

Метод термического анализа (ТА) является одним из важнейших способов исследования металлов. Данный метод является простым, быстрым, надежным и дешевым, с его помощью можно определить различного рода параметры для чугуна, стали и цветных металлов и сплавов. ТА заключается в определении температур превращений на основании наблюдений за изменением температуры чистого металла или сплава в процессе нагрева или охлаждения.

В металлургии данный метод анализа широко используют для определения температур начала и конца кристаллизации сплава при затвердевании жидкой фазы. В ТА можно фиксировать так называемые кривые охлаждения, которые описывают затвердевание металла во времени. В случае какого-либо фазового превращения в сплаве на кривой появляются площадка или изломы. Процесс затвердевания сопровождается выделением тепла (экзотермическое превращение), что уменьшает скорость убывания температуры сплава и увеличивает время кристаллизации. Этот тепловой эффект может быть обнаружен не только методом ТА, но и с помощью дифференциально-термического анализа (ДТА). Эти классические термоаналитические методы успешно используются в науке уже более ста лет. ТА используют для прогнозирования поведения сплава при заливке в формы, структуры и свойств сплава.

Сегодня на мировом рынке предлагают широкий ассортимент оборудования и приборов в основу работы которых положен метод термического анализа. Такие компании как – TA Instruments (США), NETZSCH (Германия), Heraeus Electro-Nite (Германия) являются мировыми лидерами по разработке и продажам аналитических приборов для термического анализа. Сегодня современное оборудование позволяет получать гораздо больше информации об исследуемом расплаве.

К современным тенденциям в области металлургии можно отнести постоянное совершенствование методов исследования расплава, проведение более глубоких исследований, с помощью которых можно выделить пока еще неизвестные или малопонятные явления, а также развитие моделирования и информационных технологий в этой области. Сегодня благодаря различным методам анализа постоянно происходит разработка новых перспективных и совершенствование существующих материалов.

Возможность компьютерной обработки данных о термических превращениях позволила повысить точность определения температуры начала и конца кристаллизации, что значительно облегчает проведение анализа результатов эксперимента.

Таким образом, работа в данном направлении остается актуальной для создания и совершенствования научной базы, которая помогает получать данные для прогнозирования свойств металла и изменений при их затвердевании.

УДК 621.745.669.13

### **Исследование процесса легирования чугуна медьсодержащими отходами**

Студенты гр.104119 Кривоуст А.А.,  
гр. 104127 Шаломанов Г.А., гр. 104126 Юхо Д.В.  
Научный руководитель – Слуцкий А.Г.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

В работе представлены результаты исследований по легированию чугуна медью с использованием, как традиционных методов, так и с применением отходов в виде медьсодержащего шлака.

Плавка СЧ осуществляется в высокочастотной индукционной печи с кислой футеровкой ИСТ 006. В качестве шихтового материала использовали нелегированный лом чугуна и лом стали в соотношении 90% и 10%. Медь как в чистом виде, так и в виде отходов вводилась в твёрдую металлизавалку в различных количествах (от 0,2 до 0,8%). После полного расплавления шихты и перегрева чугуна, заливались пробы для исследования химического состава, технологических свойств (отбела), микроструктуры и твёрдости полученного сплава. Обобщенные результаты исследований представлены в таблице 1. Установлено, что по мере увеличения добавки в чугун как чистой меди, так и медьсодержащего шлака, величина отбела изменяется незначительно.

Состав медьсодержащего шлака следующий: Cu – 45%; CuO – 15% (11,5% меди); SiO<sub>2</sub> – 11%; ZnO – 9% (7,2% цинка); PbO – 7% (6,5%Pb); FeO – 5%; SnO – остальное (7%Sn). Видно, что наряду с медью он содержит в небольших количествах такие элементы, как олово, цинк и свинец в виде соединений. На рисунке 1 показано влияние добавок медьсодержащего шлака на уровень легирования серого чугуна. Исходя из того, что в шлаке содержится примерно 50% меди, его вводили в 2 раза больше, чем чистой меди.

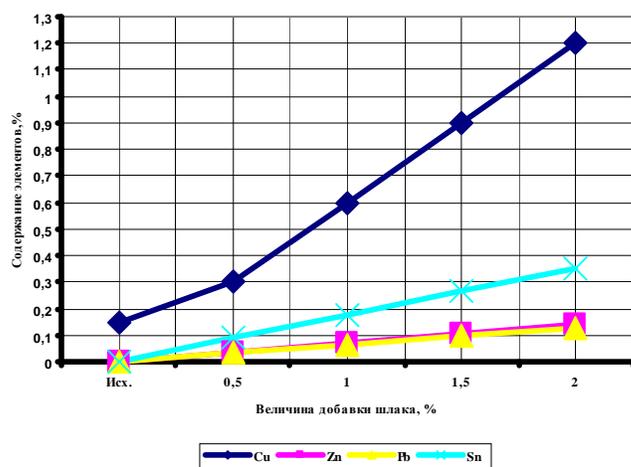
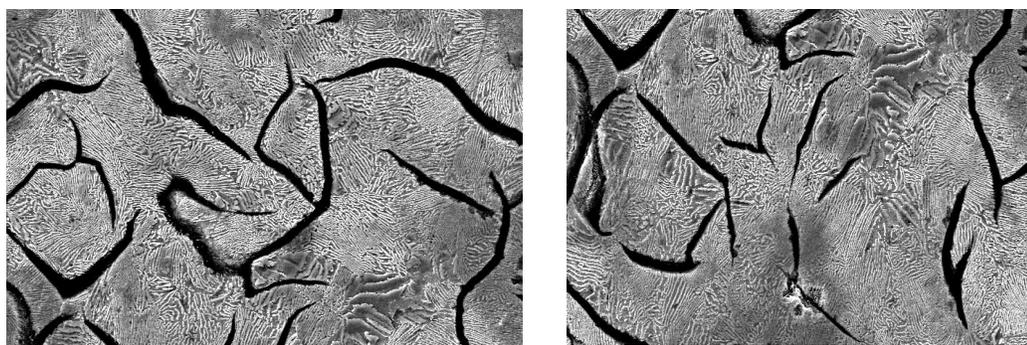


Рисунок 1 - Влияние добавок шлака на содержание меди и остальных примесей в чугуне

Установлено, что по мере увеличения добавки в чугун как чистой меди, так и медьсодержащего шлака, величина отбела изменяется незначительно. Химический анализ полученных образцов показал, что использование в составе шихты медьсодержащего шлака позволяет эффективно легировать чугун медью. В зависимости от величины добавки содержание в сплаве меди изменялось от 0,15 до 1,2%. При этом степень усвоения данного легирующего элемента была достаточно высокой и составляла порядка 90%.

Наличие в шлаке небольшого количества олова, свинца и цинка оказало влияние этих элементов на химический состав выплавляемого чугуна. Максимальный уровень микролегирования при условии 100% - го усвоения, по этим элементами при добавках 2% медьсодержащего шлака составил: по свинцу – 0,13%, по олову – 0,35%, по цинку – 0,14%. В результате проведенных исследований установлено, что способ легирования не оказывает влияния на химический состав, твердость, микроструктуру чугуна. В качестве примера на рисунке 2 представлены фотографии микроструктуры легированных чугунов.



а)

б)

Рисунок 2 – Структуры чугуна легированного чистой медью (а) и медьсодержащим шлаком (б). 500х

Таким образом, проведённые исследования показали реальную возможность использования в качестве легирующего компонента в составе металлошихты, взамен дорогостоящей первичной меди, медьсодержащий шлак.

УДК 621.746

**Исследование влияния температурно-временных параметров плавки и скорости охлаждения при затвердевании модифицированных силуминов на процесс образования усадочных дефектов**

Студент гр.104126 Шестюк И.В.

Научный консультант – аспирант Луцик П.Е.

Научный руководитель – Рафальский И.В.

Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Для проведения исследований по влиянию температурно-временных параметров плавки и скорости охлаждения при затвердевании модифицированных силуминов на процесс образования усадочных дефектов использовались:

- метод компьютерного термического анализа пробы расплава;
- метод имитационного моделирования процесса затвердевания с использованием программного пакета ProCAST;
- метод визуальной оценки технологической пробы.

В качестве объекта исследования использовался силумин с различным содержанием кремния – 7%, 13% и 17%. Модификаторами расплава служили: а) натрий (вводился в виде универсального флюса с составом 50 % NaCl, 30 % NaF, 10% KCl 10 % Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>), б) стронций (вводился в лигатуре Al-5%Sr), в) сурьма (вводилась в чистом виде). Все сплавы готовились в муфельной печи сопротивления типа СНОЛ. Температура ввода модификатора в расплав составляла 800 °С.

Анализ процесса затвердевания сплавов проводился путем обработки температурно-временных зависимостей кристаллизации (кривых охлаждения), полученных методом термического анализа при различных скоростях охлаждения (0,8 °С/сек, 1,7 °С/сек, 2,5 °С/сек) пробы расплава. Для получения экспериментальных данных в качестве датчика температуры использовали тарированные хромель-алюмелевые термодпары, запись и обработка информации осуществлялась с