

Исследование влияния режима генерации лазерного излучения на структуру и свойства инструментальной стали при газопорошковой наплавке.

07, июль 2012

DOI: 10.7463/0712.0418604

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

УДК.621.373.826

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

mt12.anton@gmail.com

tretyakov.roman@gmail.com.

В настоящее время широко развивается применение лазерной наплавки для создания покрытий из специальных материалов при ремонте различных деталей. Известны работы по созданию покрытий как импульсным, так и непрерывным излучением, однако детальное сравнение двух методов на одном и том же наносимом материале, с проведением комплексных исследований свойств полученных покрытий, в литературе не описано.

Быстрорежущие стали широко применяют для создания режущих инструментов, работающих в условиях значительного силового нагружения и разогрева рабочих кромок, а также для ряда деталей, работающих при повышенных температурах, подшипников качения, тяжело нагруженных штампов холодного прессования [1].

При наплавке инструментальных сталей с наличием структурных превращений в твердой фазе необходимо учитывать не только тепловложение, но и весь термический цикл процесса наплавки, поскольку скорость охлаждения наплавленного металла влияет на измельчение его структуры, а значит, и на его механические свойства [2]. Исследование свойств покрытий при различных способах наплавки имеет большое значение для оптимального подбора режима обработки.

Непрерывная наплавка проводилась с помощью излучения иттербиевого волоконного лазера мощностью 4 кВт. Импульсная наплавка проводилась твердотельным лазером с ламповой накачкой и средней мощностью до 150Вт. Исследуемые покрытия наносились на образцы специальной формы, разработанной под исследования на коэффициент трения и износ и представляли собой «грибок» из металла. Состав наносимого материала указан в таблице 1.

Табл. 1. Химический состав стали Р6М5

Содержание, %	C	Si	Fe	Cr	Mo	Mn	V	W
	1,0	0,3	База	4,0	5,0	0,3	2,0	6,2

Работоспособность материала детали в условиях эксплуатации характеризуют, среди прочих, следующие критерии конструкционной прочности.

- 1). Критерии прочности: прочность на разрыв, предел текучести и т.п. Косвенным признаком механической прочности является микротвердость материала.
- 2). Циклическая прочность, скорости изнашивания, ползучести, коррозии [3].

Исследование микроструктуры наплавленного слоя проводилось на продольном и поперечном шлифах. У образцов непрерывной наплавки после травления просматриваются отдельные проходы, сформированные при наплавке. Ширина прохода меняется от 965 мкм до 1000 мкм. Границы проходов сильно размыты и не имеют четко выраженных участков зоны повторного нагрева шириной 300 – 350 мкм (рис. 1).

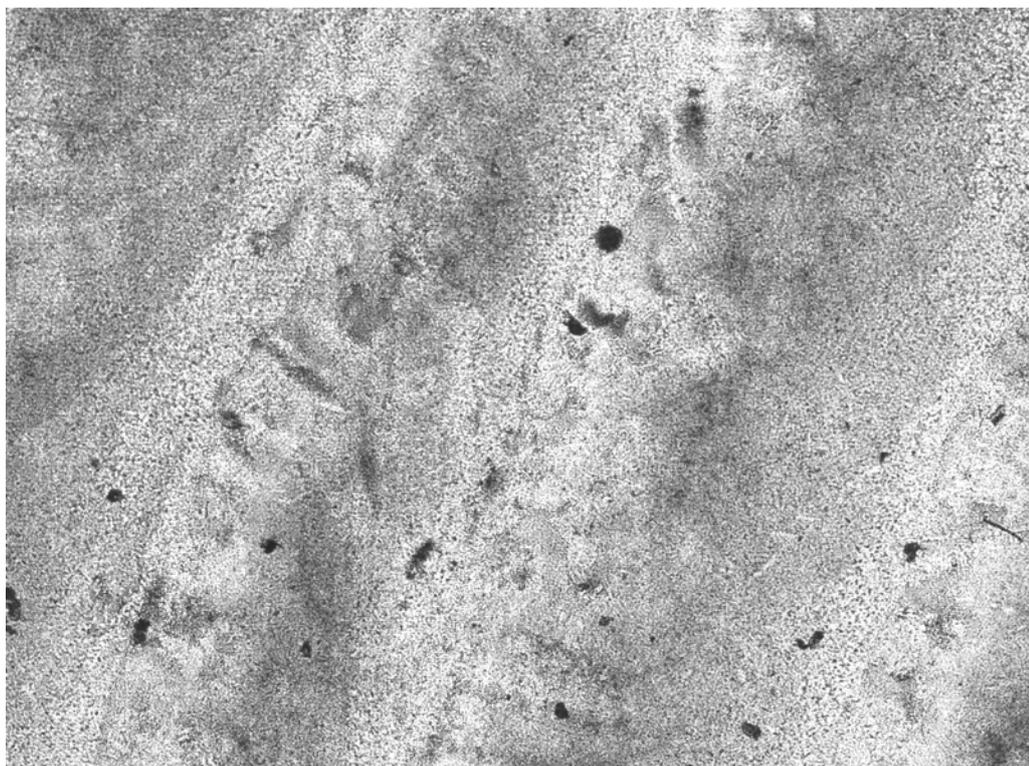


Рис. 1. Внешний вид поверхностного слоя стали P6M5 (x50)

Структура наплавленного слоя аустенитно-мартенситная. Мартенсит внутри зерен травится слабо. Размер зерен изменяется от 5-15 до 25-30 мкм. По границам зерен присутствует карбидная эвтектика сложного состава ($CrWMo_nC_m$) с шириной сетки 0,5-1,0 мкм. Внутри зерен имеются мелкие карбидные выделения на основе карбида ванадия размером 1-2 мкм (рис. 2, 3). Количественный анализ структурно-фазовых составляющих наплавленного слоя и зоны термического влияния представлен в таблице 2.

В переходной зоне наблюдается практически полное растворение карбидной эвтектики за счет разбавления низколегированным основным металлом. Углерод и карбидообразующие элементы перешли в раствор и способствовали формированию однородной нетравящейся прослойки с мартенситной структурой. Ширина прослойки колеблется от 5 до 15 мкм как на образцах, нанесенных непрерывной наплавкой, так и на образцах, полученных импульсным излучением.

Табл. 2. Структурно-фазовый состав покрытия из стали Р6М5

Участок поверхностного слоя	Характер микроструктуры	Доля структурно- фазовых составляющих, %	Средний диаметр зерна, мкм
Наплавка	Аустенитно- мартенситная с карбидной эвтектикой	88 + 12	От 5,0 до 15
ЗТВ	Мартенсит + бейнит	100	Ширина слоя от 5 до 15

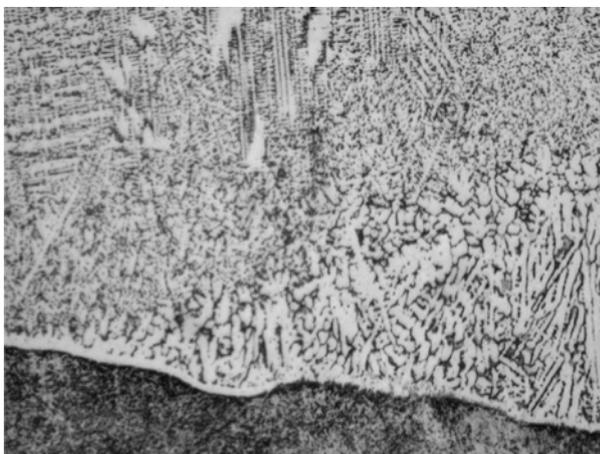


Рис. 2. Микроструктура слоя, наплавленного импульсным лазерным излучением (1000х)

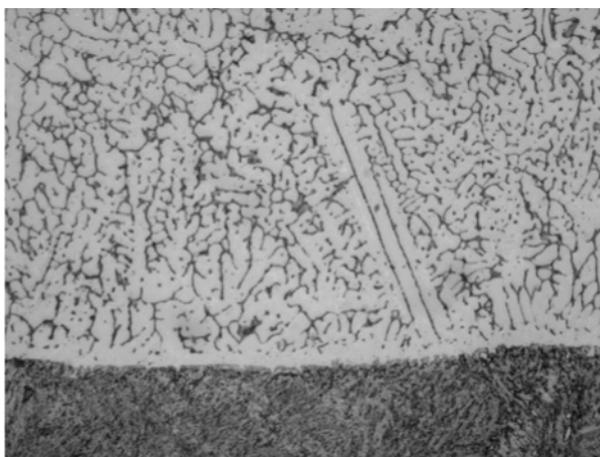


Рис. 3. Микроструктура слоя, наплавленного непрерывным лазерным излучением (1000х)

Значения микротвердости наплавленного слоя из инструментальной стали Р6М5 находятся в диапазоне от 8500 до 10300 МПа для образцов, выполненных на подложке из стали 3, что говорит о наличии высокоуглеродистого мартенсита в структурно-фазовом составе слоя. Переходная зона от слоя к основному металлу имеет небольшую ширину (около 50 мкм). Слой, полученный на образцах импульсно-периодическим лазерным излучением, характеризуется несколько меньшими значениями твердости в диапазоне от 6100 до 8000 МПа. Переходная зона от наплавленного слоя к основному металлу также небольшой ширины. Графики изменения микротвердости по толщине слоя представлены на рисунке 4.

Как видно из измерений, покрытия позволяют поднять твердость детали до 4-5 раз.

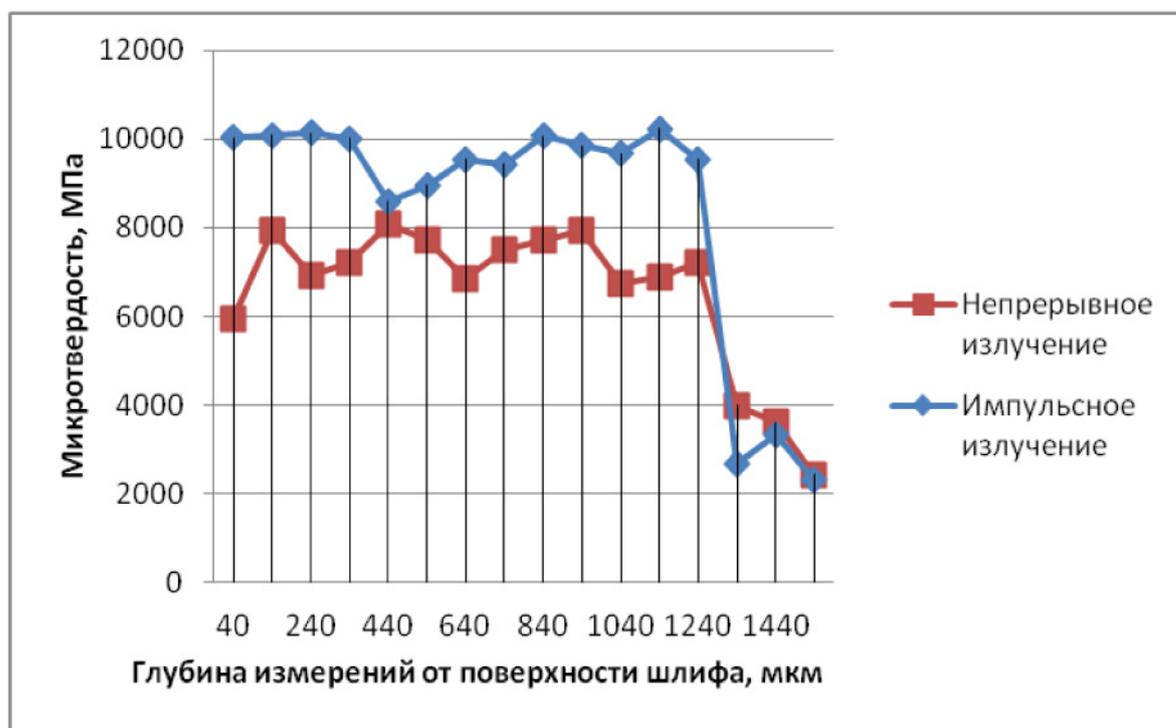


Рис. 4. Микротвердость стали Р6М5 после наплавки импульсным и непрерывным излучением

Одним из отличий лазерной наплавки от других традиционных методов является практически полное отсутствие пористости [4]. При измерении пористости гидростатическим методом было выявлено более высокое значение в покрытии, нанесенном непрерывным лазерным излучением, чем в импульсном (табл. 4, 5).

Табл. 4. Гидростатическая пористость наплавленных слоев

Тип источника излучения.	Пористость закрытая, %	Пористость открытая, %	Пористость общая, %
Непрерывное излучение	0,7	1,6	2,3
Импульсное излучение	0	0,1	0,1

Табл. 5. Пористость, измеренная металлографическим методом

№	Степень пористости к площади поверхностного слоя, %	Средний диаметр пор, мкм	Примечания
Образец непрерывной наплавки			
1	0,9	1,0-6,0. Отдельные зоны размером до 10-50	продольный шлиф на глубине 130 мкм от исходной наружной поверхности шлифа
2	1,1		
3	0,5		
Образец импульсной наплавки			
1	0,4	0,5-1,0. Отдельные зоны размером до 5-40	продольный шлиф на глубине 120 мкм от исходной наружной поверхности шлифа
2	0,5		
3	0,3		

Образцы непрерывной наплавки			
1	1,0	2,5-4,0. Отдельные зоны размером до 25	поперечный шлиф
2	2,2		
3	1,3		
Образцы импульсной наплавки			
1	2,1	2,5-15,0. Отдельные зоны размером до 105	поперечный шлиф
2	1,8		
3	2,3		

Из результатов исследований следует, что пористость покрытий, полученных импульсной и непрерывной наплавкой, не превышает 3 %. Значит, покрытия являются плотными и имеют прочность сцепления на уровне межзатомной связи.

Испытания образцов непрерывной наплавки с поверхностным слоем, изготовленным из инструментальной стали, показали высокую стойкость к абразивному износу.

Наиболее стабильные результаты показывают испытания образцов при нагрузке 120Н. При таких условиях после участка приработки весовой износ на значительном пути трения составляет 0,003 – 0,005 г. При нагрузке 370 Н значения весового износа в области стабильной работы колеблются в интервале от 0,007 до 0,015 г. Примерно такие же значения характеризуют испытания при нагрузке 270 Н, однако они существенно изменяются в течение времени испытаний в диапазоне от 0,007 до 0,015 г. Примерно такие же значения характеризуют испытания при нагрузке 270 Н, однако они существенно изменяются в течение времени испытаний. Скорость изнашивания на этом этапе испытаний имеет значения 0,072, 0,15 и 0,175 мг/с при нагрузке 120, 270 и 370 Н соответственно, а интенсивность изнашивания – 0,23, 0,48 и 0,56 мг/м.

На глубине около 200 мкм от поверхности образца при всех условиях испытаний происходит скачкообразное увеличение скорости изнашивания.

Весовой износ возрастает в 3,0 – 3,5 раза, а затем несколько снижается. При нагрузке 120 Н значения износа практически возвращаются к уровню стабильной работы, при нагрузках 270 и 370 Н – снижение износа менее ярко выражено.

Испытания на износ образцов импульсной наплавки с показали высокую повторяемость результатов первой части испытаний образцов непрерывной наплавки.

Заключение.

В результате исследований установлено, что лазерная наплавка позволяет восстановить локальные участки деталей с получением высоких рабочих характеристик. Проведены исследования структуры, микротвердости, пористости и износостойкости покрытий, полученных двумя различными способами наплавки.

Наплавка импульсным лазерным излучением даже с довольно мягким режимом нанесения при средних частотах и энергетике лазерного излучения позволила получить более мелкую микроструктуру, чем наплавка непрерывным лазерным излучением. Такая структура менее подвержена трещинам и более прочна. Кроме того, металл, полученный импульсным лазерным излучением, имеет пористость, как поверхностную, так и объемную, на порядок ниже, чем металл, полученный непрерывным лазерным излучением. При обработке резанием данный показатель является немаловажным, поскольку металл резца нагружается в процессе эксплуатации циклически.

Однако импульсный режим нанесения покрытия является малопродуктивным и трудоемким. Поэтому покрытие металла таким составом должно быть экономически обоснованным. Покрытие, созданное непрерывным лазерным излучением, является, в свою очередь, более производительным и дешевым, в связи с этим при восстановлении крупных деталей необходимо использовать непрерывное излучение при малопродуктивных режимах нанесения покрытия.

Литература

1. 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
2. Инструментальные стали. Справочник. М., «Металлургия», 1977, 168 с. Позняк А.С., Тишаев С.И., Скрынченко Ю.М.
3. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин., Г.Ф. Косолапов. М.: Машиностроение, 1986. – 384 с.,ил.
4. Забелин А.М., Шиганов И.Н., Чирков А.М., Хрусталеv Ю.А. Гибридные технологии лазерной наплавки: Учеб. Пособие. – М.: изд-во МГОУ, 2007.

Investigation of influence of laser radiation type on the structure and properties of tool steel with cladded coatings.

07, July 2012

DOI: **10.7463/0712.0418604**

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

Russia, Bauman Moscow State Technical University

mt12.anton@gmail.comtret'yakov.roman@gmail.com

The article considers comparison of coating properties made of tool steel R6M5, created by means of gas-powder cladding with pulse and continuous laser emission. The renewal of cutting tools and equipment at machine-building factories is an urgent problem of production modernization and reduction of its costs. The laser gas-powder cladding technology allows to simplify the process of renewing and to make it local and precise. The authors investigate microstructure, microhardness, porosity and wear resistance of coatings made with pulse and continuous laser emission.

Publications with keywords: [high speed steel](#), [laser cladding](#), [mechanical properties of coatings](#), [powder cladding](#), [cutting tool renewal](#)

Publications with words: [high speed steel](#), [laser cladding](#), [mechanical properties of coatings](#), [powder cladding](#), [cutting tool renewal](#)

References

1. Grigor'iants A.G., Shiganov I.N., Misiurov A.I. *Tekhnologicheskie protsessy lazernoj obrabotki* [Technological processes of laser processing]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2006. 664 p.
2. Pozniak L.A., Tishaev S.I., Skrynchenko Iu.M., Kuz'menko Iu.N., Zykova R.A., Koval'chuk A.V., Serebrianskaia A.I., Kolosova N.A., Natapov B.E., Mozharova I.A., Raspopina O.A. *Instrumental'nye stali. Spravochnik* [Tool steels. A handbook]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1977. 168 p.
3. Arzamasov B.N., Sidorin I.I., Kosolapov G.F., Makarova V.I., Mukhin G.G., Ryzhov N.M., Silaeva V.I., Ul'ianova N.V. *Materialovedenie* [Materials science]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1986. 384 p.
4. Zabelin A.M., Shiganov I.N., Chirkov A.M., Khrustalev Iu.A. *Gibridnye tekhnologii lazernoj naplavki* [Hybrid technology for laser welding]. Moscow, MSOU Publ., 2007. 126 p.