



The results of researches on creation of the cast iron melting technology using iron-containing materials with organic contaminants as burden are given.

А. И. ГАРОСТ, БГТУ

УДК 621.74

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАМАСЛЕННОЙ ЧУГУННОЙ СТРУЖКИ ДЛЯ ЗАМЕНЫ ДОРОГОСТОЯЩЕГО И ДЕФИЦИТНОГО ЛОМА

Введение. 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.

Современный научно-технический прогресс неразрывно связан с созданием эффективных энергосберегающих технологий, обеспечивающих комплексное использование сырья, материалов и снижение вредного воздействия на окружающую природную среду [1, 4].

Для выплавки чугунов целесообразно использовать чугунную стружку вместо лома черных металлов и дорогостоящего чушкового литейного чугуна [2]. Использование стружки в виде россыпи приводит к снижению производительности плавильных агрегатов из-за ее низкой насыпной плотности, потерям металла при транспортировке, потерям, связанным с коррозией, окислению при переплаве из-за большой удельной поверхности и др. При использовании стружки в неподготовленном виде безвозвратные потери составляют за счет коррозии 15%, угара при переплаве – от 20 до 30, при транспортировке – более 5%.

Несмотря на широкое применение в промышленности прогрессивных методов механической обработки, позволяющих увеличивать коэффициент использования металла в машиностроении, ожидается дальнейшее увеличение количества стружки. Из-за применения при механической обработке масел и эмульсий поверхность стружки сильно загрязнена. Содержание этих компонентов в стружке может достигать 10%, при этом наличие масел препятствует ее окусковыванию.

Разработка и применение рациональных методов переработки и переплава стружки имеет огромное народнохозяйственное значение. Проблема переработки замасленной чугунной стружки, имеющей мелкие размеры, практически не решена.

Замасленную стружку опасно заваливать непосредственно в металлургические агрегаты. Во-первых, при высокой концентрации масел и т. п. загрязнителей возможны выбросы жидкого металла, во-вторых, даже при отсутствии указанных выше нарушений режимов плавки возникают экологически недопустимые выбросы токсичных газов, сажи и пыли.

В настоящее время известно несколько способов удаления смазочных масел и эмульсий со стружки [2]. Обезжиривание в центрифуге не обеспечивает остаточную замасленность ниже 1,5 – 2,0%. Отмывка стружки кислотами, щелочами, горячей водой, острым паром и др. обеспечивает хорошую степень очистки, но является дорогостоящей и трудоемкой операцией. Удаление масла и эмульсий со стружки методом обжига в окислительной атмосфере приводит к угару металла и загрязнению воздушного бассейна продуктами сгорания. Электрохимический способ обезжиривания стружки имеет низкую производительность и степень обезмасливания при больших затратах.

Следовательно, существующие способы обезжиривания стружки являются малоэффективными, сопряжены с большими затратами и определенными техническими трудностями.

Применяемые на отечественных предприятиях методы брикетирования загрязненной маслами и эмульсией чугунной стружки без очистки от масел путем прессования (с применением высоких давлений) не могут быть эффективными, так как жидкости (в данном случае масла) несжимаемы и не позволяют получать качественные брикеты с высокой механической прочностью и неразрушаемостью при транспортировке. Атмосфера в районе данных предприятий сильно загрязнена.

Технология переработки металлической стружки, в частности замасленной чугунной, с получе-

нием высококачественного серого чугуна призвана решить задачу получения дешевых изделий и содействовать решению важнейшей экологической проблемы. При реализации же существующих методов переработки при дожигании масел и эмульсий в атмосферу в значительных количествах попадают выбросы токсичных газов, сажи и пыли. По предлагаемой технологии масла и эмульсии, значительно окисленные в процессе химического твердения, находясь в объеме прочных пакетов в изолированном от атмосферы состоянии, подвергаются пиролизу в процессе нагрева при плавке, что обеспечит минимизацию выбросов в атмосферу.

В Белорусском государственном технологическом университете разработан способ выплавки чугуна с использованием в качестве шихты железосодержащих материалов с органическими загрязнителями [1, 3, 4]. По разработанному методу железосодержащий материал и углеродсодержащие вещества вводятся в расплав в составе прочных не разрушаемых при транспортировке пакетов, которые формируются без применения высоких давлений из не подвергаемых предварительной подготовке железосодержащих материалов с органическими загрязнителями. Используются недорогие и доступные связующие, способные обеспечивать формирование пакетов за счет химического твердения и окислять органические загрязнители до экологически менее вредных соединений и при плавке рафинировать расплав от вредных примесей. Составляющие пакетов должны обеспечивать восстановление железа из его оксидных соединений.

Физико-химические характеристики исходных материалов и металлосодержащих пакетов

В качестве связующих материалов при изготовлении пакетов из замасленной чугунной стружки используют глину и магнезит.

Проведены исследования структуры исходных материалов методом сканирующей электронной микроскопии на микроскопе JSM-5610LV (фирма JEOL, Япония) с системой электронно-зондового энергодисперсионного рентгеновского анализа. Структуру материалов фиксировали с использованием детектора вторичных электронов. Состав и морфологию включений глины и магнезита изучали методом электронно-зондового EDX анализа на детекторе IED 2201.

Магнезит состоит из однородных кристаллов (рис. 1), в составе которых, кроме магнезия и кислорода, содержится кремний, кальций и железо (табл. 1).

Строение глины отличается присутствием структуры с неоднородными включениями (рис. 2) и составом таких включений (табл. 2).

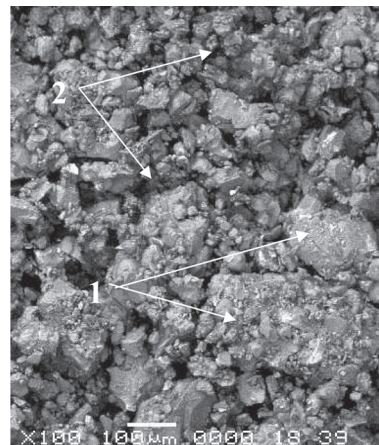


Рис. 1. Структура магнезита (исследования методом сканирующей электронной микроскопии)

Таблица 1. Средний химический состав и состав отдельных включений магнезита

Позиция включения	Содержание элементов, мас. %				
	O	Mg	Si	Ca	Fe
Рис. 1 (средний состав)	46,31	46,38	2,50	2,24	2,58
1 (рис. 1)	43,22	55,56	0,03	0,20	1,00
2 (рис. 1)	47,16	47,02	1,96	0,95	2,91

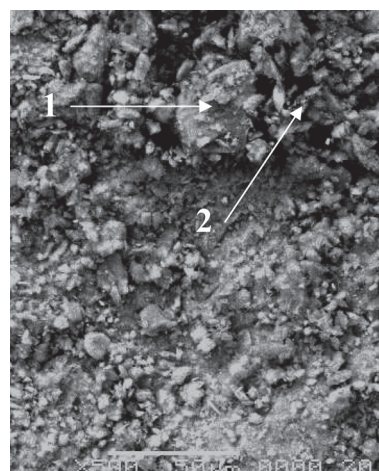


Рис. 2. Структура глины (исследования методом сканирующей электронной микроскопии)

Таблица 2. Средний химический состав и состав отдельных включений глины

Позиция включения	Содержание элементов, мас. %								
	C	O	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe
Рис. 2 (средний состав)	4,65	42,97	1,61	10,44	24,28	4,35	4,09	0,67	6,93
1 (рис. 2)	8,58	40,90	2,96	8,77	22,64	2,81	7,47	0,31	5,56
2 (рис. 2)		37,06	1,36	6,83	16,64	4,64	2,89	0,70	29,88

Состав и структуру пакетов с замасленной чугунной стружкой исследовали методами сканирующей

Таблица 3. Химический состав пакетов

Пакет с замасленной чугушной стружкой	Позиция включения	Содержание элементов, мас.%											
		C	O	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Fe	Zr
Сырой	рис. 3, а	41,10	23,09	2,02	2,03	4,93	1,86	0,73	0,86			23,38	
	1 (рис. 3, б)	28,23	6,14	0,81	0,21	1,62	1,12	0,12	0,12			61,63	
	2 (рис. 3, б)	49,40	28,58	1,12	2,27	4,75	1,97	1,20	0,86	0,23		9,61	
	3 (рис. 3, б)	31,90	17,75	1,84	1,91	4,26	3,94	1,09	2,46			34,84	
	1 (рис. 3, в)	49,77	20,45	1,48	1,76	4,23	2,13	1,54	2,55	1,81	2,83	11,45	
Прокаленный при 700 °С	рис. 3, г	13,70	33,77	2,75	2,88	7,11	9,32	1,14	2,97	–	–	21,83	4,53
	1 (рис. 3, д)	11,07	46,94	2,33	3,34	5,10	12,78	1,05	9,01			8,39	
	2 (рис. 3, д)	16,31	33,84	3,04	2,24	4,55	10,32	1,16	2,11			19,42	7,03
	3 (рис. 3, д)	9,41	21,88	0,14	0,06	0,45	0,28	0,11	0,33			66,39	1,15

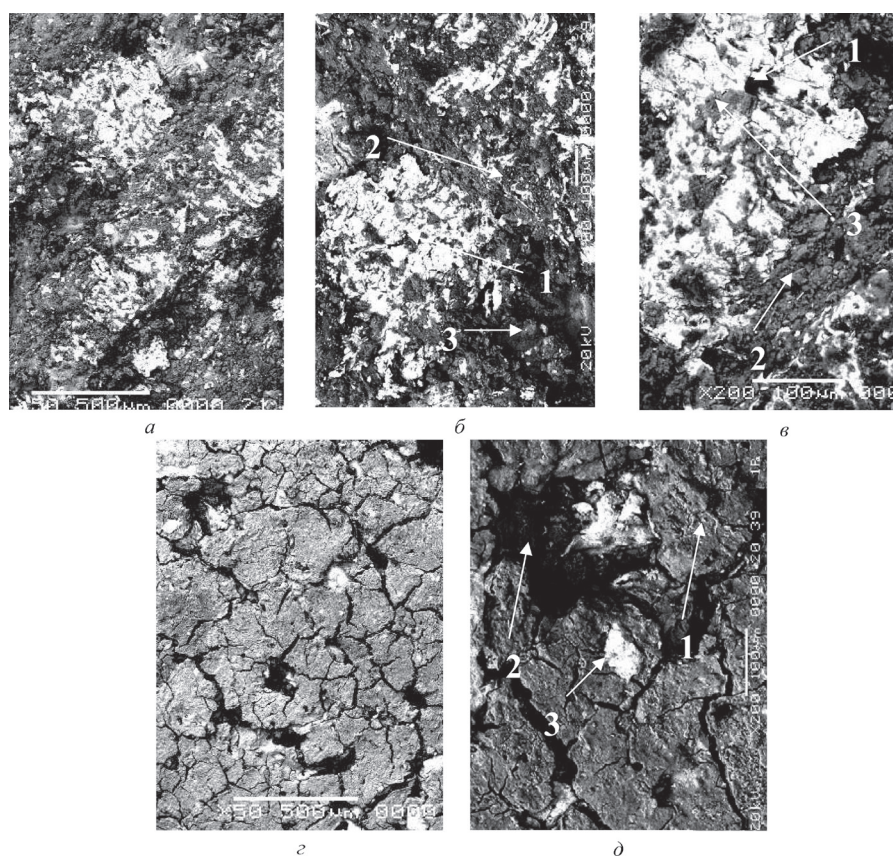


Рис. 3. Микроструктура пакетов с замасленной чугушной стружкой (исследования методом сканирующей электронной микроскопии): а, б, в – структура сырого пакета; г, д – структура прокаленного при 700°С пакета. а, г – $\times 50$; б – $\times 100$; в, д – $\times 200$

ющей электронной микроскопии на микроскопе JSM–5610LV.

Изучение состава (табл. 3) показывает, что среднее содержание металлического железа составляет 23,38% в сырых и 21,83% в прокаленных при 700°С пакетах (рис. 3). В то же время в металлических составляющих пакета содержится соответственно 61,63 и 66,39% железа.

Из рисунка видно, что в результате прокалки в пакетах возникают микротрещины, которые не нарушают их сплошность и прочность.

Исследование металлургической ценности пакетов с замасленной чугушной стружкой

В индукционной печи проведены плавки чугуна с вводом блоков из замасленной чугушной стружки. На стадии доводки металла в расплав чугуна по разработанной автором технологии [3] подавали легирующие и модифицирующие добавки в виде брикетов (табл. 4). Морфологию графитных включений изучали на нетравленных шлифах, а металлической основы – на шлифах после травления. Для травления поверхности шлифа применяли ре-

Таблица 4. Химический состав и механические характеристики чугуна плавки с замасленной чугуной стружкой

Состав блока	Компонентный состав, мас. %													
	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	Ti	V	Nb
Исходный чугун	2,87	2,39	0,484	0,284	0,079	<0,001	0,082	0,045	<0,001	0,062	<0,001	0,032	0,016	<0,001
Замасленная (8% масла) чугунная стружка – 7,14%, глина – 0,92, магнезит – 0,22 %	3,12	2,26	0,472	0,304	0,089	<0,001	0,089	0,046	0,001	0,058	<0,001	0,030	0,014	<0,001
Замасленная (8% масла) чугунная стружка – 14,86%, глина – 1,84, магнезит – 0,44, высокое молекулярное соединение – 0,23 %	3,00	2,27	0,465	0,325	0,084	<0,001	0,099	0,051	<0,001	0,059	<0,001	0,029	0,015	<0,001
Замасленная (8% масла) чугунная стружка – 29,18%, глина – 3,70, магнезит – 0,87, высокое молекулярное соединение – 0,68%	2,98	2,25	0,472	0,316	0,090	<0,001	0,090	0,048	<0,001	0,058	<0,001	0,028	0,013	<0,001

Состав блока	Компонентный состав, мас. %										Механические характеристики	
	W	Co	Zr	B	Ca	Sb	As	Sn	Pb	Zn	HB, МПа	σ_B , МПа
Исходный чугун	0,059	0,003	<0,001	0,0083	<0,0001	0,187	0,007	0,001	<0,001	≈0,050	2070	1180
Замасленная (8% масла) чугунная стружка – 7,14%, глина – 0,92, магнезит – 0,22%	0,048	0,002	<0,001	0,0119	<0,0001	0,173	0,006	<0,001	<0,001	0,015	2290	1240
Замасленная (8% масла) чугунная стружка – 14,86%, глина – 1,84 %, магнезит – 0,44, высокое молекулярное соединение – 0,23%	0,052	0,002	<0,001	0,0118	<0,0001	0,164	0,006	0,001	<0,001	0,009	2410	1280
Замасленная (8% масла) чугунная стружка – 29,18%, глина – 3,70, магнезит – 0,87, высокое молекулярное соединение – 0,68%	0,041	0,002	<0,001		<0,0001	0,148	0,004	<0,001	<0,001	0,006	2410	1330

актив следующего состава: 4 мл HNO_3 (плотность 1,4 г/см³) и 96 мл этилового спирта.

Для определения структуры чугуна шлифы просматривали под микроскопом при следующих увеличениях: общее представление о структуре – при увеличении от 10 до 200 раз; форма, характер распределения, размеры включений и количество графита – при увеличении в 100 раз; тип металлической основы – при увеличении в 500 раз; количество перлита и феррита – при увеличении в 100 раз; дисперсность пластинчатого перлита – при увеличении в 500 раз.

Оценку структуры чугуна в соответствии с ГОСТ 3443–87 производили визуально сопоставлением структуры, видимой в микроскопе, со структурой соответствующей шкалы.

При определении графита оценке подлежат форма, распределение, размеры и количество включений графита, при определении металлической основы – вид структуры, форма перлита, количество перлита и феррита, дисперсность перлита.

Структуру исходного и чугуна после ввода блоков из замасленной чугунной стружки (рис. 4) исследовали в соответствии с ГОСТ 3443–87 (табл. 5).

Структура исходного чугуна (рис. 4, а, 5) – серый чугун с пластинчатым графитом, вокруг пластин которого образуется перлит. Остальное – феррит, причем неоднородный. В нем образуется цементит.

В чугунах с добавкой замасленной стружки (рис. 4, б, в, д, 6, 7, 8) структура аналогичная. Отличается только соотношением феррита и перлита.

Результаты исследований структуры чугуна методом сканирующей электронной микроскопии на микроскопе JSM–5610LV с использованием электронно-зондового EDX анализа на детекторе IED 2201 позволили определить влияние состава шихтовых материалов на форму, макро- и микросостав и природу неметаллических включений, в том числе уточнить состав и морфологию образованных химических ассоциаций (неметаллических включений и других «вторичных» фаз) и их роль на формирование элементов структуры.

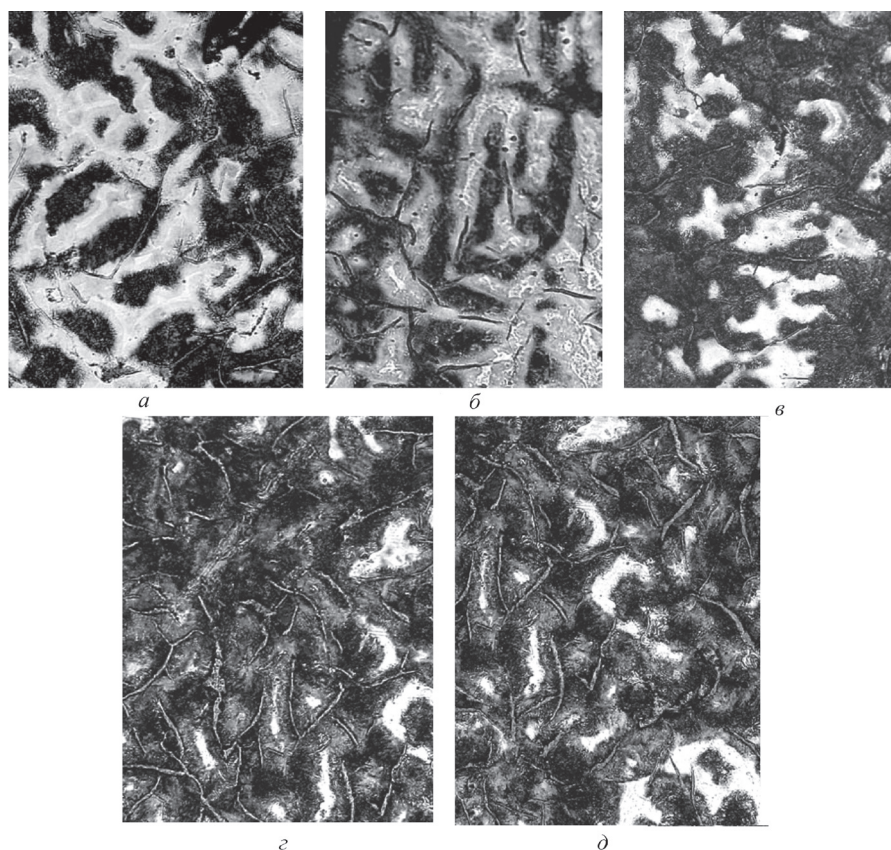


Рис. 4. Микроструктура чугуна, выплавленного с добавлением пакетов из замасленной чугушной стружки: *a* – исходный чугун; *b* – введено: замасленной (8% масла) чугушной стружки – 7,14%, глины – 0,92, магнезита – 0,22 %; *c* – введено: замасленной (8% масла) чугушной стружки – 14,86%, глины – 1,84, магнезита – 0,44, высокого молекулярного соединения – 0,23%; *d* – введено: замасленной (8% масла) чугушной стружки – 29,18%, глины – 3,70, магнезита – 0,87%, высокого молекулярного соединения – 0,68%. *a-d* – $\times 250$

Т а б л и ц а 5. Результаты исследований структуры чугуна, в который добавлялись пакеты из замасленной чугушной стружки

Состав блока	Форма включений графита	Длина включений графита	Распределение включений графита	Количество включений графита	Тип структуры металлической основы	Дисперсность перлита	Количество перлита и феррита	Количество цементита
Исходный чугун	Пластинчатая прямолинейная ПГф1	ПГд180	ПГр1	ПГ10	Пт1 Ф	Пд1.4	П45 (Fe55)	Ц10
Замасленная (8% масла) чугунная стружка – 7,14%, глина – 0,92, магнезит – 0,22 %	Пластинчатая прямолинейная ПГф1	ПГд350	ПГр1	ПГ10	Пт1 Ф	Пд1.4	П45 (Fe55)	Ц10
Замасленная (8% масла) чугунная стружка – 14,86%, глина – 1,84, магнезит – 0,44, высокое молекулярное соеди- нение – 0,23%	Пластинчатая прямолинейная ПГф1	ПГд180	ПГр1	ПГ10	Пт1 Ф	Пд1.4	П45 (Fe55)	Ц10
Замасленная (8% масла) чугунная стружка – 29,18%, глина – 3,70, магнезит – 0,87, высокое молекулярное соеди- нение – 0,68%	Пластинчатая прямолинейная ПГф1	ПГд180	ПГр1	ПГ10	Пт1 Ф	Пд1.4 Пд0,3	П70 (Fe30)	Ц25

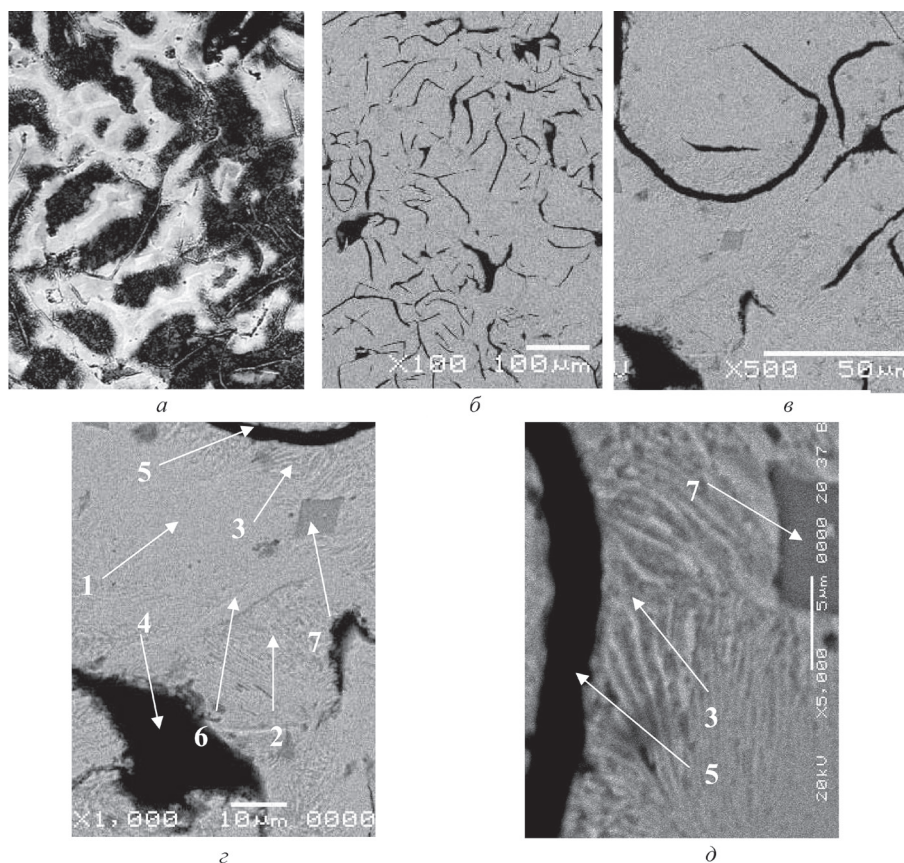


Рис. 5. Микроструктура исходного чугуна (образцы травлены): а – металлографические исследования; б–д – исследования методом сканирующей электронной микроскопии. а – $\times 250$; б – $\times 100$; в – $\times 500$; г – $\times 1000$; д – $\times 2000$

Т а б л и ц а 6. Химический состав неметаллических включений чугуна, выплавленного при использовании в шихте пакетов с замасленной стружкой

Состав введенных блоков	Позиция включения	Содержание элементов, мас. %											
		C	O	Si	Mn	S	Cr	W	Cu	Ti	Sb	N	Fe
Исходный чугун	1 (рис. 5, г)	9,81	3,85	1,56	5,27			1,90		0,01			77,61
	2 (рис. 5, г)	3,14	2,01	2,53	4,85				4,29	0,24			82,93
	3 (рис. 5, г)	6,23	6,03	1,96	4,59			1,90	0,15	0,23			78,90
	3 (рис. 5, д)												
	4 (рис. 5, г)	71,89	26,34		0,19			0,40	0,02	0,05			1,10
	5 (рис. 5, г)	66,71	23,13	0,32	0,86			0,24	0,05				8,68
	5 (рис. 5, д)												
	6 (рис. 5, г)	4,93	2,92	2,02	4,97			1,00		0,03		1,30	82,83
7 (рис. 5, г)		42,66		35,81	21,53								
7 (рис. 5, д)													
Замасленная чугунная стружка – 7,14%, глина – 0,92, магнезит – 0,22 %	1 (рис. 6, в)	60,40	16,58	0,54	1,56				0,37	0,17			20,38
	1 (рис. 6, д)												
	2 (рис. 6, в)	20,27	9,00	0,46	42,79	21,82		1,02	1,74				2,41
	1 (рис. 6, г)		4,61	1,52	4,85	0,26		1,27	0,86	0,14			86,49
	1 (рис. 6, е)												
	2 (рис. 6, г)	4,44	1,18	2,12	5,53			1,66	0,12	0,13			84,82
	2 (рис. 6, е)												
	2 (рис. 6, д)	12,64	3,51	1,77	4,31			0,49	1,16	0,02			76,09
	3 (рис. 6, е)	3,10	3,96	0,20	5,14	0,29	0,58	0,33			0,12		86,28
	4 (рис. 6, е)	20,23	10,73		0,19	1,28	3,72	8,09	0,10	48,80			6,86
5 (рис. 6, е)	8,00	2,72	1,00	4,35			2,96	1,40	0,17			79,40	
6 (рис. 6, е)	7,60	0,73	0,31	5,55	0,02	0,30	0,53	0,08	0,05	7,76		77,07	

Состав введенных блоков	Позиция включения	Содержание элементов, мас. %											
		C	O	Si	Mn	S	Cr	W	Cu	Ti	Sb	N	Fe
Замасленная чугунная стружка – 14,86%, глина – 1,84, магнезит – 0,44%, высокое молекулярное соединение – 0,23 %	1 (рис. 7, в)	75,75	18,71	0,05	0,40	0,02	0,12		0,07				4,88
	1 (рис. 7, г)												
	1 (рис. 7, д)	19,78	0,64	1,02	4,44		0,12	0,69			0,65		72,67
	3 (рис. 7, е)												
	2 (рис. 7, д)	20,67	2,49		0,15	0,22	2,77	8,41	0,61	56,78	1,45		6,45
	3 (рис. 7, д)	20,23	1,21	0,17	45,01	25,98	2,04	1,48	0,34				3,54
	4 (рис. 7, д)	8,82	6,86	1,50	4,69	0,28	0,20	0,24	4,16		0,51		72,75
	1 (рис. 7, е)	5,70	1,90	1,47	4,97	0,04	0,32	2,06		0,09			83,46
	2 (рис. 7, е)	10,69	1,10	1,58	4,56	0,17	0,18	1,49	0,47		0,74		79,02
Замасленная чугунная стружка – 29,18%, глина – 3,70, магнезит – 0,87, высокое молекулярное соединение – 0,68%	4 (рис. 7, е)	17,87	2,41		1,22	0,60	4,84	6,63		53,41	2,03		11,00
	5 (рис. 7, е)	7,44		0,06		0,89	4,15	9,18		72,34	1,33		4,60
	1 (рис. 8, г)	76,37	20,61	0,09		0,01			0,21		0,55		2,17
	1 (рис. 8, д)	10,08	5,10	1,50	4,87	0,27		0,55	2,54		0,32		74,78
	2 (рис. 8, д)	3,05		2,54	5,11	0,07		0,38			0,94		97,90
	3 (рис. 8, д)	9,15	13,35	1,08	3,45		5,07	0,20	1,85	0,02	0,57		65,27
	4 (рис. 8, д)	16,85		0,29	0,44	0,29	1,56	8,96		66,49	1,19		3,93
	5 (рис. 8, д)	11,70	0,32	0,46	35,18	19,97	1,20		0,23		0,18		30,75
	6 (рис. 8, д)	11,12	0,43	0,30	2,39	0,13	0,22	0,83	0,52	43,46	1,66	3,64	35,30
7 (рис. 8, д)	2,96	4,87	1,07	4,57	0,13	0,29	1,72	2,95				81,45	
1 (рис. 8, е)	2,00	1,77	1,73	4,14	0,16		0,11	1,42				88,68	

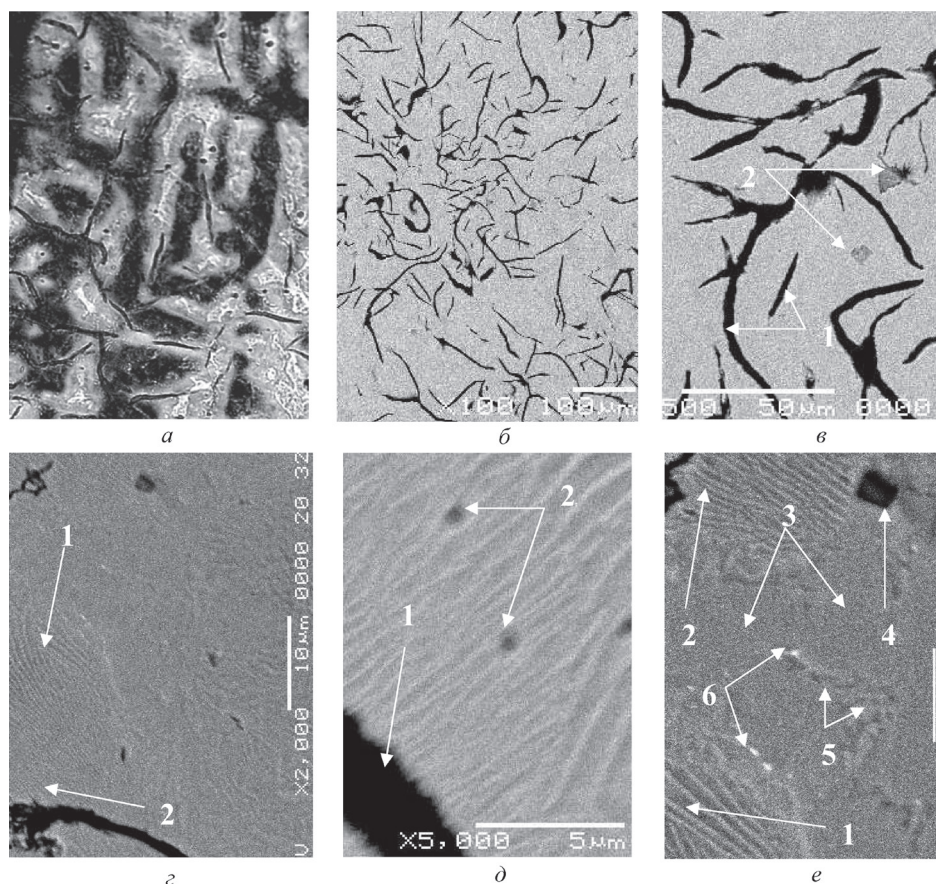


Рис. 6. Микроструктура (образцы травлены) чугуна, выплавленного при использовании в шихте пакетов с замасленной стружкой: а – металлографические исследования; б–е – исследования методом сканирующей электронной микроскопии: введено: замасленной (8% масла) чугунной стружки – 7,14%, глины – 0,92, магнезита – 0,22%. а – $\times 250$; б – $\times 100$; в – $\times 500$; г – $\times 2000$; д, е – $\times 5000$

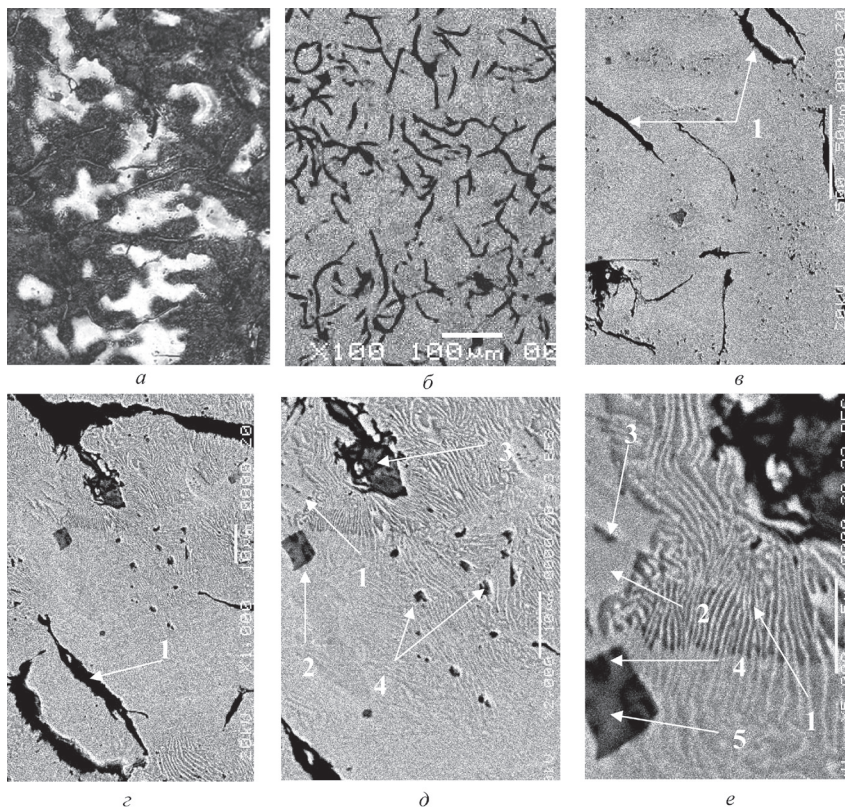


Рис. 7. Микроструктура (образцы травлены) чугуна, выплавленного при использовании в шихте пакетов с замасленной стружкой: *a* – металлографические исследования; *б–е* – исследования методом сканирующей электронной микроскопии; введено: замасленной (8% масла) чугунной стружки – 14,86%, глины – 1,84, магнезита – 0,44, высокого молекулярного соединения – 0,23 %. *a* – $\times 250$; *б* – $\times 100$; *в* – $\times 500$; *г* – $\times 1000$; *д* – $\times 2000$; *е* – $\times 5000$

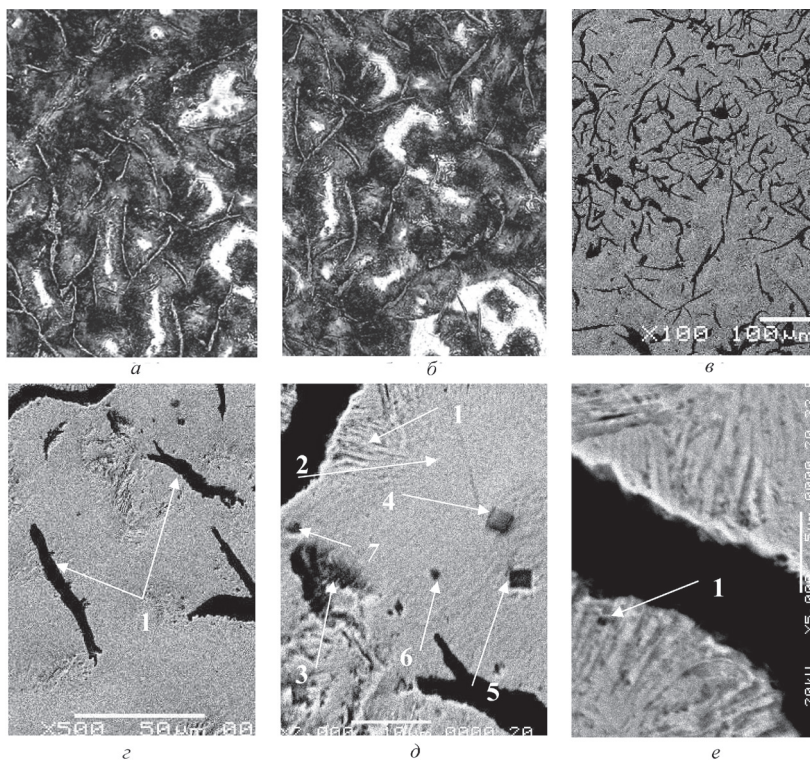


Рис. 8. Микроструктура (образцы травлены) чугуна, выплавленного при использовании в шихте пакетов с замасленной стружкой: *a* – металлографические исследования; *б–е* – исследования методом сканирующей электронной микроскопии; введено: замасленной (8% масла) чугунной стружки – 29,18%, глины – 3,70, магнезита – 0,87, высокого молекулярного соединения – 0,68%. *a* – $\times 250$; *б* – $\times 100$; *в* – $\times 500$; *г* – $\times 1000$; *д* – $\times 2000$; *е* – $\times 5000$

Выводы

1. Разработан метод пакетирования железосодержащих материалов (замасленной чугунной стружки) с содержанием 0 – 8,0% органического загрязнителя, когда в качестве связующего при изготовлении пакетов используют глину, магнезит и кислотосодержащий реагент.

2. В соответствии с разработанной технологией пакетированию путем ручной трамбовки в металлическую форму подвергалась чугунная стружка с массовым содержанием нефтяных масел до 8%. Внешний осмотр указывает на достаточную плотность и прочность полученных пакетов. В соответствии с заводскими требованиями пакеты испытывались на прочность путем удара их о металлическую плиту с высоты 1,5 м. Пакеты выдерживали 2–3 удара без разрушения. Результаты проведенных исследований показали, что предложенные методы пакетирования обеспечивают получение качественных пакетов с достаточной механической прочностью.

3. Разработанная технология выплавки чугуна позволяет использовать в качестве шихтовых материалов железосодержащие материалы, являющиеся смесью оксидов железа природного или промышленного происхождения с металлическими производственными отходами: железная руда, железорудный концентрат, окалина, замасленная окалина термических ванн, замасленная чугунная или стальная стружка. Пакетирование железосодержащих материалов с органическим загрязнителем проводится путем химического твердения (без применения энергоемкого и дорогостоящего прессового оборудования), при котором одновременно протекает частичное окисление масел и уменьшение степени экологической опасности, обеспечивающего высокую механическую прочность и неразрушаемость пакетов при транспортировке, что обеспечивает высокую степень восстановления железа при плавке и высокое качество отливок.

4. Созданная технология переработки железосодержащих материалов с органическими загрязнителями, в частности замасленной чугунной стружки, с получением высококачественного серого чугуна позволяет решить вопросы получения дешевых изделий и содействовать решению важнейшей экологической проблемы. При реализации существующих методов переработки, связанных с дожиганием масел и эмульсий,

в атмосферу в значительных количествах попадают выбросы токсичных газов, сажи и пыли. По созданной технологии масла и эмульсии, значительно окисленные в процессе химического твердения, находясь в объеме прочных пакетов в изолированном от атмосферы состоянии, подвергаются пиролизу в процессе нагрева при плавке. Это обеспечивает минимизацию вредных выбросов в атмосферу.

5. Разработаны тип и рецептурный состав связующих материалов для пакетирования (брикетирования) чугунной стружки с различной степенью загрязнения маслами и эмульсией, включающий глину (щелочная среда), магнезит и окислитель. Создан способ пакетирования замасленной чугунной стружки, обеспечивающий высокую механическую прочность пакетов и не разрушаемость в процессе транспортировки. Проведены плавки чугуна для определения металлургической ценности пакетов (брикетов).

6. Эффект затвердевания заключается в образовании основных солей типа $(MgOH)_3PO_4$ либо $(MgO)AlO_2 + (MgOH)_2SiO_3$ при совместном смешивании избытка глины (щелочная среда), недостатка магнезита и кислой среды (H_3PO_4). Присутствие H_3PO_4 не только способствует образованию основных солей магния, но и взаимодействию присадок промышленных масел, содержащих, например, амины, что способствует лучшему окислению масел. В этом случае поверхность чугунной металлической стружки становится менее гидрофобной, что обеспечивает более эффективное протекание процесса адгезии структурных составляющих магнезита и глины с поверхностью металла. При контакте железа с фосфорной кислотой наблюдается одновременно разрушение рыхлой оксидной пленки.

7. Научно обоснованы процессы формирования неметаллических включений, в том числе исследованы микросостав и морфология образующихся химических ассоциаций, и уточнен механизм химического взаимодействия составляющих шихты, содержащей промышленные отходы и полупродукты смежных производств, при реализации ресурсосберегающей технологии плавки.

Таким образом, замасленная чугунная стружка может эффективно перерабатываться по разрабатываемой технологии на предприятиях Республики Беларусь.

Литература

1. Гарост, А. И. Железоуглеродистые сплавы: структурообразование и свойства / А. И. Гарост. Минск: Беларуская навука, 2010.
2. Конюх, В. Я. Газокислородная плавка металла / В. Я. Конюх. Киев: Наукова думка, 1979.

3. Способ выплавки чугуна: пат. 14183 Респ. Беларусь: МПК(2006) C21C1/00, C21C5/00, F23G5/027 / А. И. Гарост; заявитель УО «Бел. гос. технол. ун-т». № а20091272; заявл. 31.08.2009; опубл. 30.04.2011 // Афіцыйны бюлетэнь / Нац. цэнтр інтэлект. уласнасці. 2010. № 1.

4. Способ выплавки чугуна и способ выплавки стали: пат. 11641 Респ. Беларусь: МПК(2006) C 21 C 1/00, C 21 C 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.