**Горячее цинкование**

**Горячее цинкование** - самый старый и простой способ нанесения цинка на поверхность изделия. При горячем цинковании защищаемый металл погружают в ванну с расплавленным цинком, температура которого составляет около 450 0С. Горячее цинкование применяют для нанесения покрытий главным образом на крупногабаритные изделия простых форм. Для покрытия  резьбы, узких отверстий, других сложные элементов горячее цинкование применяют редко. Методом горячего цинкования наносят покрытие на листы кровельного железа, трубы, детали машин, балки, уголки, проволоку.



**История горячего цинкования**

Метод горячего цинковании появился и  впервые был применен во Франции (1742 год), химик Поль Жак Малуэн погрузил в расплавленный цинк стальные изделия. В результате на них образовался слой цинка. В этом же году  Малуэн выступил с докладом во  французской Королевской академии, где подробно описал процесс получения цинкового покрытия на стальных деталях.

Запатентован метод был французским химиком С. Сорелем (1836 год). Он предложил предварительно очищать поверхность стального изделия сначала в 9 % растворе серной кислоты (H2SO4), а  затем флюсованием в  хлориде аммония (NH4Cl). Только после этих операций применять горячее цинкование. В 1847 году в Золингене (Германия) открылся первый цех горячего цинкования.  Через четыре года начал функционировать еще один цех  в Австрии  (на предприятии "Винивартер & Герсхайм"). Во второй половине XX века метод  горячего цинкования был признан  международным стандартом в области антикоррозийной защиты. Многочисленные исследования подтвердили высокие эксплуатационные свойства горячеоцинкованной стали. Она получила широкое применение как в промышленной, так и сельскохозяйственной сферах. Цинковые покрытия применяют во всех эксплуатационных средах, кроме сильных щелочных и кислых.

В наше время только в Европе действует больше тысячи заводов, на которых применяют метод горячего цинкования. И ежегодно около 400 тыс. тонн цинка расходуется на покрытие стали горячим способом.

**Технология горячего цинкования**

**Подготовка поверхности**

Перед нанесением на поверхность стального изделия расплавленного цинка - нужно предварительно ее подготовить. От качества подготовленной поверхности будет зависеть  сцепление покрытия с основным металлом. Подготовка поверхности перед горячим цинкованием включает следующие этапы: обезжиривание, промывка, травление, промывка и последующее флюсование.

Операцию обезжиривания проводят для удаления масляных и других органических загрязнений. Широко используют для обезжиривания перед горячим цинкованием кислотные и щелочные растворы. Выбор реагента во многом зависит от природы загрязнения. Процесс проводится при температуре от 60 до 80оС. Следующий этап -  тщательная промывка. Промывка нужна для удаления остатков жира, реагента и пены (если в состав реагента входят пенообразующие вещества).

После промывки изделие подвергается травлению. Для снятия  окалины и [ржавчины](http://www.okorrozii.com/rgavchina.html) его при температуре окружающей среды (20 - 25оС)  окунают в ванну с раствором  соляной кислоты (концентрация 120 - 210 г/л). Это эффективный  способ добиться высокой степени очистки поверхности. Соляная кислота растворяет хлориды железа и обеспечивает блестящую, ровную поверхность. Что не маловажно для получения хорошей сцепляемости металлопокрытия  с основным металлом. После растворения ржавчины и окалины  соляная кислота начинает разрушать само изделие. Чтобы избежать излишних потерь металла в раствор кислоты дополнительно вводят специальные ингибиторы, которые кроме того помогают избежать наводораживания.

После травления изделие подвергают дополнительной промывке для снятия остатков раствора травления и солей. Для экономии воды очень удобно последовательно располагать несколько промывочных ванн.

Во время промывки на поверхности вновь образуются окислы железа -  они  удаляются во время операции флюсования. Флюсование применяют для окончательной очистки поверхности и получения пассивной пленки, которая предотвращает последующие окисление и обеспечивает хорошее смачивание изделия расплавленным цинком.

Основными составными флюса являются хлорид аммония  и хлорид цинка. Вот, например, один из используемых на производствах составов: 55,4% NH4Cl, 6% глицерина, 38,4% ZnCl2. Обработка ведется при температуре  60оС   концентрированным раствором   флюса   (400 - 600 г/л). Состав флюса должен непрерывно контролироваться, а ванна вовремя очищаться. Очищают ванну добавлением в нее перекиси водорода. Вследствии на дно осаждаются соли трехвалентного железа. Осадок собирается в отстойники, а потом фильтруется.

**Сушка изделия перед горячим цинкованием**

Если после флюсования изделие сразу же погружать в ванну с расплавленным цинком - оставшаяся на нем вода будет мгновенно испаряться, образуя что-то вроде микровзрывов (всплесков). В результате на изделии будут либо голые  участки, либо участки с неравномерным покрытием и плохим сцеплением. Чтобы избежать подобных проблем, к тому же сэкономить энергию, расходуемую на поддержание постоянной температуры расплавленного цинка, проводят сушку детали. Продолжительность сушки превышает время самого горячего цинкования. Сушильная печь позволяет осушить влагу с поверхности, дополнительно  нагреть изделие до температуры около 100оС.

После проведения всех подготовительных операций можно преступать к самой главной - горячему цинкованию.

**Горячее цинкование**

Для получения хорошего [защитного покрытия](http://www.okorrozii.com/zashitnpokrt.html) важную роль играет качество и температура цинка, качество стали, предварительная подготовка поверхности, продолжительность погружения, скорость погружения, скорость поднятия, режим охлаждения.

Во время погружения в ванну флюс плавится, что обеспечивает хорошую смачиваемость расплавленного цинка. Если изделие опускать слишком медленно - флюс расплавится намного раньше, чем требуется и поверхность покроется окислами. Если слишком быстро - он не успеет расплавится и покрытие будет с дефектами. Поэтому очень важно подобрать оптимальную скорость погружения.

При горячем цинковании изделие выдерживают в ванне с расплавом от трех до десяти минут. За это время на поверхности расплава образуется слой из шлака. Перед тем, как достать изделие нужно специальным скребком этот шлак убрать. Если этого не сделать - часть его осядет на горячеоцинкованной детали.

На конечную толщину покрытия очень влияет скорость извлечения изделия из ванны. Чем медленнее производится подъем, тем толще покрытие. Это связано со скоростью кристаллизации расплава. Для каждой детали (учитывая размеры, геометрическую форму) скорость подъема и наклон определяются индивидуально. Сушка (охлаждение) изделия, защищенного горячим цинкованием, производится на открытом воздухе, а потом  на складе.

Готовая продукция проверяется на соответствие требованием ГОСТ.

Над каждой ванной на линии горячего цинкования установлены мощные системы вентиляции для вытяжки, а также последующего обезвреживания паров соляной кислоты и других опасных загрязнений.



Современные линии горячего цинкования полностью автоматизированы. На более старых заводах операторы-контролеры управляют процессом при помощи специальных пультов, что исключает близкий контакт с вредными веществами.

**Достоинства метода горячего цинкования:**

- высокая коррозионная устойчивость покрытого изделия;

- относительная дешевизна;

- простота реализации;

- простота обслуживания установок;

- высокая производительность;

- способность цинкового покрытия защищать основной металл даже после механического повреждения или нарушения сплошности покрытия;

- высокая электропроводность покрытия;

- хорошая теплопроводность;

- покрытие препятствует водородному охрупчиванию основного металла.

**Недостатки метода:**

- ограниченные размеры изделия, предназначенного для горячего цинкования (зависит от размера ванны);

- трудности при сварке и дальнейшей обработке оцинкованных изделий;

- относительная неравномерность покрытия;

- невозможность получить очень тонкие покрытия.

- относительно большой расход цинка.

С помощью метода горячего цинкования получают покрытие толщиной от нескольких микрон до одного миллиметра.

**Оценка качества цинкового покрытия**

Общие требования к изделиям, которые подвергаются цинкованию, и качеству готового покрытия регламентирует ГОСТ 9.307-89. Согласно данному стандарту, цинковый слой должен:

- быть сплошным;

- при визуальном осмотре иметь шероховатую либо гладкую поверхность;

- цвет покрытия – серебристо-блестящий – матовый темно-серый.

На поверхности должны отсутствовать наплывы, затрудняющие сборку либо эксплуатацию готовой оцинкованной конструкции, вкрапления гартцинка размером более 2 миллиметров.

Дефектами, согласно ГОСТ 9.307-89, не являются:

- цвета побежалости либо светло-серые пятна;

- рябизна поверхности;

- царапины, риски, следы от захватывающих приспособлений, глубина которых не превышает толщину покрытия (т.е. визуально не видно основного металла).

Если после всех технологических операций на детали просматриваются непокрытые  цинком места (не более 2% от общей площади и 2 см в диаметре), допускается нанесение на эти участки: газотермически сформированного слоя (не менее 120 мкм толщиной), либо составов для [холодного цинкования](http://www.okorrozii.com/holodnoe-zinkovanie.html) с толщиной слоя более 90 мкм и цинком в сухой пленке не менее 80 – 85% (например, [Гальванол](http://www.okorrozii.com/protektornye-sostavy/sostav-dlya-kholodnogo-tsinkovaniya-galvanol.html) и др.).

Толщина слоя – от 40 до 200 мкм (более точные значения обуславливаются технической документацией к конкретному изделию и его средой эксплуатации).

Контроль толщины покрытия осуществляется перед хроматированием или нанесением консервационных смазок. В качестве инструмента для измерения применяют такие [приборы неразрушающего контроля](http://www.okorrozii.com/pribory-nerazrushayushchego-kontrolya.html), как магнитные толщиномеры. Либо проводят металлографический анализ (более трудоемкий процесс).

Контроль прочности сцепления оцинкованного слоя (проверку адгезии) проводят согласно ГОСТ 9.307-89 одним из методов:

- крацевание;

- нанесение сетки царапин;

- удара поворотным молотком;

- нагрева.

Наиболее уязвимыми считаются места сварки и резьба, поэтому при оценке качества горячеоцинкованного слоя, данные участки проверяют в первую очередь.

**Сравнение горячего цинкования с другими способами нанесения цинка**

Метод, как и любой другой способ оцинковки, имеет свои достоинства и недостатки. После электролитического нанесения цинка – горячее цинкование является вторым по распространенности. Это связано не только со свойствами защитного покрытия, но и с  возможностью реализации процесса.

**Гальваническое (электролитическое).** Цинкование требует абсолютно другого оборудования и может быть намного компактнее. Например, при цинкования метизов или других мелких деталей электролитическим методом цех может быть значительно меньшего размера, чем при горячем цинковании.

Преимущества гальванического нанесения цинка заключаются в меньшей стоимости процесса и более привлекательном внешнем виде оцинкованных изделий. Данным методом можно получить защитно-декоративные слои глянцевые, матовые, с оттенком желтого цвета, голубого. В основном, гальваническое цинкование применяют для формирования защитного слоя на мелких деталях: крепежи, метизы и пр. Также, подвергать цинкованию можно детали с пластиковыми составляющими, например, самостопорящиеся гайки с нейлоновыми кольцами.

Слабой стороной гальванически оцинкованных изделий является их меньшая, в сравнении с горячеоцинкованными, коррозионная стойкость. Их рекомендуется применять только в сухих помещениях. Также, для гальванического цинкования необходимо использовать  металлы и сплавы с классом прочности до 10.9, т.к. в процессе они подвергаются водородному охрупчиванию.

**Термодиффузионное (шерардизация).** Получило меньше распространение, т.к. его цена в два раза превышает стоимость горячего цинкования. Его нельзя применять для нанесения цинка на детали с пластиковыми элементами, т.к. рабочая температура – 290 – 450 градусов Цельсия. Технология позволяет наносить равномерный защитный слой даже на резьбу – после нанесения цинка нет необходимости протачивать резьбу, как после горячего цинкования. Производство абсолютно безвредно, все отходы утилизируются и безопасны для окружающей среды.  Оборудование занимает меньше места в цеху, но, как и при горячем цинковании, размер обрабатываемой детали ограничен габаритами печи/контейнера. Данный вид нанесения защитного слоя экономически более выгодный, но покрытия не отличаются привлекательностью – матовая серая однородная поверхность. Класс прочности покрываемых деталей, одинаковый – до 10,9.

**Дакромет (Дельта).** Широко используется в автомобильной промышленности (не применяется для днища авто, т.к. легче разрушается). Позволяет получить  слой, наиболее близкий по коррозионным свойствам, цене, внешнему виду к горячеоцинкованному. Основное преимущество метода – возможность получить покрытия с малой толщиной (до 10 микрон). По распространенности для метизов занимает 3 место. Цинковать можно металлы с любым классом прочности. Преимущества – возможность покрывать детали с пластиковыми элементами, более привлекательный внешний вид (нет наплывов, бугорков и других неровностей). Поверхность матовая, однородная. Цвет – от серебристого до почти черного. Не вызывает водородную хрупкость. Но покрытие Дакромет  характеризуется меньшей адгезией, легче образуются сколы, не может самовосстанавливаться.

**Газотермическое напыление.** Позволяет наносить толстый (более 200 микрон) защитный цинковый слой непосредственно при монтаже конструкций (крупногабаритных). Не используется, ввиду технологических ограничений, для цинкования метизов, изделий с резьбой, внутренних полостей с диаметром меньше 50 см.

**Цены на горячее цинкование**

**Цена на услугу горячего цинкования** зависит от многих факторов. На стоимость влияет размер и конфигурация детали, вид изделия, объем заказа. В стандартную цену входят все операции по подготовке к цинкованию, цинкование, сушка. Если требуется прожечь технологические отверстия, либо приварить специальные «ушки», на которых изделия будут закреплены, оплата взимается дополнительно.

При цинковании труб, фактором, определяющим цену, является диаметр стенки трубного проката и объем заказа. Чем толщина стенки меньше – тем большим будет расход цинка на выполнение заказа, и тем цена будет выше.

Стоимость оцинковки мелких деталей, легких, но габаритных, со сложной конфигурацией (наличием полостей, углов, карманов и пр.) зачастую оговаривается отдельно. Горячее цинкование сетки обойдет дороже, чем простые металлоконструкции, от 30 тыс.

В среднем цена на горячее цинкование составляет от 22 до 35 тыс. руб. за тонну. Стоимость нанесения цинка на деталь (детали), общим весом до 100 кг, нестандартные изделия может достигать 50 тыс. руб. за тонну. Расцинковка (снятие старого цинкового покрытия) также оплачивается дополнительно. За срочность некоторые предприятия также могут взимать отдельную плату.