Контроллер нагревателя представляет собой конечный автомат (рис. 8).

Рис. 8 Конечный автомат

Из рисунка 8 видно, что состояние «Включено» будет активировано при условии, что текущее давление меньше 135000 Па и с выхода блока «Условие вкл. автомата» поступил сигнал, равный 1.

Подсистема «Модель нагревателя» (рисунок 9) реализует процесс нагрева воздуха в контейнере согласно формуле записанной в «Блок программирования».

(1)

где P – давление, Па; m – масса, кг; T_c – температура в контейнере, К. T_g – температура газа из балонов, К. C – удельная теплоемкость воздуха ~ 1000 [J/kg·K]; t – время, с.

Рис. 9 Модель нагревателя

В подсистеме «Охлаждение» «Модель охладителя» идентична «Модели нагревателя», а так же состав «Контроллера охладителя» идентичен «Контроллеру нагревателя». Отличие представлено только блоком «Условие вкл. автомата».

Таким образом, реализованная в ПК SimInTech модель системы управления транспортным контейнером позволяет прогнозировать поведение объекта в различных ситуациях с целью отработки законов управления.

1. Пилиневич Л. П., Яшин К. Д. Общая теория систем: методические указания для студ. заоч. формы обуч. по спец. 1-58 01 01 – «Инженерно-психологическое обеспечение информационных технологий»/ Л. П. Пилиневич, К. Д. Яшин – Минск.: БГУИР, 2012. – 31с.
2. Конечные автоматы в SimInTech [Электронный ресурс]. - Справочная система SimInTech. – Режим доступа: http://simintech.ru/webhelp/index.html?q=/webhelp/nachalo_raboti/konechnye_avtomaty_v_simintech.html

Володько С.С.

Определение температур плавления гидридно-кальциевых порошков сплавов Ti50Ni50, Ti28Ni50Hf22 и Ti28Ni50Hf12Zr10 с эффектом памяти формы

Тульский государственный университет
(Россия, Тула)

doi: 10.18411/sr-10-12-2017-08

idsp: 000001:sr-10-12-2017-08

Аннотация

С использованием дифференциальной сканирующей калориметрии определены температуры плавления порошков сплавов Ti50Ni50, Ti28Ni50Hf22 и Ti28Ni50Hf12Zr10. Показано, что легирование бинарного TiNi более тугоплавкими элементами неоднозначно влияет на его температуру плавления.

Ключевые слова: никелид титана, гидридно-кальциевый метод, эффект памяти формы, температура плавления

Сплавы с эффектом памяти формы на основе TiNi показывают высокий комплекс физико-механических свойств [1-3], благодаря чему нашли широкое применение в различных отраслях промышленности и техники, где рабочие температуры не превышают 100 °С [4]. На данный момент особое внимание уделено сплавам с высокотемпературным эффектом памяти формы, среди которых наиболее популярны системы Ti-Ni-Hf, Ti-Ni-Zr и Ti-Ni-Hf-Zr, в первую очередь, из-за их относительно невысокой стоимости по сравнению со сплавами-аналогами систем Ti-Ni-Pd и Ti-Ni-Pt.

В виду несовершенств технологии литья, которая активно применяется для получения сплавов с памятью формы, не удастся получать гомогенные по фазовому и химическому составам заготовки массой более чем 1000 грамм [8-11].

В качестве альтернативного метода получения сплавов высокой гомогенности, в том числе сплавов с эффектом памяти формы, выступает гидридно-кальциевый синтез [12]. Предыдущие исследования показали, что технология гидридно-кальциевого синтеза позволяет получать компактные материалы массой до 5 и более килограмм из бинарного TiNi с высокой степенью гомогенности и высоким комплексом физико-механических свойств [15]. Получение компактной заготовки из металлического порошка происходит по средствам процессов консолидации порошка, а именно прессования и его дальнейшего спекания. Твердофазное спекание металлических порошков наиболее активно идет при температурах близких к температурам плавления ($0,9 - 0,95 \cdot T_{пл.}$) этих сплавов [16], поэтому определение температур плавления порошковых сплавов является важной задачей для разработки оптимального режима спекания.

Гидридно-кальциевый синтез порошков сплавов в общем виде можно представить в виде следующей реакции восстановления:

Синтез сплавов проводили в интервале температур 1200 °С. Фазовый состав определяли с использованием автоматизированного дифрактометра ДРОН 3 с использованием монокроматического CuK α излучения с длиной волны $\lambda = 1,54178$ Å. Температуры плавления определяли при помощи сканирующей дифференциальной калориметрии на калориметре NETZSCH STA 449 F3 Jupiter в токе аргона 60 мл/мин со скоростью нагрева 10 °С/мин. Образцами для исследования послужили порошки сплавов Ti50Ni50, Ti28Ni50Hf22 и Ti28Ni50Hf12Zr10 фракции 150 - 200 мкм

Таблица

Фазовый состав порошков сплавов Ti50Ni50, Ti28Ni50Hf22 и Ti28Ni50Hf12Zr10

Сплав	Фаза	Стр. тип	% об.	Периоды, нм
Ti ₅₀ Ni ₅₀	B2 - фаза	cP2/1	79,5	$a = 0,3009$
	B19' - фаза	mP4/2	7,5	-
	R - фаза	hP18/61	13	-
Ti28Ni50Hf22	B2 - фаза	cP2/1	2	$a = 0,3070$
	B19' - фаза	mP4/2	98	$a = 0,3084$ $b = 0,4068$ $c = 0,4921$ $\beta = 103,792$
Ti28Ni50Hf12Zr10	B2 - фаза	cP2/1	3	$a = 0,3051$
	B19' - фаза	mP4/2	97	$a = 0,3061$ $b = 0,4078$ $c = 0,4882$ $\beta = 103,372$

Рисунок - ДСК-кривые порошков сплавов Ti50Ni50 , Ti28Ni50Hf22 и Ti28Ni50Hf12Zr10

На рисунке представлены ДСК-кривые для порошков сплавов Ti50Ni50 , Ti28Ni50Hf22 и Ti28Ni50Hf12Zr10 . На всех трех кривых присутствуют эндотермические пики, которые соответствуют температурам плавления данных сплавов.

В ходе работы были определены температуры плавления порошковых сплавов Ti50Ni50 , Ti28Ni50Hf22 и Ti28Ni50Hf12Zr10 , которые составили 1257 , 1280 и 1223°C соответственно. Установлено, что для порошкового гидридно-кальциевого сплава TiNi температура плавления составляет 1257°C , что на 53°C меньше температуры плавления литого сплава согласно [3]. Можно предположить, что это связано с рядом факторов, например адсорбированными газами, дисперсностью порошка, а также отклонением от стехиометрии сплава в порошковом состоянии. Легирование бинарного никелида титана гафнием в количестве 22 ат. % повышает температуру плавления TiNi . Однако комплексное легирование никелида титана цирконием и гафнием, в количестве 10 и 12 ат. % соответственно, понижает температуру плавления TiNi . Таким образом, установлено неоднозначное влияние тугоплавких элементов Zr и Hf на температуру плавления бинарного порошкового сплава TiNi .

1. Лихачев В.А., Кузьмин С.Л., Каменцева З.П. Эффект памяти формы. Л.: ЛГУ, 1987. 218 с.
2. Ооцука К., Симидзу К., Судзуки Ю. и др. Сплавы с эффектом памяти формы. М.: Металлургия, 1990. 224 с.
3. Хачин В.Н., Пушин В.Г., Кондратьев В.В. Никелид титана: Структура и свойства. М.: Наука, 1992. 160 с.
4. G.S. Firstov, J. van Humbeeck and Y. Koval. High temperature shape memory alloys problems and prospects // *Intell. Mater. Syst. Struct.* – 2006. Vol. 17. PP 1041 – 1047.
5. J. Ma, I. Karaman and R. D. Noebe. High temperature shape memory alloys // *Int. Mater. Rev.* – 2010. – PP. 257 - 315.
6. H.E. Karaca, E. Acar, H. Tobe, S.M. Saghaian. NiTiHf-based shape memory alloys // *Materials Science and Technology.* – 2014. – PP 1530 – 1544.

7. R. Noebe, T. Biles, and S.A. Padula. NiTi-based high-temperature shape-memory alloys: properties, prospects and potential applications, in *Advanced structural materials: properties, design optimization and applications*, (ed. W.O. Soboyejo and T.S. Srivatsan); 2007, New York, Taylor & Francis Group.
8. Z. Zhang, J. Frenzel, K. Neuking and G. Eggeler. Vacuum Induction of Ternary NiTiX (X = Cu, Fe, Hf, Zr) Shape Memory Alloys Using Graphite Crucibles // *Materials Transaction*. – 2006. – PP. 661 – 669.
9. М.Ю. Коллеров, А.А. Ильин, И.С. Полькин, А.С. Файнброн, Д.Е. Гусев, С.В. Хачин. Структурные аспекты технологии производства полуфабрикатов из сплавов на основе никелида титана // *Металлы*. 2007. № 5. с. 77 – 85.
10. М.Ю. Коллеров, А.В. Александров, Д.Е. Гусев. Влияние шихтового материала и метода выплавки на структуру и эффект запоминания формы слитков сплавов на основе никелида титана // *Технология легких сплавов*. 2012. № 2. с. 87 – 93.
11. Y. Tong, F. Chen, B. Tian, L. Li, Y. Zheng. Microstructure and martensitic transformation of Ti49Ni51-xHfx high temperature shape memory alloys // *Materials Letters*. – 2009. PP. 1869 – 1871.
12. Касимцев А.В. Физико-химия и технология получения порошков интерметаллидов, тугоплавких соединений и композиционных материалов гидридно-кальциевым методом: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.16.06. – М: Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 2010. – 44 с.
13. А.В. Касимцев, Г.В. Маркова, А.В. Шуйцев, Ю.В. Левинский, Т.А. Свиридова, А.В. Алпатов, Изменение структуры при консолидации гид-ридно-кальциевых порошков интерметаллида TiNi // *Металлург* 2014. № 11. С. 108-114.
14. А.В. Касимцев, Г.В. Маркова, А.В. Шуйцев, Ю.В. Левинский, Т.А. Свиридова, А.В. Алпатов, Порошковый гидридно-кальциевый интерме-таллид TiNi // *Известия ВУЗов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия*. 2014. № 3. С. 31-37.
15. А.В. Касимцев, Г.В. Маркова, А.В. Шуйцев, Т.А. Свиридова, С.С.Володько. Изменение структуры и свойств порошкового гидридно-кальциевого никелида титана при ротационной ковке // *Технология легких сплавов*. 2016. № 3. С. 44 – 52.
16. Процессы порошковой металлургии. В 2-х т. Т. 2. Формование и спекание: Учебник для вузов / Либенсон Г.А., Лопатин В.Ю., Комарницкий Г.В. – М.: МИСИС, 2002. – 320 с.

Грачев С.П.

Моделирование и анализ точности механической обработки методом конечных элементов

*ФГБОУ ВО Вятский государственный университет
(Россия, Киров)*

doi: 10.18411/sr-10-12-2017-09

idsp: 000001:sr-10-12-2017-09

Аннотация

В статье рассмотрен пример анализа точности обработки детали малой жесткости путем моделирования напряженно-деформированного состояния процесса механической обработки методом конечных элементов.

Ключевые слова: технологическая подготовка производства, точность обработки, метод конечных элементов.

Наиболее трудоемкий и ответственный этап подготовки производства нового изделия – этап технологической подготовки производства. Ошибки при выборе стратегических решений, определяющих операции технологических процессов, варианты конструкций оснастки, специального инструмента, в дальнейшем оборачиваются значительными экономическими потерями.

Использование методов математического моделирования, особенно на первых этапах технологической подготовки, уменьшает вероятность возможных ошибок, повышает качество работ, снижает затраты и сроки технологической подготовки.

Данная статья посвящена исследованию напряженно-деформированного состояния процесса механической обработки детали малой жесткости, с целью оценки точности, получаемых после обработки размеров.

Деталь, в виде тонкого кольца, изготавливается из титанового сплава.