

УДК 621.791.72  
МИКРОТВЕРДОСТЬ ФАЗ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО 3D-ПОКРЫТИЯ  
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ ЕГО НАНЕСЕНИЯ

В. К. ШЕЛЕГ, Н. И. ЛУЦКО, А. С. ЛАПКОВСКИЙ  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Композиционные материалы, в том числе композиционные упрочняющие покрытия, уже сравнительно давно используются для повышения физико-механических и эксплуатационных свойств материалов. В последние годы активно разрабатываются так называемые мультимодальные покрытия, имеющие повышенные характеристики [1]. Покрытия считаются мультимодальными, если в них имеются несколько значений какого-либо признака (размера частиц упрочняющей фазы, пористости, вида материала), имеющие одинаковую частоту повторения. Лазерная наплавка позволяет строить мультимодальные покрытия путем нанесения чередующихся валиков из материалов, имеющих различные физико-механические свойства. Особую эффективность имеют многослойные (3D) мультимодальные покрытия. Схема поперечного сечения мультимодального 3D-покрытия из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01 показана на рис. 1.

В поперечном сечении мультимодального 3D-покрытия наблюдается периодичность изменения микротвердости как в направлении параллельно основе, так и по глубине покрытия. На рис. 2 показано периодическое распределение микротвердости в поперечном сечении мультимодального 3D-покрытия в направлении параллельно основе. Средняя микротвердость при этом периодически изменяется от 4000 до 5000 МПа.

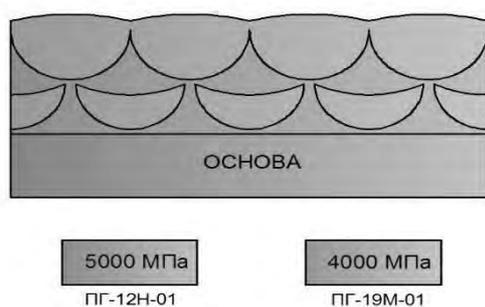


Рис. 1. Схема поперечного сечения мультимодального 3D-покрытия

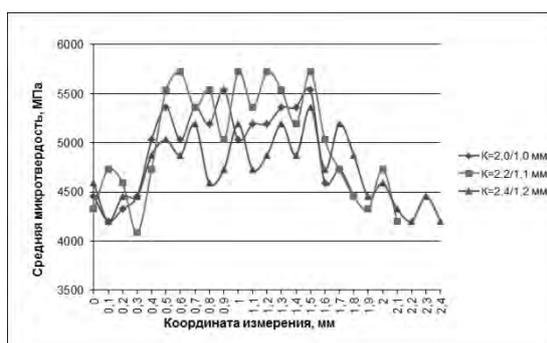


Рис. 2. Распределение микротвердости в поперечном сечении мультимодального 3D-покрытия

Для определения влияния скорости лазерной наплавки и шага наплавки валиков на микротвердость фаз самофлюсующегося сплава и бронзы в мультимодальном 3D-покрытии были построены зависимости средней микротвердости фаз от этих факторов (рис. 3–6). Из рис. 3–4 видно, что средняя

микротвердость фаз имеет минимальное значение для самофлюсующегося сплава при скорости наплавки 120 мм/мин, а для фазы бронзы – при скорости наплавки 180 мм/мин. При этих скоростях в соответствующих материалах существуют наихудшие условия образования зернистой структуры с минимальным сцеплением материалов валиков по границам зёрен.

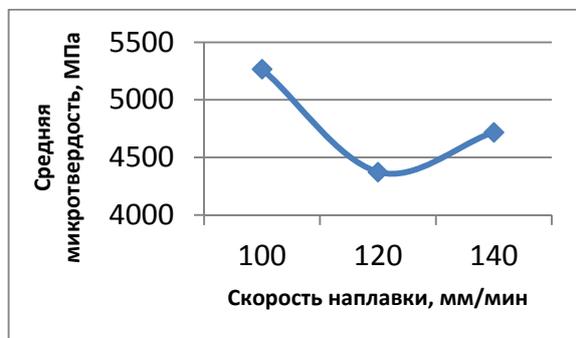


Рис. 3. Зависимость средней микротвердости фазы сплава ПГ-12Н-01 от скорости наплавки

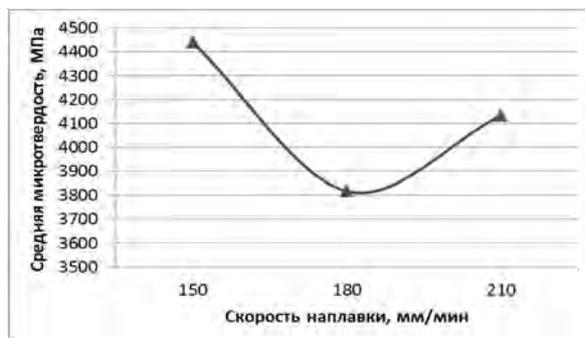


Рис. 4. Зависимость средней микротвердости фазы бронзы ПГ-19М-01 от скорости наплавки

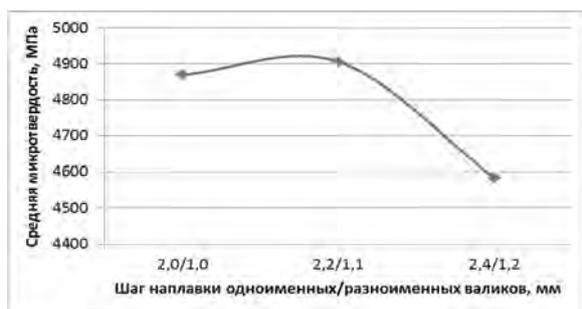


Рис. 5. Зависимость средней микротвердости фазы сплава ПГ-12Н-01 от шага наплавки

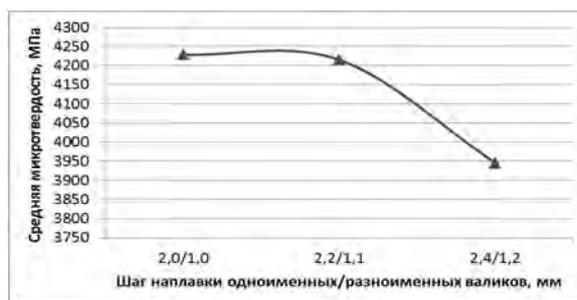


Рис. 6. Зависимость средней микротвердости фазы бронзы ПГ-19М-01 от шага наплавки

На зависимостях средней микротвердости фаз мультимодального покрытия от шага наплавки (см. рис. 5 и б) хорошо видно, что в диапазоне шагов наплавки 2,0/1,0...2,2/1,1 мм средняя микротвердость практически не изменяется. В этом диапазоне шагов наплавки имеют место оптимальные условия нагрева-охлаждения при наплавке соседних валиков, когда образуется оптимальная зернистость структуры с повышенной микротвердостью. При дальнейшем увеличении шага наплавки наблюдается уменьшение энерговклада и ухудшение сцепления материалов фаз по границам зёрен, для обеих фаз средняя микротвердость уменьшается.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mechanical properties of antiwear Cr/CrN multimodule coatings / J. Ratajski [et al.] // Archives of Materials Science and Engineering. – 2015. – Vol. 75, I. 2. – P. 35–45.

