



ALD Vacuum Technologies

High Tech is our Business

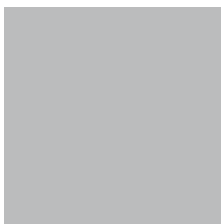
Вакуумный дуговой переплав (ВДП)

Технологии и установки



Вакуумный дуговой переплав (ВДП)

ALD является одним из ведущих поставщиков установок для вакуумного дугового переплава для производства специальных сплавов



12-тонная установка
ВДП производства ALD

Технология ВДП широко используется для повышения чистоты и улучшения структуры слитков, полученных в открытых печах или методом вакуумной индукционной плавки (они называются расходными электродами). Стали и сплавы, полученные в установках ВДП, а также титан и цирконий, и их сплавы применяются в большом количестве областей, где предъявляются высокие требования, и где огромное значение имеют чистота, однородность, высокая ударная вязкость и усталостная прочность готового продукта.

Области применения

- Авиакосмическая промышленность
- Энергетика
- Химическая промышленность
- Медицинская и атомная промышленности

Применение установок ВДП

- Специальные сплавы для авиакосмической промышленности
- Высокопрочные стали
- Подшипниковые стали
- Инструментальные стали (горяче- и холоднокатанные стали) для фрезерных головок, буровые коронки и т.д.
- Штамповые стали
- Переплав химически-активных металлов (титан, цирконий и сплавов на их основе) для авиакосмической и химической промышленности, строительства на шельфе и строительства реакторов

Преимущества установок ВДП & конструктивные особенности ALD

ALD имеет многочисленные положительные отзывы с производств благодаря самому высокому уровню автоматизации систем



10-тонная установка ВДП
производства ALD

Основные преимущества установок ВДП

- Удаление растворенных газов, напр. водорода, азота и СО
- Уменьшение содержания нежелательных микропримесей с высокой упругостью пара
- Получение направленной кристаллизации слитка снизу доверху
- Удаление макроликваций и уменьшение микроликваций
- Уменьшение примесей оксидов

Прочие преимущества

- **Удаление оксидов**
при помощи физических и химических процессов
- **Удаление нитридов**
Благодаря термическому распаду или восстановлению углеродом, содержащемуся в сплаве, и окончательное удаление через газовую фазу
- **Удаление стабильных неметаллических включений**
Некоторые включения (напр. карбонитриды титана и алюминия) удаляются во время плавки за счет флотации. Оставшиеся включения разбиваются и равномерно распределяются по поперечному сечению готового слитка.

Конструктивные особенности ALD

- Диаметр слитков до 1500 мм
- Вес слитка до 50 тонн
- Переплавление электрода происходит в вакууме при помощи дуги постоянного тока (электрод имеет отрицательный заряд, расплав положительный)
- Сила тока до 50 кА
- Вакуум в диапазоне: 1 - 0.1 Па (для некоторых случаев применения до 1000 Па)
- Система взвешивания электрода
- Прочная и свободно стоящая порталная конструкция
- Соосная система подачи тока.

Технологии и характеристики процесса

Глубокие знания ALD гарантируют высокую воспроизводимость процесса и отличное качество материала



12-тонная установка
ВДП производства ALD

Процесс ВДП заключается в непрерывном переплаве расходуемого электрода в вакууме при помощи электрической дуги

Основные этапы процесса

- Расходуемый электрод ВДП, полученный по технологиям ВИП, ЭШП, ЭЛП или ПДП, спрессованный из титановой губки, лома или кускового материала, или слитков от предыдущего переплава в печи ВДП
- Подача напряжения для зажигания дуги между электродом и донной плитой медного кристаллизатора, установленного в водяной рубашке
- Из-за высокой температуры, созданной дугой, начинает плавиться кончик электрода, и новый слиток образуется в кристаллизаторе
- Скорость плавления точно регулируется системой управления ВДП
- Во время переплава поддерживается высокий вакуум для удаления загрязнений и предотвращения образования оксидов
- Охлаждение слитка контролируется для получения направленной структуры.

ALD на протяжении многих лет усовершенствовала конструкцию установки ВДП в области компьютерного контроля и управления для:

- Ведения плавки в полностью автоматическом режиме
- Улучшения воспроизводимости металлургических характеристик

Направленная кристаллизация при вакуумном дуговом переплаве

Точный контроль скорости местной кристаллизации и температурного градиента на границе жидкого/твердого состояния



Для получения оптимальной структуры слитка ВДП требуется точный контроль местной скорости кристаллизации и температурного градиента на границе жидкого/твердого состояния.

Высокотемпературный градиент

Для получения направленной дендритной структуры необходимо поддерживать фронт кристаллизации на протяжении всего переплава.

Направление роста дендритной структуры

Совпадает с направлением температурного градиента, т.е. с направлением теплопередачи в момент кристаллизации, на фронте кристаллизации. Направление теплопередачи всегда перпендикулярно фронту кристаллизации или, в случае с изогнутым переходом, перпендикулярно к соответствующей касательной. Таким образом, направление роста дендритов зависит от профиля ванны расплава во время кристаллизации.

Профиль ванны расплава

Поскольку глубина расплава увеличивается по ходу плавки, угол роста дендритов относительно оси слитка также увеличивается. Без надлежащего контроля плавки ВДП сердцевина слитка может кристаллизоваться ненаправленно, т.е. равноосно, что приводит к образованию ликваций и микрораковин. Даже при направленной кристаллизации образование микрораковин увеличивается с увеличением расстояния между осями дендритов. Оптимальные результаты дает кристаллическая структура с дендритами, параллельными оси слитка.

Оптимальные скорости плавки

Для хорошей поверхности слитка требуется определенный расход энергии. Оптимальные скорости плавки и расход энергии зависят от диаметра слитка и марки материала, что означает, что невозможно всегда поддерживать низкие скорости плавки для слитков большого диаметра для получения параллельной оси кристаллизации.

Понимание и предотвращение дефектов кристаллизации

Металлурги согласны, что, несмотря на направленную кристаллизацию, в готовых слитках могут возникнуть такие дефекты как “годовые кольца”, “пятнистые ликвации” и “белые точки”. Эти дефекты в случае жаропрочных сплавов могут привести к выбраковке слитка.

Годовые кольца

- Распознаются при контроле макроструктуры травлением в виде более светлых колец
- Обычно представляют собой ликвации в виде кристаллов
- Мало влияют на свойства материала

Пятнистые ликвации

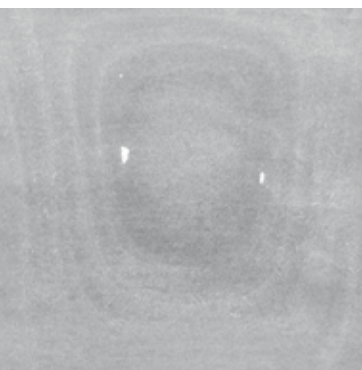
Пятнистые ликвации и белые точки имеют гораздо более сильный эффект на качество материала по сравнению с годовыми кольцами и могут являться причиной преждевременных разрушений дисков авиационных двигателей.

Белые точки

- Белые точки являются типичными дефектами слитков VAR. Они распознаются как более светлые пятна, выступающие на поверхности после травления.
- В них более низкое содержание легирующих элементов, например, титана и ниобия в сплаве Inconel 718

ALD уменьшает эти проблемы при ВДП благодаря точному и стабильному контролю скоростей плавки, дугового зазора и надежным источникам тока, созданным специально для этих целей.

Годовые кольца



Пятнистые ликвации



Белые точки



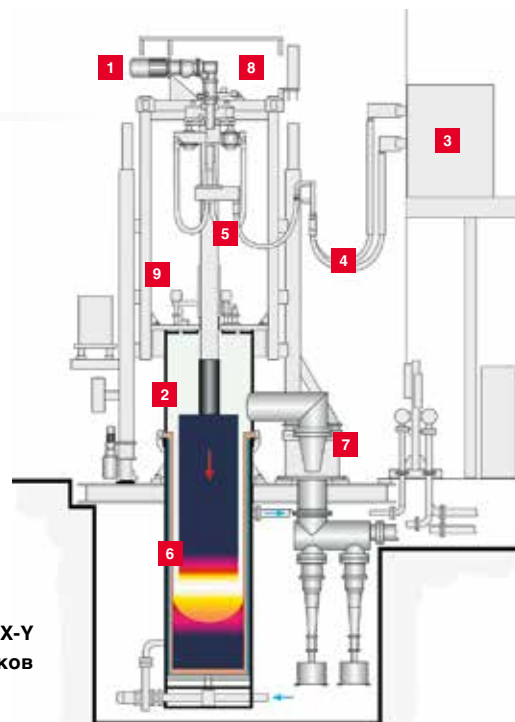
Как надо



Установки ВДП производства ALD, конструктивные особенности

Схема установки ВДП

- 1 Привод подачи электрода
- 2 Камера установки
- 3 Источник тока плавления
- 4 Шины/кабели
- 5 Электродная штанга
- 6 Водяная рубашка с кристаллизатором
- 7 Фланец вакуумной системы
- 8 Регулировка по оси X-Y
- 9 Система тензодатчиков



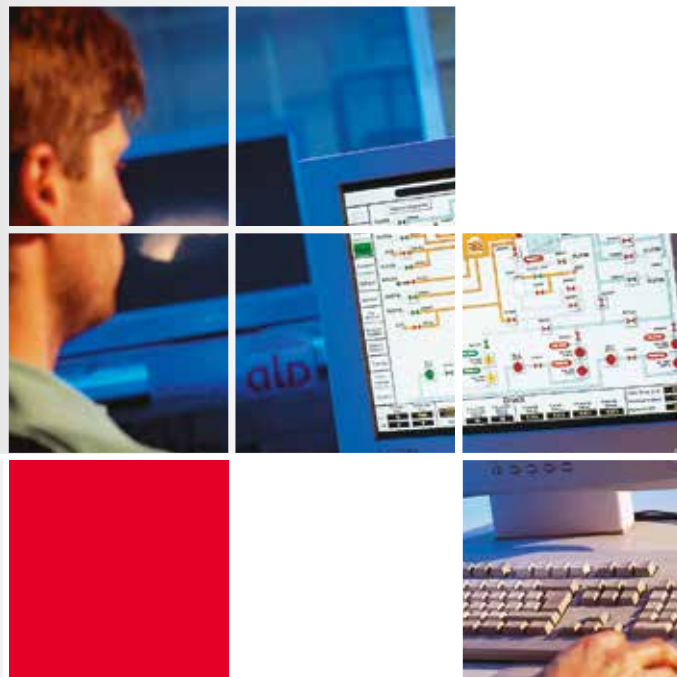
Конструктивные особенности установок ALD для ВДП

- Портальная конструкция верхней части установки обеспечивает простой монтаж платформы без прогиба опорной конструкции под нагрузкой. Постоянная центровка электрода.
- Надежная конструкция двойных электрических приводов для подачи электрода для очень точного контроля на малых скоростях во время переплава и больших скоростях во время загрузки.
- Пневматическое устройство для фиксации электрода/хвостовика с максимальной передачей напряжения к электроду.
- Установка имеет полностью соосную конструкцию, помогающую избежать перемешивания расплава из-за несимметричных паразитных магнитных полей.
- Источник тока компактной конструкции, с тиристорным или дроссельным управлением, специально созданный для быстрого отклика и точного управления подачей напряжения.
- Высокотехнологичная система взвешивания, включающая высокоточные тензодатчики с температурной компенсацией и алгоритмом скоростей плавки на основе статистического анализа.
- Полностью автоматическое управление установкой благодаря использованию защищенных паролем программ плавки, сохранённых на жестком диске, или загруженных с компьютера оператора.
- Возможно использование системы статистического анализа процесса (SPA) совместно с системой сбора данных на компьютере оператора в сочетании с опциональным компьютером сетевого администратора.



Контроль процесса ВДП

Автоматическая система Управления плавкой ALD является непревзойденной в мире по своей точности, воспроизводимости металлургических результатов и простоте в обращении



ALD гарантирует точный контроль всех параметров переплава ВДП для повторяемого производства однородных слитков, свободных от микроликваций и демонстрирующих направленную структуру кристаллизации и отличную чистоту

Автоматическая система контроля процесса, используемая на установках ВДП, на сегодняшний день отвечает самым строгим требованиям к качеству материала

Системы ALD для управления установками ВДП выполняют:

- Функции логического контроля
- Непрерывное взвешивание расходного электрода
- Регулирование параметров процесса по замкнутому контуру (напр. скорость плавки, дуговой зазор на основе напряжения или кол-во коротких замыканий)
- Сбор данных
- Управление данными

Коммуникация через шину или специальные интерфейсы компьютера оператора (OIP)

- Является мастером автоматической системы контроля плавки (AMC)
- Используется как интерфейс между оператором и процессом ВДП
- Служит для визуализации процесса, вывода параметров, графической информации и экранных кнопок для ввода команд оператора, редактирования и управления программами плавки, сбора и хранения данных, а также создания протоколов плавки.

- В качестве опции можно оснастить сетевым подключением Ethernet, которое можно использовать для передачи данных на другие компьютеры, подключенные к местной сети (напр. компьютер сетевого администратора, главный сервер заказчика и т.д.)

Программы плавки

- Установки ALD работают со стандартными параметрами переплава, сохранёнными в виде программ на жестком диске для получения слитков ВДП указанного диаметра и материала с воспроизводимыми результатами для гарантии его качества.

ALD Vacuum Technologies GmbH

Wilhelm-Rohn-Strasse 35

D-63450 Hanau, Germany

Телефон +49 (0) 6181 307-0

Факс +49 (0) 6181 307-3290

E-mail info@ald-vt.de

Internet www.ald-vt.com

Вы можете найти адреса всех наших партнеров по продажам и дочерних предприятий на сайте www.ald-vt.com.