

из В+Si и SiC можно рекомендовать для эксплуатации при средних скоростях в пределах 2–3 м/с и давлениях в пределах от 5 МПа до 15 МПа.

Заключение. Микротвердость поверхностного слоя чугуна СЧ20 составляет 2,0 – 2,8 ГПа до обработки. После лазерного легирования В+Si микротвердость увеличилась до 9,3 – 14,2 ГПа, а после легирования SiC микротвердость увеличилась до 7,9 – 12,8 ГПа. Микротвердость поверхностного слоя в обоих случаях линейно коррелирует (коэффициент корреляции составляет 0,93 для SiC и 0,84 для В+Si) со скоростью обработки. Лазерная закалка позволяет уменьшить скорость изнашивания приблизительно в 2 раза (до 0,15 мм³/км), а лазерное легирование уменьшает скорость изнашивания приблизительно в 10-15 раз (до 0,014-0,024 мм³/км).

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьянц, А. Г. Основы лазерной обработки материалов / А. Г. Григорьянц. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.
2. Девойно, О.Г. Поверхностное упрочнение серого чугуна совмещенной лазерной и ультразвуковой обработкой / О.Г. Девойно, С.Ф. Кукин, Н.В. Спиридонов, О.С. Кобяков, Е.Л. Бузун // Наука и техника. – 2013. – № 2. – С. 3–6.
2. Гилев, В. Г. Лазерное инжекционное легирование аустенитного чугуна ЧН16Д7ГХ титаном / В. Г. Гилев, Е. А. Морозов // Изв. вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2015. – № 3. – С. 44–52.
3. Gilev, V. Laser Quenching Of Axial Bearings In Submersible Multistage Pumps Made Of Steel-Brass Pseudo-Alloy / V. Gilev, E. Morozov, A. Khanov, T. Abylaz // International Journ. of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10, № 20. – P 40861–40868.
4. Mordike, B.L. Improvement of wear properties by laser surface treatment / B. L. Mordike // Proc. 3d Eurohean Cjnf. «Laser Treatment of Materials. ECLAT'90» 2 Vol. Eds. H.W. Bergmann, R.Kupfer. – Vol. 1. – P. 371-376.
5. Чеканова, Н. Т. Исследование влияния мощного СО₂ - лазера и свойства чугунов, применяемых в автомобилестроении: Дисс. канд. тех. наук. - Завод ВТУЗ при Моск. автом. з-де им. И.А. Лихачева, 1981. - 187 с.

УДК 621.891:621.793

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ TiB₂ НА СВОЙСТВА ПОКРЫТИЯ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ ТИПА AISI 316LSi

С. М. Криуша, канд. техн. наук, доцент О. В. Дьяченко, БНТУ, г. Минск; канд. физ.-мат. наук., В. С. Голубев, канд. техн. наук, зав. отделом И. И. Везера, ФТИ НАН Беларуси, г. Минск

Резюме - в статье приведены результаты исследования влияния лазерного легирования газотермического покрытия типа AISI 316LSi основа Ст. 45. Была изучена возможность легирования покрытия в атмосфере защитного газа - аргоне и азоте. В качестве легирующей обмазки в виде порошка был использован борид TiB₂.

Ключевые слова: газотермическое напыление, лазерное модифицирование, микротвердость, микроструктура, диборид титана.

Введение. Целесообразно с целью удешевления получаемых материалоемких деталей использовать металлы с разными свойствами сердцевины и поверхностного слоя. Тепловым источником в этом случае может послужить лазерное излучение, что дает возможность разработать технологию формирования поверхностного слоя, связать параметры технологической и термической обработок с изменением структуры сформированного поверхностного слоя. [1,2].

Использование в качестве покрытия нержавеющей стали объясняется её исключительными эксплуатационными характеристиками. Нержавеющая сталь получила широкое распространение во множестве областей производственной деятельности современного общества. Среди наиболее заметных преимуществ использования покрытий из нержавеющей стали стоит выделить долговечность, устойчивость к коррозии и атмосферным воздействиям, к кислотным и щелочным средам. Нержавеющая сварочная проволока активно используется в: производстве машин и оборудования; энергетической промышленности; нефтехимической промышленности;

Порошковая проволока для полуавтоматической сварки нержавеющей и жаростойких сталей типа AISI 316LSi обладает высокой стойкостью к коррозии в кислото- и хлоросодержащей среде. Применяется в химической промышленности, судостроительной, нефтехимической.

Целью работы является изучение влияния параметров лазерной обработки, газовой среды при дополнительном легировании диборидом титана TiB₂ газотермического покрытия типа AISI 316LSi на изменение величины его микротвердости.

Основная часть. Обработке излучением СО₂ непрерывного лазера «Комета-2» мощностью 500- 800 В в среде аргона и азота подвергали образцы стали 45 с предварительно нанесенным гиперзвуковой металлизацией нержавеющей стали AISI 316LSi. На часть образцов наносили легирующую обмазку TiB₂ со связующим на жидком стекле, оставшиеся, оплавливали без легирования. Толщина слоя обмазки составляла ~ 0,1 мм. Диаметр пятна лазерного луча варьировался от 1 до 2 мм, скоростями перемещения от 2 до 30 мм/с.

При анализе микроструктуры использовали оптический микроскоп НЕОРНОТ–2 и МИКРО 200 на травленных шлифах. Исследование микротвердости проводили на приборе ПМТ-3.

В качестве легирующей обмазки был выбран порошок TiB₂, который обладает высокой теплопроводностью. Порошок TiB₂ устойчив к окислению, имеет высокую стойкость к механической эрозии [3]. Порошок TiB₂ применяется в высокотемпературных конструкционных материалах, используется в производстве режущих инструментов и электродов для наплавки металла, а также для ремонта изношенных поверхностей деталей.[4].

Микроструктура полученного покрытия методом гиперзвуковой металлизации (покрытие AISI 316LSi, основа Ст. 45, x50) представлена на рисунке 1. Величина микротвердости H_c покрытия 316LSi в результате измерений составила от 3020 до 3430 МПа, микротвердость основы составила 2870 МПа.

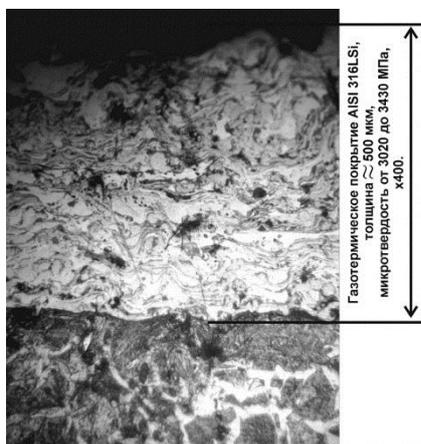


Рисунок 1 – Фотография микроструктуры поверхности шлифа в поперечном сечении (покрытие AISI 316LSi, основа Ст. 45), x50.

Была изучена возможность лазерной обработки в газовой среде (Ar, N₂) образцов с покрытием стали типа AISI 316LSi (основа Ст. 45) без легирующей обмазки (образец №1) и с легирующей обмазкой в виде порошка диборида титана TiB₂ (образец № 2).

На рисунке 2 показана глубина проплава на двух образцах в зависимости от скорости лазерной обработки, размера фокусного пятна и защитной среды. Защитная среда Ar при формировании дорожек № 1 – 7, газовая среда N₂ при формировании дорожки № 8.

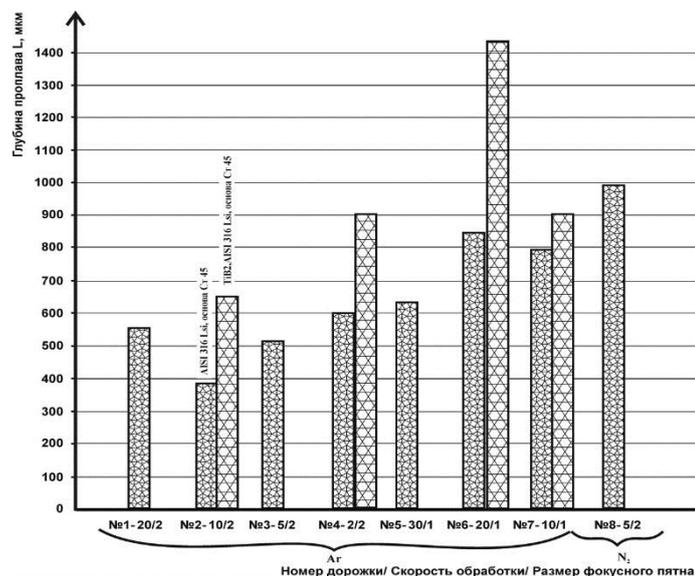


Рисунок 2 – Глубина проплава покрытий (образец №1 и образец №2) и её зависимость от скорости обработки, размера фокусного пятна и защитной среды. (№-номер дорожки; 30...2 – скорость обработки, мм/с; 1,2 – диаметр пятна фокусировки, мм)

При скорости 2, 10, 20 мм/с и диаметре пятна фокусировки 1,2 мм глубина проплава покрытия с легирующей обмазкой TiB₂ больше и достигает до 1400 мкм. Вероятно, что при воздействии лазерного излучения в материале покрытия происходят процессы его взаимодействия с легирующими компонентами, а также их взаимодействие с находящимся в порах воздухом. И это в дальнейшем может приводить к интенсификации таких процессов как

нагрев — плавление — испарение [5]. Можно отметить, что при обработке в среде активных газов использование боридов в качестве легирующих компонентов может усложнить картину процесса.

На рисунке 3 на примере двух образцов при одинаковых заданных параметрах показаны поперечные сечения дорожек двух образцов. Глубина проплава возможно связана не только с процессами химического взаимодействия элементов покрытия и легирующего материала, но и повышенным перегревом и испарением, с процессами, происходящими непосредственно в зоне расплава, температурой расплава и другими факторами.

Можно отметить, что при оптимальных условиях и режимах лазерного воздействия, обоснованном выборе легирующих порошковых компонентов появляется возможность получить достаточно качественные слои, которые имеют приемлемую толщину и металлургическую связь с подложкой, обладают специфическими структурами и заданными физико-механическими свойствами. Свойства зоны легирования зависят от концентрации легирующих элементов и наличием фаз различной степени стабильности и дисперсности, которые образуются в процессе охлаждения. Режимы лазерной обработки и концентрация легирующих элементов в обэмке, являются определяющими в строении образующихся слоев и зоны термического влияния [6, 7].

На рисунке 3 показаны изменения величины микротвердости двух покрытий после лазерного воздействия при одинаковых режимах лазерного воздействия скорости обработки 2 мм/с и диаметре пятна фокусировки 2 мм. Величина микротвердости в зоне проплава модифицирующей поверхности TiB₂ почти в 2 раза выше по сравнению со значением микротвердости газотермического покрытия без модифицирующей обэмки.

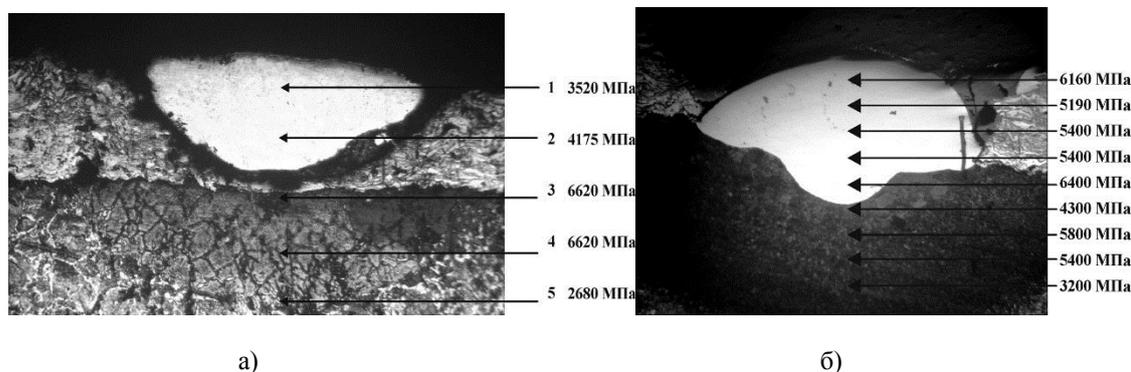


Рисунок 3 – Изменение величины микротвердости по глубине лазерного воздействия покрытие AISI 316LSi, основа Ст. 45, х50 — скорость обработки (мм/с)/диаметр пятна фокусировки (мм): а) 2/2; б) легирующий порошок TiB₂/2/2

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что лазерное модифицирование TiB₂ в условиях защитной среды (аргон) повышает микротвердость зоны упрочнения предварительно нанесенного газотермического покрытия из нержавеющей стали типа AISI 316LSi до 5000 – 6000 МПа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров; под ред. А. Г. Григорьянца. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 664 с., ил.
2. Интернет – портал «slide-dv» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.slide-dv.ru/>. Дата доступа 07.02.2021.
3. Mayrhofer P. H. et al. Self-organized nanocolumnar structure in superhard TiB₂ thin films //Applied Physics Letters. – 2005. – Т. 86. – №. 13. – С. 131909.
4. Фам Д. К. Ab initio изучение адсорбции атомов W, N и O на поверхности TiB₂ (0001) //Инженерный вестник Дона. – 2017. – Т. 44. – №. 1 (44).
5. Вестник Барановичского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2020. – №. 8. – С. 44-52.
6. Меськин, В. С. Основы легирования стали / В. С. Меськин. – Изд. 2-е, перераб. идоп. – М. : Металлургия, 1964. – 684 с.: ил.
7. Витязь, П. А. Упрочнение газотермических покрытий : монография / П. А. Витязь, Р. О. Азизов, М. А. Белоцерковский. – Минск : Бестпринт, 2004. – 192 с.

УДК 681.138

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ТОРГОВОГО АВТОМАТА

А. А. Куликова, ФММП БНТУ, г. Минск

Разработана конструкция торгового автомата для продажи сувенирной продукции с высокой плотностью укладки товара.

Ключевые слова: торговый автомат, сувенирная продукция, пластинчатый конвейер.