

Магистрант ФМТ Ш.Ш.Мамиров  
научн. рук. к.т.н., доц. Ш.А.Каримов, ТашГТУ

## ФОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ВОЛЬФРАМОВЫХ ПОКРЫТИЙ СПОСОБОМ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО СПЕКАНИЯ

*В статье рассматривается возможность формирования покрытий из твердосплавных композиционных порошковых систем с помощью электроконтактного спекания. Показаны причины, влияющие на технологичность композиционных твердосплавных покрытий. Установлено, что долговечность покрытий обеспечивается одновременным увеличением его прочности и пластичности в при контактных слоях и определяется степенью растворения связующей фазы за счет дополнительного легирования связки с вольфрамом и титаном.*

*In article possibility of formation of coverings from твердосплавных composite powder systems by means of electrocontact sintering is considered. The reasons influencing on adaptability to manufacture composite cemented carbide of coverings are considered. Is established, that the durability of coverings is provided with simultaneous increase of his(its) durability and plasticity in at contact layers and is defined(determined) by a degree of dissolution of a binding phase at the expense of additional alloying bundle tungsten and titanium.*

*Мақолада қаттиқ қотишмалы композицион кукунлардан электроконтакт усулы билан қоплама ҳосил қилиш имконияти кўриб чиқилган. Унда турли хил сабабларнинг композицион қаттиқ қотишмалы қопламаларнинг технологиклигига таъсири кўриб чиқилган. Такидландики, ёпламанинг чидамлилиги унинг мустахамлиги ва контакт олди қатламнинг пластиклигини ошиши билан бирга таъминланиб, боғловчи фазанинг ёйилиши кўшимча вольфрам ва титан билан лигерлаш ҳисобига амалга ошар экан.*

Износостойкие покрытия широко используются в машиностроении как средство повышения эксплуатационной надежности пар трения и работоспособности металлорежущего инструмента. Роль износостойких покрытий в триботехнических процессах объясняется экранирующей способностью, блокирующей прямой фрикционный контакт материалов; высокой степенью стехиометрии, обеспечивающей слабое адгезионное взаимодействие и низкий коэффициент трения; высокой твердостью и прочностью самого материала покрытия [1; 2]. Положительная роль износостойкого покрытия проявляется не только в период его существования как физического самостоятельного объекта, но и после его разрушения. Известно, что при эксплуатации режущего инструмента износостойкие покрытия на рабочих поверхностях исчезают после 5... 10 мин резания, а стойкость инструмента при этом повышается более чем в два раза и по времени составляет 1,5...3,0 ч.

Большинство технологий нанесения износостойких покрытий создает на поверхности композиционную структуру с высокими антифрикционными или прочностными свойствами [5]. Развитие покрытия начинается с активных зон осаждения материала, в которых образуются «островки», а затем по мере их роста формируется сплошной слой. Многие процессы нанесения покрытий предусматривают только развитие «островков» и образование покрытия с разной степенью нарушения сплошности. При нанесении покрытий электроискровым леги-

рованием и электроимпульсным припеканием порошковых материалов нарушение сплошности возникает за счет дискретности самих физических процессов массопереноса и импульсного воздействия, лежащих в основе этих технологий [6]. При нанесении карбидных и нитридных покрытий методом КИБ на стальную поверхность первичными центрами осаждения являются цементитная сетка и карбиды, расположенные в мартенситной матрице [7; 8]. Первичными центрами осаждения гальванических покрытий являются микролокальные зоны с повышенным катодным потенциалом и вершины микронеровностей [9].

Значительное повышение работоспособности многих видов изделий достигается путем нанесения на их поверхности покрытий на основе соединений вольфрама и титана. Применение таких покрытий позволяет не только увеличить износостойкость изделий и инструментов в 1.5...3 раза, но и сконструировать принципиально новые виды инструментов и узлов трения.

В отличие от других видов и способов нанесения покрытий, электроконтактное спекание позволяет сформировать непосредственно в процессе работы рабочий слой толщиной 0.5...1.5 мм. Таким образом получаемые покрытия являются уже не составной частью поверхности изделия улучшая её свойства, а работают как самостоятельное тело, воспринимая всю нагрузку.

На работоспособность покрытия влияют толщина и твердость покрытия, наличие текстуры, адгезионная прочность и химический составов. Практически процесс формирования покрытия осуществляется круглым, вращающимся электродом из Сталь 35 на телах вращения из углеродистых конструкционных сталей. Соединение наращиваемого слоя тугоплавкого покрытия осуществляется с основным металлом частично за счет адгезии, приваривания механического сцепления. В данных сериях экспериментов применялась порошковая смесь из ВК6, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Al с добавлением раскислителей.

Электроконтактное спекание вольфрамо-кобальтовой смеси порошка происходит при стимулировании процесса термической реакцией, что позволяет значительно повысить температуру в зоне реакции не пользуясь газовыми средами, такими например как водород.

Формирование покрытий осуществляется в несколько стадий. Первоначальное производится электроконтактный локальный разогрев поверхности образца. В процессе подачи порошка происходит частичное расплавление связки карбида вольфрама в изделие. На этой стадии частично формируется адгезионной слой, определяющий в дальнейшем прочность сцепления покрытия с поверхностью детали или инструмента. Прочность на отрыв при токе 20 кА составляет 30...112 МПа в направлении перпендикулярном к поверхности покрытия. Дальнейшее наращивание слоя осуществляется по схеме "покрытие - покрытие" и зависит уже от теплофизических свойств материала покрытия. Исследования показывают, что даже при значительных значениях токов /100...200 кА/ процесс наращивания покрытия практически прекращается при достижении толщины 1.5...1.8 мм.

Таблица 1

Физико-механические свойства твердосплавных покрытий.

Марка сплава покрытия	Предел прочности при изгибе $\sigma_{изг}$ МПа	Предел прочности при сжатию $\sigma_{сж}$ МПа	Твердость HV, Мпа.
ВК6	1250/1600	4800/5500	11600/14300
ВК15	1370/1800	3200/3625	9010/11280
ТН20	1230/1875	3470/3640	8730/9120

В знаменателе – данные для сплавов с промежуточными покрытиями.

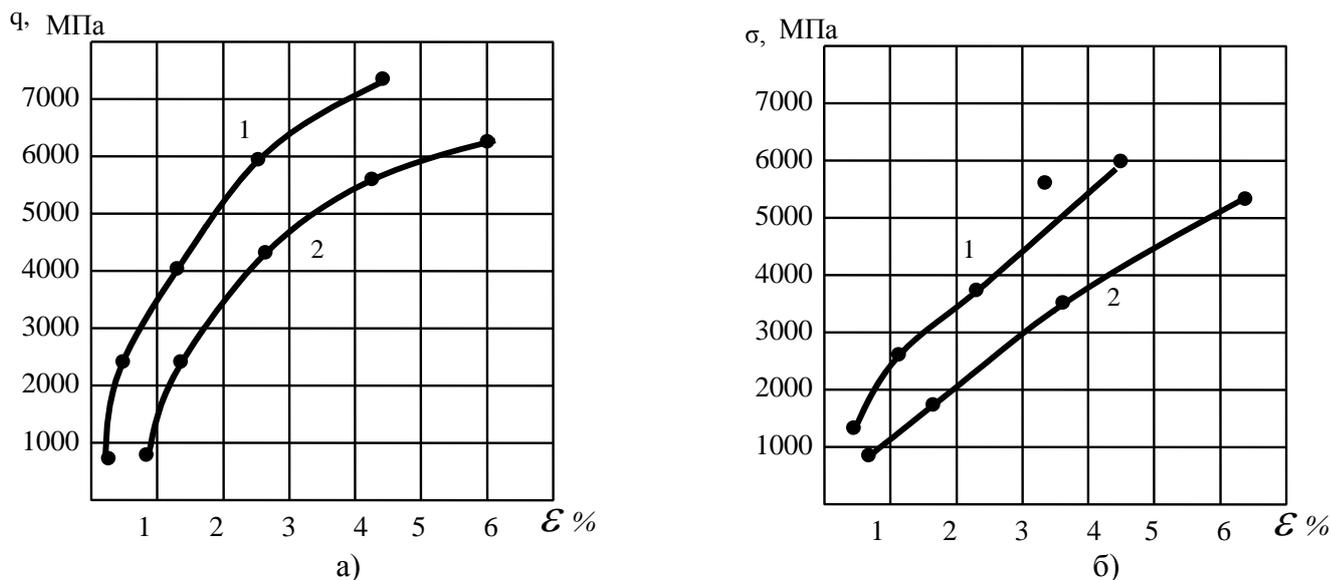


Рис 1. Зависимость осевого ( $q$ ) (а) и напряжения на сдвиг ( $\sigma$ ) (б) от величины остаточной деформации при сжатии твердосплавных образцов:

1- без покрытия, 2- с промежуточным покрытием Cu – Ni.

Результаты определения комплекса механических свойств твердосплавных покрытий (табл. 1) и (рис.1) позволяют отметить, что многослойные промежуточные покрытия, полученные электроконтактным спеканием, повышают одновременно их прочность и вязкость: предел прочности при изгибе – до 15 %, ударную вязкость – до 30 % предел прочности при сжатии и твердость – до 5 %.

Теплофизический анализ системы образец- покрытие при применении электроконтактного нагрева позволяет предположить, что в отличии, например, от плазменного метода или сварки поверхность изделия нагревается сильнее, чем материал покрытия. Теплота выделяется главным образом в местах контакта зерен карбида вольфрама с поверхностью образца. Для надежного протекания процесса в этом случае требуется определенный зазор между электродом и деталью, который обеспечивается практически шероховатой поверхностью ролика. Таким образом, первоначально эффект от введения тока в систему состоит в резком, скачкообразном повышении температуры поверхностного слоя детали и одновременном механическом внедрении частиц карбида вольфрама. Анализ диффузионной зоны показывает, что ярко выраженная текстура наблюдается только со стороны покрытия. На поверхности образца не обнаружено заметных зон деформации, а следовательно тепловой режим позволяет формировать покрытие на готовых к работе сложно профильных деталях и инструментах без дальнейшей их дополнительной механической обработки.

Разрыв адгезионных связей за счет касательных напряжений, параллельных вектору скорости скольжения, способствует образованию поверхностных микротрещин впереди и позади зоны схватывания. Микротрещины, образованные позади зоны схватывания, ориентируются преимущественно перпендикулярно скорости скольжения, так как формируются за счет растяжения верхних уровней. Микротрещины, возникающие впереди зоны схватывания, ориентируются преимущественно под углом  $\pi/4$  к вектору скорости скольжения, так как причиной их появления является сжатие поверхностных слоев. Если граница расслоения близка к поверхности трения, то могут образовываться микротрещины под поверхностью трения за счет напозапания одного слоя на другой. Развитию микротрещин способствуют также концентраторы напряжений, плотность которых на поверхности значительно выше, чем в глубине. Поверхность трения, покрытая микротрещинами,

представляет самостоятельную диссипативную структуру трибологического характера, которая может играть активную роль в рассеивании механической энергии.

Процесс механического истирания и развитие продуктов износа происходит главным образом за счет ротационных смещений материала в зонах разрыва скоростей скольжения. Рассмотрим этот процесс в идеализированном виде при трении без смазочного материала. Первоначально пластическая деформация локализуется в области, примыкающей к поверхности трения. Затем пластическое течение интенсивно развивается в приповерхностном слое, вызывая мезофрагментацию материала и развитие турбулентного слоя. Образование элементов турбулентного слоя представляет завершающую стадию единого процесса мезофрагментации и проходит несколько стадий своего развития.

В зонах поверхностных концентраторов напряжений образуются микротрещины, в который стекает поток дефектов кристаллического строения, приводящий к ее расклиниванию и росту. Микротрещины повышают дискретность контакта, а при наличии защитного покрытия его «островковость». Дискретность контакта усиливается за счет пластического смещения и напоздания друг на друга отдельных островковых фрагментов.

Образование микротрещин на границе адгезионного контакта и высокая степень фрагментации структуры поверхностного слоя приводят материал в этой локализованной области в сложно-напряженное состояние с преобладанием поворотных мод. Функционирование поворотных мод можно рассматривать как очередную смену носителя пластической деформации, повышающую диссипативную активность поверхностных вторичных структур и снижающих фрикционную напряженность контакта.

Развитие поворотных мод происходит за счет моментов от тангенциальных сил схватывания, ориентированных параллельно направлению скольжения, и градиента напряжения внутреннего трения в поверхностных слоях.

Рост долговечности твердосплавных покрытий обеспечивается повышением их прочности и одновременным увеличением пластических свойств в приконтактном диффузионном слое. Результаты исследований (рис .1) показывают, что степень увеличения деформируемости растет с увеличением диффузионной переходной зоны и содержанием кобальта и никеля в сплаве. Упрочнение покрытия связано с изменением физико-механических свойств промежуточной зоны и определяется степенью растворения в ней связующей фазы за счет дополнительного растворения в ней вольфрама и титана

### Литература

1. Дорожкин Н.Н. Упрочнение и восстановление деталей машин металлическими порошками.-Мн.: Наука и техника, 1995.-152 с.
2. Raichenko A.I, Burenkov G.L, Leschinskiy V.I. Theoretical Analycis of The Elementar Act of Electric Discharge Sintering- Phys. Of Sint., 2003. 5 N 2/2.P.215-225.
3. Кальчинский М.З.,РайченкоА.И. Модельное исследование спекания металлических порошков с интенсивным энерговыделением в межчастичном контакте// Порошковая металлургия, 1999. №8. С. 15-18.
4. Ярошевич. В.К. Классификация методов активирования процессов получения покрытий применением металлических порошков / В.К.Ярошевич, Т.М.Абрамович// Математические модели физических процессов: Материалы 11-ой междунар. науч. конф.- Таганрог: изд-во ТГПИ, 2005. С.44-50.

Ш.Ш.МАМИРОВ., Ш.А.КАРИМОВ. ВОЛЬФРАМЛИ ҚОПЛАМАЛАР ХОССАЛАРИНИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТ ПИШИРИШ УСУЛИ БИЛАН ҲОСИЛ ҚИЛИШ

SH.SH. MAMIROV, SH.A.KARIMOV. FORMATION OF PROPERTIES OF TUNGSTEN COVERINGS BY WAY OF ELECTROCONTACT SINTERING