

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОТВЕРДОСТИ ФАЗЫ БРОНЗЫ В МУЛЬТИМОДАЛЬНОМ ПОКРЫТИИ, ПОЛУЧЕННОМ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКОЙ

Девойно О.Г., Кардаполова М.А., Луцко Н.И., Лапковский А.С.  
БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: nilucko@tut.by

В связи с практическим исчерпанием пределов упрочнения однокомпонентных материалов значительно возрастает роль композиционных материалов, в том числе композиционных упрочняющих покрытий. Особенно высокие физико-механические свойства показывает такой вид композиционных покрытий, как мультимодальные покрытия [1, 2]. Модой считается значение какого-либо признака (размера частиц упрочняющей фазы, величины пористости, вида материала), которые встречаются наиболее часто. Если имеют место несколько значений какого-либо признака, имеющие одинаковую частоту повторения, то покрытие является мультимодальным.

Лазерная наплавка имеет ряд преимуществ перед другими методами упрочнения, связанных с небольшими размерами наплавляемых валиков, минимальным перемешиванием материалов покрытия и подложки, хорошим сцеплением валиков друг с другом и с возможностью выбора режимов нанесения в широком диапазоне [3]. Эти свойства лазерной наплавки позволяют использовать ее для нанесения мультимодальных покрытий, путем чередования валиков из разнородных материалов. Такие покрытия могут использоваться как для упрочнения, так и для восстановления поверхностей деталей [4, 5].

Схема поперечного сечения такого покрытия, в котором чередуются валики из различных материалов, показана на рисунке 1.

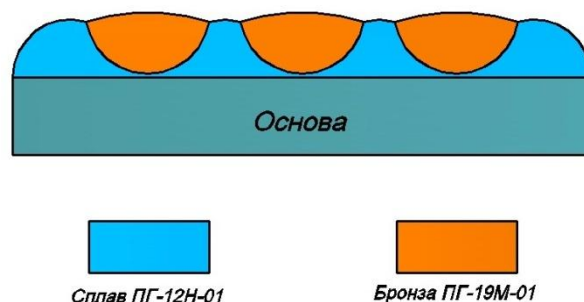


Рисунок 1 – Схема поперечного сечения мультимодального покрытия полученного чередованием валиков из различных материалов

В данной работе нами предпринята попытка исследовать распределение микротвердости в единичных валиках из бронзы ПГ-19М-01, нанесившихся как составляющая мультимодального покрытия, и выявить влияние режимов лазерной наплавки на величину микротвердости.

Для выполнения исследований применялся лазерный технологический комплекс, включавший газовый CO<sub>2</sub> лазер непрерывного действия типа «Комета 2» с мощностью излучения 1000 Вт и координатную систему с числовым программным управлением, обеспечивавшую необходимое перемещение наплавочной головки относительно наплавлявшихся образцов. Лазерная наплавка производилась при дистанциях наплавки 10, 12 и 14 мм, скоростях наплавки 100, 150, 200, 250 и 300 мм/мин, величине подачи порошка 12 г/мин. Наплавка выполнялась на образцы, изготовленные из стали 45, имевшие размеры 20x30x8 мм. В качестве наплавочного материала использовался порошок алюминиевой бронзы – ПГ-19М-01, имевший грануляцию 20-80 мкм.

После наплавки образцы разрезались в направлении перпендикулярном валикам наплавки, затем изготавливались поперечные шлифы валиков наплавки и производился замер микротвердости по глубине валиков. Измерения микротвердости производились при помощи микротвердомера ПМТ-3 при нагрузке 100 г по линии симметрии валиков из основы к поверхности покрытия с шагом 0,05 мм. Результаты для дистанций наплавки 12 и 14мм приведены на рисунке 2.

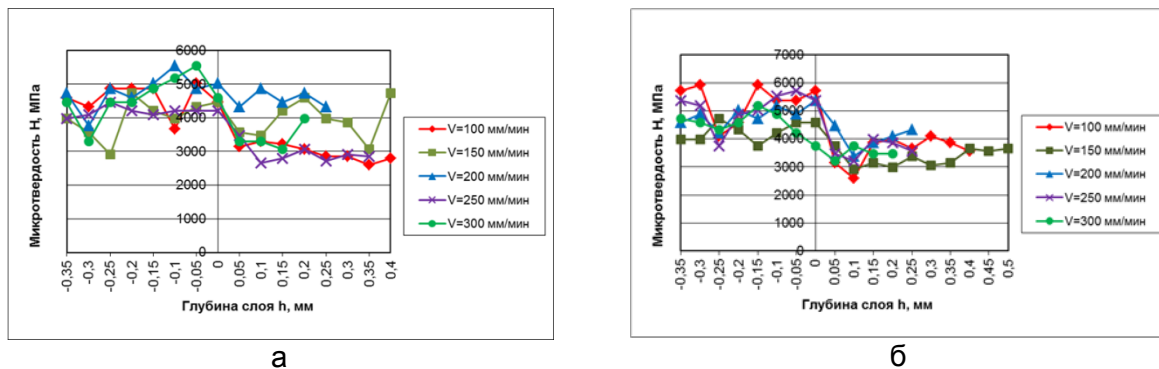


Рисунок 2 - Распределение микротвердости по глубине валика из бронзы ПГ-19М-01: а - при дистанции наплавки 12 мм; б – при дистанции наплавки 14 мм

Полученные результаты позволяют отметить следующее:

- При переходе из основы в покрытие наблюдается некоторое снижение микротвердости, которое увеличивается с увеличением дистанции наплавки, что свидетельствует о том, что величина переходной зоны уменьшается при росте дистанции наплавки;
- По глубине наплавленных валиков из бронзы ПГ-19М-01 микротвердость распределена достаточно равномерно при всех дистанциях наплавки, что говорит о равномерном перемешивании наплавляемого материала покрытия в ванне расплава. Небольшие колебания микротвердости по глубине валиков из бронзы свидетельствуют также о равномерном распределении фаз в покрытии;
- Наблюдается некоторое снижение микротвердости в валиках из бронзы ПГ-19М-01 при увеличении дистанции наплавки, что связано с изменением положения фокуса лазерного излучения относительно поверхности наплавки и разными условиями нагрева-охлаждения;
- Наивысшая микротвердость (5300 Мпа) отмечается при скорости наплавки 250 мм/мин и дистанции наплавки 10 мм;
- При скорости наплавки 100 мм/мин и дистанции наплавки 14 мм уровень микротвердости достаточно низок и составляет порядка 3000 Мпа.

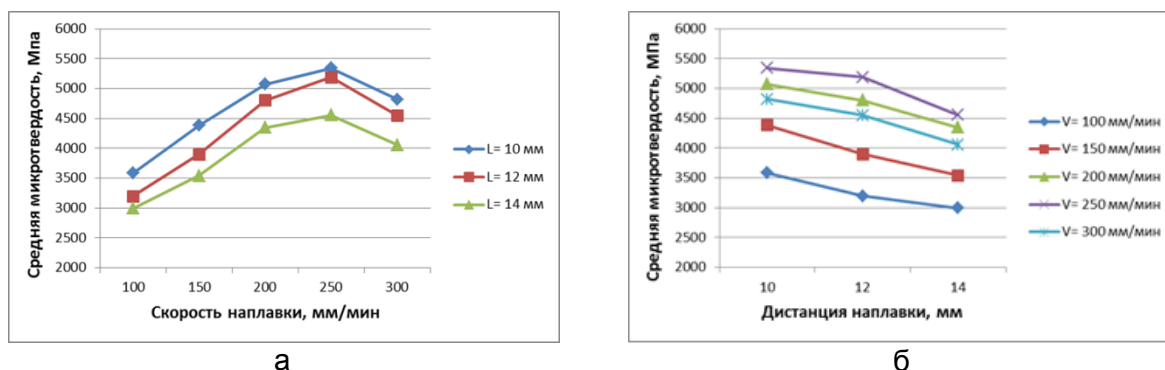


Рисунок 3 - Зависимость средней микротвердости в валиках из бронзы ПГ-19М-01 от скорости наплавки (а) и дистанции наплавки (б)

На рисунке 3а приведена зависимость средней микротвердости в валике бронзы ПГ-19М-01 от скорости наплавки. При малых скоростях наплавки и, соответственно, большом энергокладе в валиках из бронзы образуется достаточно крупнозернистая структура с низкой микротвердостью. С ростом скорости наплавки и уменьшением энергоклада в валики, величина зерна уменьшается, а микротвердость растет. При скорости наплавки 250 мм/мин формируется оптимальная зернистость структуры и наблюдается максимальная микротвердость. С увеличением скорости наплавки из-за уменьшения энергоклада в покрытие в нем создаются условия неполного сплавления материала валиков по границам зерен и микротвердость уменьшается.

На рисунке 3б показаны зависимости средней микротвердости в валиках из бронзы ПГ-19М-01 от дистанции наплавки. С увеличением дистанции наплавки изменяются условия поглощения энергии лазерного излучения потоком порошка и материалом покрытия. С увеличением дистанции наплавки, как видно из рис 3б, микротвердость валиков из бронзы ПГ-19М-01 снижается.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- Валики, полученные лазерной наплавкой алюминиевой бронзы ПГ-19М-01, отличаются равномерным распределением микротвердости по глубине валика. Максимальная величина средней для всех использовавшихся режимов микротвердости составляет 5300 Мпа, а минимальная – 3000 Мпа.

- Величина переходной зоны между покрытием и подложкой для валиков из бронзы ПГ-19М-01 зависит от скорости наплавки. При малой скорости наплавки переходная зона достаточно большая. С увеличением скорости наплавки переходная зона уменьшается. Тем не менее, при всех скоростях наплавки сохраняется металлургическая связь материала валиков с подложкой.

- Зависимости средней микротвердости материала валиков от скорости наплавки показывают, что максимальная микротвердость достигается при скорости наплавки 250 мм/мин. При больших и меньших скоростях наплавки микротвердость материала валиков уменьшается.

- Приемлемой дистанцией наплавки, с точки зрения наивысшей микротвердости следует считать дистанцию наплавки 10 мм.

Полученные в работе результаты могут быть использованы при нанесении мультимодальных покрытий из разнородных материалов методом лазерной наплавки.

Список использованной литературы

1. Ratajski, J. Mechanical properties of antiwear Cr/CrN multimodule coatings/ J. Ratajski , A. Gilewicz, P. Bartosik, L. Szparaga// Archives of Materials Science and Engineering. – 2015. – V. 75. - I. 2. – P. 35-45.
2. Gilewicz, A. The properties of multi-module and gradient coatings base on CrN/CrCN deposited on nitride 4140 steel/ A.Gilewicz, R. Olik, L. Szpraga, J. Ratajski// Problemy Eksploatacji – Maintenance Problems. – 2014. – I. 3. – P. 27-43.
3. Vilar, R. Laser cladding/ R. Vilar// Journal of laser applications. – 1999. – V. 11. – I. 2. - P. 64-79.
4. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок/ Под ред. В.Я. Панченко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – С.664.
5. Шишковский И.В. Лазерный синтез функционально-градиентных мезоструктур и объемных изделий. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009, - С. 424.