

УДК 621.793

В.Е. Кучма¹, Т.В. Рябикина¹, С.Ю. Мякишева²**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ХОЛОДНЫМ
ЧЕРНЕНИЕМ СТАЛЕЙ СОСТАВОМ**Арзамасский приборостроительный завод¹,
Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева²

Рассматривается новый процесс холодного чернения сталей, его характеристики, структура процесса. Дан анализ способов получения покрытия такого типа.

Проведены эксперименты для выявления оптимальных режимов данного процесса, составлена математическая модель холодного чернения, которая позволяет определить режимы процесса в зависимости от различных параметров (шероховатости поверхности, времени обезжиривания и наполнения) и необходимой коррозионной стойкости покрытия.

Ключевые слова: гальванические покрытия, холодное чернение, оптимальные режимы, коррозионная стойкость, шероховатость поверхности.

Современная технология нанесения покрытий имеет одной из своих основных задач повышение качества изготавливаемых поверхностей деталей и, как следствие, улучшение эксплуатационных свойств машин, для которых они применяются. Повышение качества деталей, изготавливаемых из конструкционных сталей и эксплуатирующихся в условиях коррозионного воздействия окружающей среды при знакопеременных нагрузках, безусловно, относится к числу актуальных проблем.

Обеспечить безотказность их работы можно только в случае качественной обработки поверхности деталей. Получить высокие эксплуатационные показатели таких деталей невозможно без применения технологии нанесения защитного покрытия, в частности, холодного чернения.

Актуальность исследований по повышению качества и эксплуатационных свойств подтверждается спросом машиностроительных предприятий на новые технологии гальванических покрытий, которые являются одними из наиболее распространенных методов повышения коррозионной стойкости изделий из стали. Наиболее распространены оксидные и фосфатные покрытия. Эти традиционные способы достаточно энергоемки и продолжительны по времени. На предприятии ОАО «АПЗ» с целью повышения производительности и снижения затрат апробировался способ нанесения антикоррозионного покрытия – холодное чернение (оксидирование) «Insta Blak 333».

Данный способ нанесения гальванического покрытия мало исследован. Проблеме оптимизации режимов гальванических покрытий посвящены научные труды многих ученых. Вопросами определения оптимальных режимов покрытий, по своим свойствам сходных с процессом холодного чернения (горячего оксидирования, фосфатирования, хромирования), в отечественной науке занимались: В.И. Игнатьев, Н.С. Ионычева, А.В. Мареичев, Ю.Д. Гамбург и др. Теоретический подход к этой проблеме вытекает из подробного аналитического литературного обзора по применению методов. Анализ, проведенный по данному направлению, показал, что вопросы оптимизации режимов холодного чернения сталей исследованы недостаточно. Поэтому была поставлена задача, опытным путем исследовать и определить оптимальные режимы технологического процесса холодного чернения сталей составом «Insta Blak 333». Построить математическую модель на основе статистических данных, которая позволит назначать режимы холодного чернения в зависимости от требуемой коррозионной стойкости.

В технических условиях на состав «Insta Blak 333», предоставленный фирмой-производителем, определены лишь максимальные и минимальные значения его концентрации.

Для успешного внедрения нового процесса на предприятии, необходимо было установить зависимость входных параметров, таких как режим холодного чернения, исходная шероховатость поверхности заготовки, а от выходных свойств – толщина слоя покрытия, коррозионная стойкость, цвет и т.д.

Решение поставленных задач следует проводить по схеме:

1. Исследовать качество поверхностного слоя деталей испытываемых образцов и рекомендовать режимы обработки.
2. Исследовать влияние холодного чернения на эксплуатационные свойства.
3. Построить математическую зависимость на основе полного факторного эксперимента типа 2^3 .
4. Экономически обосновать целесообразность предлагаемого метода.
5. Рассмотреть влияние на экологию при работе на гальваническом участке чернения.

Технология нанесения покрытия строилась по схеме, представленной на рис. 1.

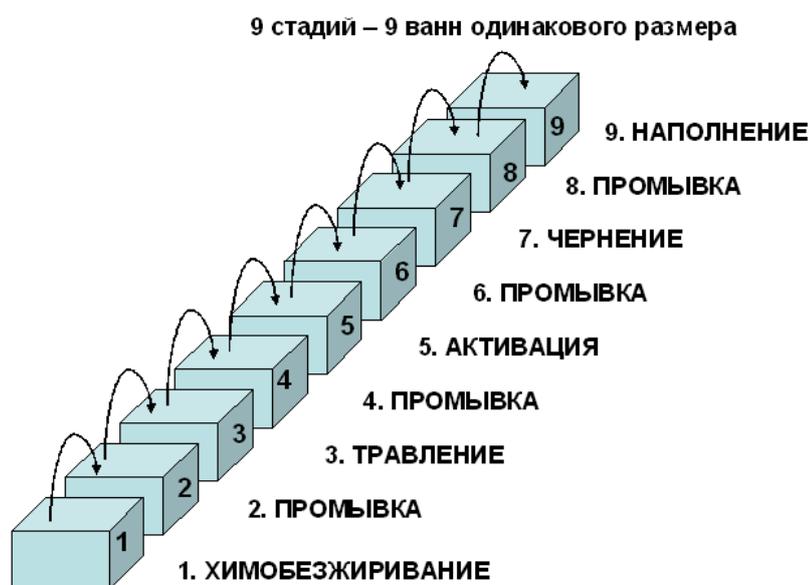


Рис. 1. Схема линии холодного чернения

Обработка проводилась на растворах компании «Сонис». Процесс холодного чернения «Insta-Blak 333» осуществлялся с применением концентратов следующих препаратов:

- 1) химическое обезжиривание «E-Kleen 110»;
- 2) активация «E-Prep 258»;
- 3) чернение «Insta-Blak 333 5X»;
- 4) наполнение (уплотнение) «E-Tek 510».

Химическое обезжиривание применяли с целью удаления смазочно-охлаждающих жидкостей, эмульсий, смазок и ингибиторов коррозии с поверхностей заготовок. *Активация* представляет собой жидкую композицию, обработка в водном растворе которой переводит поверхность стали в активное состояние перед холодным чернением. *Чернение* – это корродирующий водный раствор, который и придает поверхности изделия насыщенный черный цвет. *Наполнение* представляет собой предупреждающий коррозию нефтяной масляный пленкообразующий состав, содержащий эмульгирующие вещества.

В ходе исследования были проведены эксперименты по выявлению оптимальных режимов процесса холодного чернения. Эксперименты ставились на предприятии ОАО «АПЗ» в гальваническом цехе. В качестве образцов были выбраны детали типа тел вращения, кор-

пусные тонкостенные и типа плитки из низкоуглеродистых сталей. Внешний вид деталей с покрытием представлен на рис. 2.

В ходе экспериментов изменялось время: обезжиривания, чернения, активации и наполнения, при различной шероховатости поверхности детали. При этом выходными параметрами являлись внешний вид изделия после покрытия и его антикоррозионная защита. Опыты позволили определить, с помощью метода капли, значения коррозионной стойкости при различных параметрах и режимах технологического процесса.



Рис. 2. Внешний вид деталей, полученных методом холодного чернения

На основании полученных результатов выявлены зависимости свойств получаемого покрытия от режимов процесса холодного чернения и приведены в табл. 1.

Получение оптимальных технологических характеристик (выходных параметров) невозможно без автоматизации технологического процесса; при этом может быть предусмотрено автоматическое регулирование параметров обработки по заранее заданному закону. Так как процесс чернения деталей является защитным покрытием, то в данной задаче основной технологической характеристикой (выходным переменным параметром) является коррозионная стойкость.

Была получена математическая модель, в которой показано влияние шероховатости поверхности основного металла, времени обезжиривания поверхности и времени выдержки в ванне наполнения на получаемую в процессе холодного чернения препаратом «Insta Blak 333» коррозионную стойкость изделия.

На практике при анализе результатов исследований часто имеет место ситуация, когда количественное изменение изучаемого явления зависит не от одной, а от нескольких причин. Построена модель зависимости $K(t_o, t_n, Ra)$ по результатам активных экспериментов. Шероховатость поверхности основного металла под покрытие варьировалась в небольших пределах: от 2,5 до 5.

Данная математическая модель построена на основе множественного регрессионного анализа.

$$K = 147,5 + 1,75t_o - 1,75t_n - 4,5Ra - 2,75t_n Ra + 4t_o Ra, \quad (1)$$

где K – коррозионная стойкость поверхности детали после нанесения гальванического покрытия; t_o – время выдержки в ванне обезжиривания; t_n – время выдержки в ванне наполнения; Ra – шероховатость поверхности детали.

Таблица 1

Влияние различных параметров на свойства получаемого покрытия

Зависимость	График																					
<p>Влияние шероховатости поверхности основного металла на свойства покрытия</p>	<table border="1"> <caption>Данные для графика 1</caption> <thead> <tr> <th>Ra, мкм</th> <th>t₁, с</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6,3</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>3,2</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>1,6</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>0,8</td> <td>45</td> </tr> </tbody> </table>	Ra, мкм	t ₁ , с	6,3	23	3,2	28	1,6	40	0,8	45											
Ra, мкм	t ₁ , с																					
6,3	23																					
3,2	28																					
1,6	40																					
0,8	45																					
<p>Влияние времени активации на коррозионную стойкость получаемого покрытия</p>	<table border="1"> <caption>Данные для графика 2</caption> <thead> <tr> <th>t₁, с</th> <th>t₂, с</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>18</td> </tr> </tbody> </table>	t ₁ , с	t ₂ , с	1	23	2	21	3	19	4	18											
t ₁ , с	t ₂ , с																					
1	23																					
2	21																					
3	19																					
4	18																					
<p>Влияние времени чернения на свойства покрытия с применением растворов стандартного и фирменного обезжириваний</p>	<table border="1"> <caption>Данные для графика 3</caption> <thead> <tr> <th>t₁, с</th> <th>t₂, с (стандартное)</th> <th>t₂, с (фирменное)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>16</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>2,5</td> <td>19</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>21</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>22</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>23</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>24</td> <td>29</td> </tr> </tbody> </table>	t ₁ , с	t ₂ , с (стандартное)	t ₂ , с (фирменное)	2	16	18	2,5	19	21	3	21	23	4	22	24	5	23	26	6	24	29
t ₁ , с	t ₂ , с (стандартное)	t ₂ , с (фирменное)																				
2	16	18																				
2,5	19	21																				
3	21	23																				
4	22	24																				
5	23	26																				
6	24	29																				

Выполненные исследования показали, что на коррозионную стойкость, получаемую после покрытия холодным чернением, наиболее существенное влияние оказывает шероховатость поверхности, а также влияние имеет и время обезжиривания и время нахождения в ванне наполнения, что необходимо учитывать при определении коррозионной стойкости. Данная математическая модель имеет погрешность 5%.

В ходе исследования была получена математическая зависимость в виде полиномиальной модели, отражающей влияние режимов холодного чернения на величину получаемой коррозионной стойкости, а следовательно, и на срок эксплуатации изделий. Оптимизация полученных зависимостей позволяет определять рациональные режимы, обеспечивающие получение заданной коррозионной стойкости.

Полученные оптимальные режимы приведены в табл. 2.

Таблица 2

Оптимальные режимы процесса холодного чернения

Операции технологического процесса	Обезжиривание	Активация	Холодное чернение	Наполнение
Продолжительность, мин	5	1	4	1

Годовой экономический эффект от внедрения процесса холодного чернения «Insta Black 333» на предприятии ОАО «АПЗ» составит 150 тыс. руб.

С точки зрения влияния на экологию данный процесс более безопасен, чем стандартный. Для приготовления раствора оксидирования используются неагрессивные водоразбавляемые химикаты без запаха, отсутствует необходимость в мощной приточно-вытяжной вентиляции, как в случае горячего, вредного для здоровья, оксидирования. Опасные едкие вещества с вредными испарениями не применяются; при доливании в раствор отсутствует опасность разбрызгивания горячих химикатов.

Практическая значимость исследования заключается в применении полученных результатов на предприятии ОАО «АПЗ». Процесс холодного чернения с определенными в ходе исследования оптимальными режимами в настоящий момент внедрен на предприятие ОАО «АПЗ».

Библиографический список

1. **Гамбург, Ю.Д.** Гальванические покрытия: справочник по применению / Ю.Д. Гамбург. – М.: Техносфера, 2006. – 216 с.
2. Гальванические покрытия в машиностроении: справочник: в 2 т. / В.И. Игнатъев [и др.]; под общ. ред. М.А. Шлугера. – М.: Машиностроение, Т.1. 1985. – 240 с., Т. 2. 1985. – 248 с.
3. Официальный сайт компании «Гальваническое производство» г. Москва – 2001 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.galvanica-m.ru/#51> (дата обращения: 25.12.2009).
4. Официальный сайт компании «Сонис» – 2001 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sonis-co.ru/016.htm> (дата обращения: 05.12.2009).

Дата поступления
в редакцию 08.02.2011

V.E.Kuchma, T.V.Ryabikina, S.U. Myakisheva

DETERMINING MODES FOR COATING COLD BLACKENING STEEL COMPOSITION

In article new process cold blackened steels, its characteristic, process structure is considered. The analysis of ways of reception of a covering of this kind is given.

Experiments for revealing of optimum modes of the given process are made, is made matematically model cold blackened which allows to define modes of process depending on times-personal of parametres (a roughness of a surface, degreasing time, filling time) and necessary corrosion firmness of a covering.

Key words: galvanic coverings, cold blackened, optimum modes, corrosion firmness, surface roughness.