

**Об использовании модификаторов на основе меди разной степени дисперсности, для получения отливок ответственного назначения**Рудницкий Ф.И.<sup>1</sup>, Шумигай В.А.<sup>2</sup>, Куликов С.А.<sup>2</sup><sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет<sup>2</sup>ОАО «Минский тракторный завод»

Разнообразные условия, предъявляемые к качеству и свойствам отливок, в совокупности с различием технологических схем их производства, обуславливают необходимость создания прогрессивных технологий повышения качества чугуна для отливок. На ОАО «Минский тракторный завод» остро стоит задача повышения эксплуатационных свойств изделий при минимальных затратах. Важной является проблема обеспечения стабильности качества литья. С этой целью проводится поиск эффективных технологических приемов. Как правило, методом для улучшения структуры и повышения физико-механических и эксплуатационных свойств чугунов при изготовлении отливок является модифицирование расплава. Под модифицированием чугуна понимают ввод в жидкий чугун перед заливкой в литейные формы специальных твердых, порошкообразных или жидких добавок, мало изменяющих химический состав, но значительно улучшающих свойства чугуна. Модифицирование является одним из наиболее эффективных методов воздействия на кристаллизацию с целью получения благоприятной структуры матрицы и формы графита. Основными факторами, определяющими эффективность модифицирования чугуна, по мнению Ребиндера П.А. и Липмана М.С. принято считать [1]:

- состав, количество и очередность ввода модификаторов;
- качество исходных шихтовых материалов и способ их переплава;
- химический состав расплава чугуна;
- способ подачи металла в литейную форму;
- скорость и условия затвердевания чугуна в различных зонах отливок.

Одним из возможных путей повышения эффекта модифицирования может служить применение дисперсных модификаторов. По своему механизму модифицирование дисперсным модификатором, совмещает как модифицирование I рода, так и модифицирование II рода. Модифицирование I рода проявляется в том, что образование новых структур блокирует растворение углеродных частиц, а модифицирование II рода проявляется в том, что эти структуры способствуют агрегатированию углеродных частиц в полноценные центры кристаллизации графита [2,3].

Существует мнение [3,4], что дисперсный модификатор эффективно влияет на кристаллизацию не только графитной фазы, но и на фосфидную эвтектику, и на первичное зерно чугуна, и на фазу неметаллических включений, активизируя последнюю в качестве дополнительных гетерогенных центров графитизации. Модифицирование чугуна дисперсными частицами, носит единый и всеобщий характер воздействия как на жидкий, так и на кристаллизующийся чугун, независимо от его предыстории. Другой важнейшей особенностью является его низкая чувствительность к значительным колебаниям химического состава расплава чугуна и к способам плавки, а также противодействует явлению увядания инокулирующего эффекта в процессе выдержки расплава в ковше перед заливкой формы, что увеличивает технологический цикл живучести расплава чугуна [4,5,6].

Модифицирование чугуна медью повышает его твердость, такой способ получил распространение при производстве антифрикционных тонкостенных отливок, в частности, для изготовления чугунных деталей цилиндропоршневой группы двигателей и гидроаппаратуры. С повышением углеродного эквивалента чугуна влияние меди на кристаллизацию графита уменьшается. В отливках блоков цилиндров, головок блоков из чугуна с низким углеродным

эквивалентом медь предотвращает отбел в поверхностных слоях и повышает твердость к середине, а в чугунах, близких к эвтектическим, легирование медью повышает и выравнивает твердость по сечению литых изделий, увеличивает их износостойкость [6,7].

Однако опыт применения дисперсных модификаторов на основе меди ограничен. С целью подтверждения целесообразности использования был проведен производственный эксперимент по модифицированию серого чугуна марки СЧ20 медью разной степени дисперсности. К таким модификаторам были отнесены: кусковая медь (КМ, диски Ø 40 x 2 мм) и дисперсная медь (ДМ, размер фракции 0,1-4 мм). На дно ковша емкостью 100 кг подавали предварительно взвешенный конверт с модификатором, в количестве: 0,1 кг – 0,1% массы и 0,5 кг – 0,5% массы. От каждого ковша в форму ХТС отливались образцы для определения механических свойств. Результаты испытаний приведены в таблице №1 и рисунках 1 и 2.

Таблица 1. Механические свойства образцов

Примечание	Твердость (min и max значения), НВ	Временное сопротивление при растяжении, МПа	Среднее значение твердости, НВ	Среднее значение временного сопротивления при растяжении, МПа	Содержание меди в образцах, %
Контрольный	197	203	192	205	0,12
	187	207			
КМ 0,1%	207	218	209,5	218,5	0,19
	212	219			
КМ 0,5%	207	215	212	217	0,48
	217	219			
ДМ 0,1%	215	227	210,5	228	0,21
	206	229			
ДМ 0,5%	217	232	212	232,5	0,53
	207	233			

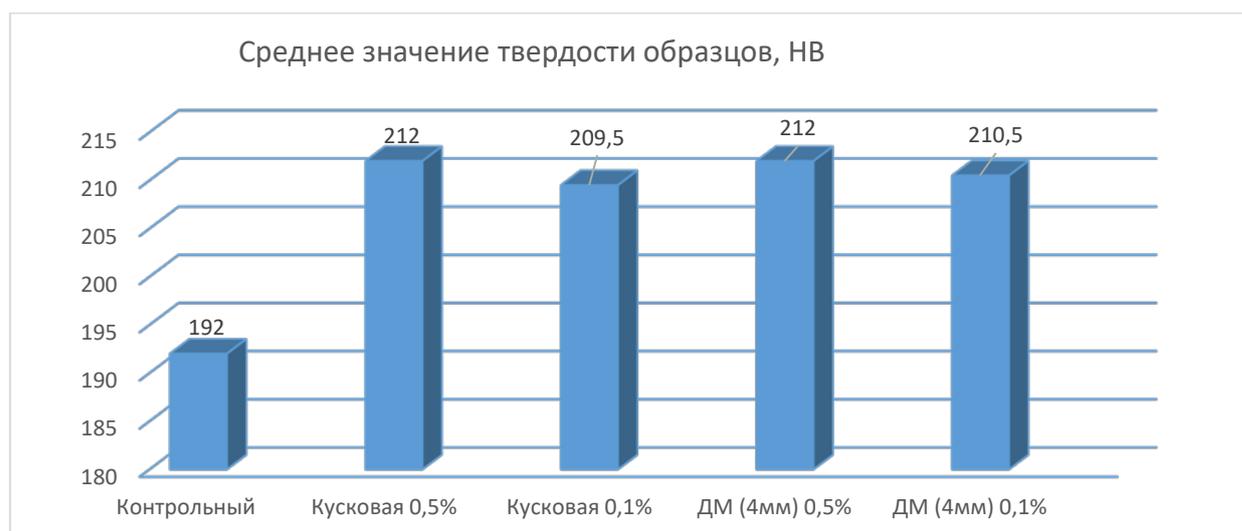


Рисунок 1 - Сравнение значений твердости образцов

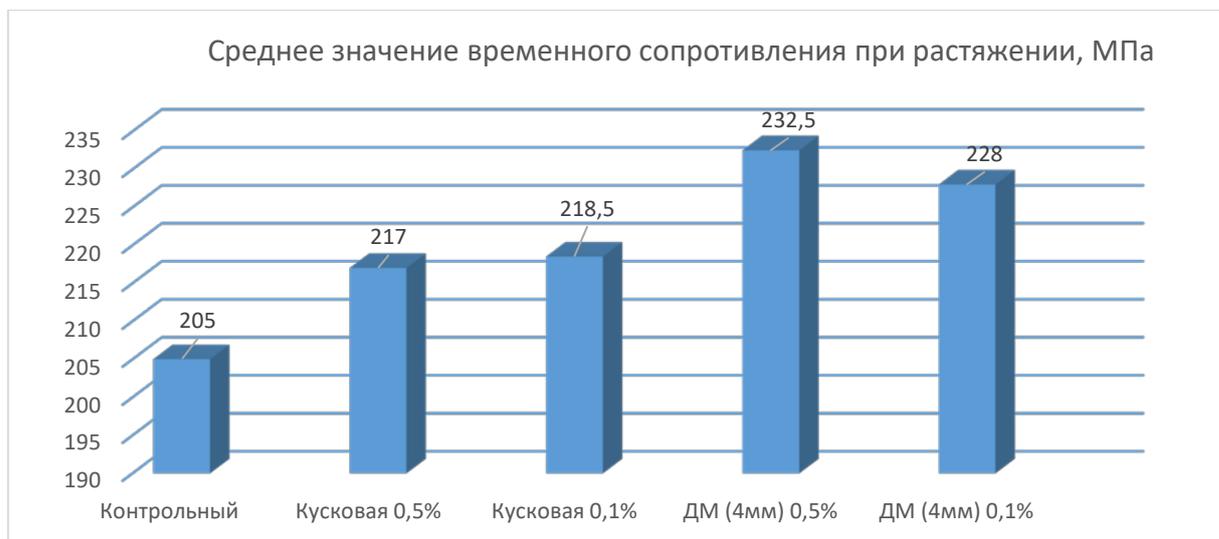


Рисунок 2 - Сравнение значений прочности образцов

Анализ результатов показывает следующее:

Изменение твердости образцов достигает максимума уже при 0,1% модификатора. Таким образом, перлитизирующая способность меди оказывает влияние на формирование металлической матрицы в пределах до 0,1 % по массе добавки и дальнейшее увеличение содержания меди с этой целью нецелесообразно.

Влияние степени дисперсности модификатора на основе меди на временное сопротивление при растяжении показывает, что по сравнению с кусковыми материалами, дисперсный модификатор позволяет получить более значительное увеличение механических свойств при одинаковом количестве водимой добавки. Это может быть связано с особенностью дисперсных систем – избытком поверхностной энергии.

**Выводы.** В случае применения дисперсных модификаторов, в том числе на основе меди, с учетом их размерного фактора, можно получать отливки повышенного качества при уменьшении расхода дорогостоящих материалов.

### Литература

1. Ребиндер П. А., Липман М. С., Физико-химические основы модификации металлов и сплавов малыми поверхностно активными примесями, в кн.: Исследования в области прикладной физико-химии поверхностных явлений, М. - Л., 1936. – С. 164-166
2. Гольдштейн Я. Е., Мизин В.Г. Модифицирование и микролегирование чугуна и стали. М.: Металлургия, 1986. – С. 269 - 272.
3. Иванов В.Н. Словарь-справочник по литейному производству. – М.: Машиностроение, 1990. – 384 с.
4. Леках С. Н., Бестужев Н. И. Внепечная обработка высококачественных чугунов в машиностроении. Мн.: Наука и техника, 1992. – 269 с.
5. Рудницкий Ф.И., Куликов С.А., Шумигай В.А. «Использование энергии поверхности ультрадисперсных частиц при разработке наномодифицирующих комплексов», -Металлургия машиностроения. 2019.№6. – С. 9-13.
6. Рудницкий Ф.И., Куликов С.А., Шумигай В.А. «Об отличиях ультрадисперсных модификаторов от их макроразмерных аналогов» - Литейщик России.2021 №1. – С.25-28.
7. Рудницкий Ф.И., Куликов С.А. «Модифицирование чугунов ультрадисперсными добавками», - Литейное производство, №1(86), 2017. – С. 11-15.