

А.В. БАШТА, канд. техн. наук, доц., НУПТ, Киев,

А.А. СЕРЕГИН, д-р техн. наук, проф., НУПТ, Киев,

Б.А. ЛЯШЕНКО, д-р техн. наук, проф., ИПМ им. Г.С. Писаренко
НАНУ, Киев

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МАЛОРЕСУРСНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПУТЕМ УПРОЧНЕНИЯ ИХ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Практически отсутствие в Украине большинства легирующих материалов, вынуждает искать технологические решения позволяющие производить детали машин из обыкновенных углеродистых сталей, которые по своим техническим параметрам не уступают аналогичным изделиям изготовленным из дорогостоящих импортных материалов. К таким решениям относят упрочняющие покрытия, полученные путем вакуум-плазменной обработки поверхности изделия, ионного ее азотирования и электроконтактного припекания порошковых материалов.

Ключевые слова: упрочняющие покрытия, износостойкость, малоресурсные детали, остаточные напряжения.

Резкое вздорожание импортного сырья приводит к более высоким темпам роста цен на легированные стали в сравнении с углеродистыми конструкционными сталями. Рациональным путем альтернативного решения импортозамещающих технологических процессов может быть применение упрочняющих защитных покрытий. Их использование в настоящее время является наиболее актуальным и позволяет существенно повысить износостойкость и устойчивость к действиям агрессивных, высокотемпературных сред, особенно малоресурсных деталей, лабораторных установок, промышленных перерабатывающих машин и аппаратов. Такое решение указанной проблемы позволяет применять в производстве менее дефицитные и более дешевые отечественные материалы.

Основополагающими признаками решения являются следующие:

1. Основой детали, узла аппарата или элемента конструкции во всех случаях служит простая, нелегированная сталь, выбор которой обусловлен соображениями их конструкционной прочности.

2. Рабочая поверхность или (др. сл.) внешний износостойкий слой указанных тел не должен иметь не только границы раздела с основой, но и соеди-

© А.В. Башта, А.А. Серегин, Б.А. Ляшенко, 2014

няться с ней достаточно широкой диффузионной зоной твердого раствора.

Сопротивление поверхности малоресурсных деталей, узлов и конструкций воздействию агрессивных сред или механическому износу обеспечивается специально формируемым периферийным слоем. Изменение свойств по высоте сечения такой композиционной системы происходит монотонно, непрерывно, что обуславливает длительную и надежную работу при циклическом нагружении. Отсутствие же такой (покрытие-основа) переходной зоны в условиях действия знакопеременных нагрузок неизбежно приводит к усталостному разрушению, наступающему часто в течении непродолжительного срока службы. Проанализированы [1] случаи отслоения покрытия от основы показали, что зависимость прочности адгезионной связи от деформации основы и толщины покрытия является линейной (рис. 1) и свидетельствует об эквивалентности нагружения адгезионной связи.

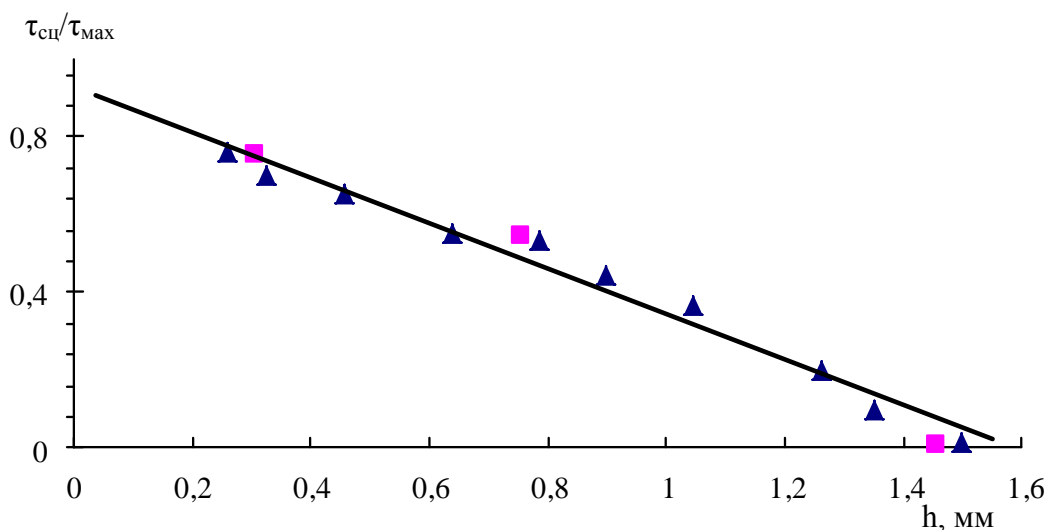


Рис. 1 – Зависимость относительной прочности адгезионной связи от деформации основы (при растяжении основы) и толщины покрытия (при действии только остаточных напряжений)

Материал внешнего слоя, естественно, должен удовлетворять современным требованиям по физико-механическим свойствам, ответственным за износостойкость, а его стоимость и доступность должны быть близкими стоимости и доступности углеродистой стали.

Анализ результатов специальных исследований показал, что в наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют покрытия полученные методами:

1. Вакуум-плазменной обработки поверхности деталей;
2. Ионного азотирования;

3. Электроконтактного припекания порошковых материалов (ЭКПП).

Износостойкость, полученных таким образом упрочняющих покрытий, в несколько раз выше износостойкости традиционных сплошных покрытий идентичного материала равной толщины. В сравнении с традиционной цементацией и закалкой износостойкость, например, дискретных покрытий в 3...7 раз выше. Полученные методом ЭКПП [2, 3] упрочняющие покрытия характеризуются толщинами от менее одного до трех и более миллиметра при хорошей адгезионной связи. Общеизвестно, что с ростом толщины покрытия повышаются остаточные напряжения, что в свою очередь приводит к отслоению его от основы. В отличие от большинства упрочняющих покрытий, покрытия, полученные методом электроконтактного припекания порошковых материалов, характеризуются хорошей адгезионной связью с основой при толщинах упрочняющего слоя в три и более миллиметра. Так, по мнению автора работы [4], в условиях растяжения основы и использования понятия эффективных напряжения как суммы остаточных напряжений в основе и эксплуатационных напряжений в покрытии, можно оценить уровень остаточных напряжений в упрочняющем покрытии и показать, что рост его толщины приводит к снижению среднего значения остаточных напряжений вплоть до асимптотического минимального значения (рис. 2). Таким образом, снижение остаточных напряжений с ростом толщины упрочняющего покрытия позволяет наносить его с увеличенной толщиной при одновременном повышении величины возможной критической деформации основы.

Расчет несущей способности конструктивных элементов с упрочняющим покрытием на стадии производства, восстановления изношенности деталей показывает необходимость учитывать требование применения поверхностного пластического деформирования в качестве финишной операции, которая позволяет достичь необходимых размеров дискретности структуры покрытия, чистоты поверхности и точности размеров изделия. Так, например, для чистового точения деталей с покрытием инструментами из современных сверхтвердых материалов уровень адгезионной прочности должен обеспечивать возможность такой обработки без отслоения покрытия. Необходимо также отметить, что в покрытиях, полученных методом ЭКПП, с ростом их толщины происходит, как говорилось выше, снижение остаточных напряжений в переходной зоне при одновременном повышении возможностей критической деформации основы. Тем самым увеличивается нагрузочная способность системы основа-покрытие без риска отслоения покрытия.

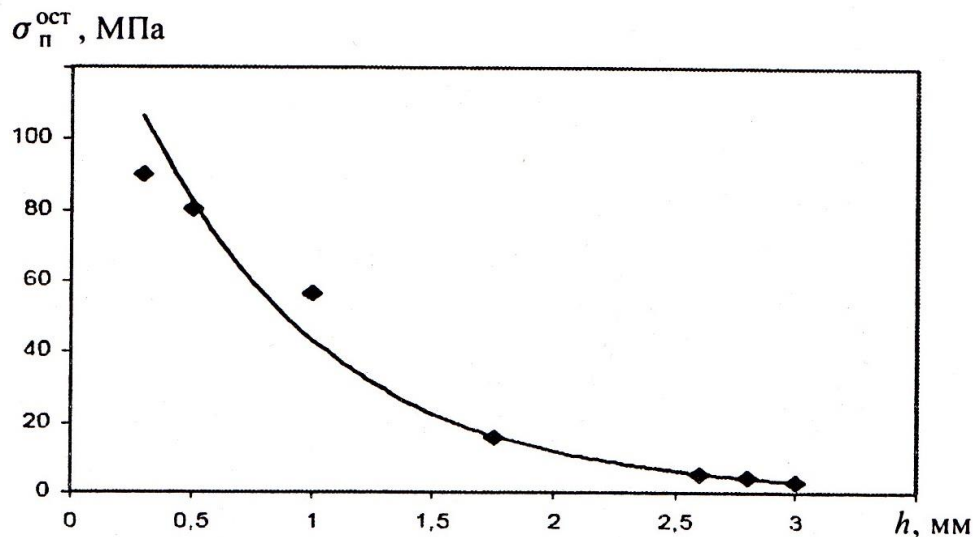


Рис. 2. – Зависимость остаточных напряжений от толщины покрытия из самофлюсующегося порошкового сплава на основе никеля (ПГ–С1), полученного методом ЭКПП.

Таким образом, использование указанных методов получения покрытий позволит довести кратность повышения срока службы малоресурсных деталей до уровня, соответствующего основной группе равнопрочности других ее узлов. Замена же, например, дорогостоящих бронзовых деталей и узлов на алюминиевые сплавы с дискретными покрытиями позволяет повысить износостойкость в 1,5...1,8 раза и в 2,5 раза снизить их вес. В результате соответствующей обработки должна быть получена плотная (беспористая) структура поверхностного слоя и диффузионная зона определенной ширины.

Механическая обработка детали с упрочненной поверхностью обычно предусматривает чистовое точение на специальном оборудовании и шлифование с использованием современных сверхтвердых материалов. Поэтому прочность адгезионной связи должна иметь запас, величина которого определяется решениями и условиями чистовой обработки. Контроль качества износостойкого покрытия осуществляется металлографическим, лазерно-радиационным и другими современными методами.

ВЫВОД. Качество защиты и контроль за эксплуатацией оборудования с упрочненными деталями (молотками и штифтами дробилок, шнеками, валами, коленами самотеков, дисками шаровых мельниц, вальцами и др.) показывает, что массовое их применение в производстве позволит существенно сократить длительность и трудоемкость ремонтных работ и увеличить продолжительность срока службы самого оборудования, а это, в свою очередь значительно повысит эффективность и рентабельность самого производства.

Список литературы: 1. *Ляшенко Б.А.* Несущая способность материалов и конструктивных элементов с защитными покрытиями в экстремальных условиях эксплуатации: автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра техн. наук: спец. 05.02.01 «Материаловедение (по отраслям)» / *Б.А. Ляшенко*. – К., 1976. – 55 с. 2. *Лопата Л.А.* Разработка технологии нанесения износостойких порошковых покрытий электроконтактным припеканием с силовым активированием сдвигом: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.16.06 «Порошковая металлургия и композиционные материалы» / *Л.А. Лопата*. – Минск, 1989. – 24 с. 3. *Ляшенко Б.А.* Технологическое обеспечение дискретной структуры поверхности при азотировании / [*Б.А. Ляшенко, Е.К. Соловых, В.Г. Каплун и др.*] // Технологические системы. – 2009. – № 2. – С. 55 – 59. 4. *Лопата Л.А.* Адгезионная прочность и остаточные напряжения при электроконтактном припекании порошковых покрытий / *Л.А. Лопата* // Проблемы прочности. – 2010. – № 4. – С. 71 – 76.

References: 1. *Ljashenko B.A.* Nesushhaja sposobnost' materialov i konstruktivnyh jelementov s zashhitnymi pokrytijami v jekstremal'nyh uslovijah jekspluatacii: avtoref. dis. na soiskanie uchen. stepeni d-ra tehn. nauk: spec. 05.02.01 «Materialovedenie (po otrasljam)» / *B.A. Ljashenko*. – Kiev, 1976. – 55 s. 2. *Lopata L.A.* Razrabotka tehnologij nanesenija iznosostojkih poroshkovyh pokrytij jelektrokontaktnym pripekaniem s silovym aktivirovanjem sdvigom: avtoref. dis. na soiskanie uchen. stepeni kand. tehn. nauk: spec. 05.16.06 «Poroshkovaja metallurgija i kompozicionnye materially» / *L.A. Lopata*. – Minsk, 1989. – 24 s. 3. *Ljashenko B.A.* Tehnologicheskoe obespechenie diskretnoj struktury poverhnosti pri azotirovanii / [*B.A. Ljashenko, E.K. Solovyh, V.G. Kaplun i dr.*] // Tehnologicheskie sistemy. – 2009. – № 2. – S. 55 – 59. 4. *Lopata L.A.* Adhesive strength and residual stresses accompanying electric contact sintering of powder coatings // *L.A. Lopata* // Strength of Materials. – 2010. – № 4. – P. 71 – 76.

Поступила в редколлегию (Received by the editorial board) 30.09.14

УДК 621.793.620.172

Повышение износостойкости малоресурсных деталей машин путем упрочнения их рабочих поверхностей / А.В. БАШТА, А.А. СЕРЕГИН, Б.А. ЛЯШЕНКО // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. – № 53 (1095). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 3 – 8. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2079-0821.

Практично відсутність в Україні більшості легуючих матеріалів, спонукає шукати технологічні вирішення, які дозволять виробляти деталі машин із звичайних вуглецевих сталей, що за своїми технічними параметрами не будуть поступатися аналогічним виробам виготовленим із високовартісних імпорتنих матеріалів. До таких методів вирішення відносять зміцнюючі покриття, що отримують шляхом вакуум-плазмової обробки робочої поверхні виробу, іонного її азотування і електроконтактного припекання порошкових матеріалів.

Ключові слова: зміцнюючі покриття, зносостійкість, малоресурсні деталі, залишкові напруження.

UDC 621.793.620.172

Enhancement of wear resistance of short-life machine elements by hardening their working surfaces / A.V. BASHTA, A.A. SEREGIN, B.A. LIASHENKO // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № 53

(1095). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 3 – 8. – Bibliogr.: 4 names. – ISSN 2079-0821.

Virtual absence of most of alloying materials in Ukraine forces to look for technological solutions which allow to produce machine parts from ordinary carbon steels, as their technical parameters are inferior in strength to similar products made of expensive imported materials. Such solutions include hardsurfacing coatings obtained by vacuum-plasma treatment of the surface of the product, ion nitriding and its electric contact sintering of powder material.

Keywords: hardsurfacing coatings, wear resistance, short-life items, residual stresses.