

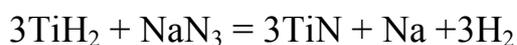
МЕХАНИЗМ СИНТЕЗА НИТРИДА ТИТАНА ИЗ ГИДРИДА ТИТАНА МЕТОДОМ СВС

Королев Д. В., Суворов А. К., Суворов К. А., Панов И. А.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, pyrotechnics@narod.ru

Нитрид титана и композиционные материалы на его основе широко используется в современной промышленности. Но существующие способы его получения (сжигание титановых образцов в специальных реакторах в среде азота при избыточном давлении до 100 атм. [1]) не могут удовлетворять всем запросам современной техники, так как требуют значительных энергетических затрат и сложного аппаратного оформления. Задача разработки новых, более технологичных методов получения нитросоединений титана с каждым годом становится более актуальной.

В данной работе нами исследовалась возможность получения нитросоединений титана в режиме СВС в результате взаимодействия гидрида титана с азотом, получающимся непосредственно в зоне горения при термическом разложении азиды натрия, то есть возможность синтеза TiN по реакции:



Замена азотирующего агента позволит отказаться от применения дорогостоящего оборудования, работающего при повышенном давлении.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

Термодинамическое исследование позволяет при заданных начальных условиях рассчитать адиабатическую температуру горения, тепловой эффект реакции горения и равновесный состав продуктов. Считается, что при значениях для конкретной системы температуры менее 1500°C и калорийности менее 2000 кДж/кг, горение в ней идти не может.

Исходя из этого, можно оценить возможность протекания процесса СВС и найти оптимальные начальные условия для его проведения, что существенно сокращает объем экспериментальных поисков.

Термодинамические расчеты пиротехнических смесей проводился на ЭВМ при помощи программы «Астра» [2].

Термодинамический расчет показал, что взаимодействие между гидридом титана и азидом натрия протекает с выделением тепла во всем интервале соотношений исходных компонентов. Максимальное тепловыделение (3128 кДж/кг) соответствует содержанию в исходной смеси 60% TiH_2 и 40% NaN_3 . Наибольшая температура (2125 К) наблюдается при 70% TiH_2 .

Ожидаемыми продуктом синтеза является TiN . Наибольшее количество нитрида титана получается при соотношении компонентов 70% Ti +30% NaN_3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СВС В КОМПОЗИЦИЯХ НА ОСНОВЕ АЗИДА НАТРИЯ

Визуальное наблюдение и последующий покадровый анализ кинофотосъемки позволил установить несколько стадий горения.

1. После сгорания воспламенительного состава наблюдается длительная задержка воспламенения (около 30 с).

2. Затем в верхней части шашки появляется яркая точка с небольшим пламенем сине-зеленого оттенка (рис. 1, *а*). Точка перемещается вниз шашки по спирали. На 130 с пламенем охватывается вся шашка. При этом на боковой поверхности шашки четко проявляются «спиральные нарезки» (рис. 1, *б*).

3. В какой-то момент времени (130—170 с) на поверхности в центральной части шашки появляется яркое пятно, шашка разрушается, происходит яркая вспышка (рис. 1, *в*), длительность которой не превышает 0,2 с.

4. После вспышки горение протекает спокойно с небольшим ярким пламенем желтого цвета (рис. 1, *г*). Изредка возникают вспышки длительностью до 0,2—0,4 с, сопровождающиеся увеличением размеров пламени и яркости излучения (рис. 1, *д*).

5. На 200—210 с размеры пламени уменьшаются. Шашка начинает остывать (рис. 1, *е*).

Многостадийность горения подтверждается не только визуально. На температурном профиле (рис. 2) явно обнаруживаются две зоны горения: низкотемпературная (800°C) и высокотемпературная (1100°C).



а



б



b



z



d



e

Рис. 1. Кинокадры процесса горения смеси $70\%TiH_2+30\%NaN_3$

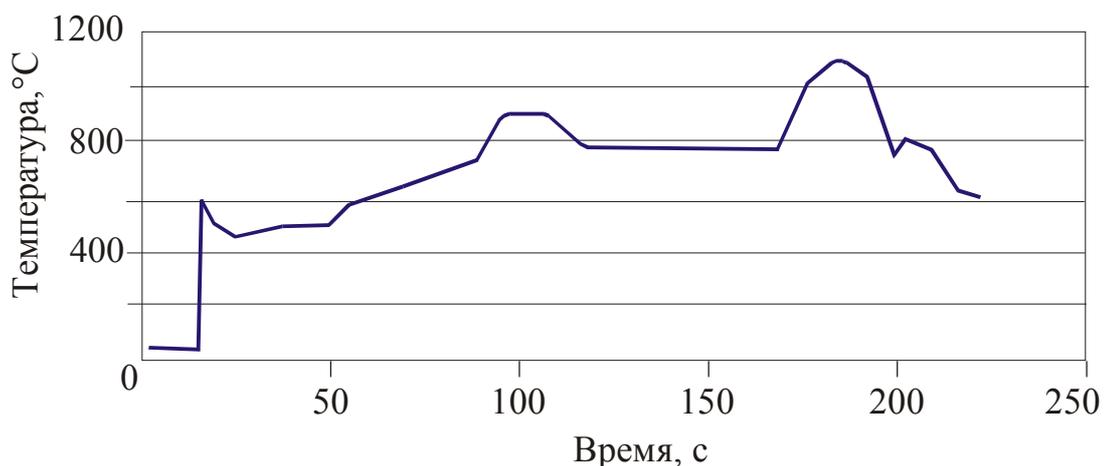


Рис. 2. Температурный профиль стехиометрической смеси TiH_2+NaN_3

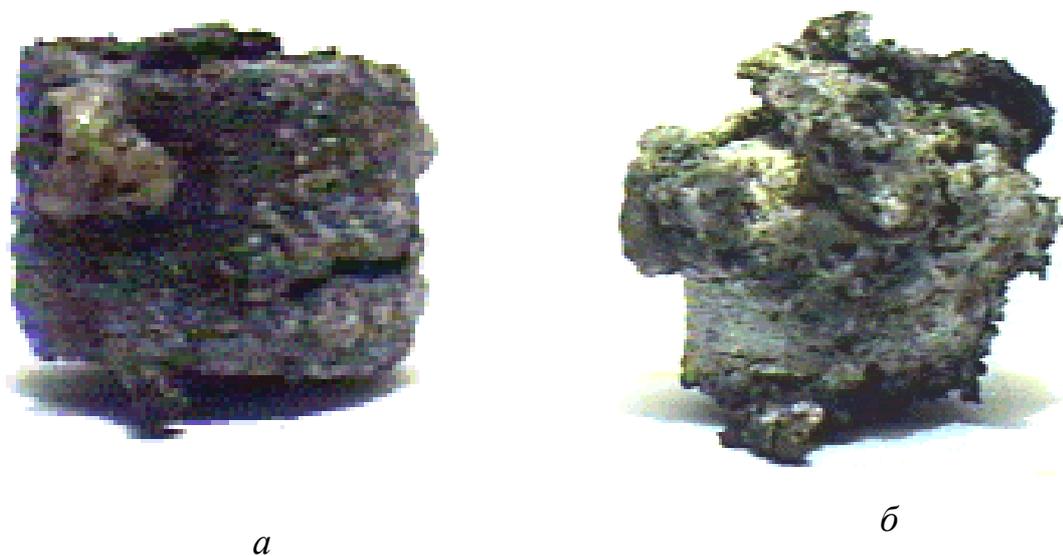


Рис. 3. Шлаки, образовавшиеся при горении смесей:

a — $Ti+NaN_3$, *б* — TiH_2+NaN_3

В результате визуального наблюдения за процессом горения выявлены следующие закономерности.

1. Во время горения шашка «расползается». Этот факт можно объяснить дегидрированием TiH_2 под воздействием высокой температуры.

2. Пламя имеет голубовато-зеленоватый оттенок.

У системы $80\%TiH_2 + 20\%NaN_3$ пламени не наблюдалось. Горение сопровождается появлением мелких искр и изменением цвета и яркости шашки.

Полученные в результате горения шлаки отличаются от продуктов горения системы $Ti+NaN_3$ (рис. 3). Шлаки стали более пористыми, что, по-видимому, объясняется дегидрированием TiH_2 .

ЛИТЕРАТУРА

1. Химия синтеза сжиганием / Ред. М. Коидзуми. Пер. с японск. — М.: Мир, 1998. — 247 с.
2. Моделирование химических и фазовых равновесий при высоких температурах «Астра.4» версия 1.06, январь 1991: Руководство пользователя.