

на пару трения 50кгс/см<sup>2</sup> со смазкой коэффициент трения сплава ЦАМ 10-5 в паре со сталью 45 (49–51 HRC) составляет 0,009, износ – 0,017 мг/(см<sup>2</sup>·км). Коэффициент трения баббита Б83 при тех же условиях 0,005.

Цинковые сплавы представляют большой интерес для промышленности Республики Беларусь, прежде всего, как заменители оловянных бронз. Они отличаются высокими механическими и антифрикционными свойствами, не дефицитны и весьма экономичны. Из антифрикционных сплавов на основе цинка по оптимальному сочетанию алюминия и меди могут быть использованы несколько: ЦАМ 10–1, ЦАМ 10–5, ЦАМ 30–5 и аналогичные. Наибольший интерес для замены литейных антифрикционных бронз БрОЦС 6–6–3, БрОЦС 5–5–5, а в некоторых случаях БрОС 8–12, БрОФ 10–1, представляет цинковый сплав ЦАМ 10–5, содержащий 9–11 % алюминия, 4–6 % меди и цинк (остальное). Сплав отличается от ЦАМ 10–1 более высокими антифрикционными и прочностными свойствами, а от сплава ЦАМ 30–5 меньшей склонностью к усадке. Он и предлагается в качестве базового для дальнейшего исследования возможности использования в узлах трения. Свойства цинкового сплава и заменяемой бронзы БрОФ 10–1 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства бронзы БрОФ 10-1 и цинкового сплава ЦАМ 10-5

Сплав		<i>БрОФ 10-1</i>	<i>ЦАМ 10-5</i>
температура плавления, °С		934	395
плотность, т/м <sup>3</sup>		8,76	6,3
прочность, $\sigma_b$ , МПа		250–350	300
относительное удлинение, $\delta$ , %		3–10	2
твердость НВ		90–120	90
коэффициент трения	со смазкой	0,008	0,009
	без смазки	0,10	0,35
температура заливки, °С		1150	480
линейная усадка, %		1,44	1

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что при условии улучшения некоторых свойств, а также обеспечения эффекта самосмазывания в результате введения в состав при плавке определенных добавок, сплав на основе цинка может быть успешно использован в качестве заменителя бронз.

УДК 621.745.551

### Применение ультрадисперсных добавок для модифицирования чугунов

Студенты гр. 10404117: Волот К.В., Трусевич Е.А.,  
гр. 10404115 Михолап В.И., Уласик А.С.

Научные руководители – Рудницкий Ф.И., Куликов С.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В настоящее время в науке и технике расширяется применение нано- и ультрадисперсных материалов инанотехнологий, разрабатываются и осваиваются новые способы получения и применения наноразмерных материалов. Это актуально также и для литейного производства.

Выбор материала частицы определяется желаемым эффектом при модифицировании и требует тщательного изучения. В работе [1] автор расположил соединения в ряд по величине уменьшения инокулирующей способности в расплаве: порошок, изоморфный сплаву (например: сталь - железный порошок) – интерметаллиды – карбиды – нитриды – бориды –

сульфиды – оксиды. Характерен тот факт, что оксиды расположены последними, в связи с чем, автор отметил, что например чистый алюминий эффективно влияет на переохлаждение стали, но будучи связанный в оксид утрачивает эту способность. В этой же работе отмечено различное влияние порошка марганца на переохлаждение железа в зависимости от температуры, при которой добавка-инокулятор. вводится в расплав.

При производстве самих наноразмерных материалов, их свойства определяются параметрами технологического процесса – температурой, давлением и т.п. Однако, для достижения максимальной эффективности ультрадисперсных частиц, в процессе изготовления модификатора на их основе так же целесообразно применять различные дополнительные воздействия. В этом плане большой интерес вызывает природное явление самоорганизации наночастиц, с учетом которого при правильном физическом воздействии на частицы можно добиться управляемой самоорганизации нанообъектов в кластеры [2–4], обеспечивающие модифицирующему комплексу максимальную эффективность. При этом, учитывая то, что на поверхности нанокластеров наибольшей реакционной способностью обладают атомы, расположенные в вершинах объекта [5], можно ожидать той или иной направленности реакции в металлических расплавах.

Физические воздействия для получения УДМ так же накладывают определенные ограничения. Компактирование нанопорошков, к примеру, не позволяет получить образцы с высокой плотностью ввиду значительной пористости. В случае применения высокотемпературной обработки нанопорошки могут выйти из наноструктурного состояния.

Само поведение частицы в расплаве так же требует уточнения. В работе [1] отмечено, что моделирование движения частиц в водной среде показывает погружение частиц в области дна формы с последующим конвективным подъемом в остальные части расплава. При этом были подобраны материалы с соответствующей плотностью.

В то время как математическое моделирование [6] показывает, что без учета плотности объектов, погружения частиц в глубину не происходит, для чего требуется дополнительная энергия – вдув порошка газом-агентом и т.п. Таким образом, определение параметров производства УДМ в настоящее время является весьма важной проблемой, требующей дополнительных исследований.

УДМ целесообразно применять комплексно, совмещая инокулирующую способность модификатора с процессом микролегирования металлической матрицы. При таком подходе применение УДМ открывает широкие перспективы для разработки новых технологических процессов получения отливок, а так же позволяет повысить качество выпускаемого литья.

#### **Список использованных источников**

1. Затуловский, С.С. Суспензионная разливка / С.С. Затуловский – Киев: «Навукова думка», 1981. – 260 с.
2. Крушенко, Г.Г. Проблемы определения размеров наночастиц / Крушенко Г.Г., Решетникова С.Н. – Вестник СибГАУ им. М.Ф. Решетнева. – № 2. – 2012. – С.167–170.
3. Ципотан, А.С. Контролируемое лазерным излучением формирование наноструктур с заданной топологией / А.С. Ципотан, Н.Э. Лямкина, А.В. Шамшурин. – Сборник статей «Ультрадисперсные порошки, наноструктуры, материалы. VI ставеровские чтения», – Красноярск, СФУ. – 2012. – С. 81–84.
4. Лапсина, П.В. Влияние внешних воздействий на образование никеля из кристаллической соли / П.В. Лапсина, Е.И. Кагакин – Сборник статей «Ультрадисперсные порошки, наноструктуры, материалы. VI ставеровские чтения», – Красноярск, СФУ. – 2012. – С. 95–98.
5. Попов, Ю.В. Наноразмерные частицы в катализе: получение и использование в реакциях гидрирования и восстановления / Ю.В. Попов [и др.]. – Известия ВолгГТУ. – 2014, том 12. – №7. – С. 5–44.
6. Лихошва, В.П. Моделирование динамики движения частицы на границе газ-жидкость и в жидких средах / В.П. Лихошва [и др.]. – Процессы литья. – 2012. – №6– С. 65–71.