УДК 66-966.5

Б.В. Малыгин, д-р техн. наук, проф., **Д.С. Погорлецкий,** аспирант,
А.В. Котыло, аспирант, **С.А. Галкин**, аспирант
Херсонская государственная морская академия, Украина
Тел./Факс: +38 (066) 728161; *E-mail:* stalker7538@gmail.com

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ И ТРОСОВ ЗА СЧЕТ УПРАВЛЯЕМЫХ ИНТЕЛЛЕКТ-ТЕХНОЛОГИЙ МАГНИТНОГО УПРОЧНЕНИЯ

В статье рассмотрена технология упрочнения стальных канатов и тросов, технология автоматизации процесса упрочнения с помощью компьютерной техники. Проанализировано влияние магнитных полей на метал, приведены результаты проведения экспериментов. Описана новая технология магнитного упрочнения металлов.

Ключевые слова: *упрочнение, автоматизация, процесс, технология, магнитная обработка, напряженность.*

1. Введение

Известна проблема стойкости и надежности работы стальных канатов и тросов на транспорте и флоте [1]. Перспективным способом повышения их ресурса является магнитно-импульсная обработка с применением новых автоматических интеллект-программ упрочнения заложенных в работу установок серии «Магнитрон» [3]. За счет этого в тяговых органах подъемных устройств снижается значительная часть остаточных напряжений, вследствие чего повышается их надежность и увеличивается срок службы. Для упрочнения стальных канатов и тросов применялся новый метод МИО (А.С. №1728300) [1].

2. Основное содержание и результаты работы

Магнитную и магнитно-импульсную обработку применяют для упрочнения различных деталей, конструкций и сборочных единиц, например: сварных, резьбовых соединений, зубчатых и червячных передач, опорных устройств и муфт, стальных канатов и тросов на транспорте и флоте грузоподъемных машин и т.д.

Импульсная магнитная обработка (ИМО) представляет собой комплексное воздействие на материал магнитострикционных процессов и механических деформаций, тепловых и электромагнитных вихревых потоков, локализованных в местах концентраций магнитного потока, а также систему процессов, направленно ориентирующих «спин-характеристики» внешних электронов атомов металлов пограничной зоны контакта зерен (перегруженного участка кристаллита). Суть этой теории заключается в следующем: при перемещении детали в полости соленоида вследствие неоднородной кристаллической структуры в ней возникают вихревые токи, которые обуславливают магнитное поле и локальные микровихри. Они, в свою очередь, нагревают участки вокруг кристаллитов напряженных блоков и неоднородностей структуры металла. Градиент теплового потока при магнитно-импульсной обработке тем выше, чем менее однородна микроструктура металла. В местах концентрации остаточных или усталостных напряжений, связанных с технологией производства обработки или эксплуатации детали, теплота, наведенная при магнитно-импульсной обработке вихревыми токами, частично уменьшает избыточную энергию составляющих кристаллитов и зерен структуры образца особенно в зоне контакта

© Малыгин Б.В., Погорлецкий Д.С., Котыло А.В., Галкин С.А.; 2014

напряженных участков.[6] Кроме того, вихревое магнитное поле обуславливает более равномерное ее охлаждение. Одновременно с тепловыми процессами за счет импульсного магнитного поля в металле происходит полярная ориентация спинов электронов атомов, расположенных в области контакта кристаллитов и зерен сплавов, вследствие чего улучшаются механические свойства материала. При этом деталь (трос, металлический канат) в магнитном поле подвергается «винтовому сжатию». Возникающие электродинамические силы частично уплотняют кристаллиты металла, вследствие чего снижаются концентрации напряжений. В стали уменьшается избыточная энергия, снижается концентрация напряжений, вследствие чего улучшаются механические свойства. Например, при взаимодействии трущихся поверхностей в поверхностном слое снижаются растягивающие напряжения, увеличиваются удерживающие смазочный материал напряжения, возрастает дисперсность блоков мозаики поверхностного слоя металла, повышается закрепление в пограничном слое легирующих элементов. При этом повышается теплопроводность материала, увеличивается скорость отвода тепловых потоков при жидкостном охлаждении, возрастает поляризация органических компонентов смазочного материала, увеличивается адгезия смазочного материала на металлической поверхности и ускоряется отвод теплоты из узлов трения.

Главной особенностью ферромагнитного состояния считается наличие доменной структуры. Устойчивость доменной структуры при прочих равных условиях определяется взаимодействием междоменных структур с дислокациями, которое обусловлено интерференцией упругих полей дислокации и магнитострикционных деформаций. От плотности дислокации зависят размеры и число доменов. Увеличение плотности дефектов приводит к зарождению новых доменов меньших размеров. Наличие включений, например, карбидов, также способствует уменьшению размеров доменов. При высокой концентрации доменов малых размеров образуется развитая сетка междоменных границ, где сосредоточивается упругая энергия магнитострикции. Такая структура характерна для быстрорежущих сталей после термической обработки. После магнитной обработки происходит смещение междоменных границ, изменяются магнитострикционные напряжения за счет разориентации намагниченности (спиновых магнитных моментов) внутри междоменной границы. В результате не исключено движение дислокации в поле магнитоупругих напряжений, возникающих у доменной границы. Возможность этих процессов определяется рядом факторов, прежде всего уровнем действующих напряжений, степенью и характером закрепления подвижных участков дислокации, взаимной ориентации доменной границы и дислокации. При этом границы доменов увеличиваются за счет объединения более мелких доменов и дислокации, количество которых существенно меньше после снятия магнитного поля. [6]

В Республике Молдова г. Кишинев, на АО СП завод "Топаз", выпускается установка магнитно-импульсного упрочнения УМИУ-М предназначена для упрочнения деталей из металлов и их сплавов путем воздействия на них импульсного магнитного поля. Энергия импульса магнитного поля передается в металл, расходуясь на структурные превращения в поверхностном слое. [7]

При магнитно-импульсном упрочнении происходит:

-изменение доменной структуры (магнитострикционные деформации);

-локальный нагрев обрабатываемой детали за счет образования вихревых токов;

-импульсное сжатие со стороны рабочей части области соленоида, что значительно снижает концентрацию остаточных напряжений.

Преимущества:
- относительная стойкость упрочненных изделий до 200 %,
- имеет широкий диапазон регулирования параметров упрочнения,
- низкая себестоимость обработки,
- сохранение геометрии обработанных деталей и инструментов,
- отсутствие расходных материалов,
- простота технологической оснастки,
- экологическая чистота.

Применение:

- в технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки,

- упрочнение лезвийного инструмента (сверл, зенкеров, разверток, метчиков, фрез концевых), протяжек, измерительных инструментов, симметричных деталей (валов, осей и др. опорных устройств, подшипников, клапанов, толкателей, штоков, пуансонов, оправок, центров, шпилек, болтов и т. п.), деталей из высоколегированных сталей, работающих в особо трудных условиях, стальных тросов и канатов грузоподъемных машин, а также других гибких металлических тяговых устройств, деталей червячных и винтовых передач, материалов и деталей электронной промышленности и т. п. [7]

Технические характеристики:

Напряжение питания, В……..220± 22
Частота, Гц ……..……..…50± 0,4
Максимальный ток нагрузки, А ……..…15
Режим работы-……автоматический
Число автоматически регулируемых параметров ……..……...…..3
Напряженность поля соленоида, кА/м ……..……..…≈ 500
Величина индукции, мТл ……....≈ 200
Программируемые:
длительность импульса, с ……...0,5- 3,0
длительность паузы, с …….....1- 9
дискретность задания времени, с ……...…0,1
число импульсов ……..…1- 99
Время обработки изделия, мин …….....…1- 5
Габаритные размеры, мм, не более
блок генератора тока БГТ …….……655x360x265
автотрансформатор ……....…260x320x350
соленоид …….…….....…405x400x400
Масса, кг
блок генератора тока БГТ ……..…... 20
автотрансформатор ……... 29
соленоид …….…… 80

Мы предлагаем способ упрочнения стальных изделий, основанный также на воздействии на изделие магнитным полем, напряженность которого не превышает величины магнитного насыщения обрабатываемого материала. Для увеличения срока службы стальных канатов магнитно-импульсная обработка проводилась импульсами. Интервал между импульсами 3…11с. Канат при обработке вращают в сторону, противоположную его навивке.

Такая обработка позволяет наиболее оптимально «упаковать домены» в стальных волокнах каната. Избыточная энергия в доменах стали за счет ступенчатой релаксации поля уменьшается спонтанно и равномерно по массе изделия. Опыты показали, что при магнитно-импульсной обработке одной полярностью (например, северной) домены устанавливались оптимально по плоскостям 010 и 001. Для устранения остаточных напряжений по плоскостям 100 необходимо МИО импульсами противоположной полярности [2]. Тогда в стальных волокнах основная часть доменов занимала устойчивое положение. Взъерошивание каната путем поворота его в соленоиде против направления навивки позволяет ферожидкости проникнуть в поры, если была необходимость между нитями. В результате этого магнитное поле практически полностью устраняет перенапряжения в нитях, которые обуславливают максимальный износ каната [1].

Выдержка перед размагничиванием не менее 10 ч позволяла практически полностью завершить внутренние превращения, которые необходимы для устранения остаточных, поверхностных, усталостных объемных и локальных перенапряжений в структуре стали. Схема установки для магнитного упрочнения стального каната диаметром 28 мм, работающего в подъемном блоке крана КККГ (Р)- 20 показана на (рис. 1).

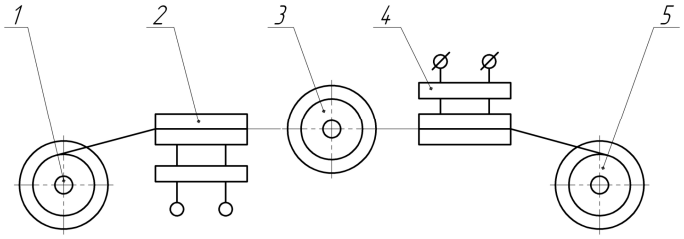

Рис.1. Схема обработки стальных канатов и тросов

1 – исходная бухта, 2 – установка для МИО 3 – выдержка, 4 – размагничивание (если необходимо) 5 – упрочненный канат (трос)

Магнитную обработку проводили на установке «Магнитрон». Технология обработки заключается в следующем. Стальной канат помещают в полость соленоида установки диаметром 55 см. Затем свободный конец каната протягивают через соленоид в направлении его оси, причем заправка каната ведется со стороны северной полярности. При работе установки канат сначала пропускают через магнитное уплотнение (с левой стороны соленоида) установки (рис. 2.). После заправки конца каната в левой части соленоида включают зажимное устройство, которое фиксирует нити каната, прижимая их к оси, а также приспособление для взъерошивания стальных нитей. Во время работы канат

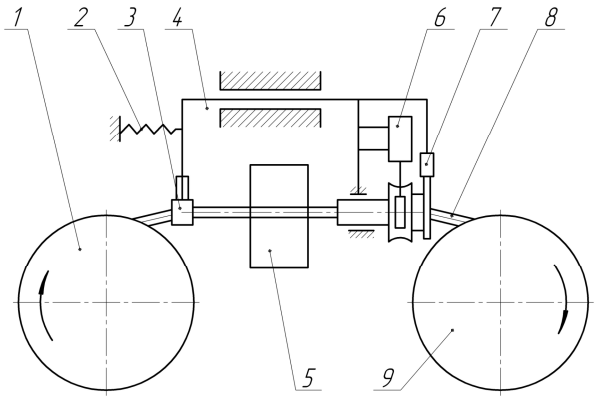

Рис. 2. Устройство для упрочнения

1 – барабан с бухтой исходного каната, 2 – возвратная пружина, 3 – управляемый зажим, 4 – подвижная штанга, 5 – соленоид установки «Магнитрон», 6 – механизм вращения взъерошивающего устройства, 7 – привод вращающегося зажима, 8 – упрочненный канат, 9 – приводной барабан с бухтой упрочненного каната

устройством МРТ 200 протягивается через соленоид с ускорением 0,1 м/с^2. За каждый импульс канат перемещается через соленоид на 16…30 см. После каждого протягивания и обработки стальные нити сжимаются, занимая свое естественное положение. Время выдержки между импульсами 3…11 с. После обработки канат наматывают в бухту, где он выдерживается в спокойном положении на неметаллической подложке, чтобы в стали завершились внутренние процессы.

3. Технология

Технология упрочнения стальных канатов и тросов состоит из механического скручивания стальной проволоки в канат, термообработки, смазки его на специальных стендах и обработки стального каната магнитно-импульсным полем (МИП) напряженностью 100…400 кА/м.

С увеличением диаметра каната от 15 до 80 мм время импульса увеличивалось от 0,5 до 2,0 с. Технология магнитного упрочнения испытывалась на стальных канатах и тросах типа ДК-3, ДК-Р, ТЛК- диаметром 10…80 мм, применяемых на подъемных механизмах для горных работ, а также на подъемно-транспортных и грузоподъемных машинах. Особенностью магнитного упрочнения стальных тяговых устройств было то, что режим магнитно-импульсной обработки закладывался в интеллект-технологию компьютерного устройства установки «Магнитрон» [3].

4. Результаты исследований

Результаты опытов (табл.1) показали увеличение ресурса изделий в 1,2…1,6 раза.

Таблица 1. Повышение долговечности стальных канатов и тросов после МИО (промышленные данные за 1985…2010г.г)

Наименование механизма	Долговечность, %
Канаты до 30 мм	
Лебедки	110…140
Подъемники	120..150
Автопогрузчики	110…130
Башенные краны	125…160
Экскаваторы	120…180
Краны грейферные	120…150
Стропы	130…140
Троса	120…160
Канаты до 50 мм	
Экскаваторы	110…160
Земснаряды	120…150
Краны мостовые	120…140
Канаты до 80 мм	
Экскаваторы шагающие	160…180
Экскаваторы роторные	120…160
Драги	140…160

5. Заключение

1. Разработана новая технология магнитно-импульсного упрочнения стальных канатов и тросов диаметром до 80мм. Особенность технологии: обработка изделия в соленоидах, чередование намагничивания, выдержки (и размагничивания), вращение стальных нитей в сторону, противоположную направлению навивки.

2. МИО устраняет 30…80% остаточных напряжений; на 25…80% повышается качество смазки каната и его износостойкость. При МИО деталей тяговых органов, работоспособность грузоподъемных машин и транспортных средств возрастает не менее чем на 20%.

3. Применение компьютерной техники с программой интеллект технологии автоматизирует процесс упрочнения.

Список литературы:

1. Малыгин Б.В. Магнитное упрочнение изделий (Теория и практика): монография / Б.В. Малыгин, А.П. Бень. – Изд. ХДМИ, 2009. –350 с.

2. Бень А.П. Устройство магнитно-импульсной обработки металлических изделий с автоматизированным выбором режимов МИО / Бень А.П., Малыгин Б.В., Врублевский Р.Е. // Науковий вісник ХДМІ. – 2011. – № 2 (5). – С. 284-290.

3. Разработка новых моделей интеллектуальных технологий / Боровков Е.И., Рябинин Л.И., Малыгин Б.В., Ходаковский А.В. // Международная Академия. Вестник. – 2011. – № 2 (56). – С. 92-116.

4. Кравченко Б.А. Обработка и выносливость высокопрочных материалов / Б.А. Кравченко, К.Ф. Митряев. – Куйбышев: Куйбышев. книж. изд-во, 1968. – 131 с.

5. Биргер И.А. Остаточные напряжения / Биргер И.А. – Москва: Машгиз, 1963. – 232 с.

6. http://xn--80aagiccszezsw.xn--p1ai /.

7. http://www.topaz.md/.

Надійшла до редакції 20.01.2014

Б.В. Малигін, Д.С. Погорлецький, А.В. Котило, С.А. Галкін

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ СТАЛЕВИХ КАНАТІВ І ТРОСІВ ЗА РАХУНОК КЕРОВАНИХ ІНТЕЛЕКТ-ТЕХНОЛОГІЙ МАГНІТНОГО ЗМІЦНЕННЯ

У статті розглянута технологія зміцнення сталевих канатів і тросів, технологія автоматизації процесу зміцнення за допомогою комп'ютерної техніки. Проаналізовано вплив магнітних полів на метал, приведено результати проведення експериментів. Описана нова технологія магнітного зміцнення металів.

Ключеві слова: *зміцнення, автоматизація, процес, технологія, магнітна обробка, напруженість.*

B.V. Malygin, D.S. Pogorletskiy, A.V. Kotylo, S.A. Galkin

IMPROVING THE RESOURCE OF STEEL ROPES AND CABLES USING CONTROLLED INTELLIGENCE TECHNOLOGIES OF MAGNETIC HARDENING

The article describes the technology of steel ropes and cables hardening, the technique of hardening process automation using computer technologies. We analyzed the effect of magnetic fields on metal and provided the results of the experiments. A new technology of magnetic metal hardening is described.

Key words: *reinforcement, automation, process, technology, magnetic treatment, tension.*