



АГРИСОВГАЗ

ГОРЯЧЕЕ ЦИНКОВАНИЕ

рекомендации пользователям
услуг горячего цинкования





АГРИСОВГАЗ

ГОРЯЧЕЕ ЦИНКОВАНИЕ

рекомендации пользователям
горячего цинкования ООО «АГРИСОВГАЗ»



СОДЕРЖАНИЕ

ООО «АГРИСОВГАЗ»	
ЗАВОДЫ ГОРЯЧЕГО ЦИНКОВАНИЯ В РОССИИ	5
ГОРЯЧЕЕ ЦИНКОВАНИЕ	
НАИБОЛЕЕ ЭКОНОМИЧНАЯ ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ	6
КАК ЦИНК ЗАЩИЩАЕТ СТАЛЬ	8
ТЕХНОЛОГИЯ ГОРЯЧЕГО ЦИНКОВАНИЯ	11
ЦИНКОВАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ООО «АГРИСОВГАЗ»	12
ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИЯМ ИЗДЕЛИЙ, ПОДГОТОВЛЕННЫХ К ГОРЯЧЕМУ ЦИНКОВАНИЮ	13
ПЕРИЛЬНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ (ЗАБОРЫ)	14
КОЛОННЫ	16
ФЕРМЫ	17
ТЯГИ	18
ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ОПОРЫ	18
РЕЗЕРВУАРЫ	19
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ПРОЧЕГО НАЗНАЧЕНИЯ	20
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИЯМ	21
ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ	25
ВЫБОР ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ	26
ДЕФЕКТЫ ПОКРЫТИЯ И ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ	27
НЕПРОЦИНКОВКА	27
ПОВОДКА	28
ПОТЕКИ ЦИНКА	30
ПОТЕКИ РЖАВЧИНЫ	30
ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГОРЯЧЕОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ	31



ЗАВОД №3

размеры ванн:
длина – 13м
ширина – 1,8м
глубина – 3,2м

ЗАВОД №1

размеры ванн:
длина – 13м
ширина – 1,3м
глубина – 3м

ЗАВОД №2

размеры ванн:
длина – 9м
ширина – 1,8м
глубина – 3,2м



Дальневосточный
федеральный округ

ООО «АГРИСОВГАЗ» заводы горячего цинкования в России

Цинковальное производство ООО «АГРИСОВГАЗ» – крупнейшая сеть заводов горячего цинкования в России и странах СНГ с производственными мощностями до 120 000 тонн оцинкованных металлоконструкций в год.

Невозможно представить современную жизнь без цинка. Дом, машина, компьютер и многие другие вещи сделаны с использованием цинка.

Основное применение цинка – защита стали от коррозии. Установлено, что коррозия обходится национальной экономике индустриальных стран примерно в 4% валового внутреннего продукта.

Цинк обеспечивает наиболее эффективный и самый безопасный для окружающей среды метод защиты стали от коррозии.

Горячее цинкование в 3 раза дешевле лакокрасочного покрытия. Продлевая срок службы металла, цинк увеличивает жизненный цикл товаров и капитальных вложений.



ГОРЯЧЕЕ ЦИНКОВАНИЕ наиболее экономичная защита от коррозии

Цель горячего цинкования – защита оборудования и изделий из черных металлов от коррозии на требуемое время их эксплуатации (срок жизни).

Наиболее распространенным видом коррозии черных металлов является окисление (ржавление) с образованием относительно легко отслаиваемых оксидов, в результате чего толщина несущего каркаса изделия становится меньше расчетной. Это часто грозит разрушением всей конструкции, иногда с катастрофическими последствиями (например, обрушение стропильных ферм).

По подсчетам российских ученых, около 10% ежегодного выпуска стали и изготовленных из нее конструкций приходит в негодность в результате коррозии. Ориентировочные потери мировой экономики здесь оцениваются по самым скромным подсчетам в 37 миллиардов долларов в год, а потребности в рабочей силе для осуществления антикоррозионной защиты – в 1 млн. человек. Приведенные примеры показывают, что защита от коррозии является первоочередной задачей мирового значения.

Защитные покрытия существенно продлевают срок жизни изделия. Относительно небольшие затраты по нанесению покрытия позволяют экономить на приобретении (создании) новой конструкции, которое было бы неизбежным при отсутствии антикоррозионной защиты.

На сегодняшний день самыми распространенными методами антикоррозионной защиты являются окрашивание и горячее цинкование.

Практика горячего цинкования насчитывает более 250 лет. В 1742 г. француз Малуэн впервые погрузил в цинковый расплав стальные предметы, и они покрылись слоем цинка. Промышленное применение этот способ получил после 1836 г., когда англичанин Сорель ввел удешевленный метод травления изделий. С тех пор горячее цинкование стало признанным международным стандартом в области антикоррозионной защиты черных металлов благодаря своей надежности и сравнительной дешевизне.

Обычный срок службы таких изделий составляет 25-30 лет. Для сравнения отметим, что столь распространенная сегодня лакокрасочная защита требует возобновления как минимум раз в 3-7 лет и значительных затрат людских и материальных ресурсов. Именно поэтому цинковые покрытия нашли широкое применение в областях, где требуется надежность и долговечность металлоконструкций (изменчивые климатические условия, труднодоступные районы, промышленная атмосфера, агрессивные среды).

Горячее цинкование отлично зарекомендовало себя в строительстве и энергетике, транспортной инфраструктуре и химической промышленности, городском и сельском хозяйстве.

Что касается стоимости покрытия, то и здесь горячее цинкование оказывается вне конкуренции. Этот вывод наглядно иллюстрируют расчеты немецких специалистов, приведенные в таблице 1.

Практика показывает, что за время жизни изделия, оцинкованного горячим способом, изделия из черных металлов необходимо повторно окрашивать не менее 3 раз, что в промышленных условиях чревато многими дополнительными затратами, включая даже временную остановку производства. Таким образом, несмотря на то, что цинковое покрытие изначально является более дорогим, чем лакокрасочное, в расчете на длительность жизни изделия в 25-30 лет оно оказывается в несколько раз более дешевым, так как не требует ремонта и наблюдения, в то время как лакокрасочное покрытие требует постоянной инспекции и периодического ремонта. Именно поэтому горячее цинкование давно уже считается наиболее эффективным способом защиты изделий от коррозии. Только в Западной Европе в настоящее время имеется около 800 заводов, осуществляющих горячее цинкование методом погружения. Для защиты изготовленных стальных конструкций и изделий там ежегодно расходуется более 600 тыс. тонн металлического цинка, еще столько же тратится на цинкование стального листа и проволоки.

Таблица 1

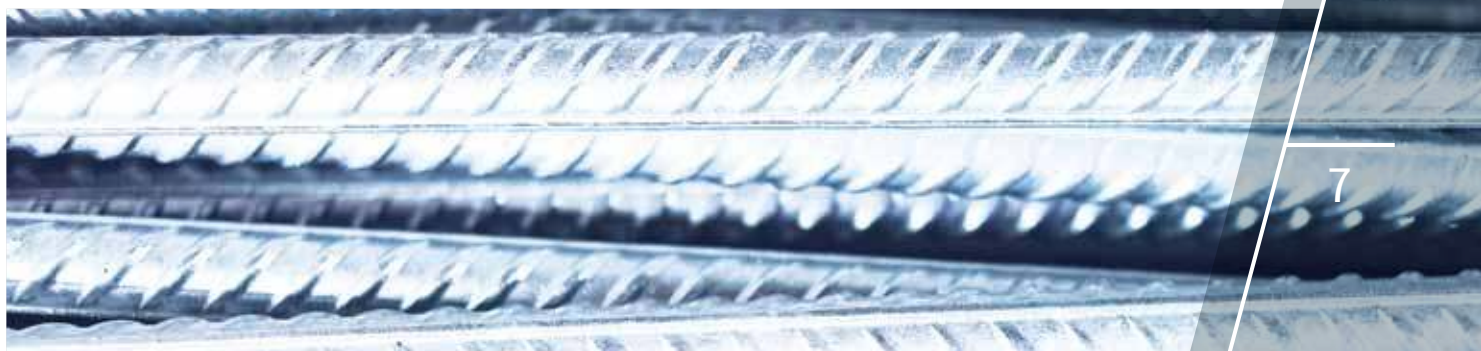
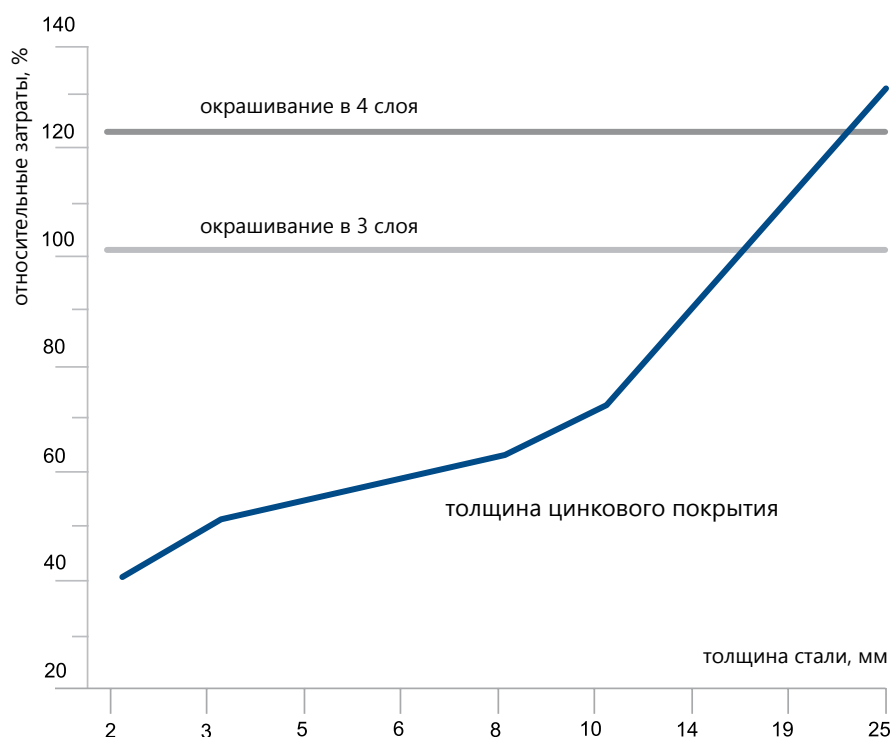
Сравнительные показатели стоимости и работоспособности
горячеоцинкованной стали с другими способами защиты
(себестоимость покрытия методом горячего цинкования принята за 100%).

Способ защиты	Средний срок службы до покраски, годы	Себестоимость, %	Расходы после 25 лет эксплуатации, включая уход, %
Горячее цинкование	25	100	уход не требуется
Дробеметная очистка, окраска в 3 слоя	12	75	150
Дробеструйная очистка вручную, окраска в 3 слоя	12	120	195
Травление и окраска в 3 слоя	10	85	200
Очистка металлической щеткой, окраска в 3 слоя	8	75	230
то же и окраска в 2 слоя	5	55	280

Как видно из рисунка 1 толщина цинкового покрытия возрастает с увеличением толщины цинкуемого металла. При этом стоимость цинкового покрытия оказывается существенно ниже стоимости лакокрасочной защиты, нанесённой в три слоя.

здесь простое: высокая механизация процесса горячего цинкования позволяет значительно сократить трудовые затраты по сравнению с процессом окрашивания.

Рисунок 1





КАК ЦИНК ЗАЩИЩАЕТ СТАЛЬ

Горячее цинкование – уникальная защита стальной поверхности от коррозии. Её особенность заключается в том, что она сочетает в себе два основных метода защиты металла от коррозии – катодную защиту в качестве первого слоя цинкового покрытия и изолирующую защиту в качестве последующих слоёв.

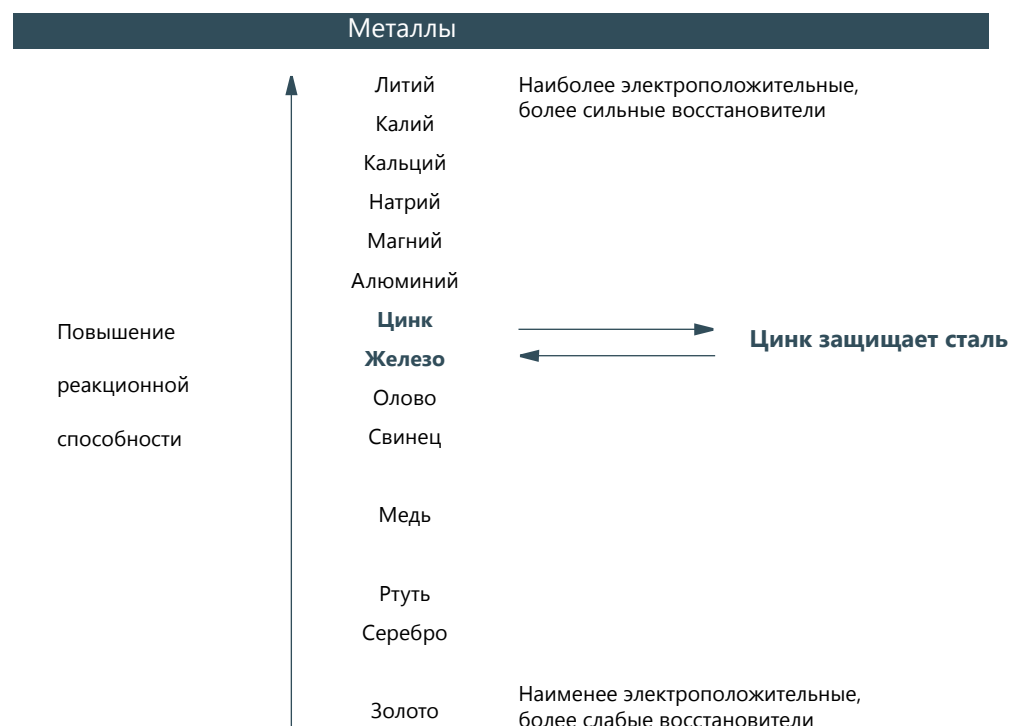
Если рассмотреть электрохимический ряд напряжений металлов (рис. 2), то мы увидим, что Zn является более активным металлом, чем Fe. Поэтому если соединить между собой цинк и железо, то в образовавшейся гальванической паре, цинк будет являться

жертвенным анодом, отдавая свои электроны в пользу железа, и тем самым защищая от коррозии основной металл. Цинковое покрытие активно защищает основной металл изделия, принося себя в жертву, но при этом оно само покрывается тонким слоем собственного защитного покрытия, образующегося из солей и оксидов цинка. Этот слой надёжно защищает цинковое покрытие от влияния атмосферных воздействий, тем самым обеспечивая долговечную и надёжную работу цинкового покрытия в целом.

Рисунок 2

Положение Zn

в электрохимическом ряду напряжений металлов.



Как видно из рисунка 3 микроструктура цинкового покрытия состоит из четырёх разных по твёрдости слоёв. Железо – цинковые слои.

Гамма, Дельта и Зета прочнее, чем сталь изделия, что даёт цинковому покрытию хорошую способность противостоять механическим повреждениям.

Внешний слой Эта, состоящий почти из чистого цинка, мягче чем сталь основы и тем самым даёт покрытию способность к ударопрочности. Таким образом, цинковое покрытие в целом обладает устойчивостью к повреждениям при эксплуатации изделия.

Рисунок 3

Микроструктура цинкового покрытия.

Различия твёрдости основного металла и слоёв цинкового покрытия.

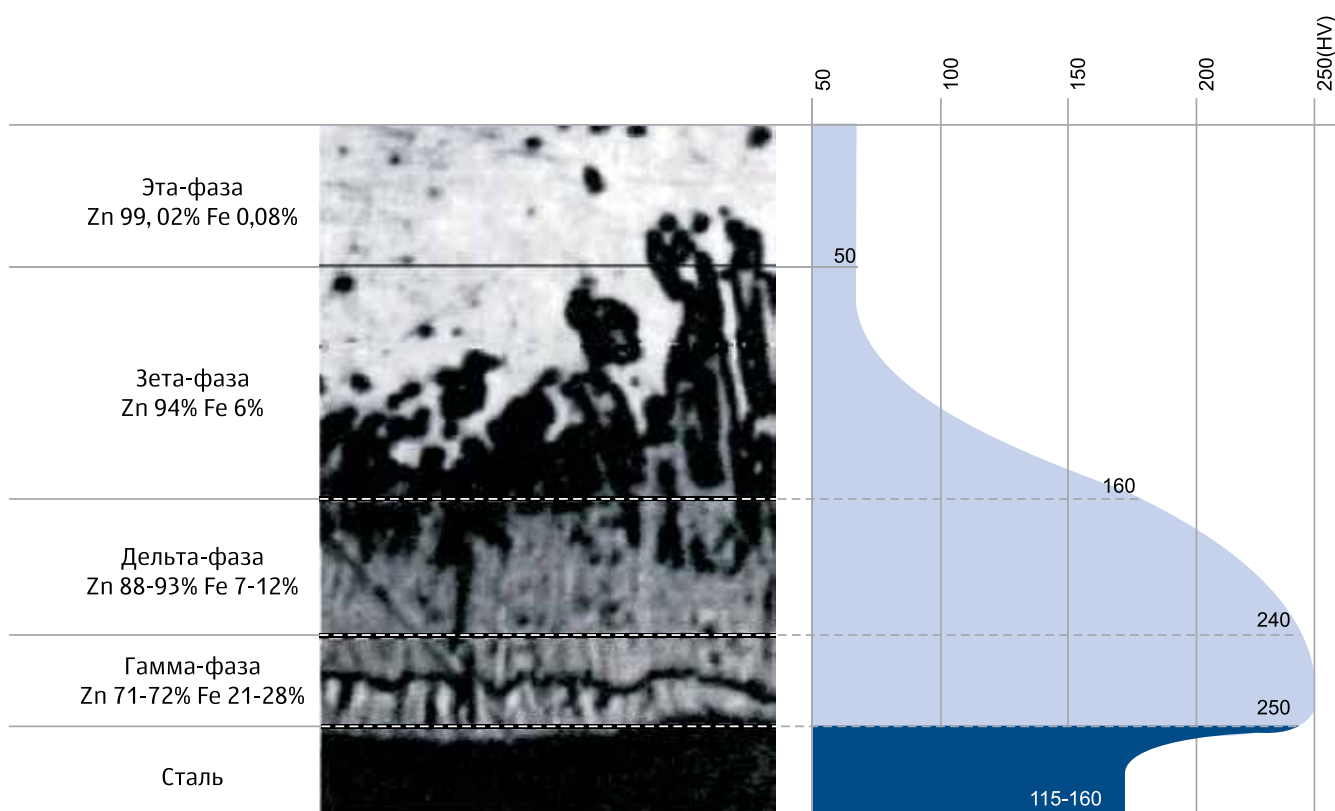




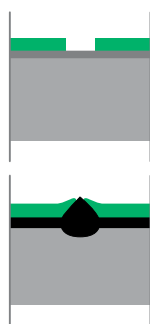
Рисунок 4

Сравнительная характеристика повреждений, возникающих при различных видах антикоррозионных защитных покрытий



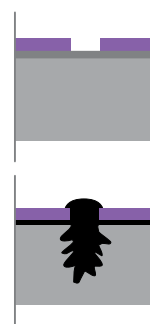
Покрытие, сформированное горячим цинкованием.

Сталь защищена потому, что она является катодом по отношению к цинку. Формируется гальванический элемент. Цинк, который окружает место повреждения, корродирует, продукты окисления скапливаются на поверхности стали и защищают её.



Покрытие, полученное окрашиванием.

Сталь ржавеет при повреждении слоя краски. Ржавчина проникает под краску, покрывающую сталь. Коррозия продолжается после восстановления повреждённого покрытия.



Покрытие металлами, электроположительными по отношению к стали.

На повреждённых местах при никелировании, хромировании и меднении развивается более быстрая коррозия, чем на стали. Коррозия часто возникает в виде эрозии, которая может проникнуть и в стальную основу.

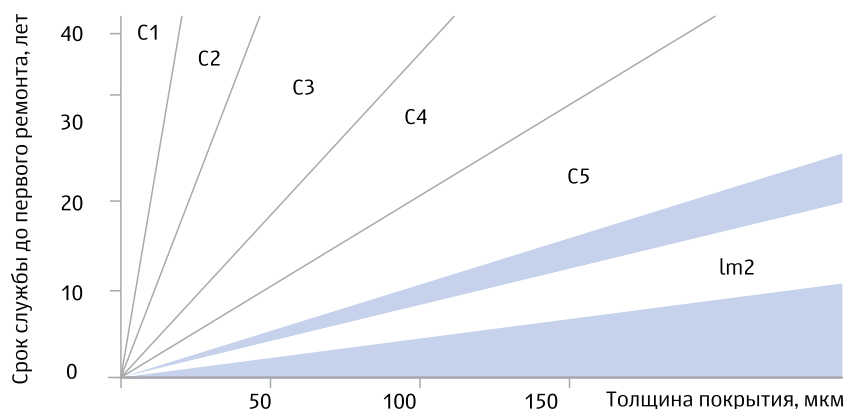
При выборе антикоррозионной защиты основное внимание уделяется скорости разрушения покрытия и необходимости его возобновления (рис. 4). Этот показатель для цинка составляет 0,5-6 мкм/год в зависимости от условий эксплуатации. Как показывает опыт, горячеоцинкованная сталь может служить до 50 лет без видимых коррозионных повреждений и возобновления цинкового покрытия.

Предполагаемое время жизни оцинкованного изделия с толщиной покрытия 100 мкм в сельской местности составляет около 100 лет, в приморском климате и промышленных районах 40-50 лет, в индустриально-промышленных районах с морским климатом порядка 25 лет (рис. 5).

Рисунок 5

Предположения по времени службы оцинкованных изделий в зависимости от толщины покрытия для различных категорий агрессивности окружающей среды (по ИСО 9223):

C1 – очень слабая; C2 – слабая;
C3 – умеренная; C4 – суровая;
C5 – очень суровая;
Im2 – морская вода в районах с умеренным климатом.



ТЕХНОЛОГИЯ ГОРЯЧЕГО ЦИНКОВАНИЯ

Метод горячего цинкования основан на погружении металлоконструкций в ванну с цинком, расплавленным до температуры около 450°C. В результате на поверхности металла образуется покрытие в виде четырехслойного железо-цинкового сплава, обладающего уникальными антикоррозионными свойствами. Наружной поверхностью оцинкованного изделия является слой практически чистого цинка (99,9%).

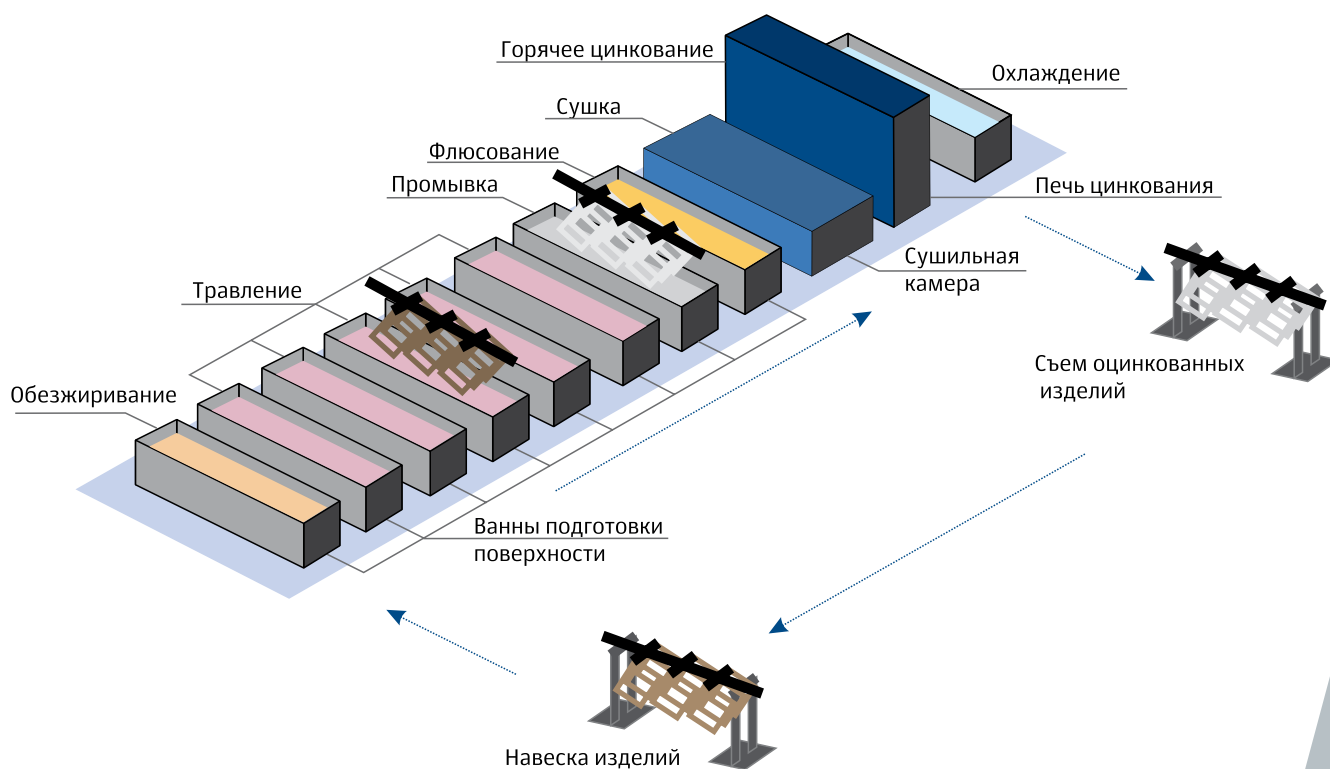
Для того, чтобы получить качественное и сплошное цинковое покрытие, отвечающее существующим нормам и стандартам, необходимо произвести тщатель-

ную подготовку поверхности цинкуемого металла. Для этой цели на современных заводах горячего цинкования используют, как правило, линии химической подготовки поверхности, состоящие из ряда ванн, заполненных определенными химическими растворами, в которые последовательно опускаются металлоконструкции.

На рисунке 6 схематически изображена стандартная линия горячего цинкования, обеспечивающая выполнение следующих основных технологических операций.

Рисунок 6

Технологический цикл цинкования





Навеска металлоизделий на траверсу.

Для этой цели используется проволока различной толщины. Соответственно изделия должны иметь технологические отверстия, которые используются для навешивания.

Обезжиривание. В этом процессе с поверхности металла удаляются различные загрязнения и масляные пленки. Не допускается наличие лакокрасочного покрытия, которое удалить этим методом невозможно.

Кислотное травление. Удаляет с поверхности металла окалину от термообработки и ржавчину. Для металла, имеющего высокую степень ржавления, полная очистка этим методом невозможна.

Промывка. Удаляет с поверхности остатки травильных растворов.

Флюсование. Поверхность металла покрывается водным химическим составом, обеспечивающим возможность получения цинкового покрытия.

Сушка. Металлоконструкция помещается в сушильную камеру, где происходит высушивание флюса и нагрев металла до температуры 120 °С.

Цинкование. Окунание конструкции в расплав цинка. При извлечении конструкции избыток цинка стекает обратно в ванну с расплавом. Для беспрепятственного стока цинка большинство металлоконструкций должны иметь специально подготовленные технологические отверстия. При их отсутствии возможность цинкования исключается.

Охлаждение. Конструкция извлеченная из ванны цинкования имеет температуру близкую 450 °С. Ее охлаждение до температуры окружающей среды происходит либо в ванне с чистой водой, либо на открытом воздухе.

Снятие металлоизделий с траверсы. Оцинкованная продукция снимается с траверсы, если необходимо пакетируется и вывозится на склад.

ЦИНКОВАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ООО «АГРИСОВГАЗ»

Цинковальное производство ООО «АГРИСОВГАЗ» является старейшим в России и в настоящее время содержит три современные линии горячего цинкования, оснащенные высокотехнологичным зарубежным оборудованием. Технологическая линейка горячего цинкования Калужской области представлена двумя агрегатами итальянской фирмы «BISOL»:

- **Линия для цинкования крупногабаритных металлоконструкций длиной до 12,5 метра.** Размеры ванн: длина – 13м; ширина – 1,3м; глубина – 3м. Производительность – 36 000 тонн в год. Линия позволяет цинковать конструкции с габаритными размерами 12,5 x 1,2 x 2,8 м.
- **Линия для цинкования металлоконструкций длиной до 8,8 метра.** Размеры ванн: длина – 9м; ширина – 1,8м; глубина – 3,2м. Производительность до 40 000 тонн в год. Возможно цинкование конструкций с габаритными размерами 8,8 x 1,7 x 3,0 м.

Третий завод горячего цинкования – самый крупный и современный завод горячего цинкования в России, расположен в индустриальном парке «Фёдоровское»

Ленинградской области. Это полностью автоматизированная линия капсульного типа итальянской фирмы «GIMECO»:

- **Линия для цинкования крупногабаритных металлоконструкций длиной до 12,5 метра.** Размеры ванн: длина – 13м, ширина – 1,8м, глубина – 3,2 м. Производительность более 55 000 тонн в год. Линия позволяет цинковать конструкции с габаритными размерами 12,5 x 1,7 x 3,0 м.

Оборудование заводов горячего цинкования позволяет цинковать уникальные конструкции весом до 8 тонн после соответствующей технологической обработки заказа.

Перед погружением изделий в расплав цинка производится тщательная химическая подготовка поверхности металла на оборудовании и по технологии итальянских фирм «BISOL» и «GIMECO», включающей процессы обезжиривания, травления, промывки, флюсования и сушки, что гарантирует высочайшее качество нанесения покрытия.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ к конструкциям изделий, подготовленных к горячему цинкованию

Имеются всего три требования к изделию, подготовленному к горячему цинкованию: оно не должно превышать размеров ванны с расплавом цинка, оно должно быть изготовлено из стали, которая цинкуется и в нем не должно быть ни одной части, куда не мог бы войти расплавленный цинк при погружении изделия в ванну и также легко выйти из него при извлечении изделия из ванны. Первое требование при разработке конструкции изделия обычно учитывается, остальные - далеко не всегда.

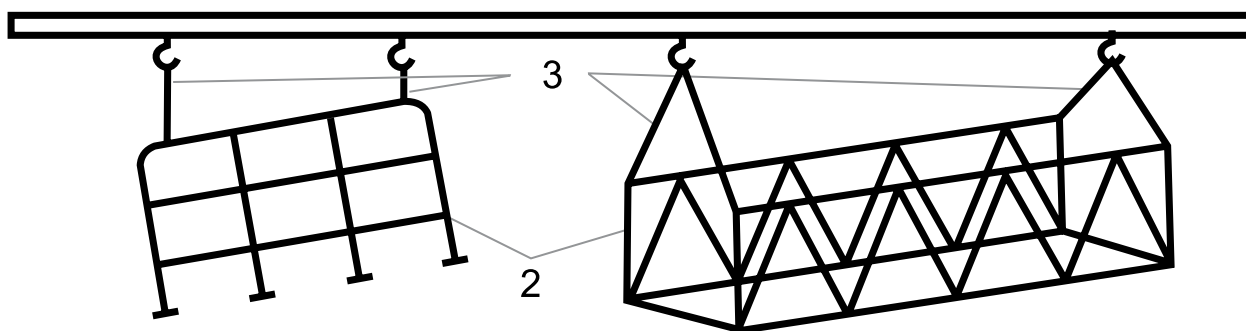
Плотность расплавленного цинка равна $6,8 \text{ кг/дм}^3$, плотность стали $7,85$. Видим, что различия не такие уж большие. Поэтому надо иметь в виду, что наличие даже незначительного газового пузыря в изделии не позволит ему утонуть в ванне и, следовательно, качественно оцинковаться. Поэтому наличие технологических отверстий в цинкуемых изделиях, изготовленных из труб, обязательно.

Крупногабаритные изделия (конструкции) подвешиваются на проволоке и опускаются в ванну под углом для лучшего стекания цинка по поверхности (рис. 7). Именно для этого предусматривают технологические отверстия: в самой верхней точке закрепленного на подвеске изделия (для выхода газов разложения флюса) и в самой нижней точке (для выхода расплавленного цинка), расположенные по диагонали относительно друг друга. Пути стекания цинка по внутренним полостям изделия не должны быть затруднены, т.е. отверстия в местах сочленения деталей между собой должны быть достаточными по размерам. Для уменьшения длины пути выхода цинка рекомендуется делать несколько технологических отверстий. Особое внимание следует обратить на отсутствие карманов или полостей, где мог бы задерживаться цинк при извлечении изделия из расплава.

Рисунок 7

Схема расположения цинкуемых изделий на подвеске:

1 - подвеска; 2 - цинкуемые изделия; 3 - проволоки.



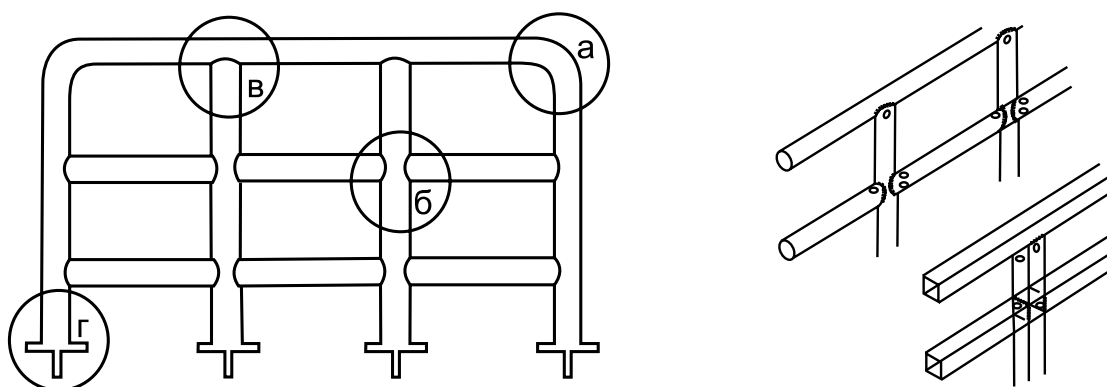
Более подробно данные положения будут рассмотрены на нижеследующих примерах.





ПЕРИЛЬНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ (ЗАБОРЫ)

Рисунок 8 **Типовое ограждение.** Узлы, требующие внимания конструктора. Типичная секция перильного ограждения (забора)



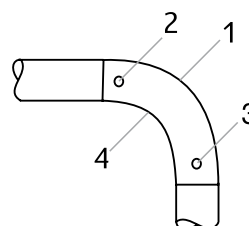
Критичным будет конструкторское решение в узлах, обведенных кружками (рис. 8). Рассмотрим эти узлы подробнее.

УЗЕЛ «а» (рис. 9). Это место, как самая высокая точка изделия, предназначено для выхода газов флюсования. Очевидно, что точка 1 является идеальной с точки зрения удобства выхода газов, но неприемлема с точки зрения возможности бытового травматизма. Точки 2 и 3 допускают слишком большой объем газо-

вого пузыря, остающегося в погруженном изделии, поэтому неприемлемы. Точка 4 является наиболее оптимальной, но и в этом случае газовый пузырь будет еще достаточно большим, поэтому для уничтожения влияния газового пузыря следует иметь небольшое отверстие (диаметром 4-5 мм) в точке 1.

Рисунок 9

Расположение отверстий в узле «а».
для выхода газов разложения флюса



УЗЕЛ «б» (рис. 10). Очевидно, что места соединения горизонтальных труб с вертикальной являются препятствиями для свободного перелива цинка. Могут быть два конструктивных решения:

- в вертикальной трубе перед приваркой к ней горизонтальных труб должно быть создано отверстие, равное сечению горизонтальной трубы (рис. 10а). Если это отверстие меньше, то горизонтальная труба при извлечении изделия захватит значительное количество цинка, что недопустимо;

- на каждой горизонтальной трубе создаются отверстия в местах, указанных на рисунке 10б.

В этом случае каждая труба рассматривается как отдельное изделие, и к нему применяется общее поло-

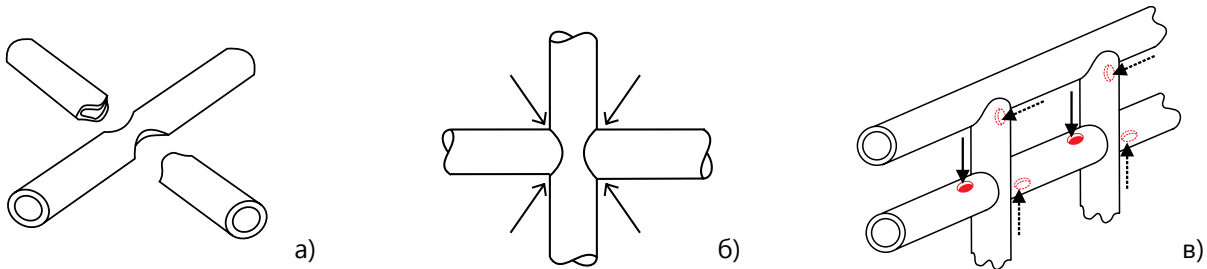
жение о создании по одному отверстию в самой верхней и в самой нижней точке. Это очень неудобный метод, но он часто возникает, когда оказывается, что изделие, подготовленное к использованию в черном виде или к окрашиванию, решено вдруг оцинковать. Допустимо просверливание трубы насквозь, если это не ослабляет конструкцию.

УЗЕЛ «в» (рис. 10). Конструируется аналогично узлу «б», только в данном случае нет ограничений на размер отверстия, оно может быть меньше диаметра вертикальной трубы, поскольку нет опасности задержки цинка в каком-либо заметном количестве.

Рисунок 10

Расположение отверстий при конструировании узла «б».

- а) оптимальное решение (диаметр отверстия равен диаметру трубы);
 б) допустимое решение (в горизонтальных трубах созданы отверстия, местоположение которых указано стрелками);
 в) расположение отверстий - не более чем в 10 мм от сварных швов.

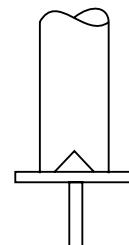


УЗЕЛ «г». Решения беспрепятственного удаления цинка могут быть различными. Наиболее удобным может быть решение, показанное на рисунке 11, хотя может быть просверлено отверстие в опорной пластине. Вид технического решения влияет на последующую судьбу изделия — в первом случае внутренняя поверхность изделия будет всегда сухой, что важно при эксплуатации изделия; во втором случае скапливающаяся в углублении вода будет способствовать коррозии.

Из рассмотренного выше очевидно, что у представленного на рисунке 8 изделия должно быть четыре технологических отверстия для слива цинка и, как минимум, одно для выхода газов разложения флюса, если используются сочленения между трубами, как показано на рисунке 10а. Количество технологических отверстий будет значительно больше, если применяются решения, показанные на рисунке 10б.

Рисунок 11

Конструктивное решение узла «г».





КОЛОННЫ

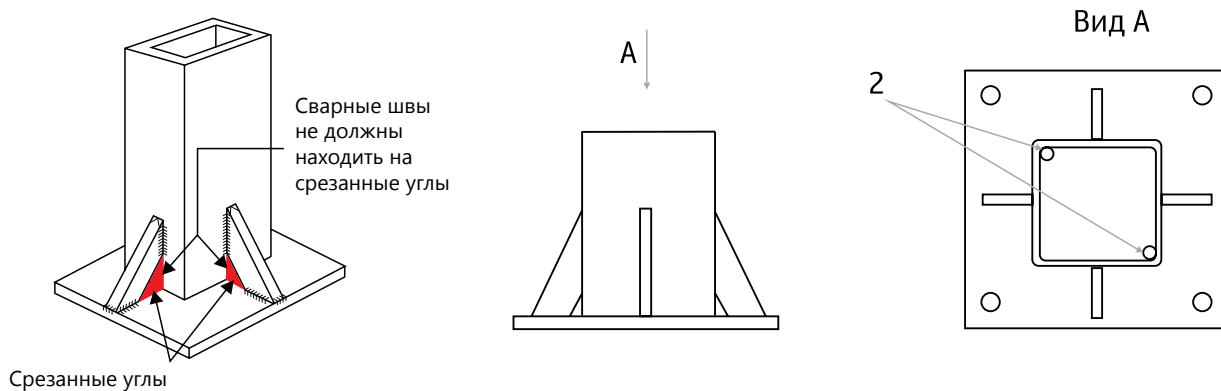
Рассмотрим теперь проблему конструирования изделий типа колонн. Как правило, эти изделия достаточно велики по размерам, и их цинкуют, располагая по длине ванны. Их базы обычно выглядят следующим образом (рис. 12). **Внимание, у ребер срезан прямой угол.** Делается это потому, что

в углах, образуемых тремя плоскостями (если нет технологического отверстия, расположенного близко к углу) будет участок, где флюс испарится раньше, чем туда попадет цинк, и эта область будет оцинкована неудовлетворительно.

Рисунок 12

Правила конструирования баз колонн:

- 1) обязательное удаление металла на прямом угле ребер;
- 2) отверстия для слива цинка в основании обязательно располагаются как можно ближе к стенке на линии, соединяющей отверстия для крепежных болтов.



Следует повторно напомнить о необходимости создания отверстий для беспрепятственного слива цинка. Оптимальным решением в данном случае можно считать наличие в опорной плите, как минимум, двух отверстий, расположенных по диа-

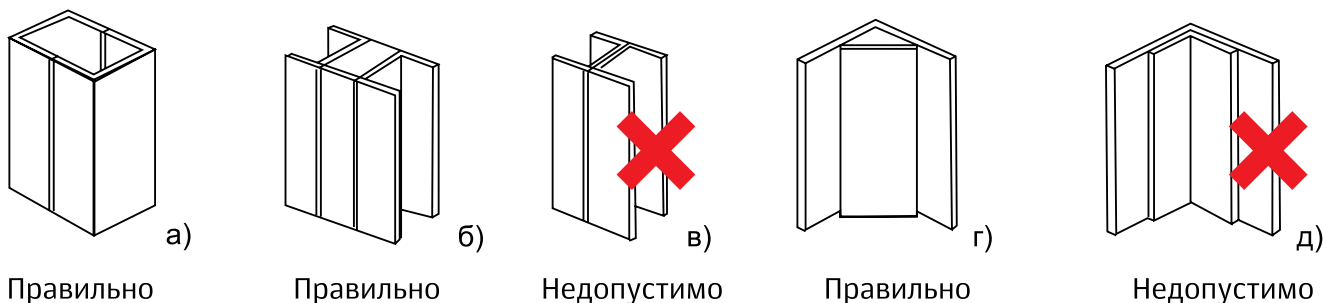
гонали между отверстиями для анкерных болтов, как можно ближе к стенке привариваемой к основанию трубы. В этом случае оцинковщику не надо думать о том, как навешивать конструкцию, чтобы не допустить избыточного захвата цинка изделием.

При проектировании составных сечений стоек необходимо учитывать ряд особенностей. Эти особенности иллюстрируются рисунками 13а-д. Вся сварка должна проводиться непрерывным швом. После сварки необходимо удаление сварочного флюса и зачистка швов.

Практика показывает, что при использовании решетчатых (типа 13в или 13д) в пространстве между сваренными плоскостями очень часто развиваются интенсивные процессы коррозии.

Рисунок 13

Правильные (а, б, г) и неправильные (в, д) способы усиления стоек.



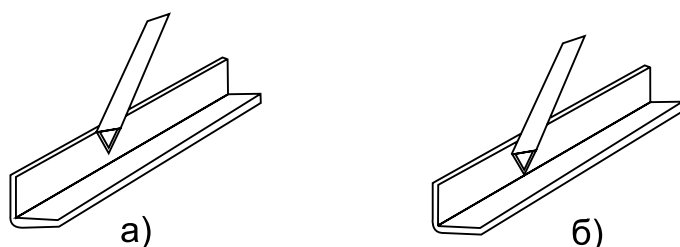
ФЕРМЫ

При изготовлении ферм из открытых профилей (уголки, швеллеры, двутавры) необходимо учитывать требования, показанные на рисунке 14 – приваривать

элементы решетки к поясам фермы необходимо с некоторым зазором, чтобы не было препятствий стеканию цинка по плоскости пояса.

Рисунок 14

Правильная (а) и неправильная (б) приварка элементов решетки.

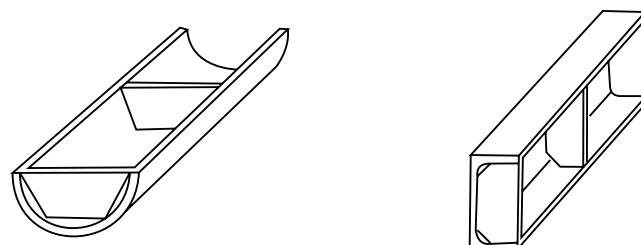


Часто в металлоконструкциях ставятся усиливающие ребра. Их конструкцию необходимо предусматривать

такой, чтобы при извлечении изделия из ванны они не препятствовали стеканию цинка (рис. 15).

Рисунок 15

Ребра жесткости в конструкциях.





ТЯГИ

Их обычно изготавливают путем расплющивания концов труб, вставки крепежной части и обварки. В тягах, подготавливаемых для горячего цинкования, размер трубы в расплющенной части должен превышать ширину крепежной части, как минимум на 1,5-2 см, чтобы после обварки с каждой стороны тяги были отверстия, что видно из рисунка 16 а. На рисунке 16 б

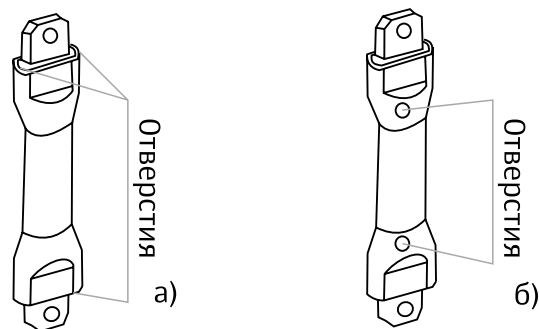
дано другое решение проблемы, а именно, в самой нижней и самой верхней точке тяги сверлится по отверстию.

При использовании второго решения необходимо обязательно учитывать возможность ослабления конструкции и концентрации напряжений вблизи создаваемых отверстий.

Рисунок 16

Способы создания технологических отверстий при цинковании тяг:

- а) оптимальное решение
- б) допустимое решение.



ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ОПОРЫ

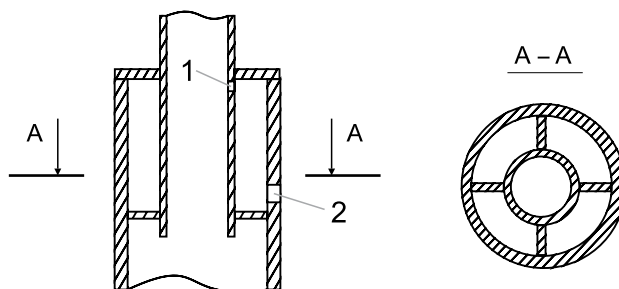
Данная продукция изготавливается из труб различных диаметров (двух или более). Узел соединения труб изображен на рисунке 17. Для соединения труб между собой часто используют два кольца - одно (распорное) с внешним диаметром, равным внутреннему диаметру большей трубы, другое - с внешним диаметром, равным внешнему диаметру большой трубы, а внутренние диаметры колец равны наружному диаметру меньшей трубы. После сборки и сварки между трубами образуется замкнутый (или закрытый

с одного конца) объем, который необходимо снабдить технологическими отверстиями в точках 1 и 2. Отверстия 2 можно избежать, если использовать не распорное кольцо, а, например, четыре ребра, как показано на другой проекции этого рисунка.

В изделии, подготовленном для горячего цинкования в точке соединения труб разного диаметра должна быть технологическая петля, за которую также производят подвешивание; в противном случае возможна деформация изделия.

Рисунок 17

Способ соединения труб различного диаметра в столбах электроосвещения.



РЕЗЕРВУАРЫ

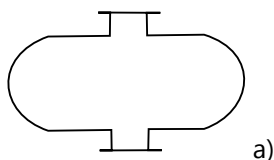
При цинковании резервуаров (рис. 18) необходимо, чтобы сливные штуцера находились на плоскости погружения и чтобы размеры резервуара при таком их расположении не превышали ширины ванны и при

этом не образовывалось воздушного пузыря. Как правило, резервуары общепринятой конструкции этим требованиям не соответствуют (рис. 18 а).

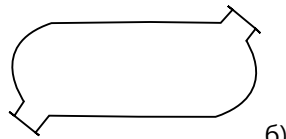
Рисунок 18

Возможность цинкования резервуаров:

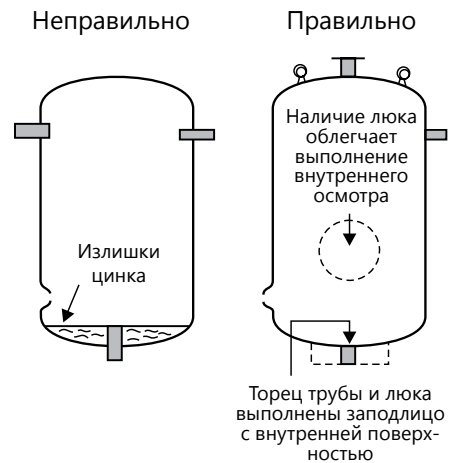
- а) обычное расположение штуцеров: цинкование невозможно;
- б) оптимальное расположение штуцеров: цинкование возможно.



а)



б)



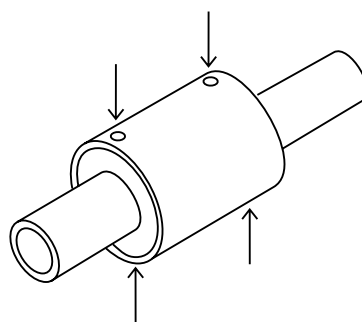
К резервуарам можно отнести и изделия, аналогичные изображенным на (рис. 19). Пространство между двумя трубами разного диаметра необходимо снабдить отверстиями для выхода цинка и газов разложе-

ния флюса в соответствии с вышеизложенным. Кроме того, необходимо учитывать, чтобы расстояние между стенками труб разного диаметра было не менее 5 мм, чтобы это пространство эффективно процинковалось.

Рисунок 19

Цинкование изделий типа «труба в трубе».

Стрелками указаны места расположения технологических отверстий.





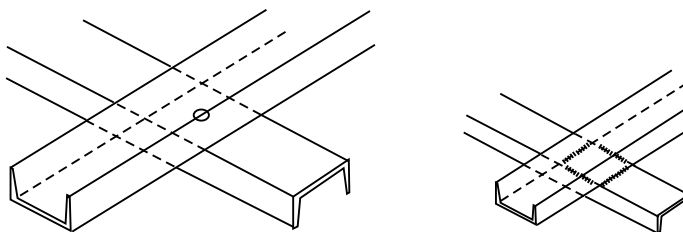
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ПРОЧЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Области в местах перекрытия или соприкосновения частей изделия друг с другом являются потенциально опасными, так как раствор от предварительной обработки может скапливаться между поверхностями перекрытия.

В ванне цинкования из остаточного («захваченного») раствора может образоваться перегретый пар, что

может привести к взрыву. Если не можете избежать соприкасающихся поверхностей, например таких как эти два профиля (рис. 20), то надо быть уверенными, что края обеих поверхностей, которые соприкасаются друг с другом заварены сплошным контуром.

Рисунок 20



Для каждой области, где перекрываются две панели, просверлить отверстие через обе поверхности

минимальным диаметром 10 мм. Таким способом будет предотвращён взрыв в ванне цинкования.

Рисунок 21

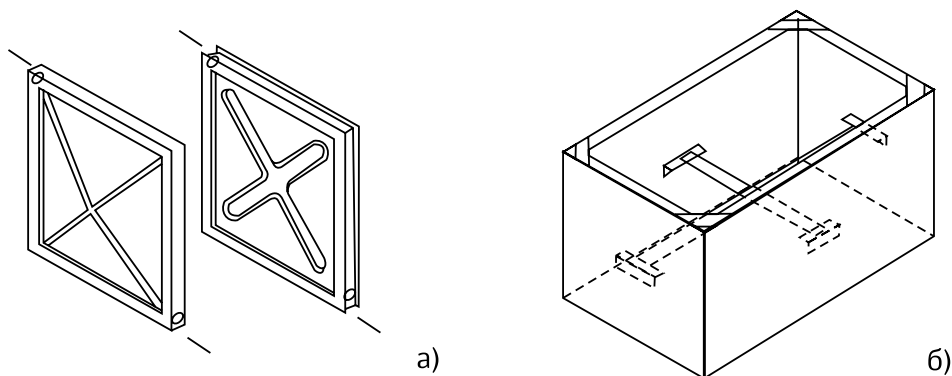


Рисунок 21 а). Чтобы свести риск деформации к минимуму, Вам необходимо на плоских пластинах сделать крестообразный или пирамидообразный отпечаток. Отверстия должны быть просверлены в углах.

Рисунок б). Стенки больших открытых коробкообразных сосудов должны быть друг с другом связаны-уси-

лены. Если стенки загнуты внутрь, углы должны быть открыты. Толщины стенки связи (усилия) или сварных элементов должны быть такими же, как толщина стенки сосуда. Тепловая деформация во время горячего цинкования таких элементов, обычно, очень различается.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИЯМ

1) Диаметры технологических отверстий не должны быть менее 10 мм. Реальные диаметры выбирают из практики, а именно, площадь технологического отверстия у конструкций из длинномерных полых профилей должна быть не менее 1/7-1/10 площади сечения профиля, входящего в состав конструкции. Чем больше технологические отверстия, тем более гладко про-

текает процесс цинкования и тем более качественное покрытие наблюдается.

Немецкие оцинковщики предлагают при проектировании изделий из полых профилей пользоваться величинами и количеством отверстий, приведенных в таблице 2.

Таблица 2

Соотношение между размером труб и размером и числом отверстий в заглушках на их концах.

Тип трубы			Число и размер отверстий		
○	□	▣	1	2	4
15	15	20x10	8		
20	20	30x15	10		
30	30	40x20	12	10	
40	40	50x30	14	12	
50	60	60x40	16	12	10
60	50	80x40	20	12	10
80	80	100x60	20	16	12
100	100	120x80	25	20	12
120	120	160x80	30	25	20
160	160	200x120	40	25	20
200	200	200x140	60	30	25

Только максимально возможные по проходному сечению технологические отверстия позволяют получить наиболее качественное цинковое покрытие.

2) Резьбовые соединения после цинкования подлежат повторной калибровке, то есть останутся практически черными.

3) На поверхности металла не должно быть закатанной окалины, заусенцев, пор, включений, сварочных шлаков, остатков формовочной массы (для литевых деталей), графита, консервационной смазки, металлической стружки, краски. Если при обработке изделий использовались СОЖ (СОТС), то последние не должны содержать силиконовых масел.

Только полное отсутствие краски, силиконовой смазки, битума и т.п. может обеспечить получение 100% сплошности цинкового покрытия.

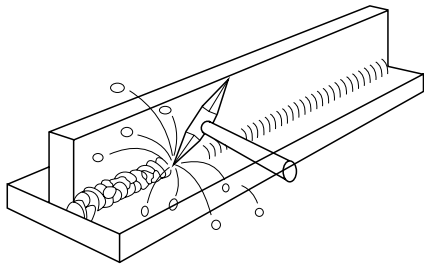


Для маркировки стальных изделий используйте краску или маркер на водной основе
НЕ ИСПОЛЬЗУЙТЕ МАСЛЯНУЮ КРАСКУ!





4) Не допускаются поры, свищи, трещины, шлаковые включения, наплавные сопряжения сварных швов (зачистка швов обязательна, желательна пескоструйная обработка поверхности).



Удаление сварочного шлака обязательно

5) Не используется для изготовления цинкуемых конструкций старый металл! На нем могут быть следы вдавленной краски!

6) Сварку элементов конструкции следует производить встык либо двухсторонними швами, либо односторонним швом с проваркой. Сварные швы должны быть равномерными, плотными и сплошными по всей длине. Желательна сварка в среде углекислого газа.

7) Металлоконструкции обязательно поставлять пакетами по маркам и с бирками. На бирке обязательно указывать марку стали.

8) Чертежи сложных конструкций (особенно сделанных из полых профилей) должны быть согласованы с техническими специалистами завода горячего цинкования.

9) В конструкциях не рекомендуется использовать стали различного химического состава, поскольку отличия во внешнем виде покрытия разных частей изделия будут заметно выделяться.

10) Крайне нежелательно использование в конструкциях металла сильно различающейся толщины. Если толщина металла составных частей конструкции различается более, чем в два раза, из-за различной скорости нагрева и охлаждения возможно изменение формы более тонких (и поэтому более слабых) частей конструкции.

11) Материал сварочных прутков должен максимально соответствовать по химическому составу материалу свариваемых частей.

12) При сварке угловых соединений недопустим какой-либо натяг одной из деталей; желательно перед сваркой закрепление детали методом прихватки, лишь затем осуществляется сварка непрерывным швом. Все угловые соединения контактирующих поверхностей должны быть доступны для сварки.

13) При цинковании изделий, полученных с применением гибки, следует использовать как можно больший радиус. Рекомендуется при холодной деформации металла использовать радиус гибки не менее трех толщин материала. Если требуется меньший радиус, гибка должна быть горячей. Хотя цинкуемые стали и не стареют под напряжением, все же старайтесь избегать в конструкциях гнутый металл.

14) Холодная пробивка отверстий на деталях толщиной менее 6 мм не влияет на рабочие характеристики изделия; у изделий большей толщины возможно образование трещин после цинкования. Наличие отверстий, борозд (проточек), закруглений малого радиуса способствует концентрации напряжений.

15) Применение при изготовлении тяжелых конструкций нескольких процессов, связанных с формообразованием (гибка, пробивка, сварка, прокатка) требует последующей нормализации сталей.

16) Рекомендуется конструировать симметричные изделия. Несимметричные изделия в результате цинкования могут изменить форму.

17) Расстояние между параллельными поверхностями не должно быть меньше 5 мм, в противном случае пространство между этими поверхностями может быть не процинковано.

18) Диаметры отверстий под болты должны быть больше на 0,5-1 мм, чем в изделиях, не подвергаемых цинкованию, чтобы ввести поправку на толщину цинкового покрытия.

19) При необходимости технологические отверстия в готовом изделии можно заглушить свинцовыми пробками.

20) Не допускаются острые кромки и углы, заусенцы.

ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

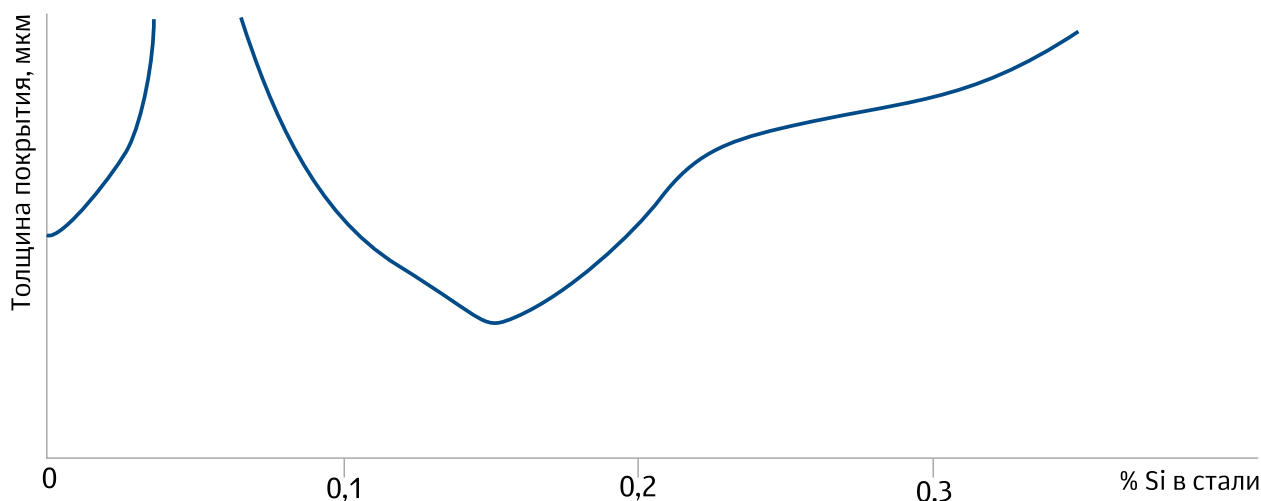
Изначально горячее цинкование пригодно для защиты низкоуглеродистых сталей (содержание углерода не более 0,25%) с содержанием кремния до 0,37% и при относительно малом содержании элементов, которые принято относить к легирующим. Этим требованиям по химическому составу отвечают стали углеродистые обыкновенного качества по ГОСТ 380-94 (от СтО до Ст4сп), прокат сортовой из углеродистой качественной конструкционной стали по ГОСТ 1050-88 (до ста-

ли 25 включительно) и прокат из строительных сталей по ГОСТ 27772-88 (стали С235, 245, 255, 275, 285, 345Т, 375Т).

В первом издании «Рекомендаций» указывалось, что толщина цинковых покрытий на низкоуглеродистых сталях в зависимости от содержания кремния описывается сложной функцией, схематически изображенной на (рис. 22).

Рисунок 22

Кривая зависимости толщины цинкового покрытия от содержания кремния в стали (кривая Санделина).



Всю область условно можно разбить на три подобласти, отвечающие трем степеням раскисления стали: кипящая (0,01-0,05% Si), полуспокойная (0,06-0,15% Si) и спокойная (0,16-0,37% Si). При этом покрытие наименьшей толщины, гладкое и блестящее получается на кипящих сталях, матовое покрытие толщиной от 120 до 180-200 мкм с удовлетворительной адгезией получается на спокойных сталях с содержанием кремния в интервале 0,15-0,25%. Самое непредсказуемое покрытие получается на полуспокойных сталях.

К сожалению, ситуация со сталями в настоящее время изменилась в худшую сторону, и это связано с коренными изменениями, происходящими в черной

металлургии. Дело в том, что металлургические предприятия России интенсивно переходят на непрерывную разливку стали (в Западной Европе этот переход произошел примерно 30 лет назад), а эта технология обязательно требует раскисления металла. Поэтому «кипящие» стали в настоящее время являются большой редкостью. Спокойные стали с повышенной толщиной цинкового покрытия, как правило, используются в мостовых конструкциях, и практика работы с ними не претерпела изменений. Основная нагрузка по изготовлению конструкций падает в настоящее время на полуспокойные стали, которые относят к данному классу, в основном, уже по механическим



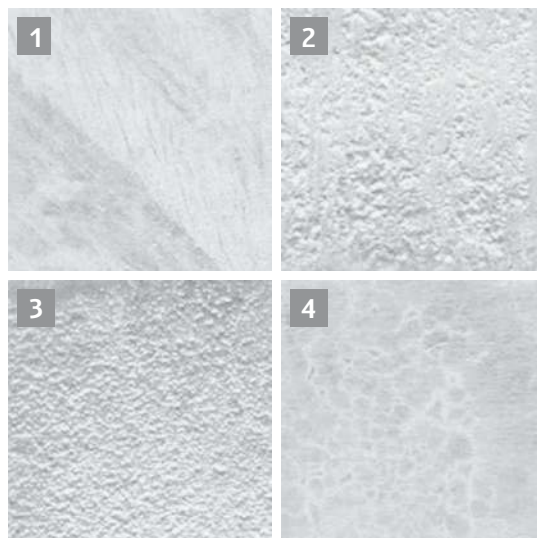
свойствам. Из-за разнообразия состава используемых в настоящее время раскисляющих агентов содержание кремния в полуспокойных сталях может быть самым разным - от 0,04-0,05 (что соответствует кипящим сталям) до 0,13-0,15%, что ближе по толщине покрытия и его внешнему виду к сталям спокойным. Если содержание кремния в интервалах 0,06-0,07 и 0,11 -0,12% еще допускает образование удовлетворительного по внешнему виду покрытия

с приемлемой адгезией, то в интервале содержания кремния 0,08-0,1% внешний вид покрытия не выдерживает никакой критики (рис. 23).

Таким образом, изготовитель конструкций из низкоуглеродистых сталей должен избегать сталей с содержанием кремния 0,08-0,1% и по возможности покупать стали или полуфабрикаты из них (профили, уголок) с содержанием кремния ниже 0,06 и от 0,12 до 0,25%.

Рисунок 23

Внешний вид образцов из стали с различным содержанием кремния при времени погружения в расплав 6 минут:



1) Si=0,02%; средняя толщина покрытия 87 мкм; сравнительно гладкая поверхность;

2) Si=0,08%; средняя толщина покрытия 250 мкм; мелкозернистая изъеденная поверхность;

3) Si=0,10%; средняя толщина покрытия 270 мкм; круп-

нозернистая изъеденная поверхность с продольными полосами от растворения менее плотного металла;

4) Si=0,19%; средняя толщина покрытия 154 мкм; сравнительно гладкая поверхность с рисунком, характерным для спокойных сталей.

Современная технология непрерывной разливки стали не позволяет предсказывать с достаточной точностью остаточное содержание кремния в готовом продукте; отечественный покупатель может лишь заказывать партии стальной продукции с приемлемым содержанием раскисляющих элементов. Но об этом знают и зарубежные покупатели отечественной стали (не секрет, что основная продукция сталелитейной промышленности уходит за рубеж, а мы снабжаемся по остаточному принципу). Поэтому российский покупатель, если он не заявляет дополнительных требований по химическому составу стали, «обречен» на приобретение партий стали с содержанием кремния в пике Санделина.

Поэтому основным правилом клиента технологии горячего цинкования является:

«Покупать сталь с регламентированным содержанием кремния; каждая приобретенная партия стальной продукции должна сопровождаться сертификатом, в котором указан химический состав стали по ковшовой пробе».

При работе с дилерами стальной продукции необходимо настаивать на достоверных документах; работать только с проверенными поставщиками и не покупать случайный металл. Только в этом случае у Вас не будет существенных проблем с качеством оцинковки.

В сопроводительных документах необходимо также следить за тем, чтобы содержание фосфора в стали было минимальным. Дело в том, что общая картина (координаты пика Санделина) определяется также и содержанием в стали фосфора (который, хотя и находится в ней в значительно меньших количествах, но примерно в 2,5 раза более химически активен).

Ограничения по кремнию и фосфору для сталей, подвергаемых горячему цинкованию, описываются следующей эмпирической формулой:

$$\text{Si}\% + 2,5\text{P}\% < \text{A},$$

где А = 0,09% для горячекатаных сталей и 0,05% для холоднокатаных.

Отсюда следует еще один вывод: «Избегать холоднокатаных сталей».

Допускается также цинкование некоторых литейных сталей, отвечающих по химическому составу по углероду и кремнию вышеперечисленным требованиям, а также некоторых сортов чугуна. Однако в этих случаях рекомендуется пробное цинкование и согласование качества покрытия между заказчиком и оцинковщиком. Особенно это касается чугунных изделий, которые расцинковать и повторно оцинковать невозможно. Кроме того, для чугунных изделий рекомендуется предварительная песко- или дробеструйная обработка для удаления пригара и формовочной смеси.

Хотя легированные стали относятся к разряду нецинкуемых, присутствие в малоуглеродистых сталях легирующих элементов в небольших количествах может не сказаться серьезно на качестве цинкования, и в этом случае уместно также пробное цинкование и согласование качества покрытия с заказчиком, поскольку покрытие детали (изделия) цинком решает в первую очередь задачу защиты от коррозии и лишь во вторую очередь эстетические функции.

Некоторые заказчики обращаются с просьбой оцинковать стали 09Г2, 09Г2С, 15ХСНД. У этих сталей получаются толстые покрытия (порядка 300-450 мкм), достаточно хрупкие, и целесообразность их цинкования определяется, прежде всего, типом последующей службы изделия. Если их после оцинковывания помещают в бетонные конструкции, это допустимо; в остальных случаях необходимо искать варианты замены данных сталей.





ВЫБОР ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ

Толщиной цинкового покрытия считается среднее арифметическое значение не менее 5-ти единичных измерений по краям изделия и в середине. Толщина покрытия определяется следующей нормативной документацией:

- ГОСТ 9.307-89 (40-200 мкм);
- СНиП 2.03.11-85 (60-100 мкм).

Кроме того, для дорожных мостовых ограждений выпущены отраслевые дорожные нормы ОДН 218.012-99, где толщина цинкового покрытия регламентируется в 80 мкм, не менее.

В этих документах не учитывается ни толщина металла в изделии, ни его размер (разное время погружения концов изделия).

Некоторые ошибочно относят к нормативной документации строительные правила СП 23-101-98, где

приводятся рекомендуемые толщины покрытия от 110 до 280 мкм при времени цинкования 6 мин. Однако приведенные данные относятся к температуре расплава 480°C - температуре, при которой происходит интенсивный износ основного технологического оборудования. Общепринятая температура цинкования в настоящее время составляет 450°C с некоторыми отклонениями для реакционно-активных сталей в меньшую сторону.

Более реально отражают существующие возможности Европейский стандарт по горячему цинкованию (EN ISO 1461 "Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles - Specification"). Он рекомендует руководствоваться следующими толщинами покрытия в зависимости от толщины цинкуемого металла и его вида:

Характеристики металла	Локальная толщина покрытия, мкм	Средняя толщина покрытия, мкм
сталь толщиной > 6 мм	70	85
сталь толщиной от 3 до 6 мм	55	70
сталь толщиной от 1,5 до 3 мм	45	55
сталь толщиной менее 1,5 мм	35	45
отливки со стенкой толщиной > 6мм	70	80
отливки со стенкой толщиной < 6 мм	60	70

Под локальной толщиной понимается среднее из пяти измерений на каждой трети конструкции по конкретному виду стали.

Под средней толщиной понимается среднее из измерений для трех частей конструкции для каждого типа стали.

Близкие значения толщин покрытия в зависимости от толщины материала регламентирует также американский стандарт ASTM A 123 «Стандартная практика по цинковым покрытиям (методом горячего погружения) на железных и стальных изделиях».

Указанные в таблице значения подразумевают, что толщины покрытия на реальных изделиях не должны быть менее указанных величин.

Однако другой документ, непосредственно связанный со сроком использования оцинкованных покрытий - европейский стандарт ISO 14713 «Protection against corrosion of iron and steel in structures Zinc and aluminium coatings - Guidelines», дающий указания по границам использования покрытий с той или иной толщиной, подтверждает, что для долгосрочного использования изделий с цинковым покрытием для большинства условий эксплуатации достаточно толщины 60 мкм.

Последнее означает, что, непротивореча СНиП 2.03.11-85, следует указывать толщину покрытия

60 мкм. Повышенная толщина покрытия только удорожает изделие. В случае требований более толстого покрытия (например, для использования в зонах с большой концентрацией химической промышленности или в районах морского климата) следует использовать при изготовлении конструкций стали с содержанием кремния выше 0,12% (спокойные стали или стали полуспокойные, для которых данное содержание кремния подтверждено документально). Необходимо знать, что толстое покрытие является значительно более хрупким.

Поэтому следует при выборе толщины покрытия пользоваться правилом:

Не завышать толщины покрытия по сравнению с научно обоснованной. Для получения более толстых покрытий в документации указывать стали с высоким содержанием кремния.

ДЕФЕКТЫ ПОКРЫТИЯ И ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

НЕПРОЦИНКОВКА

- Недостаточные вентиляционные отверстия для выхода продуктов сгорания флюса, либо их отсутствие;
- Наличие на поверхности металла маркировочной краски, скотча, не удаляемых СОЖ, силиконовой или других смазок



Непроцинковка
из-за нанесения маркировки,
самоклеющихся бирок



Непроцинковка
из-за силиконовой смазки



Термическая поводка

ПОВОДКА

В процессе нанесения антикоррозионного покрытия изделие подвергается высокотемпературной обработке.

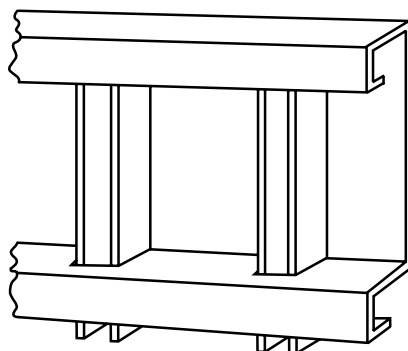
В международном стандарте ISO 14713-2:2009 «Покрyтия цинковые. Руководство и рекомендации по защите от коррозии конструкций из чугуна и стали» говорится следующее:

«Отпуск больших или неуравновешенных напряжений в изделии может произойти в процессе погружения. Специалист по цинкованию не может нести ответственность за связанную с этим деформацию стального изделия во время оцинковки (поскольку конкретное напряженное состояние изделия в момент погружения выходит за рамки его контроля)».

Риск возникновения поводки изделий **можно минимизировать следующими способами:**

1

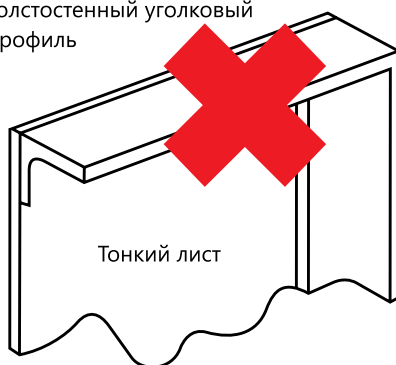
Проектирование симметричных конструкций



2

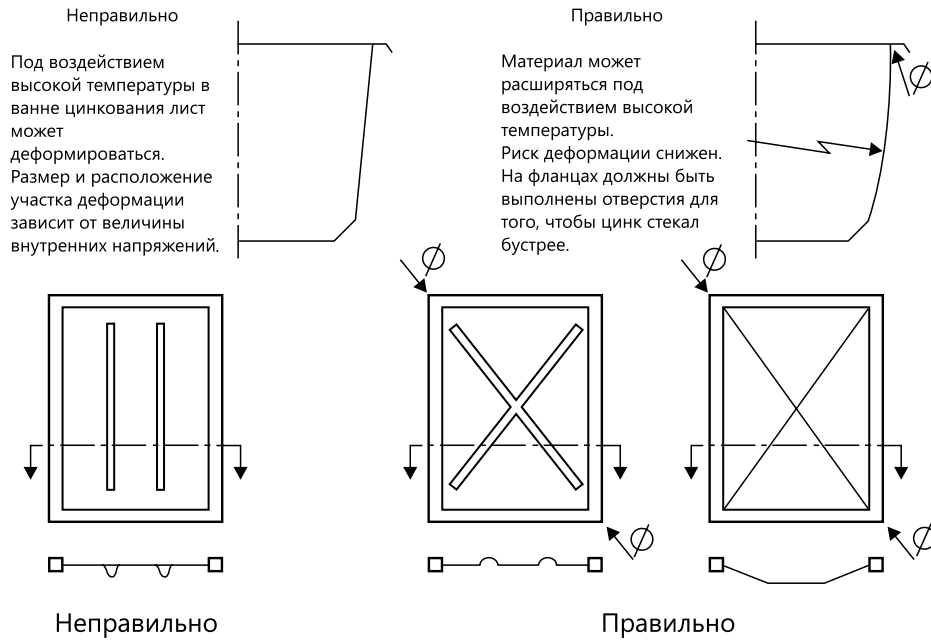
Использование металла одинаковой толщины, либо отличающейся не более, чем в два раза, если это условие не выполнимо – цинковать составляющие детали отдельно

Толстостенный уголко́вый профиль



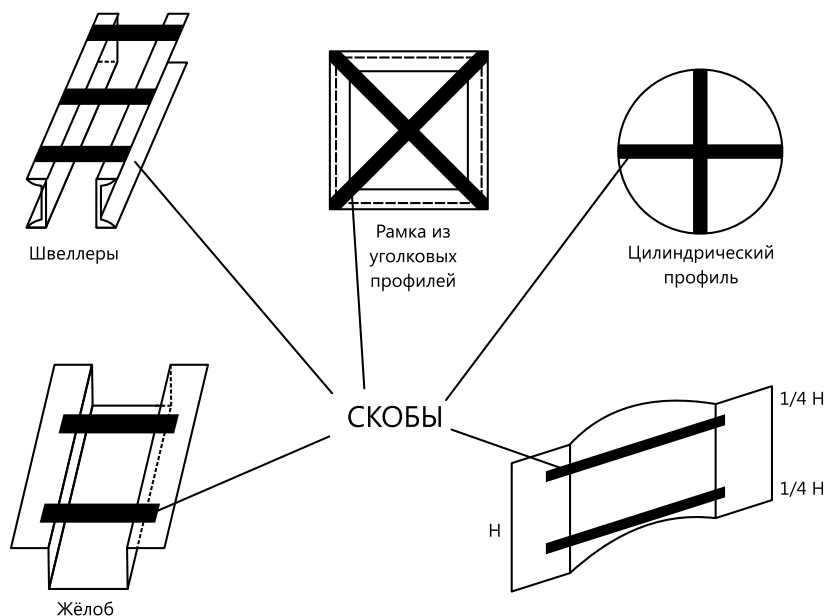
Тонкий лист

Применение поперечных сечений с дополнительными ребрами жесткости, особенно когда использован металл толщиной менее 4 мм



При сварке элементов конструкции использовать технику **одновременного наложения симметричных швов** или последовательную многоточечную сварку, чтобы минимизировать возникающие напряжения

Для крупногабаритных тонкостенных изделий и прямоугольных емкостей **использовать временные поперечные или перекрестные технологические скобы**, которые впоследствии можно удалить





ПОТЕКИ ЦИНКА

- маленький размер, либо недостаточное количество технологических отверстий для быстрого слива цинка по длине конструкции;
- острые углы и кромки должны быть скруглены радиусом не менее 0,3 мм, не допускается наличие заусенец (фото 1).

Фото 1

Заусенец



ПОТЕКИ РЖАВЧИНЫ

- некачественный сварочный шов (фото 2);
- применение прерывистого сварочного шва (фото 3);
- маленькое расстояние между сопрягаемыми деталями, не достаточное для проникновения расплава цинка;
- наличие отверстия в деталях, соединенных внахлест;
- складирование и хранение оцинкованной продукции рядом с черным металлом

Фото 2

Не зачищенные сварные швы



Фото 3


Прерывистый сварочный шов



ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГОРЯЧЕОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ

Строительство	<ul style="list-style-type: none">• Промышленные здания, заводы, цеха, склады, погрузочные площадки, навесы, вокзалы, аэропорты• Стадионы, спортивные залы, крытые катки, канатные дороги• Выставочные залы, торговые центры, магазины, автосалоны• Гаражи, мастерские, автостоянки, мотели• Закладные детали
Автомобильные дороги	<ul style="list-style-type: none">• Дорожные и мостовые ограждения• Металлические мосты• Путепроводы• Осветительные опоры• Дорожные знаки, светофорные стойки, рекламные щиты
Железные дороги	<ul style="list-style-type: none">• Опоры, ригеля, кронштейны, элементы контактной сети• Пешеходные мосты
Энергетика	<ul style="list-style-type: none">• Опоры линий электропередач• Электроарматура подвески• Ветроэнергетические установки
Связь	<ul style="list-style-type: none">• Опоры сотовой связи• Станции спутниковой связи• Приемопередающие антенны
Нефтегазовая отрасль	<ul style="list-style-type: none">• Ограждения, площадки, катучие лестницы нефтяных резервуаров• Ограждения, площадки нефтегазопроводов• Металлоконструкции нефтяных терминалов, пирсов
Сельское хозяйство	<ul style="list-style-type: none">• Птичники, коровники, свинарники, конюшни• Элеваторы, силосные башни, навесы• Теплицы• Стойловое оборудование
Коммунальное хозяйство	<ul style="list-style-type: none">• Осветительные опоры• Системы водо-, тепло-, газоснабжения• Мусорные контейнеры
Транспорт	<ul style="list-style-type: none">• Рамы, дышла, борта автомобилей• Судовая оснастка, ограждения, трубопроводы
Горнодобывающая промышленность	<ul style="list-style-type: none">• Элементы шахтного крепления, лестницы, ограждения, площадки, шахтные клетки• Лотковые конвейеры• Трубопроводы
Химическая промышленность	<ul style="list-style-type: none">• Площадки, помосты, решетчатые настилы, лестницы• Детали приточно-вытяжной вентиляции, холодильных и климатических установок





ООО «АГРИСОВГАЗ»
249092, Калужская область,
Малоярославец, ул. Мирная, 3.
Телефон: 8 (800) 302-10-35
Телефон: +7 (495) 647-04-44
добавочный 3000, 3001, 3003, 3004, 3005

ЗГЦ АГРИСОВГАЗ-Санкт-Петербург
187046, ЛО, Тосненский район, д. Аннолово,
Индустриальный парк «ФЁДОРОВСКОЕ»,
1-й Индустриальный проезд, 5.
Телефон: +7 (812) 454-22-20
добавочный 3501, 3502

Эл. почта: zincovanie@agrisovgaz.ru

www.agrisovgaz.ru