

УДК 621.791.72

## МИКРОТВЕРДОСТЬ ПОКРЫТИЯ ИЗ НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ПРИ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКЕ С ПОПЕРЕЧНЫМ СКАНИРОВАНИЕМ

В. К. ШЕЛЕГ, Н. И. ЛУЦКО, М. А. КАРДАПОЛОВА  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Лазерная наплавка с поперечным относительно направления наплавки сканированием лазерного пятна начала широко применяться не более 15 лет назад. Развитие этого направления связано, прежде всего, с появлением нового поколения твердотельных лазеров большой мощности. Большая мощность и высокий коэффициент поглощения излучения этих лазеров металлами заставили искать пути распределения излучения на достаточно большой площади пятна, чего не удавалось достигнуть простой расфокусировкой луча [1]. Решить проблему как раз и позволило применение систем программно управляемого сканирования лазерного луча. Кроме решения проблемы расфокусировки луча, это позволило увеличить производительность и стабильность процесса лазерной наплавки [2].

Поскольку процесс лазерной наплавки с поперечным сканированием достаточно сильно отличается от традиционной лазерной наплавки, для исследователей представляет интерес изучение свойств покрытий из широко используемых наплавочных материалов. Произведена попытка исследовать микротвердость в поперечном сечении наплавленного лазером покрытия из сплава системы Ni–Cr–B–Si – ПГ-12Н-01, имеющего следующий химический состав (вес. %): Ni – основа; Cr – 8 %...14 %; B – 1,7 %...2,0 %; Si – 1,2 %...3,2 %; Fe – 1,2 %...3,2 %; C – 0,3 %...0,6 %.

Наплавка выполнялась с боковой подачей порошка, лазерным источником являлся волоконный иттербиевый лазер YLR-1 с максимальной мощностью излучения 1000 Вт. Поперечное сканирование луча выполнялось программируемым 2D-сканером фирмы «Ситела». Необходимые перемещения лазерного пятна относительно плоских образцов из стали 45 обеспечивались координатным столом с числовым программным управлением, подача порошка осуществлялась с помощью дискового питателя, транспортирующим газом являлся аргон.

Микротвердость в поперечном сечении покрытия исследовалась по глубине и ширине поперечного сечения на предварительно полученных микрошлифах при помощи микротвердомера ПМТ-3 при нагрузке 100 г. Исследования проводились по глубине покрытия перпендикулярно основе с шагом 0,05 мм, по ширине покрытия параллельно основе – с шагом 0,2 мм.

Как видно из графиков изменения микротвердости по глубине покрытия (рис. 1, а), для всех шагов наплавки валиков микротвердость находится в пределах 3500...4500 МПа без значительных колебаний, другими словами, распределение микротвердости по глубине покрытия равномерное. Сильное

изменение микротвердости связано только с переходом от материала покрытия к материалу основы, когда микротвердость уменьшается до 2000...2500 МПа.

а)



б)

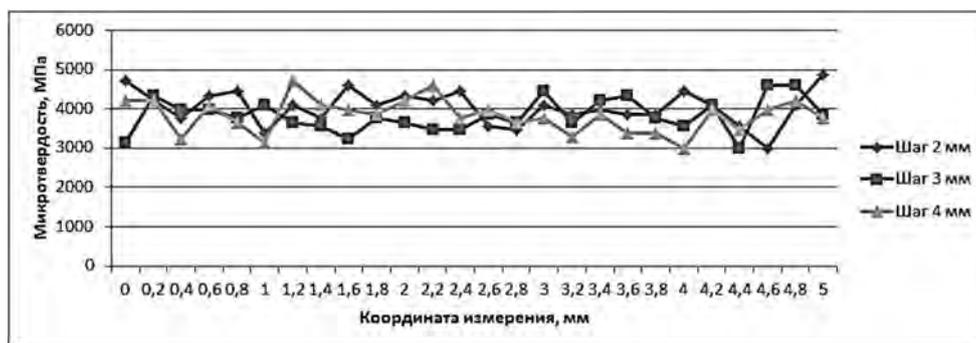


Рис. 1. Распределение микротвердости в покрытии из сплава ПГ-12Н-01 при скорости наплавки 80 мм/мин и площади пятна сканирования  $4 \times 0,5$  мм: а – по глубине покрытия; б – по ширине покрытия параллельно основе

Изменения микротвердости в продольном направлении сечения покрытия параллельно основе показаны на рис. 1, б для аналогичных режимов наплавки. Как видно из рис. 1, б, по ширине покрытия микротвердость находится также в пределах 3500...4500 МПа и распределена достаточно равномерно.

Графики, приведенные на рис. 1, позволяют заключить, что при лазерной наплавке с поперечным сканированием распределение микротвердости в поперечном сечении покрытия из никелевого сплава ПГ-12Н-01 равномерное, резкие колебания микротвердости отсутствуют. По всему сечению покрытия микротвердость находится на уровне 3500...4500 МПа. Можно предположить, что лазерная наплавка с поперечным сканированием сплавов системы Ni–Cr–B–Si позволяет получить покрытие с однообразным равномерным распределением фаз по всему объему покрытия, чему способствует интенсивное перемешивание материала покрытия в ванне расплава.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Influence of overlapping tracks on microstructure evolution and corrosion behavior in laser-melt magnesium alloy / Y. C. Guan [et al.] // Materials and Design. – 2013. – Vol. 52. – P. 452–458.
2. Laser Institute of America, LIA Handbook of Laser Material Processing / Edited by J. F. Ready. – Orlando: Magnolia Publishing Inc., 2001. – 715 p.