

ТЕРМИТНЫЕ НИХАРДЫ, СИНТЕЗИРОВАННЫЕ МЕТАЛЛОТЕРМИЕЙ

Ю.Ю. Жигуц, канд. техн. наук, доц.

Ужгородский национальный университет

ВВЕДЕНИЕ

На данном этапе развития промышленности значительной проблемой становится не только создание новых материалов, но и улучшение свойств традиционных. Эта проблема может быть частично разрешена за счет использования материалов, полученных в результате сжигания экзотермических порошковых смесей [1]. Синтезированные материалы на основе металлотермических процессов перспективны для применения не только при изготовлении литых заготовок, но и для экономии легированных чугунов и повышения их качества при использовании в технологии термитных литейных прибылей высокого температурного градиента [2–4]. Именно поэтому исследование влияния новых технологических способов получения сплава на микроструктуру, химический состав, механические свойства изготовленных отливок приобретает большое практическое значение.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Недостатком существующих составов экзотермических смесей для синтеза чугунов является невозможность их использования для питания отливок из высоколегированных чугунов из-за значительной ликвации [5–8].

Целью работы было установление возможности получения качественных литых материалов (высоколегированных специальных чугунов) металлотермическими способами, а также выявление взаимосвязей между структурой, химическим составом и механическими свойствами синтезированных сплавов.

Задача работы состояла в получении термитных высоколегированных чугунов из металлотермической шихты с использованием отходов металлургического и термического производств: железной окалины, состоящей богатыми оксидами хрома и никеля, железоалюминиевого термита и порошкового углерода (боя графитовых электродов).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

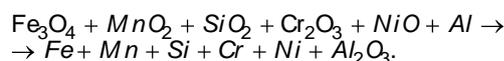
При выполнении исследований использовались материалы: порошок алюминиевый ПА-3–ПА-4 ГОСТ6058-73, просеянный помол алюминиевой стружки, порошок титановый химический ПХ-2 ТУ 48-10-78-83, ферросплавы и др. ингредиенты шихты. Порошковая шихта просушивалась, перемешивалась, уплотнялась и после этого размещалась в металлотермический тигель.

Для определения массы металлического слитка и выхода металла из шихты на первом этапе исследования были проведены микроплавки в металлотермическом реакторе [9] при массе шихты 250–300 г в металлическом тигле диаметром 80 мм с разным процентным соотношением компонентов в смеси. Инициирование процесса горения проводилось специальным титановым запалом. Испытание на растяжение выполнялось в соответствии с ГОСТом 1215-59 на машине УМ-20 образцов, изготовленных из центральной нижней части полученных отливок.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Необходимый химический состав термитного чугуна получался при введении в шихту дополнительно углерода, легирующих элементов или их оксидов, ферросплавов и флюсов.

Схема получения высоколегированных сталей металлотермическими процессами при использовании порошковых ингредиентов для компоновки смесей показана ниже:



Алюминиевый порошок в дальнейшем заменялся помолом алюминиевой стружки, а углерод вводился в шихту в форме помола боя графитовых электродов.

Задача состояла в том, чтобы разработать методику расчета состава шихты на основе стехиометрического соотношения компонентов реакции с введением соответствующих коэффициентов, учитывая активность компонентов и коэффициенты их усвоения металлом.

Эта методика позволяет установить состав металлотермической шихты и одновременно рассчитать адиабатическую температуру ее горения. Главное условие процесса синтеза – необходимость иметь реальную температуру горения шихты выше температуры плавления шлака [2–4] (для Al_2O_3 – 2400 К).

Для достижения поставленной цели в составе металлотермической шихты использовалась окалина, полученная из отходов термической обработки легированных сталей и чугунов после магнитной сепарации измельчения и прокаливания. Она имела следующий химический состав (в масс. %): оксид железа 15–25, оксиды хрома 15–20; оксид никеля 15–20, оксид кальция 4–7; другие соединения – остальное.

Данный химический состав окалины позволяет составить экзотермическую смесь, способную гореть с образованием расплава высоколегированного чугуна. Проведенные термодинамические расчеты с учетом коэффициентов усвоения компонентов шихты позволили определить состав экзотермической смеси, состоящей из железоалюминиевого термита, алюминиевого порошка, порошка углерода и ферроматериалов. Составы шихты полученных нихардов типов: I (высокоуглеродистый, износоустойчивый), II, III (низкоуглеродистый, высокопрочный) и специальный – аналоги промышленных нихардов, представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Химический состав шихты для синтеза термитного нихарда

Сплав нихард	Электродный порошок, %	Ферросилиций ФС75	Ферромарганец ФМн75	Порошковый Ni	Ферро-хром ФХ100А	Ферромolibден ФМО55А	Железо-алюминиевый термит
Тип I	3,4–3,7	0,5–1,0	0,4–0,7	5,3–6,0	2,7–3,4	–	Ост.
Тип II	2,9–3,4	0,5–1,0	0,4–0,7	5,3–6,3	2,7–3,4	–	Ост.
Тип III	1,1–1,6	0,5–1,0	0,4–0,7	5,3–6,0	1,9–2,2	–	Ост.
Сплав 3-2-1	3,4–3,7	0,5–1,0	0,4–0,7	4,0–4,7	–	1,1–1,4	Ост.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении микроплавов синтезировано четыре типа нихардов аналогов промышленных чугунов - типа I, II, III и специальный с высоким содержанием никеля и хрома. Химический состав полученных сплавов (табл. 2) находится в пределах регламентированных стандартом и подтверждает правильность результатов расчета шихты. При этом реакция синтеза проводилась как в кокильном типе реактора, так и с графитовой облицовкой для установления влияния режима теплоотвода на механические свойства нихардов (табл. 3). Заливка в графитовый тигель приводит к незначительному повышению прочности нихарда. В целом же условия микроплавов приводят к настолько интенсивному охлаждению сплава, что, в принципе, влияние облицовки реактора перестает доминировать.

Таблица 2 - Химический состав термитных нихардов (% по массе)

Синтезированный нихард	Содержание легирующих элементов (% по массе)							
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	S	P
Тип I	3,2–3,5	0,4–0,7	0,3–0,5	4–4,5	2–2,5	–	≤0,05	≤0,05
Тип II	2,7–3,2	0,4–0,7	0,3–0,5	4–4,7	2–2,5	–	≤0,05	≤0,05
Тип III	1–1,5	0,4–0,7	0,3–0,5	4–4,5	1,4–1,6	–	≤0,05	≤0,05
Сплав 3-2-1	3,2–3,5	0,4–0,7	1,2–2,0	3–3,5	1,5–2,0	0,8–1,0	≤0,15	≤0,40

Таблица 3 - Механические свойства термитных нихардов

Тип чугунов	Способ литья	σ_b	НВ	σ_c
		МПа		
I	В кокиль	270–320	570–640	470–890
	В графитовый тигель	280–320	600–670	490–710
II	В кокиль	380–450	590–630	560–770
III	В графитовый тигель	–	370–410	–
Сплав 3-2-1	В графитовый тигель	–	490–560	–

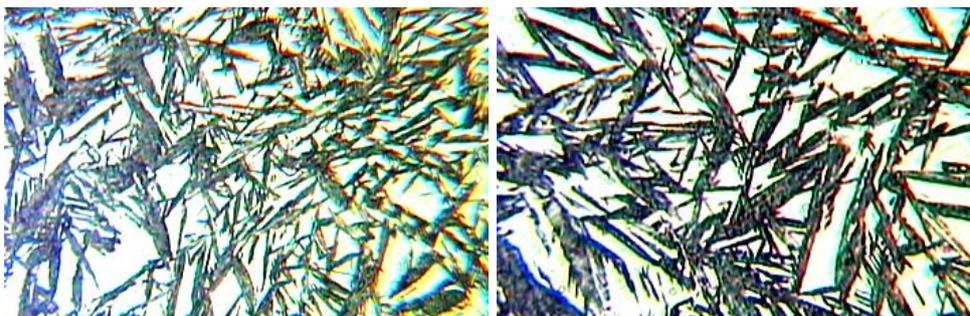
Все отливки из нихардов не имели внешних признаков усадочной раковины, разрезка, отливка и макроанализ подтвердили эти результаты. Ликвации химического состава по объему отливок не выявлено.

Синтезированные термитные износостойкие чугуны – нихарды – относятся к хромоникелевым мартенситным чугунам. Вероятность графитизации отливок из нихарда при синтезе сплава алюминотермическим путем значительно уменьшается в связи со значительным градиентом температур и высокими скоростями теплоотвода.

Микроструктурный анализ (см. рис. 1) показал, что в термитных чугунах содержание цемента составляет не меньше 50%, что дает микротвердость от 1000 HV до 1050 HV.

Хорошо известно, что износостойкость чугунов при абразивном изнашивании зависит от микротвердости, формы, расположения и количества структурных составляющих. Основными фазами в структуре нихардов, как показал рентгеноспектральный анализ, наиболее влияющими на износостойкость, являются цементит и более износостойчивые карбиды Cr, Mo и др.

Методами рентгеноструктурного анализа в структуре этих чугунов выявлено, кроме карбидов Fe_3C и $(Fe,Cr)_3C$, карбиды $(Fe,Cr)_7C_3$ и др., что обеспечивает микротвердость – 15 ГПа. Микротвердость карбидов $(Fe,Cr)_3C$ по HV 10,0–10,5 ГПа, $(Fe,Cr)_7C_3$ и $(Fe,Cr)_{23}C_6$ – 14,5–17,5 ГПа.



а)

б)

Рисунок 1 - Микроструктура синтезированного нихарда 3-2-1 после синтеза с характерной мартенситной структурой, $x100$

Получать поэтому несложно, учитывая, что при синтезе сплавов в условиях микроплавов возникает быстрое охлаждение (скорость охлаждения больше критической), а это, в свою очередь, дает мартенситную или игольчатую структуру. Именно эти структуры показывают наибольшую износостойкость.

Необходимо отметить также и то, что механические свойства термитного нихарда выше, чем соответствующие свойства хромоникелевого промышленного чугуна, очевидно, в связи с дополнительным микролегированием алюминием, который обязательно входит в состав шихты. Вместе с тем в легированных термитных чугунах при увеличении содержания марганца [6–8], несмотря на высокие температуры синтеза, наблюдается ухудшение жидкотекучести при сохранении усадки в пределах 1,6–2,2 %.

Для улучшения литейных свойств и качества отливок из термитного нихарда металлотермический реактор нагревали до 150–200 °С.

Синтезированные чугуны плохо обрабатываются резанием. Нихарды склонны даже при обработке шлифованием к образованию микротрещин. Это приводит к необходимости использования для отливок низкотемпературного отпуска с выдержкой 4–6 ч. или нормализации и последующего отпуска.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1) показана принципиальная возможность термитной выплавки высоколегированных нихардов; 2) на основе расчетной методики установлен количественный состав металлотермической шихты для синтеза термитных нихардов; 3) исследованы механические свойства и микроструктура синтезированных нихардов, что позволяет рекомендовать их применение в технологии термитных прибылей высокого температурного градиента, а при необходимости экстренного синтеза нихарда в условиях отсутствия источников электроэнергии и сложного оборудования и для непосредственных нихардов; 4) синтезированные специальные термитные чугуны не уступают промышленным по механическим свойствам, а сами методы пригодные для синтеза, в принципе, любого черного сплава.

SUMMARY

The given papers deal with the technology of the synthesis of hardness cast iron by metallothermic synthesis. On the basis of investigated method of calculations structures of charges have been arranged and cast iron has been synthesized further. Peculiarities metallothermic smelting were found, mechanical properties and structures of received special cast iron were investigated.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Фасонное литье из термитной стали / Золковер М.З., Гридунов А.С., Бильницкий-Бируля С.О. и др. –М.: Дориздат, 1950. – 48 с.
2. Жигуц Ю.Ю. Використання термітних легуваних чавунів для живлення прокатних валків//Вісник СумДУ. –2004. –№2(61). – С.134–140.
3. Новохацкий В.А., Жуков А.А. Тепловой расчет термитных прибылей // Литейное производство. –1974.–№1. –С. 15–16.
4. Патент №2001106677, Екзотермічна суміш для термітних ливарних додатків / Жигуц Ю.Ю., Скиба Ю.Ю. – Бюл. – 2002. – №11.
5. Скиба Ю.Ю., Жигуц Ю.Ю. Технологія синтезу термітних високоміцних чавунів // Вісник СумДУ. – 2002. – №2. – С. 98–102.
6. Жигуц Ю.Ю., Скиба Ю.Ю. Отримання термітних нихардів // Матеріали доп. 7-ї Міжн. наук.-практ. конф. „Наука і освіта 2004”. – Дніпропетровськ: Вид-во „Наука і освіта”. – 2004. Т. 62. – С. 25–26.
7. Жигуц Ю.Ю. Спеціальні термітні чавуни // Тези доп. 6-го Міжн. симп. укр. інж.-мех. –Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2003. –С. 141–142.
8. Жигуц Ю.Ю. Сірі і білі спеціальні термітні чавуни // Вісник НУ “Львівська політехніка”/ Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. - Львів. Вид-во НУ “Львівська політехніка”. – 2003. – № 480. – С. 148–153.
9. Патент №2001129089. Металотермічний реактор // Жигуц Ю.Ю. – 2003. – Бюл. №1.

Поступила в редакцію 31 января 2005г.