

физиологии НАН Беларуси совместно с исследовательскими и производственными возможностями предприятий Шанхая и Чанчуня позволят разработать и наладить серийное производство современных устройств регистрации электрической активности сердца. Сухие электроды с превосходными характеристиками и более удобным управлением будут играть все более и более важную роль в ежедневном мониторинге биоэлектрических сигналов сердца в различных отраслях здравоохранения.

УПРАВЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННЫМ СОСТОЯНИЕМ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Девойно О. Г., Пилипчук А. П.

Белорусский национальный технический университет,

Военная академия Республики Беларусь

vikmech@mail.ru

Аннотация. При лазерной обработке в деталях возникают остаточные напряжения, которые достигают значительных величин и в сумме с воздействующим внешним напряжением формируют результирующее напряженное состояние. Управлять величиной, знаком и характером распределения остаточных напряжений можно изменяя режимы лазерной обработки. Обоснована необходимость исследования и выявления закономерностей процесса формирования напряженно-деформированного состояния при лазерной обработке.

摘要。在激光处理过程中，工件中会出现残余应力，这些残压达到相当大的数值，与施加的外部应力一起，形成所产生的应力状态。残压分布的大小、符号和性质可以通过改变激光处理模式来控制。研究和揭示激光加工过程中应力应变状态形成过程的规律性的必要性已经得到证实。

При обработке поверхности высококонцентрированными источниками энергии в результате неравномерного нагрева, высоких скоростей охлаждения зоны обработки и изменения объемов материала вследствие температурного расширения возникают остаточные напряжения. Остаточные напряжения достигают значительных величин и в сумме с воздействующим внешним напряжением формируют результирующее напряженное состояние, являясь причиной образования трещин (рис. 1).



а



б

Рисунок 1 – Трещины в покрытии при газотермическом напылении (а), при селективном лазерном плавлении (б).

В работах [1–3] обоснована целесообразность создания в металлических материалах на определенных участках областей остаточных напряжений, равных по величине и противоположных по знаку напряжениям, которые возникают на этих участках при действии эксплуатационных нагрузок. Реализация данного подхода позволяет повысить жесткость или величину допустимых нагрузок, снизить материалоемкость изделия. Для создания зон с требуемым уровнем остаточных напряжений используется локальный лазерный нагрев, в том числе и с изменением химического состава материала. Управлять величиной, знаком и характером распределения остаточных напряжений можно, изменяя режимы облучения (импульсный, непрерывный, мощность, время), топографию размещения зон нагрева, применяя различные материалы. Отмеченные факторы являются методологической основой перспективного направления лазерной технологии – бесконтактного лазерного деформирования (laser beam forming, contactless laser deformation) деталей в результате локального поверхностного нагрева. По сути появляется возможность с помощью лазерной обработки создавать в металлических материалах структурные ребра жесткости (рис. 2). Данный подход можно рассматривать как способ формообразования, не требующий использования штампов. На рис. 2б представлен результат эксперимента по бесконтактной лазерной деформации диска из стали толщиной 6 мм и диаметром 220 мм. Деформация по внешнему контуру составила 3 мм.



а



б

Рисунок 2 – Образцы, полученные бесконтактной лазерной деформации

Для широкого внедрения перспективных технологий необходимы исследования закономерностей процесса формирования напряженно-деформированного состояния при лазерной обработке. Эффективным способом исследования процесса формирования остаточных напряжений в настоящее время является математическое моделирование на основе решения задач теории упругости и пластичности. Под воздействием неоднородного температурного поля в теле возникают радиальные и окружные напряжения. На основе известных методик выполнен расчет радиальных и окружных упругих напряжений, возникающих при нагреве диска. Результаты расчетов показывают, что на этапе нагрева в образцах возникают окружные напряжения, превышающие предел текучести для среднеуглеродистых сталей, т. е. возникают пластические деформации. Полученные результаты получили подтверждение при выполнении эксперимента по бесконтактной лазерной деформации образца толщиной 1,5 мм и диаметром 135 мм.



Рисунок 3 – Поверхности образца в результате деформирования

Бесконтактное деформирование деталей в результате локального поверхностного нагрева позволяет повысить жесткость, снизить материалоемкость изделия в результате создания в металлических материалах на определенных участках областей остаточных напряжений.

Список используемых источников

1. Лукьяненко, С. А. Методы моделирования температурного поля при бесконтактной лазерной деформации пластины / С. А. Лукьяненко, И. Ю. Михайлова // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2014. – № 1 (89). – С. 182–187.
2. Лазерні технології та комп'ютерне моделювання / Під. Ред. Л. Ф. Головка, С. О. Лук'яненка. – К.: Выстка, 2009. – 296 с.
3. Non-contact sheet forming using lasers applied to a high strength aluminum alloy / R. H. M. Siqueira [et al.]// Journal of Materials Research and Technology. – 2016. – № 5(3). – P. 275–281.