

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НАНЕСЕНИЕМ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

**В.С. Ивашко, д-р техн. наук, профессор; В.А. Коваль, канд.
техн. наук, доцент; В.В. Сарацев, аспирант**
УО «БГАТУ», «УО «БНТУ»
(г. Минск, Республика Беларусь)

Rebuilding of a machine parts by the wear resistance coatings deposition

The technology of deposition on a working surface of hard alloy with usage of exothermal effect of a chemical reaction, which one is an effective way of increase of stability of machine parts is offered. The structure for coatings having in optimum parameters on toughness and hardness picks up.

Развитие современной техники связано с необходимостью использования непрерывно повышающихся рабочих температур, скоростей, высоких и сложных нагрузок, а также с эксплуатацией отдельных узлов и целых машин и механизмов в условиях воздействия агрессивных сред. В настоящее время практически нет таких направлений науки и техники, которые не нуждались бы в материалах, способных показывать высокую эксплуатационную стойкость в экстремальных условиях. Такие материалы должны быть износостойкими, жаропрочными, химически инертными при контакте с агрессивными жидкостями и т.д. [1]. Поэтому целесообразно использовать полезные свойства тугоплавких соединений, применяя их в форме покрытий на достаточно прочных и пластичных основах. В наибольшей мере таким требованиям отвечают тугоплавкие соединения: карбиды, бориды, силициды и другие, а также твердые сплавы и композиционные материалы на их основе. Создание таких покрытий является в ряде случаев наиболее эффективным, а иногда и единственно возможным средством решения сложных технических проблем [2]. Покрытия из тугоплавких соединений отличаются и другой важной особенностью – они экономически рентабельны, так как их применение позволяет в ряде случаев упростить технологию, а также заменить дорогостоящие и редкие металлы менее дефицитными материалами. Однако их непосредственное использование для изготовления деталей машин и механизмов часто ограничивается технологическими трудностями, значительной хрупко-

стью и невысокими прочностными свойствами в условиях динамических нагрузок, а также относительно высокой стоимостью.

При выборе покрытий очень существенно их взаимодействие с материалом основы при высоких температурах. При рассмотрении стабильности тугоплавких материалов при высоких температурах необходимо учитывать влияние среды, в которой работают эти материалы, так как стабильность определяется не только диффузионными процессами на границе раздела взаимодействующей пары "покрытие – основа", но в существенной мере и взаимодействие на границе "покрытие – внешняя среда".

Нанесение твердых сплавов можно осуществлять за счет использования экзотермической реакции при горении металлов IV, V групп (Ti, Nb, Ta и др.) с окислителем (В, С, Si). Исходные реагенты, промежуточные и конечные продукты реакции находятся в конденсированном (твердом или жидком) состоянии. В результате получают покрытие из тугоплавких высококачественных соединений и их чистота зависит от чистоты исходных реагентов. Во многих случаях продукт содержит меньше примесей, чем исходная смесь, так как летучие примеси "выгорают". Специфичность процессов синтеза сжиганием связана, прежде всего, с тем, что на микроуровне происходит локальный разогрев участка поверхности частицы порошка, в результате чего начинается экзотермическая реакция взаимодействия либо с твердой внутренней фазой частицы, либо с газовой или жидкостной средой. Такие локальные реакции характеризуются интенсивным энерговыделением и высокой температурой (1500 – 4000 °С). Естественно, что указанные преимущества делают весьма заманчивым использование реакций СВС в синтезе покрытий из тугоплавких соединений и композиций на их основе для повышения стойкости деталей машин и инструмента [3].

Для решения задачи повышения ресурса работы изнашивающихся деталей была предложена технология нанесения на рабочую поверхность твердого сплава с использованием экзотермического эффекта химической реакции. Процесс осуществляется в нанесенном тонком слое смеси исходных реагентов электрической дугой инициирующей реакцию. Качество покрытия зависит от целого ряда физико-химических параметров. К ним относятся: термодинамические параметры (теплота образования нового химического соединения, теплоемкости продуктов реакции, начальная температура процесса, состав смеси); физические параметры (теплопроводность

и плотность смеси порошков, форма и размер частиц порошков, наличие внешних воздействий); технологические (равномерность перемешивания компонентов смеси, степень активации порошков); химические (степень увлажнения порошков, концентрация в них адсорбированных примесей и растворенных газов) [4].

Износостойкий слой формируется как за счет элементов исходной смеси, так и за счет поверхностного слоя основы. Толщина расплавленного слоя основы, переходящего в состав покрытия, зависит от условий наплавки, соотношения масс шихты стальной основы, температуры горения и т.д. Толщина покрытия в зависимости от режимов нанесения составляет 0,2 – 0,3 мм и этого в большинстве случаев хватает для восстановления работоспособности деталей. Как известно, у 70% деталей машин износ находится в пределах 0,01 – 0,5 мм (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид коленчатого вала компрессора до восстановления и упрочнения рабочих поверхностей

Покрытие имеет сложную поверхность, состоящую из микровпадин и выступов, которая имеет ряд преимуществ, а именно: уменьшение напряжений на поверхности детали с покрытием, меньший контакт с соприкасающейся поверхностью детали по сравнению со сплошным покрытием, и на рабочей поверхности хорошо удерживается смазка. Данная технология рекомендована для восстановления работоспособности деталей, работающих со смазкой, а именно: коленчатые валы, шейки подшипников и др.

Как известно, коробление деталей с покрытием является следствием того, что образовавшиеся в нем напряжения превысили по величине предел упругости материала основы. Если жесткость основы больше образовавшихся в покрытии напряжений, то релаксация напряжений происходит путем отслаивания или растрескивания покрытия в зависимости от того, что выше – прочность самого покрытия или же его сцепления с основой. В то же время по условиям эксплуатации желательно, чтобы в поверхностных слоях по-

крытия формировались остаточные напряжения сжатия. Следовательно, технологическое обеспечение получения качественного покрытия, обладающего комплексом требуемых свойств, при минимальных затратах на его механическую обработку, должно идти по двум направлениям: снижению напряжений в покрытии, для того чтобы предотвратить повреждение покрытия и деформации детали; регулированию в каждом конкретном случае величины и знака остаточных напряжений, исходя из условий эксплуатации детали. Снизить остаточные напряжения в покрытии можно за счет уменьшения влияния или устранения отдельных факторов, вызывающих образование остаточных напряжений, а также использования эффекта компенсации напряжений или проведения мероприятий, приводящих к релаксации возникших напряжений в процессе получения покрытия [5].

Превалирующее влияние на величину напряжений поверхности детали с покрытием оказывает ее длина. Чем меньше длина, тем меньше деформация. Следовательно, если деталь с покрытием в продольном направлении разделить на большое количество изолированных друг от друга участков, можно существенно уменьшить деформацию детали.

Уменьшение напряжений покрытия детали предложенным методом происходит потому, что покрытие поверхности делится на ряд не связанных друг с другом небольших участков покрытия. В результате при остывании отдельных участков покрытия образуются значительно меньшие по величине напряжения, происходит также их релаксация, и они одновременно являются демпферами, компенсирующими изменения линейных размеров покрытия при его остывании под влиянием разных коэффициентов термического расширения покрытия основы и усадки покрытия.

Важную роль в обеспечении высокого качества покрытий, каким бы методом они ни наносились, играет предварительная подготовка поверхности. Часто недостаточное внимание к подготовке поверхности может свести на нет все последующие технологические операции по нанесению покрытий и привести к неисправимому браку изделия [1].

Технология подготовки поверхности определяется составом материала основы, конфигурацией детали, ее габаритами, составом покрытия и способом его нанесения. Однако в любом случае поверхность, прежде всего, должна быть химически и механически

чистой, т.е. не содержать посторонних включений, окисленных или загрязненных участков, дефектов в виде трещин и раковин.

Металлическую поверхность можно обезжиривать различными химическими реактивами, состав которых зависит, прежде всего, от состава обрабатываемого материала. Наиболее универсальными обезжиривающими средствами являются органические растворители: эфир, бензол, бензин, ацетон, спирт, хлорзамещенные углеводороды. Часто одной операции обезжиривания бывает недостаточно, так как необходимо снять окисные пленки и активировать подложку. Для этого рабочую поверхность детали после обезжиривания подвергали электроискровому травлению. Затем на подготовленную поверхность деталей была нанесена экспериментально подобранная шихта. Ti + сажа / Ni с 20% массовым содержанием Ni.

Этот состав обладает оптимальными параметрами по ударной вязкости и твердости покрытия. На рисунке 2 представлена твердость по Викерсу композиционной структуры TiC – Ni в зависимости от процентного содержания связки. Установлено, что с увеличением содержания никеля в системе твердость уменьшается, причем это уменьшение происходит плавно и может быть связано с выделением никеля из матричной фазы карбида титана. Добавка никеля позволяет в несколько раз повысить ударную вязкость (этот параметр для чистой фазы TiC составляет около $3,6 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$) и довести прочность на изгиб системы TiC – Ni до 1000 МПа.

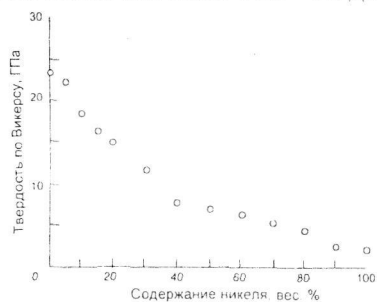


Рис. 2. Зависимость твердости по Викерсу керамики TiC – Ni от состава

После сушки нанесенная шихта припекалась к рабочей поверхности деталей с помощью химического эффекта экзотермической реакции для образования твердого сплава (рис. 3).

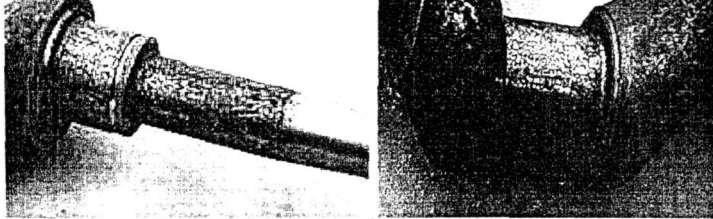


Рис. 3. Рабочая поверхность коленчатого вала с нанесенным твердым сплавом

Металлографический и рентгено-фазовый анализы выявили в наплавке две зоны: покрытие и переходная зона. Собственно покрытие состоит из карбидной фазы и матрицы на основе Ni. Зерна карбидной фазы являются носителями высокой твердости (от 12 до 25 ГПа).

Нанесенное и шлифованное покрытие обладает хорошей адгезией к поверхности, высокой твердостью и хорошо удерживает масляную пленку.

В машиностроении используются различные методы упрочняющей обработки деталей, наиболее распространенными из которых являются: закалка с объемным нагревом при охлаждении в различных средах; поверхностная закалка с индукционным нагревом; цементация, нитроцементация; борирование с последующей закалкой, азотирование. Однако традиционные методы упрочняющей обработки деталей не всегда могут удовлетворить всевозрастающие требования к долговечности, износостойкости, твердости, экономичности и экологической безопасности ответственных изделий [2].

Поэтому заслуживают внимания новые прогрессивные технологические методы, позволяющие повысить эффективность упрочняющей обработки и ее технологичность.

К преимуществам предложенной технологии можно также отнести

- экзотермичность взаимодействия реагентов;
- образование полезных твердых продуктов;
- техническую и экономическую целесообразность;
- использование в качестве реагентов минерального сырья промышленных отходов;
- простоту технологии;
- хорошую адгезию с поверхностью детали;
- низкий коэффициент трения и высокую твердость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самсонов Г.В., Эпик А.П. Тугоплавкие покрытия. – М.: Металлургия, 1973.
2. Мрочек Ж.А., Кожуро Л.М., Филонов И.П. Прогрессивные технологии восстановления и упрочнения деталей машин.– Мн.: УП “Технопринт”, 2000.
3. Химия синтеза сжиганием / Ред. М. Коидзуми: Пер. с яп.– М.: Мир, 1998.
4. Левашов Е.А., Рогачев А.С., Юхвид В.И. и др. Физико-химические и технологические основы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. – М.: Бином, 1999.
5. Федорцев В.А., Иващенко С.А. Высокоэффективные методы упрочнения деталей узлов трения машин и приборов. – Мн.: УП “Технопринт”, 2002.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ НАПЛАВКЕ ЛЕГИРОВАНИЕМ В ПОЛЕ УЛЬТРАЗВУКА

В.С. Ивашко, д-р техн. наук, профессор; В.В. Кураш, канд. техн. наук; А.В. Кудина, инженер
УО «БГАТУ»
(г. Минск, Республика Беларусь)

Results of researches on restoration of the worn out surfaces of details by electroarc surfacing with introduction in melting metal of wear-proof particles of a powder additive into the metal melt and influence by a ultrasonic field effect (action) have shown essential influence of these processes on structure and physicomechanical properties surfaced layers. At selection of corresponding powder materials and the set modes of process it is possible to receive coverings with high qualitative characteristics.

Показатели качества восстанавливаемых металлоповерхностей используются для получения объективной количественной информации о качестве конкретного вида деталей или группы разнородных деталей после ремонта. Иными словами, показателями качест-