

Лазерная наплавка деталей рычажно-тормозной передачи вагонов метрополитена

В.П. Бирюков, ст.научн.сотр., канд. техн. наук,
А.А. Фишков, научн.сотр.
(Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения им. А.А. Благодного
Российской академии наук, Москва,
тел.: 8(499)1353519, E-mail: laser-52@yandex.ru)

Аннотация. В работе представлены металлографические и трибологические исследования образцов, наплавленных порошковыми материалами на никелевой основе. Показано, что стойкость к абразивному изнашиванию при наплавке порошком ПР-НХ15СР2 в 2 раза выше, чем материала основы - стали 20.

Ключевые слова: лазерная наплавка, микротвердость, износостойкость.

По сравнению с другими методами наплавки, например, электродуговыми [1,2], лазерная наплавка выделяется малыми остаточными деформациями или их отсутствием. В зависимости от соотношения плотности мощности q и скорости обработки v , установлены характерные области режимов проведения процесса наплавки [3]: несмачивания подложки расплавленной присадкой (капельное формирование), равномерного формирования наплавленных валиков (оптимальные режимы) и область глубокого подплавления основы. Экспериментально установлено [4], что увеличение мощности излучения при постоянных значениях остальных параметров приводит к увеличению ширины и высоты валиков.

В работе [5] показано, что износостойкость наплавленного лазером покрытия на основе никеля с микротвердостью $H_{0,98} = 5090$ МПа, повышается по сравнению с износостойкостью стали 38ХН3МА ($H_{0,98} = 3394$ МПа) в 2,2 раза, а баббитовый вкладыш изнашивается в 2,7 раза меньше, чем в паре со сталью без покрытия при испытаниях на машине трения МИ-1. В настоящее время для восстановления деталей машин применяется лазерная наплавка с предварительно нанесенным слоем металлического порошка на связующей основе (шликерные покрытия), или нанесенного другими способами, и введение порошка в зону действия луча с помощью транспортирующего газа с боковой или коаксиальной подачей.

Цель исследований

Разработка технологических процессов лазерной наплавки изношенных поверхностей трения: внутренней поверхности паза затяжки и наружной поверхности валика рычажно-тормозной передачи.

Методика проведения исследований

Металлографические исследования проводили с использованием следующего оборудования: микротвердомер ПМТ-3; цифровой микроскоп АМ413МL; металлографический микроскоп Альтами МЕТ 1С. Рентгеновские дифрактограммы отработанного смазочного материала были получены с помощью дифрактометра фирмы Shimadzu, модель XRD-6000. Длина волны рентгеновского излучения составляла $1,54056 \text{ \AA}$ (линия $\text{Cu K}\alpha$).

Прочность сцепления покрытия определяли по методу сдвига на разрывной машине ZD 100 (Германия). Технологические режимы лазерной наплавки отработывали на образцах стали 20 с размерами $15 \times 20 \times 70$ мм на

сканере для пространственного управления лазерным лучом с использованием лазерной установки «Комета-М» [6]. Варьируемыми параметрами были: мощность излучения в пределах 700-1400 Вт, скорость перемещения оптической головки 5-20 мм/с. Обработку образцов проводили неподвижным расфокусированным и сканирующим с частотой 200-250 Гц лазерным лучом по нормали к скорости его перемещения. Диаметр лазерного луча составлял 1,2-2,5 мм.

Обрабатывали два способа получения покрытия на восстанавливаемой детали: нанесение шликерного покрытия и прямое лазерное сплавление порошка с основой в зоне пятна нагрева лазерного луча. В качестве связующего вещества для шликерных покрытий применяли водный раствор оксиэтилцеллюлозы. Образцы сушили при температуре 800С в сушильном шкафу в течение 1 часа. Толщина нанесенного слоя (обмазки) изменялась в интервале 0,7-1,2 мм.

При прямом лазерном сплавлении расход порошка составлял 6-18 г/мин. Подачу порошка в зону наплавки осуществляли под давлением аргона 0,4-0,5 МПа через сопло, связанное подающим шлангом с дозатором. Для изготовления шлифов образцы разрезали перпендикулярно наплавленному слою.

Испытания на абразивное изнашивание выполняли по схеме Бринелля-Хаворта на машине БХ-4 конструкции ИМАШ РАН [7]. Взвешивание образцов проводили на электронных весах VIBRA HT/HTR 220TE с точностью измерения 0,0001 г. Для восстановления рабочих поверхностей паза затяжки и валика использовали порошки на основе никеля ПР-НХ15СР2 и ПР-НХ9СЗР2, с размером гранул 40-100 мкм.

Результаты исследований и их обсуждение

Микрошлифы наплавленных слоев после механической обработки представлены на рис.1(а, б). В покрытиях отсутствуют поры, раковины и трещины. Микротвердость в покрытиях при наплавке порошками ПР-НХ9СЗР2 и ПР-НХ15СР2 составила 3780-5020 и 4360 - 5620 МПа соответственно. На рис. 2, (а,б,в) приведены структуры покрытий, полученных при оплавлении шликерных покрытий порошком ПР-НХ9СЗР2 (рис. 2а), зоны сплавления этого порошка с основой (рис. 2б), покрытия с принудительной подачей порошка ПР-НХ15СР2 в зону наплавки (рис. 2в) и отпечатков алмазного индентора. Покрытия имеют структуру с расстояниями между осями дендритов второго порядка 1,5-3 мкм. Толщина наплавленных слоев шликерных покрытий за один проход составляла 0,6-1 мм при ширине слоя 1,2-4,8 мм. Наплавка порошка, подаваемого непосредственно в зону воздействия лазерного луча от дозатора, обеспечивала толщину слоя в пределах 0,7-1,5 мм, в зависимости от режимов обработки при ширине единичной дорожки 1,3-4,9 мм.

Большие значения ширины единичной наплавленной дорожки получены при высокочастотном сканировании лазерного луча. При этом производительность процесса повышается 1,5-2 раза по сравнению с наплавкой расфокусированным лучом. Важным показателем при лазерной наплавке является минимальное перемешивание наплавленного порошка с материалом основы. При оптимально подобранных режимах обработки глубина проплавления образцов составляла 50-150 мкм. Коэффициент использования порошкового материала при шликерной наплавке выше примерно на 20%, однако при этом необходимо наносить покрытие с помощью шпателя. При принудительной подаче порошка наплавка происходит в автоматическом режиме.

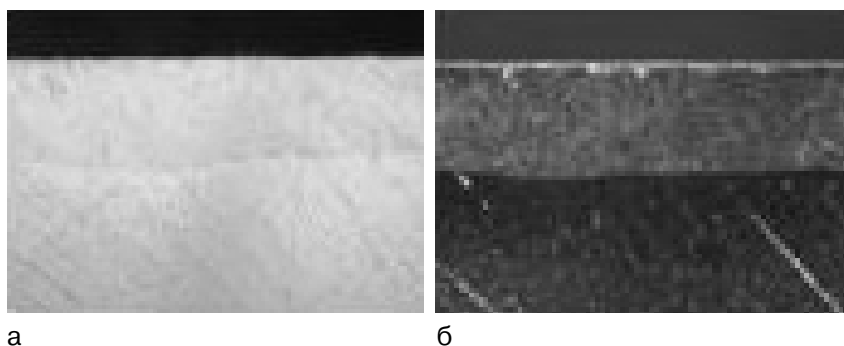


Рис. 1. Микрошлифы наплавленных покрытий: а – оплавленное шликерное покрытие; б – наплавка прямым лазерным сплавлением порошка 12Х

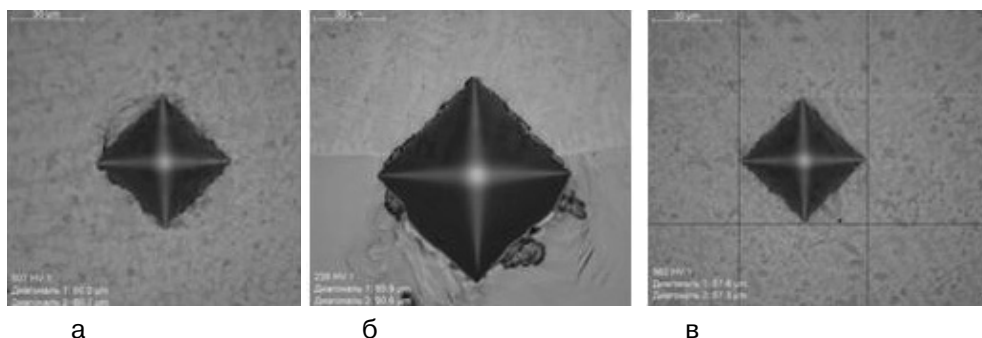


Рис.2. Микрофотографии отпечатков микротвердомера: а - наплавка шликерного покрытия порошком ПР-НХ9С3Р2; б – зона сплавления порошка ПР-НХ9С3Р2 с основой; в – наплавка с принудительной подачей порошка ПР-НХ15СР2.

Испытания образцов на прочность сцепления покрытия с основой проводились в соответствии с РМ250-87 «Определение прочности сцепления газотермического покрытия с основным металлом. Методические рекомендации», доработанными нами с учетом специфики лазерной наплавки [8]. В результате проведенных испытаний получены значения прочности сцепления покрытий в пределах 305-426 МПа в зависимости от режима обработки и состава порошкового материала. Для сравнения: прочность сцепления покрытий при высокоскоростном напылении не превышает 80 МПа. Кроме того, определены касательные напряжения среза основного материала, которые составили 270 МПа.

В процессе эксплуатации на поверхностях трения рычажно-тормозной передачи возникают различные виды изнашивания, коррозионно-механическое, усталостное, абразивное и другие. При сборке рычажно-тормозной системы используется пластичный смазочный материал солидол Ж ГОСТ 1033-79, в который при эксплуатации попадают абразивные частицы пыли и окисленные частицы износа сопряженных деталей, имеющие большую твердость, чем сталь 20. Рентгенографическими исследованиями установлено, что в отработанном смазочном материале присутствует от 22 до 34% оксида железа – α - Fe_2O_3 , поэтому основным видом изнашивания пары трения является абразивный износ.

Проведены испытания на абразивное изнашивание по методу Бринелля-Хаворта. К вращающемуся резиновому диску прижимался образец нагрузкой 15 Н. Продолжительность испытаний составляла 10 минут. В зону трения подавался кварцевый песок с размером частиц 200-400 мкм. Средняя арифметическая потеря массы находилась по результатам испытаний

трех образцов. Результаты испытаний представлены в таблице 1. Интенсивность изнашивания стали 20 составила $9 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}$ мм³/м, тогда как лучшего из выбранных порошковых материалов покрытия из ПР-НХ15СР2 - $4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}$ мм³/м. Из приведенных результатов следует, что износостойкость наплавленных покрытий в два раза выше, чем основного материала.

Таблица 1.

Результаты испытаний на абразивный износ по схеме Бринелля-Хаворта

№ п/п	Материал наплавки, основа	Потеря массы, кг x 10 ⁻⁴	Коэффициент износостойкости
1	ПР-НХ9С3Р2	0,656	1,6
2	ПР-НХ15СР2	0,475	2,02
3	Сталь 20	0,961	1

Проведенные испытания позволяют использовать выбранные порошковые материалы для лазерной наплавки. Более износостойкое покрытие из порошка ПР-НХ15СР2 следует наплавлять на поверхность паза параллельной затяжки с максимальным износом до 1,5 мм, а порошок ПР-НХ9С3Р2 использовать для наплавки наружной поверхности валика рычажно-тормозной передачи имеющего значительно меньший износ 0,5-0,9 мм. Таким образом, будет обеспечена более равномерная интенсивность изнашивания деталей в узле трения. Толщина покрытия выбиралась с учетом максимального износа и припуска на механическую обработку 0,2-0,4 мм. В местах наибольшего изнашивания покрытие наплавлялось в два, три слоя.

Выводы

Разработаны технологические процессы лазерной порошковой наплавки при нанесении шликерных покрытий и непосредственной подаче порошка в зону наплавки с использованием дозатора. Производительность лазерной наплавки высокочастотным сканирующим лучом в 1,5-2 раза выше, чем при наплавке расфокусированным лучом.

Абразивная износостойкость наплавленных покрытий при оптимально подобранных режимах и порошковых материалах выше, чем материала основы, стали 20 в 2 раза.

Литература

Мастенко В.Ю. Высокопроизводительная механизированная наплавка проволоками под флюсом с подачей дополнительной заземленной проволоки в зону горения дуги // Сварочное производство. 2007. №8. С.3-6.

Погодаев Л.И., Ежов Ю.Е. Повышение долговечности рабочих устройств судов технического флота износостойкими наплавками // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2014.- №6. - С.82-87.

Григорьянц А.Г., Мисюров А.И. Возможности и перспективы применения лазерной наплавки // Технология машиностроения. 2005. № 10. - С. 32-56.

Григорьянц А.Г., Сафонов А.Н., Шибяев В.В. Влияние режимов порошковой лазерной наплавки на режимы формирования и размеры наплавленных валиков // Сварочное производство, 1983. № 6. С. 11-13.

Бирюков В.П., Лаптева В.Г., Хренникова И.В., Татаркин Д.Ю. Восстановление лазерной наплавкой работоспособности пары трения вал - вкладыш подшипника скольжения // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2013. №5. - С.91-95.

Бирюков В.П., Дозоров А.В. Лазерные системы для упрочнения, наплавки деталей и точного раскроя листового материала // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2006. № 1. С. 60-66.

Хрущов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. М.: Наука. 1970. 251 с.

Бирюков В.П. Определение механических и трибологических характеристик деталей машин при лазерной наплавке // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 117. С. 196-200.

LASER CLADDING SURFACING LEVER-BRAKE GEAR SUBWAY CARS

Biryukov V. P., Ph. D,
Federal budget-funded research Institute for machine science
named after A.A. Blagonravov
of the Russian Academy of Sciences (IMASH RAN)
(101990, Moscow, M. Kharitonyevskiy per. d. 4.) Tel: (8499) 135-35-19
8 903 776-02-81 E-mail: laser-52@yandex.ru
Fishkov A.A., research fellow,
Federal budget-funded research Institute for machine science
named after A. A. Blagonravov
of the Russian Academy of Sciences (IMASH RAN)
Tel:(8499)135-35-19 E-mail:laser-52@yandex.ru

Annotaition. *.In the present work, metallurgical and tribological investigations of samples of the deposited powder materials based on Nickel. It is shown that the resistance to abrasive wear when welding powder PS-NiCr15SiB2 is 2 times higher than that of the base material, steel 20.*

Keywords: *laser cladding, microhardness, wear resistance*

Reference

1. Masenko V.Y. High-performance mechanized welding wires submerged arc feed additional wire grounded to the combustion zone of the arc // Welding production. 2007. No. 8. P. 3 – 6.
2. Pogodaev L.I., Ezhov Yu.E. Increase the durability of the working devices of the ships of the fleet technical wear-resistant surfacings // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2014.- No. 6. - P. 82-87.
3. Grigoryants A.G., Misyurov A.I. The article considers a formal definition of Possibilities and prospects of application of laser cladding // Manufacturing engineering. 2005. No. 10. P. 32-56.
4. Grigoryants A.G., Safonov A.N., Shibaev V.V. Influence of laser powder deposition on the modes of formation and size of the weld rollers // Welding production, 1983. No. 6. P.11-13.
5. Biryukov V.P., Lapteva V.G., Khrennikova V.I., Tatarkin D.Y. Restoration

laser cladding operability pair of friction shaft - bearing slide // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2013. No. 5. Pp. 91 - 95.

6. Biryukov V.P., Dozorov A.V. Laser system for hardening, welding parts and precise cutting of sheet material // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2006. No. 1. P. 60-66.

7. Khruschov M.M., Babichev M.A. Abrasive wear. M.: Nauka. 1970. 251 p.

8. Biryukov V.P., Determination of mechanical and tribological characteristics of machine parts for laser cladding // WORKS GOSNITI. 2014. T. 117. P. 196-200.