**II. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА**

Журавлева Л. А.

Колодяжная Л. Г.

Лубенская Л. М.

**Восточноукраинский  
национальный  
университет  
имени Владимира Даля****УДК 621.9.048****ОСОБЕННОСТИ НАНЕСЕНИЯ  
ЦИНКОВОГО ПОКРЫТИЯ  
МЕХАНОХИМИЧЕСКИМ  
МЕТОДОМ**

*Приведені результати досліджень по формуванню цинкового порошкового покриття на сталях 3 і 20 механохімічним методом. Встановлена залежність площі структурованого цинкового покриття від швидкості деформації, шорсткості поверхні, температури робочого середовища.*

*The results of researches are resulted on forming of zinc powder-like coverage on steels 3 and 20 mechanical chemistry method. Dependence of area of the structured zinc coverage is set on speed of deformation, roughness of surface, temperature of working environment.*

К настоящему времени разработан ряд технологических процессов [2, 3], позволяющих совмещать вибрационную обработку и нанесение антифрикционных, защитных покрытий. Известно [1, 4] много методов нанесения защитных покрытий, которые улучшают физико-химические свойства металлов и сплавов. Среди них привлекает внимание метод механохимического нанесения покрытий, который характеризуется простой технической реализацией, а также возможностью направленного изменения структуры поверхностных слоев. Процесс нанесения цинкового покрытия механохимическим способом хорошо зарекомендовал себя в Европе, однако требует дальнейшего, более глубокого изучения. Поэтому технология нанесения цинкового покрытия в условиях вибрационной обработки является актуальной и перспективной.

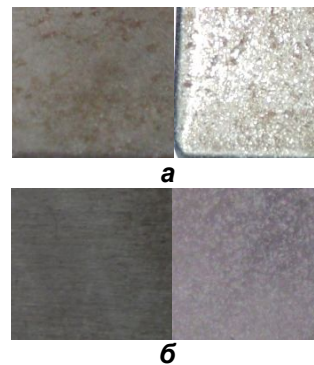
Формирование цинкового покрытия представляет собой сложный процесс, являющийся результатом совместного механического и химического воздействия.

Механохимическая подготовка поверхности детали в условиях вибрационной обработки осуществлялась за счет компонентов рабочей среды (стеклянные шарики диаметром 10 и 5 мм, раствор  $ZnCl_2$ , цинковый порошок).

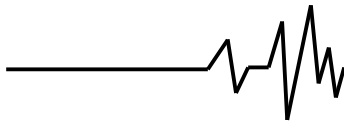
Экспериментальные исследования проводились на вибростанке УВИ-25 с объемом камеры 25 л (рис.1).

**Рис. 1. Вибрационный станок УВИ – 25**

В качестве образцов для экспериментов были выбраны детали из стали 20 и 3 (рис.2).



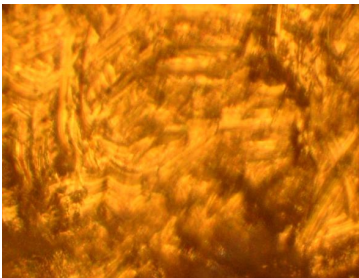
**Рис. 2. Образцы для экспериментов: а - сталь 20, покрытая слоем ржавчины до обработки (слева) и после цинкования в условиях вибрационной обработки (справа); б - сталь 3 без ржавчины до обработки (слева) и после цинкования в условиях вибрационной обработки (справа)**



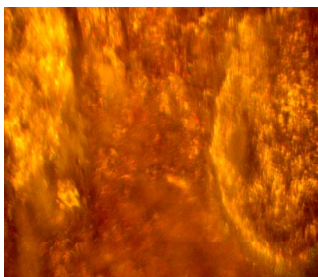
Схватывание порошка цинка поверхностью стали происходит при образовании активных центров.

Известно[7], что активный центр - это частица со свободными валентностями, которые могут возникнуть при разрыве связей в кристалле. Процесс растворения поверхностного слоя при диссоциации цинк хлорида сопровождается разрывом связей. В результате пластической деформации имеет место коллективная активация за счет выхода дислокаций на контактные поверхности. На рис. 3 приведены отпечатки, полученные при внедрении стеклянных шаров, диаметром 10мм в поверхностный слой стали 20 при относительной скорости деформации равной (x240).

Из рис. 3 видно, что в области контактов шаров с поверхностью стали 20 находятся отдельные зерна цинкового порошка и вязкие слои цинк гидроксида.



**Рис. 3. Отпечаток площади контакта окисленной поверхности стали 20 ( $R_a$  11,5 мкм) после внедрения стеклянного шара диаметром 10 мм при относительной скорости деформации равной (x240)**



**Рис. 4. Следы отпечатков площади контакта окисленной поверхности стали 20 ( $R_a$  11,5 мкм) после внедрения стеклянных шаров диаметром 5 и 10 мм при относительной скорости деформации равной (x240)**

Как видно из рис. 4, следы отпечатков стеклянных шаров не накладываются друг на друга, а находятся на расстоянии равном диаметру отпечатка. В области отпечатка локализуются значительные скопления зерен цинка, а также зерна находятся на поверхности между отпечатками. Различие в концентрации зерен в местах контакта ударных тел - стеклянных шаров и шероховатой поверхности стали 20 обусловлено как различной площадью поверхностной пленки (рис. 5), так и различной силой удара стеклянных шаров.

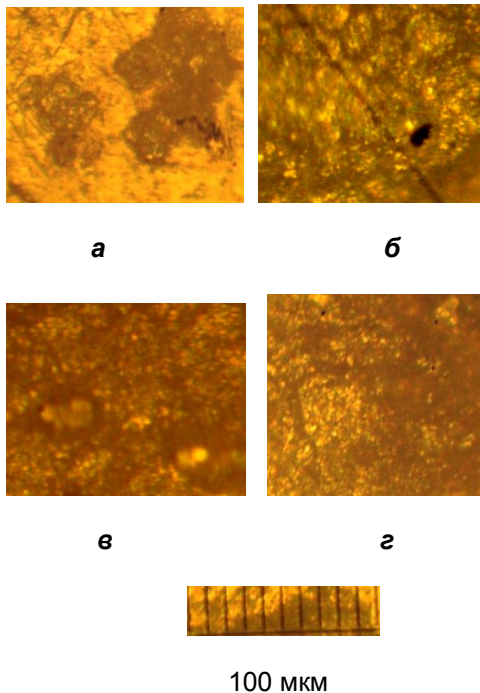


**Рис. 5. Стеклянные шары диаметром 5 и 10 мм с поверхностной пленкой рабочего раствора и зернами цинка в местах контакта между собой**

Площадь мостиков схватывания определяется рядом параметров, в том числе приложенной нагрузкой. Если приложенная нагрузка вызывает напряжения, превышающие предел упругости одного из контактирующих материалов, начинается пластическая деформация, которая приводит к росту площади мостика схватывания. Это хорошо видно из рис. 6, где показано изменение структуры мостика схватывания цинкового порошка поверхностью стали 3. Когда концентрация частиц цинкового порошка увеличивается в местах удара шаров, возникает аутогезия, которая приводит к взаимодействию коагулирующих скоплений частиц цинкового порошка. Наличие в составе рабочего раствора цинк гидроксида, который хорошо смачивает как поверхность стеклянных шаров, так и поверхность обрабатываемых сталей, обуславливает возникновение когезии. При увеличении продолжительности обработки до 30 минут (рис.6, б) площадь мостика схватывания увеличивается. Структура коагулирующих скоплений цинкового порошка имеет форму шести и пятигранников. В последующие 30 минут происходит увеличение размеров структурированных образований, и

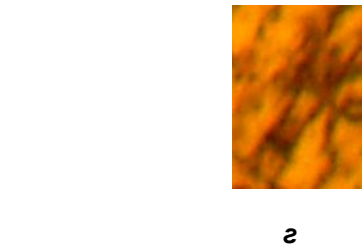
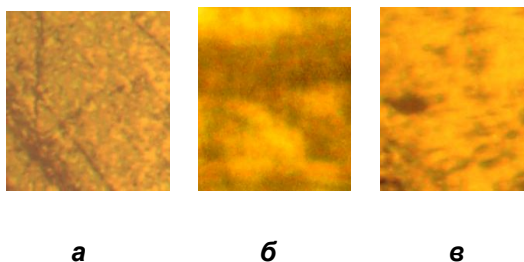


исчезновение границ раздела между шести и пятигранниками.



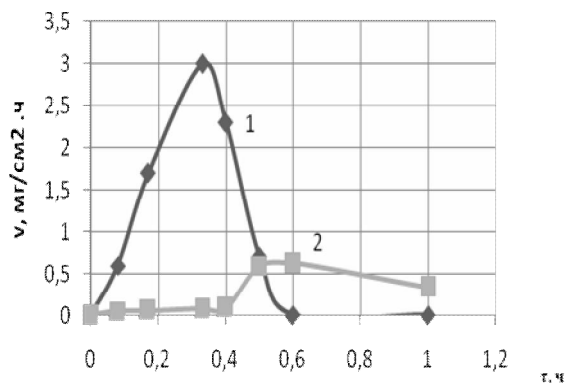
**Рис. 6. Изменение характера аутогезии цинкового порошка от продолжительности вибрационной обработки при относительной скорости деформации поверхности стали 3 с Ra 0,2-0,16 мкм в местах внедрения ударных тел (x140): а – 20 мин.; б - 30 мин.; в - 40 мин.; г - 60 мин.**

На рис. 7 приведено изменения характера адгезии цинкового порошка между отпечатками стеклянных шаров в зависимости от продолжительности вибрационной обработки поверхности стали 3 с Ra 0,2-0,16 мкм (x140). Из рис. 7 видно, максимальное содержание цинкового порошка на поверхности стали 3 между отпечатками стеклянных шаров достигается через 20 минут. При увеличении продолжительности обработки до 60 минут, происходит уменьшение содержания цинкового порошка на поверхности стали 3.



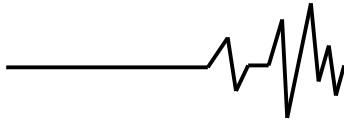
**Рис. 7. Изменения характера адгезии цинкового порошка от продолжительности вибрационной обработки поверхности стали 3 с Ra 0,2-0,16 мкм между отпечатками стеклянных шаров (x140): а – 20 мин.; б - 30 мин.; в - 40 мин.; г - 60 мин**

Следовательно, на характер адгезии и аутогезии цинкового порошка влияет исходная шероховатость поверхности. Известно, что неоднородность металла, вызванная сегрегацией примесей, трещинами, остаточными напряжениями способствует внедрению поверхностей. Внедрение происходит тогда, когда жесткое тело имеет более шероховатую поверхность. Это хорошо согласуется с результатами экспериментов. На рис. 8 приведены экспериментальные данные по определению скорости вбивания цинкового порошка в поверхность сталей в зависимости от ее шероховатости.



**Рис. 8. Изменение скорости вбивания цинкового порошка на поверхность сталей в зависимости от её шероховатости и продолжительности обработки (частота 50 Гц, амплитуда 3,5 мм): 1 - сталь 20 (Ra 11,5 мкм); 2 – сталь 3 (Ra 0,2-0,16 мкм)**

С увеличением продолжительности обработки стали 3 до 60 мин., происходит увеличение температуры рабочей среды до 50°C. Известно [5, 6, 7], что растворимость



цинка увеличивается с увеличением температуры рабочей среды. Закономерно изменяется и характер продуктов растворения. Так по данным [2, 3] при увеличении температуры до 70<sup>0</sup>С продуктами растворения цинка является цинк гидроксид, который легко удаляется. Следовательно, уменьшение скорости набивания цинка обусловлено увеличением температуры рабочей среды и ростом скорости растворения цинкового порошка на поверхности сталей.

### **Выводы**

1. Установлено, что активные центры схватывания при формировании цинкового порошкового покрытия на сталях 3 и 20 возникают при скорости деформации их поверхности равной

2. Площадь формирующегося цинкового покрытия и его толщина зависит от шероховатости поверхности, площади отпечатка от внедрения стеклянных шаров, концентрации и соотношения энергий аутогезии и адгезии цинкового порошка, а также от изменения температуры и когезионной прочности продуктов растворения цинка.

### **Литература**

1. Fonrey M. Dacrometisation. Galvano-Organo. 1980. – Vol. 45. № 510. – P. 811, 893 – 896.
2. Анкудимов Ю.П. Разработка комбинированного процесса вибрационной отделочно-упрочняющей обработки деталей (в интервале температур 20-350 °С)// дис. – канд. техн. наук. Ростов н/Д, 1983.
3. Минкевич А.И. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Машиностроение, 1965.
4. Пат. 3328197 США кл. 117-109. Механическое нанесение покрытий./ Дж.К. Симон, 1965.
5. Баркли Д. Поверхностные явления при адгезии и фрикционном взаимодействии. – М., Машиностроение, 1986. – 360с.
6. Каракозов Э.С. Соединение металлов в твердой фазе. – М.: Металлургия, 1976. – 264с.
7. Слендер С. Дж., Бойд У.К. Коррозионная стойкость цинка. Справочник. – М., Металлургия., 1976, 200с.