

ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Большой резерв в повышении свойств конструкционных материалов лежит в образовании поверхностных слоев на основе интерметаллидных соединений и фаз внедрения. В данной статье представлены структурные и физико-химические особенности интерметаллидных соединений и фаз внедрения. Интерметаллиды обладают, как правило, высокой твердостью и высокой химической стойкостью, сохраняют упорядоченную структуру вплоть до температуры плавления.

Ключевые слова: интерметаллидные соединения, интерметаллиды, структурный тип, сплавы, кристаллическая решетка.

Интерметаллидными соединениями принято называть уникальный класс материалов, которые сохраняют упорядоченную структуру вплоть до температуры плавления. Дальний порядок обеспечивает более сильную межатомную связь [1–2].

Впервые опубликовали информацию об исследованиях диаграммы системы Ni–Al около 1908 г.

Фриц Лавес в 1936 году оказался способен выявить кристаллическую структуру большого числа интерметаллических соединений. И вскоре эти соединения стали называться — Фазы Лавеса [3].

Интерметаллиды возникают вследствие взаимодействия элементов при сплавлении, конденсации из пара и при реакциях в твердом состоянии из-за взаимной диффузии (при химико-термической обработке), при распаде пересыщенного твердого раствора одного металла в другом, а также в результате интенсивной пластической деформации при механическом сплавлении.

В соединении структурного типа NiAs (рис. 1) или родственных типов Ni_2In , $NiTe_2$ или CdI_2 , которые представляют собой соединения переходных металлов подгрупп VIIб, VIIIб и металлов подгруппы Cu с элементами подгрупп IIIа–VIа (так называемые никель-арсенидные фазы), непроста природа химической связи, которая изменяется с переменной положения компонентов в периодической системе; в это же время меняется и состав интерметаллидов. Для соединений состава АВ присуща ковалентно-метал-

лическая связь; при преобразовании состава интерметаллидов от AB_2 (напр., $NiTe_2$) до A_2B (напр., Ni_2In) наблюдается изменение природы связи — от преобладающей ионно-ковалентной до металлической [4].

Алюминий, магний, медь, железо и их сплавы применяются в разработке материалов с более новыми свойствами. Распространенность этих сплавов обусловлена их общими функциональными свойствами, механическими свойствами, небольшим удельным весом, стойкостью к коррозии и успешной механической обработкой. Легкие сплавы металлов, такие как магний и алюминий, в настоящее время востребованы и широко используются в автомобильной, корабельной и авиационной промышленности. Такие сплавы часто содержат также одну или несколько присадок, таких как кремний, никель и марганец, и поэтому содержат довольно сложные фазовые диаграммы. Оценка свойств подобных многокомпонентных систем является сложной задачей, так как различные составляющие элементы могут образовывать различные фазы, появление которых зависит от соотношения компонентов интерметаллида (рис. 2) [5–6].

Предполагается, что в этой области материаловедения будут разработаны квазикристаллические наноматериалы с характерным сочетанием высокой прочности, низким коэффициентом трения и термической стабильностью, что сделает их востребованными для использования в машиностроении и т. п. (рис. 3).

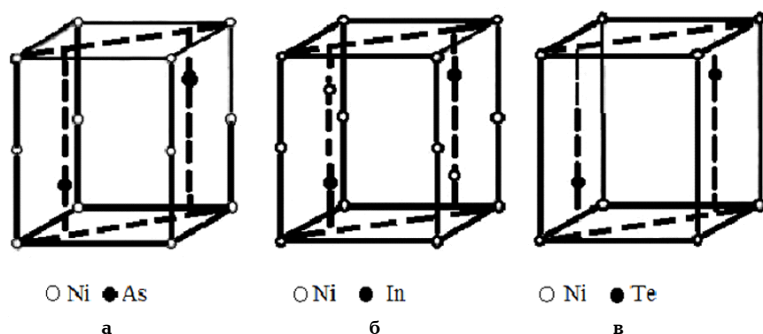


Рис. 1. Структура NiAs (а) и родственных соединений Ni_2In (б) и $NiTe_2$ (в)

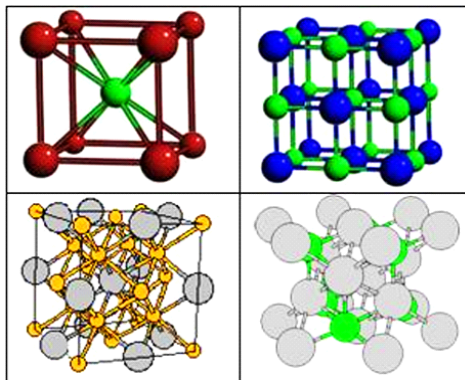


Рис. 2. Двухкомпонентные интерметаллиды

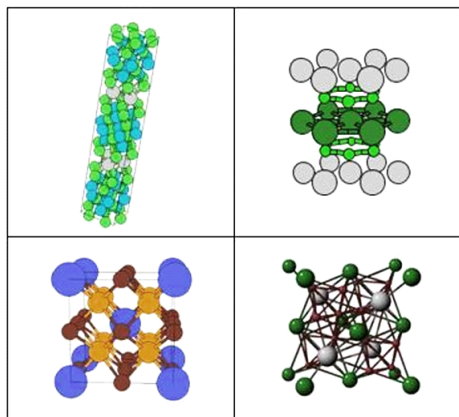


Рис. 3. Трехкомпонентные интерметаллиды

Для интерметаллидов характерны чаще всего металлический тип химической связи и специфические металлические особенности. Хотя среди интерметаллидов существуют также соединения с ионной связью (так называемые валентные соединения, образующиеся из элементов различной химической природы и представляющие собой стехиометрическое соединение): NaAu , соединения с промежуточным характером связи — ионно-металлической и ковалентно-металлической, а также соединения с ковалентной связью [7].

Физические и химические свойства интерметаллидов в большей степени напрямую зависят от природы химической связи, чем кристаллическая структура. Ионные интерметаллиды имеют особенности, характерные для солей, — высокая температура плавления, пониженная электрическая проводимость, наличие на диаграммах состояния узких областей гомогенности и др., многие разлагаются водой. Интерметаллидам с преобладающей металлической связью присущи свойства металлов, в особенности более или менее значительная способность к пластичной деформации. Однако же многие интерметаллиды различаются пониженным уровнем пластичности и сообщают повышенную хрупкость сплавам, в которых являются одной из структурных составляющих.

Свойства интерметаллидов, которые делают их более привлекательными, следующие:

- высокая прочность, которая не деградирует с возрастанием температуры;
- аномальная зависимость предела текучести;
- низкая плотность интерметаллидов, что приводит к высокому отношению прочность/плотность;

- высокие упругие модули;
- высокая стойкость к окислению [8–9].

Крайне необычны механические свойства интерметаллидов, очень чувствительные к воздействию температур. При обычных условиях большая часть очень тверды и хрупки. При температуре же, составляющей 70–90 % от их температуры плавления, интерметаллидам свойственно превращаться в пластичные тела. Главной причиной является возрастание доли металлической связи при нагревании. Использование некоторых материалов мешает недостаточная пластичность и вязкость. Существует несколько способов улучшения пластичности: модификация кристаллографической структуры, упрочнение границ, уменьшение размера зерен, переход к монокристаллам, появление столбчатой структуры. Помимо этого, улучшение пластичности может быть обеспечено за счет микро- и макролегирования [10].

Некоторые интерметаллиды применяют как магнитные материалы (SmCo_5 , Fe_3Ni , Cu_2MnAl и др.), сверхпроводники, аккумуляторы. Интерметаллиды входят в состав высокопрочных конструкций материалов (например, обеспечивают высокую прочность в дисперсионно-твердеющих сплавах на основе Al , Cu , Fe), жаропрочных сплавах, сплавах на основе Ni создает высокодисперсную микроструктуру, которая сохраняет высокую прочность в условиях долгой работы при повышенных температурах. На основе интерметаллидов разработаны защитные покрытия из тугоплавких металлов (Ni_3Al , Ni_3Nb , Ti_3Al и др.). Соединение TiNi используют для изготовления термочувствительных элементов и преобразователей тепловой энергии в механическую [11].

В целом, интерметаллиды значительно превосходят обычные металлы, сохраняют свою структуру и прочность при высоких температурах, обладают хорошими антикоррозионными и антифракционными свойствами.

Библиографический список

1. Гринберг Б. А. Интерметаллиды Ni_3Al TiAl : микроструктура, деформационное поведение. Екатеринбург: Уро РАН, 2002. 358 с.
2. Словари и энциклопедии на Академике. URL: <http://dic.academic.ru> (дата обращения: 15.09.2016).
3. StudFiles. URL: <http://www.studfiles.ru/preview/5737900/page:13/> (дата обращения: 15.09.2016).
4. ХиМиК. URL: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/1712.html> (дата обращения: 15.09.2016).
5. Лавес Ф. Кристаллическая структура и размеры атомов. М.: Металлургия, 1961. 119 с.
6. Тарасов А. В. Металлургия титана. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. 328 с.
7. Суперсплавы II. Жаропрочные материалы для аэрокосмических и промышленных энергоустановок. В 2-х кн.: пер с англ. / Под ред. Ч. Т. Симса, Н. С. Столоффа / под ред. Р. Е. Шалина. М.: Металлургия, 1995. Кн. 2. 384 с.
8. Козлов Э. В., Клопов А. А., Тайлашев А. С. Фазовые превращения в твердых растворах и сплавах // ОМА—2005: сб. тр. VIII Междунар. симпозиума, 12–16 сентября 2005 г., Сочи. Ростов н/Д, 2005. Ч. 1. С. 170–175.
9. Клопотов А. А., Ясенчук Ю. Ф., Абзаева Ю. А. Кристаллогеометрические факторы и области устойчивости соединений // Известия вузов. Физика. 2008. № 3. С. 7–17.
10. Григорович В. К. Электронное строение и термодинамика сплавов железа. М., 1970. 292 с.
11. Химия.Нет. URL: <http://ximiya.net/slovar/intermetallidy> (дата обращения: 15.09.2016).

ТИТОВ Юрий Владимирович, ассистент кафедры металлорежущих станков и инструментов.
Адрес для переписки: tytin-88@mail.ru
РЕЧЕНКО Денис Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры металлорежущих станков и инструментов.
Адрес для переписки: rechenko-denis@mail.ru

АРТЁМЕНКО Никита Сергеевич, аспирант кафедры металлорежущих станков и инструментов.
АНДРЕЙЧУК Андрей Юрьевич, студент гр. КТО-162 машиностроительного института.
Адрес для переписки: zaqwsxcde430@gmail.com

Статья поступила в редакцию 27.09.2016 г.
© Ю. В. Титов, Д. С. Реченко, Н. С. Артёмов,
А. Ю. Андрейчук

УДК 621.822

**А. А. ШАРГАЁВ
Н. Г. МАКАРЕНКО**

Омский автобронетанковый
инженерный институт,
г. Омск

ЭЛЕКТРОХИМИКОМЕХАНИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ ДОРОЖЕК КАЧЕНИЯ ПОДШИПНИКА

Предложено электрохимикомеханическое упрочнение дорожек качения меднографитным материалом для повышения ресурса подшипников. Выбраны методы проведения исследований для оценки характеристик подшипников по результатам эксперимента. Проведены упрочнение и приработка подшипников качения, выполнены стендовые и эксплуатационные испытания на автомобиле. Получены результаты остаточного ресурса деталей серийных и упрочненных образцов подшипников качения.

Ключевые слова: электрохимикомеханическое упрочнение (ЭХМО), подшипник качения (ПК), ресурс, микротвердость, шероховатость, вибродиагностика.

Надежность, ресурс машин и механизмов в значительной степени зависят от качества подшипников качения. В настоящее время ведущие производители подшипников проводят различные исследования в области повышения качества изготовления своей продукции. В то же время подшипники выпускаются без указания ресурса.

Повышение ресурса подшипников качения — важная задача, решение которой позволит обеспечить работоспособность машин, их качественные характеристики, сократить время простоев и повысить экономическую эффективность.

Анализ исследований, выполненных ведущими производителями подшипников качения, позволяет определить основные направления повышения ресурса [1–5]:

1. Повышение квалификации персонала и культуры труда на всех стадиях жизненного цикла подшипников.
2. Использование высококачественных материалов.
3. Применение новейших научных разработок в области материаловедения, трибологии и др.
4. Модернизация производства.
5. Использование современных смазочных материалов.
6. Непрерывное совершенствование системы менеджмента качества.

Применение известных направлений повышения ресурса подшипников не всегда позволяет достичь желаемых результатов и, как правило, связано со значительными материальными затратами, примене-

нием сложного оборудования или высокой трудоемкостью изготовления подшипников. Поэтому разработка методов, технологий повышения ресурса подшипников качения является весьма актуальной.

В статье приведены результаты эксперимента по повышению ресурса подшипника качения электрохимикомеханическим упрочнением дорожек качения (наружного, внутреннего кольца). Для оценки результатов эксперимента использовались методы вибродиагностирования, измерения микротвердости и шероховатости.

В качестве объекта испытаний выбран серийный конический роликподшипник, установленный в ступице автомобиля КамАЗ-4310, показан на рис. 1. Основные технические параметры подшипника приведены в табл. 1.

Электрохимикомеханическое упрочнение подшипника проводилось на токарном станке 16К20 с дополнительным оборудованием и приспособлениями.

В качестве оборудования использовалось: источник постоянного тока, устройство подачи и сбора рабочей жидкости. Приспособление — анод для упрочнения, изготовленный из меднографитного материала, установленный в державке с пружиной, обеспечивающей необходимое усилие прижатия к дорожке качения детали подшипника при обработке.

Суть электрохимикомеханической обработки заключается в следующем: деталь (внутреннее, наружное кольцо) подшипника качения закрепляется в патроне станка подключенного к «минусу» источника постоянного тока, которой придается вращение