

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ХРОМИРОВАННЫХ ДЕТАЛЕЙ
КОМБИНИРОВАНИЕМ МЕТОДОВ ПОВЕРХНОСТНОЙ ИНЖЕНЕРИИ**

Белорусский национальный технический университет

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси

Минск, Беларусь

В статье представлены результаты исследований процесса восстановления рабочих поверхностей изношенных хромированных штоков комбинированием методов поверхностной инженерии - газотермическим напылением износостойких и коррозионностойких стальных покрытий, последующим нанесением слоя меди деформационным плакированием и формированием слоя хрома гальваническим осаждением.

Введение. Цель исследования.

В технологическом процессе восстановления штока гидроцилиндра, включающем предварительную механическую обработку изношенной поверхности, нанесение стального покрытия вибродуговой наплавкой, его последующее шлифование и гальваническое нанесение слоя хрома [1, 2, 3], обеспечивается высокая поверхностная твердость восстановленных штоков, однако процесс имеет следующие существенные недостатки. При вибродуговой наплавке невозможно избежать интенсивного нагрева восстанавливаемой поверхности, которая недопустима для валов (штоков) диаметром менее 100 мм, поскольку резко снижаются их механические свойства. Помимо того, гальваническое осаждение покрытий практически очень сложно осуществить при использовании в качестве материала подложки высокохромистых и высокоуглеродистых сталей, а также хромоникелевых сплавов [4, 5]. Таким образом, вариант процесса восстановления деталей достаточно хорошо реализуется только при использовании в качестве наплавляемого материала низколегированных и низкоуглеродистых сталей. Однако при этом снижается нагрузочная способность поверхности штока и возрастает вероятность развития интенсивных коррозионных процессов даже при незначительном повреждении слоя хрома.

Использование процессов газотермического напыления вместо электродуговой наплавки позволяет исключить нагрев восстанавливаемой поверхности выше 120 – 150 °С и сохранить механические свойства материала штока, достигнутые различными термообработками в процессе его изготовления. Но нерешенной остается проблема нанесения слоя хрома на газотермические покрытия из легированных сталей или хромоникелевых сплавов.

Целью исследований, результаты которых представлены в данной статье, являлась разработка экономичной технологии восстановления хромированных деталей, которая бы включала как процесс газотермического нанесения стального покрытия, так и его последующее гальваническое хромирование.

Гипотеза, положенная в основу исследований.

Для обеспечения возможности реализации процесса гальванического хромирования стальных газотермических покрытий наиболее целесообразно использовать такой известный технологический прием как нанесение медного промежуточного слоя [6]. При этом, нанесение подслоя из меди обеспечивает возможность формирования на нем твердого хрома, используя широко применяемые составы для гальванического осаждения. Однако этот процесс требует дополнительных специальных емкостей, растворов и значительного расхода электроэнергии. Отмечается также [5, 6], что имеется ряд проблем при получении сплошного медного слоя на наплавленных стальных покрытиях электрохимическим осаждением.

Было предположено, что медный подслоя взамен химического или электрохимического осаждения можно сформировать методом деформационного плакирования щетками, позволяющим наносить высокоплотные металлические покрытия толщиной от 5 до 50 мкм [7]. Исходя из этого предположения, основной задачей исследований было определение влияния по-

ристости и размера пор газотермических покрытий на толщину медного подслоя, имеющего 100% сплошность.

Материалы и методика проведения исследований.

Выбор марок сталей для газотермического напыления покрытий был обусловлен, прежде всего, необходимостью обеспечения высокой коррозионной стойкости и достаточно высоких механических свойств. Твердость наносимых покрытий должна быть не ниже твердости материала штоков после поверхностной закалки. Как правило, штоки гидроцилиндров и несущие стойки шахтных гидрокрепей изготавливают из стальных поковок 30 ХГСА или 40Х, а перед шлифовкой производят поверхностную закалку до HRC 40...42 [8]. Исходя из этого, необходимым сочетанием свойств обладают покрытия из высокохромистых сталей мартенситного класса с содержанием углерода не менее 0,4%. К таким сталям относятся, например, стали типа 40Х13, 45Х14Н14В2М, 65Х13, 95Х18.

Покрытия наносились распылением проволок диаметром 1,8 мм из стали 40Х13 с помощью установок газопламенного проволоочного напыления «ТЕРКО» и гиперзвуковой металлизации АДМ-10 на паспортных режимах. Изменение пористости покрытий обеспечивалась изменением дистанции напыления. Деформационное плакирование медью осуществлялось на экспериментальной установке конструкции ОИМ НАН Беларуси вращающейся металлической щеткой с проволоочным ворсом из гофрированной стальной проволоки, диаметр и ширина щетки составляли соответственно 150 и 15 мм, линейная скорость вращения 35,0...37,0 м/с, диаметр и вылет ворса – 0,25 и 35 мм соответственно (рисунок 1). Медный донор, изготовленный в виде таблетки, прижимали к стальному ворсу с усилием 40 Н. Толщина плакирующего слоя измерялась с помощью прибора МТЦ – 3.



Рис. 1. Деформационное плакирование медью стальных газотермических покрытий

Шероховатость поверхности по параметру Ra не превышала - 0,8...0,9 мкм. Затем на медный подслоя наносили слой твердого хрома в электролите на основе хромового ангидрида (300 г/л), карбоната кальция (75 г/л) и серной кислоты (1,5 г/л) при плотности тока 53 А/дм² и температуре 40 °С. Толщина слоя хрома составила около 40 мкм. Сплошность, поверхностную пористость покрытий и размеры пор определяли на микроскопе «Polyvar» с помощью программного комплекса «Autoscan».

Результаты исследований и их обсуждение.

Толщина нанесенных покрытий после шлифования составила 0,7 – 0,8 мм. Величина максимального размера (диаметра) поверхностных пор для гиперзвуковой металлизации составила от 8 до 25 мкм при пористости от 2 до 8%; для газопламенного напыления от 30 до 100 мкм при пористости от 6 до 20% (таблица 1).

Таблица 1 – Зависимость толщины наносимого слоя меди от размера пор

№	Метод напыления	Пористость покрытия, %	Максимальный размер пор, мкм	Толщина слоя меди при 100% сплошности, мкм
1	Гиперзвуковая металлизация	2 – 4	8	5 – 7
2		2 – 4	12	5 – 7
3		3 – 6	18	6 – 8
4		4 – 7	20	6 – 8
5		6 – 8	25	7 – 9
6	Газопламенное напыление	6 – 8	30	7 – 9
7		8 – 10	40	8 – 10
8		9 – 14	55	12 – 14
9		10 – 15	70	17 – 19
10		12 – 18	85	24 – 26
11		14 – 20	100	32 – 35

Результаты эксперимента. Математическая обработка результатов, представленных в таблице 1, позволила получить эмпирическую формулу (1), определяющую зависимость толщины слоев меди S (мкм), имеющих 100% сплошность, от размеров пор d (мкм) газотермических покрытий. Графически зависимость представлена на рисунке 2.

$$S = 0,004d^2 - 0,12d + 7,5 \quad (1)$$

Была выполнена проверка полученных результатов при восстановлении 2 штоков гидроцилиндров подъема платформы прицепа типа 2ПТС-4 и штока гидроцилиндра автовышки типа П-184Н. У изношенных штоков на рабочей поверхности наблюдались риски, вырывы, отслаивания хромового покрытия, царапины, кольцеобразные следы вмятин, следы схватывания и коррозии.

После подготовки изношенной поверхности штоков шлифованием и струйно-абразивной обработкой, наносили покрытие методом гиперзвуковой металлизации распылением проволоки из стали 95Х18 с содержанием углерода 0,95%. После дальнейшего шлифования толщина стального покрытия составила 0,8 мм, максимальный диаметр поверхностных пор d_0 составил 20 мкм.

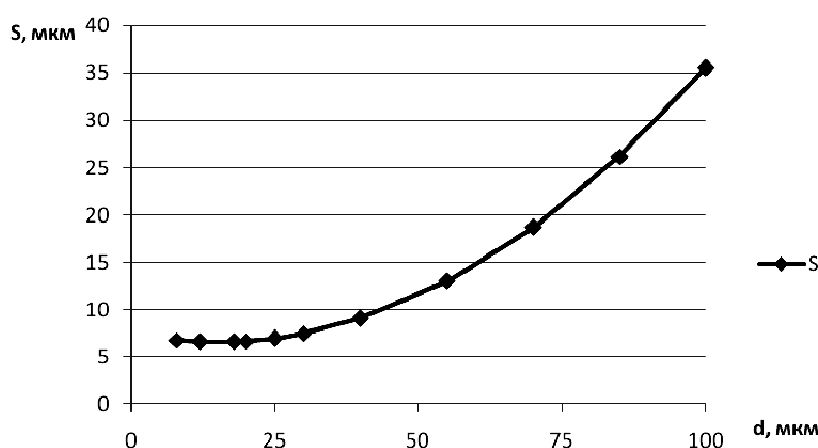


Рис. 2. Зависимость толщины слоев меди S , имеющих 100% сплошность, от размера (диаметра) пор d газотермических покрытий

На покрытие методом деформационного плакирования вращающейся щеткой с диаметром и вылетом ворса 0,25 и 35 мм соответственно наносили слой меди. Толщина слоя S меди определялась из выражения (1) и составила 6,5 – 7,0 мкм. Затем на медный слой был гальванически нанесен слой твердого хрома: электролит на основе хромового ангидрида (300 г/л), карбоната кальция (75 г/л) и серной кислоты (1,5 г/л) при плотности тока 50 А/дм² и температуре 45 °С. Толщина хромового покрытия составила около 30 мкм. При этом, суммарные затраты электроэнергии на процесс восстановления составили 12,7 кВт. Расчеты показали, что в случае использования гальванического осаждения меди расход электроэнергии превысил бы 19 кВт при увеличении общей продолжительности процесса не менее, чем на 35%.

Испытания восстановленных штоков, проведенные в условиях подконтрольной эксплуатации в течение 11 месяцев, показали отсутствие каких либо дефектов на нанесенных покрытиях.

Закключение. Таким образом, проведенные экспериментальные исследования по деформационному плакированию медью стальных газотермических покрытий металлическими щетками позволили установить связь между толщиной слоя меди со 100% сплошностью и максимальным размером (диаметром) поверхностных пор, а также предложить экономичный технологический процесс восстановления деталей узлов трения с изношенным поверхностным слоем гальванического хрома..

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологии: гидроцилиндры // Электронный ресурс: <http://vertikalnet.ru/journal/detail.php?ID=13348>. Дата доступа 05.04.2016 г.
2. Восстановление дуговой наплавкой под флюсом штоков и плунжеров шахтных крепей // Электронный ресурс: stc-paton.com/rus/equipment/recovery09. Дата доступа 07.04.2016 г.

3. Восстановление штоков (наплавка, шлифовка, хромирование и полировка) // Электронный ресурс: <http://www.сваебой-строймаш.рф/index.php/uslugi> Дата доступа 07.04.2016 г.
4. Демин А.А. Особенности электроосаждения хрома и его сплавов из серноокислых электролитов. Тез. докл. 7 Всесоюзная конференция по электрохимии, Москва, 1988, Т.1, с.359.
5. Шлугер М.А. Износостойкие гальванические покрытия, Ж. Всес. хим. общества, 1980, Т.25, №2, с.138-141.
6. Беленький М. А., Иванов А. Ф. Электроосаждение металлических покрытий. Справочник. – М.: Металлургия. – 1985. – 351 с.
7. Леванцевич М.А., Максимченко Н.Н., Зольников В.Г. Повышение эксплуатационных свойств трибосопряжений нанесением покрытий металлическими щетками // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2005. - №1. – С. 67-72.
8. Тимошкин С.И. Гидроцилиндры – причины выхода из строя и требования к монтажу / Главный механик. – 2009. – № 2. – С. 23–27.

УДК 621.941.1

Шелег В.К., Данильчик С.С.

ТОЧНОСТЬ И ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБОТАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ТОЧЕНИИ СТАЛИ 45 С АСИММЕТРИЧНЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ИНСТРУМЕНТА

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Исследован процесс обработки стали 45 точением с наложением на подачу инструмента колебаний с асимметричным циклом. Определены условия устойчивого стружкодробления. Установлено влияние коэффициента асимметрии цикла колебаний инструмента на шероховатость обработанных поверхностей. Получены математические зависимости шероховатости обработанных поверхностей от режимов резания и коэффициента асимметрии цикла колебаний инструмента. Снижению шероховатости поверхности способствует уменьшение коэффициента асимметрии цикла колебаний.

Токарная обработка конструкционных углеродистых и легированных сталей, имеющих высокую вязкость, сопровождается образованием сливной стружки, которая наматывается на инструмент и обрабатываемую заготовку, что затрудняет ее удаление из зоны резания, является источником травматизма рабочих. Сливная стружка имеет большой объем и требует увеличения затрат на ее складирование и транспортировку. В связи с этим к числу наиболее острых проблем, возникающих при организации процесса резания конструкционных углеродистых и легированных сталей на токарном оборудовании, относится проблема управления размерами стружки. Для обеспечения стружкодробления нами предложен метод точения с асимметричными колебаниями инструмента [1].

Процесс стружкодробления рассмотрен на примере стали 45, так как она широко применяется в машиностроительном производстве и является эталонной, в сравнении с которой оценивается обрабатываемость резанием других сталей. Исследования проводились на токарно-винторезном станке модели 16K20 при наружном продольном точении резцом с механическим креплением квадратных неперетачиваемых пластин SNUM-120408T15K6 ГОСТ 19052-80. При установке пластины в корпус резца были обеспечены углы в плане $\phi=45^\circ$ и $\phi_1=45^\circ$, передний угол $\gamma=15^\circ$ и задний угол $\alpha=15^\circ$, угол наклона главной режущей кромки $\lambda=7^\circ$. Радиус при вершине составлял 0,8 мм. Размеры державки резца 20х20 мм.

Наряду с обеспечением устойчивого стружкодробления важно получить требуемые точность и шероховатость обработанных поверхностей. С этой целью были приняты режимы резания, соответствующие рекомендуемым для полустиховой и чистовой обработки: глубина резания 1–3 мм, подача 0,075–0,3 мм/об и скорость резания 40–180 м/мин. Предварительными исследованиями установлено, что в данных пределах режимов резания при точении без колебаний инструмента образуется сливная стружка. Для обеспечения стружкодробления на подачу