

**Использование ванадийсодержащих отходов  
для легирования сплавов на основе железа**

Слущкий А.Г., Немененок Б.М., Шейнерт В.А., Румянцева Г.А.  
Белорусский национальный технический университет

*Аннотация:*

В работе рассмотрена технология легирования чугуна ванадием, содержащимся в продуктах дробеочистки котлов ТЭЦ.

*Текст доклада:*

В целях повышения эксплуатационных характеристик гильз цилиндров, корпусов двигателей внутреннего сгорания, деталей тормозных систем, поршневых колец и других изделий ответственного назначения широко используют легирование расплава чугуна ванадием. Ванадий достаточно широко распространен в природе и на его долю приходится около 0,02 % массы земной коры, что эквивалентно содержанию цинка и никеля. Однако ванадий является более рассеянным элементом и присутствует в виде следов во многих рудах, а месторождения, собственно, ванадиевых руд в природе встречаются довольно редко. Учитывая его высокую стоимость, представляет научный и практический интерес исследовать возможность использования для легирования железоуглеродистых сплавов ванадийсодержащих отходов. Ванадий является неотъемлемым компонентом химической промышленности, сельскохозяйственной деятельности, а также текстильной, лакокрасочной, резиновой, керамической и стекольной. Известны технологии извлечения ванадия из летучей угольной золы, отходов уранового производства, битуминозных сланцев и нефти, некоторых асфальтов. Для условий Республики Беларусь наибольший интерес представляют продукты дробеочистки котлов ТЭЦ.

Для борьбы с золовыми отложениями на поверхности нагрева котлов тепловых электростанций, работающих на мазуте, используют водную обмывку и последующую дробеструйную очистку. В составе золы мазута содержится до 18 % пятиоксида ванадия, а также такие элементы как никель, марганец и титан. Результаты химического анализа отходов дробеочистки котлов показали, что в них содержится значительное количество железа (50 %), порядка 11 % ванадия, около 2 % никеля, более 5 % кремния, до 1,5 % алюминия и 0,5 % меди. При этом все элементы находятся в виде соединений с кислородом.

Ванадий присутствует в отходах в виде оксидов  $V_2O_3$ ,  $VO_2$ , которые входят в состав сложных шпинелидов. Термодинамический анализ пока-

зал, что косвенное восстановление ванадия из оксидной фазы проблематично, поскольку невозможно создать условия для получения равновесного состава газовой фазы, содержащей 100 % CO. Для восстановления твердым углеродом температура должна составлять 2800 К. Поэтому наиболее реальным способом восстановления ванадия является алюмотермический, так как термичность восстановительной смеси на основе оксида ванадия и алюминия достаточно высокая и составляет 4500 Дж/г, что позволяет эффективно вести восстановительную плавку без внешнего подогрева смеси. Эксперименты по алюмотермическому восстановлению ванадия проводили в лабораторных условиях по методике, описанной в работе [1].

На первом этапе исследовали особенности получения лигатуры с использованием в составе смеси чистых компонентов (порошки оксидов ванадия, железа, кальция и в качестве восстановителя порошок алюминия). Установлено, что степень восстановления ванадия достаточно высокая и составляет 92-96 %, при этом реакция протекает активно без существенных выбросов продуктов за пределы тигля. Были получены образцы компактных слитков лигатуры с содержанием в них ванадия 50-55 %.

В лабораторных условиях провели эксперименты по легированию чугуна за счет дисперсной фракции отходов дробеочистки котлов. Плавку осуществляли на высокоскоростной индукционной установке. В графито-шамотный тигель загружали 500 г чугуна в виде прутков диаметром 15 мм предварительно сплавленного в печи ИСТ-006. На дно тигля засыпали навеску дисперсной фракции ванадийсодержащих отходов. После расплавления и перегрева чугуна отливали образцы для исследования химического состава и свойств полученного сплава. Результаты химического анализа полученного чугуна приведены в таблице.

Таблица - Влияние добавок дисперсной фракции отходов дробеочистки котлов на химический состав чугуна

Величина добавки, %	C	Si	Mn	S	P	V
Исходная	3,42	1,94	0,61	0,062	0,051	-
10	3,36	1,90	0,59	0,070	0,053	0,092
20	3,32	1,86	0,56	0,073	0,054	0,174

Анализ показал, что использование в шихте добавок дисперсной фракции отходов дробеочистки позволяет за счет эффективного восстановления осуществлять легирование чугуна ванадием. При этом степень его извлечения высокая и составляет 92 %.

### **Литература**

1. Слуцкий, А. Г. Энергосберегающая технология получения лигатур на основе молибдена / А.Г. Слуцкий, А.С. Калиниченко, В.А. Шейнерт // Литье и металлургия. - 2014. - № 2. - С. 91-94.