

В его основе лежит общепромышленный асинхронный электродвигатель серии АИР с модифицированной станиной, модернизированной системой вентиляции и встроенным силовым модулем в клеммную коробку. Модификация станины заключается в монтаже на нее клеммной коробки большой вместимости и специальной формы заднего подшипникового щита для формирования новой системы вентиляции. В качестве силового модуля, расположенного в клеммной коробке, используется устройство плавного пуска для запуска электродвигателя с возможностью регулирования скорости вращения. В основе системы управления верхнего уровня лежит микропроцессор stm32f103. Есть возможность дистанционного управления всей системой.

Одним из особенностей конструкции рассматриваемого асинхронного электродвигателя является модернизированная система вентиляции. В данном случае используется наружная вентиляция с независимым охлаждением, состоящая из двух вентиляторов, один из которых жестко закреплен на выходном конце вала электродвигателя, а другой — на защитном кожухе специальной конструкции. Если скорость вращения первого вентилятора жестко определяется скоростью вращения вала электродвигателя, то второй вентилятор вращается независимо от первого, создавая дополнительный поток воздуха для интенсивного отвода тепловых потерь с поверхности станины. Данный вентилятор имеет свой собственный силовой модуль с микропроцессорной системой нижнего уровня, которая управляется верхней. Скорость его вращения зависит от условий работы электродвигателя и абсолютно не зависит от вентилятора, жестко закрепленного на валу асинхронного электродвигателя. В номинальном режиме работает вентилятор, закрепленный на валу. Как только начинает увеличиваться нагрузка либо проседать скорость вращения, согласно заложенной программе начинает вращаться независимый вентилятор со скоростью, достаточной для обеспечения минимально необходимого объема воздуха. В случае короткого замыкания или заклинивания ротора независимый вентилятор выходит на максимальные обороты, позволяя минимизировать ущерб машине и сработать защите.

Расчеты и компьютерное моделирование показали эффективность такой системы вентиляции. В настоящее время идет подготовка к сборке данной модификации электродвигателя и проведению лабораторных испытаний.

**Заключение.** Предлагаемая конструкция модифицированной системы вентиляции позволяет более интенсивно выводить тепловые потери из асинхронного электродвигателя в любых режимах его работы.

#### Список цитируемых источников

1. Справочник по электрическим машинам : в 2 т. / под общ. ред. И. П. Копылова, Б. К. Клокова. — М. : Энергоатомиздат, 1988. — Т. 1. — 456 с. : ил.
2. Проектирование электрических машин : учеб. для вузов / под ред. И. П. Копылова. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Юрайт, 2011. — 767 с.
3. Гольдберг, О. Д. Проектирование электрических машин : учеб. для вузов / О. Д. Гольдберг, Я. С. Гурин, И. С. Свириденко ; под ред. О. Д. Гольдберга. — М. : Высш. шк., 1984. — 431 с. : ил.

УДК 621.723

**Н. Н. Черкасов, Е. А. Веремейко**

*Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи*

## МЕТОДЫ УПРОЧНЯЮЩЕ-ВОСТАНАВЛИВАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ. МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ И МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА

**Введение.** В XXI веке при упрочнении, восстановлении и обработке деталей или изготовлении новых с необходимыми свойствами используются различные методы обработки, газотермические методы нанесения покрытий, электронно-лучевые, электрохимические, ионно-плазменные, лазерные и др. Одним из передовых путей интенсификации традиционных методов упрочнения и обработки поверхностей деталей, а так же создания новых технологических процессов является широкое применение усиливающих факторов: химических, электрических, силовых, магнитных, температурных.

**Основная часть.** Магнитно-электрическое упрочнение обеспечивает нанесение, упрочнение и термообработку формируемого слоя в электромагнитном поле. При этом формируются необходимые размеры обрабатываемой детали, физико-механические и эксплуатационные свойства поверхности изделий. Процесс магнитно-электрического упрочнения формирует тонкий слой защитного покрытия толщиной 0,1...0,6 мм на сторону, а также высокий прочностной показатель соединения наплавленного покрытия. С учетом имеющихся достоинств магнитно-электрического упрочнения очевидно, что метод находит наибольшее применение при восстановлении посадочных мест валов, осей и других тел вращения под подшипники скольжения и качения, зубчатые колеса, шкивы, шестерни, звездочки и другие детали сельскохозяйственного и автомобильного производства.

Сущность метода магнитно-электрического упрочнения заключается в следующем. В зазор (рисунок 1) между обрабатываемой деталью 1 и полюсным наконечником 3 подается ферромагнитный порошок 2. Частицы порошка выстраиваются в «цепочки». Деталь и полюсный наконечник подключаются к источнику тока. В этот период частицы ферромагнитного порошка расплавляются и расплав наносится на поверхность детали [1].

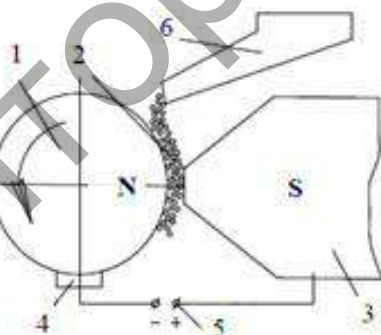
Это происходит при помощи взаимодействия электрических разрядов между деталью и частицами ферромагнитного порошка.

Известно, что в процессе магнитной обработки металл изменяет эксплуатационные свойства поверхностного слоя. Улучшение свойств ферромагнитных деталей при использовании магнитно-импульсной обработки объясняется направленной ориентацией свободных электронов во внешнем магнитном поле, в результате этого увеличивается тепло- и электропроводимость металла. Эта ориентация происходит интенсивнее при структурной и энергетической неоднородности металла. При магнитной обработке, вследствие неоднородной кристаллической структуры поверхности, возникают вихревые токи, которые обуславливают магнитное поле и локальные микровихри, которые в своё время нагревают участки вокруг кристаллитов напряженных блоков и неоднородностей структуры металла. В местах концентрации остаточных или усталостных напряжений теплота, наведенная вихревыми токами, уменьшает избыточную энергию составляющих кристаллитов и зерен структуры материала, особенно в зоне контакта напряженных участков [2].

Указанные явления проявляются и при магнитно-абразивном упрочнении (рисунок 2). Устройство содержит обрабатываемую деталь 1, которая располагается между полюсными наконечниками 3 с зазорами, в которые подаётся порошок 2, обладающий магнитными и абразивными свойствами [2]. Детали сообщается вращательное движение и осциллирующее движение вдоль горизонтальной оси. Силами магнитного поля зерна порошка удерживаются в рабочих зазорах, прижимаются к поверхности детали, таким образом производится обработка. В рабочую зону подаётся смазочно-охлаждающая жидкость. В данном случае функции силового источника и упругой связки выполняется энергией магнитного поля.

Степень упругости связки регулируется изменением напряжённости магнитного поля, что позволяет рассматривать магнитно-абразивное упрочнение как процесс шлифования свободно ориентированным абразивом.

Недостатки процесса магнитно-электрического упрочнения заключаются в том, что не выдерживается нужный показатель покрытия поверхности, имеются пористости покрытия, неоднородность упрочнённого слоя. При магнитно-абразивном упрочнении наблюдается низкая производительность обработки заготовки, а также низкая эффективность использования магнитно-абразивного порошка. Для их устранения предложено использовать ввод в рабочую область ультразвуковых колебаний.



1 — обрабатываемая деталь; 2 — ферромагнитный порошок;  
3 — полюсный наконечник; 4 — скользящий контакт;  
5 — источник тока; 6 — бункер-дозатор

Рисунок 1 — Схема магнитно-электрического упрочнения

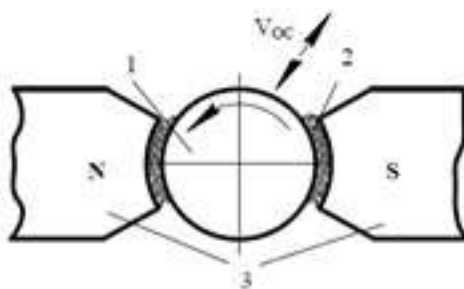


Рисунок 2 — Схема магнитно-абразивной обработки

Активное воздействие ультразвуковой энергии высокой интенсивности в рабочей среде способствует возникновению ряда эффектов. Интерес вызывает возможность использования ультразвука в тех областях технологии, в которых требуется ускорить один процесс, улучшить качество другого.

Во всех технологических процессах, интенсифицируемых под действием ультразвука, используются те или иные из приведенных ниже эффектов, возникающих при активном воздействии интенсивного ультразвукового поля на рабочую среду [3].

*Кавитация.* Наибольшая доля преобразований в жидкостях сопровождается появлением акустических течений и явлений ультразвуковой кавитации. Процесс кавитации приводит к эрозии материалов, а в сочетании с иными эффектами проявляется процесс диспергирования, эмульгирования, гомогенизации, интенсифицирует диффузию и ускоряет другие физико-химические процессы.

Кавитация возникает в жидкости там, где происходит местное понижение давления, следствием чего являются локальные разрывы на расстояниях около тысячных долей миллиметра. В результате этого образуется полость. В следующем полупериоде каверны захлопываются, что вызывает образование ударных волн давлением, достигающим 100 МПа [4].

*Механические эффекты.* Высокий уровень напряжений, создаваемых при ультразвуковых колебаниях в твердых телах, может приводить к развитию разрушения и усталостных явлений. Интенсивные колебания двух соприкасающихся поверхностей твердых тел приводят к генерации тепла, создается упругое деформирование, что вызывает другие эффекты.

*Диффузионные эффекты.* Ультразвуковая энергия интенсифицирует и ускоряет процессы диффузии через стенки клеток, пористые мембраны и фильтры. Интенсивное перемешивание жидкости под действием кавитации и акустических течений приводит к тому, что эффективная толщина пограничного слоя на поверхности раздела «жидкость — твердое тело» уменьшается, а скорость диффузии возрастает [4].

*Капиллярные эффекты.* Эти эффекты способствуют ускорению и более совершенному проникновению жидкостей и жидких металлов в пористые и другие неоднородные материалы.

*Акустические течения.* Под акустическими течениями понимают стационарные вихревые микро- и макротоки жидкости, возникающие в ультразвуковом поле. При колебании воздушного пузырька вблизи поверхности твердого тела создаются характерные микропотоки, воздействующие на технологические процессы в жидкостях [5].

**Заключение.** В рассмотренные методы упрочняюще-восстанавливающих технологий был внедрен процесс реализации с ультразвуковым полем, создающим среду для межатомного и межмолекулярного взаимодействия металлического расплава и неметаллического твердого тела.

#### Список цитируемых источников

1. Акулович, Л. М. Исследование процесса упрочнения деталей машин в магнитном поле : дис. ... канд. техн. наук / Л. М. Акулович ; ФТИ АН БССР. — Минск, 1978. — 181 с.
2. Барон, Ю. М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / Ю. М. Барон. — Л. : Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1986. — 172 с.
3. Шиляев, А. С. Ультразвук в науке, технике и технологии / А. С. Шиляев. — Гомель : РНИУП «Институт радиологии», 2007. — 412 с.
4. Бергман, Л. Ф. Ультразвук и его применение в науке / Л. Ф. Бергман. — М., 1957. — 726 с.
5. Зарембо, И. К. Введение в акустику / И. К. Зарембо. — М. : Физматгиз, 1966. — 519 с.

УДК 621.895

**Н. Н. Черкасов, Н. В. Чичкан**

*Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи*

### **ВЛИЯНИЕ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ**

**Введение.** Магнитно-абразивная обработка (далее — MAO) представляет собой особую разновидность обработки металлов резанием; обеспечивает высокое качество обрабатываемых поверхностей и существенное повышение их сопротивляемости износу, обладает высокой производительностью и успешно заменяет некоторые виды механической и электрохимической обработки [1].

**Основная часть.** Сущность MAO состоит в том, что ферромагнитный абразивный порошок (ФАП), уплотненный энергией магнитного поля, оказывает абразивное воздействие на обрабатываемую деталь. Последняя помещается между полюсными наконечниками электромагнита. Рабочий зазор между полюсами и обрабатываемой поверхностью детали заполняется ФАП. Частицы порошка под действием