НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА

НАУКА и ОБРАЗОВАНИЕ

Эл № ФС 77 - 48211. Государственная регистрация №0421200025. ISSN 1994-0408

электронный научно-технический журнал

Сравнение эксплуатационных характеристик покрытий из нержавеющих сталей аустенитного и мартенситного классов, полученных методом лазерной газопорошковой наплавки

06, июнь 2012

DOI: 10.7463/0612.0418550

Григорьянц А. Г., Мисюров А. И., Третьяков Р. С., Ставертий А. Я.

УДК.621.373.826

Poccuя, МГТУ им. Н.Э. Баумана <u>mt12.anton@gmail.com</u> <u>tretyakov.roman@gmail.com</u>.

Bo многих отраслях машиностроения остро стоит вопрос восстановления крупногабаритных деталей, пораженных коррозионной средой в совместном действии с механическими нагрузками. В настоящее время такие детали традиционно восстанавливаются плазменной или электродуговой наплавкой, хотя свойства покрытий, полученных подобными методами, часто значительно ниже свойств наносимых материалов. Лазерная является наплавка активно развиваемым методом восстановления, экономическая эффективность процесса доказана на ряде успешных примеров. Однако свойства покрытий, полученных лазерной наплавкой мало изучены и не позволяют прогнозировать результаты применения того или иного состава присадочного порошка.

Нержавеющие стали как мартенситного, так и аустенитного классов находят широкое применение в машиностроении [1]. По причине сравнительно высокой стоимости изготовление деталей целиком из данных сталей является экономически не выгодным. В связи с этим создание деталей из низкоуглеродистых низколегированных сталей с покрытиями из сталей с повышенными эксплуатационными характеристиками является перспективной задачей современного машиностроительного производства. Подобные покрытия могут применяться как для повышения ресурса новых деталей, так и для реновации агрегатов с одновременным повышением их ресурса до уровня первоначального и выше [2].

Среднелегированные стали аустенитного и мартенситного классов зарекомендовали себя как широко применимые материалы с хорошими

показателями прочности. Однако свойства покрытий, полученных лазерной газопорошковой наплавкой, изучены недостаточно, что не позволяет широко применять их при ремонте и модификации поверхности деталей машин.

Целю данной статьи являлось комплексное изучение свойств покрытий с целью анализа применимости этих покрытий для различных случаев эксплуатации деталей.

Стали мартенситного класса относят к высокопрочным сталям с оптимальным набором свойств твердости и пластичности. Такие стали используют в ответственных нагруженных деталях. Сталь аустенитного класса X17H13M2T является менее прочной, но более коррозионностойкой, и находит широкое применение в машиностроении [3]. Стали обоих классов, рассмотренные в данной статье, являются высоколегированными (табл. 1).

Для нанесения покрытий использовался комплекс для лазерной газопорошковой наплавки, оснащенный непрерывным многомодовым волоконным лазером мощностью 4 кВт. Использовалась коаксиальная подача материала относительно излучения. Режимы порошкового лазерного нанесения покрытий указаны в таблице 2.

Fe Ni \mathbf{C} Si Состав,% Mn Cr Mo X17H13M2T Основа 13 1.4 17.2 0.013 2.6 0.6 40X13 12 Основа 0,6 0,50,42 0,4

Табл. 1. Химсостав применяемых порошков

Табл. 2. Режимы нанесения покрытий

Покрытие	Мощность	Скорості	Расход
		Скорость, мм/с	порошка,
			г/мин
40X13	1400	20	9
X17H13M2T	1200	22	5

При исследовании микроструктуры нанесенного покрытия 40X13 было отмечено, что характер продольного шлифа поверхностного слоя образцов после травления имеет ярко выраженные участки зон термического влияния, сформировавшихся в результате наложения последовательных проходов при обработке поверхности. Ширина отдельного прохода составляет 1000-1100 мкм и мало меняется по длине шлифа. Зона термического влияния, травится значительно слабее и окрашена на шлифе в светлые тона. Ее ширина изменяется от 190 до 210 мкм (рис. 1).

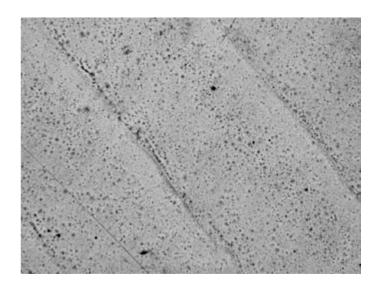


Рис. 1. Внешний вид поверхностного слоя стали 40Х13 (50 крат)

Анализ структуры металла при увеличении 500 и 1000 крат показывает, что поверхностный слой преимущественно состоит из мартенситных зерен разной морфологии с выделениями интерметаллидных фаз по границам зерен. В центральной части единичной зоны нагрева зерна феррита имеют несимметричную форму, вытянутую в направлении роста дендритного кристалла с соотношением осей 5-7 мкм на 15-20 мкм. Интерметаллидные фазы выделяются в виде сферических частиц со средним размером 1-3 мкм. В зоне перекрытия отдельных проходов, подвергшейся повторному нагреву, зерна мартенсита имеют размер до 10 мкм. Выделения интерметаллидных фаз менее заметны (рис. 2).

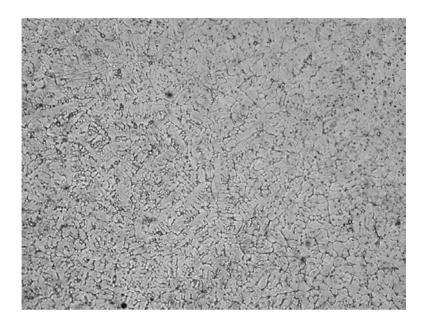


Рис. 2. Микроструктура продольного шлифа поверхностного слоя стали 40Х13 (500 крат)

Табл. 3. Результаты исследования структуры стали 40Х13

Участок поверхностного слоя	Характер микроструктуры	Доля структурнофазовых составляющих, %	Средний диаметр зерна, мкм	
Наплавка	Мартенсит + интерметаллиды	96,15 + 3,85	От 5 до 20	
ЗТВ	Зернистый бейнит + доэвтектоидный феррит	98 + 2	0,1 – 0,5	

В переходной зоне наплавленного слоя наблюдается ясно выраженный переход от высокохромистого феррита поверхностного слоя к преимущественно бейнитной структуре зоны термического влияния (рис. 3). Некоторые участки этой зоны характеризуются наличием зерен доэветктоидного феррита, расположенных в структуре зернистого бейнита. Бейнитные составляющие структуры лишены какой либо определенной ориентации.



Рис. 3. Микроструктура поперечного шлифа наплавленного слоя из стали 40X13 (100 крат)

При рассмотрении продольного сечения поверхностного слоя образцов стали X17H13M2T выявлено, что после травления слой состоит из отдельных продольных участков нагрева, отделенных друг от друга четко прослеживаемой границей раздела, имеющей рельефное строение. Ширина одного прохода составляет 950-1050 мкм (рис. 4). Структура поверхностного слоя имеет однородное аустенитное строение и состоит из полиэдрических зерен размером от 1,0 до 5,0 мкм. Частицы темной фазы представляют собой выделения δ -феррита размером 0,1-0,5 мкм (рис. 5). В переходной зоне по границе участка сплавления присутствует тонкий слой непротравленного

мартенсита, отделяющий аустенит наплавленного металла от ферритно-бейнитной структуры металла основы (табл. 4).

Табл. 4	Результаты исследования	структуры	стали Х17Н13М2Т

Участок поверхностного слоя	Характер микроструктуры	Доля структурнофазовых составляющих, %	Средний диаметр зерна, мкм
Наплавка	Аустенит + δ-феррит	97 + 3	1,0 – 5,0 мкм
ЗТВ	Мартенсит + бейнит	90 + 10	0,1 – 0,5 мкм



Рис. 4. Внешний вид поверхностного слоя стали X17H13M2T (50 крат)

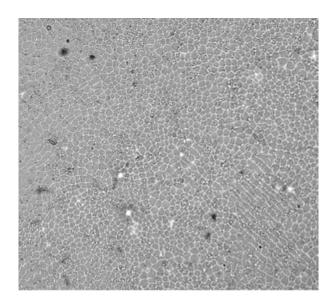


Рис. 5. Микроструктура продольного шлифа поверхностного слоя стали X17H13M2T (500 крат)

Микротвердость стали 40X13 является неоднородной и колеблется в среднем в пределах от 6000 до 9000 МПа, что превышает микротвердость стали X17H13M2T как минимум в 2 раза (микротвердость составляет от 3100 до 4100 МПа) (рис. 6).



Рис. 6. Микротвердость стали 40X13 и X17H13M2T по глубине

Исследования износостойкости материалов проводились на образцах покрытий с площадью трущегося тела 314 мм². Абразивный материал — 12 СТ 1 (электрокорунд белый среднетвердый). Прижимная нагрузка 120, 270 и 370 Н. Линейная скорость перемещения абразива относительно образца 0,313 м/с.

Для стали 40X13 средняя интенсивность изнашивания для верхней части поверхностного слоя составила 3,32 и 5,89 мг/м для 120 и 270 Н соответственно, а для нижней части поверхностного слоя — 1,03, 2,31 и 2,76 мг/м для 120, 270 и 370 Н. Для покрытия из стали X17H13M2T износ оказался существенно выше: средняя интенсивность изнашивания для нагрузок 120 и 270 Н составила 9,69 и 26,87 мг/м соответственно.

Испытания покрытий при их трении о стальной диск с линейной скоростью 15,7 м/с и нагрузках 32 и 41 Н показали, что коэффициент трения поверхностного слоя из стали 40Х13 находится в диапазоне от 0,15 до 0,25 и устойчиво поддерживает эти значения в течение всего времени испытаний образцов. Температура в зоне трения характеризуется резким нарастанием значений в начальный момент и достигает максимальной величины 240 °C. Затем следует ее снижение до значений 90-120 °C, которые сохраняются на протяжении второго периода единичного цикла испытаний.

10.7463/0612.0418550 20

В начальный период испытаний образцы с поверхностным слоем из стали X17H13M2T характеризуются резким нарастанием коэффициента трения до значений от 0,55 до 0,62. Затем после приработки поверхности в течение 100 – 220 °C следует плавное снижение значений коэффициента трения до 0,3 - 0,35. Аналогично характеру изменения коэффициента трения меняется и температура нагрева поверхностного слоя, которая достигает максимальных значений 150 °C при нагрузке в 32 Н и 200 – 220 °C при 41 Н, а затем снижается до значений 100 и 130 °C соответственно.

Рельеф поверхностного слоя обоих типов сталей характеризуется наличием направленных царапин с ярко выраженным рельефом поверхности. На поверхности ответного стального диска присутствуют многочисленные следы схватывания с последующим вырывом металла. Участки разрушения поверхности диска представлены в виде глубинных повреждений поверхности, следов налипания частиц металла, рисок и задиров (рис. 7, 8).



Рис. 7. Образец (сверху) и диск испытательной машины (снизу) после ипытаний на коэффициент трения стали X17H13M2T

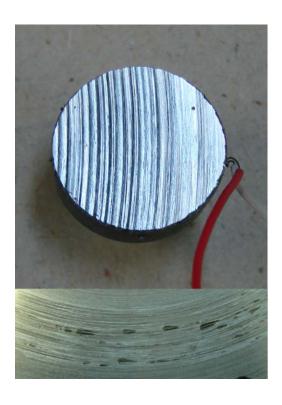


Рис. 8. Образец (сверху) и диск испытательной машины (снизу) после ипытаний на коэффициент трения стали 40X13

Исследование коррозионной стойкости покрытий проводилось по методике определения скорости общей коррозии по потере массы. Образцы погружали в среды со слабокислой, щелочной и нейтральной реакцией.

Сталь типа 40X13 относящаяся к коррозионностойким, в щелочных средах показала высокую коррозионную стойкость. Однако сталь проявила низкую стойкость к общей коррозии как в слабокислых, так и в нейтральных средах.

На поперечных шлифах образцов после испытаний четко наблюдаются не только коррозионное поражение наружной поверхности покрытия, но и продукты коррозии, возникшие в самом покрытии. Очевидно, рассматриваемое покрытие характеризуется высокой проводимостью как по кислороду, так и по ионам железа. Однако, поскольку потенциал покрытия близок к потенциалу основного (защищаемого) металла, выявленные особенности покрытия не приведут к активному растворению защищаемого металла до тех пор, пока не стравится материал покрытия.

Покрытия из стали X17H13M2T внешне проявили наибольшую коррозионную стойкость. Сталь относится к коррозионностойкой и хорошо работают во всех рассмотренных средах (табл. 5).

10.7463/0612.0418550 22

Табл. 5. Данные по исследованиям коррозионной стойкости покрытий

Химическая					Глубина	
реакция	Распределение коррозионного		Характеристика распределения		проникновения	
испытательной	поражения		коррозионного поражения		коррозионного	
среды					поражения, мкм	
материал покрытия	X17H13M2T	40X13	X17H13M2T	40X13	X17H13M2T	40X13
3,10 pH	Равномерно распределенное	Равномерно распределенное	Сплошная равномерная	Сплошная равномерная	0-10	20-50
5,3 pH	Равномерно распределенное	Неравномерно распределенное	Сплошная равномерная	Коррозия пятнами + подповерхностна я коррозия	0-10	10,-60
9,0 pH	Неравномерно распределенное	Неравномерно распределенное	Коррозия пятнами	Коррозия пятнами	0-30	0-40

Заключение

В данной статье проведено исследование покрытий, полученных лазерной газопорошковой наплавкой двух сталей различных классов. Впервые проведен комплексный анализ покрытий, включающий исследования структуры, микротвердости, износостойкости и коррозионной стойкости для типовых покрытий, полученных при постоянных условиях.

В результате исследований установлено, что сталь аустенитного класса после нанесения нерперывным волоконным лазером без специальных мер является мягкой и нестойкой к износу. Однако коррозионная стойкость этой стали является высокой. Кроме того, благодаря высокому содержанию никеля и хрома известно, что сталь выдерживает температуры до 500 град без проявления ползучести, что может обеспечить ее применимость при создании защитных жаростойких покрытий на ненагруженных деталях. Сталь 40X13 отлично работает в условиях повышенных механических нагрузок при сухом трении и наличии абразивного износа.

Литература

1. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин., Г.Ф. Косолапов. М.: Машиностроение, 1986. – 384 с.,ил.

- 2. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки: Учеб. пособие для вузов/ Под ред. А.Г. Григорьянца. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 664 с.:ил.
- 3. Bernardo Miguel Fonseca da Costa Alves Borges. Laser cladding using filler powder and wire. Productivity and quality: Diss. ... Master in Mechanical Engineering. 2008.

SCIENTIFIC PERIODICAL OF THE BAUMAN MSTU

SCIENCE and EDUCATION

EL № FS 77 - 48211. №0421200025. ISSN 1994-0408

electronic scientific and technical journal

Comparison of service characteristics of coatings made of austenitic and martensitic stainless steels by means of laser gas-powder cladding.

06, June 2012

DOI: 10.7463/0612.0418550

Grigor'yanc A.G., Misyurov A.I., Tret'yakov R.S., Stavertii A.Ya.

Russia, Bauman Moscow State Technical University <u>mt12.anton@gmail.com</u> <u>tretyakov.roman@gmail.com</u>.

In this article the authors consider properties of Cr17Ni13Mo2Ti and 40Cr13 coatings made by coaxial gas-powder laser cladding. CW fiber laser emission was used to create such coatings. Operating characteristics of coatings made by laser cladding of these steels are currently byways of learning. Usage of powder as a filler material is economically advantageous because it allows to produce coatings with different chemical compositions and properties. Besides, in comparison with the wire filler, uniform mapping of powder alloys onto difficult trajectories is easier. The article covers investigation of coating structure and mechanical properties along with establishment of their applicability domains in order to meet the demands of modern machine building.

Publications with keywords: <u>laser cladding</u>, <u>protective coatings</u>, <u>mechanical properties of coatings</u>, <u>powder cladding</u>

Publications with words: <u>laser cladding</u>, <u>protective coatings</u>, <u>mechanical properties of coatings</u>, powder cladding

References

1. Arzamasov B.N., Sidorin I.I., Kosolapov G.F. *Materialovedenie* [Materials science]. Moscow, Mashinostroenie, 1986. 384 p.

- 2. Grigor'iants A.G., Shiganov I.N., Misiurov A.I. *Tekhnologicheskie protsessy lazernoi obrabotki* [Technological processes of laser treatment]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2006. 664 p.
- 3. Bernardo Miguel Fonseca da Costa Alves Borges. *Laser cladding using filler powder and wire. Productivity and quality. Master in Mechanical Engineering Diss.* 2008.