

ИЗНОСОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

© П. А. Мироненко, С. Л. Каныгин

Дніпропетровський національний університет

Вивчено вплив складу і кінетичних параметрів рідкофазного спікання на структуру і фізико-механічні властивості зносостійких матеріалів на основі нержавіючої сталі. Встановлено закономірності впливу структурних змін на властивості матеріалів.

При изготовлении узлов трения для ракетно-космической техники часто бывают необходимыми такие комбинации материалов, которые одновременно обладают коррозионной стойкостью к действию окружающей среды и не поддаются истиранию и износу. Для работы в коррозионно-агрессивных средах большой интерес представляют пары трения, в процессе работы которых есть скользящий контакт металла в условиях ограниченной смазки или при полном отсутствии таковой. Крайне желательно, чтобы один из элементов в паре трения был изготовлен из аустенитной нержавеющей стали, обладающей высокой коррозионной стойкостью и требуемым комплексом механических характеристик. Однако нержавеющие стали, будучи самосопряжены при скользящем контакте, имеют тенденцию к истиранию и образованию задиров.

Одним из путей решения указанной проблемы является создание новых износостойких материалов, обладающих повышенной стойкостью к истиранию для работы в контактной паре с нержавеющими сталями и другими материалами.

С целью получения высокоплотных износостойких деталей изучали физико-механические свойства и структуру порошковой нержавеющей стали X18H15, легированной Ni-Cr-Si-B-порошком с высокой твердостью (65 HRC) и температурой плавления 1040 °C, что обеспечивает образование жидкой фазы в интервале температур спекания (1200—1300 °C) нержавеющей стали. Исследовали образцы с массовой долей лигатуры 2.5...10 %, плотность которых после прессования составляла 84 % от теоретической. Образцы спекали в вакууме при температуре 1270±10 °C. После разной продолжительности спекания процесс прерывался. Это позволило привязать металлографическую структуру образцов к их механическим характеристикам.

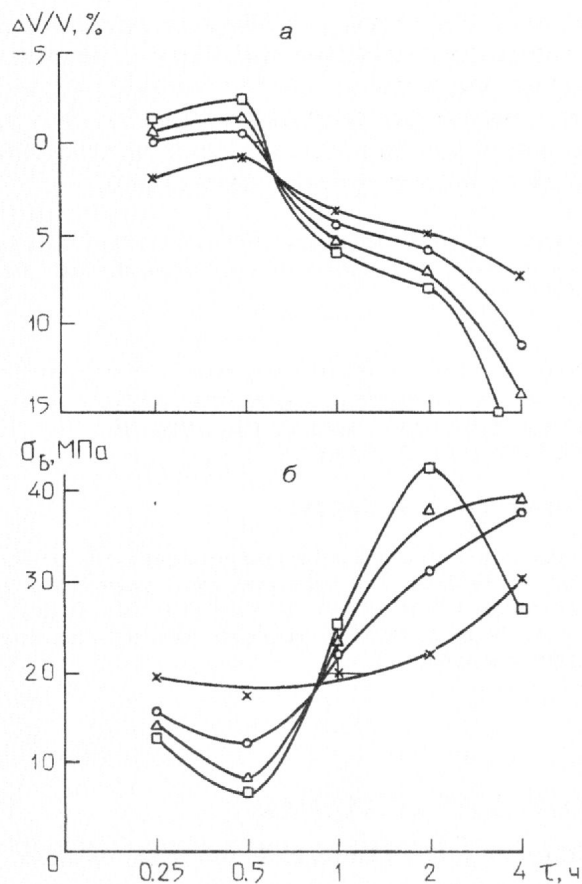
Результаты измерения усадки и предела прочности нержавеющей стали X18H15 с Ni-Cr-Si-B лигатурой после спекания в интервале изотермических выдержек от 0.25 до 4 ч приведены на рис. 1.

Процесс жидкофазного спекания порошковых тел из смесей X18H15 и Ni-Cr-Si-B лигатуры происходит в две стадии. Первая стадия начинается после возникновения расплава, его растекания по объему порошкового тела и установления контакта с нержавеющей сталью. Ее продолжительность зависит от исходной пористости образцов, размеров частиц твердой фазы, температуры спекания и составляет минуты. Увеличение пористости облегчает растекание жидкой фазы; уменьшение среднего размера частиц увеличивает суммарную площадь взаимодействия компонентов; повышение температуры увеличивает диффузную подвижность атомов и сокращает продолжительность первой стадии. Отличительной ее чертой есть возрастание объема прессовок (рис. 1, а), который обусловлен диффузией атомов лигатуры на основе никеля из жидкой фазы в твердую.

Вторая стадия жидкофазного спекания системы X18H15 — Ni-Cr-Si-B характеризуется объемной усадкой порошковых тел, которое начинается после прекращения роста. Однако вторая стадия имеет место только в том случае, если при температуре спекания в равновесном состоянии состав спекаемой смеси попадает в область твердожидкого состояния. При недостаточном количестве лигатуры (менее 2.5 % мас.) процесс спекания может завершиться на первой стадии одним только ростом.

В связи со сложным характером изменения объема прессовок при жидкофазном спекании важно выяснить особенности сплавообразования и изменения микроструктуры на разных этапах процесса.

После спекания на протяжении 0.25 ч при низ-



Изменение усадки (а) и предела прочности (б) нержавеющей стали X18H15 в зависимости от содержания лигатуры и длительности спекания: крестики — 2.5, кружки — 5, треугольники — 7.5, квадратики — 10 мас. % лигатуры

ком содержании лигатуры в местах пребывания Ni-Cr-Si-B фазы образуются поры, которые свидетельствуют о проникновении жидкой фазы в твердую матрицу (эффект Киркендалла [1]).

Увеличение концентрации лигатуры в смеси до 10 % качественно не изменяет ход кривой уплотняемости и микроструктуры на начальных стадиях спекания. На стадии роста после появления жидкой фазы в местах ее контакта с нержавеющей сталью происходит локальное диспергирование частиц твердой фазы. Взаимодействие распространяющейся жидкой фазы с частицами стали X18H15, находящимися в твердой фазе, осуществляется преимущественно по границам зерен, что приводит к образованию вдоль них прослоек расплава и распаду частиц на отдельные фрагменты. На стадии усадки прессовок формируется полиэдрическая структура. В первую очередь она возникает на месте более мелких частиц Ni-Cr-Si-B лигатуры,

потом охватывает весь объем образца. Одновременно наблюдается увеличение среднего размера зерен, в основном за счет исчезновения самых мелких зерен и появления на их месте более крупных. При достижении определенной продолжительности изотермической выдержки и насыщения расплава Ni-Cr-Si-B лигатурой между твердой и жидкой фазами устанавливается химическое равновесие, при котором становится возможным рост зерен путем перекристаллизации через расплав, то есть за счет растворения мелких зерен и роста больших.

Однако, в какой момент наступает равновесие, сказать сложно, так как структуры, которые относятся к различным стадиям усадки, не отображают в чистом виде той картины, которая имела место в процессе спекания. Она существенным образом изменяется в результате кристаллизации жидкой фазы при охлаждении. При этом величина вклада в формирование структуры спекаемого материала любого из двух рассмотренных механизмов зависит от соотношения твердой и жидкой фаз в условиях равновесия и продолжительности спекания.

Рост плотности материалов сопровождается увеличением прочностных характеристик (рис. 1, б). Снижение предела прочности в материале, содержащем 10 % лигатуры, вызвано выделением закристаллизовавшейся жидкой фазы по границам зерен.

Полученные результаты дают основание предположить, что в исследуемой системе уплотнение прессовок при непродолжительном времени изотермического спекания осуществляется главным образом в результате растворения частиц нержавеющей стали X18H15 в жидкой фазе, и следовательно, преобладающим механизмом формирования полиэдрической структуры сплава с 5–10 % Ni-Cr-Si-B лигатуры является растворение частиц твердой фазы в жидкой и ее кристаллизация при охлаждении на частицах, которые не растворились. Интенсивный рост зерен на следующей стадии изотермической выдержки связан с явлением растворения-осаждения.

Поскольку при жидкофазном спекании происходит образование сплава, один из компонентов которого находится в жидком состоянии, для понимания процессов, которые протекают при спекании, принципиально важное значение имеет вопрос о механизме диффузионного взаимодействия твердой и жидкой фаз. Выполненные исследования позволяют утверждать, что взаимодействие должно начинаться путем возникновения преобладающего диффузного потока атомов из жидкого металла в твердый. Проникновение атомов из расплава изменяет состав твердой фазы так, что температура плавления ее поверхностного слоя по сравнению с основой и исходным состоянием будет сниженной. Следова-

тельно, уменьшение межатомных сил взаимодействия в решетке в присутствии атомов второго компонента вызовет снижение энергетического барьера перехода атомов твердой фазы в расплав. Такой механизм перехода твердого металла в контактирующий с ним жидкий металл, подтверждается тем, что на поверхности твердых частиц, которые прилегают к жидкой фазе, по данным микроанализа и измерений микротвердости, обнаруживается слой твердых растворов. Их образование вносит основной вклад в развитие процесса контактного плавления.

Таким образом, диффузия атомов из жидкой фазы в твердую играет первостепенную роль в технологических процессах, где имеет место взаимодействие между твердой и жидкой фазами и является основным процессом, который контролирует и определяет знак и величину объемных изменений прессовок из смеси порошков нержавеющей стали X18H15 и Ni-Cr-Si-B легированной при жидкофазном спекании. Изучение процессов фор-

мирования структуры и свойств систем с взаимно растворимыми компонентами при жидкофазном спекании позволило определить температурно-временные параметры спекания и разработать технологические режимы изготовления износостойких деталей на основе нержавеющих сталей.

1. Савицкий А. П. Жидкофазное спекание систем с взаимодействующими компонентами. — Новосибирск: Наука, 1991.—184 с.

WEAR-RESISTING MATERIALS ON THE BASIS OF STAINLESS STEELS OBTAINED A POWDER METALLURGICAL TECHNIQUE

P. A. Myronenko, S. L. Kanygin

The influence of a structure and kinetic parameters of a liquid-phase sintering on the frame and physicomechanical properties of wear-resisting materials is studied on the basis of a stainless steel. It is established the regularity of the structural changes influence on the properties of materials.

УДК 621.762.2

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ СОСТАВОМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ ПРИ ИХ ПОЛУЧЕНИИ МЕТОДОМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО РАСПЫЛЕНИЯ РАСПЛАВОВ

© Д. В. Павленко, С. Г. Бондаренко

Науково-дослідний інститут енергетики Дніпропетровського національного університету

Робиться спроба оцінити ступінь впливу різних параметрів на процес руйнування струменя розплавленого металу під дією надзвукового газового потоку. Визначено характер впливу окремих параметрів процесу на якість порошку олова. Визначено деякі параметри технологічного процесу, при яких забезпечується високий рівень виходу порошку.

Совершенствование методов получения порошков металлов, создание принципиально новых технологий и новых видов порошков являются весьма важными проблемами. Решение таких проблем предусматривает более широкое применение фундаментальных исследований в этой области.

Диспергирование расплавов сверхзвуковой газовой струей является одним из наиболее перспективных способов получения металлических порошков. Его отличают малые затраты энергии, высокая производительность и технологичность процесса, широкие возможности его автоматизации.

Для нахождения оптимальных параметров процесса распыления с целью получения порошка с

заданными характеристиками необходимо исследовать физическую сущность всего многообразия явлений, протекающих при распылении, а также оценить степень влияния каждого из них на конечные характеристики порошка. Исследование процессов в металлогазовом факеле интересно также для развития теории диспергирования и углубления представлений о технологии получения распыленных металлических порошков.

Процессы, которые протекают при диспергировании расплавов во время взаимодействия газового потока с расплавом и взаимодействия отдельных капель, определяют конечные характеристики порошков и в первую очередь гранулометрический