

**Л.М. Гуревич, В.Г. Шморгун,
О.В. Слаутин, А.И. Богданов**

**СЛОИСТЫЕ
ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫЕ
КОМПОЗИТЫ И ПОКРЫТИЯ**

**Л.М. ГУРЕВИЧ, В.Г. ШМОРГУН,
О.В. СЛАУТИН, А.И. БОГДАНОВ**

**СЛОИСТЫЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫЕ
КОМПОЗИТЫ И ПОКРЫТИЯ**

Москва
Металлургиздат
2016

**Издание осуществлено за счет гранта
Российского научного фонда
(проект № 14-19-00418)**

УДК 620.22:669

ББК 30(36); (2)
С47

Рецензент: Заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой «Физическое и прикладное материаловедение» Донского государственного технического университета, д-р техн. наук, профессор В.Н. Пустовойт.

Л.М.Гуревич, В.Г. Шморгун, О.В. Слаутин, А.И. Богданов.
Слоистые интерметаллидные композиты и покрытия.
– М.: Металлургиздат. 2016. 346 с.

На собственных теоретических и экспериментальных данных, а также материалах некоторых других исследователей авторы раскрывают механизмы и закономерности формирования структуры и свойств слоистых металлоинтерметаллидных композитов и покрытий.

Книга может представлять интерес для специалистов отраслей промышленности (авиационная, ракетно-космическая, атомная энергетика, химическое машиностроение и др.), которые напрямую связаны с созданием новых материалов, сочетающих в себе высокие технико-эксплуатационные свойства с достаточно хорошей технологичностью их изготовления и низкой себестоимостью производства.

ISBN 9785902194866



© Л.М. Гуревич, В.Г. Шморгун, О.В. Слаутин,
А.И. Богданов, 2016
©Волгоградский государственный
технический университет, 2016
© ООО «Металлургиздат», 2016

Содержание

Глава 1. Слоистые металлоинтерметаллидные композиты – новый класс конструкционных материалов	6
1.1. Структура и основные механические свойства композиционных материалов	6
1.1.1. Особенности структуры	6
1.1.2. Основные механические свойства	12
1.2. Опыт и перспективы использования интерметаллидов и интерметаллидных соединений	20
1.2.1. Условия образования интерметаллидов между разнородными металлами и сплавами	20
1.2.2. Структура и физико-механические свойства интерметаллидных соединений	24
1.2.3. Технологии получения слоистых металлоинтерметаллидных композитов	33
Глава 2. Слоистые металлоинтерметаллидные композиты и покрытия системы алюминий – никель	43
2.1. Диаграмма состояния и свойства интерметаллидных соединений системы Al–Ni	43
2.1.1. Диаграмма состояния системы Al–Ni	43
2.1.2. Свойства интерметаллидных соединений системы Al–Ni и легированных композиций на их основе	46
2.2. Методы получения и свойства слоистых металлоинтерметаллидных композитов и покрытий системы Al–Ni	57
2.2.1. Самораспространяющийся высоко-температурный синтез (СВС)	57
2.2.2. Технология пакетной прокатки	62
2.2.3. Напыление и наплавка	67
2.2.4. Механическое легирование (механосинтез)	71
2.3. Технологии получения слоистых композитов и покрытий системы алюминий – никель с использованием энергии взрыва	73
2.3.1. Исследование диффузионных процессов в сваренных взрывом композитах системы Al–Ni	73

2.3.1.1. Закономерности формирования структурно-механической неоднородности на межслойных границах слоистых композитов при сварке взрывом алюминия с никелем	73
2.3.1.2. Кинетика формирования диффузионной зоны	79
2.3.1.3. Направление преимущественного массопереноса при отжиге слоистых композитов	84
2.3.1.4. Взаимодействие оплавленного металла с диффузионной зоной	88
2.3.1.5. Формирование структуры диффузионной зоны в присутствии жидкой фазы	90
2.3.2. Слоистые покрытия системы Al–Ni	94
2.3.2.1. Принципы конструирования покрытий	94
2.3.2.2. Оценка термических напряжений в слоистом покрытии	100
2.3.2.3. Влияние высокотемпературной термообработки на трансформацию структуры слоистых покрытий	102
2.3.2.4. Оценка срока службы Ni/Ni ₂ Al ₃ покрытия	108
2.3.2.5. Влияние легирования на кинетику диффузии в слоистых покрытиях	110
Глава 3. Алуминиды титана – новые аэрокосмические материалы	119
3.1. Диаграмма состояния системы Ti–Al	119
3.2. Кристаллическая структура и свойства алуминидов титана	123
3.3. Свойства слоистых титано-алюминиевых металлоинтерметаллидных композитов	137
3.4. Технологические процессы получения титано-алюминиевых металлоинтерметаллидных композитов	150
3.4.1. Особенности структуры титано-алюминиевых композиций, полученных сваркой взрывом и последующим деформированием	150
3.4.1.1. Получение заготовок титано-алюминиевых СМК сваркой взрывом	150
3.4.1.2. Особенности деформирования заготовок титано-алюминиевых композитов	155

3.5. Формирование интерметаллидных прослоек в слоистых титано-алюминиевых композитах	161
3.5.1. Формирование интерметаллидных прослоек в полученных взрывом слоистых титано-алюминиевых композитах	166
3.5.2. Влияние пластической деформации на скорость диффузии в сваренных взрывом титано-алюминиевых композитах	170
3.5.3. Формирование интерметаллидных прослоек при взаимодействии титана с расплавом алюминия	177
3.6. Прогнозирование свойств слоистых металлоинтерметаллидных титано-алюминиевых композитов	182
3.6.1. Микровердость двухфазных слоев с фрагментами алюминидов	182
3.6.2. Расчетная оценка прочности СММК системы титан–алюминий со сплошными прослойками	186
3.6.3. Расчетная оценка прочности СММК системы титан–алюминий с дуплексной прослойкой с различным содержанием фрагментов алюминидов	191
3.6.4. Влияние конструктивно-технологических факторов на теплопроводность титано-алюминиевых СММК	198
Глава 4. Медно-алюминиевые слоистые металлоинтерметаллидные композиты	207
4.1. Фазы и структурные составляющие в системе медь – алюминий	207
4.2. Диффузионные процессы на межслойных границах медно-алюминиевых композитов, полученных традиционными способами сварки	212
4.3. Диффузионные процессы в медно-алюминиевых соединениях, полученных сваркой взрывом	222
4.4. Свойства медно-алюминиевых композитов	229
4.4.1. Механические свойства	229
4.4.2. Оптимизация состава и конструкции СММК	231
4.4.3. Тепло- и электрофизические свойства СМК и СММК системы медь–алюминий	235

Глава 5. Титано-стальные слоистые металлоинтерметаллидные композиты	241
5.1. Фазы и структурные составляющие в сплавах системы титан – железо	241
5.2. Закономерности сварки взрывом титана со сталью	244
5.3. Структура и свойства оплавленных участков на границе раздела	245
5.4. Влияние нагрева на свойства соединений титана со сталью	249
5.5. Структура и свойства околосшовной зоны титано-стальных слоистых композитов после горячей прокатки	259
5.6. Диффузионные процессы в многослойных титано-стальных СМК	267
5.7. Механические свойства титано-стальных слоистых металлоинтерметаллидных композитов	291
5.8. Оптимизация состава и конструкции слоистых интерметаллидных композитов	295
5.9. Теплопроводность слоистого интерметаллидного композита системы титан – железо	298
5.10. Получение износостойких покрытий системы железо – титан	302
Библиографический список	305