

## THE METHODOLOGY OF RISE EFFICIENCY PACKAGING PROCESS BY CABIN HEATER ON BASIS OF LEAN PRODUCTION CONCEPTION

© 2012

*V.E. Godlevski*, doctor of technical sciences, department chief  
*R.V. Butkevich*, candidate of technical sciences, department chief  
*Y.S. Klochkov*, candidate of technical sciences, associate professor, director  
*M.G. Giorbelidze*, chief specialist  
*A.N. Zhadyaev*, chief specialist  
*T.S. Selezneva*, specialist

*Volga Region Office of Academy of Quality Problems of Russian Federation*

*Keywords:* lean production; heater; production pulling; overproduction; defects; re-engineering; packaging process; KANBAN system.

*Annotation:* In this article we described methodology of rise efficiency packaging process of cabin heater on basis of lean production conception, made a detailed analysis of each stage. It described major negative profit by production. Made a detailed analysis of technological process heater production, was found its shortage on each stage. It worked out new operation sequence which full conform to lean production. It presented comparative assessment efficiency parameters.

УДК 621.793.74

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕПЛОВЫХ И ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

© 2012

*В.С. Гончаров*, кандидат технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Инженерная защита окружающей среды»  
*С.Г. Прасолов*, кандидат физико-математических наук, доцент,  
доцент кафедры «Нанотехнологии, материаловедение и механика»  
*Е.В. Васильев*, научный сотрудник Центра высоких технологий  
*Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)*

*М.В. Гончаров*, старший преподаватель кафедры  
«Сервис технических и технологических систем»  
*Поволжский государственный университет сервиса, Тольятти (Россия)*

*Ключевые слова:* Вакуумно-диффузионное насыщение; газопламенное напыления; коррозионная защита; защитные покрытия; особые свойства.

*Аннотация:* Разработана комплексная технология защиты внутренних и внешних поверхностей металлических труб коррозионностойкими покрытиями на основе хрома с использованием методов газопламенного напыления и вакуумно-диффузионного насыщения.

### ВВЕДЕНИЕ

Экологическая безопасность — одна из составляющих национальной безопасности, совокупность природных, социальных, технических и других условий, обеспечивающих качество и безопасность жизни и деятельности

проживающего (либо действующего) на данной территории населения и обеспечение устойчивого состояния биоценоза и биотопа естественной экосистемы [8]. Применительно к трубопроводным системам экологическую безопасность можно рассматривать как совокупность

низкой аварийности и отсутствия влияния на состав транспортируемого продукта.

По имеющимся данным [6, 7] до 60–80% разрушения труб происходит из-за гидравлического удара, а доля разрушений из-за коррозионных процессов относительно невелика и составляет до 25%. Однако, данные исследования не учитывают потерю механической прочности из-за коррозии, и указывают только на аварии, возникающие из-за сквозного коррозионного повреждения трубопровода. Скорость коррозии нелегированной стали в морской воде равна 0,15–0,20 см/год [1] и за 10 лет при двухсторонней коррозии (на внешней и внутренней поверхности) составит 3–4 мм, что практически равно полной толщине стенки типовых трубопроводов диаметром до 100 мм. Данный вывод не учитывает снижение скорости коррозии из-за зарастания, однако в принятых условиях уже через 10–15 лет трубопровод практически полностью потеряет свою механическую прочность, что приведет к значительному увеличению вероятности его разрыва, в т.ч. из-за гидравлического удара. Следовательно, одной из важных задач по снижению аварийности на трубопроводах является повышение их коррозионной стойкости.

В Российской Федерации трубопроводы, как правило, выполнены из стальных и чугунных труб, имеющих низкую коррозионную стойкость (рис. 1) [2].

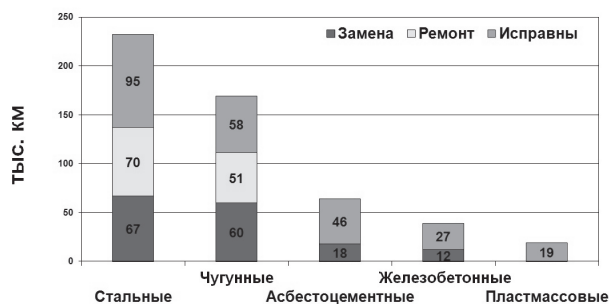


Рис. 1. Распределение труб по видам материалов.

Материальный ущерб от утечек холодной воды в целом по РФ в 2010 году составил 52,1 млрд. рублей в год (3474902,4 тыс. м<sup>3</sup>), от потери тепла - 49,4 млрд. рублей (126544,3 тыс. Ккал) [5]. Из-за аварий на тепловых сетях в зимнее время многие города и поселки остаются без тепла. Затраты на ликвидацию последствий, связанных с авариями на трубопроводах, составляют миллиарды рублей [3].

Ситуация с водопроводными и тепловыми сетями вызывает серьезные опасения. Уровень их износа составляет более 70 %, а безаварийный срок службы (время, после которого происходит резкое увеличение числа аварий) не превышает 10–15 лет. Всего в Российской Федерации в 2010 году произошло 169998 тыс. аварий на водопроводах, 36334 на канализационных сетях и 14584 на источниках теплоснабжения, паровых и тепловых сетях [2]. Участились аварии, сопровождающиеся большими потерями природных ресурсов и широкомасштабным загрязнением окружающей среды [1].

Защита внутренней и внешней поверхностей труб от коррозии - одна из наиболее актуальных задач во всем мире. На ее решение направлены различные методы с использованием современных материалов: пластмасса, керамика, стекло, резина, смолы, цинк, легированные сплавы. Однако применение неметаллических материалов и цинкового покрытия невозможно в теплосетях, особенно высоких параметров (высокое давление, температура), срок службы таких труб может быть недостаточно высоким. Легированные сплавы хотя и эффективны, но ограничены в распространении из-за высокой стоимости.

Цель работы - повышение экологической безопасности трубопроводных сетей. Для выполнения поставленной

цели в работе разработана комбинированная технология коррозионной защиты внутренней и внешней поверхности металлических труб покрытиями на основе хрома с использованием методов газопламенного напыления и вакуумно-диффузионного насыщения. При этом газопламенная горелка устанавливается рядом с индуктором, и таким образом нанесение обоих покрытий происходит за один технологический процесс.

Предлагаемая технология вакуумно-диффузионного хромирования включает в себя следующие операции:

1. Струйно-абразивная обработка.
2. Засыпка труб порошком феррохрома (фракции 3–20 мм) и установка их в индуктор.
3. Герметизация с последующим созданием вакуума в трубах.
4. Нагрев локальной зоны труб до температуры 1150°C.
5. Включение механизма поступательного и вращательного движения труб с целью последовательного зонального нагрева по всей длине и предотвращения приварки порошка к поверхности.

6. Проведение 5 циклов перемещения труб относительно индуктора в течение 8 часов.
7. Быстрое охлаждение труб до температуры 80–100°C с последующей разгерметизацией.
8. Удаление порошка феррохрома.

Следует отметить, что для измельчения структуры основного металла охлаждение после нагрева должно производиться до температуры ниже 850°C, что соответствует границе рекристаллизации для стали с содержанием углерода 0,1–0,2%.

При вакуумном хромировании сталей 20, 35 и 45 диффузионное покрытие состоит из карбидного слоя, темнотравящейся и безуглеродной зоны, постепенно переходящей в основную структуру стали. Диффузионный слой на углеродистой стали представляет собой α-твердый раствор хрома в железе с мелкодисперсными включениями карбидов железа, препятствующими диффузии хрома в железо. При этом концентрация хрома на поверхности достигает 70% (рис. 2, 3).

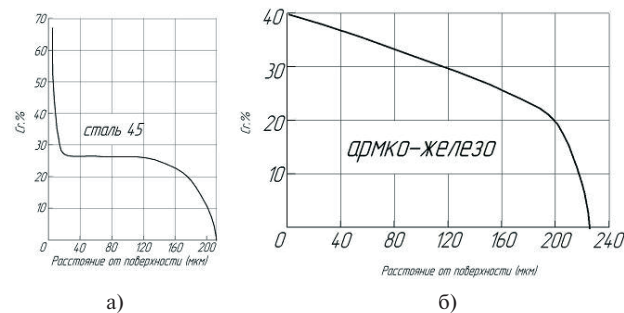


Рис. 2. Распределение концентрации хрома по глубине диффузионных покрытий на стальных образцах после вакуумного хромирования при температуре 1150°C, выдержки в течении 6 ч и быстрого охлаждения: а) для стали 45; б) для армко-железа.

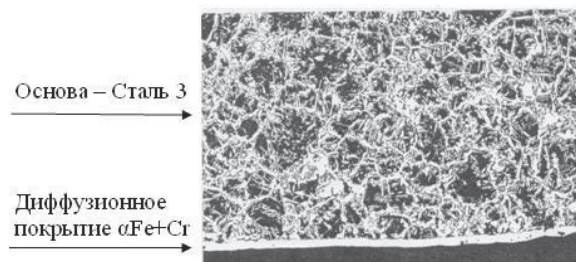


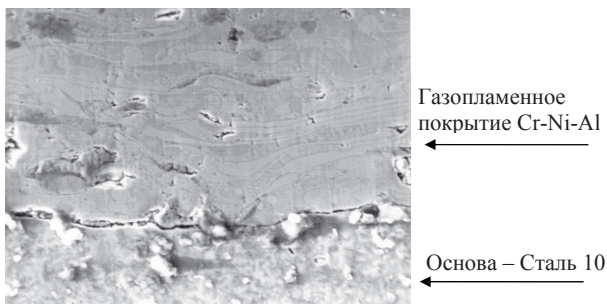
Рис. 3. Покрытие, полученное вакуумно-диффузионным хромированием внутренней поверхности трубы при 1150°C в течении 6ч. Сталь10 - Cr. Увеличение x50.

Следует также отметить, что получаемое диффузионное покрытие безвредно для человека при эксплуатации в системах питьевого водоснабжения. Его структура соответствует структуре объемно легированной нержавеющей стали ( $\alpha$ -твердый раствор хрома в железе), применение которой разрешено в системах питьевого водоснабжения. Кроме того, хромированные поверхности не склонны к отложению минеральных солей, зарастанию и образованию продуктов коррозии, что повышает их экологическую безопасность при использовании в системах питьевого водоснабжения.

Наиболее простым и экономичным методом защиты наружной поверхности труб от коррозии является газопламенный метод нанесения покрытий. Предлагаемая комплексная технология включает в себя:

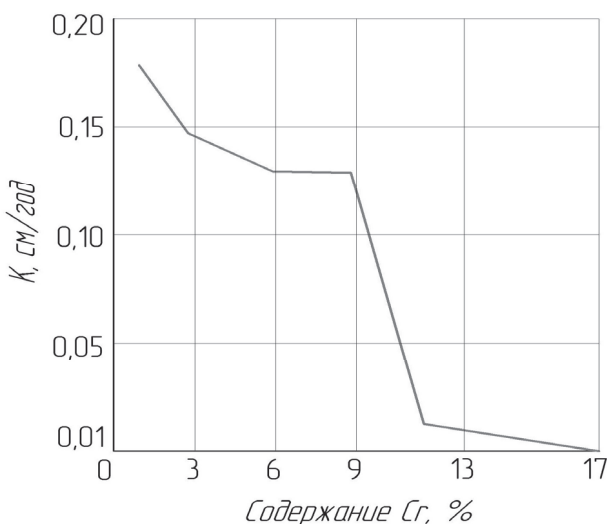
1. Струйно-абразивная обработка наружной поверхности труб с целью активации поверхности и придания ей нужной шероховатости.
2. Газопламенное напыление на наружную поверхность труб самофлюсующегося порошка феррохрома, который под действием индуктора оплавляется.
3. Дробеударная обработка с целью уменьшения пористости покрытия.

Данная технология обеспечивает получение равномерного по периметру и длине труб хромового покрытия, толщина которого составляет 400–500 мкм (рис. 4).



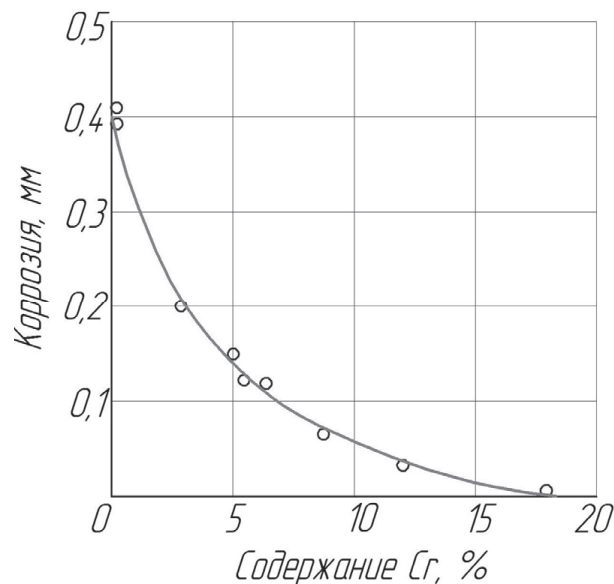
**Рис. 4.** Хромовое покрытие, нанесенное газопламенным способом на стальной образец. Увеличение  $\times 400$ .

Исследование образцов с защитными покрытиями показало, что скорость их коррозии в морской воде и перегретом паре стремится к нулю (рис. 5, 6).



**Рис. 5.** Скорость коррозии сталей в морской воде в зависимости от содержания хрома при 0,1 % углерода.

Экстраполируя имеющиеся данные о сроке службы стальных нелегированных трубопроводов относительно приведенных выше результатов коррозионных испытаний можно заключить, что хромированные трубопроводы будут иметь безаварийный срок службы 75–100 лет, что подтверждается практикой использования объемно легированных нержавеющей труб.



**Рис. 6.** Влияние содержания хрома в стали на коррозию образцов при 650°C (в течение 1300 ч).

Отдельно следует рассмотреть стойкость хромовых покрытий к межкристаллитной коррозии. Известно, что хром – активный карбидообразующий элемент, и при легировании стали хромом по границам зерен выпадают его карбиды, что обедняет основную структуру металла и приводит к возникновению межкристаллитной коррозии. Для предотвращения образования карбидов хрома в металл вводят более активный карбидообразующий элемент, например, титан или ниобий или снижают концентрацию углерода до 0,02–0,03%. Причем содержание титана должно быть не менее 5С %, а ниобия 9С %, где С – содержание углерода в стали, в %.

В настоящее время наиболее распространенными марками стали для изготовления труб являются Сталь 10, 20, Ст3. Для уменьшения образования карбидов хрома наиболее целесообразным будет применение стали с наименьшим содержанием углерода, т.е. стали 10. Диффузионное хромовое покрытие на стали 10 в поверхностном слое содержит до 60% хрома и имеет карбидную структуру, а глубже залегает слой  $\alpha$ -твердого раствора с переменным содержанием хрома от 30% и ниже. Из этого следует, что карбидный слой, склонный к межкристаллитной коррозии, изолирован  $\alpha$ -твердым раствором хрома в железе, который имеет высокую стойкость к этому типу коррозии.

Таким образом, карбидообразование в полном объеме хромового покрытия возможно только в сварном шве. Это потребует легирования сварного шва титаном (не менее 0,5%) или ниобием (не менее 0,9%) для предотвращения образования карбидов хрома. Указанным требованиям отвечают электроды типа Э-10Х20Н70Г2М2Б2В с содержанием ниобия 1,5–3,0%.

Проведенные исследования (рис. 7) хромированных образцов также показали увеличение жаростойкости в 18 раз по сравнению с нехромированными аналогами.

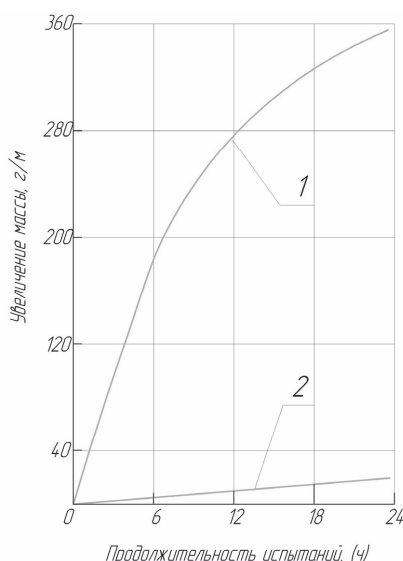


Рис. 7. Жаростойкость стали 10 при 800°С до (1) и после (2) хромирования.

**ВЫВОДЫ**

В данной работе решалась проблема повышения экологической безопасности тепловых и водопроводных сетей.

Разработанная технология обеспечивает получение защитных хромовых покрытий на поверхности

металлических труб с повышением жаростойкости до 18 раз и значительным снижением скорости коррозии и может найти применение в различных отраслях народного хозяйства: ЖКХ, теплоэнергетике, металлургии, машиностроении.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гончаров В.С., Гончаров М.В. Коррозионная защита тепло-водопроводных труб // Наука – промышленности и сервису. – 2007. – стр. 47–51
2. Алексеев Н.В. Состояние трубопроводов коммунального хозяйства // Трубопроводы и экология. – 2010. – № 2. – стр. 15–26
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2009 году». М., Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2009
4. Гончаров В.С. Методы получения защитных покрытий // Машиностроитель. – 2001. – №5 – стр. 30–33
5. Единая межведомственная информационно-статистическая система. Электронный ресурс] URL: <http://www.fedstat.ru/indicators/start.do>
6. Гидравлический удар в трубопроводах. Причины гидравлического удара. Последствия гидроудара. [Электронный ресурс] URL: <http://santeh-sinfo.ru/index/0-298>
7. Аварии на трубопроводах. [Электронный ресурс] URL: <http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=6145>
8. Большеротов А.Л. Система оценки экологической безопасности строительства. / А.Л.Большеротов - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. - 216 с.

**TECHNOLOGY OF INCREASING ENVIRONMENTAL SAFETY OF HEAT-AND WATER SUPPLY NETWORKS**

© 2012

*V.S. Goncharov*, candidate of technical sciences, professor, professor of the chair «Environmental engineering»

*S.G. Prasolov*, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, associate professor of the chair «Nanotechnology, materials science and mechanics»

*E.V. Vasilyev*, engineer of the chair «Nanotechnology, materials science and mechanics»  
*Togliatti State University, Togliatti (Russia)*

*M.V. Goncharov*, senior teacher of the chair «Service of technical and technological systems»  
*Volga Region State University of Service, Togliatti (Russia)*

*Keywords:* Vacuum-diffusion saturation; gas-flame spraying; corrosion protection; protective coatings; special properties.

*Annotation:* In this work has developed a complex technology to protect the internal and external surfaces of the metal pipes with corrosion-resistant coatings based on chromium using gas-flame spraying and vacuum-diffusion saturation technologies.