



In the offered work there are presented the investigations of impact elasticity of experimental samples of cast material, which may be used for production of articles, working in conditions of abrasive and hydro-abrasive damage conjugated with impingement attacks. There is studied fractures pattern of cast samples with different boron content, and also additives of rare-earth metals. There are determined the types of the modifying agents, most efficiently affecting on such feature as resistance to brittle failure of the developed alloys.

Н. Ф. НЕВАР, Ю. Н. ФАСЕВИЧ, БНТУ

УДК 621.141.25

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БОРА И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ ЛИТОГО МАТЕРИАЛА

В предлагаемой работе были проведены исследования ударной вязкости экспериментальных образцов изделий, работающих в условиях абразивного и гидроабразивного износа, сопряженно с ударными воздействиями.

Исследования проводили на экспериментальных образцах следующего состава, мас. %: С – 0,1–0,3; В – 1,0–6,0; Si – 0,12–0,5; Mn – 1,5–3,35; Al – 0,6–1,0; V – 0,2–0,5; S и P не более 0,05; Fe – остальное. Сплавы выплавляли в индукционно-тигельной печи. В качестве шихты использовали техническое железо и борсодержащие компоненты – карбид бора (B_4C) и ферробор (ФБ).

Испытания образцов с размерами 10x10x55 мм без надреза (ГОСТ 9454-78) на ударную вязкость проводили на маятниковом копре [1]. Результаты выполненных экспериментов представлены на рис. 1. Установлено, что ударная вязкость исследуемых экспериментальных образцов материалов понижается с увеличением содержания в сплаве бора, причем наиболее заметно в пределах 1,2–4,0%. Если при малых количествах вводимого бора (0,8–2,5%) ударная вязкость составляет 100–50 КДж/м², то при дальнейшем увеличении содержания бора исследуемая характеристика понижается. Так, при введении бора в состав сплава в количествах 4,5–6,0% ударная вязкость составляет 30–15 КДж/м². Такое резкое падение значений изучаемого показателя свойств экспериментальных образцов можно объяснить структурным фактором. Именно в этом промежутке концентраций бора происходят формирование и рост (в количественном отношении) боридной эвтектики, которая, занимая основную долю в структуре сплава, сосредоточивается по границам зерен. При этом образуется прочный и непрерывный каркас, окружающий зерна α -фазы.

Значения ударной вязкости образцов сплавов зависят также от вида борсодержащего компонента, входящего в состав шихты при получении данных материалов. В случае использования карби-



Рис. 1. Влияние состава шихты на ударную вязкость железобористых сплавов

да бора (свыше 5%) происходит некоторое увеличение значений ударной вязкости по сравнению с таким компонентом боросодержателя, как ферробор. Это, очевидно, можно связать с выгоранием бора в процессе выплавки борсодержащего сплава, так как время усвоения его из карбида бора больше, чем ферробора.

Микроструктуры изломов образцов сплавов с различным содержанием бора показаны на рис. 2. Так, при введении в расплав не более 2% бора изломы образцов имеют признаки вязкого разрушения. С увеличением количества вводимого бора в состав экспериментального расплава (2–4%) происходит изменение в характере излома образцов материалов. В этом случае в качестве преобладающего наблюдается хрупкое разрушение, направленное в основном по границам зерен матричного раствора (рис. 2, б). При введении в расплав 4–6% бора отмечается укрупнение по границам скола изломов образцов. Структура материала образца характеризуется образовавшимися первичными кристаллами борида Fe_2B , приводящими к увеличению в составе сплава хрупкой составляющей.

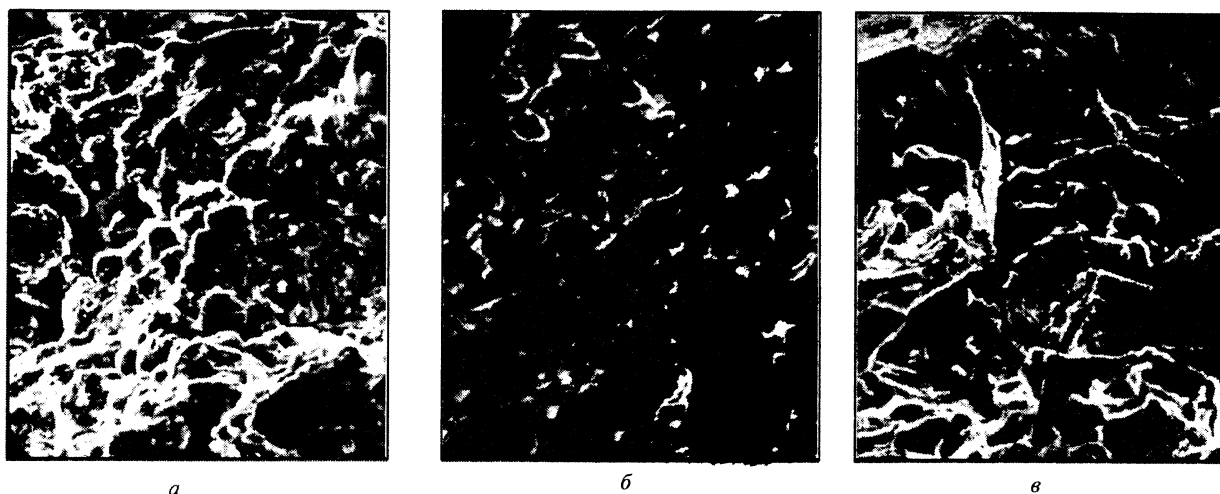


Рис. 2. Фрактограммы, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа с поверхностей изломов образцов: а – 1–2 % В; б – 2–4; в – 4–6 % В

На основании анализа проведенных испытаний был оптимизирован состав борсодержащего сплава. Дальнейшие исследования влияния модифицирования редкоземельными элементами проводили согласно методике, приведенной в [3], на сплавах с содержанием бора 1,2–2,0 мас. %.

В качестве модифицирующих компонентов были использованы иттрий и церий. Модифицирование проводили из расчета 0,1–0,6 % от массы шихты. Редкоземельные элементы вводили в расплав в конце плавки после тщательного предварительного раскисления алюминием. Раскисление проводили непосредственно перед вводом РЗМ для предотвращения взаимодействия последних с кислородом и их угара.

Зависимости, отражающие характер изменения значений ударной вязкости, приведены на рис. 3. Влияние редкоземельных элементов на ударную вязкость показало, что экспериментальные образцы материалов достигают максимального уровня 45–65 КДж/м² при 0,2–0,35% РЗМ от массы шихты. Такое повышение можно объяснить локализацией модифицирующих компонентов с образованием упрочняющих фаз в межзеренном пространстве. Вследствие этого происходит измельчение зерен структуры, их модифицирование и формирование концентрированного раствора повышенной твердости.

Для определения вида модифицирующих добавок, наиболее эффективно воздействующих на такую характеристику, как сопротивление хрупкому разрушению, были выполнены сравнительные испытания на ротационном копре типа РС0, снабженном пьезоэлектрическим измерительным устройством с записью результатов на диаграммной ленте.

Результаты испытаний и микроструктуры изломов экспериментальных образцов матери-

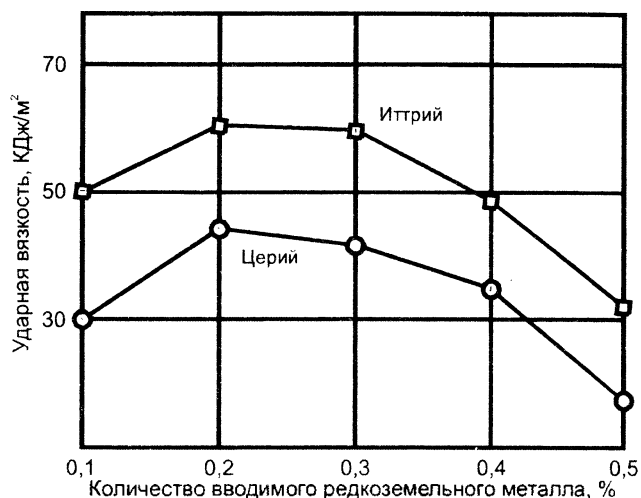


Рис. 3. Влияние добавок редкоземельных металлов на ударную вязкость железобористых сплавов

лов представлены на рис. 4, а, б. Уровень сопротивления хрупкому разрушению разработанных сплавов оценивали по высоте пика на диаграммной ленте. Как показал анализ экспериментов, из редкоземельных элементов наиболее эффективно снижает хрупкость иттрий. Полученные результаты полностью соответствуют установленным структурным изменениям, имеющим место при введении указанных выше добавок. Как видно из рисунка, изломы во всех случаях имеют характерный кристаллический вид с хрупким разрушением по границам зерен.

Выполненные исследования образцов позволили сделать вывод о том, что при введении в оптимизированный состав сплава иттриевых и цериевых групп модификаторов отмечается увеличение значений ударной вязкости. Причем наиболее активно ведет себя иттриевая группа РЗМ. Влияние иттрия на строение объясняется его сильным модифицирующим действием за счет повышенной активности этого элемента.

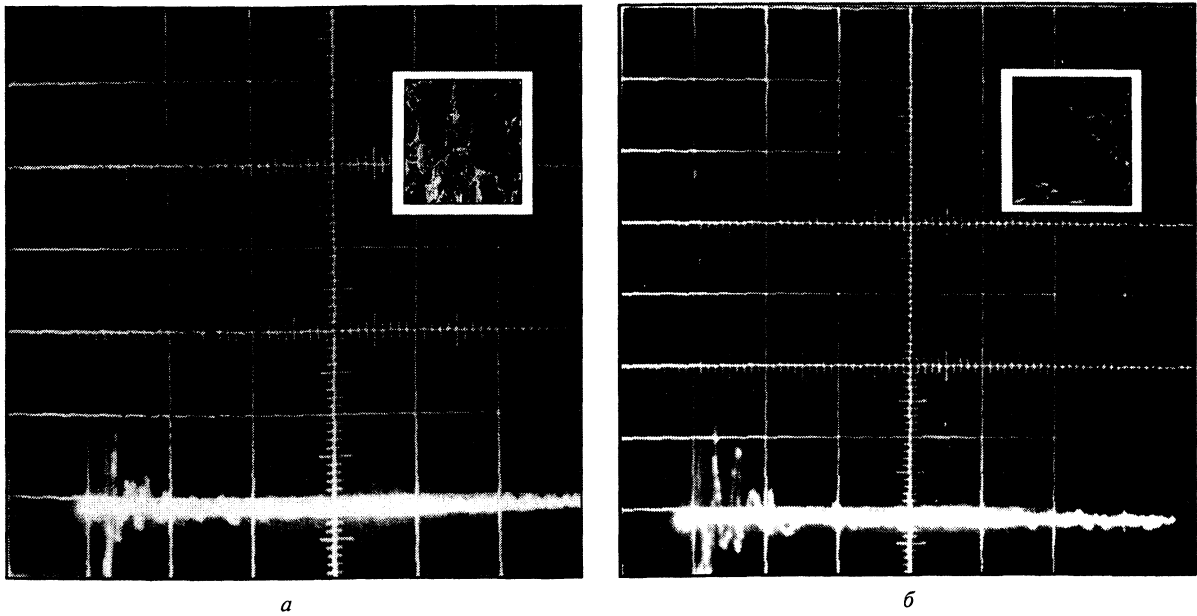


Рис. 4. Микроструктуры изломов и результаты испытаний образцов на сопротивление хрупкому разрушению в зависимости от введенного модификатора: *а* – церий; *б* – иттрий

Литература

1. Овчинников М. М., Базилеева Н. И. Материаловедение: Практик. пособие. Гомель, 2001.

2. Бельский Е. И., Невар Н. Ф., Ситкевич М. В. Структура и свойства литых высокобористых материалов // Весті АН БССР. Сер. фіз.-тэх. навук. 1988. № 3. С. 27–31.

3. Золоторевский В. С. Механические свойства металлов. М.: Металлургия, 1983.