

В.Г.Иванченко

ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ПОЛОС ПОД ГОРЯЧЕЕ ЦИНКОВАНИЕ

Институт черной металлургии НАН Украины

Приведен краткий перечень видов листового металлопроката с антикоррозионными покрытиями. Рассмотрены различные способы и методы нанесения цинкового покрытия на поверхность металла. Представлен ряд необходимых технологических процессов подготовки поверхности горячекатаных полос к горячему цинкованию.

Ключевые слова: горячекатаный листовой металлопрокат, антикоррозионное покрытие, горячее цинкование

Современное состояние вопроса и цель работы. Для предотвращения стального листового проката от коррозии на него наносят защитные металлические или полимерные покрытия. К основным видам листового проката с антикоррозионными покрытиями относятся: горячеоцинкованный, электрооцинкованный, гальвалом (55% Al, 1,6% Si, 43,4% Zn), гальфан (94,45% Zn, 5% Al, 0,5% редкоземельных металлов), алюминированный, освинцованный, никелированный, хромированный и омедненный.

Особое место среди защищенных покрытием видов листового проката занимает жесь – электролитического и горячего лужения, хромированная, алюминированная и освинцованная.

Мировое производство листового проката с защитным покрытием составляет свыше 42 млн.т в год и прогнозируется дальнейшее расширение объемов его производства [1]. Наблюдается устойчивая тенденция в увеличении доли листового проката с покрытием в общем объеме производства листовой стали. В промышленно развитых европейских странах она составляет примерно 40%, в США около 50%, Японии свыше 85%.

В России листового проката с покрытием выпускается свыше 1 млн.т в год. Это горяче- и электролитично- оцинкованный, гальвалом, алюминированный, с органическим покрытием, белая и хромированная лакированная жесь.

Казахстан производит холоднокатаный прокат с цинковым и алюмоцинковым покрытиями, а также электролитически луженую жесь.

В Украине производятся следующие виды листового проката с защитным покрытием:

на Мариупольском металлургическом комбинате холоднокатаные горячеоцинкованные листы и полосы;

на металлургическом комбинате ОАО «Запорожсталь» жесь горячего лужения (черная жесь);

на ОАО «Коминмет» (г. Днепропетровск) холоднокатанный оцинкованный лист;

на ОАО «Модуль» (г. Каменецк-Подольск) холоднокатаные полосы с органическим покрытием (краской).

Из металлов, наносимых на стальные полосы (здесь и в дальнейшем жесть не рассматривается), широко применяется цинк, алюминий и свинец в сплаве с оловом, обладающие хорошей адгезией (сцеплением). Наиболее высокими защитными и адгезионными свойствами обладают алюминиевые покрытия. Однако из-за технических трудностей получение недорогих и прочных алюминиевых покрытий преимущественно применяют цинкование полос [2].

Наибольший объем производства со значительным ежегодным приростом имеет оцинкованный листовой прокат, существенную часть которого составляет горячеоцинкованный лист – около 85-90% от общего объема производства оцинкованного листа.

Существуют различные методы, способы и приемы нанесения цинковых покрытий на стальные полосы. При их классификации и выявлении физико-химической сущности следует исходить из механизма образования покрытий. Основываясь на этом принципе можно выделить следующие основные методы нанесения покрытий: диффузионный, электролитический, металллизационный.

Диффузионный метод образования цинковых покрытий представляет собой процесс, происходящий при высоких температурах (380-850°C) и основанный на явлении диффузии. Диффузионный метод нанесения цинковых покрытий может осуществляться различными способами. Если активной фазой, содержащей диффундирующий элемент и участвующий в его переносе к обрабатываемой поверхности, является расплавленный цинк, то говорят о жидкофазном способе цинкования. В промышленности этот способ получил название «горячее цинкование» [3]. Выделение в некоторых публикациях метода нанесения металлических покрытий путем погружения различных изделий, в том числе и листового проката, в расплавы металлов (так называемый горячий метод или метод погружения) в самостоятельный необоснованно, так как нанесение металлических покрытий в расплавах металлов основано на явлении диффузии и этот метод должен быть отнесен к диффузионному.

Другим способом диффузионного цинкования, является парофазный способ, по которому обрабатываемое изделие помещают в контейнер с цинковым порошком и нагревают в течение определенного времени. Перенос диффундирующего металла (цинка) к обрабатываемой поверхности происходит посредством паровой фазы, образующейся при нагревании металла.

При диффузионном цинковании жидкообразным способом (в расплаве цинка) происходит взаимодействие стали с расплавленным цинком, в результате которого на поверхности стального изделия

образуется железцинковое соединение (фазы). При этом изменяются химический состав и структура поверхностного слоя стали.

Электролитическое цинкование заключается в нанесении цинковых покрытий на поверхность листового проката в растворах электролитов под действием электрического тока. Механизм электродных процессов при электролитическом цинковании следующий.

В гальванотехнике под электродами (катодами и анодами) понимают токопроводящие материалы, в основном металлы (в нашем случае сталь и цинк), на которых происходят электродные процессы. Суть электродных процессов при электролитическом цинковании заключается в протекании реакций окисления (на аноде – цинк) и восстановления (на катоде – сталь), сопровождаемых перетеканием электронов через внешнюю цепь и движением ионов цинка в электролите от анода к катоду.

Операции по нанесению покрытия на поверхность листового проката в большинстве случаев осуществляются на предприятиях изготовителях металлопродукции. При этом защитные покрытия наносятся в основном на холоднокатаный металл. Однако, в последние десятилетия защитные покрытия стали наносить и на горячекатаные полосы. По экономическим причинам целесообразно получить максимально возможную степень облагораживания металла уже на этапах производства, следующих за процессом горячей прокатки полос, и тем самым сразу иметь годную для продажи высококачественную продукцию [4]. При этом расширяется размерный сортамент листового проката с покрытием в сторону больших толщин (из возможностей непрерывно-травильного агрегата до 6-7 мм). Кроме этого, в связи с освоением производства горячекатаных особотонких полос толщиной менее 2 мм появляется возможность в ряде случаев заменить холоднокатаный листовой прокат с покрытием на соответствующих размерах горячекатаный с покрытием.

Из возможных способов нанесения покрытий для горячекатаных полос наиболее подходит погружение в расплав цинка, легированный добавлением небольшого количества алюминия.

В мировой практике облагораживание поверхности горячекатаных полос производится как на отдельно стоящих агрегатах горячего цинкования, так и на совмещенных (комбинированных) установках непрерывного травления и горячего цинкования [5-8].

Горячекатаные горячеоцинкованные полосы широко применяются в строительстве и в складском хозяйстве и уже сегодня с успехом заменяют горячеоцинкованные холоднокатаные. В перспективе горячекатаный оцинкованный листовой прокат может найти применение и в автомобилестроении.

Отметим, что в Украине горячекатаный листовой прокат с антикоррозионными покрытиями не производится.

Горячее цинкование стальных горячекатаных полос состоит из подготовки их поверхности к цинкованию и самого процесса нанесения цинкового покрытия.

Цель настоящей работы - разработать перечень необходимых мероприятий по подготовке поверхности горячекатаных полос к горячему цинкованию.

Изложение основных результатов работы. Подготовка поверхности горячекатаных полос перед цинкованием включает операции удаления окалины, ржавчины, жировых, механических и других загрязнений. Процесс цинкования заключается в погружении полосы в ванну с расплавленным цинком, выдержки в ней определенное время и извлечение из расплава. Формирование и регулирование толщины цинкового покрытия на полосе производится установкой «воздушных» или «газовых ножей». Обычно на практике все перечисленные операции подготовки поверхности и цинкования горячекатаных полос выполняются непрерывно в едином технологическом потоке.

Подготовка поверхности горячекатаных полос является важным этапом при цинковании. Хорошо подготовленная поверхность гарантирует полное взаимодействие стали с расплавленным цинком и сцепление цинкового покрытия с металлом. Опыт показывает, что значительная часть брака при цинковании в расплаве вызывается некачественной предварительной обработкой поверхности горячекатаных полос. Таким образом, подготовку поверхности горячекатаных полос перед цинкованием необходимо проводить тщательно, строго соблюдая последовательность технологических операций и их режим.

Горячему цинкованию могут подвергаться получаемые на станах горячей прокатки полосы толщиной 0,8..7,0 мм из углеродистых и низколегированных сталей.

Травление. Так как образование окалины при горячей прокатке металла – это неизбежный процесс, первой из операций подготовки поверхности горячекатаных полос перед цинкованием является травление. Состав, строение, толщина, равномерность распределения окалины по поверхности зависит от температуры, продолжительности окисления, содержания кислорода в окружающей среде и др.

В основном окалина состоит из оксидов железа, близких по составу к FeO (вюстит), Fe₃O₄ (магнетит) и Fe₂O₃ (гематит). Непосредственно на стали находится вюстит, затем располагаются магнетит и гематит. Вюстит имеет пористое строение и низкую прочность, магнетит и гематит, наоборот, обладают высокой прочностью и плотным строением. Часто приводимое в литературе соотношение фаз окалины на поверхности остывших горячекатаных полосах вюстит : магнетит : гематит = 95 : 4 : 1.

Удаление окалины можно проводить химическим (травлением) и механическим (дробеструйным или дробеметным) методами. Травление получило широкое распространение при подготовке поверхности полос

перед горячим цинкованием. Обычно травлением удаляют окалину и ржавчину с поверхности полос при подготовке их к цинкованию.

На практике для травления горячекатаных полос из углеродистых и низколегированных сталей применяют растворы серной и соляной кислоты. Сравнивая достоинства и недостатки травильных растворов на основе серной и соляной кислот, следует отметить, что поверхность металла после травления в растворах соляной кислоты получается более гладкой, чем после травления в растворах серной. Кроме этого, соляно-кислотное травление практически исключает перетрав металла.

Несмотря на то, что после травления в хвостовой части НТА, для удаления с поверхности остатков травильного раствора, шлама и других загрязнений, горячекатаные полосы подвергаются промывке в горячей и холодной воде, при цинковании на отдельно стоящем агрегате процесс очистки поверхности горячекатаных травленных полос от загрязнений необходимо производить заново.

Рассмотрим процессы подготовки поверхности горячекатаных травленных полос к горячему цинкованию на отдельно стоящем агрегате.

Горячекатаные травленные полосы, назначаемые на горячее цинкование, по точности геометрических размеров, серповидности, волнистости, коробоватости, качеству поверхности, микроструктуре, механическим и технологическим свойствам должны соответствовать требованиям соответствующих стандартов – ГОСТам 19903, 16523 и 4041. Качество поверхности горячекатаных полос должно соответствовать II-III группам отделки поверхности по ГОСТ 16523 для горячекатаного проката.

Поступающие на цинкование горячекатаные травленные полосы на своей поверхности имеют масляную пленку, жиры, остатки шлама солей железа (FeSO_4 или FeCl), механические загрязнения (металлические частицы, пыль и др.). FeSO_4 образуется при серно-кислотном травлении, FeCl – при соляно-кислотном. Промасливание полос после травления необходимо во избежание окисления их поверхности при промежуточном времени подачи на агрегат цинкования.

Очередность операций очистки и подготовки поверхности горячекатаных травленных полос к горячему цинкованию должна осуществляться в следующей последовательности: обезжиривание → промывка → декопирование → повторная промывка → цинкование.

Отметим, что в головной части агрегата горячего цинкования, поступающие с НТА рулоны горячекатаных травленных полос, перед обезжириванием подвергаются следующим технологическим операциям: размотке, обрезке передних и задних некондиционных концов полосы на гильотинных ножницах, сварке полос в непрерывную полосу и при необходимости обрезке боковых кромок на дисковых ножницах и их смотке на кромкоматалке.

Обезжиривание. Удаление масла, жиров и других загрязнений с поверхности, поступающих с НТА горячекатаных травленных поло (обезжиривание), может производиться путем химической или электрохимической обработки их в щелочных растворах, а также путем отжига, в процессе которого эти загрязнения сгорают (окисляются). В процессе обезжиривания, помимо жиров и масел, происходит удаление и других механических загрязнений (солей железа, мелких металлических частиц, пыли и др.).

Для обезжиривания широко используются водные щелочные растворы, содержащие едкий натр по ГОСТ 2263, тринатрийфосфат по ГОСТ 201 и жидкое стекло. Для уменьшения силы сцепления масла с поверхности полос в обезжиривающие растворы вводят поверхностно-активные вещества – эмульгаторы.

Для обезжиривания поверхности полос перед цинкованием применяют также термическую обработку, при которой производится выжигание жировых и органических загрязнений. Детально этот способ не рассматривается, так как его применение для подготовки поверхности горячекатаных травленных полос к цинкованию, по нашему мнению, нецелесообразно.

Остаточное количество загрязнений на поверхности горячекатаных полос после обезжиривания не должно превышать $200-250 \text{ мг/м}^2$ с двух сторон.

Промывка. Для удаления с поверхности обезжиренных горячекатаных полос остатков обезжиривающего раствора и травильного шлама производят сначала промывку горячей ($\sim 60^\circ\text{C}$) и холодной водой в щеточно-моющей машине, а затем окончательную струйную промывку водой под давлением более $4 \times 10^5 \text{ Мпа}$ в промывочной ванне.

После промывки осуществляют сушку полос горячим воздухом.

Декопирование. Декопирование или подтравливание – это обработка поверхности горячекатаных полос в водном растворе соляной кислоты (50 г/л) при температуре $18-20^\circ\text{C}$ в течение 5-6 мин [9]. Основное назначение этой операции – активация поверхности полос за счет стравливания возможных оксидных пленок.

Повторная промывка. Повторная промывка горячекатаных полос производится в ванне струйной промывки горячей и холодной водой, после которой производится сушка горячим воздухом. После сушки горячекатаные полосы направляются на цинкование.

Рассмотренный способ очистки должен обеспечить загрязненность поверхности горячекатаных полос перед цинкованием менее 40 мг/м^2 .

Заключение. Рассмотрены различные виды антикоррозионных покрытий и способы их нанесения на поверхность листовых сталей. Представлена сквозная технология подготовки поверхности горячекатаных полос под горячее цинкование.

1. *Andoh Atsushi*. // Iron and steel Inst., Jap. 2003, №1. – С.3-17.
2. *Коновалов Ю.В., Налча Г.И., Савранский К.Н.* – Справочник прокатчика. М.: Metallurgy, 1977. – 312 с.
3. *Проскуркин Е.В., Попович В.А., Мороз А.Т.* Цинкование. – М.: Metallurgy, 1988. – 287с.
4. *Состояние и тенденции развития в мировом производстве тарной жести, листового проката и гнутых профилей с различными видами покрытий.* – М., Обзор, «Информсталь», 1988. – №11. – 89 с.
5. *Новые технологии производства полос.* Innovative technologies for strip production / W.Bald, G.Kneppе, D.Rosenthal, P.Sudau. // Steel Times Int. – 2000. – 24. – №5. – Р.16-19.
6. *Направления развития тонких стальных листов с покрытием поверхности.* / Б.Шумахер, Филтхаукт К., В.Мюценборн и др. // Черные металлы. – 2002. – №12. – С.49-53.
7. *Новый способ горячей прокатки тонких полос.* / И.Грот, Л.Сьеревогель, М.Корнелиссен и др. // Черные металлы. Июль-август. – 2004. – С.36-42.
8. *Ангербауэр А., Бериль Й.* Комбинированные агрегаты травления и оцинкования горячекатаной полосы // Сталь. – 1999. – №7. – С.50-53.
9. *Комановский А.З.* Листопрокатное производство. – М.: Metallurgy, 1979. – 280 с.

*Статья рекомендована к печати
докт.техн.наук И.Ю.Приходько*

V.G.Ivanchenko

Підготовка поверхні гарячекатаних смуг під гаряче цинкування

Наведено короткий перелік видів листового металопрокату з антикорозійними покриттями. Розглянуто різні способи і методи нанесення цинкового покриття на поверхню металу. Представлено перелік необхідних технологічних процесів підготовки поверхні гарячекатаних смуг до гарячого цинкування.

Ключові слова: листовий металопрокат, антикорозійне покриття, поверхню гарячекатаних смуг, гаряче цинкування

V.G.Ivanchenko

Preparation of the surface of hot-rolled strips for hot-dip galvanized

A brief list of the types of sheet metal with anti-corrosion coatings. Various techniques and methods for applying a zinc coating on the metal surface. Presents a number of essential processes of surface preparation for hot-rolled strip galvanizing.

Keywords: sheet metal, corrosion-resistant coating, the surface of hot-rolled strip, hot-dip galvanized