



АЛЬТЕРНАТИВА БУДУЩЕГО: ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ЛАЗЕРНАЯ НАПЛАВКА ИДЕТ НА СМЕНУ ТВЕРДОМУ ХРОМИРОВАНИЮ

О. Райкус, Laserline, Oleg.Raykis@laserline.de,

Т.Шопховен, Фраунгофер Институт, Институт лазерной техники (Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT)

Угроза введения в Европейском союзе запрета на твердое хромирование металлических компонентов способствует разработке новых технологий и инструментов нанесения покрытий. Промышленно опробованное газотермическое напыление доказало свою высокую гибкость, однако качество наносимых защитных слоёв недостаточно для многих областей этого процесса. Реальной альтернативой твердому хромированию и напылению является экстремальная высокоскоростная лазерная наплавка (EHLA), разработанная в институте Fraunhofer ILT с помощью компонентов Laserline.

На электростанциях и промышленных производственных установках металлические детали часто подвергаются значительным нагрузкам. Условия работы и производственная среда часто оказывают грубое воздействие на детали и приводят к их износу, коррозии и абразивному истиранию. Для предотвращения данного воздействия и для увеличения срока жизни высококачественных деталей наносятся, как правило, специальные покрытия. Поверхность токарных деталей, труб или рабочие стенки деталей покрываются полностью или в выбранных местах слоем из металла или керамических материалов. Это значительно увеличивает сопротивление деталей термическому воздействию и воздействию влажности, агрессивных химических сред, взвешенных веществ и обломков материала. Широко используемым стандартом для нанесения таких покрытий является так называемое твердое хромирование, технология гальванического покрытия, где заготовка погружается в ванну электролита хрома и покрывается слоем хрома. Эта технология позволяет также осуществлять частичное покрытие, т.е. – места, которые не должны быть покрыты, перед погружением в ванну изолируются.

УГРОЗА ЗАПРЕТА НА ХРОМИРОВАНИЕ ТРЕБУЕТ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

Несмотря на все преимущества твердого хромирования, будущее данной технологии находится в настоящее время под вопросом. Так как используемая в большинстве ванн для хромирования трехокись хрома (CrO_3) – также известная как шестивалентный хром (Cr^{6+}) – является

канцерогеном и занесена в 2013 Комиссией ЕС вместе с другими соединениями хрома в Приложение XIV Регламента REACH Европейского союза, регулирующего производство и оборот всех химических веществ, включая их обязательную регистрацию. Данный, широко обсуждаемый Регламент регулирует использование химических веществ и так называемых SVHC-веществ (особо опасные вещества) в соответствии с Приложением XIV. Их использование будет разрешено с сентября 2017 только при условии специального и ограниченного по времени допуска ЕСНА (Европейское химическое агентство). Процесс оформления допуска является весьма сложным и сопровождается большим количеством трудностей – так, например, должно быть доказано, что критическое вещество для конкретного случая использования не имеет альтернатив, и будет использоваться в надёжных условиях предосторожности. Сможет ли технология твёрдого хромирования, в частности, с использованием трехокиси хрома, обеспечить выполнение данных требований, не известно. Также большая неопределенность существует в обрабатывающей промышленности, которая безуспешно направила иск в Европейский суд против запрета на хромирование.

Учитывая данное положение дел, для компаний, которые специализируются на нанесении покрытий, не существует никаких альтернативных методов нанесения покрытий. Тот, кто и далее продолжит в одиночку бороться за выживание твёрдого хромирования, рискует своим существованием. Проблема, однако, ухудшается и тем, что ограничено количество не технически возможных решений, но и количество экономически целесообразных альтернатив, которых

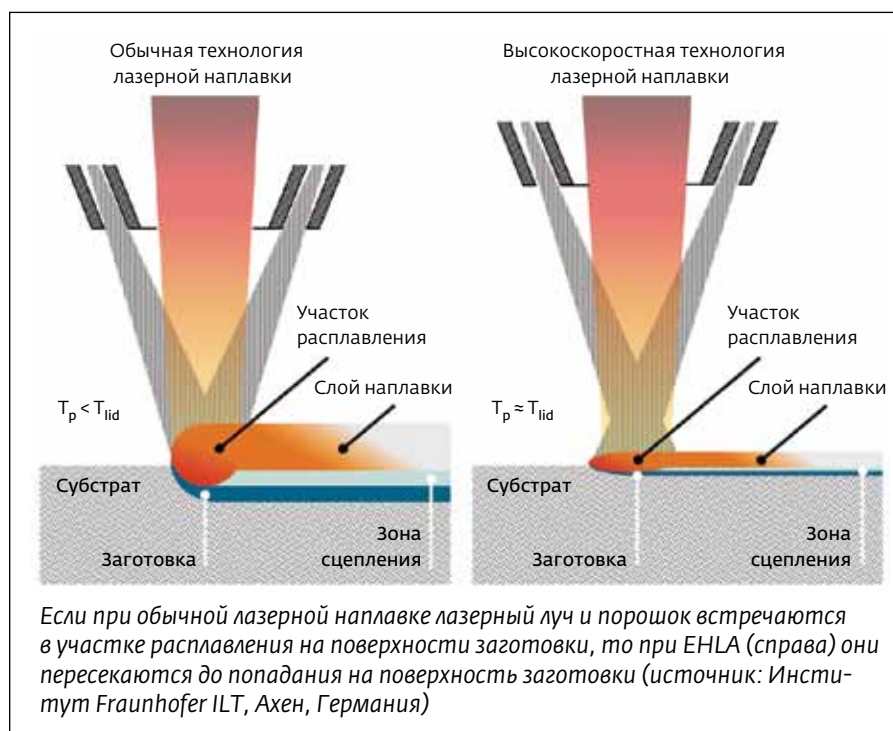
и так не очень много. Промышленно опробованной технологией является, например, термическое напыление (Thermal Spray), в котором покрывающие материалы используются в виде порошка. Порошок расплавляется в каждом распылителе и выбрасывается потоком газа на поверхность обрабатываемой детали, где частицы затем схватываются механически. Преимущество, этого способа – высокая гибкость, так как могут быть обработаны покрытия из различных материалов. Однако серьезным недостатком является нагрузочная способность наносимых покрытий: она значительно ниже вследствие сравнительно слабой механической связи между защитным слоем и заготовкой, чем для покрытий с помощью гальванизации. Как результат, напыленные покрытия отслаиваются гораздо быстрее. Кроме того, термически напыленные покрытия часто оказываются хрупкими и легко поддаются образованию трещин, которые при данной технологии сложно устранить. В результате покрытие частично становится проницаемым, что является недостатком, не характерным для твердого хромирования. Термически напыленные покрытия также часто имеют пористость в диапазоне от одного до двух процентов, что требует относительно большой толщины слоя. Таким образом, термическое напыление только в исключительных случаях может заменить гальваническое твердое хромирование.

В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ ВЫСТУПАЕТ ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ЛАЗЕРНАЯ НАПЛАВКА (ЕНЛА)

Лучшую перспективу на будущее имеет порошковая наплавка с помощью лазерного излучения – так называемая лазерная наплавка. При этой технологии нанесения слой материала, обычно металла, в виде порошка наносится на поверхность заготовки и сразу расплавляется вместе с поверхностью заготовки лазерным излучением. Результатом является пирометаллургическое сцепление покрытия и заготовки, срок жизни которого значительно превышает срок жизни термически напыленного покрытия и может даже превышать долговечность гальванических покрытий. Лазерные покрытия не имеют также пор и трещин, вследствие этого качественно превосходят термически напыленные покрытия. В промышленном применении данная технология внедрена, однако, пока только лишь частично. Этому предшествовали, главным образом, две причины: с одной стороны, технология лазерной наплавки может применяться пока только для толщины более 0,5 мм, что делает ее возможной только в некоторых областях (например, в нефтяной и газовой промышленности, в сельском хозяйстве или компонентах электростанций). С другой стороны, этот метод можно было использовать до сих пор только для покрытия со скоростью от 10 до 50 см² в минуту, что является

слишком медленным и в большинстве случаев экономически нецелесообразным для обработки крупных деталей метрического диапазона.

Что касается покрытия осесимметричных компонентов, то Институт Фраунгофера для лазерных технологий (Fraunhofer ILT) нашел способ устранить недостатки технологии лазерной наплавки. Серия экспериментов, проведенных в институте Fraunhofer ILT на модернизированном токарном станке с использованием диодного лазера Laserline LDF-4000-8 с преобразованием излучения, показала, что для наплавки сваркой на коррозионностойкие никель-хромовые сплавы ("инконель 625") могут быть достигнуты экстремально





Покрытие поршня с помощью технологии экстремальной высокоскоростной лазерной наплавки (источник: Институт Fraunhofer ILT, Ахен, Германия)

высокие скорости нанесения покрытия до 200 м² в минуту. В результате площадь примерно в 500 см² покрывалась слоем толщиной 20 мкм в минуту. В общем, с помощью данной, запатентованной Fraunhofer ILT технологии, может быть реализована экстремально высокоскоростная лазерная наплавка (ЕНЛА) значительно более тонких слоёв от 10 до 250 мкм. Поэтому технология может использоваться в будущем для нанесения тонких защитных слоев.

Секретом такого большого увеличения скоростей обработки является, с одной стороны, повышение интенсивности лазера путем уменьшения диаметра фокуса: стандартный до этого диаметр в 2–3 мм теперь составляет менее 1 мм. С другой стороны, по-новому отрегулированная позиция лазерного излучения и потока газа, несущего порошок: если при обычной лазерной наплавке лазерный луч и порошок встречаются в участке расплавления на поверхности заготовки, то при



Покрытие с помощью технологии экстремальной высокоскоростной лазерной наплавки и прошедший последующую обработку поршень (источник: Институт Fraunhofer ILT, Ахен, Германия)

ЕНЛА они пересекаются до попадания на поверхность заготовки (рис.1). При более ранней встрече порошка газового потока с сфокусированным лазерным лучом все почти без исключения металлические частицы расплавляются уже до контакта с обрабатываемой деталью, а не в участке расплавления на поверхности заготовки. В результате этого расплавленным частицам необходимо просто коснуться

участка расплавления для получения желаемого металлургического соединения. Благодаря этому, заготовки могут быть гораздо быстрее перемещены под лазерным лучом и газовым потоком, чем в обычных условиях. В то же время требуется значительно меньше энергии лазерного излучения, чем ранее для обеспечения участка расплавления и плавления порошка: в то время как обычная технология лазерной наплавки требует 4 до 20 кВт мощности лазера, то при ЕНЛА достаточно в большинстве случаев 2–4 кВт. Технология является, таким образом, более эффективной и как результат не требует мощных и дорогостоящих лазерных источников, что является экономически очень выгодным с точки зрения инвестиций и эксплуатационных расходов. Процесс покрытия обладает чрезвычайной стабильностью и обеспечивает покрытие с высоким качеством поверхности, что только в ограниченной степени требует дальнейшей обработки поверхности.

Новая высокоскоростная технология лазерной наплавки, превосходящая по эффективности технологию термического напыления, представляет собой серьезную альтернативу твердому хромированию в будущем. В начале 2016 года сдана в эксплуатацию первая установка наплавки, реализующая запатентованную Институтом Fraunhofer ILT технологию высокоскоростной лазерной наплавки и компоненты Laserline. Так как интерес к данной технологии очень большой, то в ближайшем будущем ожидается ввод в эксплуатацию других установок наплавки. Первоначально спроектированная только под покрытие осесимметричных компонентов, в перспективе ЕНЛА также будет расширена под покрытие деталей других форм. Laserline и Fraunhofer ILT намерены продолжать сотрудничество по данному направлению и будут разрабатывать новые технологии для различных условий обработки.