

ЭВОЛЮЦИЯ МИКРОТВЕРДОСТИ ПОКРЫТИЯ ИЗ БРОНЗЫ В ПРОЦЕССЕ ЕГО НАНЕСЕНИЯ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ

Шелег В.К., Кардаполова М.А., Луцко Н.И., Лапковский А.С., Пилецкая Л.И.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Лазерная наплавка является весьма перспективным методом нанесения покрытий и интересным объектом для исследователей. В силу своей специфики лазерная наплавка предъявляет особые требования к качеству покрытий, которое характеризуется различными параметрами, такими как микроструктура, распределение микротвердости, диффузия и т.д. [1].

В данной работе исследовалось распределение микротвердости в покрытии из бронзы ПГ-19М-01 на различных этапах его формирования методом лазерной наплавки, от единичных валиков до двухслойной структуры. Для нанесения покрытий применялся лазерный технологический комплекс, включавший газовый CO_2 лазер непрерывного действия «Комета 2» и координатную систему, обеспечивавшую необходимые перемещения наплавочной головки относительно образцов. Наплавка выполнялась на образцы из стали 45, мощность лазерного излучения составляла 1000 Вт, грануляция порошка – 20-80 мкм, расход порошка – 12 г/мин. Исследования микротвердости проводились на поперечных шлифах покрытий по глубине слоя. Для измерения микротвердости использовался микротвердомер ПМТ-3, нагрузка на индентор составляла 100 г.

Типичные результаты исследования микротвердости единичных валиков, одно- и двухслойных структур показаны на рисунках 1-3. Анализируя полученные результаты для единичных валиков (рисунок 1) и однослойного покрытия (рисунок 2), можно отметить, что микротвердость по глубине валика и по глубине однослойного покрытия распределены достаточно равномерно, что свидетельствует о равномерном перемешивании материала покрытия в ванне расплава и равномерном распределении фаз. Максимальная микротвердость для единичных валиков достигает 4700 МПа, а для однослойного покрытия – 3600 МПа. С увеличением шага наплавки микротвердость однослойного покрытия из бронзы увеличивается.

Для двухслойного покрытия (рисунок 3) можно выделить две зоны микротвердости по глубине покрытия. Зону со средней микротвердостью 2300 МПа, расположенную ближе к основе, которая, вероятно, связана с первым слоем покрытия. И зону со средней микротвердостью 2000 МПа, расположенную дальше от основы, которая, вероятно, связана со вторым слоем покрытия. В пределах каждой из этих зон микротвердость распределена равномерно, без резких колебаний. Величина микротвердости между этими зонами меняется плавно. В обеих зонах микротвердость увеличивается при росте шага наплавки.

Как можно заметить, в процессе формирования покрытия из бронзы от единичных валиков до двухслойной структуры, микротвердость покрытия уменьшается на каждой последующей стадии нанесения. Особенно хорошо это заметно на графиках зависимости средней микротвердости покрытия из бронзы от скорости наплавки на всех этапах нанесения (рисунок 4).

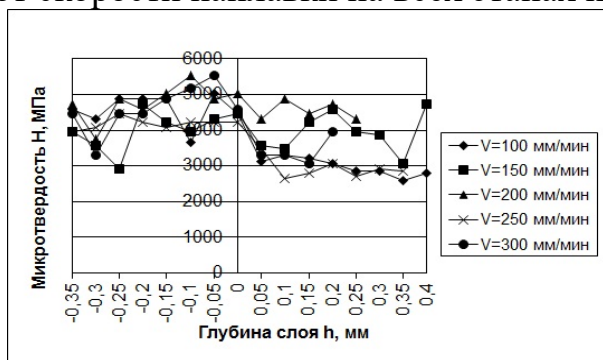


Рисунок 1 – Распределение микротвердости по глубине единичного валика

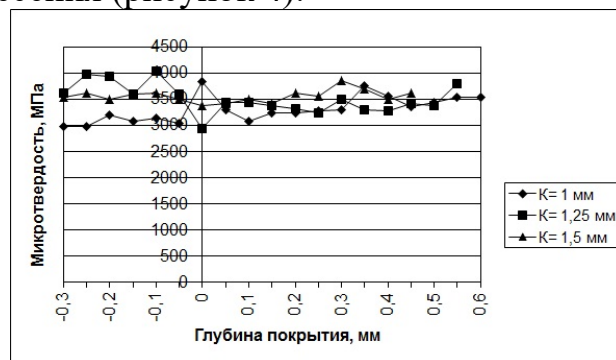


Рисунок 2 – Распределение микротвердости по глубине однослойного покрытия

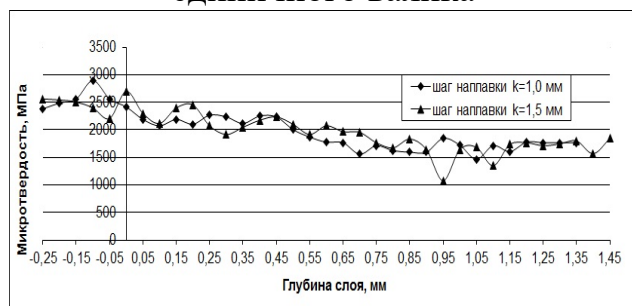


Рисунок 3 – Распределение микротвердости по глубине двухслойного покрытия

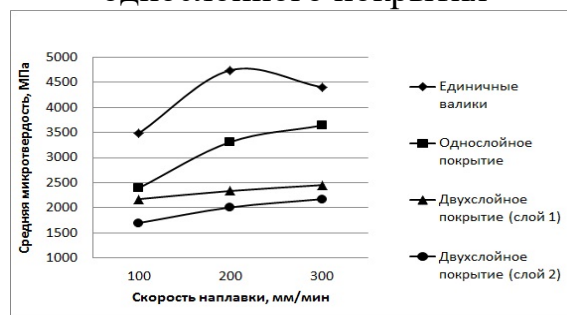


Рисунок 4 – Зависимости микротвердости от скорости наплавки

На начальной стадии образования покрытия, наплавке единичных валиков, покрытие из бронзы имеет высокую микротвердость, что связано с быстрым охлаждением валика и фиксацией в нем высокотемпературных фаз, а также с диффузией в валик железа из основы. Микротвердость однослойного покрытия из бронзы уже значительно ниже. Этому способствуют повторные нагревы при наплавке соседних валиков, вызывающие укрупнение структуры и образование менее высокотемпературных фаз. Повторяющиеся нагревы при наплавке второго слоя покрытия приводят к еще большему укрупнению структуры первого слоя покрытия и к большему содержанию в нем низкотемпературных фаз. Микротвердость первого слоя двухслойного покрытия получается меньше микротвердости однослойного покрытия из бронзы. Второй слой двухслойного покрытия имеет еще более низкую микротвердость, так он формируется из практически чистой бронзы, вследствие почти полного отсутствия диффузии в него железа из основы.

1. Vilar, R. Laser cladding/ R. Vilar// Journal of laser applications. – 1999. – V. 11. – I. 2. – P. 64-79.