разным углеродным эквивалентом существенно различается. В заэвтектическом СЧ первичный графит формируется в виде крупных розеток с пластинками примерно одинакового размера переходного распределения ПГр1...ПГр7 (рис. 3, а..г). В эвтектическом СЧ графитные включения имеют распределение ПГр7. Графитные розетки характеризуются крупными пластинками на периферии, а в центральной части располагается мелкий, завихренный графит. Межрозеточное пространство заполнено колониями из мелких пластинок эвтектического и вторичного графита (рис. 4, а..г).

Известно [5], что служебные свойства СЧ во многом определяются структурой графитных включений. Отливки для нового поколения дисков переднего тормоза современных автомобилей изготавливаются из чугуна марки СЧ15. ГОСТ 1412-85 регламентирует только основные механические свойства указанного материала – временное сопротивление и твердость по Бринеллю. Однако практика эксплуатации дисков переднего тормоза показала, что эти стандартные механические свойства СЧ15 ($\sigma_{в}$, НВ) не являются определяющими. Приоритетными свойствами материала отливок переднего тормоза являются трещиностойкость и износостойкость.

Практическим опытом производства отливок из СЧ установлено, что операция графитизирующего модифицирования является обязательной для доэвтектических и эвтектических чугунов. Что касается заэвтектических чугунов, то их графитизация может происходить при значительно меньшем расходе модификатора или даже без него.

Две опытные партии отливок *тормозных дисков* (табл. 1) были изготовлены в идентичных условиях. При этом заэвтектический чугун, в отличие от эвтектического, не подвергался графитизирующему модифицированию. Результаты исследования механических свойств показали, что требования ГОСТ 1412-85 по отношению к марке чугуна СЧ15 удовлетворены. Результаты механических испытаний представлены в табл. 2.

Несмотря на отсутствие графитизирующего модифицирования у заэвтектического чугуна, его микроструктура не содержит цементита ледебурита и характеризуется следующими особенностями: металлическая основа представлена пластинчатым перлитом, включения графита также имеют пластинчатую форму размером ПГд180...ПГд360. Заэвтектический чугун показал высокий потенциал графитизации. Следует отдельно остановиться на отличительных особенностях форм и распределений графитной фазы в структуре СЧ в модифицированном и в недостаточно модифицированном состоянии. Микроструктура графита в модифицированном до- и заэвтектическом СЧ практически идентична и представляет собой равномерное распределение ПГр1 прямолинейной формы графита ПГф1. Различие состоит только в размере графитной фазы.

В структуре немодифицированного доэвтектического СЧ присутствует междендритное

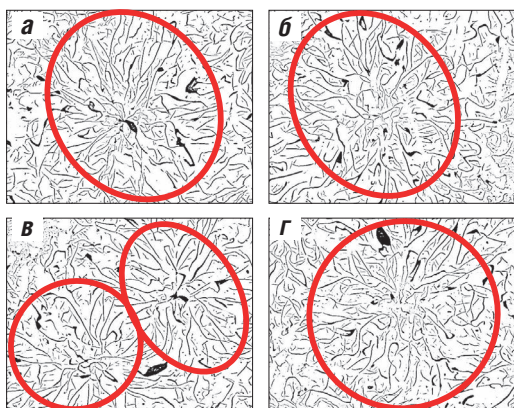


Рис. 3. Микроструктура *тормозных дисков* из заэвтектического чугуна, $\times 100$

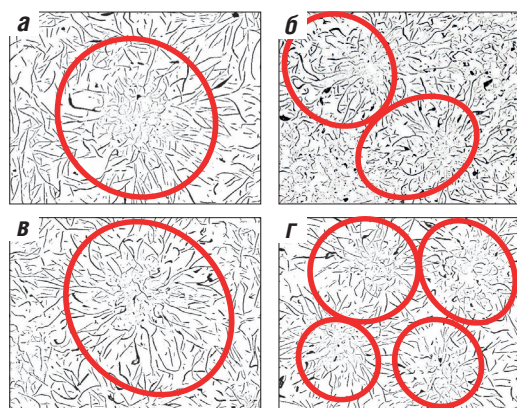


Рис. 4. Микроструктура *тормозных дисков* из эвтектического чугуна, $\times 100$

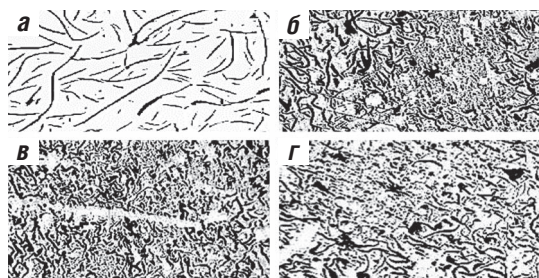


Рис. 5. Распределение ПГф1 (а) в отливке недомодифицированного доэвтектического СЧ ($\times 100$) и распределения ПГф2 (б, в, г) в сердцевине отливки из недомодифицированного заэвтектического СЧ ($\times 100$)

распределение графита прямолинейной формы ПГф1 (рис. 5, а), в то время как структура недомодифицированного заэвтектического СЧ характеризуется колониальным распределением графита завихрѐнной формы ПГф2 (рис. 5, б..г). Количество пластинчатого графита в до- и заэвтектических СЧ принципиально различается, что связано с естественной более высокой графитизацией заэвтектических СЧ по сравнению с доэвтектическими СЧ, дополнительно усиленной графитизирующим модифицированием расплава чугуна. Для доэвтектических СЧ количество включений графита оценивается в диапазоне ПГ6...ПГ10, а для заэвтектических СЧ \geq ПГ12.

Выводы

- Использование заэвтектических СЧ как материала для отливок из марок СЧ10, СЧ15 открывает резервы по оптимизации технологии производства отливок с получением рациональной и стабильной микроструктуры и механических свойств металла отливок.
- В микроструктуре отливки из заэвтектического чугуна отливки не обнаружено розеточного распределения графита (ПГр7), указывающее на недостаточное и/или неэффективное графитизирующее модифицирование.
- Особенностью заэвтектических СЧ является одинаково высокое количество включений графита в микроструктуре отливки независимо от применяемого графитизирующего модификатора, влияющего в большей степени на форму, распределение и размер включений графита.
- Применение заэвтектических чугунов дает возможность минимизации расхода графитизирующего модификатора, вплоть до его полного исключения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Материалы в машиностроении.** Выбор и применение. Т. 4. Чугун. Справочник в 5 т. Под. ред. Жукова А.А. и Шермана А.Д. – М.: Машиностроение, 1969. – 248 с.
2. **Gokul Ram and Vishnu Harikrishnan** Influence of carbon content and cooling conditions on the thermal conductivity and tensile strength of high silicon lamellar graphite iron // Jönköping University дисс. 2020. – 83 с.
3. **Marcos López, Juan M. Massoneb and Roberto Enrique Boeric** Evolution of the Macrostructure of Gray Cast Iron from Eutectic to Hypereutectic Composition / INTEMA, Universidad Nacional de Mar del Plata-CONICET, Av. Juan B Justo 4302, Mar del Plata, B7608FDQ, Argentina / Published by Trans Tech Publications Ltd, Switzerland. 2018. – 8 с.
4. **Iulian Riposan, Mihai Chisamera and Stelian Stan.** New developments in high quality grey cast irons / POLITEHNICA University of Bucharest, Romania / CHINA FOUNDRY Vol.11 No.4 July 2014. – 14 с.
5. **Геллер Ю.А., Погодин-Алексеев Г.И., Рахштадт А.Г.** Металловедение. – М.: «Металлургия», 1967. – 404 с.

Сведения об авторах

Токарев Артём Андреевич – аспирант ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», директор ООО «ЦИР НПП», г. Челябинск. Тел.: +79090156127. E-mail: 151@nppgroup.ru

Бакин Игорь Валерьевич – начальник отдела научно-технического развития ООО «ЦИР НПП». Тел.: +7963-088-00-85. E-mail: Igor.npp.bakin@gmail.com

Каляскин Артем Владимирович – гл. инженер-металлург отдела научно-технического развития ООО «ЦИР НПП». Тел.: +7906-863-00-07. E-mail: 155@nppgroup.ru

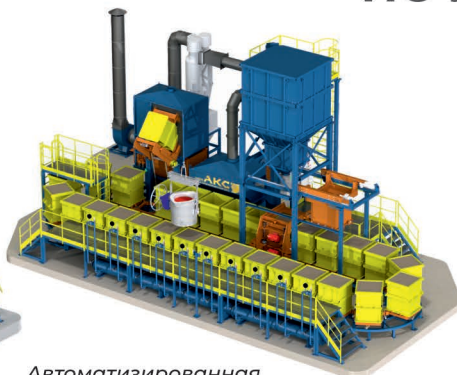
Болдырев Денис Алексеевич – д-р техн. наук, гл. специалист АО «АВТОВАЗ», г. Тольятти, профессор Тольяттинского государственного университета. Тел.: +79297147877. E-mail: Denis.Boldyrev@vaz.ru

Кулаков Борис Алексеевич – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой литейного производства ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)». Тел.: +79123132134. E-mail: kulakovba@susu.ru

ПРОИЗВОДСТВО ЛИТЕЙНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК ПО ЛГМ ТЕХНОЛОГИИ



Автоматизированная
формовочная линия
для крупногабаритных отливок
(производительность до 600 т/месяц)



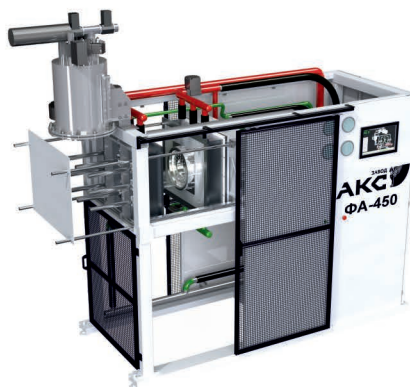
Автоматизированная
формовочная линия
(производительность до 600 т/месяц)



Механизированная
формовочная линия
(производительность до 100 т/месяц)

ОБОРУДОВАНИЕ МОДЕЛЬНОГО УЧАСТКА (белый цех ЛГМ технология)

Оборудование предназначено для серийного производства изделий из EPS полистирола (пеномодели в ЛГМ технологии, различная упаковка, элементы декора)



Автомат модельный серии ФА



Полуавтомат модельный

ПРОИЗВОДСТВО СТАНКОВ

СТАНОК ДИСКОПИЛЬНЫЙ ОТРЕЗНОЙ СО-1500

Для резки плит из алюминиевых сплавов толщиной до 200 мм.

Точность реза до 0,3 мм на 1 м реза.
Пневматические прижимы для фиксации заготовки.
Система охлаждения фрезы «масляный туман».



СТАНОК СОТ 450 ГПП



Станок для отрезки
отливок от литниковой системы



УДК 621.74.02:
669.715

V.I. Nikitin,
D.G. Chernikov,
K.V. Nikitin,
I.Yu. Timoshkin

Аннотация

Summary

Наследственное влияние структуры шихты и обработки расплава на свойства и деформируемость заэвтектических силуминов

Inherited influence of charge structure and melt processing on properties in the cast state and workability of hypereutectic silumins

В.И. Никитин, К.В. Никитин, И.Ю. Тимошкин

(Самарский государственный технический университет)

Д.Г. Черников (Самарский национальный исследовательский университет им. С.П. Королева)

Приведен анализ проблем по структуре и пластичности заэвтектических силуминов (ЗЭС). Приведены результаты исследований по наследственному влиянию структуры шихтовых металлов и физических воздействий на их свойства. Показана возможность получения из ЗЭС деформированных изделий (лист, фольга) толщиной до 0,2 мм.

Ключевые слова

Силумины заэвтектические, шихтовые металлы, структурная наследственность, модифицирование, физические воздействия, кристаллы первичного кремния, свойства, деформируемость, прокат.

The paper presents an analysis of the existing problems of structure refinement and increasing the plasticity of hypereutectic silumins with a high silicon content. The results of research on the hereditary influence of the structure of charge metals and physical effects on their properties are presented. The possibility of obtaining deformed products (sheet, foil) up to 0.2 mm thick from such alloys is shown.

Key words

Charge metals, structural inheritance, modification, physical effects, primary silicon crystals, properties of cast silumins, deformability, rolled products.

Алюминиевые сплавы в литом и деформированном состояниях находят в промышленности широкое применение. Разработаны различные металлургические, физико-химические, механические и другие воздействия на них на всем пути передела – от шихтовых металлов до конечных изделий. Основная цель такого рода воздействий – управление структурой с целью достижения максимально высокого уровня физико-механических и эксплуатационных свойств изделий из Al-сплавов. При этом особое внимание уделяется вопросам повышения технологичности и снижения себестоимости при выполнении определенных технологий.

Большие объемы алюминия используют для производства алюминиевых деформируемых сплавов (АДС). Их основные характеристики – пластичность и деформируемость. Под пластичностью понимается свойство сплава, позволяющее необратимо изменять форму образца при деформации, а под деформируемостью – способность заготовки изменять свою форму без нарушения сплошности [1]. Принято считать, что деформируемость является функцией пластичности. При прокатке за показатель пластичности принята степень деформации в месте появления первой трещины [2]. Для достижения оптимальной пластичности АДС накоплен большой объем информации в области металлургических, литейных, металловедческих технологий и обработки давлением.

Среди Al-сплавов особое место занимают литейные сплавы системы Al-Si (силумины). Высокие литейные свойства и другие известные преимущества доэвтектических и ЗЭС обеспечили им широкую область применения в различных отраслях [3, 4]. Уникальное место занимают ЗЭС с $> 11,7\%$ Si [5]. Они обладают комплексом нужных для различных изделий свойств: износостойкость, коррозионная стойкость, свариваемость, способность сохранять физико-механические свойства при низких и повышенных температурах и др. Кроме того, ЗЭС имеют низкую стоимость в сравнении с другими Al-сплавами. Основная проблема в более широком их использовании – низкая пластичность ($\delta \leq 1,0\%$).

В монографии [5] приведены результаты экспериментов разных ученых, посвященных химическим и физическим способам модифицирования ЗЭС. Отмечается, что до сих пор не удалось обеспечить одновременное измельчение эвтектики и первичных кристаллов кремния (Si_n) этих сплавов.

В РФ широко известны и развиваются работы под руководством В.К. Афанасьева с целью повышения пластичности и деформируемости ЗЭС [6...8]. Основное внимание в этих и других работах уделено влиянию водорода на структурообразование силуминов разных составов.

Основные способы воздействий на конечную структуру и механические свойства литых сплавов – введение предварительно обработанных шихтовых металлов (различные физико-химические приемы, позволяющие изменять содержание водорода); температурная обработка расплава (перегрев до невысоких температур); изменение условий кристаллизации (заливка в литейные формы с разным теплоотбором). Широко были применены различные модификаторы. Анализ этой информации показывает, что введение водорода различными материалами и способами позволяет измельчить в силумине с 20% Si кристаллы Si_n (до 40 мкм), повысить относительное удлинение (до 1,5...2%) и в отдельных случаях деформируемость (до $\varepsilon \sim 95\%$, получить лист толщиной 1 мм).

Для модифицирования ЗЭС применяют лигатуры разных составов, содержащих фосфор [9, 10]. Установлено, что получение качественных слитков и отливок в большей степени зависит от структуры P-содержащих лигатур, выпускаемых в разных странах: гранулы, порошки + прессование в пруток, прутки разных размеров и др. [10...12]. В работе [11] показано, что применение мелкокристаллической лигатуры (МКЛ) Al-Cu-P (пруток $\varnothing 15$ мм) для модифицирования силумина АК21 позволило повысить его относительное удлинение от 1,2 до 2,2%.

В работе [12] использовано понятие, предложенное В.И. Добаткиным, – принцип достаточности и достижение оптимальной структуры применимо к ЗЭС. При использовании разных модифицирующих лигатур с фосфором и другими элементами удавалось в Al-сплаве с 22% Si измельчить Si_n до 20...25 мкм при литье в изложницу, а комплексная обработка расплава с 18% Si (У30 + эффективные модификаторы) при литье слитков $\varnothing 145$ мм – до 20...30 мкм. Анализируя работы, выполненные в ВИЛСе, авторы приходят к заключению о возможности замены дорогих гранульных технологий при непрерывном литье слитков для получения ЗЭС с размерами Si_n до 20...40 мкм за счет комплексной обработки расплавов или разработки новых лигатур.

В институте ИТМ НАН Беларуси под руководством Е.И. Маруковича многие годы проводятся



Рис. 1. Микроструктура заготовок из 3ЭС с 18% Si: **а** –предварительный сплав из шихтовых материалов технической чистоты, **б** – после ТВО

исследования по улучшению структурной наследственности в силуминах с 12...20% Si [14...16]. Суть этих работ заключается в успешном применении явления структурной наследственности (ЯСН) за счет специальной обработки шихтовых силуминов – повышения скорости охлаждения переплавов разных составов. Это позволяло получать шихтовые заготовки с размерами $Si_n < 40$ мкм.

Исследования, проводимые в СамГТУ (г. Самара), показали, что применение мелкокристаллических шихтовых металлов, полученных специальными способами, позволяет существенно увеличить пластичность и прочность Al-сплавов [17]. Генное модифицирование сплавов позволяет управлять механическими свойствами, наиболее чувствительными из которых являются пластические. Методология углубленных исследований по изучению ЯСН изложена в статье [18].

Представляется актуальным продолжение исследований¹ пластичности и склонности к деформации бинарных силуминов с повышенным содержанием Si с применением ЯСН.

Работы по приготовлению сплавов и литью слитков проводили в условиях Центра литейных технологий СамГТУ, а по прокатке опытных образцов – в лаборатории кафедры обработки металлов давлением Самарского университета. Работы вели поэтапно: I – исследование силумина эвтектического состава; II – исследование 3ЭС с 17...18% Si.

Силумины готовили из шихтовых материалов технической и повышенной чистоты. Сплавы массой до 10 кг плавил в лабораторных печах сопротивления в графитовых тиглях и разливали в чугунные изложницы, получая предварительные чушковые сплавы (толщина чушки 15...20 мм).

¹ В отдельных опытах принимали участие студенты литейной кафедры СамГТУ – А.С. Лыков, А.И. Исаев, А.С. Купреев и И.А. Пфетцер

Далее чушки переплавляли, а расплав модифицировали при 750°C добавками 5% мелкокристаллического переплава (МКП) и температурно-временной обработки (ТВО) расплава. МКП получали кристаллизацией силумина такого же состава в водоохлаждаемом валковом кристаллизаторе ($v_{\text{охл}} \sim 10^3$ °C/с). В стальном кокиле отливали заготовки толщиной 15 мм. Параметры ТВО – температура 1000°C, время выдержки 10 мин. Микроструктуру и электропроводность заготовок оценивали в литом состоянии. В качестве примера на **рис. 1, б** представлена микроструктура 3ЭС с 18% Si, расплав которого подвергали ТВО. Применение ТВО приводит к уменьшению в 2–3 раза размеров Si_n , кратному увеличению их числа, изменению морфологии кристаллов и повышению электропроводности с 16,0 до 18,2 МСм/м.

Опытные заготовки деформировали на лабораторном реверсивном прокатном стане «DIMA Maschinen GmbH». Повышенные значения пластичности и деформируемости получали у сплава, приготовленного из шихтовых материалов повышенной чистоты и при применении МКП. Так, суммарная степень деформации после комбинированной прокатки составила 92%, что впервые позволило получить полосы толщиной 0,4 мм.

Полученные результаты позволили перейти к следующим изменениям в технологии плавки и модифицирования: вместо первичного алюминия применили электротехнические отходы (деформированная шихта); технический кремний КрО в виде разных фракций размерами 5...7 и 0,1...0,2 мм; МКЛ с фосфором (CuP9,8) и стронцием (AlSr10); МКП (AlSi17).

Вначале получали предварительный сплав, вводя кремний по низкотемпературной технологии; из расплава в изложницах отливали чушки массой 0,5 кг и толщиной 15 мм. Предварительный сплав модифицировали в малых печах сопротивления в стальных тиглях вместимостью 0,5 кг. Применение МКЛ – модификаторов (0,03% P; 0,02% Sr; 1% AlSi17) позволило измельчить кристаллы Si_n с 300 (исходный чушковый сплав) до 50 мкм, повысить плотность и электропроводность на 5...8%. После этого опытные заготовки толщиной 15 мм деформировали. Наибольшая степень деформации в холодном состоянии была получена у слитков из сплава, модифицированного комплексом МКЛ AlSr10 и МКП AlSi17 ($\epsilon_{\text{max}} \sim 18...22\%$). Горячую прокатку проводили при 400...450°C со скоростью 15 м/мин. Максимальная степень деформации составила 52,8%, а толщина прокатанных

Таблица 1

Кратность переплавов	Электропроводность, МСм/м	$H_{\mu(\text{эвт})}$, МПа	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ , %
0	11,7	643	119	1,7
3	13,8	697	153	2,8
5	13,5	766	151	2,2

образцов – 7,5 мм. Комбинированная прокатка слитков позволила увеличить ε_{max} до 93,7% и получить полосы толщиной 0,4...1 мм. Основная причина образования трещин и разрушения образцов – раздробленные кристаллы Si_n размерами до 50 мкм (рис. 2). Трещины образуются в основном по строчкам (скоплениям) крупных кристаллов.

Полученные результаты позволили сделать предварительные выводы:

- модифицирование малыми добавками экологически чистых МКЛ и МКП (модификаторы I рода) оказывает эффективное наследственное влияние на микроструктуру и свойства ЗЭС с повышенным содержанием Si;

- структура литых силуминов, в свою очередь, оказывает сильное наследственное влияние на процессы пластического деформирования;

- деформируемость бинарных силуминов во многом зависит от температурных режимов прокатки. Максимальная ε при прокатке силумина Al–17%Si составляла: в холодном состоянии 20,5%, в горячем – 52,8%, при комбинированном режиме – до 93,7%;

- электропроводность – структурно-чувствительное свойство, характеризующее тенденцию к измельчению структуры и деформации, равная в исходном литом металле – 15,2;

после модифицирования – 16,6; после горячей прокатки – 18,8; после комбинированной прокатки – до 22,8 МСм/м.

Исследовано влияние структуры шихтовых металлов и обработки жидких силуминов, содержащих до 20% Si. Ранее нами было изучено влияние многократных переплавов (до 7 раз) шихтовых металлов на свойства различных Al-сплавов. При этом наблюдали уменьшение балла пористости, измельчение микроструктуры и повышение их механических свойств. Эффективность переплавов существенно зависела от химсостава и условий кристаллизации сплавов.

В настоящей работе вначале изучали влияние кратности переплавов (до 5 раз) на свойства бинарного силумина Al–20%Si. Основные результаты – в табл. 1.

С увеличением кратности переплавов до 3 раз

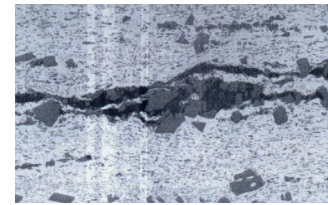


Рис. 2. Микроструктура деформированного силумина Al–17%Si в зоне образования трещины, $\times 100$

(кристаллизация в чугуновых изложницах) кристаллы Si_n приобретали более компактную форму, что способствовало повышению микротвердости эвтектики (на 19%), электропроводности, предела прочности (на 29%) и пластичности (на 60%). Такие переплавы можно отнести к достаточно простым операциям, благодаря которым в шихтовый металл закладывается положительная структурная информация. Далее установили, что эффективность переплавов во многом определяется скоростью кристаллизации шихтовых сплавов.

Исходный сплав готовили в печи сопротивления с применением чушкового алюминия марки А5 и кремния марки Кр0 (фракция 5 мм). После

Таблица 2

Кристаллизация предварительного сплава и $v_{\text{охл}}$, °C/c	Параметры структуры	
	Средний размер Si_n , мкм	Количество Si_n , шт./см ²
В чугуновой изложнице, 5 °C/c	202	220
В кокиле (слиток \varnothing 30), 20 °C/c	170	1570
В водоохлаждаемом кокиле (слиток \varnothing 30), 10 ² °C/c	94	2530
В водоохлаждаемом валковом кристаллизаторе (лента толщиной 1,5...2 мм), 10 ³ °C/c	82	2776

Таблица 3

Обработка расплава	Количество импульсов, шт.	Средний размер Si_n , мкм	Плотность, г/см ³	Электропроводность, МСм/м
Исходный	–	530	2,658	13,2
МИО	1	282	2,670	14,7
	2	106	2,679	15,1
	3	88	2,681	15,2

обычного рафинирования расплав кристаллизовали с разными скоростями охлаждения, а затем однократно переплавляли и охлаждали в стальном кокиле с постоянной скоростью ($v_{\text{охл}} \sim 20 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$). Для определения параметров структуры использовали программно-аппаратный комплекс СИАМС 800. Установлено (табл. 2), что структура предварительного сплава устойчиво наследует после переплава и повторного охлаждения в стальном кокиле: размеры Si_n в сплаве, полученном из шихты, закристаллизованной предварительно со $v_{\text{охл}} \sim 10^3 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$, уменьшаются в 2,5 раза, а их количество возрастает в 12 раз. Кристаллизация шихтового силумина в водоохлаждаемом валковом кристаллизаторе является эффективным способом получения шихтовых металлов в виде МКП [18].

Помимо применения специально обработанных шихтовых металлов наследственное влияние на свойства Al-сплавов

оказывают разные физические воздействия в жидком состоянии (модификаторы III рода). В настоящей работе применили магнито-импульсную обработку (МИО), которая оказывает существенное модифицирующее действие на структуру и свойства Al-сплавов.

Теоретическое обоснование действия МИО на Al-расплавы приведено в работе [19].

Для приготовления следующей партии силумина Al–20%Si использовали деформированные отходы алюминия А5 и кремния Кр0 фракций 5...7 мм. Получали рабочие сплавы без физической обработки расплава и с МИО. Последнюю осуществляли по осевой схеме воздействия сразу после введения кремния в Al-расплав: энергия разряда 1,5 кДж, количество импульсов 1...3; температура 700...710°C; время обработки (3 импульса) < 15 с. После МИО расплавы заливали в чугунные изложницы при комнатной температуре. В табл. 3

представлены результаты влияния МИО на структуру и физические свойства сплава Al–20%Si.

С увеличением числа импульсов разряда при МИО происходит дробление кристаллов Si_n и изменение их морфологии. Оно отражается на снижении пористости, повышении плотности и электропроводности сплава. Эти результаты согласуются с параметрами кристаллов Si_n , полученными при переплавке быстроохлажденного силумина (размеры $Si_n \sim 82 \text{ мкм}$). Следовательно, эффекты генного модифицирования МКП и МИО расплава по эффективности можно считать сопоставимыми. Однако размеры Si_n остаются все еще укрупненными и не могут обеспечить нужную пластичность и деформируемость сплава.

Разработка технологии комбинированного модифицирования, включающей использование специально обработанных шихтовых металлов и ТВО расплава, обеспечивала измельчение средних размеров Si_n до 15...25 мкм и повышение их количества до 15784 шт./см² (патенты РФ 2365651, 2448180).

Объемы полученной информации по структуре и физическим свойствам позволили продолжить эксперименты, учитывающие влияние наследственного фактора (шихта, расплав) на механические свойства ЗЭС, содержащих 18 и 20% Si. Для получения сплава Al–18% Si применяли: деформированные отходы алюминия, кристаллический кремний фракций 4...7 мм. Кремний вводили, как и ранее, по низкотемпературной технологии двумя порциями. Проводили обычные дегазацию и рафинирование расплава и заливали в чугунную изложницу ($Si_n = 170 \text{ мкм}$)

Таблица 4

Обработка расплава	Электропроводность, МСм/м	Средний размер Si_n , мкм	σ_b , МПа	δ , %
Модифицирование 1,4% МКП	20,4	82	156	5,7
Перегрев до 980°C	17,3	53	166	5,8

и валковый кристаллизатор ($Si_n =$ до 50 мкм). Помимо этого оценивали влияние перегрева расплава (820...980°C) на свойства силумина. Основные результаты испытаний – в **табл. 4**.

Применение деформированного шихтового алюминия и низкотемпературной технологии растворения кремния позволило получить исследуемые свойства на более высоком уровне. Модифицирование малой добавкой 1,4% МКП (п. 2, **табл. 4**) и средний перегрев с охлаждением до температуры заливки (п. 3, **табл. 4**) способствовало дальнейшему измельчению кристаллов Si_n (до 53 мкм), повышению прочности на 12% и пластичности на 38%. Сплав Al–20%Si готовили по технологии, аналогичной сплаву Al–18%Si. С учетом полученных результатов, внесли следующие коррективы: провели комбинированное модифицирование расплава (перегрев + повышенное количество МКП); применили МИО (энергия разряда 1,5 кДж, 10...50 имп.). Результаты исследования по влиянию МИО – в **табл. 5**.

Анализ полученных результатов показывает, что применение переплавов ЗЭС с 17...20% Si, деформированного шихтового алюминия, МКП и МИО позволяет измельчить кристаллы Si_n до 15...25 мкм, повысить δ до 3,2...5,8%, при одновременном повышении σ_b до 127...166 МПа.

Влияние литой структуры на деформируемость ЗЭС. Перед деформацией со всех литых заготовок механическим способом удалили литейную корку. Поэтому их толщина уменьшилась до 13 мм. Для достижения наиболее благоприятного состояния перед прокаткой был проведен гомогенизационный отжиг заготовок при

Таблица 5

Продолжительность МИО, имп.	Электропроводность, МСм/м	Средний размер Si_n , мкм	σ_b , МПа	δ , %
10	17	150	120	2,3
20	20	120	125	2,5
40	20	98	120	3,2
50	19	100	130	2,7

470°C с выдержкой 3 ч. После этого проводили горячую прокатку при 500°C. При достижении толщины образцов 4,9 мм, что соответствует суммарной степени деформации 62,3% (**табл. 6**), последующую прокатку проводили в холодном состоянии. В процессе прокатки подрезали кромки на гильотинных ножницах для предотвращения развития образовавшихся трещин. При достижении толщины образцов в 2,2

мм, что соответствует проходу 3 (см. **табл. 6**), происходило разрушение некоторых образцов. После промежуточного отжига при 420°C и выдержки 1 ч неразрушившиеся образцы прокатывали до толщины 0,95 мм (с периодической подрезкой их кромок).

Для достижения предельных значений пластической деформации прокаткой испытывали сплав, модифицированный по двум вариантам: применение

Таблица 6

№ прохода	h_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	ϵ_1 , %	ϵ_{Σ} , %
Гомогенизационный отжиг (470°C, 3 ч)					
Горячая прокатка					
1	13,0	12,3	0,7	5,4	5,4
2	12,3	10,2	2,1	17,1	21,5
3	10,2	7,1	3,1	30,4	45,4
4	7,1	4,9	2,2	31,0	62,3
Холодная прокатка					
1	4,9	3,9	1,0	20,4	20,4
2	3,9	3,2	0,7	17,9	34,7
3	3,2	2,2	1,0	31,3	55,1
4	2,2	1,8	0,4	18,2	63,3
Промежуточный отжиг (420°C, 1 ч)					
5	1,80	1,50	0,30	16,7	69,4
6	1,50	1,32	0,18	12,0	73,1
7	1,32	0,95	0,37	28,0	80,6
8	0,95	0,75	0,20	21,1	84,7
9	0,75	0,57	0,18	24,0	88,4
10	0,57	0,42	0,15	26,3	91,4
11	0,42	0,22	0,20	47,6	95,5

30% МКП; интенсивная обработка МИО (1,5 кДж, 40 имп.), прокатывали образцы толщиной до 0,22 мм, что соответствует толщине фольги. При этом образцы оставались целыми.

Выводы

- Впервые выполнено комплексное исследование микроструктуры, физико-механических свойств и деформируемости ЗЭС, содержащих 18...20% Si.
- Обработка расплавов (МКП, переплавы, МИО) оказывает эффективное наследственное влияние на измельчение кристаллов Si_n , что способствует заметному повышению относительного удлинения и деформируемости ЗЭС.
- Применение ЗЭС с измельченными кристаллами Si_n , их повышенном количестве и комбинированными технологиями прокатки позволило добиться суммарной степени деформации до 98% и получить лист (фольгу) толщиной до 0,2 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат С.И., Тихонов А.С., Дубровин А.К. Деформируемость структурно неоднородных сталей и сплавов. – М.: Металлургия, 1975.
2. Чижиков Ю.М. Прокатываемость стали и сплавов. – М.: Металлургия, 1961.
3. Строганов Г.Б., Ротенберг В.А., Гершман Г.Б. Сплавы алюминия с кремнием. – М.: Металлургия, 1977.
4. Силумины. Атлас микроструктур и фрактограмм промышленных сплавов: справочник / А.Г. Пригунова, Н.А. Белов и др. – М.: МИСИС, 1996.
5. Панов Е.И. Пластическое деформирование литейных заэвтектических силуминовых сплавов с высоким содержанием кремния ($Si \geq 17\%$). – М.: Металлургия, 2012.
6. Афанасьев В.К., Попова М.В., Горшенин А.В. и др. О природе процессов пластической деформации сплавов Al–1...50% Si // Металлургия машиностроения. – 2014. – № 3. – С. 2–9.
7. Афанасьев В.К., Герцен В.В. и др. О влиянии водяного пара на формирование свойств высококремнистых Al-сплавов // Металлургия машиностроения. – 2015. – № 5. – С. 17–21.
8. Водород и деформируемые сплавы Al–1...50% Si / В.К. Афанасьев и др. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016.
9. Главатских М.В., Поздняков А.В. и др. Исследование структуры и фазового состава порошковых

алюмофосфористых лигатур // Изв. вузов. Цветная металлургия. – 2014. – № 4. – С. 45–50.

10. Попов Д.А., Пентюхин С.И. и др. Способы введения фосфора в алюминиевые сплавы // Металлургия машиностроения. – 2015. – № 8. – С. 8–12.

11. Рябов И.В., Фоченков Б.А. О наследственной роли структуры модифицирующей лигатуры для заэвтектических силуминов // Литейщик России. – 2006. – № 7. – С. 45–47.

12. Меркулова С.М., Бочвар С.Г. Принцип достаточности и достижение оптимальной структуры в легких сплавах // Изв. вузов. Цветная металлургия. – 2016. – № 4. – С. 64–69.

13. Никитин В.И., Крушенко Г.Г. Влияние происхождения шихты на структуру и свойства алюминиевых сплавов / Свойства расплавленных металлов: Тр. XVI Сессии по теории литейных процессов. – М.: Наука, 1974. – С. 53–56.

14. Марукович Е.И., Стеценко В.Ю. Перспективы применения силуминов с инвертированной структурой // Литье и металлургия. – 2002. – № 4. – С. 44–45.

15. Марукович Е.И., Стеценко В.Ю. Улучшение структурной наследственности – резерв повышения свойств силуминов // Литье и металлургия. – 2010. – № 3. – С. 16–18.

16. Марукович Е.И., Стеценко В.Ю. Силумин с глобулярным кремнием – перспективный материал для промышленности // Литейное производство. – 2017. – № 9. – С. 6–8.

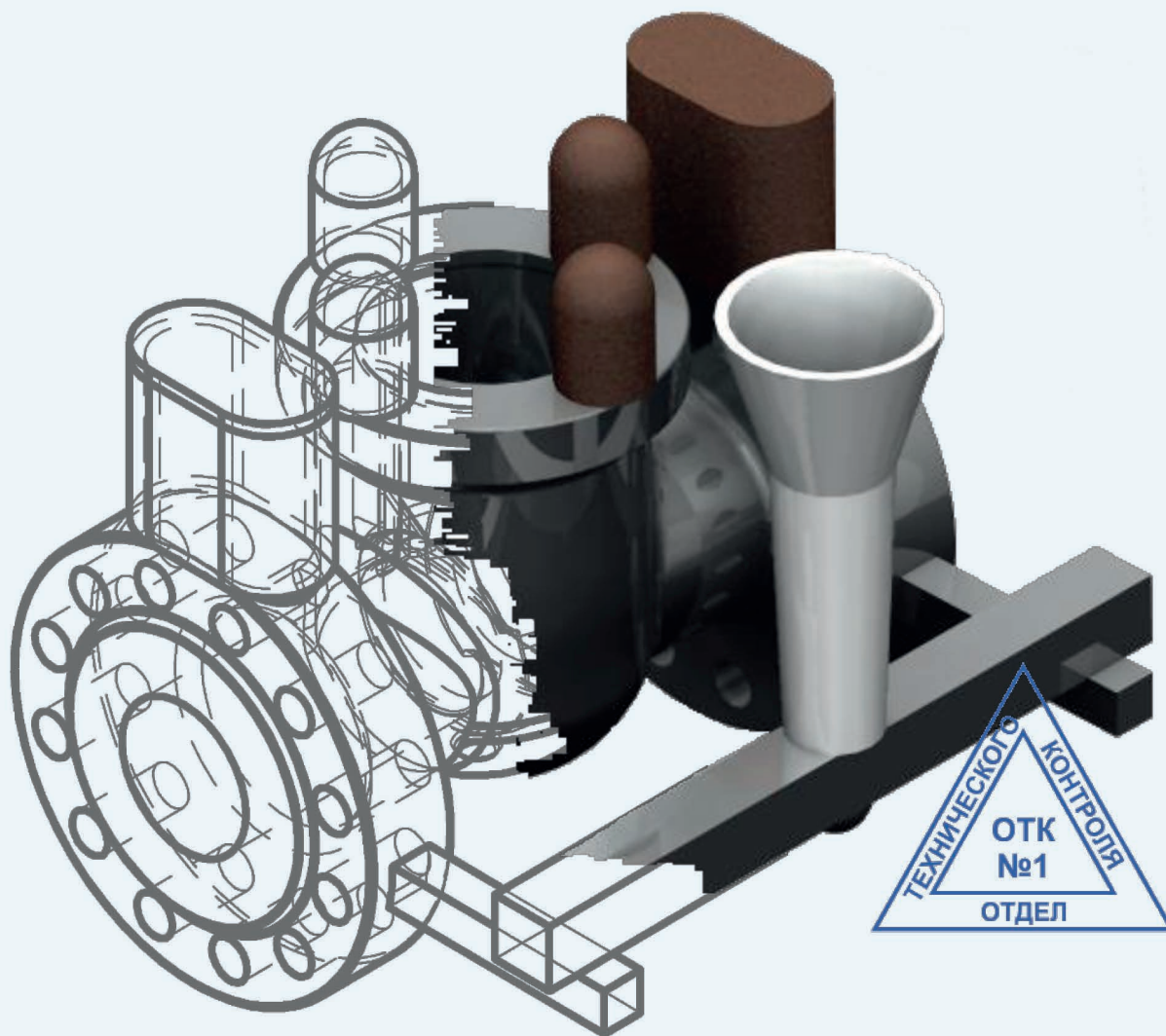
17. Никитин В.И., Никитин К.В. Проблема наследственности шихтовых материалов в технологиях легких сплавов: история, состояние, перспективы // Технология легких сплавов. – 2020. – № 2. – С. 21–35.

18. Никитин К.В., Тимошкин И.Ю. Влияние кратности переплавок на структуру и свойства сплава Al–20% Si / Тр. VII международного науч.-техн. симпозиума «Наследственность в литейных процессах». – Самара: СамГТУ, 2008. – С. 207–212.

19. Никитин К.В., Никитин В.И., Тимошкин И.Ю. Управление качеством литых изделий из алюминиевых сплавов на основе явления структурной наследственности. – М.: Радуница, 2015.

Сведения об авторе

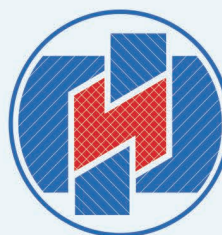
Никитин Владимир Иванович – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Литейные и высокоэффективные технологии» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (СамГТУ). Тел. 8(846) 242-22-68. E-mail: tlp@samgtu.ru



**ИСПЫТЫВАЕТЕ КОМПЛЕКСЫ
ПО ПОВОДУ КАЧЕСТВА ЛИТЬЯ?
ОБРАЩАЙТЕСЬ К НАМ!**



**ВОЛОКНИСТЫЕ
ОГНЕУПОРЫ**



ИНЖЕТЕХ

проектирование и производство
модельно-стержневой оснастки

**КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ
ОТ ЛИДЕРОВ ОТРАСЛИ**

Российская Федерация, Самарская область, город Тольятти
Телефон/факс: (8482) 37- 93 - 99, 55 - 72 - 77

e-mail: info@masterm-vo.ru
www.masterm-vo.ru

УДК 621.742.22

Yu.A. Svinoroev,
Yu.I. Gutko,
K.A. Batyshev,
K.G. Semenov

Аннотация

Summary

Разупрочняющие добавки песчано-жидкостекольных смесей при производстве отливок из чугуна и стали

Softening additives of liquid-glass mixtures in the production of cast iron and steel casting

Ю.А. Свиноров, Ю.И. Гутько (ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля», г. Луганск),
К.А. Батышев, К.Г. Семенов (МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва)

Рассмотрены условия разупрочнения литейных форм и стержней с жидкостекольными связующими. Предложены разупрочняющие добавки-модификаторы. Их эффективность связана с совмещением компонентов, обеспечивающих разупрочнение песчано-жидкостекольной смеси (ПЖС) как при низких (200...300°C), так и высоких температурах (700...800°C). Проведена промышленная проверка ПЖС с добавками.

Ключевые слова

Песчано-жидкостекольная смесь, жидкое стекло, стержневая смесь, разупрочнение, модификатор, гидролизный лигнин, бентонитовая глина, вермикулит, отливка.

The possibility of a comprehensive solution to the problem of weakening of foundry molds and cores based on liquid glass binder. The proposed idea for its solution and experimentally proved the possibility of its implementation, through the use of integrated eziprechnaya modifiers. Their effectiveness is due to a combination of components providing softening liquid glass mixture as intervals of low (200...300°C) and high temperatures (700...800°C). Conducted industrial testing of the obtained results, the results made of quality casting.

Key words

Liquid glass, rod, mixture, softening, modifier, lignin, bentonite clay, vermiculite, casting.

Введение

Формовочные процессы, применяемые в литейных цехах, сконцентрированы на использовании песчаных смесей на смоляных связующих – альфа-сет- и амин-процессы. Причина такого состояния – технологичность, обусловленная техническим обеспечением и, как следствие, высокие производительность и качество отливок.

Существенный недостаток этих процессов – высокая стоимость связующих материалов, неудовлетворительная экологическая обстановка на рабочих местах и в районах расположения литейных цехов [1, 2]. Это предопределяет актуальность поиска альтернатив, одной из которых могут быть ПЖС.

Цель работы – поиск эффективных модификаторов (разупрочняющих добавок), позволяющих

Таблица 1

Разупрочняющая добавка	Изготовитель (фирма)
Cordis-Anorgit (тонкодисперсная добавка на основе глины)	Hüttenes-Albertus, ФРГ
Dexil 35: 50% декстрин + 25% карбонат кальция + 25% оксид железа и диоксид марганца	Foseco, Великобритания
Dexil 11 и Dexil 11F – порошкообразная композиция твердой фенолоформальдегидной смолы, оксида железа и графита	Foseco, Великобритания

эффективно выбивать литейные формы и стержни из ПЖС.

Характеристическая кривая изменения остаточной прочности на сжатие σ ПЖС при нагреве приведена на **рис. 1**, имеющая два максимума – при 300 и 800°C. Это приводит к ухудшению выбиваемости отработанной ПЖС из отливок.

В научно-технической литературе приведены сведения о способах разупрочнения связующих композиций ПЖС, которые по физической природе используемой добавки можно условно разделить на органические и неорганические. Органические добавки – эмульсии, содержащие полистирол, неорганические – бентонитовые и каолиновые глины, вермикулит и перлит. Однако их применение не всегда приводит к желаемому результату, поскольку не в полной мере соответствует природе явления, на предотвращение последствий которого направлено.

Зарубежные фирмы производят жидкостекольные связующие с добавками, номенклатура которых приведена в **табл. 1**.

Методика испытаний, материалы

Испытывали ПЖС, наполнитель которой – кварцевый песок с размером зерен 0,2 мм, связующее – жидкое стекло с модулем 2,5 и модифицирующие разупрочняющие добавки (технический гидролизный лигнин – ТГЛ, глина бентонитовая, вермикулит). В качестве агентов-модификаторов разупрочнения использовали комбинацию материалов, включающую блок, работающий на разупрочнение ПЖС в диапазоне относительно низких температур (200...300°C), и блок компонентов, работающий в диапазоне высоких температур (700...800°C).

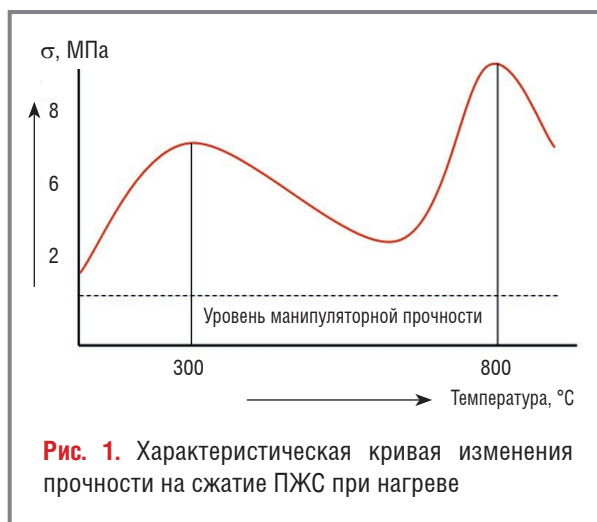


Рис. 1. Характеристическая кривая изменения прочности на сжатие ПЖС при нагреве

Выбиваемость смеси количественно оценивали по показателю остаточной прочности образцов σ . Суть метода состоит в следующем: стандартные цилиндрические образцы выдерживали в течение суток, после чего некоторые из них испытывали, а другие помещали в муфельную печь и выдерживали в течение 1 ч при разных температурах в интервале 200...1000°C, охлаждали вместе с печью до температуры окружающей среды, после чего испытывали на прочность. По разнице изменений показателей определяли остаточную прочность.

Результаты исследований

Идея исследования основана на совмещении процессов деструкции компонентов модификатора с процессами, формирующими максимум прочности жидкого стекла в процессе его полиморфизма при прогреве ПЖС. Для низкотемпературного разупрочнения ПЖС использовали ТГЛ, крупнотоннажный отход при переработке растительного сырья гидролизным способом, а для высокотемпературного разупрочнения – глину и вермикулит.

Предполагалось, что максимуму в области 300°C соответствует термодеструкция гидролизного лигнина, которая осуществляет функцию разупрочнения в этом температурном интервале; максимуму в области 800°C соответствует метаморфизм неорганических компонентов модификатора – глины (бентонитовой, каолиновой) и вермикулита, обеспечивающих аналогичное действие в высокотемпературной области.

По физической природе, жидкое стекло – водный щелочной раствор силикатов натрия $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$, представляющий собой гетерогенную систему со сложными полиморфными превращениями,

Таблица 2

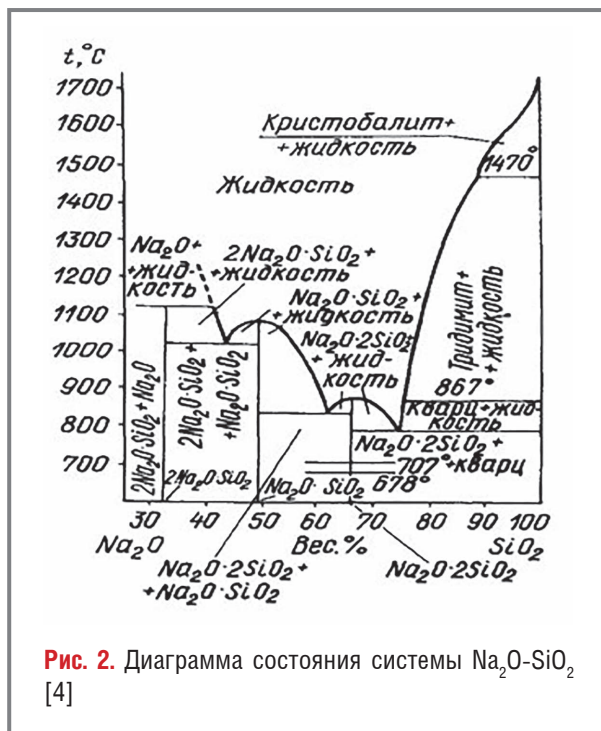


Рис. 2. Диаграмма состояния системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ [4]

зависящими от концентрации компонентов и температуры [4]. Диаграмма состояния системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$, иллюстрирующая потенциальную сложность и многообразие возможных состояний, приведена на рис. 2.

Для понимания полиморфизма ПЖС, использованных в опытах, вначале исследовали зависимость остаточной прочности разных ПЖС в интервале температур 200...1000°C. Задача этого этапа исследований состояла в определении максимумов остаточной прочности опытной ПЖС и граничных показателей влияния модельных компонентов модификатора на прочностные характеристики ПЖС. Составы ПЖС приведены в табл. 2.

Первая серия опытов показала, что соотношение жидкого стекла и модифицирующих разупрочняющих добавок в составе исследуемых ПЖС должна составлять одну треть от объема жидкого стекла. Она и была принята в качестве исходной базы для отработки состава искомой связующей композиции на модельных составах ПЖС.

Исследовали влияние температуры на остаточную прочность σ^o , моделируя воздействие жидкого металла на элементы литейной формы (внутреннюю полость и стержни). Полученные экспериментальные данные – состав 1 (табл. 2), кривая 1 (рис. 3), согласуются с литературными источниками [3], так температура прогрева смеси, соответствующая интервалу 400...600°C, соответствует минимуму работы выбивки, а при прогреве

Компоненты смеси	Состав ПЖС					
	1	2	3	4	5	6
Наполнитель кварцевый песок (1К02Б), %	100	100	100	100	100	100
Жидкое стекло, %	6	6	6	6	6	6
ТГЛ, %	–	2	–	–	1	1
Бентонит, %	–	–	2	–	0,5	0,75
Вермикулит, %	–	–	–	2	0,5	0,25

ПЖС до 800°C наблюдается максимум. Это связано с образованием легкоплавкой эвтектики в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ (см. рис. 2). На практике только мелкие стержни (с тонкостенными элементами) омываются расплавом металла со всех сторон и могут прогреваться $\geq 800^\circ\text{C}$. Крупные стержни прогреваются в объеме, теплота распределяется по всей массе стержня, так что итоговый прогрев значительно ниже. При этом максимальные температуры наблюдаются в поверхностных слоях стержня.

Несмотря на наличие у ПЖС минимума в области температур 400...600°C (кривая 1, рис. 3), процесс выбивки является весьма трудоемким, осуществляется в условиях высокой зашумленности и больших выбросов газа и пыли. Помимо этого для тонкостенных чугунных отливок операция выбивки опасна появлением трещин.

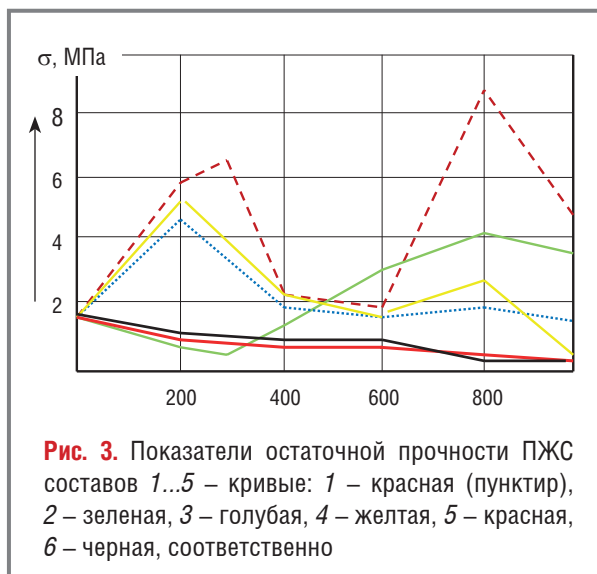


Рис. 3. Показатели остаточной прочности ПЖС составов 1...5 – кривые: 1 – красная (пунктир), 2 – зеленая, 3 – голубая, 4 – желтая, 5 – красная, 6 – черная, соответственно



Рис. 4. Внешний вид модификатора для разупрочнения жидкостекольных смесей

Для улучшения выбиваемости отработанных ПЖС были выбраны материалы, действие которых на жидкостекольную основу связующей композиции по отдельности решает задачи разупрочнения в низкотемпературном (состав и кривая 2, **рис. 3**) и в высокотемпературном интервале (составы и кривые 3 и 4).

Модифицирующей основой состава 2 является ТГЛ – компонент органического происхождения, обладающий высокой гигроскопичностью и способностью адсорбировать и удерживать влагу. Его разупрочняющее действие основано на том, что в интервале температур 300...350°C протекают процессы термодеструкции, продуктами которой являются водяной пар, углекислый газ и зола. Накладываясь на процесс структурообразования в жидком стекле, соответствующий низкотемпературному максимуму, идет разупрочнение продуктами деструкции гидролизного лигнина формирующихся структур жидкого стекла, что в итоге приводит к снижению прочности до 0,3...0,5 МПа, что приемлемо, с точки зрения «нормальной выбиваемости» смеси.

При повышении прогрева смеси до более высоких температур ТГЛ выгорает, а в жидкостекольных пленках на поверхности наполнителя формируется легкоплавкая эвтектика, что приводит к увеличению прочности композиции. Для решения этой задачи вводятся неорганические добавки: бентонитовая глина или вермикулит, что позволяет достигнуть желаемого эффекта в высокотемпературной области (700...800°C) – кривые 3 и 4 (см. **рис. 3**).

Природа разупрочнения состоит в полиморфном превращении этих материалов – явлении вспучивания за счет фазовых превращений, но главное – за счет выделения газов (прежде всего, водяного пара) и выделения конституционной влаги. Наложение процессов структурообразования жидкого стекла и вспучивания минеральных компонентов смеси приводит к разупрочнению смеси.

Принципиальное решение задач разупрочнения в низкой и высокотемпературной областях двумя разнородными модифицирующими добавками поставило задачу их объединения в единое целое, для удобства практического применения.

Разработана композиция модификатора, включающая ТГЛ, натриевую бентонитовую глину и вермикулит, в процентном соотношении компонентов 50/25/25 (для чугунных отливок) и 50/40/10 (для стальных отливок). Эти модифицирующие композиции выпускаются в виде гранул (**рис. 4**), которые изготовлены методами экструзии из смеси, включающей ТГЛ, бентонитовую глину и вермикулит.

Наличие в составе модификатора ТГЛ и глины обеспечивает прочность после приготовления,



Рис. 5. Отливка *мульда*, изготовленная в форме из ПЖС с модификатором комплексного действия

при хранении и дозировке. Вермикулит увеличивает хрупкость гранул, что обеспечивает их полное разрушение на этапе смеси-приготовления. Во избежание потери разупрочняющего эффекта модификатора, хранить его следует в герметичных мешках или таре, препятствующих попаданию влаги.

Разрушение гранул модификатора при приготовлении ПЖС приводит к образованию в ее составе частиц $\varnothing 1...3$ мм, равномерно распределенных по объему смеси; они обуславливают разупрочняющий эффект, что подтверждается экспериментальными данными (см. **рис. 3**, кривые 5 и 6).

Полученный модификатор опробован в условиях производства при изготовлении отливки *мульда* из стали 25Л (масса 107 кг) для транспортного машиностроения.

ПЖС готовили с разработанным комплексным модификатором. После формовки смесь отверждали двумя способами: по CO_2 -процессу и сушкой в камерном сушиле при 220°C. Формы заливали расплавом стали, после остывания отливку извлекали из формы на обычной выбивной решётке. Остатки стержня рассыпались при незначительном внешнем механическом воздействии (легком

постукивании молотком по корпусу отливки). Отливка показана на **рис. 5**.

Данное исследование можно расценивать как начальную фазу работ. В дальнейшем необходимо решать вопросы, связанные с уменьшением количества связующего в составе ПЖС до 2,5...3,5%, оптимизацией рецептур состава ПЖС и модификатора (в зависимости от особенностей конструкции отливки и марки используемого сплава).

Выводы

- Разработан эффективный, комплексный модификатор для формовочных и стержневых ПЖС, обеспечивающий их разупрочнение до приемлемого уровня в широком диапазоне температурных воздействий (200...300 и 700...800°C), соответствующим максимумам остаточной прочности жидкого стекла.
- Разупрочняющая способность ПЖС достигается компонентным составом модификатора, включающего ТГЛ, натриевую бентонитовую глину и вермикулит, в процентном соотношении компонентов 50/25/25 (для чугуновых отливок) и 50/40/10 (для стальных отливок). При этом большое значение имеет не тип сплава (чугун или сталь), а особенности термонапряженного состояния элементов литейной формы в процессе формирования отливки.
- Разупрочняющее комплексное действие модификатора основано на свойствах его компонентов и физико-химических процессах, протекающих в литейной форме при формировании отливки.
- Установлено, что в целях обеспечения устойчивости действия модификатора – эффекта

разупрочнения, целесообразно предварительно подготовить модификатор, сформовать и изготовить его в виде гранул, легко разрушаемых при приготовлении ПЖС.

- Осуществлены опытно-промышленные испытания предложенного разупрочняющего модификатора, которые показали эффективность его действия: при производстве отливки *мульда* из стали 25Л массой 107 кг для транспортного машиностроения.
- Практическое применение разработки позволяет заменить дорогостоящие и экологически опасные смоляные связующие материалы, в частности технологию, основанную на фуран-процессе, на относительно невысокие по стоимости и экологичные жидкостекольные связующие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Болдин А.Н., Яковлев А.И., Тепляков С.Д.** Инженерная экология литейного производства: учеб. пособие / под ред. А.Н. Болдина. – М.: Машиностроение, 2010.
2. **Ткаченко С.С., Болдин А.Н.** Экология как критерий эффективности литейного производства будущего // Литье Украины. – 2013. – №7. – С. 29–30.
3. **Илларионов И.Е., Васин Ю.П.** Формовочные материалы и смеси. – Чебоксары: Изд-во Чувашского госуниверситета, 1992.
4. **Христофорова И.А., Сысоев Э.П., Савельев В.Г.** Диаграммы состояния гетерогенных систем: практикум. – Владимир: Изд-во Владимирского госуниверситета, 2002.

ВНИМАНИЕ!

Наши журналы Вы найдете в каталогах:

	«Литейное производство»	«Металлургия машиностроения»
Объединенный каталог «Пресса России», индекс	42306	42207
Каталог «Урал-пресс», индекс	70491	80468

Подписку также можно оформить в редакции.

Адрес: 111396, Москва, Союзный пр-т, 14/9, 232
Тел./факс: +7 (495) 303-85-81; e-mail: lp@niit.ru



ИНТЕМА НАДЕЖНАЯ РОБОТА ДЛЯ ЛИТЕЙЩИКА

ALPHA-SET-ПРОЦЕСС
ФУРАН-ПРОЦЕСС
CRONING-ПРОЦЕСС
РЕЗОЛ CO₂
COLD-BOX-AMINE-ПРОЦЕСС
ОТВЕРДИТЕЛИ ДЛЯ ЖС-СМЕСЕЙ
ПРОТИВОПРИГАРНЫЕ ПОКРЫТИЯ
РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Свяжитесь с нами и получите
подробную информацию

e-mail: info@intema.su
тел: +7 (495) 357-25-50

УДК 621.74.02:
621.742

I.A. Osipenko,
A.Z. Issagulov, S.I. Repyuh,
V.Yu. Kulikov, Sv.S. Kvon,
Y.P. Chsherbakova

Аннотация

Summary

Холоднотвердеющая смесь для форм и стержней

Cold-hardening mixture for molds and coress

И.А. Осипенко, С.И. Репях
(Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепр),
А.З. Исагулов, В.Ю. Куликов, Св.С. Квон, Е.П. Щербакова
(НАО «Карагандинский технический университет», г. Караганда)

Исследовали состав холоднотвердеющей смеси (ХТС) для производства литейных форм и стержней. В качестве нового компонента ХТС предложен высокодисперсный материал на основе диоксида кремния, в частности, пыль газоочистки производства ферросилиция (ПГПФ). Высокая удельная поверхность пыли способствует взаимодействию с ортофосфорной кислотой (ОФК) и развитию процесса отверждения, что обеспечивает необходимую прочность литейной форме. Определены свойства ХТС: прочность на сжатие, живучесть, газопроницаемость и осыпаемость. Определено оптимальное содержание ПГПФ и соотношение между ПГПФ и ОФК в смеси.

Ключевые слова

ХТС, состав, свойства, применение, пыль газоочистки.

The composition of a cold-hardening mixture intended for production of casting molds and cores was investigated. A highly dispersed material based on silicon dioxide, in particular, dust formed at gas cleaning of ferrosilicon production was proposed as a new component of the cold-hardening mixture. The high specific surface area of the dust contributes to the interaction with ortho-phosphoric acid and to the evolution of the curing process, which provides the necessary strength of the casting mold. The following properties of the cold-hardening mixture were determined: compressive strength, durability, gas permeability and friability. The optimal content of the dust formed at gas cleaning of ferrosilicon production and the ratio between the above dust and ortho-phosphoric acid in the cold-hardening mixture was determined.

Key words

Cold-hardening mixture, composition, properties, application, dust formed at gas cleaning.

При изготовлении отливок из сплавов с высокой твердостью, например, из чугуна класса «Нихард» их чистота поверхности и соответствие геометрическим размерам приобретают особое значение, так как высокая твердость и относительная хрупкость материала затрудняют механическую обработку отливки.

Перспективный способ литья – в формы, изготовленные из ХТС. Основными преимуществами этого метода являются низкая шероховатость поверхности и высокая точность геометрических размеров при минимальном количестве дефектов. Основным недостатком использования ХТС является токсичность некоторых компонентов смеси, и в связи с этим – необходимость особых условий их хранения и использования [1].

Разработано много составов ХТС, отличающихся как природой основной составляющей, так и природой и соотношением связующих и других технологических добавок. Так, в работе [2] предлагается ХТС, которая содержит синтетические смолы и неорганические связующие: жидкое стекло, цемент, окалину, железорудный концентрат, магнезит и хромомagneзит. Данная ХТС включает в себя огнеупорный наполнитель на основе двуоксида кремния, материал на основе оксидов железа и ОФК. Ее особенность в том, что с целью снижения осыпаемости смесь содержит такую технологическую добавку, как аминопропилтриэтоксилан. Однако стоимость этой добавки достаточно высока; кроме того, указанная смесь имеет низкие живучесть (3...15 мин) и прочность на сжатие (0,1...0,49 МПа).

В работе [3] предлагается ХТС для изготовления литейных форм, содержащая огнеупорный наполнитель, оксиды железа, ОФК и бокситы. Недостаток ее – предварительная подготовка (помол и сушка) боксита. Кроме того, нестабильность боксита по химсоставу существенно влияет на возможность и количество образования железофосфатных

связок. В работе [4] приводится состав ХТС, включающий материал на основе оксидов железа в виде пыли (отходы электросталеплавильного производства), ОФК и хромовый ангидрид. Главным недостатком этой смеси является наличие в составе ядовитого и канцерогенного вещества – хромового ангидрида. Надо отметить, что вариации составов ХТС касаются не только связующих и технологических добавок, но основной составляющей – огнеупорного наполнителя. Так, в работе [5] в качестве огнеупорного наполнителя предлагается материал, добываемый из рисовой шелухи, так как он содержит большое количество SiO_2 .

Таким образом, состав ХТС надо подбирать, исходя из оптимального соотношения *себестоимость – свойства*. В свою очередь, оно определяется наличием и доступностью имеющегося сырья.

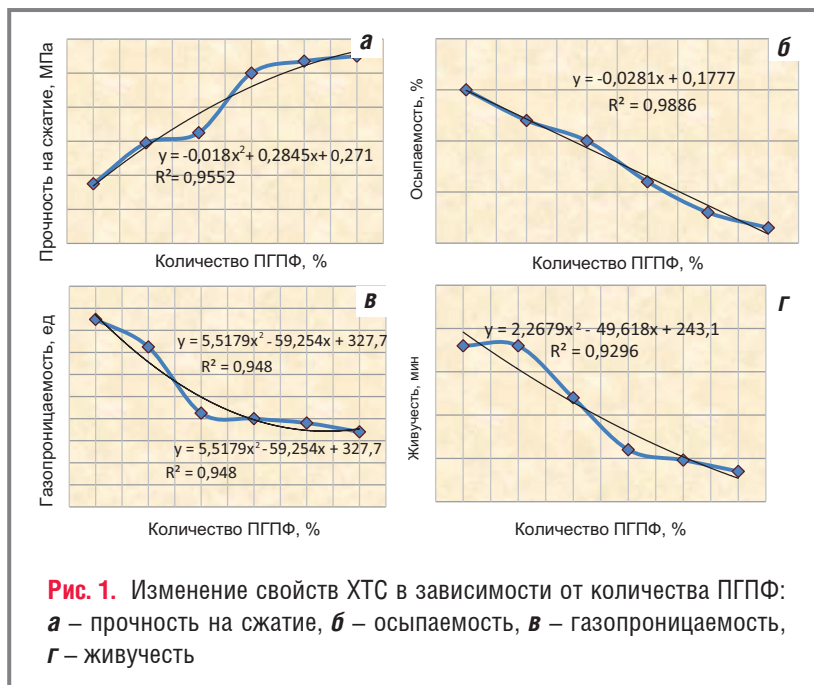
Нами предлагается ХТС, состоящая из огнеупорного наполнителя на основе SiO_2 , высокодисперсной составляющей и ОФК (в качестве связующих) и воды. Назначение высокодисперсного материала – увеличение поверхности взаимодействия между реагентами, что должно обеспечить быстрое протекание реакции и сокращение времени отверждения.

В качестве высокодисперсного материала предложена пыль газоочистки производства ферросилиция (ПГПФ), усредненный состав которой приведен **ниже**.

Составляющие	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	MgO	CaO
Содержание, %	80...95	0,2...4,5	1,8...8,6	1,3...1,5	0,4...2,6

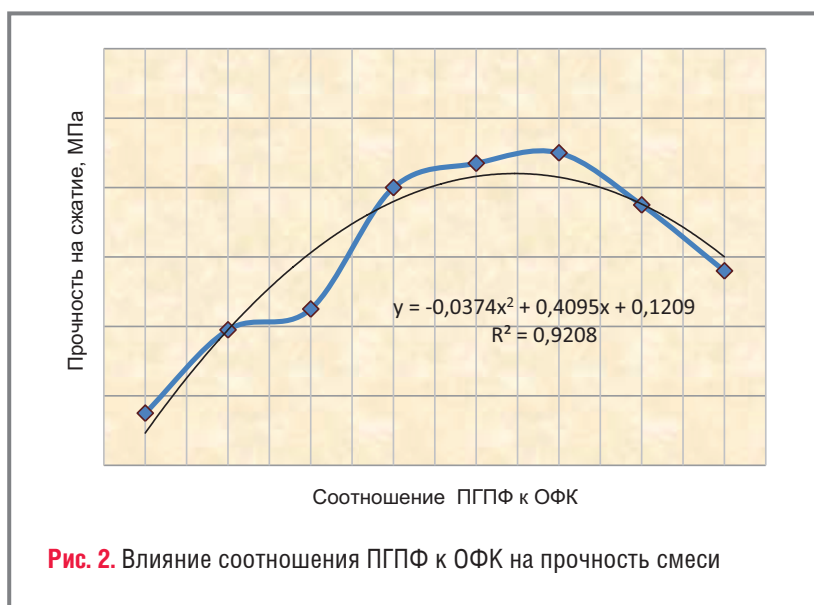
ПГПФ имеет очень развитую поверхность. По разным оценкам, удельная поверхность пыли газоочистки – от 8000 $\text{см}^2/\text{г}$ и выше [6]. Она обеспечивает хороший контакт между реагентами

Номер смеси	ОФК	ПГПФ	Вода	Кварцевый песок
1	3	2,0	4,0	Ост.
2	4	3,5	4,5	
3	5	4,5	5,0	
4	6	6,0	5,5	
5	7	7,5	6,0	
6	8	10,0	6,5	



(диоксидом кремния и ОФК) с образованием соединений – пирофосфата кремния и силикофосфата переменного состава по типу $x\text{SiO}_2 \cdot y\text{P}_2\text{O}_5$. Образование данного соединения способствует отверждению смеси, обеспечивая формирование и свойства литейной формы. С целью проверки этого предположения, исследовали свойства смеси с использованием ПГПФ.

Смесь готовили следующим образом. В лопастной смеситель загружали огнеупорный наполнитель (кварцевый песок) и высокодисперсный наполнитель (ПГПФ), перемешивали 5...10 мин. Затем добавляли ОФК, предварительно разбавленную водой до плотности 1,5...1,6 г/см³, и перемешивали еще 5...10 мин. Составы смесей приведены в **таблице**.



Из смеси изготавливали образцы для определения прочности на сжатие (прибор INSTRON), живучести (прибор 02212), газопроницаемости (прибор ПО4315-М) и осыпаемости (прибор ПП-1100), согласно общепринятым методикам. Живучесть смеси определяли через каждые 30 мин в течение 3 ч (живучесть – минимальное время, в течение которого снижение прочности > 30%). Результаты исследований приведены на **рис. 1**. Видно, что увеличение ПГПФ в пределах 2...10% положительно влияет на прочность смеси, а показатели живучести, осыпаемости и газопроницаемости снижаются. Прочность на сжатие должна быть не менее 0,45 МПа после выдержки 1 ч; живучесть – не менее 10 мин; газопроницаемость > 150 ед.; осыпаемость < 0,3% [1].

Сравнительный анализ полученных результатов с минимальными требованиями по свойствам, предъявляемыми к ХТС, позволяет сделать вывод о том, что 2...10% ПГПФ в составе ХТС обеспечивает необходимые показатели ее свойств в пределах нормы. Дальнейшее увеличение количества ПГПФ нецелесообразно, так как при > 7...8% оно практически не влияет на прочность, но снижает такие показатели, как живучесть, газопроницаемость и осыпаемость. Уменьшение количества ПГПФ ниже 3% также нежелательно, так как создаваемая поверхность контакта недостаточна для активного взаимодействия реагентов, что приводит к ухудшению показателей прочности.

Как видно из данных таблицы, содержание ОФК увеличивали одновременно с добавками ПГПФ. Это необходимо для обеспечения полноты протекания

реакции отверждения и образования комплексного соединения $x\text{SiO}_2 \cdot y\text{P}_2\text{O}_5$. На **рис. 2** показано влияние соотношения количества ПГПФ и ОФК на прочность смеси.

Видно, что с увеличением соотношения ПГПФ/ОФК прочность смеси растет, но при достижении соотношения 1,25 – снижается. Это свидетельствует о том, что силикофосфат кремния не образуется, и процесс отверждения далее не развивается. Соответственно, превышать указанное соотношение нецелесообразно.

Таким образом, для обеспечения максимальных показателей технологических свойств содержание ПГПФ в ХТС должно составлять 2...10% при соотношении с ОФК до 1,25. ХТС имеет высокую живучесть (35...180 мин), низкую осыпаемость (0,03...0,1%) и широкий диапазон прочности – 0,55...1,3 МПа. ХТС может быть использована для изготовления мелких, средних и крупных форм и стержней всех классов сложности в любых условиях производства. Ее можно готовить на стандартном оборудовании.

Данные исследования проводились в рамках гранта Комитета науки Министерства образования и науки Респ. Казахстан АР09058350 «Разработка и внедрение технологии производства хромистых антифрикционных чугунов для деталей горно-шахтного оборудования».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Жуковский С.С.** Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм. – М.: Машиностроение, 2010. – 256 с.

2. **А.с. 1238879** СССР В22С 1/02, В22С 1/18. Холоднотвердеющая смесь для изготовления литейных форм и стержней. – Оpubл. 23.06.1986.

3. **А.с. 1235608** СССР В22С 1/00. Состав смеси для изготовления литейных форм и стержней. – Оpubл. 07.06.1986.

4. **А.с. 1222391** СССР В22С 1/18. – Оpubл. 07.04.1986.

5. **Tkhe A.K., Zakgarov A.I.** The organic bond preparation for the coldhardeninf mixtures // New Refractories. – 2018. – №7. – P. 21–15.

6. **Панфилов М.И., Школьник Я.Ш., Орнинский Н.В., Коломиец В.А.** Переработка шлаков и безотходные технологии в металлургии. – М.: Металлургия, 1987. – 238 с.

Сведения об авторах

Осипенко Ирина Александровна – ст. препод. кафедры литейного производства Национальной металлургической академии Украины, г. Днепр.

Репях Сергей Иванович – д-р техн. наук, проф., там же.

Куликов Виталий Юрьевич – канд. техн. наук, проф. кафедры «Нанотехнологии и металлургия» Карагандинского технического университета, Респ. Казахстан. E-mail: mpikm@mail.ru

Квон Светлана Сергеевна – канд. техн. наук, проф., там же. E-mail: svetlana.1311@mail.ru;

Щербакова Елена Петровна – ст. препод., там же. E-mail: sherbakova_1984@mail.ru

Внимание!

Уважаемые читатели! Вы можете заказать электронную версию журналов «Литейное производство», «Металлургия машиностроения» и «Библиотека литейщика» или любой статьи, начиная с 2001 года. Ознакомиться с содержанием наших журналов и рефератами на русском и английском языках можно на нашем сайте <http://www.foundrymag.ru/> в разделе «Архив».

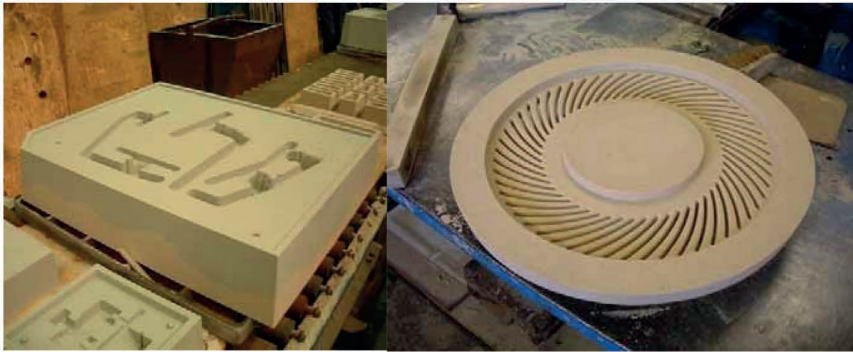
Заказ оформляется по электронной почте. E-mail: lp@niit.ru

EUROTEK

Eurotek Group



Основанная в 1993 году, в Западном Йоркшире (Великобритания) компания Евротэк на протяжении почти 20 лет производит полный ассортимент связующих систем и расходных материалов для литейной промышленности в мире.



Компания - лидер в производстве связующих для литейного производства No-bake (фуран - пепсет). Предлагаются смолы и катализаторы для ХТС процессов с различным временем отверждения форм - стержней, пригодный для всех видов черных и цветных металлов .

Аккредитация ISO 9001 является неотъемлемой частью приверженности компании EUROTEK к предоставлению самого высокого уровня обслуживания клиентов и обеспечения качества на протяжении многих лет.

ООО Родонит - официальный партнер "Eurotek Group" на Российском рынке. Имеет местные представительства со складами в Центральном и Уральском регионах России.

Во главу угла фирма ставит следующие основные принципы:

- безопасность
- высокое качество
- надежность

Three accreditation certificates are displayed. The first is from KBRASZCO for Eurotek Group, covering various resin and catalyst products. The second is from KBRASZCO for Rodonit, covering their distribution and service activities. The third is from TAMOZENNIY SOYUZ for Rodonit, covering their activities in the Kazan region.

РОДОНИТ

• ЛИТЕЙНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
• ОБОРУДОВАНИЕ • ТЕХНОЛОГИИ

Россия, 195067, Санкт-Петербург, Волго-Донской пр., 1
 Тел./факс в Санкт-Петербурге: (812) 320-16-89 (13)
 Тел./факс в г. Воронеж: (4732) 604-715(14)
 Тел./факс в г. Миасс: (3513) 298-598 (95)
 e-mail: mail@rodonit.spb.ru
 Сайт: www.rodonit.spb.ru

УДК 621.74.02:
621.743.06

А. Попов,
Р. Dotcenko

Аннотация

Summary

Современные литейные стержневые технологии – анализ и тенденции развития по опыту немецкой фирмы Laempe

Modern core-making technologies – analysis and development trends on the experience of the German company Laempe

Dr. A. Popov, Dr. P. Dotcenko (Laempe Mössner Sinto GmbH)

В статье описывается развитие технологий изготовления стержней, начиная от первых опытов машинной формовки до появления и постоянного совершенствования самых современных технологий, таких как Cold box amin-процесс и прототипирование стержней. Описаны технологические процессы и отрасли применения конкретных способов изготовления стержней.

Ключевые слова

Развитие литейного производства, внедрение современных технологий, Cold box amin-процесс, 3D-печать.

The article describes the development of core-making technologies from the first experiments in machine molding to the introduction of the most modern technologies such as the Cold box amin-process and 3D prototyping of cores. Technological processes and branches of application of specific core-making methods are described.

Key words

Foundry development, introduction of modern technologies, Cold box amine-process, 3D-printing.

Историческое развитие технологий производства песчаных стержней методом машинной формовки

Началом развития технологий производства песчаных литейных стержней методом машинной формовки можно считать изобретение немецким инженером Й. Кронингом Shell- или Croning-процесса в 40-х гг. прошлого века. Своеобразным пиком исследований Кронинга является создание первых прототипов стержневых машин для серийного производства разовых оболочковых форм из сухой смеси кварцевого песка и порошкообразного

пудльвербакелита. Этот метод для серийного производства стержней применяется и в настоящее время в мировой литейной промышленности, причем под тем же именем своего изобретателя. Его отличительная особенность – заполнение нагретой до 220...240°C металлической формообразующей оснастки сухим «плакированным» новолачной смолой кварцевым песком (рис. 1). В результате теплообмена смола расплавляется, образуя мостики между песчаными зернами.

Еще в 1947 г. небезызвестный немецкий бренд Hottinger (с 2009 г. входит в группу Laempe) купил

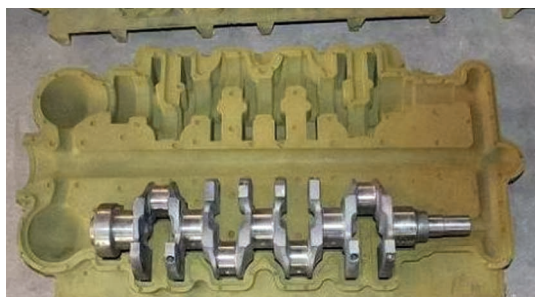


Рис. 1. Пример 70-х гг. прошлого века из опыта Laempe изготовления отливок *коленчатых распределов* в оболочковых формах по методу Shell (Croning) на стержневых машинах Hottinger

у Й. Кронинга лицензию на применение данного метода в литейном производстве (**рис. 1, 2**) и начал разрабатывать первые в мире стержневые машины, которые, начиная с 1949 г., поэтапно внедрялись на литейных заводах автомобильного концерна Volkswagen, постепенно заменяя повсеместно распространенный метод ручной формовки «масляных» стержней машинной формовкой. А начиная с 1951 г. необходимые для реализации данного процесса плакированные пески начали поставляться в рамках отдельного лицензионного соглашения с основателем компании, называемой тогда «Gebrüder Hottinger» – сегодняшней Hüttenes-Albertus.

Следующий существенный сдвиг в развитии стержневых технологий машинной формовки – изобретение Cold box amin-процесса в 1968 г. американцами Л. Ториелло и Дж. Робинсом. В настоящее время Cold box amin-процесс является *самым массово применяемым в мировой литейной практике методом машинного производства стержней в ненагреваемой стержневой оснастке*. При этом процессе стержневая смесь, состоящая из песка, полиуретановой смолы и полиизоцианата, перемешивается в вихревых смесителях, а потом подается в пескострельную головку стержневой машины.

Отверждение смеси в смонтированной на машине формообразующей стержневой оснастке происходит только после ее продувки газообразным катализатором амином. Комплексные технологические свойства стержней в комбинации с положительными экономическими показателями (холодные ящики, низкие энергозатраты, повышенная живучесть, высокая текучесть, быстрота отверждения, высокая манипуляционная прочность сразу после извлечения из стержневого ящика, хорошая

выбываемость особенно в случае производства отливок из черных сплавов) обуславливают лидирующую позицию Cold box amin-процесса среди всех остальных методов серийного производства стержней методом машинной формовки.

В 80-х гг. прошлого века, в различной последовательности и параллельно с разработками стержневых машин, появлялись такие методы производства литейных стержней в нагреваемой стержневой оснастке, как Hot box и Warm box, а также методы производства стержней в ненагреваемой оснастке, как например CO₂-, Фуран SO₂-, Эпокси-SO₂-процессы, Red set, Beta set и Resol-CO₂ (**рис. 2**). В этой связи уместно подчеркнуть, что ни один из этих методов не обеспечивает производство стержней с комплексными технологическими характеристиками, которые превосходят свойства стержней по Cold box amin-процессу. По этой причине доля, которую каждый из этих методов занимает в мировом производстве стержней, не превышает 4...8%.

В настоящее время соотношение долей применения Cold box amin- и Shell/Croning-процессов в мировой литейной промышленности составляет 5/1. Основное применение стержни по Cold box amin-процессу находят при производстве отливок автокомпонентов (*блоки, головки, тормозные диски – рис. 3*), где доля их применения превышает 80% от всех производимых для этих типовых отливок стержней. Но стержни по Cold box amin-процессу находят активное применение и в других отраслях промышленности, где для получения высокоточных отливок из цветных или черных

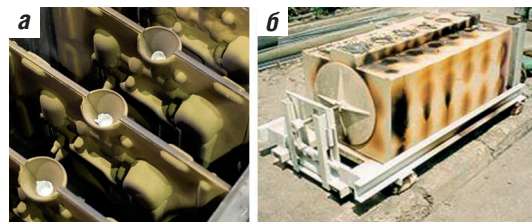


Рис. 2. Примеры 90-х гг. прошлого века из опыта Laempe применения метода пакетной формовки («литья в стержневых формах») для мелкосерийного производства отливок из ВЧ: **а** – стержневые формы произведены на стержневых машинах Röperwerk (с 2009 г. входит в состав группы Laempe) по методу Shell (Croning), **б** – на пескострельных автоматах Laempe по «холодному» Resol-CO₂-процессу

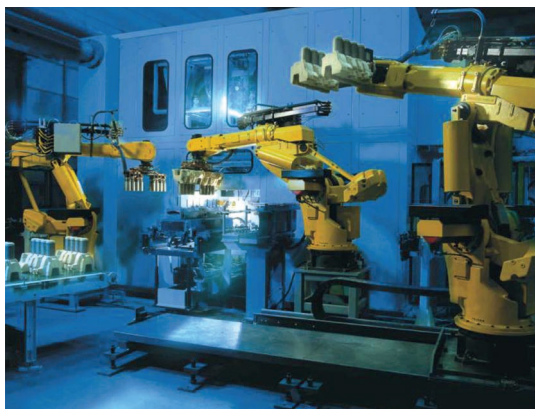


Рис. 3. Пример роботизированного стержневого участка Laetpre для производства стержней по Cold box amin-процессу для Al-отливок *блоков* четырехцилиндровых рядных двигателей Ford

сплавов требуются ажурные стержни с повышенной размерной точностью.

Активное внедрение технологий цифровизации и средств автоматизации производственных процессов в литейную промышленность, а также повышенные требования экологического законодательства промышленно развитых стран мира обуславливают повышенные требования к экологическим и физико-химическим характеристикам изготавливаемых стержней. Это касается исключительно производителей литейной химии, которые обеспечивают снабжение мировой литейной промышленности подходящими связующими.

По этим причинам мировые лидеры в данной области – ASK Chemicals и Hüttenes-Albertus постоянно занимаются разработкой связующих систем с улучшенными технологическими и экологическими характеристиками для машинной формовки стержней как по «горячим», так и по «холодным» процессам, в основном для Cold box amin-процесса.

Важные результаты развития технологий машинной формовки были получены в 2001 г., когда фирмой Laetpre было разработано связующее LKBinder на базе неорганических солей, основное назначение которого – создание экологически чистых стержневых смесей для серийного производства сложных и высокоточных стержней, а также метод Veach Vox для их производства на стержневых автоматах.

При разработанном и запатентованном фирмой Laetpre процессе Veach Vox стержневая смесь подается в пескострельную головку стержневого автомата, который оснащен электрической системой

нагрева стержневого ящика до 120...180°C. Отверждение стержневой смеси в стержневом ящике происходит в результате теплообмена с горячими поверхностями формообразующих элементов, а избыточная влажность удаляется продувкой стержневого ящика нагретым воздухом. Стержни, которые производятся по Veach Vox-процессу, являются экологически чистыми, т. е. на участках смешеприготовления, производства, заливки и охлаждения стержней и/или стержневых пакетов не выделяются вредные вещества, превышающие ПДК.

Манипуляционная прочность стержней достаточна для съема, транспортирования и сборки стержней в пакет. Комплексные технологические свойства стержней по Veach Vox-процессу конкурируют со свойствами стержней по Cold box amin-процессу, но их применение в мировом литейном производстве пока освоено в основном только для отливок из алюминия в условиях серийного производства (рис. 4, 5). За последние 10 лет создана широкая гамма современных вариантов неорганических связующих для Veach Vox-процесса. Ведущие производители и поставщики связующих для данного метода изготовления стержней – ASK Chemicals и Hüttenes-Albertus.

Прототипирование стержней

«Индустрия 4.0» – новый тренд внедрения последних достижений информационных технологий в промышленности, который появился в 2011 г. в Германии, обозначал технологии «умных»

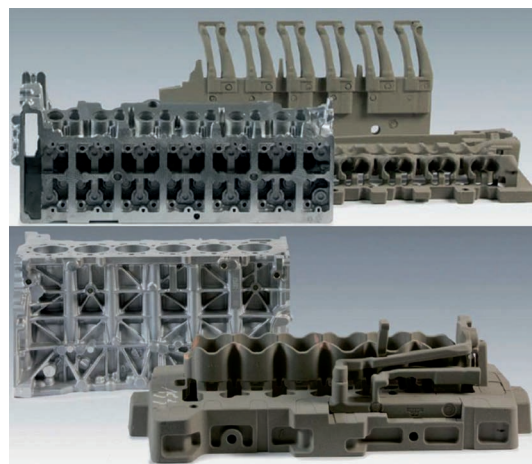


Рис. 4. Примеры экологически чистых стержней по Veach Vox-процессу, а также Al-отливки, для производства которых они предназначены



Рис. 5. Фрагмент автоматизированного стержневого участка Лаэтре для производства стержней по Veach Vox-процессу на немецком заводе Inacore в г. Энголдсбах (Бавария)

заводов и стал синонимом Четвертой промышленной революции. В мировой литейной промышленности этот тренд нашел свое идеальное выражение в т. н. технологиях «прототипирования» стержней (рис. 6). В настоящее время это самый короткий путь от 3D-чертежа до конечного стержня (стержневой формы) и, соответственно, до отливки.

В специализированной литературе данные технологии известны под именем «аддитивных», потому что геометрия конечного изделия создается послойным наращиванием объемных миниэлементов. «Классические» размеры миниэлемента – кубики с длиной канта 0,1 мм. Отдельные методы прототипирования отличаются между собой физическими способами создания пространственных слоев, а также «быстротой действия» применяемого оборудования. За период 1987...2005 гг. до промышленного уровня были разработаны не менее 30 различных модификаций процесса, а также свыше 100 различных машинных установок прототипирования. Из них за последние 20 лет в литейной промышленности успешно внедрены всего два основных метода 3D-печати стержней и/или стержневых форм, а именно:

- послойное спекание сухой смеси из «плакированного» органическими смолами песка лазерным лучом (Bed Deposition & Selective Laser

Sintering, в переводе – «выборочное спекание лазером находившегося в определенном пространстве материала»);

- послойное нанесение точечной дозы органического или неорганического связующего состава на ровный слой предварительно перемешанного с жидким связующим песка (Bed Deposition & Binder Jetting, в переводе «выборочное точечное нанесение связующего на находившийся в определенном пространстве материал»).

Отверждение по методу BD & SLS – горячее, а по методу BD & BJ – холодное. Есть и гибридные модификации «холодного» метода BD & BJ, при котором по причине физико-химических свойств применяемых связующих во время нанесения капли связующего участок песка, принимающий каплю, принудительно нагревается до 40...60°C инфракрасным излучением. В качестве связующих при методе BD&BJ применяются фурановые или полифенольные смолы, а в последние 5 лет – и неорганические связующие на основе силиката натрия.

Технологии и оборудование для 3D-печати стержней и стержневых форм разрабатываются специализирующимися в данной области компаниями, в основном, из США и Германии (общая доля этих стран в мире > 70%).

При реализации крупных проектов серийной печати, например, для потребностей мирового автотрома, линии печати стержней имеют производительность, сравнимую с классическими пескострельными автоматами и состоят из множества 3D-принтеров и вспомогательного оборудования (например, конвейерных систем, систем смесеприготовления, систем централизованной подачи связующего, а также частично и в зависимости от метода 3D-печати – из систем для принудительной сушки стержней). Распечатанные стержни после



Рис. 6. Общий вид стержня после 3D-печати (а), а также традиционная технология его изготовления отдельными элементами (б)

достижения манипуляционной прочности подвергаются поверхностной очистке. Самые современные варианты для выполнения этой задачи – с применением мини-роботов.

Основное преимущество технологий прототипирования – существенное ускорение времени разработки конструктивно «новой» отливки и, соответственно, новой литейной формы. По сравнению с традиционным подходом разработки технологии отливки и изготовления модельно-стержневой оснастки, прототипирование стержней/стержневых форм уменьшает общую продолжительность данного процесса как минимум шестикратно.

Основной недостаток применяемых в настоящее время технологий 3D-печати стержней – высокая стоимость принтеров. Поэтому применение этих технологий в мировой литейной промышленности в настоящее время ограничено серийным производством стержней отливок для автопрома. Ситуацию с массовым внедрением данных технологий на стержневых участках литейных заводов можно сравнить с динамикой внедрения электрических автомобилей взамен классических легковых машин с двигателями внутреннего сгорания. *Пока не созданы необходимые условия для массового производства как принтеров, так и материалов для производства стержней, вряд ли динамика внедрения этой революционной технологии в мировую литейную промышленность изменится.*

Выводы

- Современные технологии машинной формовки стержней являются результатом внедрения

последних достижений литейной химии и информационных технологий в мировую литейную промышленность.

- В настоящее время литейщикам предоставлены колоссальные возможности для рентабельного серийного производства отливок со сложной геометрией с применением разовых песчаных стержней, причем значительно сокращается процесс разработки новых отливок от чертежа до конечного изделия.

- «Дальнее» будущее стержневых технологий однозначно связано с серийной 3D-печатью, а «ближайшее» будущее – с правильной комбинацией из традиционных методов серийного производства стержней на классических пескострельных автоматах и из прототипированных стержней, для которых изготовление стержневой оснастки технически невозможно или, как минимум, нерентабельно.

- Переход от традиционных технологий серийного производства песчаных стержней к 3D-печати однозначно связан со сферой деятельности фирмы Laetpre, которая уже десятилетиями успешно внедряет новейшие стержневые технологии в мировую литейную промышленность. Пользуясь своим богатым практическим опытом, фирма Laetpre и в будущем готова предложить своим российским клиентам сверхсовременные технологические решения по созданию стержневых участков «под ключ» для серийного производства стержней с целью повышения рентабельности и экономической эффективности литейной промышленности России.

Новая книга

Вышла в свет книга **«Модифицирование графитизированных конструкционных чугунов»**: учебное пособие / С.В. Давыдов, Д.А. Болдырев. – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 208 с.: ил., табл.

В книге рассматриваются основополагающие, базовые практические и теоретические вопросы модифицирования расплава чугуна. Приводятся сведения по используемым материалам и технологическим способам обработки для получения всех типов чугунов.

Книга предназначена для студентов и аспирантов литейных и металлургических специальностей. Может быть полезна инженерно-техническим работникам чугунолитейных производств и предприятий.

БЕНТОНИТ в литейной промышленности

ООО «БЕНТОНИТ ХАКАСИИ»

Компания уверенно занимает свое место среди ведущих предприятий России по обеспечению бентонитом. Мы выпускаем бентопродукцию для формовочных смесей, буровых растворов и окомкования железорудного концентрата. Наш 50-летний опыт работы в отрасли и высококачественный бентонит месторождения «10-й Хутор» – залог успешной работы с потребителями.



Для литейного производства мы выпускаем:

- Глинопорошок для формовочных смесей **марки П1Т1А**, выпускается по требованиям ГОСТ 28177-89
- Глинопорошок «**Бентакарб**» – комплексный формовочный материал с противопригарными добавками для производства отливок из чугуна в формах ПГС.



Бентакарб – это смесь бентонита марки П1Т1А и специальных углеродсодержащих компонентов с различным соотношением минеральной и органической составляющих, выпускается согласно ТУ 2164-003-01424676-2014

Наши потребители: КАМАЗ, АВТОВАЗ, ГАЗ, АЗ-УРАЛ, УАЗ, Алтайвагон, Мценский ЛЗ, АЛНАС, РУСАЛ, ВКМ-Сталь, Семеновский ЛЗ, Ростовский ЛЗ, АВТОДИЗЕЛЬ ЯМЗ, ЕМФ-Технологии, Таганрогский ЛЗ, МеталЛитМаш и другие литейные предприятия России и ближнего зарубежья.

Основные технические показатели комплексного связующего материала «Бентакарб»

1. Гранулометрический состав:	
Остаток на сите с сеткой № 04 - не более, %	3,0
Остаток на сите с сеткой № 016 - не более, %	12,0
2. Массовая доля влаги (W), %	
	От 6,0 до 10,0
3. Физико-механические свойства	
Предел прочности при сжатии во влажном состоянии, не менее, кгс/см ²	0,9
Предел прочности при разрыве в зоне конденсации влаги, не менее, кгс/см ²	0,028
Коллоидальность, не менее, %	10,0
Водопоглощение, не менее, ед.	1,5
4. Химический состав органической составляющей:	
Массовая доля общей серы (Std) - не более, %	0,5
Содержание летучих веществ (Vtdaf), %	35,0 - 45,0
Выход блестящего углерода, %, (Бентакарб-А, Бентакарб-Б, Бентакарб-В)	От 7 до 9
Выход блестящего углерода, %, (Бентакарб-АС, Бентакарб-БС, Бентакарб-ВС)	> 11,0



Наши материалы применяются на автоматизированных формовочных линиях:
ГАЗ, SPO, Georg Fischer, HWS, DISA, SAVELLI, Belloi&Romagnoli

655162, Россия
 Республика Хакасия
 г. Черногорск, ул. М. Горького, 11 А

тел.: +7(39031) 64-111
 64-160, 63-815
факс: +7(39031) 64-112

info@b-kh.ru
 www.b-kh.ru

УДК 621.74:
621744.072.2

A.A. Lisovoy,
I.S. Tkachenko,
A.N. Hudeshenko

Инновационное оборудование нового поколения для ЛГМ-процесса

New generation of innovative equipment for the LFC process

Аннотация

А.А. Лисовой, И.С. Ткаченко, А.Н. Худешенко

В статье сообщается о необходимости внедрения инновационных литейных процессов в современном машиностроении. Рекомендуется обратить внимание на комплексы оборудования для процесса литья по газифицируемым моделям (ЛГМ). Освещен вопрос автоматизации процесса изготовления пенополистирольных моделей (ППС).

Ключевые слова

Литье по газифицируемым моделям, инновационное оборудование, автоматизация, автомат по производству пенополистирольных моделей.

Summary

The presented article reports on the need to introduce innovative casting processes in modern mechanical engineering. It is recommended to pay attention to the sets of equipment for the casting process according to gasified models. The process of automation of the process of making expanded polystyrene models is highlighted.

Key words

Lost form casting (LFC), innovative equipment, automation, automatic machine for the production of expanded polystyrene models.

Отечественное литейное производство настойчиво требует инновационных подходов к проектированию и производству авторских моделей формообразующего, плавильного и термического оборудования. Развитие отечественного машиностроения зависит от рейтинга литейного производства на международном рынке. А успешное развитие литейного производства и высокое качество литых заготовок возможно только при глубокой интеграции всех литейных переделов в информационные системы. Качество продукции, себестоимость и вопросы окружающей среды на фоне усиливающихся за последние годы экономических изменений, а также оптимальное соотношение *цена – качество* определяют в настоящее время конкурентоспособность технологических процессов, изделий и компаний.

Ключевое условие успешного развития промышленного предприятия – радикальное повышение научно-технического уровня производства на основе создания и внедрения наиболее эффективных технологий, машин и оборудования. На фоне роста затрат на сырьевые материалы, энергоносители, оплату труда и соблюдение экологической безопасности особо важное значение приобретает фактор повышения эффективности технологических процессов и качества продукции. Применение инновационных технологий и оборудования в машиностроении в целом и в литейном производстве оказывает решающее влияние на повышение производительности труда, улучшение качества продукции, ресурсосбережение, экономию энергоносителей и улучшение экологической ситуации промышленных регионов [1]. Наиболее

приемлемым и привлекательным с точки зрения требований настоящего времени и весьма перспективным технологическим процессом в литейном производстве является процесс ЛГМ. Производство отливок по ППМ не является новшеством, но активно не развивалось. В последнее десятилетие произошли значительные изменения качества исходного материала, технологического процесса и конструкторских решений для комплекса оборудования, что позволяет считать ЛГМ-процесс инновационным и востребованным.

Завод «АКС» (С.-Петербург) – ведущее предприятие в России, изготавливающее оснастку для единичного производства и комплекс оборудования для серийного и массового производства отливок по ЛГМ-процессу. По требованию заказчика Завод АКС выполняет проекты реконструкции и создания новых литейных цехов для ЛГМ-процесса. На **обложке** представлена механизированная линия фирмы «АКС» производительностью 12 форм/ч, с размером опок 800×800×1000.

Прямые энергозатраты в машиностроении, а также энергоресурсы, овеществленные в сырье, и материалы, затраченные на производство продукции во всех отраслях промышленности, зависят от материалоемкости продукции. В современных международных экономических отношениях проблема экономии энергоносителей и ресурсосбережение приобретает особо серьезное значение для всего народного хозяйства. В послании Федеральному Собранию 2019 г. Президент России В.В. Путин сказал: *«В России сейчас формируется колоссальный гарантированный спрос на промышленную и высокотехнологичную продукцию. Для того, чтобы выйти на высокие темпы роста нужно решить системные проблемы в экономике. Главная проблема, в числе приоритетных, это обеспечение опережающего темпа роста производительности труда»*. Необходимое условие для повышения производительности труда отечественного литейного производства до мирового уровня – это внедрение систем комплексной автоматизации литейных процессов и сокращение доли влияния непредвиденного человеческого фактора. Основные пути повышения эффективности производства за счёт совершенствования технологических процессов:

- внедрение инновационных технологий,
- комплексная автоматизация процессов,
- автоматический контроль и регулирование технологического процесса,
- оптимизация технологических режимов,
- повышение производительности труда,

- сокращение потерь энергоресурсов,
- оптимальное использование вторичных ресурсов.

Оптимизация процессов позволяет сократить потребление энергии и материальных ресурсов, уменьшить расходы на обслуживание, высвободить дополнительные площади, а также повысить надежность и качество работы инженерных и технологических систем. Совокупность конструкторских решений, автоматизация и роботизация технологических процессов, экономических, экологических и людских факторов, воплощенных в формообразующий агрегат, – вот что такое современная инновационная автоматическая линия фирмы «АКС» для ЛГМ-процесса (см. **обложку**). Две таких линии производительностью до 60 форм/ч поставлены в Японию, по их техническому заданию.

Еще одна новинка компании «Завод АКС» – это линейка автоматов для производства ППМ. Данное оборудование позволяет полностью автоматизировать процесс изготовления моделей для ЛГМ-процесса и существенно увеличить производительность и снизить время изготовления моделей.

В наше время всё более популярным и перспективным становится понятие «Индустрия 4,0». Это продолжение промышленных революций. С 2011 г. началась и развивается четвертая промышленная революция – это искусственный интеллект, который и носит название «Индустрия 4,0». Четвертая промышленная революция и «Индустрия 4,0» становятся не просто словами, за ними стоят реальные проекты, которые входят в нашу жизнь. Это объединение достижений промышленности и цифровых технологий, приводящих к созданию цифровых производств и «умных заводов», где все устройства, машины, продукция и люди общаются между собой посредством цифровых технологий и интернета. «Индустрия 4,0» охватывает всевозможные направления и технологии, объединение которых сделает производство максимально автоматизированным и конкурентоспособным, а следовательно, номером 1 на мировом рынке [2].

Обеспечение высокой конкурентоспособности отечественной промышленности во многом зависит от эффективности промышленных предприятий. Анализ технико-экономических показателей предприятий мировых лидеров говорит о том, что дальнейший рост эффективности производства возможен только при применении инновационных технологий, оборудования и решений. И это реально при проведении комплексной инновационной модернизации литейного производства с широким

использованием систем автоматизации и роботизации технологических процессов. Именно эти условия и принципы осуществляются фирмой «Завод АКС» при создании высокопроизводительного оборудования и проектирования литейных цехов по ЛГМ- процессу [3].

Оборудование нового поколения фирмы «Завод АКС» выгодно отличается от предыдущих моделей собственного производства и от аналогичных образцов зарубежного производства:

- простотой и надежностью автоматизации и контроля тепловых процессов;
- роботизации механических процессов на всех переделах;
- повышенным дифференцированным КПД (79...85%);
- повышением точностных параметров моделей и снижением припусков на 10...15%;
- меньшей материалоемкостью всего комплекса оборудования на 9...12%;
- сокращением строймонтажных работ (при реконструкции) до 30%;
- снижением энергозатрат на 23...29%;
- значительным улучшением санитарно-гигиенических условий на рабочих местах;
- улучшением экологической обстановки в административном районе завода.

Более подробно с продукцией и возможностями

«Завода АКС» можно ознакомиться на сайте: www.aksspb.com

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Буторина И.В.** Экологические проблемы металлургического производства. – СПб: Изд-во Политехнического университета им. Петра Великого, 2008. – 140 с.
2. **Лопухов И.В.** Коммуникационные технологии умного предприятия в рамках концепции Индустрия 4,0 и Интернета вещей // Современные технологии автоматизации. – 2015. – №2.
3. **Шуляк В.С.** Литье по газифицируемым моделям. – СПб: НПО «Профессионал», 2007.

Сведения об авторах

Лисовой Александр Александрович – директор по развитию ООО «Завод АКС»

Ткаченко Игорь Станиславович – коммерческий директор, там же.

Худешенко Александр Николаевич – руководитель проектов, там же.

Внимание!

В ФГУП «**ВИАМ**» в 2021 г. пройдут следующие **конференции** :

VII Всероссийская научно-техническая конференция «Роль фундаментальных исследований при реализации Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года»	28.06
V Всероссийская научно-техническая конференция «Материалы и технологии нового поколения для перспективных изделий авиационной и космической техники»	19.07
Всероссийская научно-техническая конференция «Современные жаропрочные никелевые деформируемые сплавы и технологии их производства»	24.09
VII Международная конференция «Аддитивные технологии: настоящее и будущее»	07.10 – 08.10
Всероссийская научно-техническая конференция «Проблемы и перспективы развития металломатричных композиционных материалов»	22.10
V Всероссийская научно-техническая конференция «Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения»	19.11

Более подробная информация на сайте: <https://cong.viam.ru/>

УДК 621.74.02:
621.743.06

А. Попов

Внедрение технологий Laempe в мировой литейной промышленности в 2020 г.

Implementation of Laempe technologies in world foundry industry in 2020

Аннотация

Dr. A. Popov (Laempe Mössner Sinto GmbH, Германия)

В статье дается описание состояния современного литейного производства в мире, актуальные тенденции развития. Показаны новые типы стержневого оборудования, которые находят активное применение на литейных заводах по всему миру, и перспективные технологии, такие как 3D-печать стержней.

Ключевые слова

Стержневые машины и автоматические линии, тенденции развития, 3D-печать стержней, модернизация литейного производства.

Summary

The article describes the state of the modern foundry industry in the world, current development trends. Shown are new types of core-making equipment, which are actively used in foundries worldwide, and promising technologies such as 3D printing of cores.

Key words

Core-making machines and automatic lines, development trends, 3D printing of cores, foundry modernization.

Мегатренды развития мировой экономики

За последние 5 лет мировая экономика развивалась с различной динамикой в отдельных регионах. Основные из них – азиатский, североамериканский и европейский, причем самый сильный рост до конца 2019 г. имел азиатский регион, который по своему усредненному ВВП превосходил ВВП североамериканского и европейского региона в 2 и 3 раза, соответственно.

Независимо от факта, что ВВП не является единственным критерием оценки экономического развития отдельной страны или региона, а также учитывая принудительное замедление национальных экономик во всех экономически развитых странах из-за пандемии COVID-19, возникает вопрос о вызовах ближайшего будущего. В этой

связи профессиональные аналитики [1...3] сформулировали следующие мегатренды в развитии мировой экономики до 2030 г.:

- ускоренное внедрение цифровых технологий, а также активное внедрение безотходных технологий в промышленные производства, особенно в промышленно развитых странах;
- существенное уменьшение вредных выбросов CO₂ в соответствии с национальными и транснациональными программами противодействия парниковому эффекту.

Названные мегатренды будут проходить на фоне нарастающего геополитического и экономического противостояния между сверхдержавами – США, Китаем, Японией и ЕС, в условиях протекционизма, таможенных войн и ужесточенной борьбы



за контроль над природными ресурсами стран, особенно в азиатском, африканском и латиноамериканском регионах.

Влияние мегатрендов на развитие мировой литейной промышленности

В 2018 г. в мире было произведено 98,6 млн т отливок [4]. Производство чугунных отливок в мире составляло 85 млн т, при этом почти половина (48%) была произведена в Китае. Выпуск чугунных отливок в таких «литейных» нациях, как США, Япония, Франция, Россия, существенно уменьшился, а в других – Индия, Турция, Бразилия – наоборот, существенно вырос, причем динамика уменьшения производства отливок из серого чугуна, за счет роста производства отливок из высокопрочного чугуна, во всех странах одинакова [4].

Производство алюминиевых отливок в мире составляло 19 млн т, 38% этого объема производилось в Китае. Вслед за Китаем, но с большим отставанием, в лидирующей пятёрке литейных наций стоят США (8,4%), Япония (7,9%), Индия (6,3%), Германия (5,3%) [4].

Основные промышленные области для сбыта отливок: автомобильная промышленность, тракторостроение, насосно-арматурная,

горнодобывающая промышленность, железнодорожно-транспортное машиностроение, а также общее машиностроение. *Литейное машиностроение следует темпам развития литейного производства.*

Анализ результатов применения технологий Laempe в мировой литейной промышленности в 2020 г.

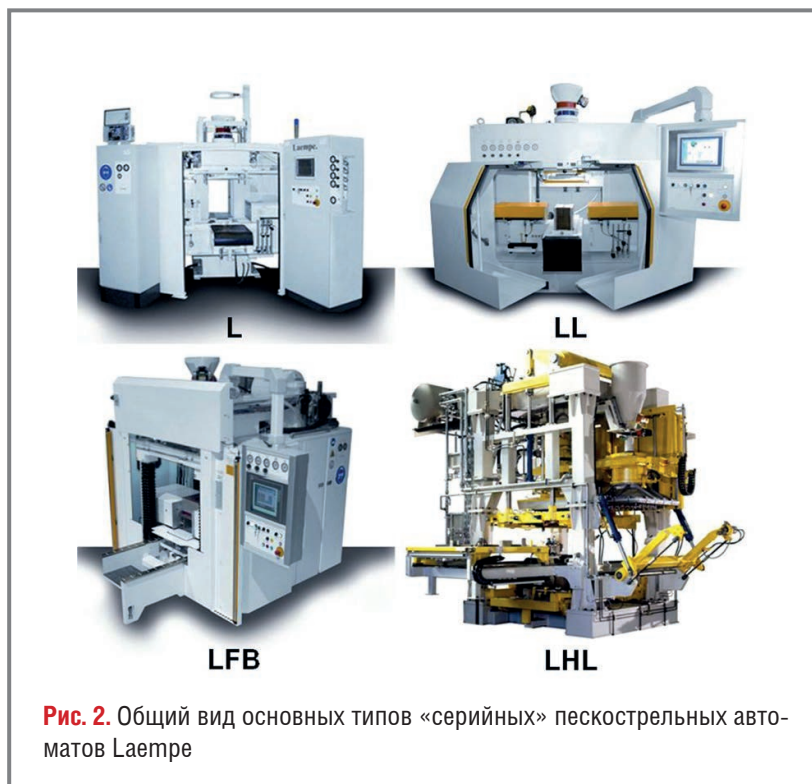
По причине пандемии коронавируса 2020 год оказался тяжелым для всех людей во всех странах мира. В результате принудительных локдаунов были частично нарушены производственные процессы, в том числе и на заводах мировой литейной промышленности. Неясность относительно того, как долго будут продолжаться эти форс-мажорные обстоятельства, имела прямое отрицательное влияние на динамику реализации действующих проектов модернизации литейных заводов. Во многих

странах инвестиционные проекты были временно приостановлены или вообще отменены.

Независимо от этой сложной и непредсказуемой форс-мажорной обстановки в 2020 г. фирма Laempe активно сотрудничала с Заказчиками со всего мира и получила заказы на поставку > 150 ед. технологического оборудования (рис. 1).

Laempe – единственный производитель стержневого оборудования в мире, который в настоящее время выпускает не только основные четыре различные конструктивные модификации пескострельных автоматов, но и широкую гамму специального оборудования по запросам и для специфических нужд своих клиентов (рис. 2).

Кроме основных типов стержневых автоматов, Laempe поставляет и специальные, «не-стандартные» машины, которые выполнены со специальными конструктивными элементами в



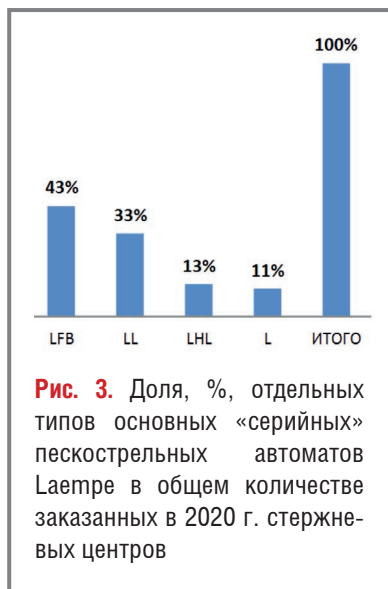


Рис. 3. Доля, %, отдельных типов основных «серийных» пескострельных автоматов Laetpre в общем количестве заказанных в 2020 г. стержневых центров

соответствии с конкретными требованиями Заказчика касательно веса и размеров имеющейся стержневой оснастки, а также касательно усилий прижима, производительности и удобства в управлении и обслуживании оборудования. «Нестандартные» пескострельные автоматы Laetpre применяются в основном в тех случаях, когда новое технологическое оборудование Laetpre поставляется для замены морально устаревшего или амортизированного стержневого оборудования другого производителя. Примеры «нестандартных» типов пескострельных



Рис. 4. Основные направления промышленности по тематике производимых отливок в заказах на поставку «стержневых центров» Laetpre в 2020 г.

автоматов из производственной программы Laetpre за последние 25 лет: LF, LCB, LTWIN, LSINGLE, LFC (рис. 3).

Пескострельный автомат, в зависимости от процесса изготовления стержней, дооснащается периферийными устройствами и агрегатами, например, газогенератором, смесителем, вилочным съемником и т.д. Результат дооснащения – автономный производственный комплекс, который, в соответствии с терминологией Laetpre, называется «стержневой центр».

Мировой автопром является основным двигателем развития мировой литейной промышленности. Более 50% всех отливок, особенно из чугунов и Al-сплавов, имеют «автомобильную направленность» – например, *блоки двигателя, головки, тормозные диски* и пр. Это подтверждается и фактом применения технологического оборудования Laetpre по заказам за 2020 г. (рис. 4). Количество поставок нестандартных и инновационных технологических решений Laetpre за последние 20 лет постоянно увеличивалось, достигнув в «кризисный» 2020 г. исторического максимума в 33% (рис. 5).

«Нестандартными» являются все технологические задачи, для решения которых Laetpre разрабатывает и поставляет мультифункциональные захваты промышленных роботов, линейные манипуляторы, накопительные конвейеры, автоматизированные склады и другое периферийное оборудование для создания технологических участков «под ключ» с различным уровнем автоматизации вплоть до автоматических стержневых литейных линий. В рамках крупных проектов модернизации

стержневых участков на литейных заводах фирма Laetpre поставила за последние 25 лет более 400 промышленных роботов. Примерно 70% из них являются роботами производства ABB, 20% – KUKA, 5% – FANUC, остальное – производства других фирм. Более чем в 90% случаев применение роботов связано с производством стержней для отливок автокомпонентов (в основном, *тормозные диски, блоки, головки*). Показательно активное применение роботов при производстве отливок погружных насосов для нефтедобычи на четырех литейных заводах России.



Рис. 5. Доля нестандартных инновационных технологий в капиталообороте Laetpre в 2020 г.

Параллельно с разработкой и поставкой классических стержневых центров на базе «основных» или «нестандартных» пескострельных автоматов, фирма Laetpre более 5 лет работает в области разработки и промышленного внедрения 3D-принтера для послойной печати стержней с применением экологически чистых связующих. Первый многомиллионный заказ на поставку комплексной технологической линии для 3D-печати стержней получен в IV кв. 2020 г. от ведущего немецкого автомобильного концерна. Запуск

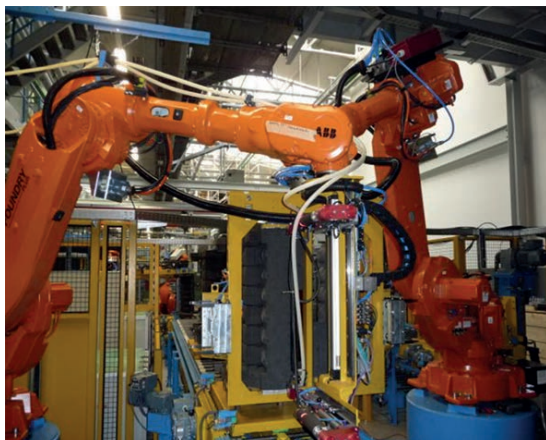


Рис. 6. Фрагмент автоматизированной технологической линии Laempe по сборке стержней для отливок *блоков двигателей* для грузовых а/м на чугунолитейном заводе концерна Daimler AG, г. Мангейм, Германия. Применяемая технология – Cold box amin-процесс

линии на заводе Заказчика в Германии запланирован во второй половине 2021 г. (рис. 6).

Физико-химическая основа, применяемая для печати стержней, соответствует разработкам литейной химии для Veach Vox-процесса. При запатентованном фирмой Laempe процессе Veach Vox стержневая смесь подается из смесителя в пескострельную головку стержневого автомата, а затем – из пескострельной головки в нагретый до 120...180°C стержневой ящик.

Отверждение стержневой смеси в стержневом ящике происходит в результате кондуктивного теплообмена, а избыточная влажность удаляется продувкой стержневого ящика нагретым воздухом. Классические рецептуры стержневых смесей для процесса Veach Vox: 100% кварцевого песка и 1,5...3,0% силиката натрия; до 0,6% порошкообразных технологических добавок. За последние 20 лет в мировой литейной практике хорошо зарекомендовали себя неорганические связующие для процесса Veach Vox производства компаний Hüttenes-Albertus и ASK, соответственно, которые основаны на модифицированном жидком стекле с порошкообразными присадками.

Сыпучие компоненты (песок, порошкообразные добавки) для 3D-принтеров, в отличие от классической технологии приготовления стержневых смесей для Veach Vox-процесса для пескострельных автоматов, перемешиваются отдельно, а мини-капли связующего с высокой скоростью послойно

наносятся из специальных сопел на ровную поверхность песка. Качество печати обеспечивается климатизацией технологического пространства принтера.

Как стержни по Veach Vox-процессу, так и распечатанные на 3D-принтерах Laempe стержни в настоящее время применяют в основном на литейных заводах, выпускающих сложные отливки автокомпонентов из Al-сплавов (например, *блоки и головки блоков цилиндров* легковых автомобилей).

Выводы

- Литейная промышленность – прибыльная отрасль машиностроения.
- При правильной организации производства, имея квалифицированный персонал и высокопроизводительное современное технологическое оборудование, любой литейный завод в любой стране может обеспечить производство высококачественной и прибыльной литейной продукции, которая будет пользоваться стабильным спросом в различных отраслях промышленности.

• Наличие высокопроизводительного стержневого оборудования и современные технологии производства стержней – необходимое условие для получения высокоточных сложных отливок. Высокий уровень автоматизации производственных операций изготовления и сборки разовых песчаных литейных стержней – дополнительное условие для повышения рентабельности литейного завода.

• В настоящее время фирма Laempe – самый крупный производитель стержневого оборудования в мире. Опыт группы Laempe, накопленный в результате поставок более чем 12000 стержневых комплексов Заказчикам во всех развитых литейных странах мира, может служить потенциалом для новых проектов модернизации существующих или создания новых современных и высокоприбыльных литейных заводов по всему миру, в том числе в России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Büchner H.-J.** Forecast 2025 for the Global Foundry Industry, June 2019.
2. **Gloßner J., Büchner H.-J.** Foundry Industry 2020: Trends and Challenges, June 2015.
3. **Atlas der Globalisierung,** Welt in Bewegung, Le Monde Diplomatique, 2019.
4. **CAEF,** The European Foundry Survey 2019, Sept.2020.

УДК 621.74.02

Dr. Hans-Peter Krapohl

Сокращение сроков пусконаладочных работ: неиспользуемые мощности и сокращение затрат

Machine set-up times: unused capacity and cost reserves

Аннотация

Summary

Ханс-Петер Краполь

В статье показано, что время на пусконаладочные работы по установке машин литья под давлением для производства алюминиевых деталей автомобилей может быть относительно легко сокращено на ~ 60%. Время, отведенное на пусконаладочные работы, как правило, не учитывается. При этом оно обладает значительным потенциалом, который может быть использован с помощью самых простых способов.

Ключевые слова

Пусконаладочные работы, производство структурных алюминиевых деталей автомобиля по готовым пресс-формам, оптимизация временных затрат, анализ производственного процесса, визуализация, «метод сокращения сроков пусконаладочных работ».

The article shows that installation works at a die casting installation for E-mobility parts can be decreased relatively easy by approx 60%. Machine set-up times are still neglected. Along with it they hold considerable potential, which can be tapped with the simplest means.

Key words

Machine set-up time, E-mobility parts with already set-up die casting mould, a set-up process study, a set-up time optimization, visualization, "set-up time reduction" method.

Переход промышленности на производство электрических видов транспорта, растущие инвестиции в конструкцию автомобильного кузова из алюминиевых сплавов, появление новых материалов, сокращение рынка, усиление международной конкуренции, рост факторных издержек и ужесточение требований по защите окружающей среды – вызовы, с которыми литейные заводы сталкиваются при падении доходов.

Азиатские и американские конкуренты, сокращая импорт, в рекордные сроки создают в Европе новые, оптимизированные по затратам, высокоэффективные производственные мощности. Все большее и большее количество литейных заводов

ощущают давление с их стороны. Устаревшее уходит навсегда. Дарвинская теория эволюции действует в бизнесе так же, как и в природе: компании, которые не могут адаптироваться к новым условиям, не имеют шансов на выживание, таким образом они со временем уходят с рынка – сейчас быстрее, чем раньше

Капитальные вложения в течение многих лет в здания и машины, амортизация оборудования и кредиты – вот те проблемы, с которыми сталкиваются на многих литейных заводах. В условиях незначительной прибыли экономические перспективы омрачаются рецессией и пандемией. Литейные заводы, которые смогли в такой ситуации

активизировать неиспользованные производственные ресурсы, значительно лучше работают в конкурентной среде.

Стагнирующие и/или капиталоемкие литейные производства, в свою очередь, с большими трудностями компенсируют давление от растущих затрат.

Одним из таких неиспользованных и часто недооцененных ресурсов является время, отведенное на пусконаладочные работы. Удивительно, но существуют машины для литья под давлением со временем установки до 24 ч, а вместе с тем временные затраты могут быть значительно меньше – 60 и даже 15 мин. Нередко наладка простых пескоструйных стержневых машин не укладывается в одну смену, а на формовочной линии часто отсутствует модельная оснастка. Логистика вместо эффективности, время вместо результативности. Это показывает отсутствие на многих производствах подхода, ориентированного на решение данных проблем.

С помощью современных методик анализа производственных процессов – SWOT анализа, метода моментальных наблюдений, проверки на разумность, даже с использованием методики REFA и других подобных инструментов, причины неэффективного пусконаладочного процесса могут быть легко и без особых затрат установлены и приняты необходимые меры.

Основой для сокращения пусконаладочного периода становится объективный анализ текущей ситуации. Совместно с ответственными лицами проводится анализ временных характеристик процессов и технологический осмотр отдельных машин или производственных участков. Регистрируются все движения рук и единицы времени, используемые для управления машиной или производственным участком. Одновременно подвергается анализу организационная структура и состав монтажной бригады.

Затем происходит представление результатов проведенных исследований для согласования сроков пусконаладочных работ. Как показывает опыт, установленные на основе полученной информации данные о временных затратах на монтаж оборудования во много раз превышают заявленные до начала проекта. Результаты анализа организации производственных процессов дают возможность определить задачи и точки фокусировки с четкими целями для сокращения пусконаладочных работ. Например, они могут находиться в следующих областях:



- организационные недостатки – структурная организация
- планирование деятельности – подготовка к работе
 - формирование рабочих групп – обязанности и обучение
 - доступное рабочее оборудование – инструменты
 - инструментальная технология – консультационная помощь
 - технология механической обработки – организация производства
 - планировка и использование пространства производственных участков – организация производства, доступность
 - пресс-формы/пробные отливки и т.д. – возможность быстрой настройки и др.

Сокращение времени настройки

Оптимизация временных затрат, выявленных в результате анализа организационного процесса пусконаладочных работ, может осуществляться в двух направлениях:

- реорганизация и оптимизация содержания работы для более быстрого и надежного выполнения сотрудником своих функциональных обязанностей;
- содержание работы должно быть конструктивным и основательным, но не избыточным.

Первый этап обычно может быть реализован в короткие сроки. Второй – занимает немного больше времени, но он гораздо эффективнее в долгосрочной перспективе и подразумевает: действия, которые могут быть осуществлены немедленно с минимальными инвестициями или вообще без них, и действия со средними инвестициями и фазой предварительного планирования. Важнейшим инструментом в реализации предлагаемых

мер по сокращению времени монтажа и наладки оборудования является формирование должным образом укомплектованных рабочих групп. Они должны быть фактически и технически способны принимать решения как в горизонтальной, так и в вертикальной структуре компании. Поэтому необходимо, чтобы рабочие, монтажники, бригадиры, руководители литейных цехов и инженеры-конструкторы были в равной степени интегрированы в рабочие группы.

Регулярные встречи и обмен информацией между членами рабочих групп помогают обеспечить одинаковый уровень знаний о ходе пусконаладочных работ. Это гарантирует, что ежедневно возникающие при планировании конструктивно-технологические проблемы могут быть устранены на ранней стадии. Кроме того, как показывает практика, создание конкурирующих команд между монтажными бригадами с соответствующим вознаграждением становится очень выгодным.

Вместе с формированием рабочих групп определяется методика, с помощью которой на практике реализуются действия по сокращению времени на пусконаладочные работы.

Важно определить амбициозные, но достижимые цели и установить контрольные показатели, с помощью которых можно оценивать успех и устойчивость осуществляемых действий. При этом необходимо обеспечить процесс оптимизации, начатый в рамках системы Кайдзен, в течение всего срока реализации проекта. Конечная точка оптимизации времени пусконаладочного

процесса никогда не достигается. Достижение цели всегда становится основой для формирования цели более высокого уровня. Конечная цель состоит в том, чтобы упростить процессы наладки оборудования таким образом, чтобы они могли выполняться без ошибок и в кратчайшие сроки. За последние несколько лет компания Krapohl-Wirth Consulting Group стала свидетелем растущего спроса на метод «сокращения сроков пусконаладочных работ», разработанного на основе многолетнего практического опыта.

Сокращение времени монтажа оборудования более чем на 60% обычно может быть достигнуто простыми средствами, и в дальнейшем может быть дополнительно оптимизировано с помощью Know-how. Практика показывает, что при создании определенных условий время монтажа литейных машин независимо от типа может достигать менее 15 мин.

Мы готовы поделиться с вами своим опытом, и мы уверены, что это может стать Вашим конкурентным преимуществом!

Ханс-Петер Краполь (RWTH-Aachen) – Доктор, дипломированный инженер, управляющий партнер и генеральный директор консалтинговой группы «Krapohl-Wirth». Г-н Д-р Краполь работает в литейной промышленности более 30 лет, долгое время обучался в Японии, активно работал на международном уровне, самостоятельно работает на рынке более 18 лет, успешно осуществлял проекты по реконструкции литейных производств, а также строительство новых литейных заводов.

Внимание!

29-я Международная научно-техническая конференция «**Литейное производство и металлургия 2021. Беларусь**» состоится **17..19 ноября** в Минске по адресу: пр-т Победителей, д.19, гостиничный комплекс «Юбилейный».

Тематика конференции:

Литейное производство.

Металлургия и материаловедение.

Предлагаем Вам принять участие в работе конференции и выступить с докладом или презентацией вашего предприятия. Данные материалы будут включены в сборник трудов конференции.

Контакты оргкомитета:

220013, Респ. Беларусь, г. Минск, ул. Я. Коласа 24, комн. 8м

Тел./факс: +375-17-331-11-16, e-mail: alimbr@tut.by

ASKCHEMICALS
We advance your casting



Больше свободы в проектировании и меньшее время производства отливок

Подкладочные маты EXACTCAST оптимизируют производство ответственных и тонкостенных отливок

Хильден, 22 апреля 2021 – для производства ответственных и тонкостенных отливок ASK Chemicals предлагает использовать подкладочные маты EXACTCAST для упрощения трудозатратных решений и ускорения времени поставки готового заказа. Целенаправленное применение подкладочных матов увеличивает питание термических узлов и снижает вероятность возникновения усадочных дефектов и ремонта отливок.

Подкладочные маты представляют собой свободно формуемые компоненты на основе экзотермических и изолирующих материалов, обеспечивают направленное затвердевание и увеличивают расстояние питания. Использование подкладочных матов, формирующих поверхность отливки, имеет важное значение при производстве тонкостенных отливок в местах узлового соединения. В таких местах затвердевание происходит позже, таким

образом позволяя лучше пропитывать узлы. Экономически выгодно использование подкладочных матов в труднодоступных местах отливок позднего затвердевания или местах, где можно установить несколько оболочек прибылей (**рис. 1**).

Использование новой технологии позволяет на этапе изготовления придерживаться исходной геометрии конечного изделия. При использовании подкладочных матов EXACTCAST дорогостоящие и трудозатратные изменения геометрии, которые обычно используются для обеспечения питания отливок, больше не являются необходимыми. Это не только сокращает время производства конечного изделия, но и позволяет получать задуманную геометрию без дополнительной обрубки и механической обработки. Более того, оптимизация массы отливки открывает двери совершенно новым возможностям. Сопутствующее повышение выхода годного и снижение затрат на ремонт отливок увеличивает эффективность производственного процесса.

Простое изготовление подкладочных матов различной геометрии

Материал подкладочных матов EXACTCAST создавался таким образом, чтобы сами подкладочные маты можно было изготовить с использованием Cold box амин или пеп-сет процессов.

Подкладочные маты на основе органических связующих практически не имеют ограничений по геометрии. Они могут выступать в роли формообразующих элементов формы (**рис. 2**). Негорючие, изолирующие или не содержащие фтора маты используются без риска возгорания или деградации



Рис. 1. Подкладочный мат для использования комбинаций одиночных оболочек прибылей

графита. В зависимости от ваших потребностей компания ASK Chemicals может поставлять как готовые к использованию подкладочные маты, так и смесь EXACTCAST для подкладочных матов, которую литейное производство может использовать для изготовления на основе Cold box амин или пеп-сет связующих матов необходимой формы и размера.

Принимая во внимание теплофизические данные смеси EXACTCAST для подкладочных матов, эксперты компании ASK Chemicals будут рады поработать с литейными предприятиями для разработки необходимой геометрии матов для конкретных отливок.

О компании ASK Chemicals

ASK Chemicals является одним из крупнейших в мире поставщиков химической продукции и вспомогательных компонентов для литейной промышленности. Компания



Рис. 2. Подкладочный мат может выступать в роли формообразующего элемента

предлагает обширный ассортимент продуктов и услуг от связующих компонентов, огнеупорных покрытий, оболочек прибылей, фильтров и разделительных составов до металлургических продуктов, таких как модификаторы, порошковая проволока и лигатуры для чугунного литья. Производство стержней, разработка прототипов и широкий диапазон услуг по моделированию дополняют спектр предоставляемых услуг.

Исследовательские и конструкторские центры ASK Chemicals расположены по всему миру, в том числе в Европе, Америке и Азии. Благодаря им, ASK Chemicals по праву считает себя одной из ведущих новаторских компаний в области литейной технологии, которая в состоянии добиваться максимальных результатов в интересах своих клиентов. Гибкость и скорость, качество и экологическая безопасность, а также экономическая эффективность продуктов и услуг – ключевые факторы деятельности нашей компании.

Контакты

ASK Chemicals GmbH
Г-жа Верена Зандер
Менеджер по международным
маркетинговым коммуникациям
Рейсхольцштрассе 16 – 18
40721 Хильден
Германия
Tel.: +49 211 71103-0
www.ask-chemicals.com
Verena.Sander@ask-chemicals.com

Внимание!



Международная выставка технологии литья металлов 23rd International Fair of Technologies for Foundry – **Metal 2021** пройдет с **19 по 21 октября в Кельце, Польша.**

Программа выставки литейного производства 2021 г. будет включать многочисленные семинары, конференции и тренинги. Помимо польских фирм в Кельце демонстрируют свою продукцию предприниматели из таких стран, как: Австрия, Беларусь, Бельгия, Китай, Чехия, Финляндия, Франция, Испания, Нидерланды, Индия, Канада, Корея, Лихтенштейн, Македония, Германия, Норвегия, Венгрия, Словения, Шотландия, Швейцария, Швеция, Турция, Украина, США, Великобритания, Италия. Среди экспонентов будут представители 8 литейных цехов, фирмы сектора литья под давлением, поставщики сырья и компонентов из Польши и других стран, а также представители фирм, связанных с переработкой металлов.

E-mail: biuro@targikielce.pl

К 30-летию создания ООО «ИТЦМ «Металлург»

Инженерно-технологический центр машиностроения (ИТЦМ) «Металлург» – центр инжиниринга и консалтинга в сфере литейного, кузнечного и термического производств – был создан по решению руководства Минавтосельхозмаша СССР в 1991 г. Деятельность коллектива ИТЦМ направлена на инновационную инженерно-технологическую поддержку металлургических производств предприятий автомобильного, тракторного и сельскохозяйственного машиностроения.

В период экономического кризиса, когда многие организации закрывались, центр помогал работающим предприятиям с размещением поставок отливок, кузнечных и штампованных заготовок. С прекращением работы многих отраслевых министерств к сотрудничеству с ИТЦМ «Металлург» присоединились металлурги предприятий станкостроения, электротехнического, химического машиностроения и др.

Много лет ИТЦМ «Металлург» занимается продвижением современных литейных и кузнечно-термических технологий и оборудования в машиностроительную промышленность. Предоставляет инженерно-техническую поддержку предприятиям машиностроения по модернизации действующих и созданию новых литейных производств. Помогает литейщикам в снижении издержек производства и повышении конкурентного уровня производимых литых заготовок.

В последние годы ИТЦМ «Металлург» сосредоточил свою деятельность, в основном, на подготовке проектной документации реконструкции и технического перевооружения действующих и созданию новых литейных производств.

Проектировщики Центра подготовили ~ 60 проектов по модернизации литейного производства машиностроительных предприятий. В их числе: ОАО «Калужский турбинный завод», ОАО «Ливгидромаш», ОАО «Воскресенский завод «Машиностроитель», ОАО «Ярославский моторный завод», завод «Русский дизель» им. братьев Маминых», г. Балаково, ЗАО «Кронтиф-Центр», г. Людиново, ОАО «Сиблитмаш», г. Новосибирск, ОАО «Сарапульский электрогенераторный завод»,

ООО «ОМЗ-ЛП», Колпино, ОАО «Казанский компрессорный завод», г. Казань, ОАО «ГУСАР», Гусь-Хрустальный и др.

Приступая к реализации технически сложного проекта, специалисты ИТЦМ «Металлург» ставят перед собой цель – сделать максимально инновационное литейное производство. Они обоснованно распределяют основные участки литейного цеха, вспомогательные и административно-бытовые помещения, подбирают эффективное производственное оборудование, определяют наиболее экономичные расходы энергоресурсов, рассчитывают необходимую мощность отопления, освещения, вентиляции. Под производственную программу литейного цеха определяется возможная вредность технологических процессов и выбирается наиболее рациональный и экологичный вариант.

Выступая генеральным проектировщиком, ИТЦМ «Металлург» привлекает для реализации специальных разделов проектов партнеров, проверенных в многолетней совместной работе. Задействованные строительные организации, смежные исполнители работ доказали свою деловую репутацию. Поставщиками оборудования большей частью привлекаются производители Германии, Англии, Италии, Турции, Китая. Благодаря отлаженным доверительным партнерским отношениям с рядом поставщиков: «Omega Ltd», «Kuttner», «FAT», «LAMPE» и др., документация на производственное оборудование присылается своевременно. Это позволяет сократить время на разработку проектной документации, освоение новых процессов и оборудования.

Готовые проекты проходят экспертизу специалистами организаций, имеющих лицензии и аттестации Ростехнадзора. Применение инновационных технологических решений позволяет улучшить условия труда, экологию литейного производства, выпуск отливок повышенного качества, выход предприятия на конкурентоспособный уровень.

В.Б. Насупкин
Генеральный директор
ООО «ИТЦМ «Металлург»

Ведущие предприятия металлургии и машиностроения примут участие в «Металл-Экспо'2021»

27-я Международная промышленная выставка «Металл-Экспо» пройдет с **9 по 12 ноября** в ЦВК «Экспоцентр» на Красной Пресне.

Масштабные экспозиции на «Металл-Экспо'2021» развернут металлургические и машиностроительные компании, а также производители металлоконструкций и металлоизделий: ММК, ТМК, Северсталь, Мечел, ОМК, НЛМК, ЕВРАЗ, Металлоинвест, УГМК, Группа ЧТПЗ, ПМХ, ТЭМПО, Уралтрубпром, Ашинский МЗ, ВМК «Красный Октябрь», МЗ «Электросталь», Златоустовский МЗ, КУМЗ, Алюминий Металлург Рус, Группа ОМЗ, ВСМПО-АВИСМА, СМК, Новосталь-М, Белорусский МЗ, Метинвест и многие другие металлургические компании.

На мероприятиях обширной деловой программы Недели металлов в Москве представители профессионального сообщества обсудят различные аспекты развития промышленности, стройиндустрии, энергетики, транспорта, тенденции рынка металлов, а также представят современные технологии, презентуют новые проекты. В рамках деловой программы форума состоится свыше 50 конференций, семинаров и круглых столов по всем сегментам металлургического бизнеса: применение перспективных материалов и оборудования для черной и цветной металлургии, вторичные ресурсы, стандартизация арматурного проката, рынок изделий из оцинкованного и окрашенного проката, новые виды металлопродукции для автомобилестроения, аддитивные и 3D-технологии, рынок металлоконструкций, маркетинг в металлургии, IT-решения и др.

Свои мероприятия проведут ключевые отраслевые объединения и ведущие научно-исследовательские институты. Традиционно на площадке «Металл-Экспо» состоится совещание координационного Совета металлургической промышленности при Министерстве промышленности и торговли России, где будет обсуждаться текущая ситуация в металлургии, злободневные проблемы отрасли.

В рамках «Металл-Экспо'2021» будут награждены лауреаты конкурсов «Главное событие 2021 г. в металлургии России», «Лучшая сбытовая сеть'2021», «Лучшая металлобаза России'2021», «Лучший сервисный металлоцентр России'2021», «Молодые ученые». Наиболее значимые достижения в сфере производства черных и цветных металлов, современного оборудования и технологий для металлургии и металлообработки будут отмечены золотыми и серебряными медалями «Металл-Экспо».

Учредители

- КОЛЛЕКТИВ РЕДАКЦИИ
- АССОЦИАЦИЯ ЛИТЕЙЩИКОВ УКРАИНЫ
- БЕЛОРУССКАЯ АССОЦИАЦИЯ ЛИТЕЙЩИКОВ
- РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ЛИТЕЙЩИКОВ
- СОЮЗ ЛИТЕЙЩИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА
- ОАО «КАМАЗ»
- АО «АВТОВАЗ»

Издатель

ООО «Литейное производство»

Главный редактор

Д-р техн. наук
А.Н. Поддубный

Журнал готовили

А.И. Батышев
Е.В. Трушина

Наш адрес:

111396, Москва,
Союзный пр-т, 14/9, 232

Телефон/факс

+7 (495) 303-85-81

e-mail: lp@niit.ru

Сайт www.foundrymag.ru

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале «Литейное производство», осуществляется только с разрешения редакции

Сдано в набор 01.05.2021
Подписано в печать 01.06.2021
Дата выхода в свет 10.06.2021
Формат 60x80 1/8

Печать цифровая

Отпечатано в типографии
ИП Симаков С.В.
142300, Московская обл, г. Чехов,
ул. Полиграфистов, д. 1
Цена договорная



Ведущая международная консалтинговая
компания в литейном производстве

Консультационные услуги и менеджмент

Инжиниринг и эксплуатация

Интерим – менеджмент и полный цикл работ

Неудержимое стремление к действию

kwcg.de

ЛИТЕЙНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ

Вы ГОТОВЫ к идеальному соответствию?



Мини-оболочки прибыли EXACTCAST™ для Ваших задач

Мини-оболочки прибыли EXACTCAST™ идеально подходят для выполнения Ваших задач. Оптимальное соотношение объема прибыли и модуля оболочки, моделирование процесса и наши консультации - все это успешно помогает Вам улучшить/увеличить выход годного и повысить эффективность производства.

Специалисты ASK Chemicals будут рады ответить на ваши вопросы:

Тлф.: +7 812 363 20 77

E-mail: info.russia@ask-chemicals.com

www.ask-chemicals.com/beyondtomorrow

ASKCHEMICALS
We advance your casting

