

56

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ, которые пока не используются

Я.Н. Липкин,
«ПРОТИВОКОР», г. Челябинск

Большинство покрытий (ПК) защищают сталь путём изоляции от среды.

В местах разрушения таких ПК – на участках «голой» стали и в порах ПК – в жидкостях или плёнках окружающей среды возникают гальванические элементы «анод – среда – катод» и происходят основные реакции: на анодных участках – $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{+2} + \text{ne}$, на катодных участках (в зависимости от среды) – $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} \rightarrow 4\text{OH}^-$ в нейтральных и щелочных средах или $2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2$ – в кислых. Выделяющиеся электроны «е» по металлу переходят на катодные участки. Продукты коррозии могут осаждаться на катодных участках (иногда защищая их) или уноситься движущимися средами.

Применение таких ПК сопровождается локальной коррозией «голой» стали. Когда продукты коррозии не обеспечивают защиты, возникает очень опасная точечная и язвенная коррозия. Такие ПК (только изолирующие) должны быть беспористыми – сплошными толстослойными или многослойными – дорогими из-за большой массы затрачиваемых материалов.

К только изолирующим от среды ПК

относятся неметаллические – полимерные, лакокрасочные, песчаные, стеклоэмалевые, резиновые, разные плёночные, и те металлические, которые в гальванических элементах становятся катодами (это медные, никелевые, хромовые и благородными металлами). Не защищают «голых» участков стали и термодиффузионные цинковые ПК (т.к. интерметаллиды $\text{Fe}_n\text{Zn}_m\text{Al}_z$ не обладают протекторными свойствами).

Изолирующие ПК (разрушающиеся со временем и из-за механических повреждений) для обеспечения более долговечной защиты часто требуют дорогой дополнительной электрохимической защиты от внешних источников (катодной, протекторной, дренажной).

Поэтому выгодно использовать протекторные ПК, которые и изолируют сталь от среды и обеспечивают электрохимическую – катодную (протекторную) защиту «голых» участков стали.

Протекторные ПК на границах с «голой» сталью становятся анодами,

растворяясь ($Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$; $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e$) и направляя электроны на ставшие катодами участки ПК и стали, где потенциал коррозии смещается в отрицательную сторону (поляризация). В большинстве случаев, даже при небольших сдвигах потенциала стали в отрицательную сторону существенно (на порядок) снижается скорость коррозии. При работе протекторов может достигаться сдвиг потенциала на защищаемых участках стали на 200 мВ и более.

Несмотря на очень разные условия (содержания кислорода, pH, электропроводности среды, скорости перемещения среды, механических напряжений стали и т.д.) на «голой» углеродистой и низколегированной стали устанавливаются электродные потенциалы в узкой области (что создаёт благоприятные условия для использования протекторов). Потенциал коррозии стали в природных средах устанавливается в области от $-0,3$ до $-0,7$ В (н.в.э.) и на защищаемых участках сдвигается в отрицательную сторону, обеспечивая протекторную защиту [1].

Эффективность протекторных ПК (длительность защиты «жертвенными» анодами) зависит от их токоотдачи, характеризуемой электрохимическим эквивалентом (в а-ч/кг). В сплавах Zn с Al она растёт по мере увеличения в них содержания Al. Электрохимический эквивалент ZnПК и ZnAlПК (с содержанием Al до 15%) ~ 700–850 а-ч/кг, для AlZnПК «гальвалюм» (с 55% Al) ~ 1400– 800 а-ч/кг, для ПАСЛ-1 (с 77% Al) ~ 2100–2200 а-ч/кг, для сплавов с 96–98% Al ~ 2900 а-ч/кг.

Применяются 2 группы протекторных ПК: (1) металлические жидкофазные (на основе сплавов Zn или Zn + Al) и (2) на основе полимеров, заполненных цинковыми или цинк – алюминиевыми порошками настолько плотно, что между металлическими частицами обеспечиваются электрические контакты.

В протекторных ПК на полимерной основе должно быть 85-92% по массе частиц протектора (Zn или AlZn) размерами от 2 до 15 мкм. Иначе не обеспечиваются контакты со сталью и переход электронов на катодные участки. А такой переход является обязательным условием для протекторной защиты. Такие ПК дороги и не всегда эффективны как протекторы.

Дороги и применяемые для местной протекторной защиты конструкций протекторные накладки или покрытия большой массы, наносимые газопламенными, электродуговыми и плазменными способами.

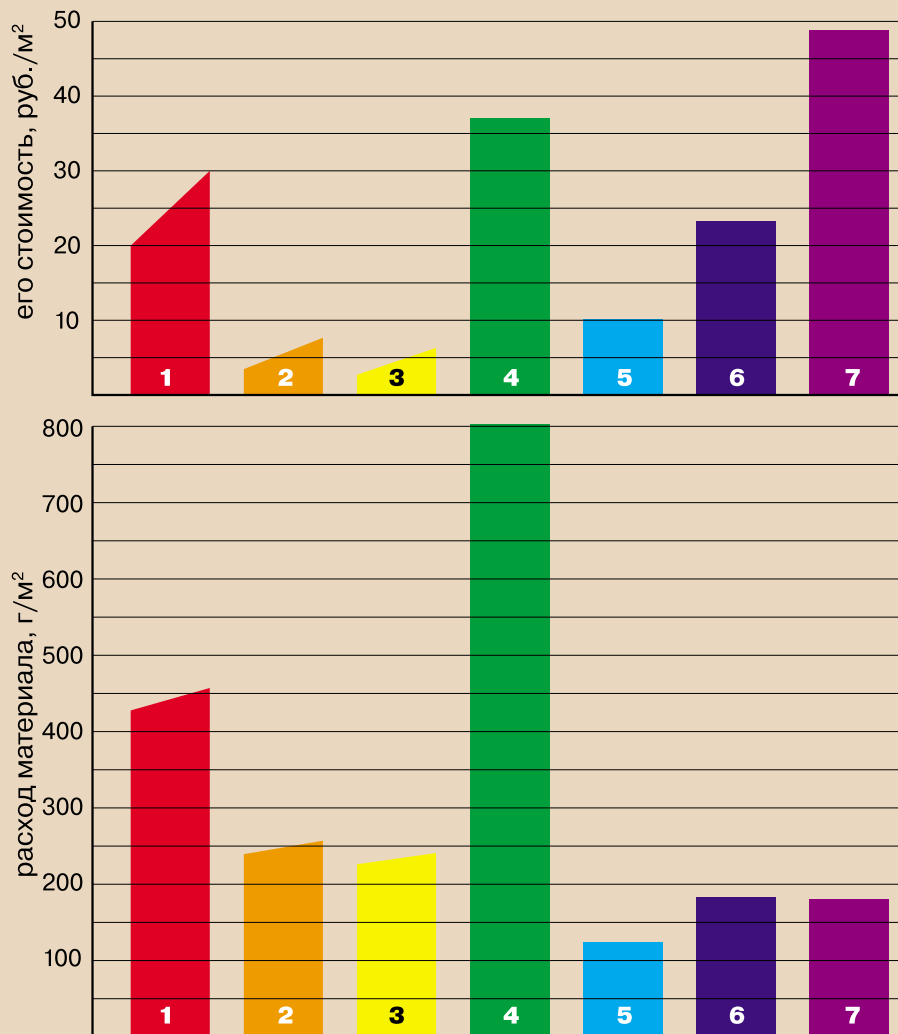


Рис. 1. Здесь приведены ориентировочные сравнительные данные по удельному расходу (в руб./м²) материалов и их стоимости.

1 – жидкофазного цинкового ПК толщиной 50 – 80 мкм; 2 – жидкофазного AlZnПК «гальвалюм» толщиной 20–32 мкм; 3 – жидкофазного AlZnПК ПАСЛ-1 толщиной 15–28 мкм; 4 – цинкнаполненного полимерного ПК толщиной 100 мкм; 5 – ПК на основе полиэтилена толщиной 100 мкм; 6 – ПК на основе разных полимеров толщиной 100 мкм; 7 – ПК на основе полиуретана толщиной 100 мкм.

Металлические ПК (1–3) и цинкнаполненное ПК 4 будут применяться примерно с приведенными здесь толщинами.

Полимерные ПК (5–7) в большинстве случаев будут применяться со значительно большими толщинами в зависимости от типа защиты – особенно при изоляциях усиленного типа.

Во многих случаях благодаря применению протекторных ПК можно упростить или исключить электрохимическую защиту от внешних источников. Важно и то, что на «голых» участках стали в контакте с протекторным ПК будут поддерживаться защитные потенциалы, затрудняющие прохождение блуждающих токов через сталь.

С точки зрения себестоимости ПК (зависящей от массы и цены материалов ПК) наиболее приемлемы и экономически целесообразны жидкофазные металлические протекторные ПК стали цинковыми и/или цинк – алюминиевыми сплавами, которые наносятся после очистки и подготовки поверхности погружением в расплав металла ПК. Их нанесение в заводских условиях обеспечивает качества

и низкую себестоимость.

Жидкофазные протекторные ПК (благодаря хорошей адгезии) часто дополнительно покрывают неметаллическими ПК. Это позволяет применять комбинированные ПК, сочетающие длительную изоляцию от среды и протекторную защиту по мере разрушений ПК. Комбинированные ПК типа «протекторный подслои + лакокрасочное (или полимерное) ПК» требуют значительно меньших затрат (в 1,5–2,5 раза), чем одно неметаллическое ПК – из-за значительно меньшего расхода материалов. Ведь без протекторного подслоя необходимы большие массы ПК для беспористости и сплошности. И протекторные жидкофазные ПК можно применять не только для защиты от коррозии и блуждающих то-

ПОКРЫТИЯ

ков, но и в качестве долговечных декоративных ПК самой разной продукции и без неметаллических ПК.

Большое значение имеет себестоимость ПК, которая во многом зависит от расхода дорогих материалов. (Здесь и далее везде приводятся цены в пересчёте на начало 2007 г.).

Появилось много новых технических решений в пользу целесообразности широкого использования жидкофазных протекторных ПК.

Во-первых, это – «новый мокрый» способ нанесения жидкофазных металлических ПК [2, 3].

В отличие от традиционного сухого способа (включающего химическую очистку стального изделия с обработкой во флюсе – растворе + сушку + нагрев до рабочей температуры непосредственно в расплаве металла ПК + охлаждение) предлагается «новый мокрый» способ (включающий после химической подготовки нагрев в щелочном флюсе – расплаве с кратковременным погружением уже нагретой стали в расплав металла ПК + скоростное охлаждение). Благодаря краткому контакту стали с агрессивным расплавом металла ПК образуется значительно меньше хрупких интерметаллидов в ПК и в отходах – т.е. улучшается качество ПК и снижаются потери цветных металлов.

При горячем цинковании труб сухим способом потери цветного металла (в гартцинк и изгарь) составляют ~24% и более. При нанесении ПК «новым мокрым» способом потери составят <11%.

В линиях ПК «новым мокрым» способом можно наносить разные ПК от ZnПК и ZnAlПК до AlZnПК и AlПК с одним флюсом – расплавом, при нагеве в котором можно осуществлять термическую обработку стали. В одной линии ПК можно наносить разные сплавы – периодически их меняя или, даже, несколько сплавов одновременно.

При традиционном сухом способе практически невозможно наносить высокотемпературные AlZnПК и AlПК. А при «новом мокрым» это стало возможным без применения защитных атмосфер.

Разработан комплекс новых решений по технологии и конструкциям. Появилась возможность для труб и изделий при узком сорimente создавать высокопроизводительные автоматизированные поточные линии ПК и для обработки изделий разного сортамента в универсальных линиях ПК.

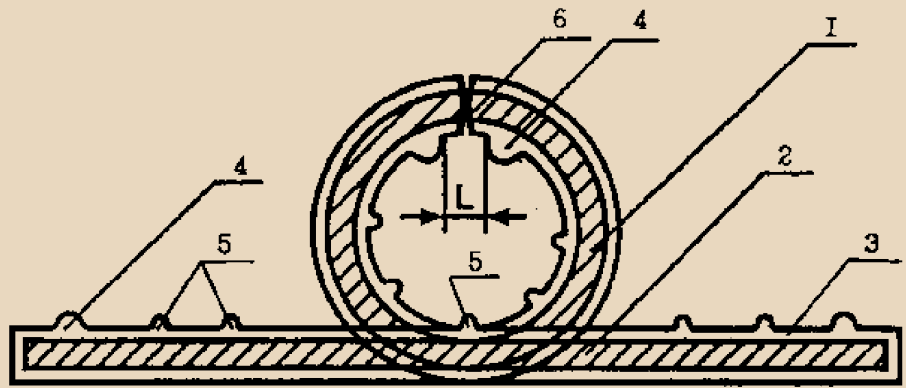


Рис. 2. Трубы 1 \varnothing 20–60мм предлагается сваривать из ленты 2 с ПК 3 и продольными утолщениями ПК 4 (до 40–60мкм) для протекторной защиты в транспортируемых средах зоны L термического воздействия сварного шва. Но для больших размеров труб для увеличения долговечности выгодно наносить дополнительные утолщения ПК 5 с увеличением массы протектора.

Предложены нагрев во флюсе – расплаве с высоким КПД, конструкции безаварийных футерованных печей – ванн, малоотходные технологии и локальные средства обезвреживания отходов. Стало целесообразным применение «нового мокрого» способа для ПК самой разной продукции.

Во-вторых, появилась возможность и целесообразность применения AlZnПК с высоким содержанием алюминия и ПК на основе алюминия.

Применение AlПК очень заманчиво из-за большей стойкости (как изолирующего) во многих средах, стойкости от эрозии, более низкой себестоимости. Но...AlПК существует двух типов. По первому типу, который широко используется – оно не обладает протекторными свойствами, т.к. плёнка Al_2O_3 мешает перетоку электронов. По второму (новому предлагаемому) типу ПК (с микродобавками олова, делающими плёнку Al_2O_3 проводящей), ПК – протекторное. И очень выгодное – с высокой токоотдачей.

AlПК без протекторных свойств (только изолирующее) можно применять лишь в тех условиях, где исключены местные дефекты и разрушения, приводящие к опасной точечной и язвенной коррозии.

Разработаны составы протекторного AlZnПК с 77–80% Al и с микродобавками олова <0,05% – ПАСЛ-1 [4] и протекторного сплава для накладок – ПАСЛ-2 [5].

Впервые изучением протекторных свойств AlZnПК серьёзно занялись в Московском Институте сталей и сплавов (МИСИС) профессор Ю.Я. Андреев и С.В.Самаричев [6]. В результате многолетних работ Ю.Я. Андреева и

его учеников [6-8 и др.] многое стало понятным. В 2001 г. Ю.Я. Андреев получил Диплом № 179 на открытие Международной ассоциации авторов научных открытий и Российской академии естественных наук по тематике, связанной с влиянием микродобавок на свойства поверхности металлов. И только в 2005 г. было окончательно доказано [8, 9], что олово в AlZnПК и в AlПК накапливается в поверхностных слоях и входит в состав плёнки Al_2O_3 , что делает её электропроводной и ПК – протекторным.

Т.е. есть два типа AlПК – протекторный (с микродобавками Sn), который исключает возможность точечной и язвенной коррозии, и непротекторный – традиционно применяемый, при котором во многих средах могут быть у стали «язвы до дыр» и который пригоден для применения в отдельных средах.

Появилась возможность применять металлические ПК сплавами выбранного оптимального состава для каждой конкретной коррозионной ситуации.

В большинстве случаев стало экономически выгодным применять AlZnПК – имеющие лучшие потребительские качества и наносимые с меньшей себестоимостью. В зависимости от металлоёмкости покрываемых изделий (толщины стенки) можно ориентироваться на затраты (от себестоимости нанесения ПК) – на энергоносители 8–12%, на цветные металлы 56–75%. Увеличение содержания Al в сплавах Zn с Al существенно снижает расход цветных металлов и, соответственно, себестоимость ПК. Плотность при 20°C: AlПК = 2,7 г/см³, ZnПК = 7,13 г/см³, ZAПК = 6-7 г/см³, AlZnПК = 3-3,75 г/см³.

Нанесение AlZnПК обходится значительно дешевле, чем цинковых и, тем более, других. Удельная себестоимость AlZnПК (при нанесении в линии) ориентировочно составит для изделий с толщиной стенок 1–3 мм – от 30 до 45 руб/м² и для изделий с толщиной стенки свыше 4–5 мм – от 40 до 60 руб/м². При этом удельный расход цветных металлов для AlZnПК (с 55% Al) – до 250 г/м² при толщине ПК 20–32 мкм., ZnПК – 450–730 г/м² при толщине 50–80 мкм.

Целесообразно применение протекторных жидкофазных AlZnПК сплавами с 55–80% Al и сплавами на основе алюминия. Следует учесть, что ПК «гальвалюм» (с содержанием 55% Al) обеспечивает значительно большую, чем ZnПК, стойкость: в горячей воде – в 8–10 раз, в холодной воде – в 1,5–3,5 раза, в разных условиях атмосферной коррозии – в 1,5–4,5 раза. При ПК с более высоким содержанием алюминия ожидается ещё большая стойкость [1].

Предлагаемое новое AlZnПК ПАСЛ-1 обеспечивают защиту при высоких температурах в водных средах (до 95°C и выше) и в газовых средах до 550°C и выше.

Это расширяет ассортимент конструкций и изделий, где выгодно применять сталь с металлическими ПК взамен цветных металлов, высоколегированных сплавов и полимеров. Появляется целесообразность применения стали с AlZnПК и с AlПК в отоплении и при теплообмене, в системах сброса и обезвреживания продуктов сгорания, при периодическом смачивании водными средами.

По прогнозам МИСИС при толщине

слоя «гальвалюм» 30–40 мкм. в системах горячего водоснабжения и отопления длительность эксплуатации труб должна быть более 15–20 лет, а при толщине 40–50 мкм – способность защищать расположенную рядом зону стали без ПК шириной до 10 мм в проточной воде при 85°C – в течение не менее 20 лет. При этом продукты медленного растворения ПК (как протектора) – гидратированные окислы цинка и алюминия в проточной воде уносятся и сталь ими не обрастает. ПК «ПАСЛ-1» обеспечивает защиту и долговечность в жёсткой коррозионно-активной воде при 95°C в течение 25–30 лет и более [1].

В гражданском строительстве и ЖКХ следует уходить от применения ZnПК при питьевом водоснабжении (как во всём цивилизованном мире). У ZnПК есть два больших недостатка: (1) при 60°C и более в воде и водных средах опасна переполюсовка (Zn становится катодом, а сталь – анодом) и происходит точечная и язвенная коррозия, (2) в застойные периоды вода может загрязняться свинцом и становиться опасной при невозможности контроля её питьевых качеств.

Благодаря способности AlZnПК долговременно защищать во многих средах расположенную рядом зону «голой» стали появилась возможность производства труб с ПК путём сварки из ленты с ПК (когда в средах обеспечивается протекторная защита зоны термического воздействия сварного шва), а также дополнительная возможность увеличения долговечности защиты путём нанесения на ПК локальных утолщений ПК с повышением массы протектора. Локальные регулируемые утолщения (защищая на

небольших расстояниях) позволяют применять тонкие ПК с меньшим расходом цветных металлов [10, 11].

Следует учитывать, что ZnПК и ZnAlПК могут защищать сталь в средах как протекторы на большие расстояния от границы ПК (до 50–100 мм.), но очень короткое время (т.к. у них малая токоотдача и они быстро растворяются как аноды). AlZnПК и AlПК с микродобавками олова защищают сталь в средах на расстоянии 10–15 мм. от границы ПК, но длительное время.

У AlZnПК и AlПК с микродобавками олова есть очень большие преимущества – им не страшны пористость, местные разрушения ПК, разнотолщинность и неравномерность ПК – особенно при нанесении локальных утолщений ПК (увеличивающих массу протектора и долговременность защиты). Есть возможность повысить потребительские качества и удешевить применение AlZnПК и AlПК на самые разные изделия по форме и габаритам (на ленту, проволоку, тросы, сетки, изделия сложной формы, разные заготовки и товары массового спроса). И есть возможности усовершенствования конструкций и расширения ассортимента изделий и продукции.

В третьих. Большие перспективы защиты участков поверхности конструкций и изделий накладками из тонкой стальной ленты с двухсторонним протекторным AlZnПК [10], когда лента с жидко – фазным протекторным ПК прижимается, приваривается или приклеивается к защищаемым участкам конструкции для обеспечения достаточного контакта для перемещения электронов. Таким путём выгодно защищать и ремонтировать малые участки поверхности «заплатами» и большие поверхности.

В любом случае такие накладки изолируют и долговременно защищают участки стали от поступления из окружающей среды воды, кислорода, бактерий, разных активных веществ и ионов, а также обеспечивают местную протекторную защиту в наиболее агрессивных условиях. Такими ленточными накладками (особенно в сочетании с дополнительными неметаллическими ПК) можно обеспечить длительную и очень надёжную защиту участков трубопроводов (в т.ч. зон сварных швов) в почвах (бандажированием), участков ёмкостей, аппаратов и конструкций в разных средах и условиях. Можно упростить ремонты и существенно удешевить долговременную защиту.

Целесообразны накладки стальной лентой толщиной 0,5–1,0 мм. с AlZnПК

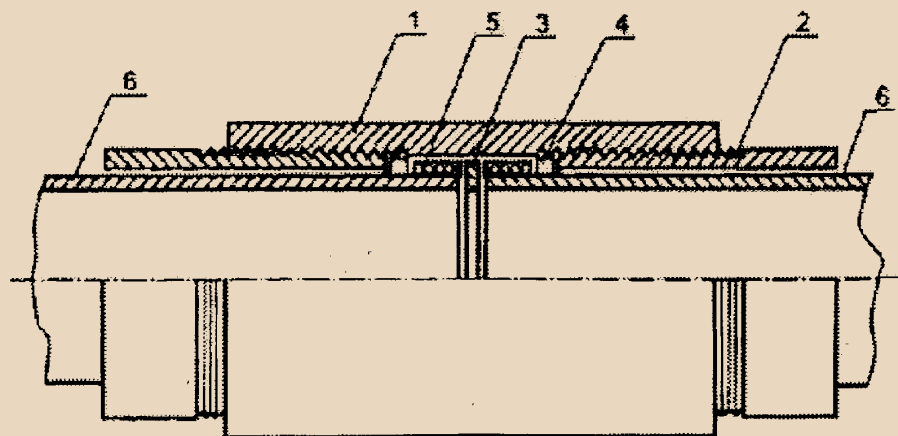


Рис. 3. Для соединений труб $\varnothing 40\text{--}300$ мм и бунтов труб предложено устройство, работающее по принципу уплотнения при раздавливании кольцевых прокладок [3, 13].

В нём трубчатый корпус 1 со стяжными элементами 2 с резьбой, ограничительное кольцо 3, предохранительные шайбы 4 и кольцевые прокладки 5 соединяют трубы 6. В процессе наворачивания стяжных элементов передвигаются кольцевые уплотнительные прокладки (из пластмассы или других материалов) до сжатия и раздавливания.

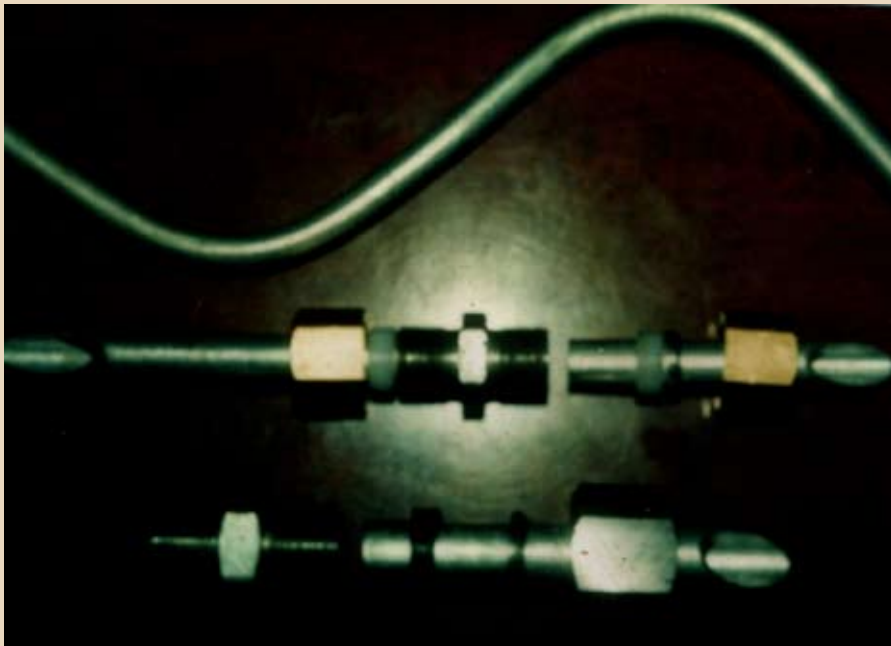


Рис. 4. Трубы малых размеров предложено соединять с применением гаечных ключей.

*Это делает возможным применять скрытые «европейские» планировки раз-
волоков водо- и теплоснабжения, облегчить ремонты и уйти от сварки труб с
ПК. Внедрение новых решений важно для комфортного и доступного жилья
с использованием воды питьевого качества даже после водонагревателей и
систем отопления. На это имеется Гигиенический сертификат при использо-
вании AlZnПК.*

толщиной 20–32 мкм с отдельными местными регулируемым утолщениями до 50–60 мкм. для повышения массы протектора. Такие утолщения наносятся и регулируются (по расположению, форме и толщине) в процессе нанесения ПК. При повышении массы ПК (на 5–15%) из-за локальных утолщений общий расход цветных металлов (с потерями) составит 220–260 г/м². При организации производства такой ленты с двухсторонним AlZnПК и с локальными утолщениями можно ориентироваться на отпускную цену (в т.ч. НДС) в пределах 180–210 руб/м².

Проработки показывают, что можно быстро и без проведения НИР создать производственные Участки покрытий бунтов ленты на площадях от 270 до 350 м² даже с большой производительностью, зависящей от мощности энергоносителей, при применении принципиально новых технических решений. Можно создавать производства с малыми затратами (доступными для среднего бизнеса).

Это может привести к значительному вкладу в технику защиты и изоляции наружной поверхности трубопроводов разного сортамента. В том числе, труб большого диаметра по схеме: «сварка труб + бандажирование наружной поверхности протекторной изолирующей накладкой лентой (в том числе, профилированной) сразу

после сварки труб с незначительной подготовкой поверхности (это нужно будет разработать для конкретных ситуаций) + изоляция полимерными материалами по применяемым технологиям (но с существенно меньшим расходом дорогих материалов)». Выгодно защищать такими накладками и в трассовых условиях зоны сварки труб (возможно, в сочетании с термоусаживающимися манжетами) и труднодоступные и ответственные участки трубопроводов и конструкций, и участки внутри аппаратов и ёмкостей. Интересна возможность быстрых и временных ремонтов на трассе путём нанесения на участки труб бандажированием нескольких слоёв ленточной протекторной накладки в сочетании с клеящими электропроводными полимерами, что позволит повысить прочность защищаемого участка. Возможна целесообразность такой многослойной защиты отдельных участков трубопроводов и сооружений.

При нанесении высокотемпературных AlZnПК и AlПК имеется ценная возможность термической обработки ленты в процессе нагрева во флюсе – расплаве. Это позволяет деформировать ленту – профилировать её в роликовых станах с последующей термической обработкой в линии нанесения ПК. Предлагается выпуск

профилированной ленты с ПК в бунтах. Ленточный профнастил с задаваемой шириной ленты удобно применять – и с малыми отходами, и с низкой себестоимостью.

Заманчиво создание универсального Участка ПК ленты в бунтах с выпуском перспективной продукции – бунтов ленты и ленточного профиля с AlZnПК и AlПК (в т.ч. с возможностью дополнительных неметаллических ПК) и бунтов ленты со специальным ПК для производства электросварных труб (и бунтов труб длиной до 300–600 м. и более). Это найдёт широкое применение в разных отраслях. Производительность такого Участка ПК зависит от мощности энергоносителей. При мощности 750 кВт можно рассчитывать на ПК 600–1000 м. ленты в час. При большей мощности можно достичь 20 млн. м / год (45 тыс. т. в год) и выше.

Можно будет покрывать ленту разными сплавами ZnПК, ZnAlПК, AlZnПК и AlПК.

Предполагается выгодный бизнес – с началом реализации продукции в 4 квартале после старта (начала финансирования), достижением планируемой производительности через 1,5–2 года, полной окупаемостью первоначальных затрат через 2,5 года, достижением в 4 году годовой чистой прибыли втрое превышающей первоначальные затраты. Первоначальные затраты на создание такого Участка в условиях Челябинска возможны в размере от 80 до 120 млн. руб.

Перспективно производство труб разного размера с жидкофазными AlZnПК и AlПК [3, 11].

Можно наносить ПК на исходные трубы – бесшовные и уже сваренные. Для этого возможны разные конструкции линий ПК – с продольной механизированной (и автоматизированной) проводкой труб или с перемещением труб (или, даже, пакетов труб) грузоподъёмными устройствами и погружением их в горизонтальные или вертикальные печи – ванны. Нанесение ПК целесообразно на трубы малых диаметров (8–30мм) и самых разных диаметров и форм небольшой длины, изогнутых труб и трубных изделий.

Но выгоднее (ниже себестоимость на 20–30% и меньшие первоначальные затраты на 30–40%) производить трубы с ПК по схеме «нанесение специального ПК (с продольным утолщением вдоль кромок) на ленту → сварка из неё труб на трубоэлектросварочных (радиочастотных) станах».

Возможен выпуск прямошовных труб $\varnothing 20\text{--}600\text{ мм}$ и спиральношовных $\varnothing 600\text{--}900\text{ мм}$. Можно делать утолщения ПК 4 большей толщины и массы и размазывать их (в процессе сварки труб), перекрывая зону L.

Трубы с AlZnПК можно применять без дополнительных ПК и с полимерными или лакокрасочными ПК наружной поверхности. И с гладкостными оксидными ПК внутренней поверхности.

Важно, что трубы с ПК при сварке из ленты со специальным ПК можно выпускать в бунтах – трубы $\varnothing 20\text{--}114\text{ мм}$ при длине бунта 300–600 м и более, трубы $\varnothing 300\text{--}600\text{ мм}$ – при малой длине бунтов. И у бунтов труб с AlZnПК и AlПК большие перспективы, т.к. они могут использоваться с периодическим свёртыванием и развёртыванием (и неоднократно) – ведь им не страшны отдельные небольшие разрушения ПК. Они пригодны для временных (и долговременных) трубопроводов.

Благодаря стойкости к эрозии AlZnПК и AlПК, заманчиво применение бунтов труб для продуктопроводов. (зерна, пшеницы, глины, разных порошков и твёрдо-жидких смесей) и транспорта земли при рытье траншей и котлованов.

Благодаря предохранительным шайбам уплотнительные прокладки равномерно перемещаются до упора и раздавливаются [12]. За счёт этого достигается уплотнение, обеспечивающее надёжную работу трубопровода при рабочих давлениях транспортируемой среды до 4 МПа (40 ати) и более. Уплотняющие прокладки можно применять из разных материалов. Для агрессивных сред лучше из фторопласта.

Такие соединения пригодны и для более высоких рабочих давлений, т.к. при гидравлических испытаниях трубы начинали выходить из соединений при давлении $>12\text{ МПа}$. Их легко изготавливать из стандартных труб и они пригодны для труб с разными стенками (не только тонкостенных) для соединений без резьбы на трубах и без сварки. Есть большие резервы повышения прочности соединений – путём установки с каждой стороны по две группы «ограничительное кольцо + кольцевая уплотнительная прокладка».

Имеется возможность применять бунты труб с ПК и разъёмными муфтовыми соединениями для колтюбинговых технологий. Может оказаться целесообразным применение бунтов труб с приварными утолщёнными муфтовыми соединениями для работы при давлениях до 10 МПа. Есть возможность использова-

ния трубопроводов и колонн труб с ПК большой длины, собранных из бунтов труб длиной 300–600м.

Важно, что в сварных трубах с ПК зона термического воздействия L будет долго защищаться в разных средах.

При радиочастотной сварке труб ширина зоны L зависит от толщины стенки. $L = 6\text{--}8\text{ мм}$ при толщине стенки до 3–4 мм. При утолщениях ПК с двух сторон можно защищать зону L шириной до 20–25 мм длительное время. Т.е. можно сваривать по этой схеме трубы со стенками 8–10 мм и более.

По прогнозам МИСИС можно рассчитывать на длительность службы труб с AlZnПК, изготовленных по такой схеме, в течение 25–30 лет и более в агрессивной жёсткой воде и в других средах. И ведь при стенках большой толщины можно размазывать утолщения ПК в процессе сварки, перекрывая зону L.

В лабораторных условиях мы покрыли сплавом «гальвалюм» (с 55% Al) более 30000 пог.м. электросварных труб $\varnothing 10 \times 1\text{ мм}$ и $16 \times 1\text{ мм}$ длиной по 4,2 м и получили хорошее качество (с полным перекрытием грата). Эти трубы – с внутренним гратом – очень трудный объект для нанесения ПК. Поэтому,

мы считаем доказанным, что ПК разной продукции можно уже внедрять в промышленном масштабе.

Была получена поддержка наших решений Академией коммунального хозяйства и Минстроем России.

Нет сомнений в том, что по технике нанесения AlZnПК на самые разные изделия нет технического риска.

Но сейчас для производства труб и бунтов труб с двухсторонним ПК в массовом масштабе нужно организовать производство ленты со специальным ПК. Из полосы с ПК пока нигде не применяют в мировой практике трубы для жидких и обводнённых сред из-за проблемы защиты сварного шва.

Производство полосы и ленты с ПК с последующим нанесением вдоль кромок защитных утолщений – дорого. И такие решения не нашли применения. Можно организовать производство полосы с продольными утолщениями ПК, чтобы получать ленту с ПК для сварки труб. Можно регулировать расположение утолщений ПК с учётом сортамента свариваемых труб. Но сейчас для производства электросварных труб с двухсторонним жидкофазным ПК (и бунтов труб) нужно и выгодно организовать производство ленты задавае-

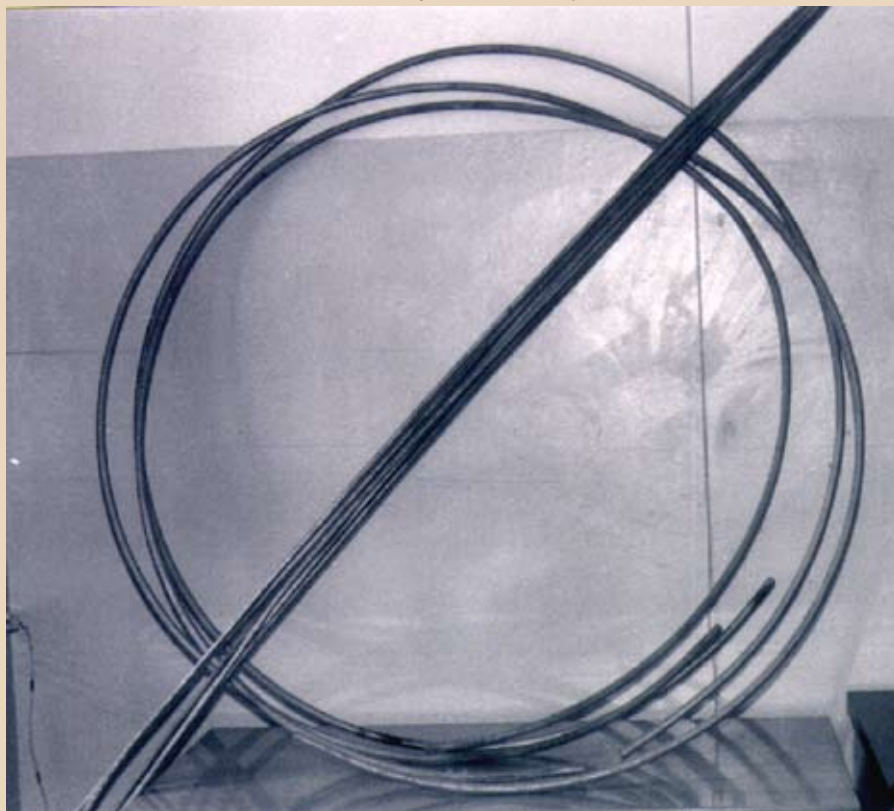


Рис. 5. Прямые трубы длиной 4,2 м после химической подготовки пропускали с помощью роликовых провадок через полукруглую печь – ванну с расплавом металла ПК. Потом эти трубы выпрямляли. Трубы $\varnothing 16 \times 1\text{ мм}$ волочили до $\varnothing 12 \times 1\text{ мм}$.

Проведены исследования для получения гигиенического сертификата на применение труб и оборудования с AlZnПК для воды питьевого качества (в т.ч. горячей), для испытаний, отработки ряда конструкции, оформления документации.

ПОКРЫТИЯ

мой ширины со специальным ПК.

Применяют стальные листы и полосу с AlZnПК «гальвалюм» для многих отраслей и целей. Используют возможности этого ПК выдерживать деформацию без разрушений и хорошую адгезию лакокрасочных материалов. «Гальвалюм» применяют как декоративное ПК и как подслои под лакокрасочное ПК. Из полосы с ПК «гальвалюм» изготавливают изоляционные кожухи для труб и котлов центрального отопления, дымоходы, вентиляционные трубы, отливы, дренажные трубы и др. Но трубы с жидкофазными ПК (на основе цинка, алюминия и их сплавов) для транспортировки водных, обводнённых и жидких сред практически в мировой практике не изготавливают из полосы с ПК.

Сейчас можно решать проблемы защиты самых разных ёмкостей – от крупногабаритных нефте- и водохранилищ до цистерн и малых баков (для горючего, мусора и др.) с повышением долговечности и облегчением ремонтов при существенном снижении затрат благодаря новому подходу с использованием для сварки заготовок с жидкофазными AlZnПК и протекторных ленточных накладок [14]. Предложено сваривать ёмкости и изготавливать их составные части из стальных заготовок с двухсторонними AlZnПК уже термообработанных (в процессе нанесения ПК) с подготовленными кромками с перекрытием сварных швов и отдельных зон протекторными накладками. Сам факт нанесения ПК в заводских условиях (а не после сварки по месту расположения ёмкости) обеспечивает высокое качество защиты.

Перспективно применение конструкций по схеме: «изготовление сварных заготовок → нанесение предлагаемых ПК на них в заводских условиях сварка конструкций по месту монтажа → перекрытие зон сварки протекторными накладками → нанесение лакокрасочных ПК».

Т.о. ясна целесообразность применения AlZnПК и AlПК для совершенствования, улучшения и удешевления многих конструкций, аппаратуры, изделий и разных заготовок во многих отраслях и регионах. Сейчас очень важно объединить усилия специалистов по нанесению разных типов ПК, по прочности, по изготовлению исходных материалов и по обслуживанию конструкций и оборудования для использования многих новых возможностей при применении жидкофазных металлических ПК.

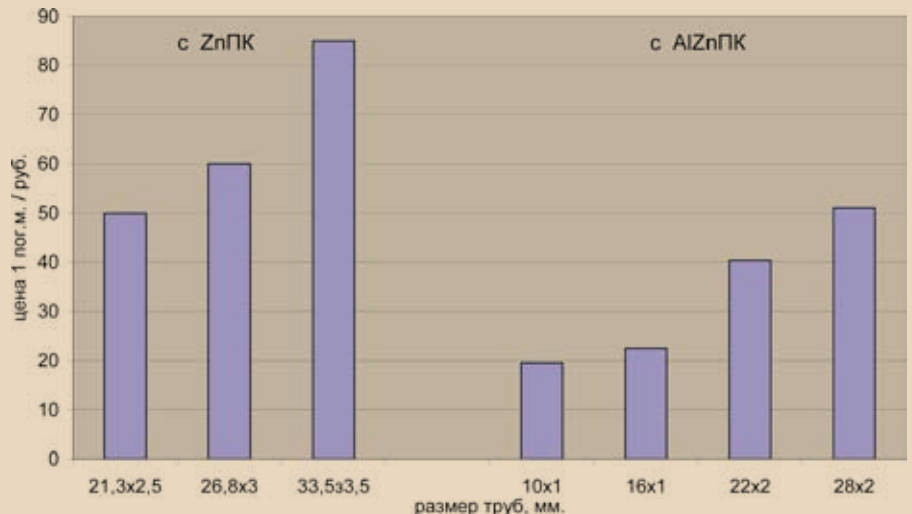


Рис. 6. Выгодна замена при внутриквартирных разводках труб $\varnothing 21,3-33,5$ мм с ZnПК мало металлоёмкими трубами $\varnothing 10-30$ мм с AlZnПК, которые обеспечат длительную защиту при значительно меньшей себестоимости.

Почти во всём цивилизованном мире давно ушли от оцинкованных труб для этого.

Следует учесть, что применение полимерных труб или стальных с полимерными ПК для питьевой воды (особенно, горячей) опасно для потомства и дорого. Применение медных, латунных и из нержавеющей сталей труб – дорого. Выгоднее конкурентно – способные тонкостенные трубы с AlZnПК и с муфтовыми соединениями.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Я.Н. Липкин, Ю.Я. Андреев. О новых возможностях защиты углеродистых и низколегированных сталей протекторными покрытиями и контактными накладками, Ж-л «Практика противокоррозионной защиты», М., «КАРТЭК», 1999, № 4 (14), стр.35 - 44.
- [2] Я.Н. Липкин, М.А. Гусева. Патент РФ № 2110601, 6 С 23 С 2/02 «Способ изготовления стальных электросварных труб и изделий с металлическим покрытием».
- [3] Я.Н. Липкин. Новые возможности при применении горячих металлических покрытий. Ж-л. «Практика противокоррозионной защиты», М., «КАРТЭК», 2005, №3 (37), 29 – 37.
- [4] Я.Н. Липкин, Ю.Я. Андреев, С.В. Самаричев. Патент РФ № 2085608, 6 С 22 С 21/10 и F 16 L 58/04 «Протекторное противокоррозионное покрытие».
- [5] Я.Н. Липкин, Ю.Я. Андреев, С.В. Самаричев. Патент РФ № 2099436, 6 С 22 С 21/10 «Протекторный сплав и способ его получения».
- [6] С.В. Самаричев. «Изучение селективной коррозии сплавов CuZn и ZnAl с целью прогнозирования их коррозионной стойкости». Диссертация на ктн. М., 1993 г.
- [7] Н.А. Поздеева. «Изучение коррозионно-электрохимического поведения алюминия, легированного цинком и оловом, для использования в качестве протектора стали». Диссертация на ктн. М., 2000.

[8] Yu.Ya. Andreev, A.V. Goncharov. Thermodynamic calculation and experimental investigation of the surface enrichment of electrochemically activated Al-Me (Sn, In, Zn) alloys. *Electrochimica Acta* 50 (2005) 2629-2637.

[9] А.В. Гончаров. «Изучение электрохимической активации алюминия малыми добавками олова в бесхлоридном растворе для использования в анодном протекторе». Диссертация на ктн. М., 2006.

[10] Я.Н. Липкин, Н.Я. Газизова. Патент РФ на полезную модель № 65893 «Устройство для протекторной защиты». Приоритет от 16.04.2007. МПК C23F13/00.

[11] Я.Н. Липкин, Н.Я. Газизова. Патент РФ на полезную модель «Труба с защитным покрытием» № 68000. Приоритет – 28.05.2007. МПК C23F13/00.

[12] В.И. Пятков, Я.Н. Липкин. Патент РФ № 2099625, 6 F 16 L 49/00 «Разъёмное устройство для соединения тонкостенных труб».

[13] Я.Н. Липкин, Н.Я. Газизова. Патент РФ на полезную модель. № 40091, «Разъёмное устройство для соединения труб». Приоритет – 29.03.04. МПК F16L17/00, 49/00.

[14] Я.Н. Липкин, Н.Я. Газизова. Решение о выдаче Патента на полезную модель «Ёмкость для коррозионноактивных сред» от 23.11.2007. Приоритет – 8.10.2007. Заявка № 2007137209/23.