

**Список литературы:** 1. Шитикова Н. Золотая гранитная жила. - Украинский бизнес / ЭКСПЕРТ №41 (137) 22 октября 2007 (<http://expert.ua/articles/16/0/4563/>) 2. Горобец И.А., Михайлов А.Н., Голубов Н.В. Особенности экспериментальных исследований сил шлифования природного камня. /Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2004. Вып. 28. С. 39 – 46. 3. Горобец И.А., Михайлов А.Н. Исследование геометрических параметров периферии шлифовального круга для обработки природного камня// [Электронный ресурс] // Донбасс 2020: Материалы научно-практической конференции 30-31 мая 2006 г., г.Донецк. – Донецк: ДонНТУ, 2006. С. 363-368, электрон. опт. диск (CD-ROM). 4. Михайлов А.Н., Горобец И.А., Байков А.В., Голубов Н.В., Ищенко А.Л. Экспериментальная установка для исследования процессов шлифования изделий из природного камня /Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. Вып. 92. – Донецк: ДонНТУ, 2005. С. 164 – 174.

Сдано в редакцию 25.01.08

## ВІДБІЛЕНІ СПЕЦІАЛЬНІ ТЕРМІТНІ ЧАВУНИ

**Жигуц Ю.Ю.** (УжНУ, м. Ужгород, Україна)

*The given paper deals with the problems of the synthesis of cast iron by metallothermy 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 structure of received cast iron were investigated, assimilation coefficients of alloying elements were stated and different technologies for cast iron receiving were worked out.*

**Вступ.** Важливою проблемою для сучасного виробництва є не тільки створення нових матеріалів та покращення властивостей традиційних, але і забезпечення запасними частинами та інструментом немасового використання потреба самозабезпечення якими виникає на невеликих підприємствах і у майстернях, де немає відповідної бази.

**Актуальність теми.** Детальне вивчення питання дає можливість вважати, що перераховані вище проблеми можуть успішно вирішуватись за рахунок використання матеріалів, отриманих способом спалювання екзотермічних порошкових сумішей. Саме тому, дослідження впливу металотермічних способів отримання сплаву на мікроструктуру, хімічний склад, механічні властивості виготовлених виливків набули великого практичного значення. При відсутності енергетичної та сировинної бази, спеціального плавильного і ливарного обладнання технологічні процеси створення матеріалів на основі металотермічних реакцій стають економічно доцільними, а використання їх у вже існуючих методах виготовлення виливків, наприклад у технології отримання чавунних виливків з термітними ливарними додатками, суттєво підвищують ефективність виробництва.

**Мета роботи** – встановлення можливості отримувати якісні відбілені спеціальні термітні чавуни металотермічним способом, а також виявлення взаємозв'язків між хімічним складом, структурою і механічними властивостями синтезованих термітних сплавів.

**Вихідні матеріали, методи дослідження зрізів та компонування металотермічної суміші.** При компонуванні металотермічної шихти були використані наступні матеріали: хром металічний ГОСТ5905-79; ферохром ФХ65-7А ГОСТ 4757079; силікокальцій С40Л10 ГОСТ 4762-71; феросиліцій ФС65Ал3,5 ГОСТ 1415-78; порошок алюмінієвий ПА-3–ПА-6 ГОСТ 6058-73; феромарганець ФМн70 ГОСТ4761-80; феротитан ФТи30А ГОСТ4761-80; залізна окалина (ковальського і прокатного виробництв) з середнім хімічним складом (% за мас.): 0,05 C; 0,10–0,35 Si; 0,10–0,35 Mn; 0,01–0,03 S; 0,01–0,03 P; 40–50 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 50–60 FeO.

При організації процесу синтезу чавунів використовуються класичні [1-3] термітні реакції засновані на окисленні алюмінію і відновленні оксидів металів, для досліджуваного випадку оксиду заліза у вигляді залізної окалини. З метою встановлення складу металотермічної шихти розроблено методику розрахунку на основі стехіометричного співвідношення компонентів реакції із введенням відповідних коефіцієнтів, що враховують їх засвоєння металом [4]. Ця методика дозволяє не тільки встановити склад металотермічних шихт [5-9], але і розрахувати адіабатичну температуру її горіння, спрогнозувавши структуру сплаву [10,11]. Головною умовою процесу є необхідність мати реальну температуру горіння шихти вище температури плавлення шлаку (для Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 2400 К).

Для визначення маси синтезованого металевого зливка і виходу сплаву з шихти були проведені мікроплавлення при масі шихти від 100 до 500 г у металотермічному футерованому магnezитом реакторі [12] діаметром 80 мм з різним процентним співвідношенням компонентів у суміші. Ініціювання процесу горіння проводилося спеціальним титановим запалом виготовленим з порошку титанового хімічного ПТХ-2 ТУ 48-10-78-83. Порошкова шихта просушувалася при температурі 150–180<sup>0</sup>С, змішувалася і ущільнювалася. При проведенні досліджень використовувалися порошкові інгредієнти металотермічної шихти, частка з яких виготовлялася із відходів ливарного, ковальського та металорізального виробництв (залізна окалина, просіяне мливо графітових електродів, мливо алюмінієвої стружки та ін.).

Вимірювання міцності виконувалося на пропорційних циліндричних коротких зразках діаметром 6 мм і довжиною 30 мм. Зразки вибиралися у кількості 20–30 штук, вирізаних після розпилювання. Визначення хімічного складу елементів виконувалося за методиками [13].

**Експериментальні дослідження.** Відбілені чавуни отримувати металотермічними способами достатньо просто. Необхідно при цьому враховувати, що у зв'язку із високим перегрівом сплаву в умовах мікроплавлень виникає швидке охолодження, і як наслідок, це приводить до мартенситної або голчастої структури. Саме ці структури виявляють найвищу зносостійкість. Склад шихти та хімічний склад синтезованих термітних відбілених чавунів з голчастою структурою показано у табл. 1 і 2.

Для цих типів чавунів збільшено вміст вуглецю, кремнію, Mn та Mo з метою отримання голчастої структури. При синтезі алюмініотермічним способом чавунів у склад шихти вводили оксиди молібдену і вольфраму, які значно підвищують температуру реакції і створюють кращі умови для регулювання технологічним процесом металотермічного синтезу і плавлення. Хімічний склад термітних чавунів отриманих при використанні порошкових сумішей металів, феросплавів та оксидів вказано у табл. 2.

Синтезовані чавуни мають твердість HB280–340 і непогано обробляються різанням.

Таблиця 1. Хімічний склад шихти для синтезу термітного відбіленого чавуну з голчастою структурою

№ з/п	Електродний порошок, %	Феросиліцій ФС75	Феромарганець ФМн75	Порошковий Ні	Ферохром ФХ100А; феромолібден ФМО55А	Лігатура ЖСМК-1 (чисельник), W <sub>O3</sub> (знаменник)	Залізоалюмінієвий терміт
1	3,6–4,2	2,8–3,5	0,4–0,7	1,2–2,1	0,3 Cr; 0,5–1,0 FeMo	<u>0,3</u> –	решта
2	3,5–4,2	2,7–3,4	0,7–1,2	1,5–2,7	0,3 FeCr; 0,5–0,9 FeMo	<u>0,3</u> –	решта
3	4,0–4,5	3,0–3,6	0,8–1,8	2,5–3,6	0,3 FeCr; 0,4–0,8 FeMo	<u>0,3</u> –	решта
4	4,4–4,7	3,2–3,5	1,2–1,8	2,8–3,9	0,3 FeMo; 0,5–0,7 FeCr	<u>0,3</u> 3,0–5,1	решта
5	3,9–4,5	3,0–3,4	0,4	2,5–3,1	0,3 FeCr; 0,6–0,9 FeMo	<u>0,3</u> 2,5–2,8	решта

Таблиця 2. Хімічний склад термітного відбіленого чавуну з голчастою структурою

№ з/п	Вміст елементів, %								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	No	Mg i W
1	2,9–3,4	2,1–2,6	0,3–0,5	<0,03	<0,01	0,2	0,5–1,0	1,0–2,0	0,1Mg
2	2,8–3,3	2,0–2,5	0,5–0,9	<0,03	<0,01	0,2	0,5–0,9	1,5–2,5	0,1Mg
3	3,2–3,6	2,2–2,7	0,6–1,3	<0,03	<0,01	0,2	0,4–0,8	2,5–3,5	0,15Mg
4	3,3–3,7	2,4–2,6	0,9–1,3	<0,03	<0,01	0,2	0,5–0,7	2,8–3,8	3,0–5,1W
5	3,1–3,6	2,3–2,5	0,3	<0,03	<0,01	0,2	0,6–0,9	2,5–3,0	2,5–2,8W

Відбілені термітні чавуни мають підвищену зносостійкість і їх, як вже сказано раніше, легше технологічно отримувати в умовах термітних мікроплавень. Хімічний склад відбілених термітних чавунів та склад шихти показано у табл. 3 і 4.

Таблиця 3. Хімічний склад відбіленого термітного зносостійкого чавуну

№ п/п	Вміст елементів							HB
	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	
1	3,4–3,5	1,5–1,9	0,5–0,8	0,5	0,5	<0,1	<0,2	–
2	3,5	1,1	0,8	0,5	0,5	<0,1	<0,2	–
3	3,5	0,9	0,5	1,0	–	<0,1	<0,3	440–470

Таблиця 4. Склад шихти для синтезу відбіленого термітного зносостійкого чавуну

№ п/п	Електродний порошок, %	Феросиліцій ФС75	Феромарганець ФМн75	Порошковий Ні	Ферохром ФХ100А; феромолібден ФМО55А	Залізоалюмінієвий терміт
1	4,2–4,4	2,0–2,6	0,7–1,1	0,5	0,7	решта
2	4,4	1,5	1,1	0,5	0,7	решта
3	4,4	1,5	0,7	–	1,4	решта

Аналіз показує, що у поверхневому шарі синтезованих термітних чавунів вміст цементиту складає не менше 50%, що приводить до зростання мікротвердості – 1000...1050 НВ. Із збільшенням вмісту легуючих елементів проходять послідовні зміни у структурі, від перлітної до мартенситної, що, в свою чергу, приводить до підвищення як твердості так і зносостійкості.

Введення додатково у шихту навіть незначної кількості порошкового хрому або низьковуглецевого ферохрому значно підвищує зносостійкість вказаного чавуну. Методами рентгеноструктурного аналізу в структурі цих чавунів виявлено крім карбідів  $Fe_3C$  та  $(Fe,Cr)_3C$ , карбіди  $(Fe,Cr)_7C_3$ , що забезпечує твердість ~15000 МПа. Мікротвердість карбідів  $(Fe,Cr)_3C$  – НВ 10000–10500 МПа,  $(Fe,Cr)_7C_3$  і  $(Fe,Cr)_{23}C_6$  14500–17500 МПа. Хімічний склад шихти і зливків, властивості деяких марок термітних чавунів показано у табл. 5, а мікроструктури білого чавуну, що затверднув при різних швидкостях охолодження показано на рис. 1.

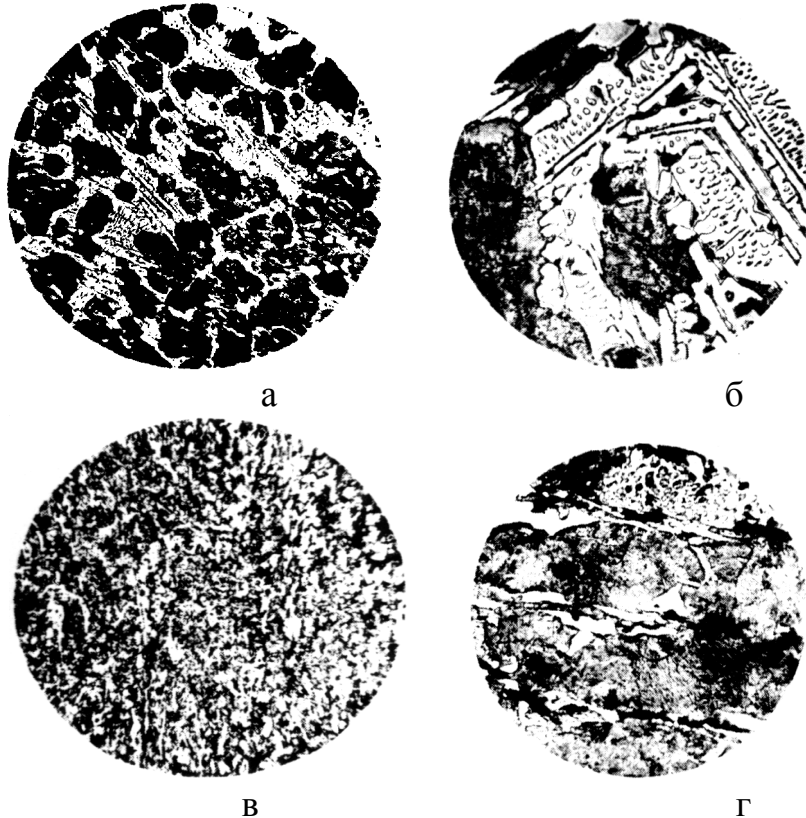


Рис. 1. Мікроструктура відбіленого чавуну 1 та 3 (див. табл. 5) (а та б x100; в та г x400)

Необхідно відмітити, що механічні властивості термітного чавуна покращуються по відношенню до відповідних властивостей промислового чавуну у зв'язку із додатковим мікролегуванням алюмінієм, що обов'язково повинен входити у склад шихти. У чавунів із вмістом марганцю не зважаючи на високі температури синтезу виявлено погіршення рідкотекучості при об'ємній усадці в межах 1,6–2,2%.

Таблиця 5. Оброблюваність та відносна зносостійкість термітних чавунів

№ з/п	HRC	Швидкість різання <sup>1</sup> , м/хв	Коефіцієнт відносної зносостійкості <sup>2</sup>
1	47–50	7,2	6,2–6,7
2	35–40	14,8	9–11
3	48–52	9,8	5,9–6,3

<sup>1</sup>Швидкість різання при 90 хвилинній стійкості різця при S=0,3 мм/об; t=2 мм.

<sup>2</sup>Випробування проводилися при шліфуванні чашковим кругом, швидкість різання ~7 м/с, пульпа кварцовий пісок і вода (об'ємне співвідношення 1:2), за 1,0 прийнято зносостійкість сталі марки Сталь 10 після нормалізації.

Другий момент, на який слід звернути увагу – оброблюваність чавунів із високим вмістом хрому ускладнена, хоча і знаходиться на задовільному рівні. Для покращення ливарних властивостей і якості виливків з термітного чавуна форму нагрівали до 150–200°C.

Твердість цих чавунів коливається у межах 9300–12000 МПа (за HV). Розроблені склади термітних сумішей підходять і для технології термітних ливарних додатків високого температурного градієнта і для термітного зварювання [6,8,14]. Проведена робота дозволила встановити, що за механічними властивостями синтезовані чавуни не поступаються “звичайним”, а самі методи придатні для синтезу, в принципі, любого чорного сплаву.

**Висновки.** Теоретично й експериментально показана принципова можливість термітного виплавлення відбілених чавунів. Термітні чавуни мають в деяких випадках властивості навіть кращі ніж у чавунів виготовлених ординарними методами. Дослідження цих термітних сплавів показало, що мікроструктури їх, як правило, більш дрібнозернисті порівняно із промисловими сплавами, а механічні властивості мають підвищену міцність і пластичність.

Розроблені склади термітних сумішей можуть використовуватися і для технології термітних ливарних додатків високого температурного градієнта і для термітного зварювання заготовок.

**Список літератури:** 1. Фасонное литье из термитной стали/Золковер М.З., Гридунов А.С., Быльницкий-Бируля С.О. и др. -М.: Дориздат. – 1950. – 48 с. 2. Zhiguts Yu.Yu. Thermit smelting of copper alloy// Acta Metallurgica Slovaca. Special issue. – 1999. – No. 2. – P. 418–421. 3. Zsiguc J.J., Pohmurszkij V.I., Fedak V.V. Exotermikus keverekkek alkalmazasa a bronz hidrosürüsegének novelesere //Műszaki Szemle. Budapest. – 2005. – N 29, o. 38-42. 4. Жигуц Ю., Широков В. Методика розрахунку складу екзотермічних шихт на основі термохімічного аналізу// Машинознавство. – Львів. – 2005. – №4. – С. 48–50. 5. Жигуц Ю.Ю. Сірі і білі спеціальні термітні чавуни// Вісник національного університету “Львівська політехніка” „Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні”. – Львів. Вид-во НУ “Львівська політехніка”. – 2003. – №480. – С. 148–153. 6. Жигуц Ю.Ю. Високоміцний чавун для термітного зварювання заготовок//Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков. – Техн. центр. – 2005. – №1 (13). – С. 56–58. 7. Жигуц Ю.Ю.

Термитные нихарды, синтезированные металлотермией// Вісник СумДУ. – Суми. – 2005. – №1(73). – С. 157–161. **8.** Zhiguts Yu.Yu., Shurokov V.V. The improvement of service and technological characteristics cast alloys syntheses by exothermic processes// Материалы 6-ой пром. конф. „Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях”. Славское. – К.: «Наука, техника, технология». – 2006. – С. 113-114. **9.** Жигуц Ю.Ю. Використання порошкових матеріалів для синтезу високохромованих неіржавіючих сталей//Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – Запоріжжя, ЗНТТУ. – 2005. – №2. – С. 26–29. **10.** Zhukov A.A., Ramani A.S., Zhiguts Yu.Yu. Modifications of Hillert equation and their application in phase diagram computation// OPA. Amsterdam B.V.Metal Physics and Advanced Technologies. – 1997. – Vol.16. – p. 821–839. **11.** Жуков А.А., Жигуц Ю.Ю., Шилина Е.П., Мажумдар Дж. Датта. Комбинированная поверхностная обработка лазерным поверхностным упрочнением и самораспространяющимся высокотемпературным синтезом// Изв. ВУЗов. Черная металлургия. М. – 1998. – №5. – С. 60–63. **12.** Патент України на корисну модель № у 2005 03319 А МПК: 7B22C9/08. Металотермічний реактор/ Ю.Ю. Жигуц, Ю.Ю. Скиба, В.І. Похмурський, І.І. Крайній – Опубл. 17.10.2005. – Бюл. №10. **13.** Котик Ф.И., Ибрагимов С.Г. Контроль металлов и сплавов в машиностроении. М. Машиностроение. – 1983. – 248 с. **14.** Патент України №253051 А МПК: 7B22C9/08 Спосіб термітного зварювання чавунів /Ю.Ю. Жигуц, Ю.Ю. Скиба. Опубл. 15.01.2003; – Бюл. №1.

Сдано в редакцію 22.05.07

## МНОГОМЕРНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

**Звягинцева А.В.**

*(Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия)*

*В электрохимических системах актуальным является приготовление покрытий с заданными свойствами, для чего используют комплексные электролиты с добавлением органических веществ, адсорбирующихся на поверхности электрода. Для решения оперативных и тактических задач применяется статистическое управление качеством, цель которого состоит в описании и выявлении явных отличительных признаков, изучаемых совокупностей на основе данных множества наблюдений*

**Актуальность.** В настоящее время широкое применение находит гальваностегия, то есть нанесение покрытий в виде металлов и сплавов. При этом важной задачей является приготовление покрытий с заданными свойствами.

**Обоснование задачи.** Поставленная задача не может быть решена без знания механизма и закономерностей процессов электрокристаллизации металлов. Для регулирования скорости электрокристаллизации и получения осадков с заданными свойствами часто используют не простые, а комплексные электролиты и в растворы добавляют органические вещества, адсорбирующиеся на поверхности электрода.

**Цель исследования.** Электрохимические системы металлов и сплавов создаются с целью получения покрытий с заданным набором функциональных свойств. Степень достижения заданных функциональных параметров определяет качество покрытий и качество процессов их получения. Основной причиной неудач в создании электрохимических систем осаждения металлов являются несовершенная работа и