

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Чердынцева Виктора Викторовича на тему: «Твердофазное формирование квазикристаллических фаз в системах Al-Cu-Fe и Al-Cu-Cr», представленной на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Квазикристаллы характеризуются симметрией, запрещённой в классической кристаллографии, и наличием дальнего порядка. С точки зрения структуры, квазикристаллы имеют промежуточное положение между кристаллами и аморфными телами, что предопределяет уникальный характер их физико-механических свойств: аномально большое значение электросопротивления; конечный, как и у металлов, линейно зависящий от температуры электронный вклад в удельную теплоёмкость. Интересны упругие и пластические свойства квазикристаллов. По упругим свойствам квазикристаллы гораздо ближе к аморфным металлам, чем к кристаллам. Высокая сила сопротивления движению дислокаций в квазикристалле делает их менее пластичными и соответственно реальными кандидатами на роль эффективных упрочнителей в сплавах. Из-за высокой хрупкости применение квазикристаллов в качестве конструкционных материалов затруднительно и не выгодно. Напротив, использование квазикристаллических порошков в качестве наполнителей в композиционных материалах, в частности, на основе алюминия имеет большие перспективы как в экономическом, так и в технологическом плане.

Одним из наиболее перспективных методов получения квазикристаллических композиционных порошковых материалов является твердофазное деформационное воздействие, включающее механоактивационную обработку исходных порошков с последующим уплотнением динамическими нагрузками. Однако в настоящее время в литературе имеется ограниченное количество публикаций, посвященных исследованию процессов формирования квазикристаллических порошковых сплавов на основе алюминия при механическом сплавлении и последующей термической обработке, а также изучению процессов структурообразования и эволюции фазового строения в таких сплавах.

Изложенные выше обстоятельства определяют актуальность диссертационной работы Чердынцева В.В., посвященной выявлению фундаментальных закономерностей фазовых и структурных превращений при твердофазной деформационной обработке и последующем нагреве, определяющих формирование квазикристаллических фаз в системах Al-Cu-Fe и Al-Cu-Cr.

Среди наиболее значимых научных достижений автора, составляющих научную новизну работы, следует назвать, прежде всего, определение значений стандартных энталпий образования упорядоченных по структурному типу B2 трехкомпонентных твердых растворов на основе α -Fe. Механическим сплавлением и последующим отжигом получена декагональная квазикристаллическая фаза в системе Al-Cu-Cr. Установлена возможность формирования моноквазикристаллов как путём роста из жидкой фазы, так и по механизму вторичной рекристаллизации.

Предложен механизм формирования квазикристаллической фазы путем атомного упорядочения в тройных интерметаллидах, обеспечивающийся топологически сходными структурными элементами и атомными конфигурациями в квазикристалле и его кристаллических предшественниках, предложенный механизм экспериментально подтверждён обнаружением в зёрнах квазикристаллов выделений с кубической гранецентрированной структурой, изоструктурной квазикристаллу.

Установлено, что эволюция макроструктуры и гранулометрического состава порошков систем Al-Cu-Fe и Al-Cu-Cr при механическом сплавлении обусловлена конкуренцией процессов холодной сварки и хрупкого разрушения.

Экспериментально установлен и описан механизм фазовых превращений при нагреве подвергнутых твердофазной деформационной обработке сплавов, заключающийся-

ся в плавлении микрообъемов в соответствии с невариантными превращениями в тройных системах.

Совместной механоактивацией порошков алюминия и квазикристаллического сплава $Al_{65}Cu_{23}Fe_{12}$ получены металломатричные композиционные порошковые материалы. Показано, что продолжительность механоактивационной обработки при получении композиционных материалов не оказывает влияния на температуру начала химического взаимодействия квазикристалла с алюминием, но интенсивность этого взаимодействия существенно возрастает при увеличении продолжительности механоактивации.

Положительной оценки заслуживает практическая значимость работы. Большое прикладное значение имеет выявленный и реализованный эффект повышения термической стабильности структуры композиционных материалов при переходе от порошковых композитов к объемным: увеличение продолжительности механоактивации при формировании композиционных материалов способствует повышению физико-механических характеристик получаемых статическим компактированием порошков объемных композитов за счет улучшения адгезии квазикристаллического наполнителя к алюминиевой матрице. Получены образцы материалов, обладающие антифрикционными характеристиками, превосходящими традиционные материалы на алюминиевой основе, за счет упрочнения квазикристаллическим наполнителем достигнуто существенное увеличение износостойкости пар трения, изготовленных из композиционных материалов.

Для композитов на полимерной основе установлен эффект стабилизирующего воздействия квазикристаллов на реологическое поведение полимерных расплавов, обеспечивающий сохранение хорошей текучести расплава вплоть до содержания квазикристаллического наполнителя 40 мас. %. Показано, что введение квазикристаллов в полимерную матрицу приводит к повышению ударной вязкости композитов, при этом увеличение содержания квазикристаллов обеспечивает получение более высоких значений модуля упругости композитов, как при растяжении, так и при изгибе. Введение в полимер 5 мас. % квазикристаллического порошка повышает износостойкость при сухом трении в 50 раз.

Практически важным результатом проведенных исследований композиционных материалов является также установленный как для металлической, так и для полимерной матрицы эффект одновременного повышения износостойкости и снижения коэффициента трения за счет введения квазикристаллических наполнителей.

Представленные результаты достоверны, поскольку теоретические исследования выполнялись с использованием базовых положений и фундаментальных основ физики конденсированного состояния и физического материаловедения, а экспериментальные – с применением стандартных и оригинальных методик, современной технологической и аналитической аппаратуры.

Замечания:

1. Отсутствует описание методики проведения динамического и статического компактирования (с.с. 34, 35). При этом рис. 23 и подрисовочная подпись к нему содержат информацию, позволяющую предположить, что компактирование проводилось методом выдержки под давлением, т.е. статическими нагрузками. Стиль изложения текста последнего и предпоследнего абзаца на с. 35 позволяют предположить также, что изображения выделений в зерне алюминиевой матрицы на рис. 24 получены на образце после динамического компактирования. Тем не менее, нечеткое и неполное изложение информации, касающейся методики проведения экспериментов, своим следствием имеет двоякость толкования обсуждаемых автором результатов: когда проходило формирование выделений второй фазы – при механообработке и статическом компактировании с последующим их наследованием, или в процессе самого динамического компактирования, если автор подразумевает под ним выдержку под давлением? Следует здесь также подчеркнуть, что продолжительность динамического компактирования при штамповке на механических прессах и ковочных молотах составляет, соответственно, 50 – 100 и 2 – 8 мс [Hendrickson A. A., Machmeier P. M., Smith D. W. Impact forging of sintered steel preforms // Powder

Metallurgy. 2000. Vol. 43. No 4. P. 327 – 344]. Это ставит под сомнение возможность выделения фаз при динамическом компактировании. Однако, поскольку речь идет о квазикристаллических фазах, такая вероятность все-таки существует, что определяет целесообразность представления упомянутой информации и соответствующего обсуждения. Информация, приводимая в первом абзаце сверху на с. 37, не снимает указанных вопросов.

2. Отсутствует информация относительно методики проведения экспериментов по экструдированию композиций на основе этиленвинилацетата (с. 37). Помимо температуры и времени важной характеристикой процесса экструзии является коэффициент вытяжки. Каково было его значение? Проводилась ли оптимизация по этому параметру?

Указанные замечания не затрагивают основных положений рецензируемой работы и не сказываются на её общей положительной оценке. Диссертация Чердынцева В.В. является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения по получению квазикристаллических порошковых сплавов на основе алюминия при механическом сплавлении, последующей деформационной и термической обработке, обладающих нетривиальным сочетанием физико-механических и эксплуатационных свойств, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Считаю, что представленная работа содержит научную новизну, практическую ценность и удовлетворяет требованиям п. 2.2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», а ее автор, Чердынцев Виктор Викторович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры
«Материаловедение и технология машиностроения»
ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический
университет (НПИ) имени М.И. Платова»
346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, д.132;
Тел. +7 (8635) 255 486. E-mail: dvyu56.56@mail.ru.



Дорофеев Владимир Юрьевич

Подпись д. т. н., проф. Дорофеева Владимира Юрьевича заверяю:

18.03.2025

Учёный секретарь
ученого совета
ЮРГПУ (НПИ)




Холодкова Нина Николаевна