

## ПЛАЗМЕННО-ДЕТОНАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

В. П. КАЗАЧЕНКО, Ю. П. ТЮРИН, А. Н. ПОПОВ, В. В. КОМИССАРОВ  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Все больший интерес стал проявляться к изделиям из высокопрочного чугуна (ВЧ). ВЧ обладает высокими технологическими и служебными свойствами, а также экономичностью. Он вытеснил за последние четыре десятилетия значительный тоннаж отливок из стали, ковкого и серого чугунов, стальных поковок и сварных конструкций. Для увеличения ресурса работы данных изделий исследуются различные методики термического воздействия как объемного, так и поверхностного.

Целью данной работы являлось исследование влияния плазменно-детонационной обработки (ПДО) на механические и триботехнические свойства высокопрочного чугуна.

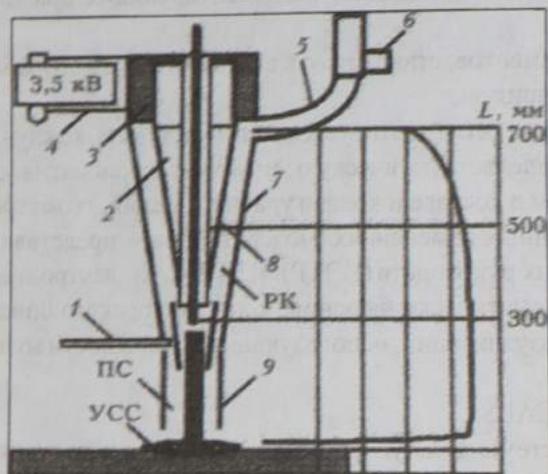


Рисунок 1 – Схема генератора импульсной плазмы и изменение напряженности электрического поля в межэлектродном зазоре.

Для ПДО применялся генератор с конусообразной рабочей камерой (рисунок 1). Он состоит из детонационной пушки 5, свечи зажигания 6 для инициирования детонации, конического катода 7, электрода – анода 8, который установлен по оси РК на опорных изоляторах 3.

На конце РК закреплен цилиндрический ствол 9, предназначенный для ускорения и нагрева порошков. Все активные элементы генератора охлаждаются проточной водой, циркулирующей по камерам 2. К аноду и катоду подведен электрический потенциал от высоковольтного источника электрического тока 4. Напыляемый материал в виде порошкового сплава подается через трубопровод 1 в ствол 9. Компоненты горючей газовой смеси подаются в малогабаритную детонационную пушку, где смешиваются и детонируют от электрического разряда, возбуждаемого автомо-

бильной системой зажигания.

Испытание образцов на микротвердость производилось на электронном микротвердомере Duramin. Триботехнические испытания проводили на машине трения с возвратно-поступательным движением керамических штифтов. Штифты изготавливались спеканием из порошков  $ZrO_2$  и  $SiC$  и имели твердость 1200HV и 3000HV, соответственно. Сила прижима торца керамического штифта к исследуемой поверхности составляла 104 Н. Возвратно-поступательные движения по исследуемой поверхности образца осуществлялись со скоростью 120 мм/с и с частотой 2 Гц в условиях сухого трения.

Структура образца до упрочнения приведена на рисунке 2, из которого видно следующее: форма включений – шаровидная правильная (ШГф5); диаметр включений графита – ШГд45мкм; распределение включений – равномерное ШГр1.

После ПДО в структуре произошли изменения (рисунок 3). В результате упрочнения на поверхности появился тонкий упрочненный слой (бесструктурный) глубиной 20 мкм. У поверхности графит

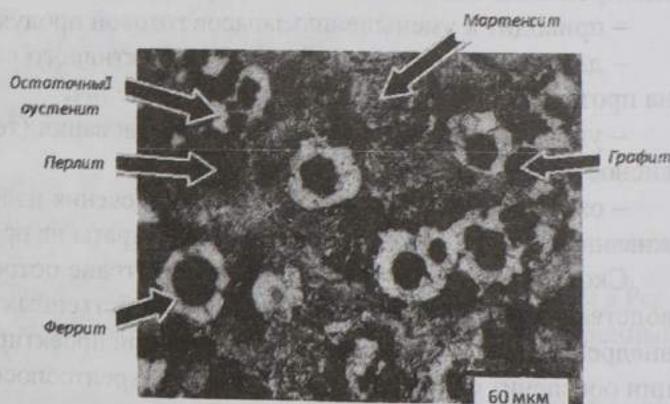


Рисунок 2 – Структура исходного чугуна

частично растворился. Изменения произошли в слое глубиной до 200 мкм. Из снимка видно, что феррит практически отсутствует (составляет около 10%), в основном наблюдаются перлитная и мартенситная структура, включения графита по размерам меньше, чем в основном материале. Диаметр включений графита около поверхности уменьшился до 25 мкм.



Рисунок 3 – Вид модифицированного слоя на поверхности образцов после импульсно-плазменной обработки

Поверхностный слой на образцах прошел перекристаллизацию после импульсно-плазменной обработки. Толщина модифицированного слоя выше 50 мкм. Можно отметить, что включения графита, в основном, сохранили свой вид. Наблюдаются места выхода графита на поверхность и следы трещин и разрушений в местах выхода шаровидного графита. После ПДО образцов шероховатость практически не изменилась. Поверхность образцов не сохранила технологических следов от предыдущей обработки. Все вершины неровностей скруглены и оплавлены. Впадины, между неровностями, заполнены продуктами плазмохимического синтеза из элементов эродируемого электрода и продуктов сгорания.

Твердость исходного образца составляла 350–400 НВ. После ПДО максимальное значение твердости наблюдается в пределах 850–1000 НВ.

Триботехнические испытания показали, что коэффициент трения после ПДО снизился (рисунок 4).

Изучение дорожек трения показывает, что их глубина на упрочненном чугуна значительно меньше и составляет 12,75 мкм. Это соответствует тому, что образец с более твердой поверхностью лучше противостоит абразивному износу.

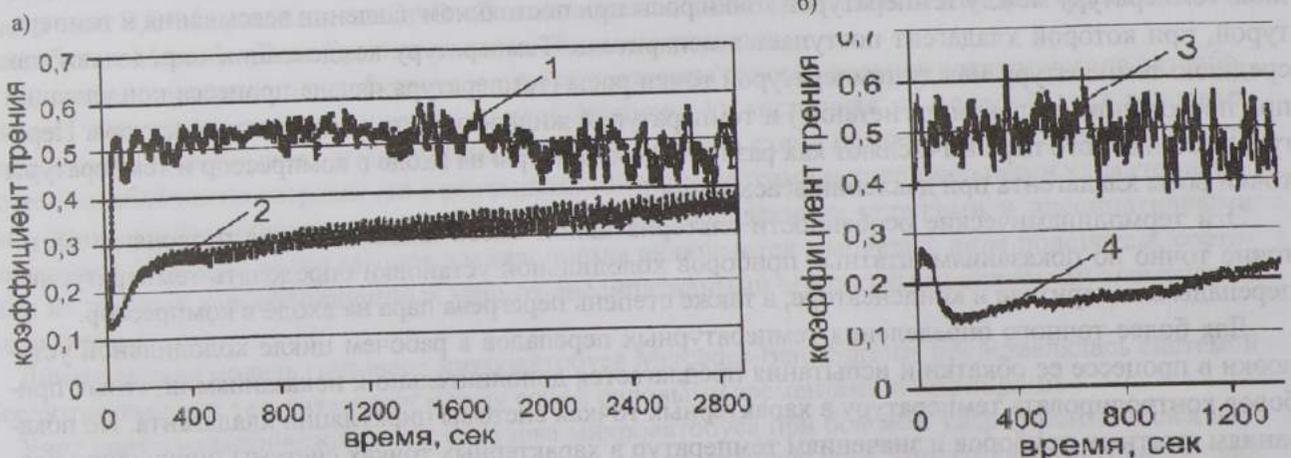


Рисунок 6 – Коэффициенты трения керамики (а –  $ZrO_2$ ; б –  $SiC$ ) о высокопрочный чугун: 1, 3 – неупрочненный; 2, 4 – упрочненный

Износостойкость слоя, сформированного в процессе импульсно-плазменной обработки, в десятки раз выше износостойкости исходного материала. Износ модифицированного слоя на поверхности высокопрочного чугуна составляет 12 мг/м.

Износостойкость исходных высокопрочных чугунов низкая как при трении об оксид циркония, так и при трении о карбид кремния и составляет порядка 2200 мг/м. По-видимому, это обусловлено большой разницей в твердости керамики и чугуна, а также низкими прочностными свойствами металлической матрицы чугуна.

Проведенные исследования показали, что модифицированная импульсной плазмой поверхность высокопрочного чугуна может успешно противостоять абразивному износу в случае сухого трения о керамику.

УДК 629.463.125

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПЫТАНИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК РЕФРИЖЕРАТОРНЫХ ВАГОНОВ

*М. Б. КЕЛЬРИХ, Н. С. БРАЙКОВСКАЯ, В. Н. ИЩЕНКО*

*Государственный экономико-технологический университет транспорта, г. Киев, Украина*

В настоящее время в существующих типах энергохолодильного оборудования рефрижераторного подвижного состава применяется альтернативная аэоносберегающая смесь хладагентов Астрон 12 (С10М1) без каких-либо конструктивных изменений агрегатов и замены компрессорного масла. В отличие от ранее применяемого хладагента Хладон 12 (R12), термодинамическое поведение альтернативной смеси хладагентов С10М1 имеет ряд особенностей, которые недостаточно отображены в руководстве по деповскому ремонту 5-вагонных рефрижераторных секций. В тех случаях, когда отдельные нормы и условия по ремонту узлов и деталей оборудования вагонов (кроме ходовых частей, автотормозов, автосцепки и рамы) не отражены в действующем руководстве, руководству депо совместно с приемщиком вагонов представляется право самостоятельно решать эти вопросы, исходя из технической целесообразности, обеспечения безопасности движения поездов и безаварийной работы оборудования до следующего планового ремонта.

В смеси хладагентов в условиях термодинамического равновесия концентрация паровой и жидкостной фаз различается. Кипение при постоянном давлении происходит при увеличении температуры хладагента, а конденсация – при падении температуры. Таким образом, температуру кипения и температуру конденсации следует находить по-другому. Температуру кипения вычисляют как среднюю температуру между температурой точки росы при постоянном давлении всасывания и температурой, при которой хладагент поступает в испаритель. Температуру конденсации определяют как среднюю температуру между температурой точки росы (температура начала процесса конденсации при постоянном давлении нагнетания) и температурой жидкости на выходе из конденсатора. Перегрев всасываемого пара вычисляют как разность температуры на входе в компрессор и температуры точки росы хладагента при давлении всасывания.

Эти термодинамические особенности альтернативной смеси хладагентов не позволяют достаточно точно по показаниям штатных приборов холодильной установки определять температурные перепады в испарителе и конденсаторе, а также степень перегрева пара на входе в компрессор.

Для более точного определения температурных перепадов в рабочем цикле холодильной установки в процессе ее обкатки и испытания предлагается дополнительно к показаниям штатных приборов контролировать температуру в характерных точках системы циркуляции хладагента. По показаниям штатных приборов и значениям температур в характерных точках системы циркуляции хладагента строится термодинамический цикл холодильной установки Igp-i диаграмме. Исследуя холодильный цикл в Igp-i диаграмме можно оценить его отклонение от параметров нормальной работы и принять меры к их устранению.

Предложенная методика оценки энергетических характеристик холодильных установок при их эксплуатации на альтернативной смеси хладагентов Астрон 12 позволяет усовершенствовать технологию обкатки и испытания, и рационально определять фактическое техническое состояние энергохолодильного оборудования рефрижераторного подвижного состава после ремонта.