

ОСОБЕННОСТИ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ⁴⁰

В.А. Иванников¹, В.Н. Бухтояров¹, А.Д. Голев¹, Е.А. Астахова¹, А.И. Третьяков¹

¹ Воронежский государственный лесотехнический университет, имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия, ivannikov_vrn@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены особенности пластического деформирования плазменных покрытий. Предложена последовательность обкатки роликов в несколько стадий.

Ключевые слова: напыление, покрытие, пластичность, пластическое деформирование, обкатка роликом или шариком.

FEATURES OF PLASTIC DEFORMATION OF PLASMA COATINGS V.A.

Ivannikov ¹, V.N. Bukhtoyarov ¹, A.D. Golev ¹, E.A. Astakhova ¹, A.I. Tretyakov¹

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia, ivannikov_vrn@mail.ru

В отечественной и зарубежной промышленности возникает необходимость работать над повышением качества деталей машин, следить за тем, чтобы выпускаемая продукция отвечала современным требованиям.

Современное машиностроительное производство развивается в направлении совершенствования технологий управления свойствами поверхностного слоя деталей машин. Часто такие технологии основаны на создании поверхностных слоев с необходимыми свойствами с помощью нанесения функциональных покрытий и их последующего упрочнения. При этом используют комбинированные методы обработки, основанные на термомеханических и химико-термических процессах [1].

Для создания покрытий с заданными свойствами на поверхностях деталей машин часто используют плазменное напыление. Покрытия, получаемые данным способом, обладают хорошей износостойкостью, коррозионной и температурной стойкостью, но не всегда обеспечивается необходимая прочность соединения покрытия и основного материала. Покрытия, полученные плазменным напылением, обладают гетерогенной структурой, что снижает возможности их использования в условиях повышенных давлений и ударных нагрузок.

Традиционно применяемые для упрочнения плазменных покрытий технологические приемы, основанные на нагреве выше температуры фазовых преобразований (оправление, спекание), влекут за собой снижение усталостной прочности деталей в связи с укрупнением зерен микроструктуры и увеличением трещинообразования.

Большой интерес представляет пластическое деформирование покрытий. Указанная группа технологических приемов включает в себя большой комплекс возможных воздействий на плазменные покрытия [2 ... 4].

Имеется возможность обкатки роликом при нормальной температуре, однако при этом требуется существенно увеличивать давление, снижать степень деформации покрытия. При этом вероятность растрескивания и отслаивания покрытия возрастает. Другим классом способов является термомеханическая обработка с нагревом (в печи или непосредственно плазменной струей или другим концентрированным источником тепла). В этом случае возможно снижение удельного давления ролика на покрытие, повышение степени деформации, но растет вероятность нежелательных структурных изменений в материале детали и покрытия. Кроме того, из-за разницы в коэффициентах линейного расширения материалов, возможно нарастание уровня внутренних напряжений в зоне прикреплении покрытия и основы.

В информационных источниках встречается напыление с одновременной обкаткой роликом или шариком.

Плазменные покрытия имеют специфическую, ламелеобразную, пористую структуру, формируемую летящими частицами, увлекаемыми потоком плазмы. Данные частицы в процессе полета окисляются, при ударе о поверхность окислы трескаются и попадают в покрытие. В то же время частицы оплавляются не полностью, а могут находиться в пластичном состоянии, что способствует образованию пор.

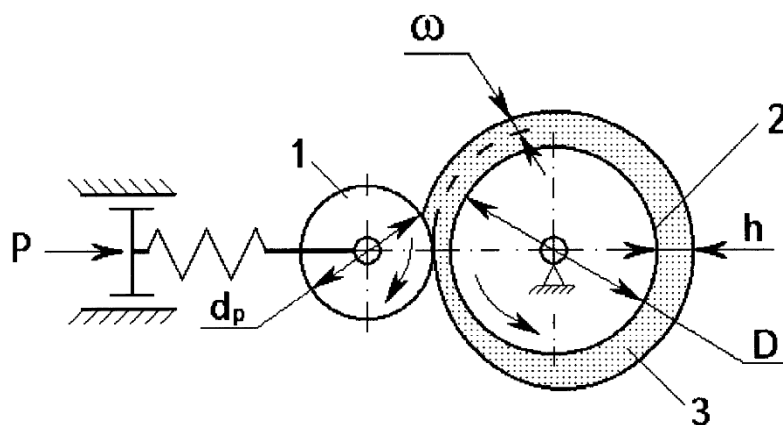
С использованием пластического деформирования плазменных покрытий в горячем или холодном состоянии повышаются основные физико-механические характеристики, а именно прочность соединения покрытия с основным материалом и его износостойкость.

Сущность обкатки роликом или шариком (рис. 1) заключается в том, что под влиянием рабочей поверхности инструмента происходит смятие пор, деформирование поверхностного слоя покрытия, оно в результате таких действий становится более плотным. В результате обработки происходят структурные изменения в кристаллической решетке. Уплотнение материала покрытия способствует увеличению износостойкости.

В результате пластической деформации в покрытии возникают сжимающие напряжения. Наличие сжимающих напряжений, увеличивают сопротивление усталости детали, так как не позволяют возникать отрицательным напряжениям (напряжения не меняют значение из положительного в отрицательные) [5].

Немаловажным показателем качества плазменного покрытия, является прочность его соединения с основным материалом. В технологическом процессе напыления заложена операция пескоструйной обработки для создания нужного микрорельефа. В процессе напыления разогретые частицы порошка ударяясь о

поверхность не всегда полностью прилегают и заполняют все неровности поверхности. При пластическом деформировании поверхности покрытие максимально прижимается к основному металлу, что позволяет увеличить количественно «якорное» зацепление. Приближение покрытия к основному материалу в сочетании с термическим воздействием будет способствовать увеличению вероятности диффузии материалов [6, 7].



1 – ролик; 2 – деталь; 3 – покрытие; P – усилие обкатки; d_p – диаметр ролика; D – диаметр детали; h – толщина покрытия; ω – глубина деформации покрытия

Рисунок 1 – Схема обкатки роликом покрытия

При пластическом деформировании плазменных покрытий в холодном состоянии, из-за специфики формирования и как результат пористой структуры, есть большая вероятность того, что оно растрескается. Поэтому лучше такого рода покрытия, предварительно нагревать до пластичного состояния, что позволит, во-первых, уменьшить усилие обработки, во-вторых получать более качественное покрытие без растрескивания.

То есть, предлагается обкатывать покрытие в две стадии. На первой стадии покрытие оплавляется (температура колеблется от 1300 ... 1400 К), при этом усилие обкатки 300 ... 500 Н/мм. На второй стадии обкатка происходит на холодную с усилием 500 ... 800 Н/мм. Основная цель первой стадии – придание правильной формы, размера, а вторая стадия придание необходимых физико-механических свойств [6].

При исследовании были проведены испытания покрытий на износостойкость, сопротивление усталости и прочность соединения основного материала и нанесенного слоя. Использовались стандартные методы испытаний на машине трения МИ-1, машине для усталостных испытаний МУИ-600, прочность сцепления определялась методом сдвига.

Сравнительные экспериментальные исследования показывают, что обкатка роликом с термической обработкой в сравнении с традиционным оплавлением плазматроном способствует повышению прочности сцепления на 8 ... 10 %, сопротивлению изнашиванию на 10 ... 20 %, увеличивает предел выносливости на 14 ... 15 %.

Список литературы

1. Соснин Н. А. Пламенные технологии. Руководство для инженеров / Н. А. Соснин, С. А. Ермаков, П. А. Тополянский. – СПб : Изд-во Политехн. ун-та, – 2008. – 406 с.
2. Одинцов, Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным и пластическим деформированием / справочник / Л. Г. Одинцов. – М. : Машиностроение, 1987. – 328 с.
3. Браславский, В. М. Технология обкатки крупных деталей роликами / В. М. Браславский. – М. : Машиностроение, 1975. – 160 с.
4. Аскинази, Б. М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой : учеб. пособие / Б. М. Аскинази. – М. : Машиностроение, 1989. – 200 с.
5. Кадырметов, А. М. Перспективы упрочнения покрытий методом плазменного напыления с одновременной электромеханической обработкой / А. М. Кадырметов, В. О. Никонов, В. Н. Бухтояров, Е. В. Снятков, А. Ф. Мальцев // Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта : теория и практика: В 2 частях : материалы 14-й международной научно-практической конференции. Часть 1 – СПб : Изд-во политехи, ун-та, 2012. – С. 75-79.
6. Яковлев, К. А. Разработка процесса термомеханического упрочнения поверхностей с газотермическими покрытиями : автореф. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / К. А. Яковлев. – Воронеж, 1998. – 15 с.
7. Никонов, В. О. Совершенствование технологии восстановления шеек коленчатых валов автомобильных двигателей плазменным напылением с одновременной электромеханической обработкой : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.22.10 – Владимир, 2013. – 17 с.

References

1. Sosnin N. A. Flame technologies. Handbook for engineers / N. A. Sosnin, S. A. Ermakov, P. A. Topolyansky. – St. Petersburg : Polytechnic Publishing House. University, 2008, 406 p.
2. Odintsovo, L. G. Hardening and finishing of parts by surface and plastic deformation / handbook / L. G. Odintsovo. – M. : Mashinostroenie, 1987. – 328 p.
3. Braslavsky, V. M. Technology of rolling large parts with rollers / V. M. Braslavsky. – M. : Mashinostroenie, 1975. – 160 p.
4. Askinazi, B. M. Hardening and restoration of machine parts by electro-mechanical processing : textbook. manual / B. M. Askinazi. Moscow : Mashinostroenie, 1989. 200 p
5. Kadyrmetov, A.M. Prospects for hardening coatings by plasma spraying with simultaneous electromechanical treatment / A.M. Kadyrmetov, V. O. Nikonov, V. N. Bukhtoyarov, E. V. Snyatkov, A. F. Maltsev // Technologies hardening, coating and repair : theory and practice: In 2 parts : proceedings of the 14th International Scientific and Practical Conference. Part 1 – Joint Venture
6. Yakovlev, K. A. Development of the process of thermomechanical hardening of surfaces with gas-thermal coatings : abstract of the Candidate of Technical Sciences : 05.03.01 / K. A. Yakovlev. – Voronezh, 1998. – 15 p.
7. Nikonov, V. O. Improving the technology of restoring crankshaft necks of automobile engines by plasma spraying with a single electromechanical treatment : abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences : 05.22.10 – Vladimir, 2013. – 17 p.