

Применение волоконных лазеров для формирования покрытий из порошков переходных и редкоземельных металлов в постоянном магнитном поле

Ю.Н. Кульчин, А.И. Никитин*, Е.П. Субботин, А.А. Костянко,
Д.С. Пивоваров, Д.С. Яцко

Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН

E-mail: anikitin@iacp.dvo.ru

DOI:10.31868/RFL2018.189-190

Способы формирования покрытий из переходных и редкоземельных металлов, например, системы Sm-Co, представляют особый интерес, поскольку обладают высокой намагниченностью, высокой коэрцитивной силой, высокой температурой Кюри (800°C) и являются одним из основных магнитных материалов для высокотемпературных применений. В отличие от традиционных способов выращивания эпитаксиальных тонких пленок SmCo_5 [1, 2, 3], способ формирования ферромагнитных покрытий в системе Sm-Co методом лазерной наплавки, с использованием волоконных лазеров средней мощности, на не ориентированных металлических подложках представляет интерес как фундаментальной, так и с прикладной точек зрения.

Экспериментальные исследования процессов создания покрытий из порошкового материала Sm-Co проводились с использованием роботизированного лазерного комплекса [4] в постоянном магнитном поле в защитной среде из инертных технологических газов методом лазерного спекания (рисунок 1).

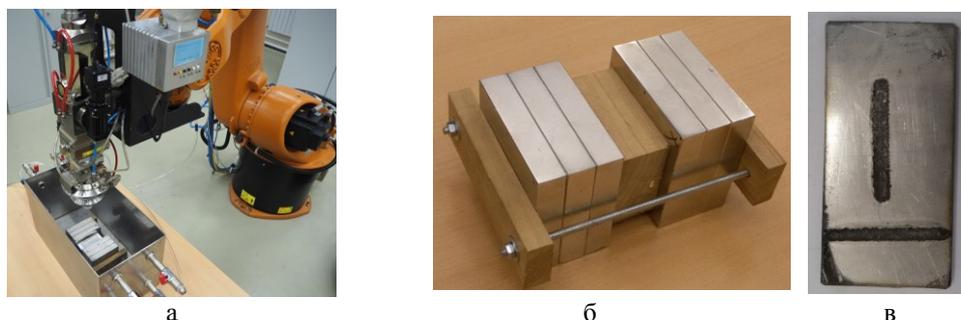


Рисунок 1 – Роботизированный лазерный комплекс для формирования покрытий из порошкового материала Sm-Co (а), система из постоянных магнитов для создания магнитного поля индукцией 0,5 Тл (б), внешний вид линий, наплавленных вдоль и поперек силовых линий магнитного поля (в).

Дуралюмин и нержавеющая сталь использовались в качестве подложек. Объектом исследования являлся процесс формирования слоев из порошка самария с составом rho-Sm ($\sim 49\%$ at.), hex-Sm ($\sim 48\%$ at.) и Sm_2C_3 ($< 3\%$) и порошка Co ($\sim 99.9\%$ at.), которые наплавливались сфокусированным лазерным пучком на подготовленные поверхности подложек. Методом рентгенофлуоресцентного анализа было установлено, что в образце Sm в виде примесей содержатся элементы Si и C. Исходные порошки (Sm и Co), как показали магнитные низкотемпературные измерения, имеют ферромагнитные (Co) и парамагнитные (Sm) свойства [5,6].

В образце, сформированном в постоянном магнитном поле ($\text{Sm}_{37}\text{Co}_{63}$) (рисунок 2 а,б) и вырезанном перпендикулярно валику наплавки, наблюдается достаточно сильное изменение микроструктуры образца.

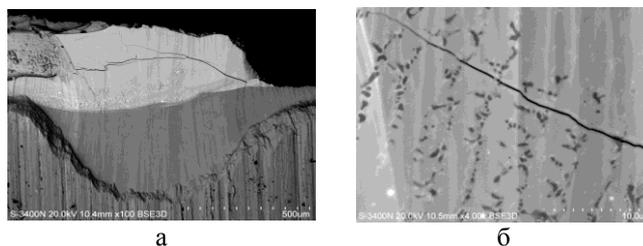


Рисунок 2 – Образец $\text{Sm}_{37}\text{Co}_{63}$ со срезом поперек наплавленного валика полученного при воздействии продольного магнитного поля (а), (б) – увеличенное изображение участка тамплета.

Анализируя микроструктуру полученного шлифа, можно обратить внимание на то, что плотность вытянутых зерен уменьшается и появляется светлая область с небольшими вкраплениями темных зерен, обедненных самарием. В центре светлой области (рисунок 2 б) заметно увеличивается концентрация кобальта и самария. Средний состав можно представить формулой: $\text{Fe}_{13.5}\text{Co}_{60.9}\text{Sm}_{9.4}\text{Ni}_{4.2}\text{Cr}_{1.5}\text{O}_{5.0}\text{C}_{5.9}$.

На срезе образца $\text{Sm}_{37}\text{Co}_{63}$, вырезанном вдоль валика наплавки наблюдается чередование областей сеточной структуры с тенденцией увеличения концентрации железа, хрома и никеля и уменьшение концентрации самария и кобальта: $\text{Fe}_{32.3}\text{Co}_{41.4}\text{Sm}_{7.5}\text{Ni}_{5.5}\text{Cr}_{7.5}$ (рисунок 3 а, б).

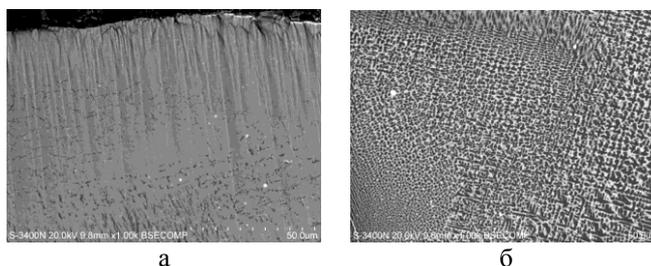


Рисунок 3 - Образец $\text{Sm}_{37}\text{Co}_{63}$ со срезом вдоль наплавленного валика полученного при воздействии продольного магнитного поля (а), (б) – увеличенное изображение участка тамплета.

В процессе исследований изучено влияние различных факторов на формирование покрытий Sm-Co на немагнитных подложках методом аддитивных технологий при использовании высокоэнергетического лазерного излучения с длиной волны 1.07 мкм. Исследована технологическая база для развития методов создания локальных магнитных зон из порошков переходных и редкоземельных металлов в постоянном магнитном поле на немагнитных подложках.

Литература

- [1] M. Benaissa, K. M. Krishnan, E.E. Fullerton et al, *IEEE Transactions on Magnetics*, **34**, 1204–1206 (1998).
- [2] J.P. Liu, D.J. Sellmyer et al, *Journal of Applied Physics* **45**, 4812–4814 (1999).
- [3] M. Seifert, V. Neu, L. Schultz, *Applied Physics Letters*, **94**, 022501–1 – 022501–3 (2009).
- [4] Kulchin Y.N., Galkin N.G., Subbotin E.P., et al, *SSP*, **245**, 230-237 (2015).
- [5] Galkin, N. G., Kulchin, Y. N., Nikitin, A. I., et al, *Proceeding. of SPIE* Vol. **10176**, art.nmb. 1017622-1, doi: 10.1117/12.2268259 (2016).
- [6] Galkin, N. G., Kulchin, Y. N., Stebliy, et al, *Proceeding. of SPIE* Vol. **10176**, art.nmb. 1017623-1, doi: 10.1117/12.2268261 (2016).