

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ ЗАЕДАНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ МЕДИ, ПОЛУЧЕННЫХ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКОЙ

Бирюков В.П., Принц А.Н., Старостин Д.А., Клеветов Д.В.

Ключевые слова: лазерная наплавка, микротвердость, нагрузка заедания.

Аннотация. В работе рассмотрен процесс наплавки порошка **на основе меди** на образцы стали 40Х с применением излучения непрерывного CO₂-лазера и поперечного сканирования луча с частотой 219 Гц. Показано, что нагрузка заедания зависит от порошкового материала и режимов обработки. Исследовано влияние поперечных колебаний луча на качество и производительность процесса наплавки.

DETERMINATION OF THE JAMMING LOAD OF COPPER-BASED COATINGS OBTAINED BY LASER SURFACING

Biryukov V.P., Prince A.N., Starostin D.A., Klevetov D.V.

Keywords: laser welding, microhardness, load binding.

Abstract. The paper considers the process of surfacing copper-based powder on 40Cr steel samples using continuous CO₂ - laser radiation and transverse beam scanning with a frequency of 219 Hz. It is shown that the load of jamming depends on the powder material and processing modes. The influence of transverse beam oscillations on the quality and performance of the surfacing process is investigated.

Для уменьшения расхода медных сплавов их можно изготавливать путем наплавки медных сплавов на сталь. Эксперименты проводились с использованием диодного лазера мощностью до 1600 Вт. [1]. Для наплавки выбран порошок бронзы Cu15Sn0,4P с размерами частиц 150-180 мкм. В качестве подложки применяли легированную сталь AISI 4340. Лазерный луч фокусировался с помощью линзы диаметром 50 мм и фокусным расстоянием 250 мм. На поверхности подложки формировали пятно лазера диаметром 3 мм. Единичные дорожки наплавливали при мощности лазера 1000 Вт, скорости перемещения луча 10 мм/с и расходе порошка 24 г/мин. Средняя плотность мощности излучения составляла 142 Вт/мм². Ширина единичной наплавленной дорожки составляла 3 мм при высоте 0,8 мм. Наплавку поверхности образцов выполняли с коэффициентом перекрытия 66%. Твердость бронзового покрытия HV 172±12 и она выше, чем у фосфористой бронзы 100 HV или 110 HV. Твердость зоны термического влияния, толщиной до 0,5 мм составляла 630±50 HV, что значительно выше, чем твердость легированной стали (335±40 HV).

Железнодорожные буферы во время работы находятся в практически постоянном контакте друг с другом и имеют значительные износы, для уменьшения интенсивности изнашивания головки буфера покрывают графитизированной смазкой, но этот способ имеет много недостатков. Предложено покрыть голову буфера с бронзой с помощью лазерной наплавки [2]. В качестве присадочного материала была выбрана алюминиевая бронза CuAl9Fe3. Лазерную наплавку проводили с помощью роботизированного

стенда, оснащенного промышленными роботами ABB, и диодного лазера высокой мощности HPDL LDF 4000-30 фирмы «LaserLine» с максимальной выходной мощностью 4,0 кВт. Материал основы круг из мягкой стали S355J2, имеющий номинальный диаметр 38,0 мм, Твердость наплавленного покрытия колебалась в пределах 178-189 HV0.2.

Наименьший износ показали образцы с алюминиевыми слоями бронзы (в среднем 10 мг) и стальные образцы со смазанными поверхностями (в среднем 7,5 мг). Износ образцов был одинаковым на протяжении всех четырех серий. Таким образом, можно предположить, что применение алюминиевой бронзы CuAl9Fe3 после лазерной наплавки позволят отказаться от необходимости смазывания в процессе эксплуатации подвижного состава.

В экспериментальных исследованиях использовали лазерный комплекс ИМАШ РАН [3]. Образцы изготавливали из стали 40X размерами 15×20×70мм. Для наплавки выбраны порошки на основе меди ПР – БрАЖ 9,5 – 1, ПР –Л63, ПР – БрОС10–1,5 с размером частиц 40-150мкм. В качестве варьируемых параметров приняты мощность излучения P=700–1000 Вт, скорость обработки V=5–10 мм/с и диаметр пучка d=1-2мм. Для поперечных колебаний зеркала использовался сканатор резонансного типа с упругим элементом с фиксированной частотой f=219 Гц. Металлографические исследования наплавленных покрытий проводились на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 0,98 Н, металлографическом микроскопе Альтами МЕТ 1С и цифровом микроскопе АМ413МL.

Для определения трибологических характеристик наплавленных образцов применялась машина трения универсальная МТУ-01. Испытания проводили по схеме «плоскость (наплавленный образец) – кольцо сталь 50ХФА (51-55HRC). Скорость скольжения и давление на образец изменялись дискретно в интервале 0,1–4,0 м/с и 1–3 МПа соответственно. В качестве смазочного материала использовали масло гидравлическое МГЕ-10А.

Лазерная наплавка образцов выполнялась расфокусированным лучом и с поперечными колебаниями луча по нормали к вектору скорости лазерной обработки, с шагом между дорожками 3 мм. На рис. 1а и 1б представлены микрошлифы наплавленных дорожек порошком ПР- БрАЖ 9,5-1 с размерами 0,889×1,865 мм, твердостью (181-194HV), и 0,618×3,48мм – (196-208HV), полученных расфокусированным лучом и сканирующим с частотой 219Гц лучом соответственно. Для равномерной наплавки поверхности образца расфокусированным лучом уменьшали шаг между дорожками до 1,5 мм, что снижало производительность обработки в 2 раза. Наплавленную поверхность образцов шлифовали, как чисто, до толщины слоя покрытия 0,4 мм.

На рис. 2 представлены зависимости нагрузки заедания от скорости скольжения для прутковых материалов латуни Л63 (129-138 HV) и бронзы БР9-4 (115-126 HV) и покрытий наплавленных лазерным лучом (ПНЛЛ) БрАЖ 9,5-1, Л63 (174-196 и 192-218 HV режим наплавки 1 и 2) , БрОС 10-1,5 (169-178 HV).

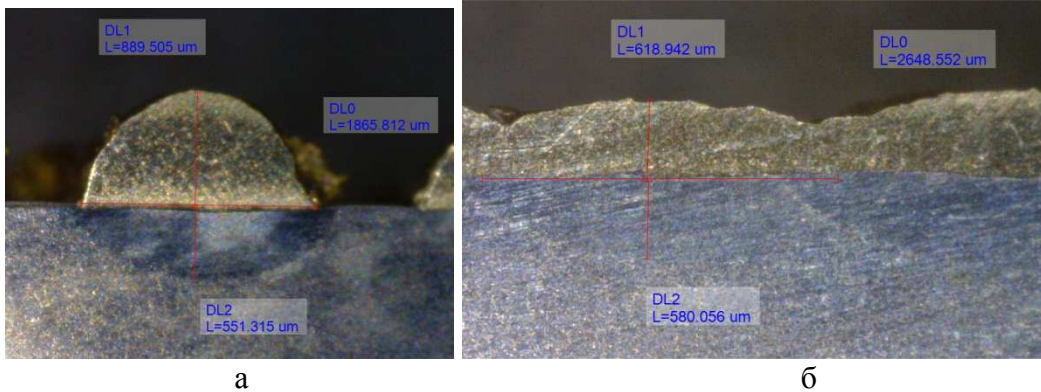
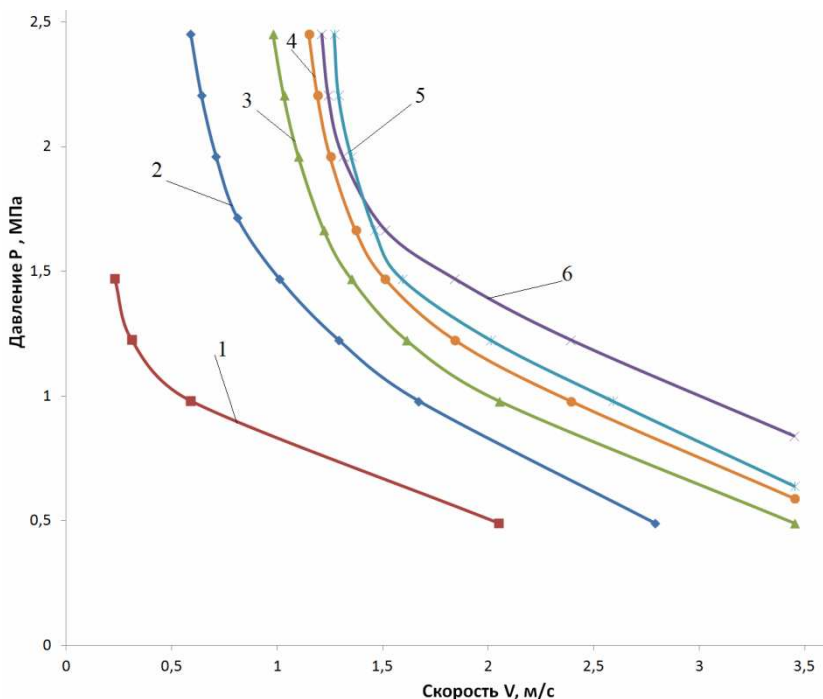


Рис. 1. Микрошлифы зон лазерной наплавки порошком ПР- БрАЖ 9,5-1: а – расфокусированным лучом; б – с поперечными колебаниями луча 219Гц



1 – прутковая латунь Л63; 2– прутковая бронза БР9-4; 3 – ПНЛЛ БрАЖ 9,5-1; 4 – ПНЛЛ Л63 (2); 5 – ПНЛЛ Л63(1); 6 – ПНЛЛ БрОС 10-1,5

Рис. 2. Зависимость нагрузки заедания от скорости скольжения

Анализ кривых нагрузка заедания – скорость скольжения показывает, что образцы из прутковых материалов латуни и бронзы значительно уступают покрытиям из порошковых материалов наплавленным лазерным лучом. При скорости скольжения 2 м/с нагрузка заедания для прутковых латуни и бронзы составляет 0,5 и 0,8 МПа соответственно, а для наплавленных покрытий 1,0 – 1,5 МПа в зависимости от состава порошкового материала и режима обработки для Л63.

Выводы

Разработанная технология лазерной наплавки порошковых материалов на медной основе с поперечными колебаниями луча с частотой 219 Гц повышает производительность в 2 раза по сравнению с наплавкой расфокусированным лучом при тех же режимах обработки.

Нагрузка заедания наплавленных покрытий и скорость скольжения в 1,5-2,0 раза выше по сравнению с образцами из прутковой латуни Л63 и бронзы Бр9-4.

Список литературы

1. Arias-González F. et al. Production of phosphor bronze coatings by laser cladding // Procedia Manufacturing. 2017. V.13. P. 177-182.
2. Sitarz M., Kurc-Lisiecka A., Gamon W. Surface Analysis of Railway Buffers Heads Covered with Bronze Using Laser Cladding // Archives of Foundry Engineering. 2017. Vol. 17. Iss. 2. P. 89-94.
3. 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.

References

1. Arias-González F. et al. Production of phosphor bronze coatings by laser cladding // Procedia Manufacturing. 2017. V.13. P. 177-182.
2. Sitarz M., Kurc-Lisiecka A., Gamon W. Surface Analysis of Railway Buffers Heads Covered with Bronze Using Laser Cladding // Archives of Foundry Engineering. 2017. Vol. 17. Iss. 2. P. 89-94.
3. Biryukov V.P., Dozorov A.V. Laser systems for hardening, surfacing of details and exact cutting of sheet material // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2006. No. 1. P. 60-66.

Бирюков Владимир Павлович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, Москва, Россия, laser-52@yandex.ru	Biryukov Vladimir Pavlovich – candidate technical sciences, leading researcher, Institute of mechanical engineering named after A.A. Blagonravov of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, laser-52@yandex.ru
Принц Антон Николаевич – инженер, Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва, Россия	Princ Anton Nikolaevich – engineer Institute of mechanical engineering named after A.A. Blagonravov of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
Старостин Дмитрий Александрович – инженер 1 категории, АО «ВНИИ «СИГНАЛ», г. Ковров, Россия	Starostin Dmitry Aleksandrovich – engineer of 1 category, JSC VNII SIGNAL, Kovrov, Russia
Клеветов Денис Викторович – ведущий инженер, АО «ВНИИ «СИГНАЛ», г. Ковров, Россия	Klevetov Denis Viktorovich – lead engineer, JSC VNII SIGNAL, Kovrov, Russia

Received 19.12.2019