

2. Константинов, В.М. Диффузионно-легированные сплавы для защитных покрытий: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.01 / В.М. Константинов; ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси». – Мн., 2008. – 46 с.

3. Ситкевич, М.В. Бельский, Е.И. Совмещенные процессы химико-термической обработки с использованием обмазок / М.В. Ситкевич, Е.И. Бельский. – Мн. : Выш. шк., 1987. – 156 с.

4. Дашкевич, В.Г. Поверхностно-легированная стальная проволока для наплавки деталей машин, работающих в условиях абразивного изнашивания / автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01 / В.Г. Дашкевич; ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси». – Мн., 2009. – 23 с.

УДК 721.785

УПРОЧНЕНИЕ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ

**Э.Н. Федорович, к.т.н., доцент, В.М. Капцевич, д.т.н., профессор,
В.К. Корнеева, В.Е. Михайловский**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Разработана установка для упрочнения наружных и внутренних поверхностей осесимметричных деталей. Установлено, что многократное перемагничивание приводит к исчезновению игольчатого мартенсита, измельчению структуры в поверхностном слое металла, что обеспечивает упрочнение и увеличивает износостойкость детали.

Под воздействием многократного перемагничивания в сталях происходят структурные превращения, например, в поверхностном слое углеродистых сталей, независимо от характера напряжений (сжимающие или растягивающие), наблюдаются остаточные не исчезающие напряжения сжатия, которые вызывают измельчение структуры в поверхностном слое металла, что обеспечивает упрочнение и увеличивает износостойкость детали.

Упрочнение наружной и внутренней поверхности получают, придавая детали вращение и одновременно поступательное перемещение в упрочняющую зону, где деталь подвергается воздействию двух импульсных магнитных полей, которые создают наружные и внутренние автономные электромагнитные системы. Кроме того, частота вращения детали совпадает с частотой импульсов магнитных полей.

Для выполнения упрочнения создают импульсное магнитное поле и образуют упрочняющий зазор двумя разными градиентными магнитными полями. Магнитные силовые линии этих полей изменяют угол воздействия на наружную и внутреннюю поверхность детали в процессе ее вращения и поступательного движения.

Применение импульсного магнитного поля позволяет увеличить количество циклов перемагничивания, например, если за один полный оборот детали в магнитном поле перемагничивание происходит два раза, то при наличии импульсного поля, создаваемого двумя парами индукторов с замкнутым магнитопроводом, перемагничивание происходит минимум четыре раза [1]. В период затухания импульса или завершения каждого перемагничивания уменьшается скорость перемагничивания, и возникают дополнительные градиентные зоны поля от намагниченности детали, оказывающие дополнительное воздействие на структуру поверхности, вызывая ее измельчение.

В упрочняющем зазоре, созданном индуктором с замкнутым магнитопроводом, максимальная величина магнитного поля в импульсе $B = (1,2 \dots 1,6)$ Тл. При этом упрочняемая поверхность вращающейся детали намагничивается и перемагничивается.

Из-за постоянного присутствия остаточной намагниченности $B_{\text{ост}} \approx B/2$ перемагничивание происходит под воздействием поля, величина которого теоретически равна $B_n = B - B_{\text{ост}}$. Однако, часть поля B_n рассеивается на участки заготовки, смежные с упрочняемой поверхностью, и образует потоки рассеивания B_p . Поэтому $B_n = B - B_{\text{ост}} - B_p$, а величина $B_n < B/2$ и составляет приблизительно $0,5 \dots 0,7$ Тл.

Совпадение частоты вращения упрочняемой детали с частотой импульсов магнитного поля позволяет контролировать частоту циклов перемагничивания и регулировать импульсное воздействие на всей длине упрочняемой поверхности детали путем изменения скорости поступательного перемещения «вниз – вверх». Это позволяет управлять степенью уменьшения блоков мозаики, а, следовательно, и характеристиками прочности поверхностного слоя.

При частоте вращения $n = (5 \dots 10)$ об/с детали диаметром $d = 200$ мм, длиной $l = 50$ мм и скорости поступательного перемещения $v = 5$ мм/с получают 400...800 циклов перемагничивания за время t одного опускания и подъема из упрочняющего зазора: $t = 2l / v = 20$ с.

Например, если частота вращения детали $n = 5$ об/с, то она за время $t = 20$ с совершает 200 оборотов, а ее поверхность получает 400 циклов перемагничивания; при $n = 10$ об/с, количество циклов перемагничивания составляет минимум 800.

Таким образом, при частоте вращения $n = (5 \dots 10)$ об/с частота излучаемых импульсов $5 \dots 10$ Гц, а частота перемагничивания составляет $20 \dots 40$ Гц.

Выполненные в ФТИ НАН Б рентгенографические исследования поверхностных слоев сталей, подвергнутых многократному перемагничиванию с частотой 30 Гц в поле $B = 1,2$ Тл, показывают, что происходит уменьшение блоков мозаики большее, чем после шлифования.

Исследования Ю.М. Барона показали [2], что многократное перемагничивание приводит к исчезновению игольчатого мартенсита на глубине значительно превышающей зону распространения наводимых напряжений сжатия. Около поверхности детали появляется сильно травящийся (темный) слой с более измельченной структурой, по сравнению с более глубокими слоями.

Увеличение количества циклов перемагничивания приводит к распространению слоя с измельченной структурой на большую глубину. Причиной измельчения являются не только магнитострикционные явления, но и циклически изменяющиеся по величине и направлению напряжения растяжения, появляющиеся при притяжении стального образца к близко расположенным полюсам электромагнита и исчезающие при повороте образца на угол, равный 90° , что повторяется четыре раза за один оборот.

Использование для упрочнения заготовки трубчатой формы позволяет при массовом и серийном производстве полностью автоматизировать процесс изготовления упрочненных деталей, а также удалить приводы перемещений от электромагнитных систем с целью предотвращения воздействия излучаемых магнитных полей, силы которых способны вызывать изгиб вала шпинделя.

Ширина упрочняющей зоны k — это сумма толщины S упрочняемой детали и величины биения g незакрепленного упрочняемого конца заготовки: $k = S + g$, мм. Биение присутствует в процессе, т.к. в зажимном устройстве приводов вращения закреплен только один конец заготовки.

Чтобы исключить притяжение торца заготовки к кромкам рабочих призм, вращение и поступательное перемещение незакрепленного конца заготовки начинают на $5 \dots 10$ с раньше включения магнитного поля.

Вращение и одновременное продольное перемещение упрочняемой детали приводит к тому, что деталь пересекает в двух перпендикулярных направлениях магнитные силовые линии в упрочняющей зоне. При этом магнитное поле в упрочняющих зазорах приобретает дополнительную градиентность, которая создает дополнительные магнитные силы, действующие на поверхность упрочняемой детали.

Компонента внешнего поля, создаваемого электромагнитами, направлена параллельно поверхностным слоям (B_z^+ , B_z^-), при этом B_z^+ обозначает компоненту поля непосредственно на наружной поверхности, а B_z^- — при переходе поля через слой.

Сила, действующая на единицу площади (см^2), равна $1/8\pi(B_z^+)^2 - (B_z^-)^2$, дин/ см^2 .

Эта сила перпендикулярна к поверхности и пропорциональна площади. При определении этой силы имеет значение только составляющая поля B , которая параллельна поверхности.

В непосредственной близости от искривленной поверхности, где бы составляющая поля B , параллельная поверхности, ни изменялась от B_1 до B_2 при переходе с одной стороны поверхности на другую, следует считать, что там не только существует поверхностный слой с током, но и что эта поверхность находится под давлением, перпендикулярным к ней и равным $(B_1^2 - B_2^2)/8\pi$, дин/ см^2 .

В период импульса магнитные силы создают давление, достаточное для дробления структуры в поверхностных слоях детали и формирования упрочненной наружной и внутренней поверхности одновременно.

Например, если при выполнении упрочнения торцы рабочих призм излучают при единичном импульсе магнитное поле B , равное $1,6 \text{ Тл} = (1,6 \times 10^4) \text{ Гс}$, а при переходе через тонкий поверхностный слой, равный $0,001 \dots 0,002 \text{ мм}$ (слой, в котором наблюдают эффект упрочнения при многократном перемагничивании — напряжения сжатия первого рода, не исчезающие при снятии действия внешнего поля и размагничивания) в результате удаления от источника, поле B уменьшается до $1,2 \text{ Тл} = (1,2 \times 10^4) \text{ Гс}$. В этом случае давление, действующее на 1 см^2 рассматриваемого слоя равно $((1,6 \times 10^4)^2 - (1,2 \times 10^4)^2)/8\pi \text{ дин} = 44,6 \text{ Н}$.

Схема устройство для упрочнения наружной и внутренней поверхности деталей представлена на рис. 1.

Расчеты подтверждают наличие реально действующих сил, способных изменять микроструктуру поверхностных слоев при многократно повторяющемся импульсном градиентном воздействии. Изменяя скорости перемещений упрочняемой детали, частоту импульсов магнитного поля, а также величину поля в импульсе, можно прогнозировать нужное количество импульсов с заданным градиентом с целью получения заданной структуры упрочняемой поверхности на заданную глубину.

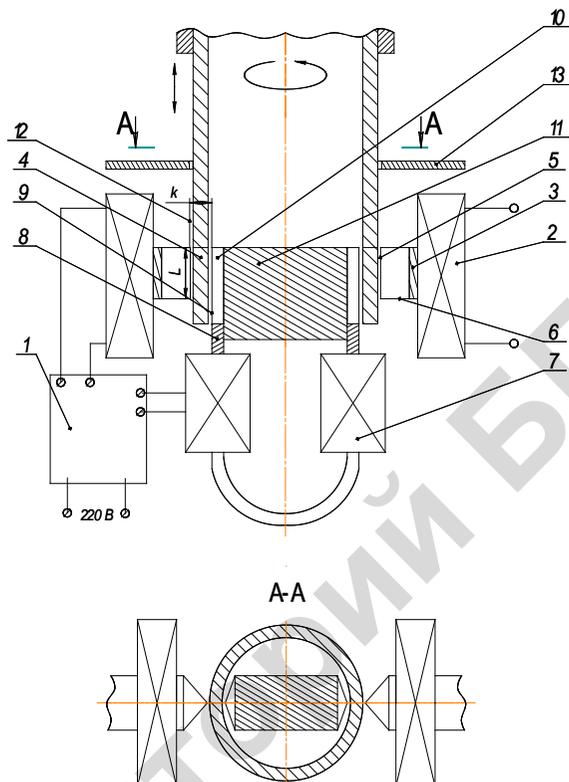


Рисунок 1 - Устройство для упрочнения наружной и внутренней поверхностей осесимметричной детали: 1 – генератор импульсов выпрямленного тока; 2 – наружная автономная электромагнитная система; 3 – наружный магнитопровод; 4 – упрочняемая деталь; 5, 9 – торцы рабочих призм; 6, 10 – рабочие призмы; 7 – внутренняя автономная электромагнитная система; 8 – внутренний магнитопровод; 11 – диамагнитная пластина; 12 – упрочняющие зазоры; 13 – экран

Литература

1. Патент ВУ 14398 С1, 2011.06.03, МПК В 21 D 26/00.
2. Барон, Ю.М. Технология абразивной обработки в магнитном поле / Ю.М. Барон. – Л.: «Машиностроение» (Ленингр. Отделение), 1974. – 128 с.

Abstract

Installation for strengthening internal and external surfaces of axisymmetric parts developed. It is established that leads to the repeated reversal of the disappearance of acicular martensite refinement of the structure in the surface layer of the metal provides increased wear resistance and reinforcement parts.