

УДК 669.714

Исследование процесса внепечного способа получения лигатур

Студентка гр.104113 Лущик Т.Н., студенты гр.104114 Шевцов А.А., Кирсанов Б.А.

Научный руководитель – Слуцкий А.Г.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Из всего разнообразия способов получения легирующих присадок и лигатур внепечной метод имеет ряд преимуществ. Это в первую очередь связано с исключением из технологической схемы энергоемких плавильных агрегатов. Внепечная металлотермия широко используется при получении ферросплавов

титана, ванадия, хрома и др. В основу процесса положено восстановление металла из оксидной фазы элементом имеющего более высокое сродство к кислороду (алюминий, кремний, магний). Металлотермические процессы сопровождаются выделением большого количества тепла, что обеспечивает получение продуктов реакции в жидком виде. Основными условиями протекания металлотермического восстановления являются отрицательные значения энергии Гиббса ($\Delta\sigma$) и требуемая термичность смеси, которая определяется по формуле:

$$g = -\frac{\Delta H^{\circ}}{\sum M_{\text{исх. веществ}}} \quad (1)$$

где g – термичность смеси Дж/г;

ΔH° – тепловой эффект реакции Дж/моль;

$\sum M_{\text{исх. веществ}}$ - сумма молекулярных и атомных весов исходных веществ, взятых в стехиометрическом соотношении г/моль.

Согласно правила Жемчужного для самопроизвольного протекания металлотермического процесса без внешнего подогрева приход тепла должен быть не ниже 2300 Дж/г.

Целью работы является исследование процесса получения безжелезистых лигатур алюминотермическим методом. Для ее достижения проведены теоретические и экспериментальные исследования включающие термодинамические расчеты энергии Гиббса ($\Delta\sigma$), термичности смесей, а так же лабораторные эксперименты по получению лигатур системы хром-медь, хром-никель, кремний-медь. Результаты термодинамических расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты расчетов

Реакция восстановления	ΔH , Дж/моль	ΔG , Дж/моль	q , Дж/г
$2/3\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4/3\text{Al} = 2/3\text{Al}_2\text{O}_3 + 4/3\text{Fe}$	-569400	-517600	4029
$2/3\text{Cr}_2\text{O}_3 + 4/3\text{Al} = 2/3\text{Al}_2\text{O}_3 + 4/3\text{Cr}$	-357000	-304200	2600
$3/3\text{TiO}_2 + 4/3\text{Al} = 2/3\text{Al}_2\text{O}_3 + 3/3\text{Ti}$	-173367	-126167	1492
$2\text{NiO} + 4/3\text{Al} = 2/3\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Ni}$	-638067	-597867	3442
$\text{SiO}_2 + 4/3\text{Al} = 2/3\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Si}$	-206267	-142267	2148
$\text{CuO} + 2/3\text{Al} = 1/3\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cu}$	-396823	-374023	4069

Анализ полученных результатов показал, что достаточно высокой термичностью обладают смеси содержащие железо, никель и медь.

С целью проверки полученных расчетных данных в лабораторных условиях были проведены эксперименты по металлотермическому восстановлению железа, хрома, титана, никеля, меди и кремния их оксидов.

В качестве восстановления применяли порошок алюминия (марки ПАИ). Расчет шихты производили на получение 40 грамм металла. Подготовленные компоненты смеси тщательно перемешивались и засыпались в графитошамотный тигель. Для начала процесса смесь поджигали «бенгальскими» огнем и наблюдали за протеканием реакции. Затем продукты реакции извлекали их тигля и взвешивали на аналитических весах. Анализ полученных результатов показал, что процесс восстановления железа, меди и никеля протекал очень бурно со значительным выбросом продуктов реакции. Это отразилось и на металлургическом выходе. Реакция восстановления титана и кремния вообще не пошла, а по хрому протекала неактивно. На следующем этапе исследований были рассчитаны термичности различных комбинаций трудно и легковосстановимых оксидов и проведены эксперименты по получению лигатур хром-медь, хром-никель и кремний-медь. Определены оптимальные концентрации оксидов, обеспечивающие спокойное протекание процесса восстановления. Например, для лигатуры хром-медь количество оксида меди, в смеси не должно превышать 40%. При этом металлургический выход составил 80-85%. С целью дальнейшего повышения степени извлечения металлов провели эксперименты с различным количеством восстановителя. Хорошие результаты были получены при увеличении избыточного количества восстановителя в пределах 10-16%.

Изготовлены опытные образцы безжелезистых лигатур для проведения их испытаний при получении цветных сплавов.