

## ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИЯМ ИЗДЕЛИЙ, ПОДГОТОВЛЕННЫМ К ГОРЯЧЕМУ ЦИНКОВАНИЮ

Имеются всего три требования к изделию, подготовленному к горячему цинкованию:

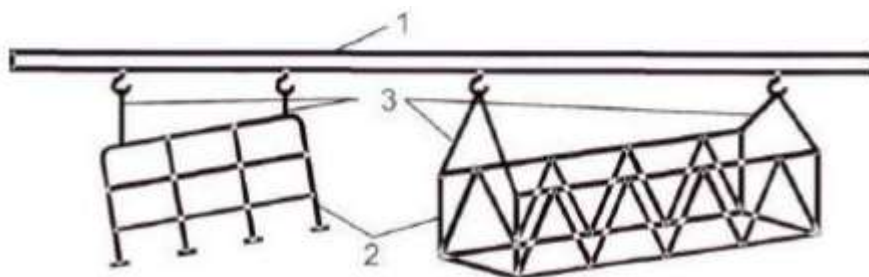
- изделие не должно превышать размеров ванны с расплавом цинка;
- изделие должно быть изготовлено из стали, которая цинкуется;
- в изделии не должно быть ни одной части, куда не мог бы войти расплавленный цинк при погружении изделия в ванну, и также легко выйти из него при извлечении изделия из ванны.

Первое требование при разработке конструкции изделия обычно учитывается, остальные - далеко не всегда.

Плотность расплавленного цинка равна 6,8 кг/дм<sup>3</sup>, плотность стали 7,85 кг/дм<sup>3</sup>. 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. 1).



*Рис. 1 – Схема расположения цинкуемых изделий на подвеске: 1 – подвеска; 2 – цинкуемые изделия; 3 - проволоки*

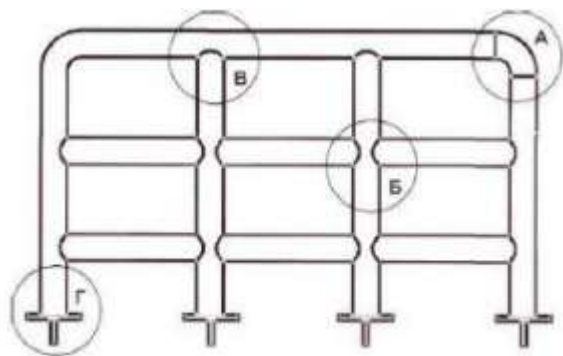
Исходя из этого, обычно и конструируют технологические отверстия: одно в самой верхней точке закрепленного на подвеске изделия (для выхода газов разложения флюса) и одно - в самой нижней точке (для выхода расплавленного цинка). Пути стекания цинка по внутренним полостям изделия не должны быть затруднены - 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.

Более подробно данные положения лучше рассмотреть на нижеследующих примерах.

### 1 Перильные ограждения (заборы)

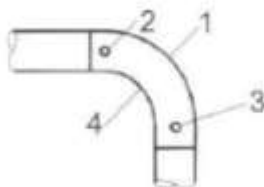
Типичная секция перильного ограждения (забора) изображена на рис. 2.

Критичным будет конструкторское решение в узлах, обведенных на рис. 2 кружками. Рассмотрим эти узлы подробнее.



**Рис. 2 – Типовое ограждение. Узлы, требующие внимания конструктора.**

**УЗЕЛ А** (рис. 3). Это место, как самая высокая точка изделия, предназначено для выхода газов флюсования.



**Рис. 3 – Расположение отверстий в узле А для выхода газов разложения флюса (пояснения в тексте).**

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 газового 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) точке 1.

**УЗЕЛ Б** (рис. 4).



**Рис. 4 - 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).**

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. 4а). 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 рис. 4б. В этом случае каждая труба рассматривается как отдельное изделие, и к нему применяется общее положение 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 в друг

оцинковать. Допустимо просверливание трубы насквозь, если это не ослабляет конструкцию.

**УЗЕЛ В.** 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.

**УЗЕЛ Г.** Решения беспрепятственного удаления цинка могут быть различными. Наиболее удобным может быть решение, показанное на рис. 5, хотя может быть просверлено отверстие в опорной пластине.



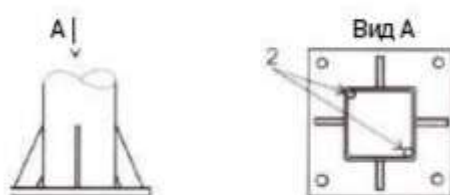
*Рис. 5 – Конструктивное решение узла Г.*

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 рис. 2 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 рис. 4а. Количество технологических отверстий будет значительно больше, если применяются решения, показанные на рис.4б.

## **2. 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.6).



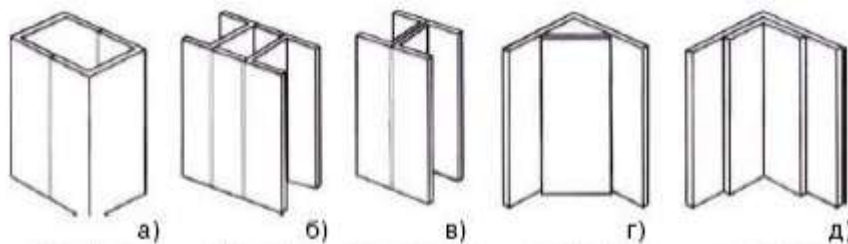
*Рис. 6 - Правила конструирования баз колонн:*

- 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.*

Просим обратить внимание на то, что 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.

Наконец, 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 диагонали 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 7а-д.

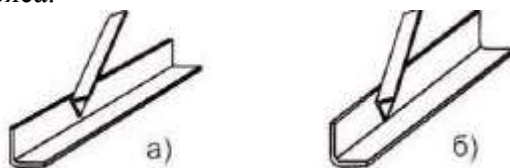


**Рис. 7 – Правильные (а, б, г) и неправильные (в, д) способы усиления стоек**

Вся сварка должна проводиться непрерывным швом. После сварки необходимы удаление сварочного флюса и зачистка швов. Практика показывает, что при использовании решений типа 7в или 7д в пространстве между сваренными плоскостями очень часто развиваются интенсивные процессы коррозии.

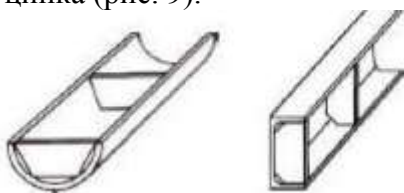
### 3. Фермы

При изготовлении ферм из открытых профилей (уголки, швеллеры, двутавры) необходимо учитывать требования, показанные на рис. 8 - приваривать элементы решетки к поясам фермы необходимо с некоторым зазором, чтобы не было препятствий стеканию цинка по плоскости пояса.



**Рис. 8 – Правильная (а) и неправильная (б) приварка элементов решетки**

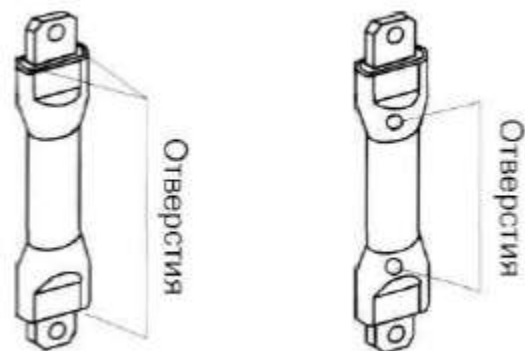
Часто в металлоконструкциях ставятся усиливающие ребра. Их конструкцию необходимо предусматривать такой, чтобы при извлечении изделия из ванны они не препятствовали стеканию цинка (рис. 9).



**Рис. 9 – Ребра жесткости в конструкциях**

### 4. 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 10а. Возможно другое решение проблемы, а именно, когда в самой нижней и самой верхней точке тяги сверлится по отверстию (рис. 10б).

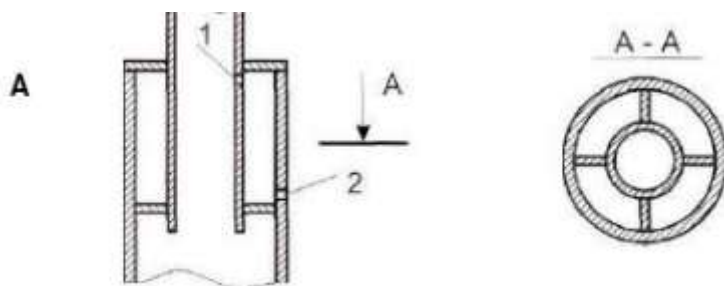


**Рис. 10 - Способы создания технологических отверстий при цинковании тяг:  
а) оптимальное решение б) допустимое решение.**

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

### 5. Осветительные опоры

Данная продукция изготавливается из труб различных диаметров (двух или более). Узел соединения труб изображен на рис. 11.



**Рис. 11 - Способ соединения труб различного диаметра в столбах электроосвещения.**

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 Б 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.

### 6. Резервуары

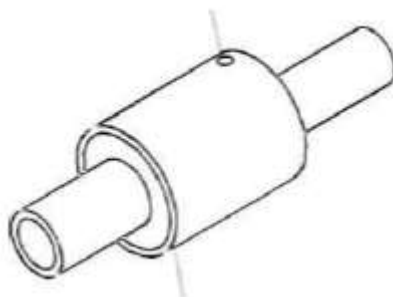
При цинковании резервуаров (рис. 12) необходимо, чтобы сливные штуцера находились на плоскости погружения, и чтобы размеры резервуара при таком их расположении не превышали ширины ванны и при этом не образовывалось воздушного

пузыря. Как правило, резервуары общепринятой конструкции этим требованиям не соответствуют (рис. 12а).



**Рис.12 - Возможность цинкования резервуаров:**  
**а) обычное расположение штуцеров: цинкование невозможно;**  
**б) оптимальное расположение штуцеров: цинкование возможно.**

К резервуарам можно отнести и изделия, аналогичные изображенным на рис. 13.



**Рис. 13. Цинкование изделий типа "труба в трубе". Стрелками указаны места расположения технологических отверстий.**



Пространство между двумя трубами разного диаметра необходимо снабдить отверстиями для выхода цинка и газов разложения 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.

## **7. Дополнительные требования к конструкциям**

### **7.1 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 протекает 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			Чисто и размер отверстий		
0			1	2	4
15	15	20*10	8		
20	20	30*15	10		
30	30	40*20	12	10	
40	40	50*30	14	12	
50	50	60*40	16	12	10
60	60	80*40	20	12	10
80	80	100*60	20	16	12
100	100	120*80	25	20	12
120	120	160*80	30	25	20
160	160	200*120	40	25	20
200	200	260*140	50	30	25

**7.2** Резьбовые соединения после цинкования подлежат повторной калибровке, то есть останутся практически черными.

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

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

**7.5** Не используйте для изготовления цинкуемых конструкций старый металл! На нем могут быть следы вдавленной краски!

**7.6** 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.

**7.7** Металлоконструкции обязательно поставлять пакетами по маркам и с бирками. На бирке обязательно указывать марку стали.

**7.8** Чертежи сложных конструкций (особенно сделанных из полых профилей) должны быть согласованы с технологами ГП «Конус».

**7.9** В конструкциях не желательно использовать стали различного химического состава, поскольку различия во внешнем виде покрытия различных частей изделия будут бросаться в глаза, и отсюда изделие будет иметь заметно неряшливый вид.

**7.10** В конструкциях нежелательно использование 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.

**7.11** Материал сварочных прутков должен максимально соответствовать по химическому составу материалу свариваемых частей.

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

**7.13** 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.

**7.14** Расстояние между параллельными поверхностями не должно быть меньше 3-4 мм, в противном случае пространство между этими поверхностями может быть не процинковано.

**7.15** 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.

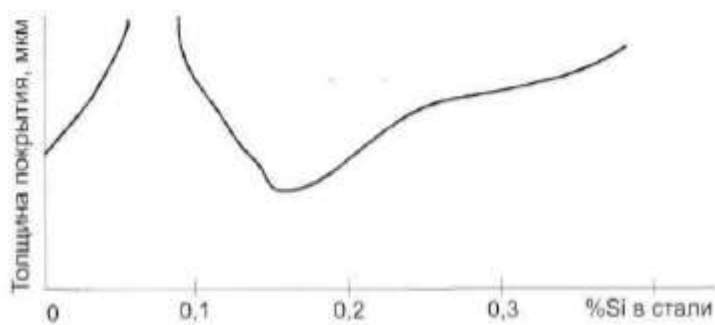
**7.16** При необходимости технологические отверстия в готовом изделии можно заглушить свинцовыми пробками.

**7.17** Не допускаются острые кромки и углы, заусенцы.

## **8. 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 стали 25 включительно) и прокат из строительных сталей по ГОСТ 27772-88 (стали С235, 245, 255, 275, 285).

Толщина цинковых покрытий на низкоуглеродистых сталях в зависимости от содержания кремния описывается сложной функцией, схематически изображенной на рис. 14.



**Рис. 14 – 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:

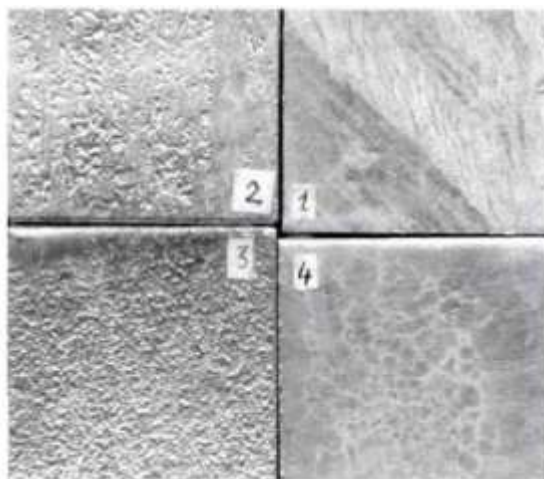
- кипящая (0,01-0,05% Si)
- полуспокойная (0,06-0,15% Si)
- спокойная (0,16-0,37% Si).

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 20 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. 15).



**Рис. 15 - 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; крупнозернистая 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.**

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%.

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 покупатель стран СНГ, 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 спецификацией, в которой 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:

$$Si\% + 2,5P\% < A,$$

где  $A = 0,09\%$  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 серьезно не сказаться 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 получают 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.

## **9. Дефекты покрытий и способы их ремонта**

Поскольку как состав сталей, так и способы изготовления полуфабрикатов и изделий из них не являются идеальными, на поверхности оцинкованных изделий могут наблюдаться различные дефекты (непроцинковка отдельных участков, следы царапин на металле, связанные с предыдущей его обработкой, например, прокаткой). Если общая площадь непроцинкованных мест менее 2%, и они не более 2 см в длину по любому направлению, то это не считается браком. На заводе такие места подвергаются подкраске цинксодержащей краской на основе органического или неорганического связующего. По защитным и прочностным свойствам действие этой краски соизмеримо с действием цинкового слоя близкой толщины, полученного горячим способом.