

(А-центр + водород) в этом случае. В образцах SiGe концентрация дефектов выше и отсутствует V-O-H-центр. Обращает на себя внимание смещение в область более низких температур (см. рисунок 2) пика 3, по сравнению с пиком 4. Это связано с влиянием полей упругих напряжений, возникающих в решетке кремния за счет присутствия атомов германия, на энергию ионизации E-центра [3]. Следовательно, примесь германия существенно влияет на свойства радиационных дефектов и, в том числе, может служить ловушкой для внедренных атомов водорода. Таким образом, снижение эффективности формирования H-доноров в SiGe обусловлено конкурирующим процессом захвата водорода атомами германия с образованием электрически неактивных комплексов.

Литература

1. Абдулин Х. А., Горелкинский Ю. В., Мукашев Б. Н., Токмолдин С. Ж. // ФТП. – 2002. – Т. 36. – № 3. – С. 257.
2. Покотило Ю. М. и др.// Неорганические материалы – 2009. – Т. 45 – № 11 – С. 1285.
3. Monakhov E. V., Kuznetsov A Yu., Svensson B. G. // J. Appl. Phys. – 2000. – Vol. 87. – P. 4629.

Е.В. Заяц (УО «ГГТУ им. П.О. Сухого», Гомель)

Науч. рук. **Н.В. Иноземцева**, к.т.н., доцент

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА В ЗОНЕ КОНТАКТА ПОКРЫТИЙ С МАТЕРИАЛОМ ОСНОВЫ ПРИ ПЛАКИРОВАНИИ

Процесс нанесения на металлическую основу металлического слоя покрытия путем совместной пластической деформации основы и плакирующего материала является достаточно перспективным вследствие высокой производительности и малой энергоемкости. Качество соединения между плакирующим и плакируемым материалом в значительной степени зависит от температуры в процессе их соединения пластической деформацией. Поэтому анализ величины тепловыделения от пластической деформации в зоне соединения при плакировании требует специального изучения. Это особенно актуально в случаях осуществления плакирования без дополнительного нагрева обрабатываемых материалов.

Следует отметить, что энергия, расходуемая на процесс плакирования и передаваемая от рабочих инструментов на совместно пластически

деформируемые металлы, т.е., расходуемая на пластическую деформацию, перераспределяется на несколько энергий, а именно на фрикционное тепловыделение, деформационное тепловыделение и на увеличение энергии упругой деформации.

Таким образом, часть любой механической энергии деформации превращается в теплоту. И это превращение по теории К.А. Кочергина [1] физически определяется сдвигами относительно друг друга элементарных кристаллов, зерен (кристаллитов), макроскопических объемов металла. Согласно его теории сдвиг металла в целом подчиняется макромасштабным измерениям и поэтому может оцениваться величиной температуры сдвига. Недостатками этой теории является то, что величина температуры в контакте зависит от времени межзеренного сдвига, что затрудняет практическое использование и учитывается только межзеренный сдвиг, что неправомерно, т.к. присутствует и внутризеренный сдвиг, роль которого более существенна в механизме пластической деформации металлов.

Пластическая деформация металла происходит в результате размножения и движения дислокаций. То есть при соединении материалов в твердой фазе на контактную поверхность выходят дислокации. В этих местах на контактных поверхностях возникают активные центры. Соединяемые металлы при плакировании испытывают пластическую деформацию, которая сопровождается выделением теплоты. Величина подогрева зависит от интенсивности пластической деформации. Тогда согласно теории Ю.Л. Красулина [2] и теории теплопроводности температура нагрева в зоне контакта разнородных материалов определяется:

$$T = \frac{2 \cdot q \sqrt{a_1 \cdot a_2 \cdot t}}{\lambda_1 \sqrt{a_2} + \lambda_2 \sqrt{a_1}} ; q = \rho_g \cdot q_g, \text{ Дж/м}^2\text{с} \quad (1)$$

где ρ_g – плотность дислокаций на поверхности металлической основы в зоне соединения с порошковым слоем, м^{-2} ; q_g – тепловая мощность элементарного источника тепла в месте выхода дислокации к поверхности в зоне соединения, с учетом времени выделения этой мощности, равного порядка 10^{-11} с, $q_g = 4,56 \cdot 10^{-9}$ Дж/с, где a_1 – температуропроводность металла плакируемой основы, $\text{м}^2/\text{с}$; a_2 – температуропроводность металла плакирующего слоя, $\text{м}^2/\text{с}$; λ_1 – теплопроводность металла плакируемой основы, $\text{Вт/м} \cdot \text{К}$; λ_2 – теплопроводность металла плакирующего слоя, $\text{Вт/м} \cdot \text{К}$; t – время процесса совместного пластического деформирования металлической основы и порошка плакирующего покрытия, с.

Недостатками этой зависимости является то, что отсутствует взаимосвязь величины температуры на контакте от скорости деформации, что также затрудняет использование этой зависимости.

Для устранения этого недостатка предложено ввести зависимость плотности дислокации от скорости деформирования. Для этого выразим величину ρ_g от скорости деформирования:

$$\rho_g = \frac{\gamma}{b \cdot v_g}, \text{ м}^{-2} \quad (2)$$

где γ – скорость деформации сдвига на поверхности контакта металлической основы с порошком, с^{-1} ; b – вектор Бюргерса, м; v_g – средняя скорость пробега дислокаций, м/с.

Величину v_g можно определить из [3]:

$$v_g = \frac{v_n \cdot \gamma_{\max} \cdot (\gamma_{\max} + 2) \cdot 10^6}{2 \cdot l \cdot b \cdot \rho_g \cdot (\gamma_{\max} + 1)}, \text{ м/с} \quad (3)$$

где v_n – скорость процесса деформирования, м/с; l – длина очага деформации, м; γ_{\max} – максимальная угловая деформация на поверхности металлической основы в зоне соединения, $\gamma_{\max} = \sqrt{3} \cdot \varepsilon_{\max}$, где ε_{\max} – максимальная главная деформация.

Исходя из (2)

$$\gamma = \rho_g \cdot b \cdot v_g, \text{ с}^{-1} \quad (4)$$

Подставляя в (4) выражение (3) получим:

$$\gamma = \frac{v_n \cdot \gamma_{\max} \cdot (\gamma_{\max} + 2) \cdot 10^6}{2 \cdot l \cdot (\gamma_{\max} + 1)}, \text{ с}^{-1} \quad (5)$$

Скорость пробега дислокаций определяется по формуле:

$$v_g = v_{3\theta} \cdot \exp\left(-\frac{A}{\tau \cdot T}\right), \text{ м/с} \quad (6)$$

где $v_{3\theta}$ – скорость звука в материале, где движутся дислокации, для металла $v_{3\theta} = 5 \cdot 10^3$ м/с; τ – действующее касательное напряжение, в зоне образования соединения, МПа; T – абсолютная температура в очаге деформации, К; A – константа материала, МПа·К.

Величина τ определяется для конкретной схемы деформации.

Подставляя выражения (5) и (6) в (2) получим:

$$\rho_g = \frac{v_n \cdot \gamma_{\max} \cdot (\gamma_{\max} + 2) \cdot 10^6}{2 \cdot l \cdot (\gamma_{\max} + 1) \cdot b \cdot v_{3\theta} \cdot \exp\left(-\frac{A}{\tau \cdot T}\right)}, \text{ м}^{-2} \quad (7)$$

Анализ зависимости (7) совместно с (1) показывает, что при постоянных физико-механических характеристиках обрабатываемых материалов величина нагрева в зоне соединения при плакировании тел тем больше, чем выше скорость деформирования, сдвиговая деформация и время процесса деформирования. Это подтвердилось проведением экспериментальных исследований по плакированию обратным выдавливанием, а также может качественно соответствовать практическому опыту.

Литература

1. Кочергин, К. А. Контактная сварка / К. А. Кочергин. – Л. : Машиностроение, 1987 – 256 с.
2. Красулин, Ю. Л. Микросварка давлением. / Ю. Л. Красулин, Г. В. Назаров. – М.: Металлургия, 1976 – 160 с.
3. Новиков, И. И. Дефекты кристаллической решетки металлов / И. И. Новиков – М.: Металлургия, 1968 – 320 с.

В. Н. Ильницкая (УО «БГПУ им. М. Танка», Минск)

Науч. рук. **К.А. Саечников**, к.ф.-м.н., доцент

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАЗЕРА НА КРАСИТЕЛЕ Р-6Ж В ТВЕРДОЙ МАТРИЦЕ С ЛАЗЕРНОЙ НАКАЧКОЙ

Лазерное излучение в силу своих специфических характеристик (монохроматичность, когерентность, направленность, мощность и др.) находит широкое применение в различных областях науки и техники. Для каждой конкретной задачи используется тот или иной тип лазера со своими наборами генерационных параметров. В этом ряду не последнее место занимают лазеры на красителях в силу возможности осуществления плавной перестройки частоты генерации в пределах полосы усиления красителя.

Известно, что для перестройки частоты лазерного излучения широко используются призмные системы или дифракционные решетки, а для дальнейшего сужения спектральной ширины линии применяются интерферометры Фабри-Перо. Однако, при работе с лазерами на растворах органических красителей возникают определенные трудности, связанные с низкой фотоустойчивостью используемых растворов красителей и выбором их концентрации, которую в процессе работы приходится корректи-