

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

УДК 621.375.826

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Н.В. Спиридонов, И.О. Соколов

Белорусский национальный технический университет, Минск;

М.В. Нерода

УО «Брестский государственный университет», Брест;

А.А. Баркун

ПО «Минский тракторный завод», Минск

В последнее время все более широкое применение находят технологические процессы упрочнения, основанные на использовании концентрированных потоков энергии.

К ним относятся лазерная, плазменно-дуговая, электронно-лучевая, электроимпульсная, ионно-вакуумная обработка, плазменное и детонационное напыление, ионная имплантация. Эти методы связаны с непосредственным использованием направленных потоков энергии и физических полей и позволяют по-новому решать задачи по повышению эксплуатационных характеристик поверхностных слоев изделий, уровня автоматизации производства и производительности труда, снижению энерго- и металлоемкости, расхода дефицитных материалов.

К основным особенностям этих технологий относятся высокая концентрация энергии, вводимой в зону воздействия; локальность и прецизионность обработки при существенно меньших суммарных энергозатратах. За счет этого достигается возможность сокращения и совмещения отдельных видов обработки.

Практическое отсутствие инструмента в этих технологиях, а следовательно, и его износа, а также механического контакта с обрабатываемой деталью обеспечивает мобильность в управлении, возможность широкого регулирования режимов обработки в сочетании с простотой позиционирования деталей. Это преимущество дает широкую возможность использования указанных технологий в таких прогрессивных видах современного оборудования, как обрабатывающие центры, роторные линии, робототехнические комплексы, гибкие и автоматизированные системы.

Направленное изменение физико-механических свойств поверхностного слоя позволяет на качественно новом уровне решать одну из важнейших задач – обеспечение максимально возможной поверхностной

прочности изделий. Как известно, практически почти все процессы, приводящие к отказам изделий – износ, коррозия, усталостные явления – начинаются с поверхности и определяются свойствами относительно тонкого поверхностного слоя.

Концентрированные потоки энергии применяются для упрочнения и восстановления деталей машин как в отдельных технологиях (таких как лазерная закалка, легирование, наплавка), так и в комплексных технологиях (напыление с последующей лазерной обработкой и т.п.).

Эти методы существенно расширяют границы использования упрочняющей и восстанавливающей технологий в отношении как упрочняемых материалов, так и материалов покрытий. Расширяется диапазон упрочняемых деталей (по массе, конфигурации), изменяются требования к точности, структуре и составу основы.

В настоящее время наиболее широкое распространение получили такие источники концентрированной энергии, как плазма дугового разряда, микроплазма и электронный луч, характеризующиеся высокой интенсивностью. Применение этих источников позволяет проводить поверхностную термообработку деталей. Однако наряду с достоинствами каждый метод имеет ряд существенных недостатков, так, в частности, при плазменной наплавке неуправляемые колебания дугового разряда и образование валиков значительно ухудшают качество упрочненной поверхности, что приводит к увеличению объема последующей механической обработки и снижению коэффициента использования материала. Упрочнению электронным лучом присущи такие недостатки, как необходимость проведения обработки в вакууме и длительность процесса вакуумирования, наличие жесткого рентгеновского излучения, чувствительность электронного пучка к воздействию внешнего магнитного поля, трудности при обработке внутренних и сложных поверхностей, невозможность обработки диэлектриков и обслуживания нескольких постов одним источником, что сдерживает его применение.

Лазерное излучение является эффективным источником концентрированной энергии и характеризуется рядом уникальных свойств: высокой монохроматичностью, значительной степенью временной и пространственной когерентности, узкой направленностью своего распространения. Благодаря когерентности лазерное излучение может быть сфокусировано в пятно с очень высокой плотностью потока энергии.

В зависимости от интенсивности и длительности воздействия различают следующие стадии взаимодействия излучения с материалом при лазерной обработке: подвод лазерного излучения, поглощение светового

потока и передача его энергии твердому телу, нагрев материала без видимого разрушения, расплавление материала, испарение и вымывание продуктов разрушения, остывание материала после окончания лазерного воздействия. Как показали многочисленные эксперименты и теоретические расчеты, при плотностях потока энергии, обеспечивающих плавление твердого вещества, характерные особенности лазерного излучения практически не влияют на процесс взаимодействия с металлами. Главную роль в создании необходимой зоны нагрева для обработки играют только энергетические характеристики: энергия, мощность, пространственная плотность энергии и мощности, длительность импульса излучения или время воздействия, структура излучения по пространству и времени, физические свойства обрабатываемого материала (коэффициент отражения поверхности, длина волны излучения, температуропроводность, теплопроводность, удельная теплота плавления и испарения, температура плавления и испарения, плотность материала и т.п.).

Процессы, происходящие при лазерном воздействии, определяются в основном теплофизическими свойствами обрабатываемых материалов и величиной энергосклада. Регулируя плотность мощности излучения и время воздействия при конечных величинах теплопроводности обрабатываемых материалов, можно задавать любые энергетические условия. При сравнительно низкой плотности потока (до 10^3 Вт/см²) лазерное излучение служит, в основном, для локального нагрева поверхности металлов без оплавления. С повышением значения этой величины примерно до 10^6 Вт/см² начинается плавление, а при плотности мощности излучения, превышающей 10^8 Вт/см², металлы разрушаются вследствие испарения. Скорости нагрева и охлаждения при этом на несколько порядков выше, чем в широко распространенных процессах термообработки, и составляют $10^5 \dots 10^6$ град/с. Благодаря этому скорость прохождения критических точек и температурных интервалов, в которых в сталях и сплавах совершаются структурные превращения, приближается к предельным скоростям протекания собственно процессов.

Особенности концентрированных потоков энергии позволяют осуществлять различные процессы размерной и упрочняющей обработки; выполнять поверхностную обработку без разогрева внутренних слоев материалов и объемного нагрева деталей; избегать нежелательных структурных превращений и деформаций основы; управлять структурообразованием – влиять на качественный и количественный состав, объемную плотность и дисперсность вторичных фаз, фиксировать метастабильные структуры, выявляя предельные свойства материалов,

потенциально заложенные в их природе; проводить локальную обработку отдельных участков поверхности материала; обрабатывать труднодоступные участки поверхности деталей любой конфигурации; автоматизировать процесс упрочнения; при обработке лазером обслуживать несколько постов одной установкой как одновременно, так и со сдвигом во времени.

Технологические особенности КПО позволяют значительно расширить диапазон использования упрочняющих методов, решать задачи, которые ранее вообще не могли быть выполнены при помощи традиционных методов нагрева. Применение лазерного излучения для получения защитных покрытий дает возможность придать упрочняемым поверхностям заданные свойства и геометрические параметры за счет использования различных материалов и режимов, сохранив при этом все достоинства метода локальной обработки.