

ВРЕМЯ ДЛЯ ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЯ

От закалки жидким металлом к технологии водородной закалки

Автор: Саша Эппенштайнер



Время чтения:
3' 50"

ВВЕДЕНИЕ

Закаленная стальная полоса находит применение в широком спектре: от товаров повседневного спроса до высокопроизводительного инструмента и элементов обеспечения безопасности. Требования к продукции - комплексные: от образования специальной структуры, максимально возможной однородности, точности допусков по прочности, включая сверхплоскостность и допуск на погрешность формы, до специального качества поверхности.

ТЕХНОЛОГИЯ

Непрерывное улучшение полос из нелегированной и низколегированной углеродистой стали и мартенситной хромистой стали в системах резкой закалки водородом или ваннах с жидким металлом добились успеха во всем мире.

В агрегате непрерывного улучшения стальной полосы происходит фазовое превращение нелегированных и низколегированных углеродистых стальных полос после аустенизации по следующим технологиям:

- В **мартенситной области** с процессами закалки, выравнивания и отпуска - применяется при изготовлении ручных и ленточных пил, камнепильных рам, дисковых пил, пружин, пружинящих пластинчатых клапанов, инструментов и т.п.
- В **бейнитной области** (бейнитизация) с изотермическим превращением в области бейнитного превращения и последующими печными агрегатами - применяется при изготовлении комплектующих с хорошей изгибчивостью и штампуемостью, таких как штамповочные ножи, линии резки/штампованные линии, прецизионные детали для автомобильной промышленности и т.п.
- В **перлитной области** (сорбитизация) с изотермическим превращением в участке сорбитного превращения - применяется при изготовлении пружин ремней безопасности для автомобильной промышленности, пружин для кабельных барабанов, высокопрочных спиральных пружин и т.д.

Нержавеющие стальные полосы (хром-мартенситы) подвергаются фазовому превращению в **мартенситной области** с процессом отпуска и служат для изготовления листовых пружин для компрессоров и охлаждающих агрегатов, инструмента, столовых приборов.

ДАЛЬНЕЙШИМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ПРИМЕНЕНИЯ ЯВЛЯЮТСЯ:

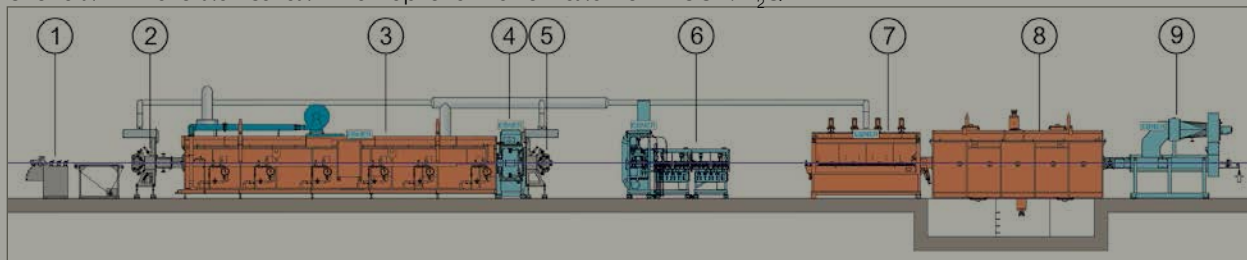
- **Циклы отжига для многофазных сталей** с градиентами закалки >200 К/с.мм и последующим превращением для производства двухфазных, комплекснофазных, TRIP, Q+P-сталей для применения в автомобильной промышленности.
- **Нормализующие отжиги** с уменьшенным градиентом охлаждения (< 25 К/с) для производства материалов „без фестонов“ (н-р, полоса для изготовления корпусов батарей).
- **Рекристаллизационные отжиги** н-р, LC-сталей с закалкой и последующим перестариванием.

Благодаря тщательно продуманным и гибким концептам оборудования существует возможность комбинировать несколько технологий на одном оборудовании. Это гарантирует очень экономичную степень использования оборудования.

КОНЦЕПТ ОБОРУДОВАНИЯ С ТЕХНОЛОГИЕЙ ЗАКАЛКИ HICON/H₂Q® ВОДОРОДОМ

Нелегированные/низколегированные полосы из углеродистой стали требуют очень высокой скорости закалки, которая в прошлом достигалась только при применении ванн с жидким металлом. Многочисленный опыт поставок охлаждающих ванн с жидким металлом с инновативной двухступенчатой закалкой был целиком переведен в метод газовой закалки и успешно утвердил себя на рынке в виде технологии HICON/H₂Q® (= High Convection (высокая конвекция) / H₂ Hydrogen Quench (закалка водородом)).

Схема линии светлой закалки на мартенсит с технологией HICON/H₂Q®



1. Устройство торможения ленты
2. Уплотнение на входе с интегрированной техникой безопасности
3. Печь аустенизации
4. Установка HICON/H₂Q® резкой закалки водородом
5. Уплотнение на выходе с интегрированной техникой безопасности
6. Участок охлаждения на мартенсит
7. Печь для разглаживания полосы
8. Отпускная печь HICON®
9. Струйный охладитель HICON® с защитным газом

Данная технология раскрывает перед пользователями оборудования многочисленные возможности для производства исконного сортамента продукции с улучшенным качеством поверхности, а также для его расширения новой требовательной продукцией и осуществления поставок в новые отрасли промышленности.

Применение свинцового/висмутового сплава в качестве закалочной среды полностью исключается. Что делает возможным производство абсолютно новой продукции премиум-класса - „стальной полосы, закаленной без свинца“ - применяемой в продовольственной, автомобильной и т.п. промышленности.

Экологические директивы или специальные требования клиентов, ограничивающие и так минимальные остатки свинца, больше не являются темой для обсуждения.

Закалка с применением водорода связана с **меньшими производственными издержками** по сравнению с закалкой в жидком металле, так как требует гораздо меньше изнашивающихся производственных материалов.

Водород нагнетается на полосу сверху и снизу посредством газоплотного высокопроизводительного циркуляционного вентилятора. Регулируемые и бесступенчато закрываемые специальные форсунки гарантируют сверхвысокую и равномерную скорость охлаждения и обеспечивают прекращение обдувания полосы в зависимости от температуры.

Газ охлаждается вторично в теплообменнике и направляется по кругу, то есть **требуемый объем свежего газа минимален**.

Уплотнения на входе и выходе выполнены в виде предохранительных уплотнений и интегрированы в концепт безопасности более высокого уровня.

В настоящее время такие возможно необходимые операции как шлифование или полирование можно не выполнять, т.к. на поверхности полосы не остается остатков свинца и материал сохраняет качественную холоднокатаную поверхность. При потребности в отшлифованной или полированной структуре поверхности ее достижение возможно с гораздо меньшими затратами.

Через закалочную секцию полоса проходит либо по горизонтали либо по вертикали, в любом случае без направления полосы. Что сводит риск разрыва полосы до „нуля“ и значительно **повышает**

готовность оборудования к работе.

Время реакции устройства закалки HICON/H₂Q® для переналадки эксплуатационных параметров во много раз короче, чем время реакции инертной охлаждающей ванны с жидким металлом. Это означает минимизацию длины скрапа после сварочного шва, обеспечивающую гораздо **более высокие объемы выпуска** продукции.

Благодаря специальному ведению процесса в закалочной системе и дополнительных агрегатах возможны также такие изотермические превращения как закалка на бейнит и сорбитизация.

Технологическим преимуществом в сравнении с охлаждающей ванной с жидким металлом является намного более короткий участок от выхода из закалочной печи через форсуночную систему (1я ступень охлаждения) до участка образования мартенсита (2я ступень охлаждения).

Возможна модификация этой второй ступени охлаждения с передовой **системой FLEXFLAT®**. В этой специальной корректирующей системе с помощью бесступенчато формоизменяющей охлаждающей пластины во время мартенситного превращения оказывается непосредственное воздействие на форму полосы. Так достигается легко воспроизводимая идеальная плоскостность.

Благодаря короткому времени реакции закалочного устройства HICON/H₂Q® и применению **формоизменяющей технологии охлаждающих пластин** (системы FLEXFLAT®) возможно комбинирование с системой измерения плоскостности полосы. Это обеспечивает быстрый доступ к параметрам плоскостности, а в будущем также автоматическую оптимизацию плоскостности полосы.

Комбинация этих двух технологий устанавливает новые масштабы в отношении достигаемого **качества поверхности, плоскостности и продуктивности**.



Закалочное устройство HICON/H₂Q® горизонтальной линии для закалки на мартенсит полос из нелегированной/низколегированной углеродистой стали и мартенситных хромистых сталей



Участок закалки на мартенсит с системой FLEXFLAT® для закалки полос из нелегированной/низколегированной углеродистой стали



Горизонтальная линия светлой закалки с технологией HICON/H₂Q® для закалки на мартенсит полос из нелегированной/низколегированной углеродистой стали и мартенситных хромистых сталей

Специализированная статья

Сравнение производительности и эксплуатационных издержек технологии HICON/H₂Q® по сравнению с технологией закалки в жидком металле на примере оборудования средних размеров (тип BVHg 65/25/1100 M).

Вид закалки	Закалка в ванне с жидким металлом (MMQ)	Закалочная водородная система HICON/H ₂ Q®	ПЛЮСЫ / МИНУСЫ HICON/H ₂ Q® по сравнению с MMQ	
Сравнение производительности				
Рабочие часы/год [ч/год]	7.000	7.500	500	
Средняя пропускная способность [кг/ч]	800	800		
Средний объем выпуска продукции [%]	90,4	96,1	на основе среднего наружного диаметра рулона 1500 мм	
Средняя производительность-нетто [ч/год]	5.060	5.769	709	14,0%
Сравнение эксплуатационных издержек (1й год)				
Стоимость расходных материалов в год [€/год] на тонну [€/т]	268.278 53,0	121.733 21,1	-146.546 €	
Стоимость энергоносителей (NG, H ₂ , N ₂ , смесь HN, электроэнергия) в год [€/год] на тонну [€/т]	258.557,7 51,1	339.476,3 58,9	80.919 €	
			-65.627 €	

МОДЕРНИЗАЦИЯ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Технология HICON/H₂Q® закалки водородом может быть интегрирована в действующее оборудование также в качестве замены охлаждающей ванны с жидким металлом. Возможна также интеграция данного концепта в оборудование других изготовителей, но для этого необходим точный анализ каждого конкретного случая применения.

Модернизация технологии водородной закалки представляет собой следующее:

- новое уплотнение на входе с интегрированной техникой безопасности
- различные компоненты для реконструкции печи аустенизации
- новое газонепроницаемое закалочное устройство HICON/H₂Q®
- новый газоплотный высокопроизводительный охлаждающий вентилятор с теплообменником
- новое уплотнение на выходе с интегрированной техникой безопасности
- новая вентильная стойка для распределения водорода/азота/охлаждающей/аварийной воды
- новое устройство регулирования давления водорода/азота
- соответствующее электрооборудование с функциями безопасности

В ходе такого модернизирующего проекта напрашивается оптимизация также других узлов оборудования.

При этом существуют следующие возможности:

- новая система роликоопор для печи аустенизации для получения улучшенных результатов поверхности материала.
- новый модульный участок образования мартенсита с бесступенчато формоизменяющей системой охлаждающих пластин (системой FLEXFLAT®) для достижения улучшения плоскостности.
- новая печь прямого электронагрева для разглаживания полосы для повышения температурной равномерности и улучшения результатов плоскостности, а также создания дополнительного пространства, т.к. в трубе обогрева горячим воздухом от печи аустенизации к печи разглаживания полосы больше нет необходимости.
- новая система роликоопор для печи отпуска для достижения улучшенных результатов поверхности и плоскостности материала.
- новая система измерения плоскостности в комбинации с гибкой системой охлаждающих пластин (системой FLEXFLAT®) для дополнительной оптимизации объемов выпуска продукции и реализации устройства обеспечения качества в линии.



Перевод действующего оборудования с закалкой в масляной ванне на оборудование с технологией закалки HICON/H₂Q для закалки на мартенсит полос из нелегированной и низколегированной углеродистой стали

ВЫВОДЫ

Существует обширный набор концептов оборудования и концептов модернизации для экономического производства выискательной продукции - закаленной стальной полосы - высшего качества.

Модульная конструкция оборудования позволяет комбинировать нескольких технологий на одном оборудовании, что делает возможным производство очень широкого сортамента продукции.