



Стабилизирующее воздействие

Бесконтактный метод снижения вибраций стальной полосы в процессе нанесения гальванического покрытия

Олоф Сйоден, Петер Лофгрен, Ханс Солландер, Матс Моландер

Какое количество цинка необходимо наносить при цинковании? Если слой цинка слишком тонок, не будет обеспечено необходимое качество, защита стали будет недостаточной. Нанесение слишком большого количества цинка ведет к росту затрат вследствие повышенного расхода материалов, а конечная продукция оказывается более тяжелой, чем это необходимо.

Из-за сложности точного управления технологическим процессом цинкования зачастую приходится наносить покрытие с большим запасом.

Основной причиной этого является вибрация полосы, подвергаемой цинкованию. Частично решить эту проблему можно замедлением линии, что позволяет снизить вибрации, однако при этом приходится мириться со снижением производительности; другой вариант – мириться с колебаниями и связанными с ними издержками.

Компании АББ удалось разработать бесконтактный стабилизатор электромагнитного типа. Устройство, получившее название EM Stabilizer, характеризуется высоким быстродействием и точностью.

На линиях горячего цинкования (см. вставку 1) полоса металла, на которую наносится цинковое покрытие, протягивается через ванну с расплавленным цинком. На выходе из ванны излишки цинка удаляются с помощью, так называемого, воздушного шабера, при этом толщина покрытия сокращается до желаемой величины.

За счет снижения вибраций полосы работа воздушного шабера (удаление излишков цинка) становится более управляемой, что позволяет добиться большей равномерности толщины покрытия. Это, в свою очередь, позволяет уменьшить толщину покрытия, тем самым удовлетворяя важное требование потребителей стали, в особен-

ности, автомобилестроителей, для которых снижение веса, а тем более стоимости, представляет высокую ценность.

Вибрации на линии оцинковки возникают из-за несовершенства механических элементов линии. Эти дефекты могут быть в определенной мере устранены за счет контроля и регулярного обслуживания важнейших компонентов, таких как роликовые подшипники, и параметров установки, например, регулировки выходных валков. Однако полностью устранить эти дефекты невозможно, а их влияние усиливается при высокой скорости полосы и на длинных свободных участках полосы.

Применение таких мер, как увеличение натяжения полосы или установка демпфирующих устройств, например, воздушных амортизаторов, дает положительный эффект, однако существует потребность и в альтернативных решениях.

В компании АББ был разработан электромагнитный стабилизатор полосы (EM Stabilizer), который позволяет снизить вибрации и колебания полосы в месте прохождения воздушного шабера без непосредственного соприкосновения с полосой (см. вставку 2). За счет этого становится возможным более точное управление толщиной покрытия и повышение скорости работы линии.

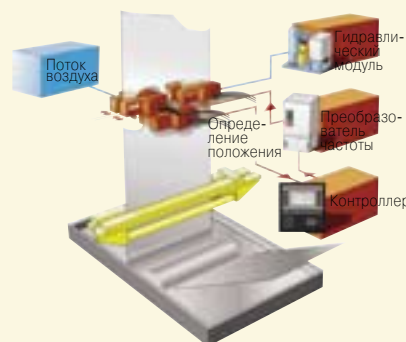
1 Горячая оцинковка

Покрытие стали цинком используется для защиты металла от коррозии. В процессе горячей оцинковки стальные полосы непрерывно пропускаются через установки цинкования, тогда как нанесение покрытия на детали машин, трубы и другую продукцию осуществляется погружением деталей в ванну с расплавленным цинком. На установке горячего цинкования слой цинка наносится на полосу путем пропускания предварительно разогретой полосы через ванну со скоростью до 200 м/мин. Толщина слоя цинка составляет от 5 до 50 мкм с каждой стороны в зависимости от вида и предназначения продукции.

Регулировка толщины покрытия осуществляется с помощью воздушного шабера, расположенного над поверхностью цинковой ванны. Воздушный шабер удаляет излишки цинка с поверхности полосы за счет выдувания воздуха под высоким давлением через узкое сопло над полосой. Толщина слоя на горячей полосе измеряется прибором, и данные передаются в блок управления воздушным шабером. Толщина слоя задается путем регулирования давления воздуха и расстояния между соплом и полосой. Выдерживание постоянного расстояния без колебаний позволяет получить покрытие постоянной толщины. На практике, однако, всегда имеют место отклонения от идеала: из-за несовершенства и дефектов механических элементов возникают вибрации, сталь различных марок ведет себя по-разному, кроме того, полоса может иметь статическую деформацию, за счет чего обеспечение постоянной толщины покрытия по всей ширине полосы оказывается затруднительным.

2 EM Stabilizer – принцип действия и реализация

Основными электрическими элементами нового устройства являются модуль с тремя преобразователями частоты для независимого управления тремя парами электромагнитов, блок управления с ПЛК (программируемым логическим контроллером), шесть электромагнитов и гидравлический модуль для подачи охлаждающей воды.



Устройство EM Stabilizer также снабжено несколькими датчиками положения с воздушным охлаждением, определяющими положение полосы в пространстве как функцию от времени. Работой стабилизатора можно управлять с панели ПЛК с функциями аварийной сигнализации и управления.

Стабилизатор действует за счет создания трех полустатических магнитных полей вблизи полосы. Датчики положения измеряют отклонение траектории полосы от оптимальной

и передают полученные данные в ПЛК. Частота вибраций полосы лежит обычно в диапазоне 1–10 Гц; алгоритм управления должен иметь значительно большее быстродействие, чтобы обеспечить демпфирование вибраций.

В состав устройства EM Stabilizer входит три пары электромагнитов. Каждая пара состоит из одного электромагнита, расположенного с передней стороны полосы, и второго – с задней стороны. Две верхние пары расположены так, чтобы покрывать левую и правую стороны полосы. Совместно они эффективно подавляют крутильные колебания и колебания первого порядка (в режиме струны). Третья пара расположена под двумя первыми на линии симметрии полосы. Основной задачей этой пары является компенсация статических деформаций полосы – обычно поперечного прогиба, а также гашения взмаховых колебаний.

Способ механической установки магнитов зависит от конкретной линии оцинковки. В целом, чем ближе к воздушному шаберу расположены магниты, тем эффективнее стабилизация полосы в зоне действия шабера.

Типичный электромагнит имеет габаритные размеры 800 × 200 × 200 мм и массу 200 кг. Каждый из магнитов состоит из железного сердечника с электрическими обмотками (пустотелыми медными секциями). Обмотки соединены последовательно, охлаждение их осуществляется деионизированной водой, циркулирующей по замкнутому контуру. Секции обмоток закрыты немагнитной аустенитной нержавеющей сталью. Датчики положения смонтированы на направляющей между двумя ярусами электромагнитов.

Производительность

Проект был инициирован поступившей от заказчика идеей применения электромагнитных сил в самом процессе удаления излишков цинка. Вполне естественно, что компания АББ, известная своим опытом в области электромагнитных устройств, была выбрана в качестве партнера, после чего был запущен совместный проект разработки.

Хотя электромагнитный метод снятия излишков цинка еще далек от промышленного применения, устройство электромагнитной стабилизации EM Stabilizer оказалось ценным побочным продуктом разработки.

В настоящее время обычно применяется избыток цинка в количестве от пяти до семи процентов, что обусловлено колебаниями толщины покрытия. Сокращение этого запаса всего на один процент позволит окупить установку системы EM Stabilizer менее чем за год.

Компания АББ совместно с заказчиками провела оценку возможностей устройства EM Stabilizer:

- повышение качества за счет нанесения более равномерного покрытия,
- повышение скорости работы линии,
- улучшение условий работы – воздушный шабер производит много шума, а сокращение вибраций полосы позволяет разместить шабер ближе к полосе, за счет чего становится возможным снизить давление воздуха и уменьшить шум,

1 Устройство EM Stabilizer разработки АББ

Над маркировкой «АВВ» видны три магнита в корпусе из нержавеющей стали. Между двумя ярусами магнитов видны датчики положения.



- снижение издержек: количество излишков цинка составляет 5–15 г/м² и соответствует 5–10% от общего расхода цинка в данном процессе.

После успешного завершения разработки совместными усилиями АББ и изготовителем стального проката SSAB на заводе SSAB Tunnpålat AB в г. Борлэнге (Швеция) было смонтировано первое устройство (рис. 1).

Результаты

Одним из положительных результатов снижения вибрации и компенсации статических деформаций стала возможность сокращения запаса по толщине цинкового покрытия. В настоящее время обычно применяется избыток цинка в количестве от пяти до семи процентов, что обусловлено колебаниями толщины покрытия. Сокращение этого запаса всего на один процент позволит окупить установку системы EM Stabilizer менее чем за год.

Если необходимости в снижении толщины покрытия нет, то без ущерба качеству можно повысить производительность установки.

Экспериментально показано, что устройство EM Stabilizer позволяет существенно снизить амплитуду вибраций (рис. 2а). Более того, значительно сокращается время затухания возмущений, возникших под воздействием внешних сил (рис. 2б).

В целом стабилизатор EM Stabilizer может окупиться менее чем за год.

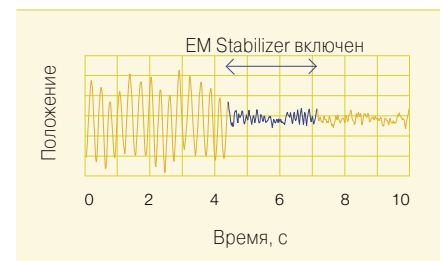
Снижение вибраций вблизи электромагнитов наблюдалось уже в течение первой недели после установки на заводе SSAB в Борлэнге. Например, из рис. 3 видно, что при включении стабилизатора на 15 секунд произошло снижение амплитуды вибраций в 2–3 раза. Еще более впечатляет то, что данные результаты были зарегистрированы еще до точной настройки системы.

К сентябрю 2005 года через устройство EM Stabilizer прошло более 100 км полосы, а показатели работы с тех пор стабильно улучшаются. Обеспечение достаточного демпфирования на трех магнитах (рис. 4а, б и в) позволило добиться впечатляющего снижения вибрации вблизи воздушного шабера – на 20% (рис. 4г). Кроме того, стабилизатор позволяет бороться с несимметричными вибрациями. Разница в амплитуде вибраций видна на рис. 4а и 4б. Дополнительный анализ данных измерений показывает, что устройство также позволяет уменьшить поперечный прогиб приблизительно на 40%.

С помощью толщиномера, установленного непосредственно на линии, были измерены колебания толщины цинкового покрытия по длине полосы (рис. 5 а, б). При включенном стабилизаторе колебания толщины могут быть снижены почти на 25%. В принципе такое снижение подразумевает, что в той же мере может быть сокращено количество излишков цинка, т.е. типичный запас по толщине, составляющий 5%, может быть со-

2 Вибрации полосы без стабилизации и со стабилизацией. Эксперименты проведены до поставки устройства компании SSAB:

а Положение при непрерывной работе

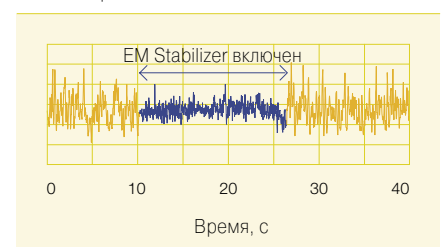


б Положение при испытании на подавление толчков

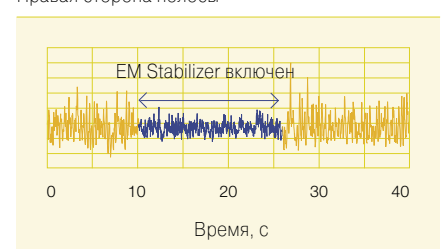


3 Вибрации полосы без стабилизации и со стабилизацией. Эксперименты проведены на заводе SSAB непосредственно после монтажа на линии.

Левая сторона полосы



Правая сторона полосы



крашен до 3,75%. Однако измерения с помощью толщиномера проводились лишь на нескольких полосах, и часть результатов указывала на меньшее снижение отклонений толщины. Становится ясно, что прежде чем снижать коэффициент запаса по толщине покрытия, необходимо накопить больше опыта.

Ожидается, что максимальная эффективность работы электромагнитного стабилизатора будет достигнута через несколько месяцев эксплуатации.

За этот период можно будет убедиться, что применение стабилизатора позволяет сократить расход цинка на 1% или более. Такое сокращение расхода означает значительную экономию для завода SSAB. В целом стабилизатор EM Stabilizer может окупиться менее чем за год.

Интерес к новому устройству, безусловно, растет. Более 20 крупных производителей стали во всем мире ожидать выпуска устройства для массового рынка, которое планируется начать во второй половине 2006 года. Монтаж следующего изделия по плану должен быть завершен к концу 2005 года. По некоторым оценкам, только в Европе новое устройство может быть с положительным эффектом установлено на более чем 100 современных линиях оцинковки. Во всем мире их в два раза больше, а в Китае ежегодно вводятся в строй новые линии.

Новый метод служит решением наболевших проблем в отрасли, где преобладают традиционные подходы. Разработанное устройство имеет значительный рыночный потенциал в качестве уникального узкоспециализированного изделия.

Сфера применения данного метода не ограничивается стабилизацией на участке воздушного шабера. В принципе, электромагнитная стабилизация может быть использована и на других участках линии горячего цинкования, а также в других установках обработки полосы. Интересной представляется идея применения метода на покрасочных линиях: электромагнитный стабилизатор может быть использован для ввода

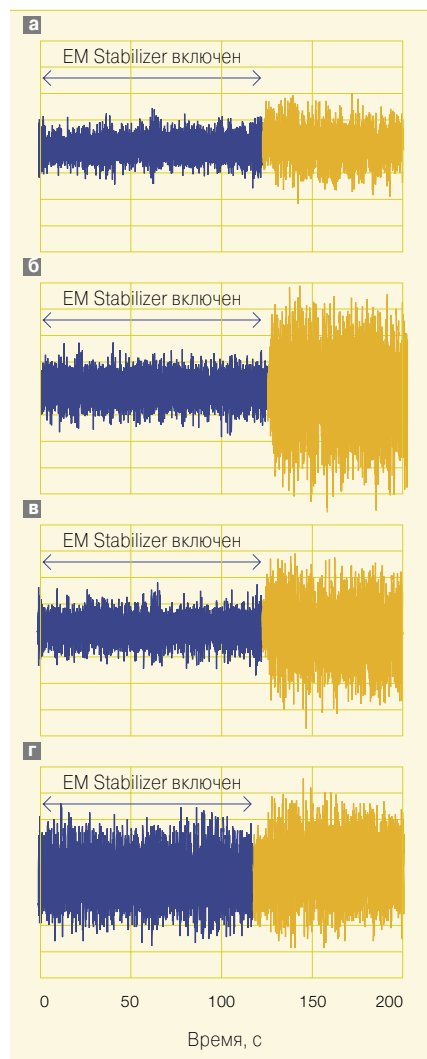
полосы через щели в сушильную камеру – в данном случае полоса не может быть подкреплена валками, а случайное соприкосновение полосы на входе или выходе из камеры может привести к снижению качества.

Выводы

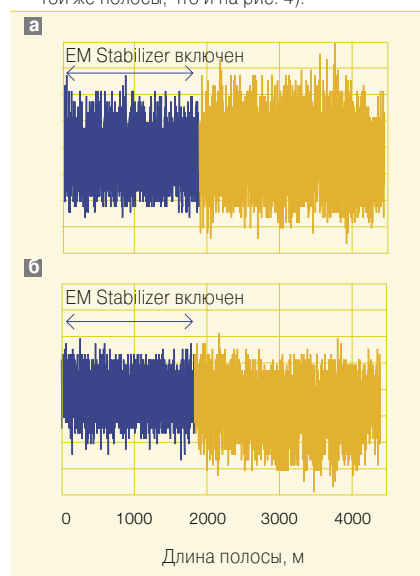
Создание компанией АББ устройства EM Stabilizer – результат большой исследовательской работы, в ходе которой было проведено несколько тысяч часов моделирования, внутрифирменные испытания, и наконец, контрольные испытания на заводе SSAB. Установка стабилизатора на предприятии SSAB продемонстрировала, что устройство позволяет заметно снизить перерасход цинка. Кроме того, был сделан вывод, что есть потенциал для дальнейшего существенного усовершенствования, поскольку параметры управления устройством, а также расстояние от катушек стабилизатора до воздушного шабера еще предстоит дополнительно оптимизировать.

Новый метод служит решением наболевших проблем в отрасли, где преобладают традиционные подходы. Разработанное устройство имеет значительный рыночный потенциал в качестве уникального узкоспециализированного изделия.

4 Вибрации вблизи: а) левого магнита, б) правого магнита, в) среднего магнита и г) воздушного шабера (на оси полосы).



5 Отклонения толщины цинкового покрытия, измеренные датчиком толщины горячей полосы на: а) передней стороне полосы и б) задней стороне полосы (данные для той же полосы, что и на рис. 4).



Олоф Сйоден

ABB Automation Technologies
Вестерос, Швеция
olof.sjoden@se.abb.com,

Петер М. Лофгрен

ABB AB, Corporate Research
Вестерос, Швеция
peter.lofgren@se.abb.com

Ханс Солландер

SSAB Tunnpått AB
Борлэнге, Швеция
hans.sollander@ssab.com

Матс Моландер

ABB AB, Corporate Research
Вестерос, Швеция
mats.molander@se.abb.com