

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ ТИТАНОМ РАСПЛАВОВ ИНДИЯ И ОЛОВА НА ПРОЧНОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ОПЛАВЛЕНИИ ПОВЕРХНОСТИ ОПТИЧЕСКОГО КВАРЦА

С.Д. Х е, В.Ф. К о в а л ь ч у к,
И.А. С т а ш к о в а, Р.А. А л е к с е е в а,
М.В. Ф у г м а н

Упрочняющие металлические покрытия, полученные методом на-мороживания [1], на поверхности оптических кварцевых волокон показали значительные преимущества перед покрытиями типа SiN_3 , SiC , TiC и др.

К примеру, покрытие из чистого олова приблизительно в два раза превышает прочность световодов в сравнении со световодами с полимерным покрытием, испытанными в различных температурных режимах.

В представляемой работе исследовалось смачивание расплавами олова и индия, легированных титаном, поверхности оптического кварца в широком температурном интервале, вплоть до температуры расстекловывания подложки.

За характеристику смачивания принимали угол θ , возникающий на границе раздела фаз расплав – твердая подложка под действием гравитационного поля и капиллярных сил.

В качестве основы металлических покрытий использовались чистое олово и сплавы олова, индия с титаном.

Как видно из рис. 1, с ростом температуры смачивание чистым оловом поверхности оптического кварца изменяется по линейному закону, если пользоваться классификацией по граничным значениям θ [2], в интервале от температуры плавления до 1600 К, чистое олово практически не смачивает подложку, а величина угла изменяется в интервале 150–140 градусов.

Несколько иная закономерность наблюдается при вводе в расплавы олова и индия небольших количеств титана (до 10 ат.%).

При достижении температуры порядка 1050–1300 К наблюдается резкое изменение режима смачивания. С ростом концентрации титана реализация условия полного смачивания сдвигается в высокотемпературную область, что согласуется с некоторыми литературными данными [3].

Такая закономерность изменения θ с температурой обусловлена влиянием титана на структурную устойчивость металлического расплава, находящегося в контакте с кварцевой подложкой, что сопровождается значительным изменением его кинетических и межфазных свойств, сопряженных с текучестью расплава под действием межфазных и гравитационных сил.

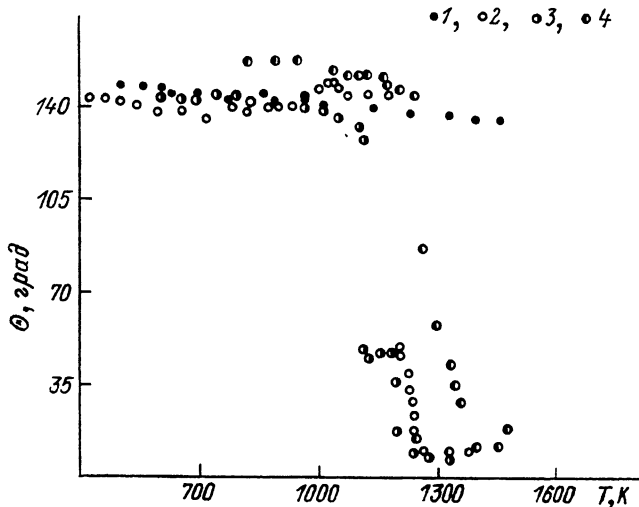


Рис. 1. Политермы смачивания расплавами индия и олова с титаном поверхности оптического кварца: 1 - расплавом Sn , 2 - $Jn + 7.14$ ат. % Ti , 3 - $Jn + 2.38$ ат. % Ti , 4 - $Sn + 2.46$ ат. % Ti .

Действительно, анализ действующих сил у периметра смачивания касающихся фаз показывает, что формирование абсолютной величины θ и скорости установления его равновесного значения в рассмотренном нами случае происходит под действием сил [4], баланс которых можно представить в виде соотношения:

$$\Delta\sigma_{одщ} + f_{кин} \left(\frac{dr}{dt} \right) + f_{кин}^{нов} \left(\frac{ds}{s dt} \right) + f_m \left(\frac{d^2 r}{dt^2} \right) + f_g(r) + f_\eta \left(\frac{dr}{dt} \right) = 0,$$

где $\Delta\sigma_{одщ}$ - неуравновешенное натяжение у периметра капли на твердой подложке; $f_{кин}$ - кинетическое сопротивление, обусловленное перестройкой ближнего порядка в жидкости при закреплении на твердой поверхности [5]; f_m - инерционное сопротивление (существенно при высоких значениях $\frac{dr}{dt}$ скорости перемещения периметра смачивания); f_g - сила гравитационного поля; f_η - величина силы вязкого сопротивления в объеме капли расплава.

Учитывая, что кинетическое и вязкое сопротивления, действующие у периметра и в объеме капли, на твердой поверхности близки по своей физической природе, можно отметить, что величина макрокраевого угла смачивания находится в прямой зависимости от структуры и времени формирования ближнего порядка в жидкости.

Возвращаясь к рис. 1, нельзя не заметить сложный ступенчатый характер изменения политерм смачивания, который обусловлен, по-видимому, присутствием гетерогенных зон в объеме расплава, диссоциация которых может происходить в некотором температурном интервале.

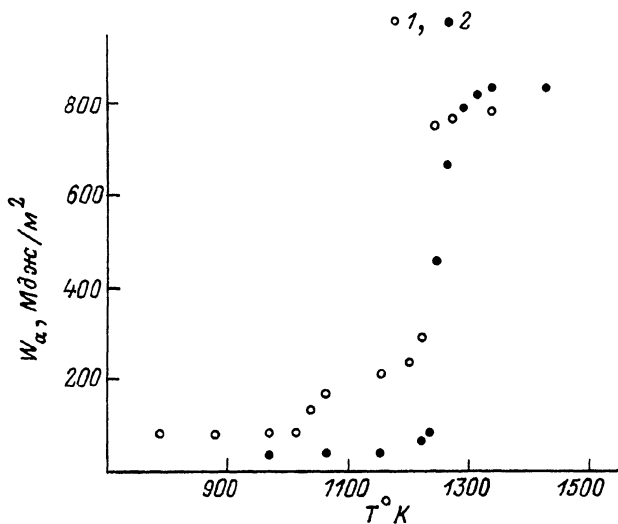


Рис. 2. Температурная зависимость работы адгезии капель расплава к поверхности кварца: 1 - расплава $Jn + 2.38$ ат. % Ti , 2 - $Sn + 2.46$ ат. % Ti .

Диаграммы состояния систем $Jn-Ti$, $Sn-Ti$ [6] предполагают наличие в расплавах группировок типа Me_2Ti_3 , устойчивость которых при рассматриваемых температурах будет определяться их структурой и стехиометрическим составом. Кроме того, не исключается возможность присутствия в расплаве группировок типа Me_3O_d , попадание которых неизбежно в процессе изготовления исходных сплавов.

Здесь уместно добавить, что сплавы готовились непосредственным сплавлением порошка титана с матричным расплавом в среде высокочистого гелия в емкостях из окислов бериллия.

В связи с тем, что в литературе отсутствуют данные по поверхностному натяжению бинарных расплавов $Jn-Ti$ и $Sn-Ti$, в рассмотренном нами температурном интервале мы воспользовались данными [7], полагая, что вклад титана в $\sigma_{жк}$ матричного расплава минимален в рассмотренном концентрационном интервале для оценки характера изменения работы адгезии капли расплава к поверхности оптического кварца с ростом температуры (см. рис. 2).

В таком приближении работа адгезии капли к подложке W_a в отмеченном температурном интервале скачкообразно возрастает на величину $\Delta W \approx 800$ МДж/м² для всех изученных расплавов с титаном. В рассмотренных случаях вклад легирования титаном матричных расплавов определяется не столько упрочнением межатомных связей жидкости с твердой подложкой, сколько увеличением поверхности межфазной границы за счет изменения поверхностных и кинетических свойств расплавов.

Действительно, в этом температурном интервале, согласно [8], происходит незначительное изменение поверхностного натяжения твердой подложки ($dg/dT \approx 0$).

Таким образом, выявленный характер влияния легирования титаном расплавов олова и индия позволяет прогнозировать получение более качественных упрочняющих металлических покрытий на поверхности оптического кварца из расплавов, а необратимость процесса при кристаллизации контролировать толщину покрытия при удалении избытка расплава над межфазным слоем.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Богатырев В.А. и др. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 9. С. 769-773.
- [2] Зимон А.Д. В кн.: Адгезия жидкости и смачивание, М.: Химия, 1974. 416 с.
- [3] Губенко А.Я. // ДАН СССР. 1980. Т. 254. № 1. С. 145-148.
- [4] Павлов В.В., Попель С.И. Сб.: Адгезия расплавов и пайка материалов. Киев.: Наукова Думка. 1978. В. 3. С. 47-52.
- [5] Сорокин Ю.В., Хлынов В.В., Есин О.А. Сб.: Поверхностные явления в расплавах. Киев. Наукова Думка, 1968. С. 350-354.
- [6] Элиот Р.П. Структура двойных сплавов. М.: Металлургия, 1970. Т. 2. С. 129-130.
- [7] Ниженко В.И., Флока Л.И. Поверхностное натяжение жидких металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1981. 208 с.
- [8] Самсонов Г.В. Физико-химические свойства окислов. М.: Металлургия, 1978. 471 с.

Уральский государственный
университет им. А.М. Горького

Поступило в Редакцию
20 февраля 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 13

12 июля 1989 г.

05.4

ОБРАЗОВАНИЕ СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ ФАЗЫ (123)
В МЕТАСТАБИЛЬНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ
 $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ

А.О. Комаров, Н.М. Котов,
А.С. Нигматулин, Ф.Н. Склокин

Воздействие реакторного облучения исследовалось в [1], где были получены данные о довольно низкой радиационной стойкости керамических материалов $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ по сравнению с традиционными сверхпроводниками. Однако вопрос о влиянии гамма-облучения