

ЛАЗЕРЫ С МОДУЛЯЦИЕЙ ДОБРОТНОСТИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

С.Мюллер, РОФИН-СИНАР Лазер; s.mueller@rofin-ham.de, www.rofin.com

Лазер с модулированной добротностью с диодной накачкой компании Rofin-Sinar имеет множество применений: от очистки поверхности при подготовке к сварке до снятия кромок тонкопленочных элементов солнечных батарей. В основе его работы искусственное прерывание генерации с помощью оптического затвора. Новые лазеры серии DQ в версиях Standard, Premium и Premium+ различаются по мощности и конфигурации. Они работают в непрерывном и импульсном режиме. Длина импульсов варьируется в диапазоне от 15 до 400 нс.

Такие традиционные технологические методы обработки поверхности, как удаление покрытия, очистка, нанесение изоляции, ныне подвергаются изменениям. Пескоструйная обработка и химическое травление сталкиваются с растущей конкуренцией со стороны действия излучения лазера с модуляцией добротности (рис.1). Новые высокопроизводительные лазеры с лазерным затвором работают быстрее и надежнее. Кроме того, они оказывают щадящее воздействие на окружающую среду и экономят финансовые средства. В своих проектах ставку на данный метод и новый лазер с модулятором добротности фирмы «РОФИН» сделала компания «ТиссенКрупш Тайлоред Бланк». Ее представители считают продукт серии DQ фир-

мы «РОФИН» незаменимым при удалении металлического покрытия с высокопрочных листовых заготовок «Tailored Blanks».

Идея использования данной технологии и лазера с модуляцией добротности не новы. Ни лазер Nd:YAG с диодной накачкой, ни модуляция добротности не рассматриваются как революционные решения. Эти технологии применяют для лазерной маркировки и микрообработки материалов уже в течение многих лет. Но фирма-производитель лазеров «РОФИН» предложила новое решение. Это продукт серии DQ с высокой мощностью до 1000 Вт. Данные лазеры интересны пользователям для удаления покрытия, очистки и нанесения изоляционного материала.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРА

В основе работы лазеров с модулированной добротностью фирмы «РОФИН» лежит надежная технология твердотельного лазера с диодной накачкой (рис.2). Специальный режим модуляции добротности лазерного резонатора обеспечивает импульсный режим излучения. В резонатор вносятся дополнительные потери, препятствующие излучению. При этом лазерный пучок в режиме непрерывной генерации запирается оптически. Для этого в

ход лучей помещают активный оптический элемент, который понижает добротность резонатора, за это время инверсия населенности в активном элементе нарастает. Затем внесенные потери выключаются, и излучение, совпадающее с модой резонатора, усиливается. Сохраненная энергия выделяется в виде одного импульса. Затем ход луча снова запирается. Данный процесс повторяется, при этом длина импульса может варьироваться в диапазоне от 15 до 400 нс. Длительность импульса зависит от длины резонатора, пропускания выходного зеркала, частоты повторения импульсов. С помощью коротких импульсов данного типа достигаются пиковые мощности в импульсе, лежащие далеко за пределами 100-кратного увеличения по сравнению с лазером, работающим в режиме непре-

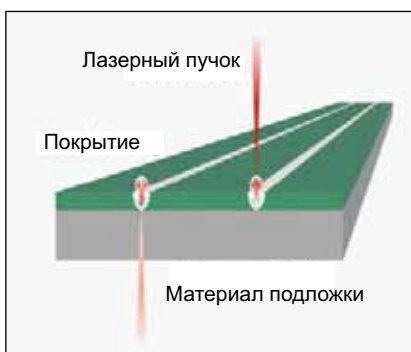


Рис.1. Удаление слоя покрытия по всему материалу подложки: снизу (типично для солнечной батареи) и сверху (типично для стали)

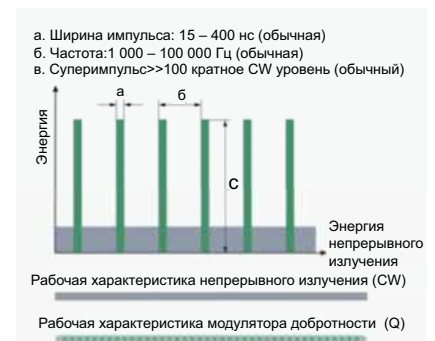


Рис.2. Принцип работы лазера с модулированной добротностью

рывного излучения. Возможно использовать частоты в диапазоне от 1 000 до 100 000 Гц.

ВЫСОКОПРОЧНЫЕ СТАЛИ И НАДЕЖНАЯ СВАРКА

Компания «ТиссенКрупп Тайлоред Бланкс» заинтересовалась лазерами с модуляцией добротности для обработки новых заготовок «Tailored Blanks» из марганцовистой борсодержащей стали. Марганцовистые борсодержащие стали используют в автомобильной промышленности для производства крепежа. Их предел прочности при растяжении после горячей обработки давлением во много раз превышает прочность традиционных марок стали. При том, что толщина заготовок из марганцовистой борсодержащей стали меньше, их прочность не стала хуже. Эти положительные эффекты используют в автомобильной промышленности. Снижение массы влечет за собой снижение расхода спирта-ректификата высшей очистки, а повышение прочности связано с обеспечением надежности при авариях. При этом листовые заготовки «Tailored Blanks» до настоящего времени не использовались. Но ситуация изменилась.

В настоящее время при горячей обработке давлением высокопрочных заготовок «Tailored Blanks» часть производителей используют покрытие из алюми-

ния и кремния. Такое покрытие необходимо для обработки высокопрочных листовых заготовок горячим способом. Он требует поддержания температуры выше 900°C в течение длительного времени. При таких температурах покрытие из цинка испаряется, и деталь не защищена от образования окалины и коррозии. Алюминий и кремний оказываются более стойкими к таким температурным режимам. В то же время алюминиевое и кремневое покрытия оказывают негативное воздействие на лазерную сварку листовых заготовок «Tailored Blanks», потому что в результате происходит смешивание в сварном шве основного материала заготовки и ее покрытия. Для устранения этого недостатка необходимо перед сваркой удалить покрытие в зоне сварного шва. Тогда перед технологами встает вопрос, каким образом это сделать?

В октябре прошлого года в адрес компании «ТиссенКрупп Тайлоред Бланкс» поступил запрос от одного из автомобилестроителей, которому требовались листовые заготовки «Tailored Blanks» из высокопрочной стали. Но при этом заказчик высказал озабоченность возникающей проблемой. Тогда компания «ТиссенКрупп Тайлоред Бланкс» обратилась за советом к специалистам по лазерам из гамбургской фирмы «РОФИН».

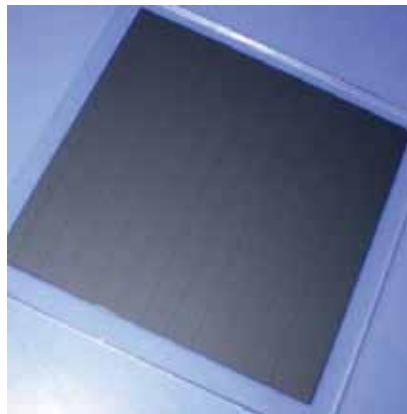


Рис.3. Изолированные кромки на тонкопленочном элементе солнечной батареи

Скоро стало понятно, что удаление любого вида металлического покрытия с листовых заготовок «Tailored Blanks» с помощью лазера с модуляцией добротности не представляет никакой проблемы. Только при проведении серии опытов и испытаний стало понятно, что необходимо правильно и четко определить особые требования к использованию лазеров в данных операциях. Линейные, свариваемые на соединение встык листовые заготовки должны обрабатываться на скорости подачи 10 м/мин и при ширине съема материала поверхности 1 мм. До этих пор обычно использовали стандартную пескоструйную обработку высокопрочных заготовок малыми сериями, и затраты на данную технологию воз-

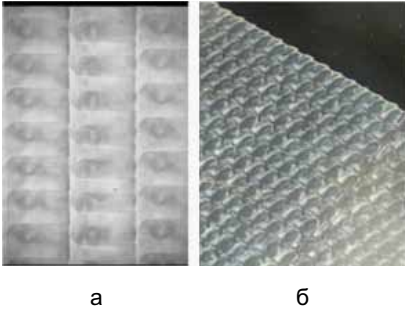


Рис.4. Результаты изолирования кромок на тонкопленочной солнечной батарее: а) сьем с новым волоконном квадратного сечения; б) сьем с волоконном круглого сечения

растали непомерно быстрыми темпам.

Йорг Маас, менеджер по финансам компании «ТиссенКрупш Тайлоред Бланкс» в Дуисбурге, говорит, что опыт работы с гамбургскими лазерами дал положительный результат. Это позволило выполнить все требования: от скорости обработки до ширины съема покрытия. С помощью лазера DQ, мощностью 450 Вт было найдено решение, оптимальное с экономической и технической точек зрения.

СНЯТИЕ КРОМОК ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

В фирме «РОФИН» работают над расширением диапазона применений своих лазеров. Другая область – это технология снятия покрытия в производстве элементов солнечных батарей (рис.3). За прошедшие годы рынок солнечных батарей отмечен высоким ростом, что в свою очередь ускорило их дальнейшее усовершенствование. И это началось задолго до того момента, когда разразилась международная шумиха по поводу глобального изменения климата и активной добычи энергии от солнечного излучения. Между тем расширилось применение так называемых тонкопленочных элементов солнечных батарей, толщина которых в 100 раз меньше толщины классических солнечных батарей.

Тонкопленочные элементы солнечных батарей чаще всего наносят методом осаждения из газовой фазы непосредственно

на подложку, например на стекло. Размеры батарей могут достигать нескольких квадратных метров. Но пластины солнечных батарей требуют обработки. Во-первых, от долговременного воздействия окружающей среды их защищает второе стекло. Необходимо добиться прочного соединения защитного стекла или пластмассовой пленки с материалом подложки. При изготовлении пластин толщина снимаемой по всему периметру солнечной батареи кромки варьируется от 10 до 20 мм в зависимости от производителя. Используемая до настоящего момента пескоструйная обработка оставляет после себя шероховатую поверхность, которая препятствует образованию надежного соединения и герметичной защиты двух стекол. К тому же, процесс удаления отходов песка сам по себе порождает новую проблему и поднимает затраты, поскольку сама операция по утилизации отходов дорогостоящая.

Кромки слоев солнечных батарей снимают, как правило, через несущее стекло с помощью лазера с модуляцией добротности на скорости более 50 см²/с. Наряду с комплексным снятием проводящих слоев одновременно наносят электрическую изоляцию поверхности. Теперь заготовка подготовлена наилучшим образом для качественного соединения со вторым защитным стеклом.

НОВАЯ ГЕОМЕТРИЯ ВОЛОКОН

То обстоятельство, что лазерное излучение твердотельных лазеров может проходить через оптические волокна, одно из главных преимуществ использования лазера. Это делает лазер очень удобным и гибким инструментом. При этом в настоящее время чаще всего используют стандартные волокна круглого сечения. При снятии слоев на солнечных батареях и листовых заготовках «Tailored Blanks» используют новые волокна квадратного сечения, оптимизирующие процесс обработки материала и обеспечива-

ющие ее высокую скорость. В классических областях применения лазерных затворов речь, как правило, идет об оптимальном снятии покрытий. Поэтому вместе с новыми квадратными волокнами «РОФИН» предлагает дополнительный инструмент, с помощью которого при одинаковом диаметре волокна можно обрабатывать большую до 51% площадь на один импульс. К тому же в зависимости от геометрии доля съема при импульсном перекрытии выглядит эффективнее (рис.4). Обработка возможна как с помощью прямого луча, так и с помощью сканера.

НОВАЯ СЕРИЯ DQ

В настоящее время в наличии представлены новые серии DQ в версиях Standard, Premium и Premium+, они различаются по мощности и конфигурации. Продукция Premium оснащена оптическим ослабителем, который обеспечивает стабильную настройку параметров во времени. Это ведет к дополнительному повышению точности и гарантирует тем самым высокую воспроизводимость результатов. Во всех версиях в корпус лазера можно интегрировать второй резонатор. Подобная компоновка позволяет уменьшить инвестиции в оборудование, удвоить производительность и облегчить интеграцию в существующую установку. Управление осуществляется в версиях Premium отдельно, так что в корпусе могут действовать два формально независимых друг от друга источника луча.

Есть множество других предполагаемых областей применения. Это необходимое удаление лаковых покрытий, активирование поверхности, отделение электропроводящих слоев друг от друга на плоских экранах для того, чтобы в нужный момент загорался правильный элемент изображения (пиксел). Все это и есть новые области применения, в которых в ближайшем будущем новые лазеры фирмы «РОФИН» найдут применение. ○