

Поведение реакционной смеси Ni-B с лазерным излучением близко к выше-приведенному.

Методика измерения коэффициента отражения весьма информативна, позволяет характеризовать физические явления, происходящих при лазерном управлении СВС, подбирать характеристики излучения, состав смеси и другие параметры процесса.

Литература

1. V.B.Khina. Combustion Synthesis of Advanced Materials. – New York: Nova Science Publishers, 2010. – 110 pp. (монография, издана в США)
2. Клубович В.В., Кулак М.М., Рубаник В.В., Самолетов В.Г. Влияние физических воздействий на свойства продуктов гетерогенного горения. //Фазовые превращения и прочность кристаллов”. Материалы 3 международной конференции посвященной памяти академика Г.В.Курдюмова.- Москва, Черноголовка, 2004.- с. 172-174.
3. Шишковский И.В. Лазерный синтез функциональных мезоструктур и объемных изделий. - М: Физматлит, 2009.-.421 с.
4. N.K. Tolochko, S.E. Mozzarov, Yu.V. Khlopkov et al. Measurement of Powder's Absorptance with Nd:YAG and CO₂ lasers . // Science of Sintering. – 1999. – V. 31 (3). – P. 187-194O.
- 5 Г.Царькова. Оптические и теплофизические свойства металлов, керамики и алмазных пленок при высокотемпературном лазерном нагреве.// Труды Института общей физики им.А.М.Прохорова..-2004.-60.-с.30-82.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОКРЫТИИ ИЗ СПЛАВА ПГ-10Н-01

Девойно О.Г., Кардаполова М.А., Луцко Н.И.

БНТУ, г. Минск, Беларусь, e-mail: scvmed@bntu.by

Одной из проблем современного производства является время, которое затрачивается на разработку технологии, а, следовательно, и на получение готовой продукции [1]. В производстве лимитирующим для многих изделий является время, требующееся для конструирования и изготовления литейных форм и штампов всех типов. Особенно высокая трудоемкость имеет место для штамповой оснастки, что обуславливает ее высокую стоимость. Активно развивающиеся в последние годы методы быстрого прототипирования (rapid prototyping – RP), быстрой обработки (rapid tooling – RT), расширяющие новое понятие изготовления новых деталей, называемое быстрое изготовление (rapid manufacturing – RM), призваны помочь в процессе подготовки нового продукта посредством его визуализации непосредственно из базы данных CAD и последующего прямого изготовления продукта путем нанесения материалов с использованием лазеров [2].

Последние разработки технологий direct metal deposition (DMD) в Университете Мичигана, light engineered net shaping (LENS) в Национальной лаборатории в Сандии и direct light fabrication (DLF) в Национальной лаборатории в Лос-Аламосе продемонстрировали, что объемные объекты с плотностью близкой к полной, могут быть произведены непосредственно из базы данных CAD со свойствами эквивалент-

ными процессу пластической деформации. Эти и ряд других подобных технологий уже потенциально возможны для прямого изготовления деталей и штампов [3-6].

Во всех упомянутых технологиях для непосредственного нанесения металлического материала используется метод лазерной наплавки. Лазерная наплавка – это технология создания покрытий, включающая нанесение материалов разной природы на металлическую подложку с использованием в качестве источника энергии лазерного луча [7-8]. Это гибкая технология, которая позволяет нанести покрытие из порошка подаваемого транспортирующим газом в ванну расплава, образуемую на поверхности основы лазерным лучом.

Состав покрытия, образуемого при лазерной наплавке особенно важен для исследования, так как для придания покрытиям высоких физико-механических характеристик для наплавки используются многокомпонентные материалы, имеющие сложный состав, который в процессе наплавки претерпевает серьезные изменения. Данные о влиянии режимов лазерной наплавки на состав покрытия после наплавки позволяют прогнозировать результат наплавки и свойства наплавленного слоя.

В настоящей статье нами предпринята попытка исследовать фактическое распределение элементов в наплавленных валиках из самофлюсующегося сплава на основе никеля в процессе лазерной наплавки.

Для выполнения исследований использовали лазерный технологический комплекс, включавший газовый CO_2 - лазер непрерывного действия типа «Комета 2» с мощностью излучения 1000 Вт и координатную систему, обеспечивавшую необходимое перемещение луча лазера относительно образцов.

Луч лазера через систему поворотных зеркал и линзу направлялся на поверхность образца. Фокус потока порошка, подаваемого по наклонным каналам коаксиального сопла, совпадал с фокусом лазерного излучения. Лазерная наплавка производилась при мощности излучения лазера 1000 Вт, величина подачи порошка составляла 12 г/мин, скорость наплавки варьировалась от 40 до 120 мм/мин. Дистанция наплавки, определяющая положение фокуса лазерного луча относительно поверхности образца, изменялась от 10 до 14 мм. Для каждого случая наносились единичные валики. Наплавка выполнялась на образцы изготовленные из стали 45. В качестве наплавочного материала использовался порошок самофлюсующегося сплава на основе никеля – ПГ-10Н-01, с грануляцией 20-80 мкм.

Распределение элементов определяли на поперечных шлифах валиков с помощью рентгеновской дифракционной системы SmartLab RIGAKU (X-ray diffraction system), а снимки микроструктур делали на металлографическом микроскопе с видеофиксацией МИКРО 200. Исследовавшиеся на каждом шлифе валика наплавки зоны приведены на рисунке 1.

Для каждой зоны валика были получены зависимости содержания железа, никеля, хрома и кремния в покрытии от скорости наплавки при различных дистанциях наплавки. Результаты исследований приведены на рисунках 2-6.

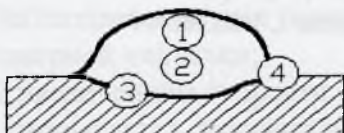


Рис. 1. Зоны исследовавшиеся на шлифах валиков при определении распределения элементов

Как видно из приведенных данных, наибольшее содержание никеля (рисунок 2), хрома (рисунок 3) и кремния (рисунок 4) в покрытии наблюдается при дистанции наплавки $L = 14$ мм (расфокусированный луч, фокус над поверхностью основы) для всех исследованных зон валиков, т.е. в случае, когда имеет место минимальный переплав основы. Наименьшее содержание никеля, хрома и кремния в покрытии имеет место при дистанции наплавки $L = 12$ мм (фокус на поверхности основы, также для всех зон валиков, что может свидетельствовать о переплаве поверхности основы, когда часть этих элементов из покрытия переходит в последнюю. С увеличением скорости наплавки наблюдается уменьшение содержания никеля, хрома и кремния в покрытии, хотя следовало бы ожидать уменьшения степени переплава основы и выноса указанных элементов из покрытия. Наиболее вероятно, определяющую роль в этом случае играет эффект экранирования покрытия испарениями, возникающими при расплавлении частиц порошка в зоне воздействия лазерного излучения [9, 10]. При малой скорости сканирования испарение более интенсивное, экранирование достаточно сильное, никель, хром и кремний меньше переходят в основу. При большой скорости сканирования испарение сильно уменьшается, экранирование незначительное, указанные элементы интенсивно переходят в основу.

В процессе наплавки имеет место ожелезнение материала получаемого покрытия. При этом содержание железа в покрытии (рисунок 5) для всех зон валиков минимально при дистанции $L = 14$ мм (расфокусированный луч, фокус над поверхностью основы), что хорошо согласуется с наименьшим переплавом основы в этом случае. Наибольшее же содержание железа в покрытии наблюдается при дистанции $L = 12$ мм (фокус на поверхности основы), т.е. когда происходит наибольший переплав основы и взаимное перемешивание покрытия с основой. С увеличением скорости наплавки содержание железа в покрытии увеличивается во всех случаях, хотя из-за уменьшения вводимой энергии можно было бы ожидать обратного. Здесь опять же сказывается эффект экранирования излучения аэрозолями материала покрытия, когда при малой скорости наплавки аэрозоли больше экранируют излучение и железо меньше переходит в покрытие. При большой скорости наплавки аэрозолей выделяется меньше, экранирование слабое, железо больше переходит в покрытие.

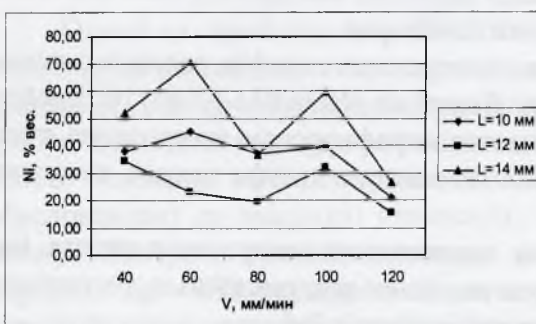


Рис. 2. Содержание никеля, % вес. в зоне 1 (покрытие) при различных скоростях V и дистанциях L наплавки

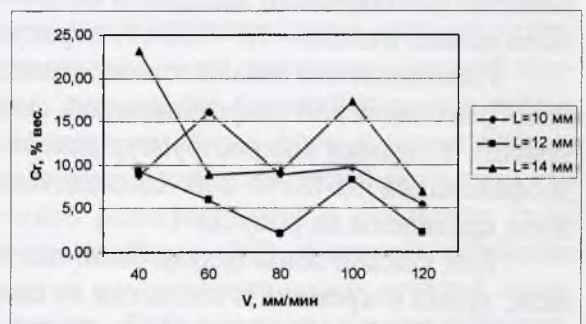


Рис. 3. Содержание хрома, % вес. в зоне 1 (покрытие) при различных скоростях V и дистанциях L наплавки

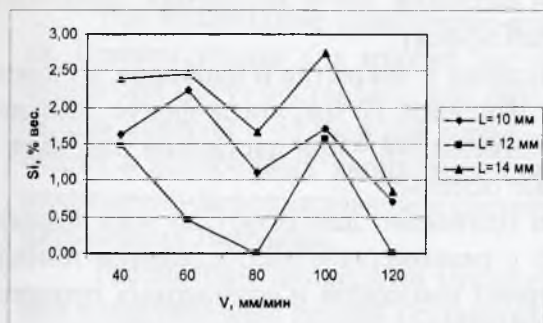


Рис. 4. Содержание кремния, % вес. в зоне 1 (покрытие) при различных скоростях V и дистанциях L наплавки

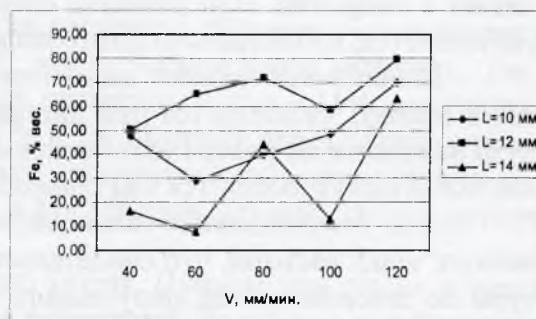


Рис. 5. Содержание железа, % вес. в зоне 1 (покрытие) при различных скоростях V и дистанциях L наплавки

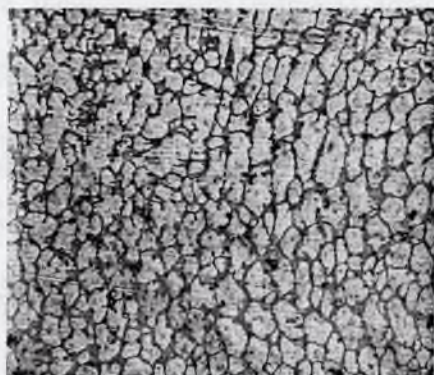


Рис. 6. Микроструктура сплава ПГ-10Н-01 после лазерной наплавки при $V=100$ мм/мин и $L=10$ мм в зоне 1, $\times 980$

Сравнивая зависимости содержания элементов в покрытии от технологических режимов лазерной наплавки в различных зонах валиков можно отметить, что какие-либо существенные отличия между ними отсутствуют. Из этого факта можно заключить, что скорее всего температура в валике из-за его сопоставимости по размеру с диаметром лазерного пятна распределяется достаточно равномерно по его объему и эффект перемешивания протекает в разных зонах идентично. Этот факт также подтверждается тем, что микроструктуры покрытия во всех зонах практически не отличаются и имеют вид показанный на рисунке 6.

Таким образом, полученные результаты показывают следующее:

- В валиках полученных методом лазерной наплавки самофлюсующегося сплава на основе никеля – ПГ-10Н-01 морфология структуры во всех исследованных зонах имеет сходный характер, что подтверждает наличие сильного перемешивания жидкой ванны расплава;
- Наблюдается четкая зависимость распределения элементов в покрытии от режимов лазерной наплавки;
- С увеличением скорости наплавки содержание никеля, хрома и кремния в покрытии уменьшается, а содержание железа увеличивается. При этом обнаруживается сильное влияние эффекта экранирования покрытия испарениями, возникающими при расплавлении частиц порошка в зоне воздействия лазерного излучения. Это приводит к тому, что при малой скорости наплавки, когда испарение более интенсивное, никель, хром и кремний меньше переходят в основу, а железо меньше про-

никает в покрытие. При большой скорости наплавки, когда испарение значительно уменьшается, наблюдается противоположный эффект;

- Наибольший перенос элементов из основы в покрытие и наоборот, из покрытия в основу, наблюдается при дистанции наплавки 12 мм, когда фокус лазерного луча находится на поверхности основы, а наименьший – при дистанции наплавки 14 мм, когда фокус находится над поверхностью основы;

- Все установленные закономерности одинаково действуют во всех исследованных зонах валиков, что свидетельствует о равномерном распределении температуры по сечению валика полученного лазерной наплавкой и одинаковых процессах перемешивания, протекающих во всех зонах валиков.

Литература

1. J. Mazumder, D. Dutta, A. Ghosh, N. Kikuchi, Designed materials: what and how, Proceedings of the SPIE 4831 (2003) 505- 516.
2. T. Wohlers. Wohlers Report – Rapid Prototyping, Tooling & Manufacturing State of the Industry, Wohlers Associates Inc., Colorado, 2003.
3. Koch J, Mazumder J, Rapid prototyping by laser cladding. In: Denney P, Miyamoto I, Mordike BL, editors. Proceedings of ICALEO' 93, 1993, vol. 77: p. 556-65.
4. Mazumder J, Schifferer A, Choi J. Direct materials deposition: designed macro and microstructure, Mater Res Innovat 1999; 3: 118-31.
5. Keicher DM, Smugersky JE. The laser forming of metallic components using particulate materials. J. Metals 1997; 49 (5): 51-4.
6. Milewski JO, Lewis GK, Thoma DJ & et al. Directed light fabrication a solid metal hemisphere using 5-axis powder deposition. J. Mater Process Tech 1998; 75(1-3): 165-72.
7. E. Toyserkani, A. Khajepour, S. Corbin, Laser Cladding, CRS Press, Boca Raton, Florida, 2005.
8. J. Th. M. De Hosson, V. Ocelic, Functionally graded materials produced with high power lasers, Proceeding of ASTRA – 2003, Hyderabad, India, 2003. pp. 368-376.
9. C.Y. Liu, J. Lin, Thermal processes of a powder particle in coaxial laser cladding, Opt. Laser Technol. 35 (2) (2003) 81-86.
10. Srdja Zecovic, Rajeev Dwivedi, Radovan Kovacevic, Numerical simulation and experimental investigation of gas-powder flow from radially symmetrical nozzles in laser-based direct metal deposition, International Journal of Machine Tools & Manufacture. 47 (2007) 112-123.

ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ТИПИЧНЫХ КОЛЛОИДНЫХ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ ТЕЛАХ

Драгун В.Л., Сычевский В.А.

*Государственное научное учреждение «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Беларусь ,
thermo@hmti.ac.by*

В связи с повышением требований к качеству изделий из древесины и энергоэффективности применяемых процессов особую актуальность и значимость приобрела проблема разработки новых технологий сушки и комплексной обработки этих ценных материалов.