

метров исследовали условия получения и соотношение ключевых металлов.

С использованием оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой были определены полнота разложения исходных комплексов в растворах и химические составы, образующихся в процессе термолиза твердых фаз. При оптимальных условиях степень превращения комплексных соединений превышает 95 %. Продукты термолиза представляют собой порошки преимущественно черного или серого цвета размером несколько мкм, включающие оксидные фазы цветных металлов и платиновые металлы в металлическом состоянии, что было установлено методами сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным рентгеновским анализом и рентгенофазовым анализом.

Автоклавным методом каталитические фазы были нанесены на металлические носители, в качестве которых использовали стружку

из нержавеющей стали и блочный материал с варьируемой порозностью «металлорезина» из нихрома. Содержание платинового металла составляло 0,1 % от массы носителя.

Каталитические свойства образцов исследовали в реакции полного окисления пропана в проточном реакторе изотермического типа. Газовую смесь анализировали на газовом хроматографе с пламенно-ионизационным детектором и насадочной колонкой, заполненной оксидом алюминия.

Активность металл-оксидных катализаторов сравнивали с платиновым образцом, полученным на тех же носителях в аналогичных условиях.

Было показано, что введение оксидного компонента позволяет уменьшить содержание благородного металла в катализаторе и стабилизировать его состояние в высокотемпературных процессах.

Список литературы

1. Печенюк С. И., Домонов Д. П. // *Ж. структурной химии*, 2011. – № 2. – С. 419–435.
2. Печенюк С. И., Семушина Ю. П., Кузьмич Л. Ф. *Ж. физической химии*, 2016. – Т. 90. – № 1. – С. 22–27.
3. Потемкин Д. И., М. В. Конищева, А. В. Задисенец // *Кинетика и катализ*, 2018. – Т. 59. – № 4. – С. 499–505.
4. Belousov O. V., Sirotnina A. V., Belousova N. V. // *J. of Siberian Federal University Engineering & Technologies*, 2014. – V. 2. – № 7. – P. 138.
5. Тупикова Е. Н.: дис. ... канд. хим. Самара: СГАУ, 2003. – 175 с.
6. Tupikova E. N., Platonov I. A., Khabarova D. S. // *J. Kinetics and catalysis*, 2019. – V. 60. – № 3. – P. 366–371.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ И $(\text{NH}_4)_2\text{TiF}_6$ МЕТОДОМ ДСК

А. А. Хрусталева

Научный руководитель – к.т.н., доцент А. С. Кантаев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, aah46@tpu.ru

Одним из важных параметров для переработки исходного сырья является теплоемкость входящих в состав веществ, которая определяет количество тепла, подводимое к веществу для его нагрева.

Для определения теплоемкости в данной работе использовался метод дифференциальной сканирующей калориметрии. Этим методом определялась теплоемкость $(\text{NH}_4)_2\text{TiF}_6$, а в качестве вещества сравнения использовался $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$.

При анализе ДСК следует использовать чистые вещества, для очистки использовали метод перекристаллизации за счет удаления части растворителя. Навески исходных порошков $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ и $(\text{NH}_4)_2\text{TiF}_6$ в количестве 29,171 и 30,179 г, растворили в дистиллированной воде. Растворы грели для испарения части растворителя, затем охлаждали до выпадения кристаллов. Раствор фильтровали, осадок сушили в микроволновой печи, для удаления остаточной влажности. Сухие кристаллы $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ и $(\text{NH}_4)_2\text{TiF}_6$

Таблица 1. Удельное количество тепла при интегрировании кривых ДСК

Вещество	Атмосфера процесса	Скорость нагрева, °С/мин		
		10	15	20
		Удельное количество тепла, Дж/г		
(NH ₄) ₂ SiF ₆	Air	1007,0	227,0	654,8
	Ar	1294,0	1124,0	1113,0
(NH ₄) ₂ TiF ₆	Air	1386,0	1389,0	1087,0
	Ar	1315,0	1187,0	886,3

Таблица 2. Результат расчета теплоемкости

Вещество	Атмосфера процесса	Скорость нагрева, °С/мин		
		10	15	20
		Теплоемкость, Дж/кг·К		
(NH ₄) ₂ SiF ₆	Air	1901,69	463,69	1339,52
	Ar	2581,24	2195,31	4661,78
(NH ₄) ₂ TiF ₆	Air	2599,40	4265,71	3272,62
	Ar	2328,92	2012,75	1639,78

упаковывали в сухом боксе в количестве 22,389 и 4,285 г. соответственно.

ДСК проводилось при нагревании образцов до 500 °С в атмосфере воздуха и аргона при разных скоростях нагрева.

Значения удельного количества тепла образцов в результате интегрирования кривых ДСК представлены таблице 1.

По данным анализа рассчитана теплоемкость по формуле 1:

$$C_p = \frac{Q}{T}, \text{ Дж/(г·К)}; \quad (1)$$

где C_p – теплоемкость вещества, Дж/г·К, Q – количество тепла, Дж/г, T – температура, К. Результаты расчета теплоемкости представлены в таблице 2.

Среднее значение теплоемкости для (NH₄)₂SiF₆ равно 2004,44 Дж/кг·К, а для (NH₄)₂TiF₆ составило 2145,21 Дж/кг·К. Из источника [1] теплоемкость (NH₄)₂SiF₆ равняется 1391,52 Дж/кг·К. При сравнении полученной

и справочной величины можно сказать, что экспериментальное значение имеет погрешность 40 %. Таким образом, можно говорить о погрешности определения теплоемкости (NH₄)₂TiF₆ в 40 %. Значит теплоемкость (NH₄)₂TiF₆ составит 1201,00 Дж/кг·К.

Расчет энтальпии проводился по формуле 2:

$$\Delta H = C_p \cdot (T_2 - T_1), \text{ кДж/кг}; \quad (2)$$

где ΔH – энтальпия вещества, кДж/кг, C_p – теплоемкость вещества, Дж/кг·К, $T_{2,1}$ – значение конечной и начальной температуры на участке интегрирования, К. При статистической обработке рассчитаны средние значения энтальпии веществ для (NH₄)₂SiF₆ и (NH₄)₂TiF₆, которые составили 288,46 и 437,26 кДж/кг.

В результате работы получены кривые ДСК, значения теплоемкости и энтальпии, которые для (NH₄)₂SiF₆ составили 2145,21 Дж/кг·К и 288,46 кДж/кг, для (NH₄)₂TiF₆ составили 2004,44 Дж/кг·К и 437,26 кДж/кг. С учетом погрешности $C_p((\text{NH}_4)_2\text{TiF}_6) = 1201,00 \text{ Дж/кг·К}$.

Список литературы

1. Кипер Р. А. Свойства веществ: Справочник по химии. – Хабаровск, 2013. – 1016 с.