

ЛАЗЕРНЕ ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ
ЛАЗЕРНОЕ УПРОЧНЕНИЕ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ
LASER STRENGTHENING OF WORKING SURFACES OF PARTS

Науковий керівник – доц. каф. «Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства»

Клименко М. М., Клименко Н. Н., Klimenko N. N.

Бакалавр - Кірієнко П. Є., Кириенко П. Е., Kirienko P. E.

Анотація: В даний час неможливо уявити виготовлення деталей без фінішної зміцнюючої обробки. З її допомогою можна підвищити характеристики міцності будь-якого металу. Залежно від складу і призначення заготовки, її можна піддавати різним видам зміцнюючої обробки таким, як: отжиг, гарт, старіння і хіміко-термічна обробка, а також поверхневе зміцнення лазером. У нашій статті мова піде про лазерному наклепу поверхні титанових сплавів.

Ключові слова: навіщо потрібно лазерочное зміцнення, вакуумний відпал титану, лазерний наклеп, «бомбардування» металевої поверхні, опис роботи лазера, переваги лазерного зміцнення.

Аннотация: В настоящее время невозможно представить изготовление деталей без финишной упрочняющей обработки. С её помощью можно повысить прочностные характеристики любого металла. В зависимости от состава и назначения заготовки, её можно подвергать разным видам упрочняющей обработки таким, как: отжиг, закалка, старение и химико-термическая обработка, а также поверхностное упрочнение лазером. В нашей статье речь пойдет о лазерном наклёпе поверхности титановых сплавов.

Ключевые слова: зачем нужно лазерочное упрочнение, вакуумный отжиг титана, лазерный наклёп, «бомбардировка» металлической поверхности, описание работы лазера, преимущества лазерного упрочнения.

Annotation: At present, it is impossible to imagine the manufacture of parts without finishing hardening. With its help, you can increase the strength characteristics of any metal. Depending on the composition and purpose of the workpiece, it can be subjected to various types of strengthening processing such as annealing, quenching, aging and chemical-thermal treatment, as well as surface hardening by laser. In this article we will discuss the laser coating of titanium alloy surfaces.

Key words: why laser hardening is necessary, vacuum annealing of titanium, laser incrustation, "bombardment" of the metal surface, description of laser operation, the advantages of laser hardening.

Изделия из титана чаще всего применяются в авиа и ракетостроении. Например, наиболее трудоемким является производство моноколес, представляющих собой диск с лопастями для забора воздуха, а так же изготовления отдельных лопаток. Всем известно, что остаточные напряжения после проточки лопастей, могут согнуть лопатки, приведя изделие в негодность. А так как титан металл не из дешевых, то такой брак, нанесет серьёзный ущерб предприятию. Для снятия остаточных напряжений применяется термическая обработка готовых изделий и лазерный наклёп для увеличения прочности поверхности.

Для снятия напряжений чаще всего изделия из титана подвергают отжигу. Широко применяется вакуумный отжиг, который позволяет уменьшить содержание водорода в титановых сплавах, что приводит к уменьшению склонности к замедленному разрушению и коррозионному растрескиванию. Для снятия небольших внутренних напряжений применяют неполный отжиг при 550–650 град. Титановые сплавы имеют низкое сопротивление износу и при использовании в узлах трения обязательно подвергаются либо химико-термической обработке, либо лазерному наклёпу.

В самом традиционном случае наклёп получается в процессе холоднойковки, когда массивным бойком методично наносят удары по упрочняемой поверхности металла, местами деформируя её. Этот способ упрочнения металла известен несколько сот лет. Продолжением этой технологии, когда обрабатывать стало возможно детали сложной формы, является «бомбардировка» металлической поверхности металлическими шариками. При такой обработке специальной дробью, с высокой интенсивностью подачи, поверхность приобретает необходимые механические характеристики и даже становится значительно меньше восприимчивой к коррозии. Это надёжные установки, которые применяются уже не одно десятилетие, производительности их достаточно для осуществления упрочнения в промышленных масштабах.

Однако существует и более прогрессивная технология упрочнения поверхности по схожему методу — использование в качестве источника бомбардирования мощный твердотельный лазер. Эта технология отчасти похожа на плазменное напыление, но только отчасти.

Излучение от такого лазера обладает выдающимися показателями по энергии импульса и частоты «бомбардировки». Самые первые эксперименты по упрочению металлической поверхности лазером были проведены около 30 лет назад. Но с методом упрочнения при помощи стальных шариков, лазеры смогли конкурировать недавно, когда стали доступны действительно мощные лазерные источники энергии.

В промышленности лазер для упрочнения поверхности впервые стали использовать при изготовлении турбинных лопаток для авиационной техники. Это тонкостенные детали сложной формы, поэтому более «деликатное» лазерное упрочнение для них стало предпочтительнее, чем стандартное упрочнение шариками. В настоящее время лазерное упрочнение уже используется не только в авиационной, но и передовой автомобильной (для обработки деталей шасси, коробки передач) и медицинской отраслях (упрочнение коленных и бедренных имплантатов).

При лазерном упрочнении используются импульсы с высокой интенсивностью — до $10 \cdot 10 \text{ Вт/см}^2$, это позволяет создать мощную ударную волну, направленную на упрочняемый материал. В деталях этот процесс выглядит следующим образом: на упрочняемую поверхность перед обработкой наносят два слоя, один из которых поглощает лазерное излучение — это нижний слой прилегающий к металлу, а второй слой прозрачный, он находится на поверхности. В качестве поглощающего слоя используют специальную краску, а в качестве прозрачного слоя сверху, обычно используют воду. Направленный на эти слои луч лазера беспрепятственно проходит через воду и начинает интенсивно испарять второй, нижний слой краски. Однако в это время слой воды начинает препятствовать резкому образованию газа от испаряющегося нижнего слоя. Соответственно, энергия от образующегося газа взаимодействует в сторону, обратную от слоя воды, т. е. в сторону металла, упрочняя его таким образом. Т. к. весь вышеописанный процесс проходит крайне быстро, то упрочняющий эффект весьма ощутим, а глубина упрочнения, может достигать 1 мм (при упрочнении металлическими шариками предельной считалась глубина в 0,4 мм)

В результате многих опытов и изысканий по данной теме, наметилась тенденция, что один «суперпучок» с энергией в 50 Дж и более, который обрабатывает за один раз 0,5 см², целесообразнее заменить несколькими пучками, покрывающими всего 1,5мм², но работающими намного интенсивнее. Такой путь позволяет многократно удешевить конструкцию, сделать её более производительной в условиях действующих производства. Если выйдет из строя один большой лазер, установка станет неработоспособной, а поломка маленького лазера в системе из десятков таких же, не особо отразится на работоспособности системы

Преимущества лазерного упрочнения заключаются в уменьшении объема дополнительной обработки и возможность обработки неоднородных трехмерных заготовок. Благодаря незначительному тепловому воздействию деформация остается на ограниченном уровне, издержки на дополнительную обработку уменьшаются или не возникают вовсе.

Литература

1. Gao P. F., Fan X. G. & Yang, H. (2017). Role of processing parameters in the development of tri-modal microstructure during isothermal local loading forming of TA15 titanium alloy. *Journal of Materials Processing Technology*, 239, 160–171. <http://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2016.08.015>
2. Wang, Z., Wang, X. & Zhu, Z. (2017). Characterization of high-temperature deformation behavior and processing map of TB17 titanium alloy. *Journal of Alloys and Compounds*, 692, 149–154. <http://doi.org/10.1016/j.jallcom.2016.09.012>
3. Клименко, Н. Н. Особенности материалов которые используются в атомной промышленности / Н. Н. Клименко, А. В. Дячук // Сучасні інформаційні технології та телекомунікаційні мережі : тези доповідей 51-ої наукової конференції молодих дослідників ОНПУ-магістрантів, Механіка. - Одеса: ОНПУ, 2016. - Вип. 51, т. 7. - С. 27-28.
4. Клименко Н.Н. Количество теплоты, отдаваемое абразивным зерном металлу при шлифовании/ Н.Н. Клименко, Лебедев, В. Г. // Статті каф. ТКММ Випуск №1(8), Одесса: ОНПУ, с. 48-55