

канифольно-малеинового аддукта с анилином. Это связано скорее всего со структурой данной добавки.

Таким образом, введение азотсодержащих итаконовых аддуктов канифоли приводит к снижению упруго-прочностных характеристик вулканизатов ненаполненных эластомерных композиций на 10–20 %, в то время как введение производных малеинового аддукта канифоли практически не оказывает влияния на такие показатели резин как условная прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве и твердость. При этом следует отметить, что введение аддуктов канифоли способствует улучшению технологичности резиновых смесей [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Технология лесохимических производств: учебник для вузов / В.А. Выродов [и др.] – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 352 с.

2 Вишневский, К.В. Азотсодержащие производные аддуктов канифоли в эластомерных композициях Вишневский К.В., Колногород К.П., Прокопчук Н.Р. // Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии: материалы XIX Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 21–25 мая 2014 г. / Научно-технический центр «НИИШП». – Москва, 2014. – С. 113–115

УДК 669.046.516:658.567.1

А.И. Гарост, доцент, к.т.н.; Е.В. Кривоносова, преп.;  
К. Д. Последович, студ. ; А.И. Сурус, доцент, к.т.н.  
(БГТУ, г. Минск)

Н.И. Урбанович, доцент, к.т.н.; М.М. Гарост, доцент к.т.н.  
(БНТУ, г. Минск)

Г.П. Горецкий, вед.научн. сотр., к.т.н.  
(ФТИ НАН РБ, г. Минск)

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ИЗ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС И ЭЛАСТОМЕРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЛИТЕЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

##### **Введение**

Важным направлением в экономии металлов, используемых в составе легирующих и модифицирующих присадок, является извлечение их из отходов и полупродуктов смежных производств.

В республике Беларусь практически отсутствует производство литейных материалов, таких, как передельные и литейные чугуны, лигатуры для получения качественных чугунов, ферросплавы и т.д. В то же время не налажены переработка и эффективное использование

значительных объемов металлосодержащих промышленных отходов и полупродуктов смежных с машиностроением производств.

Переработка и утилизация техногенных отходов важны не только с точки зрения их использования как альтернативного источника сырья, но и с точки зрения охраны окружающей среды. При этом по технологическим качествам отходы зачастую превосходят руды, добываемые из недр.

В связи с этим неклассические ресурсосберегающие металлургические технологии предполагают использование и переработку промышленных отходов и полупродуктов смежных с машиностроением производств на всех стадиях металлургического передела [1 – 4].

Высокополимерные соединения, вводимые в расплав, могут обеспечивать модифицирующий эффект по двум направлениям [1]. На первом этапе в процессе пиролиза каучуков за счет образования ионов  $C^{4+}$  и на втором этапе по мере активации структурно свободного углерода, находящегося в виде сажи, и других элементов присадки (Cu, Ti, Al, Co, Pb).

Более электроотрицательные, чем железо (например Ca), металлы замещают углерод в цементите, понижают устойчивость карбида и способствуют графитизации. Такие элементы, как Al, Si, P и в некоторой степени S, растворяясь в железе в виде ионов  $Al^{3+}$ ,  $Si^{4+}$ ,  $P^{5+}$ ,  $S^{6+}$  с внешними  $P^o$  – оболочками, стабилизируют о.ц.к.  $\alpha$ -,  $\delta$ -растворы и расплавы с тем же ближним порядком. Они вытесняют углерод ( $C^{4+}$ ) из раствора, повышая его активность и способствуют графитообразованию [5,6]. В состав высокополимерных соединений (табл. 2) входит и ряд других элементов (Cu, Ti, Al, Ni). В большинстве случаев модифицирующий эффект того или иного элемента оказывается значительно более сильным, чем собственно легирующий, а природа такого воздействия остается до конца невыясненной [7].

#### **Исследование способов ввода в расплав и перспектив использования добавок высокополимерных соединений при легировании и модифицировании железоуглеродистых сплавов**

Разработан способ выплавки чугуна и способ выплавки стали [4], при котором в качестве присадок в расплав вводят в изолированном от окружающего воздуха скрепленные в брикеты биологически поврежденные или подвергнутые старению материалы из пластических масс, или эластомеров.

При реализации технологии переработке подлежат техногенные отходы изделий из высокомолекулярных соединений [4], в том числе:

из пластических масс: не склонные к образованию кокса при термической деструкции полиолефины, алифатические полиамиды

или склонные к образованию кокса полифенилены, полиамиды, полибензимидазолы;

из эластомеров: силиконовые, акриловые резины, резины на основе этиленпропиленовых, хлоропреновых, полисульфидных каучуков, бутилкаучуков, полиуретанов, а также резинотехнические изделия, содержащие корд, проволоку.

**Таблица 1 – Состав шихты и способ модифицирования чугуна опытных промышленных плавков**

№ плавки	Состав шихты	Способ модифицирования
1	Чушки чугуна 7кг ×16 шт = 112 кг Стружка чугуная 12 кг Лом чугунный ~276 кг	исходный состав, модифицирование не проводилось
2	----- Всего ~400 кг	расплав модифицирован 1,43 % резины
3		расплав модифицирован 4,28 % резины

Для исследования влияния добавок резинотехнических изделий на характеристики железоуглеродистых сплавов (в частности, серых чугунов), а также отработки способов ввода отходов полимерных соединений в металлические расплавы применялись автомобильные покрышки для грузовых автомобилей (таблица 2).

**Таблица 2 – Состав модифицирующей добавки и степень усвоения углерода**

Способ модифицирования	Примерный химический состав модификатора, % мас.	Масса введенного модификатора (резины), кг	Масса углерода в составе модификатора, кг	Степень усвоения углерода из модификатора (на 400 кг расплава), %
исходный состав, модифицирование не проводилось	С (в химич. связ. сост.)– 35,70; С (в виде сажи)– 30,77;	-	-	-
расплав модифицирован 1,43 % резины	С (суммарный ввод) – 66,47; Н <sub>2</sub> – 17,17; S – 1,50;	0,570	0,38	31,6
расплав модифицирован 4,28 % резины	Zn – 1,59; Cu, Ti, Al, Fe, Ni – незнач. сод.	1,710	1,14	28,1

Степень усвоения углерода из модификатора колеблется в пределах 25 – 32%.

Проведены плавки серого чугуна (табл. 1) в индукционной печи ИСТ-04 и исследован вариант ввода резиносодержащих отходов запрессованных в металлических стаканах в виде полосок связанных в

жгуты. Растворение составляющих блоков проходило достаточно медленно (~10 мин.) по мере их прогрева. Стальные стаканы с отходами эластомеров подавались в тигель печи на стадии доводки расплава.

#### Заключение

Разработанный способ доводки железоуглеродистых сплавов позволяет утилизировать изделия из углеродсодержащих органических высокомолекулярных полимерных материалов синтетического происхождения, в том числе биологически поврежденные и подвергнутые старению и непригодные для переработки материалы из пластических масс, а также непригодные к регенерации эластомеры. Разработаны дешевые модификаторы для чугуна, введение которых значительно улучшает структуру и повышает механические характеристики сплавов. Реализация способа позволяет эффективно насыщать железоуглеродистые сплавы углеродом взамен традиционного способа разбавления, получать из отходов высокополимерных соединений технический углерод высокого качества, извлекать дорогие и дефицитные металлы из оксидов и эффективно легировать ими расплавы; перерабатывать промышленную окалину и шлифовочные отходы.

Научно обоснованы процессы формирования неметаллических включений в железоуглеродистых сплавах, в том числе исследованы микросостав и морфология образующихся химических ассоциаций. Получена новая научная информация об особенностях структурообразования и свойствах железоуглеродистых сплавов, в том числе характере распределения между фазами как основных, так и ряда других элементов-примесей, случайно или преднамеренно введенных в расплав в процессе раскисления, модифицирования или микролегирования, микросоставе и природе неметаллических включений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гарост, А. И. Железоуглеродистые сплавы: структурообразование и свойства / А. И. Гарост. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 252 с.
- 2 Harast A.I. Chemical Baling of Oily Cast Iron Turnings and Use of Bales to Substitute Expensive and Scarce Scrapes. International Journal of Materials Science and Applications. Vol. 2, No. 6, 2013, pp. 194-203. doi: 10.11648/j.ijmsa.20130206.15.
- 3 A. I. Harast. Modification and Microalloying of Iron Carbon Alloys Using Industrial Polymer Scrapes. Journal of Current Advances in Materials Sciences Research (CAMSR). Volume 1, Issue 3 Dec. 2014 PP.



66-74 www.vkingpub.com/journal/camsr/© American V-King Scientific Publishing.

4 Способ выплавки чугуна и способ выплавки стали: пат. 11641Респ. Беларусь: МПК(2006) С 21 С 1/00, С 21 С 5/00, F 23 G 5/027 / А. И. Гарост; заявитель УО «Бел.гос. технол. ун-т». – № а20050280; заявл. 24.03.2005; опубл. 30.12.2006 // Афіцыйны бюлетэнь / Нац. цэнтр інтэлект. уласнасці. – 2009. – № 1.

5 Гольдштейн Я.Е., Мизин В.Г. Модифицирование и микролегирование чугуна и стали. М.: Металлургия. 1986.

6 Григорович В.К. – В кн.: Термодинамика, физическая кинетика структурообразования и свойства чугуна и стали. Вып. 4. М.: Металлургия, 1971, с. 36-47.

7 Гиршович Н.Г., Иоффе А.Я., Зоммер Л.Р. – В кн.: Термодинамика, физическая кинетика структурообразования и свойства чугуна и стали. Вып. 4. М.: Металлургия, 1971, с. 380-383.

УДК 665.637.73:66.061

Е.И., Грушова проф., д-р техн. наук;  
А. Аль-Разуки магистрант;  
О.В. Лабкович студентка;  
О.В. Карпенко аспирант  
(БГТУ, г. Минск)

#### **РАЗРАБОТКА ДОБАВОК-МОДИФИКАТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ МАСЛЯНЫХ РАФИНАТОВ**

Процесс депарафинизации рафинатов селективными растворителями связан с большими капитальными, энергетическими и эксплуатационными затратами. Поэтому для повышения качества базовых масел в настоящее время все чаще используют гидрогенизационные процессы. Однако огромная потребность различных отраслей народного хозяйства в парафинах обуславливает необходимость совершенствования и традиционных процессов – селективной очистки масляных фракций нефти растворителями, депарафинизации дистиллятных и остаточных рафинатов методами кристаллизации с использованием растворителя. Для интенсификации процесса депарафинизации было предложено применять ультразвук, кристаллизаторы новой конструкции, порционную подачу растворителя и т.д. [1]. Как показали многочисленные исследования [1-4] к числу наиболее рациональных способов повышения эффективности процесса депарафинизации рафинатов, не требующих больших затрат, относятся ими совершенст-