

Соответствие сосудов контейнера-цистерны для перевозки и хранения неохлажденных сжиженных газов и продуктов химических требованиям [1] обеспечивается путем непосредственного выполнения этих требований или путем выполнения требований стандартов, включенных в перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований [1]. Аналогичным образом могут быть установлены требования безопасности для оборудования железнодорожного подвижного состава, работающего под давлением.

Список литературы

1 ТР ТС 032/2013. О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением / Евразийская экономическая комиссия. – Минск : БелГИСС, 2023. – 33 с.

УДК 620.178.152.4

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МИКРОУДАРНОГО ИНДЕНТИРОВАНИЯ

Н. К. ТУРСУНОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

А. П. КРЕНЬ

Институт прикладной физики НАН Беларуси, г. Минск

Т. Т. УРАЗБАЕВ, У. Т. РАХИМОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Индентирование с высокой скоростью деформации осуществлялось с помощью оборудования, разработанного в Институте прикладной физики НАН Беларуси, позволяющего регистрировать текущую скорость индентора и всю кривую динамического нагружения (рисунок 1). Оборудование включает динамический портативный твердомер и электронный блок для регистрации и записи сигнала. Регистрация сигнала производилась по традиционной для динамических твердомеров схеме с помощью катушки индуктивности. Далее осуществлялся переход от ЭДС к скорости V , глубине внедрения h и контактному усилию P , развиваемому при ударе. Более подробно со способом регистрации кривой нагружения можно ознакомиться в [1], где описан подробный алгоритм получения диаграммы нагружения.



Рисунок 1 – Схема оборудования (а) и внешний вид прибора (б)

Экспериментальные исследования получения высокопрочного чугуна ВЧ50 проведены в шести вариантах. Первый и второй варианты – традиционная модификация в ковше магниевым ферросплавом (ФСМg5 – 2 %) либо с добавлением силикокальция (ФСМg5 – 2 % + СК30 – 0,5 %). Для улучшения эксплуатационных и механических свойств жидкий чугун дополнительно обрабатывали

в реакционной камере по «сэндвич-процессу» с использованием комплексных модификаторов и стальной дроби. Третий и четвёртый варианты включали модификаторы KM-Si46Mg6AlCa2(Ce+La)0,5 и KM-Si70Al1,5Ca0,65Ba4 в различных дозировках. По результатам оценивали эффективность модификации, оптимальное количество добавок, формирование графита и механические свойства отливок [2]. Результаты обработки чугуна представлены в таблице 1 и сопоставлены с традиционной предлагаемой технологией.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований процесса ковшовой обработки чугуна

Вариант обработки	Содержание модификаторов, %	[Mg] _{qol} , %	[Al] _{qol} , %	[S] _{qol} , %	[O] _Σ , ppm
ИТП	Чугун	0,005	0,007	0,025	80
1 (ТТ)	ФСМг5 – 2 %	0,040	0,009	0,022	40
2 (ТТ)	ФСМг5 – 2 % + СК30 – 0,5 %	0,045	0,0010	0,020	35
3 (ПТ)	KM-Si46Mg6AlCa2(Ce+La)0,5 – 1,4 % KM-Si70Al1,5Ca0,65Ba4 – 0,15 % BKM-Si75Al4Ca0,9 – 0,6 %	0,045	0,021	0,014	20
4 (ПТ)	KM-Si46Mg6AlCa2(Ce+La)0,5 – 1,6 % KM-Si70Al1,5Ca0,65Ba4 – 0,20 % BKM-Si75Al4Ca0,9 – 0,8 %	0,048	0,022	0,012	18
5 (ПТ)	KM-Si46Mg6AlCa2(Ce+La)0,5 – 1,8 % KM-Si70Al1,5Ca0,65Ba4 – 0,30 % BKM-Si75Al4Ca0,9 – 1 %	0,052	0,023	0,010	15
6 (ПТ)	KM-Si46Mg6AlCa2(Ce+La)0,5 – 2 % KM-Si70Al1,5Ca0,65Ba4 – 0,35 % BKM-Si75Al4Ca0,9 – 1,2 %	0,055	0,025	0,009	12

Примечание – ТТ – традиционная технология; ПТ – предложенная технология; КМ – комплексные модификаторы; БКМ – брикетированные комплексные модификаторы.

Результаты исследования механических свойств чугуна марки ВЧ50, обладающего высокой прочностью после процесса комплексной модификации чугуна, представлены в таблице 2, предлагаемая технология сопоставлена с традиционной.

Таблица 2 – Обработка чугуна в ковше и литейной системе и результаты экспериментальных исследований процесса подачи

Вариант	Категория свойств			
	Предел прочности при растяжении σ_b , МПа, кг/мм ²	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа, кг/мм ²	Относительное удлинение δ , %	Твердость по Бринеллю, НВ
ГОСТ 7293-85	не менее			
	500	320	7,0	153-245
1 (ТТ)	480/485	300	5,8	180/183
2 (ТТ)	500/503	325	6,1	190/192
3 (ПТ)	557/560	678	7,5	205/206
4 (ПТ)	606/600	370	7,7	228/226
5 (ПТ)	610/615	375	8,5	230/232
6 (ПТ)	620/630	380	6	250/255

Примечание – Значения прочности и твёрдости были получены на установке УзБел ИФЧХ-Ч путём неразрушающего контроля отливки.

Наивысшие механические свойства получены при применении комплексных модификаторов KM-Si46Mg6AlCa₂(Ce+La)0,5, KM-Si70Al1,5Ca0,65Ba4 и BKM-Si75Al4Ca0,9 (варианты 3–6). Однако вариант 6 не соответствует требованиям ГОСТ 7293-85 по твёрдости и удлинению. Наилучшие результаты показали варианты 4 и 5, причём вариант 5 признан оптимальным: предел прочности увеличился на 27 %, текучести – на 25 %, твёрдость – на 28 %.

Список литературы

- 1 Kren, A. Non-destructive evaluation of metal plasticity using a single impact microindentation / A. Kren, M. Delendik, A. Machikhin // International Journal of Impact Engineering. – 2022. – № 162. – P. 104141.
- 2 Improvement of the technology for obtaining synthetic cast iron using local secondary waste raw materials / U. Rakhimov, N. Tursunov, S. Tursunov [et al.] // Универсум: технические науки. 2025. – № 4 (133), Ч. 8. – DOI: 10.32743/УниТеч.2025.133.4.