DOI: 10.34220/ITRT2021_74-76

УДК. 621.793.74

Кадырметов А. М.

доктор техн. наук, доцент,
профессор кафедры производства,
ремонта и эксплуатации машин
Воронежского государственного
лесотехнического университета
имени Г.Ф. Морозова, РФ

Бухтояров В. Н.

канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры производства,
ремонта и эксплуатации машин
Воронежского государственного
лесотехнического университета имени
Г.Ф. Морозова, РФ

Иванников В. А.

доктор техн. наук, доцент, заведую-
щий кафедрой производства, ремонта
и эксплуатации машин Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени
Г.Ф. Морозова, РФ

Kadirmetov A. M.

doctor of technical
sciences, associate professor,
professor, department maintenance
and operation of machines, Voronezh
State Forestry Engineering University of
G.F. Morozov, Russian Federation

Bukhtoyarov V. N.

ph. D., associate professor,
associate professor production,
department maintenance and operation of
machines, Voronezh State Forestry
Engineering University of
G.F. Morozov, Russian Federation

Ivannikov V. A.

doctor tech. Sci., associate
professor, head of the department of
production, repair and operation of
machines, Voronezh State Forestry
University named after G.F. Morozov,
Russian Federation

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

THE USE OF PULSE MODULATION AS A WAY TO IMPROVE THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF PLASMA COATINGS

Ключевые слова: плазменное напыление, импульсная модуляция, прочность сцепления, электрические параметры.

Аннотация: в настоящее время большое внимание уделяется повышению износостойкости поверхности деталей машин. Повысить качество поверхностей возможно с применением плазменных покрытий. Однако эти покрытия не всегда обеспечивают необходимые прочностные свойства. В статье рассматривается один из способов повышения прочностных характеристик – модуляция электрических параметров плазменного процесса.

Keywords: plasma sputtering, pulse modulation, adhesion strength, electrical parameters.

Annotation: currently, much attention is paid to improving the wear resistance of the surface of machine parts. It is possible to improve the quality of surfaces with the use of plasma coatings. However, these coatings do not always provide the necessary strength properties. The article considers one of the ways to improve the strength characteristics – the modulation of the electrical parameters of the plasma process.

Долговечность машин определяются износостойкостью рабочих поверхностей пар трения, увеличение которой значительно повышает ресурс работы

механизмов в целом. В настоящее время широко распространены различные способы нанесения защитных покрытий, среди которых наибольшее распространение получило газотермическое напыление. Часто в качестве материала для напыления используют сплавы на основе никеля Ni-Cr-B-Si, которые в дальнейшем оплавляют [1, 2].

Оплавление может осуществляться плазменной горелкой, электронным или лазерным лучом, электрической дугой и в печи. Плазменная горелка и печь оказывают сильное термическое влияние на деталь, вызывая структурные изменения основы. Лазерный и электронный луч являются дорогостоящими способами оплавления.

Оплавление электрической дугой может осуществляться либо после напыления или совместно с ним. При последующем оплавлении может использоваться переоборудованный плазматрон, у которого горит дуга между катодом и деталью при дистанции напыления 1 ... 2 мм. При совместном напылении и оплавлении используется тот же плазматрон, что и при обычном напылении, но при дистанции напыления 15 ... 20 мм и подключении дополнительного источника питания между анодом плазматрона и деталью.

1 – плазматрон; 2 – подложка; 3 – источник питания; 4 – катушка индуктивности; 5 – блок управления модулятора; 6 – модулятор; 7-9 – балластные сопротивления R_1 , R_2 , R_3 соответственно; A_1 , A_2 , A_3 – амперметры; K_1 , K_2 – контакторы

Рисунок 1 – Принципиальная схема установки плазменного напыления с одновременным оплавлением выносной модулируемой дугой

В данной работе предлагается вариант дающий возможность напылять и оплачивать покрытие одновременно, используя при этом один источник питания. Электрическая схема устройства представлена на рисунке 1. Принцип работы заключается в поочередном получении разряда на дугу между катодом и анодом плазматрона и катодом и деталью. Очередность подачи тока, а, следовательно, и получения разряда определяется открытым или закрытым состоянием тиристоров. Тиристоры открываются и закрываются с помощью сигналов поступающих от фазо-импульсного регулятора (ФИР). Частота срабатывания тиристоров определяется звуковым генератором ЗГ.

При подаче открывающего сигнала от фазо-импульсного регулятора ФИР на одни тиристоры загорается дуга между катодом K и анодом A плазматрона далее ФИР подает открывающий сигнал на другие тиристоры, загорается дуга между катодом K и деталью D . Мощность дуг регулируется подбором сопротивлений $R1 \dots R4$.

В результате получаются периодические разряды. Устойчивость горения дуги определяется частотой изменения величины тока и напряженности [3-5].

При низких частотах (ниже нескольких сотен герц) может возникнуть случай, что при минимальном значении тока ионизация успевает снизиться до уровня, при котором разряд развиваться не может. При повышении частоты (свыше нескольких килогерц) степень ионизации и проводимость практически постоянны, и дуга является омическим проводником.

Такой процесс характеризуется большим вводом теплоты и большой прочностью сцепления оплавленного слоя за счет локального приваривания участков покрытий к поверхности детали, чем при классическом способе напыления. Отсутствует общая сварочная ванна и на поверхность детали воздействует меньший тепловой поток по сравнению с процессом плазменной наплавки.

Термическое воздействие на деталь определяется мощностью выносной дуги, которая в свою очередь зависит от силы подводимого тока. В нашем случае сила тока будет периодически изменяться от нуля до максимума, тем самым смягчая термическое воздействие дуги. Периодические разряды на дуге между K и A плазматрона будут увеличивать теплообмен между потоком плазмы и напыляемыми частицами, т.к. при короткой дистанции они не будут успевать проплавляться.

Проведенные предварительные испытания установки показали, что по сравнению с плазменным напылением без оплавления прочность сцепления покрытия и основы увеличивается приблизительно на 15 ... 20 %, трудоемкость по сравнению с плазменным напылением с последующим оплавлением сокращается на 25 ... 30 %. Покрытия без отслоения достигали толщины 1 мм. На некоторых образцах происходил сильный перегрев основы, в результате покрытие отслаивалось. С целью дальнейшего усовершенствования процесса необходима оптимизация параметров силы тока, термического воздействия плазменной струи и дуги на основу, частоты срабатывания тиристоров.

Список литературы

1. Ильенко, А. Г. Использование ультразвука в технологии газотермического напыления / А. Г. Ильенко // Современные достижения в области техники и применения газотермических и вакуумных покрытий : сб. науч. тр. – Киев, 1991. – С. 57-62.
2. Опыт применения электрических разрядов в обработке металлов / В. Г. Антосяк, Г. Е. Маковейчук, О. И. Плахотников, Л. Н. Шистик. – Кишинев : Штица, 1983 – 123 с.
3. Кадырметов, А. М. Разработка технологии воздушно-плазменного напыления с модуляцией тока дуги плазматрона на детали лесных машин : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / А. М. Кадырметов / Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 1994. – 16 с.
4. Тополянский П. А. Плазменные технологии нанесения покрытий / Сварщик № 3, 2002 г. – С. 10-11.
5. Бухтояров, В. Н. Технология восстановления цилиндрических поверхностей валов плазменным напылением с одновременным оплавлением выносной модулируемой дугой (на примере коленчатого вала) : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / В. Н. Бухтояров / Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 2003. – 16 с.