

сосуд теоретически способен полностью адаптироваться к локальным гемодинамическим условиям и приобретать структурные и механические характеристики замещаемого им сосуда, будь то артерия или вена. Однако необходимо решить определенные проблемы:

1. Исследуемые в настоящее время трансплантаты требуют длительного периода подготовки, обычно от 1 до 3 месяцев, поэтому их нельзя использовать в экстренных ситуациях.

2. Длительная продолжительность культивирования увеличивает риск заражения и повышает стоимость рабочей силы, оборудования и необходимых материалов.

3. Большинство биоразлагаемых полимеров, используемых в настоящее время в качестве каркасов для создания искусственных сосудов, уже

одобрены. На самом деле это может быть шагом назад. Нам нужен биополимер, пригодный для использования в качестве сосудистого проводника, а не готовый.

Литература

1. Scientists use 3D printing to make artificial blood vessels [Electronic resource]. – Mode of access: <https://phys.org/news/2014-05-scientists-3d-artificial-blood-vessels.html>. – Date of access: 27.09.2022.

2. “Artificial Blood Vessels” – Micro-Imprinting And Electrospinning Technology Yields Superior Synthetic Composite Vascular Graft Material [Electronic resource]. – Mode of access: <https://cardiovascular-disease-news.com/2015/02/13/artificial-blood-vessels-micro-imprinting-and-electrospinning-technology-yields-superior-synthetic-composite-vascular-graft-material>. – Date of access: 26.09.2022.

УДК 620.179.14

ОЦЕНКА АНИЗОТРОПИИ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ИМПУЛЬСНЫМ МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ

Бурак В.А.

*ГНУ «Институт прикладной физики НАН Беларуси»
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Проведены исследования анизотропии магнитных свойств инструментальных углеродистых сталей. Установлено, что для инструментальных углеродистых сталей можно применять те же способы, основанные на импульсном магнитном намагничивании, что и для конструкционных углеродистых сталей. Показано, что для листового проката инструментальной стали У8А относительная разность величин градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности после импульсного намагничивания и частичного перемагничивания может применяться как оценка величины анизотропии магнитных свойств, а также связанных с ними механических свойств.

Ключевые слова: магнитный неразрушающий контроль, импульсное намагничивание, анизотропия, инструментальная сталь.

EVALUATION OF THE ROLLED TOOL STEELS MAGNETIC PROPERTIES ANISOTROPY BY THE PULSED MAGNETIC METHOD

Burak V.

*Institute of Applied Physics of NAS of Belarus
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. The anisotropy of the tool carbon steels magnetic properties is studied. It is established that the methods for structural carbon steels based on pulsed magnetic magnetization can be used for tool carbon steels. It is considered that for rolled tool steel U8A the relative difference between the values of the gradient of the normal component of the residual magnetization field strength after pulsed magnetization and partial magnetization reversal can be used to estimate the anisotropy of the magnetic properties and the mechanical properties associated with them.

Key words: magnetic non-destructive testing, pulse magnetization, anisotropy, tool steel.

*Адрес для переписки: Бурак В.А. ул. Академическая, 16, г Минск 220072, Республика Беларусь
e-mail: veronika.burak@gmail.com*

Магнитные методы неразрушающего контроля широко применяются для решения различных задач магнитной структурокопии, однако для расширения перечня решаемых с помощью этих методов вопросов необходимо повышать точность и достоверность контроля, а также исследовать возможности их применения для различных ферромагнитных материалов и изделий из них.

Неравномерность механических свойств листового стального проката, возникающая из-за различия структурно-фазового состояния, может оказывать влияние на технологию производства и эксплуатационную стойкость изготовленных из него изделий, поэтому задача оценки и контроля анизотропии свойств листового проката различных классов сталей является актуальной [1].

В работах [2, 3] показано, что анализ зависимостей распределения поля остаточной намагниченности после намагничивания над поверхностью плоского ферромагнитного образца на примере конструкционных углеродистых сталей дает хороший результат при оценке несимметричности магнитных свойств.

Инструментальные углеродистые стали также являются классом сталей, нашедших широкое применение в народном хозяйстве, поэтому решение задачи контроля их физико-механических свойств методами неразрушающего контроля является важной для повышения качества изготавливаемой продукции.

Целью исследования является изучение возможности обнаружения и оценки анизотропии магнитных свойств инструментальных углеродистых сталей по величине градиента напряженности поля остаточной намагниченности после намагничивания симметричным импульсным полем путем разряда батареи конденсаторов через цилиндрические катушки.

Исследования проводились на образце листовой инструментальной углеродистой стали У8А толщиной 3 мм и размером 1000×1000 мм², находящейся в состоянии поставки. Измерения величины остаточной намагниченности производились в девяти областях на листе: в центре листа и в областях, равноудаленных от центра и края листа с целью снижения влияния краевого эффекта. Намагничивание и перемагничивание осуществлялось прибором ИМА-6 [4] импульсным магнитным полем длительностью 400 мс и амплитудами $H = 250$ кА/м и $H_p = 20$ кА/м. Измерение величины градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности феррозондовым датчиком осуществлялось на участке радиусом 100 мм в направлениях, совпадающем и противоположном направлению прокатки.

Как видно из представленных на рис. 1 кривых распределения величины градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности над поверхностью листового стального проката для одной из рассматриваемых областей, зависимости характеристик остаточной намагниченности, измеренных вдоль и поперек направления прокатки, при удалении от центра намагничивания имеют похожий вид: величины максимумов и минимумов кривых практически равны, но не совпадают, а находятся на некотором расстоянии друг относительно друга.

В [3] предлагается способ оценки анизотропии листового проката конструкционных сталей по максимальной величине разности величин градиентов напряженности поля остаточной намагниченности, измеренных на расстоянии от центра намагничивания в направлениях, совпадающем и перпендикулярном с направлением прокатки,

взятых относительно величины градиента остаточной намагниченности, измеренного в центре области намагничивания. Эта величина для рассматриваемой области листового проката инструментальной стали У8А (рис. 2) изменяется неоднозначно и так же, как и распределение величины градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности над поверхностью листового стального проката, имеет минимум и максимум, величины которых составляют 10 % и 15 % соответственно.

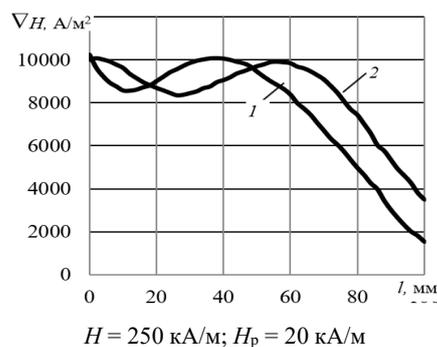


Рисунок 1 – Распределение градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности вдоль (1) и поперек (2) направления прокатки по поверхности листового проката стали У8А

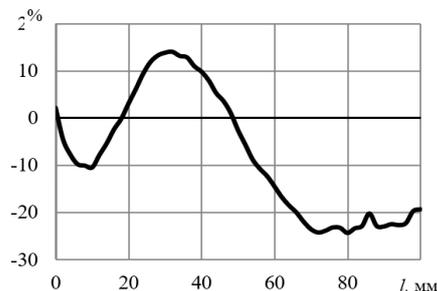


Рисунок 2 – Изменение значения относительной разности величин градиентов напряженности остаточной намагниченности при удалении от центра намагничивания

Проведенные исследования показали, что для инструментальных углеродистых сталей при оценке анизотропии магнитных свойств можно с достаточной точностью и достоверностью использовать те же подходы, что и для конструкционных марок сталей, то есть анализ распределения величин градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности, измеренных вдоль и поперек направления прокатки, после намагничивания и частичного перемагничивания позволяет оценить величину магнитной анизотропии листового проката инструментальных углеродистых сталей, а, значит, и величину несимметричности механических свойств, обусловленных технологическими процессами производства металла.

Литература

1. Счастный, А. С. Исследование возможности контроля анизотропии листового проката / А. С. Счастный, А. А. Осипов // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2014. – № 3. – С. 20–33.

2. Бурак, В. А. Анизотропия магнитных свойств листового проката из стали 35 / В. А. Бурак, В. Ф. Матюк, А. С. Счастный // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2019. – № 3. – С. 17–31.

3. Бурак, В. А. Влияние величины размагничивающего поля на магнитную анизотропию листового проката сталей // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: Сб. ст. 8-ой Междунар. научн.-технич. конф., Могилев, 29–30 сентября 2022 г. / Бел.Рос. ун-т; редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. – Могилев, 2022. – С. 63–66.

4. Импульсный магнитный анализатор ИМА-6 / В. Ф. Матюк [и др.] // Дефектоскопия. – 2009. – № 7. – С. 62–74.

УДК 617-089.844

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ И ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ БАЛЛОНОРАСШИРЯЕМЫХ СТЕНТОВ Вечорко А.В.¹, Бодяк Д.А.¹, Минченя В.Т.²

¹Государственное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы при разработке конструкций баллонорасширяемых стентов и показана возможность их оптимизации с целью обеспечения заданных физико-механических характеристик. Показано, что для успешного и корректного решения задачи методом конечно-элементного анализа прежде всего необходимо создать геометрическую модель стента и выбрать правильно область для расчета, провести процедуру численного решения в Ansys и правильно задать граничные условия.

Ключевые слова: баллонорасширяемый стент, параметрическая оптимизация, рекойл.

STRENGTH ANALYSIS AND DESIGN OPTIMIZATION BALLOON EXPANDABLE STENTS Vechorko A.¹, Bodyak D.¹, Minchenya V.²

¹State enterprise “Science and technology park of BNTU Polytechnic”

²Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The article deals with the problems in the development of designs of balloon-expandable stents and shows the possibility of their optimization in order to ensure the specified physical and mechanical characteristics. It is shown that for a successful and correct solution of the problem by the finite element analysis method, first of all, it is necessary to create a geometric model of the stent and choose the correct area for calculation, carry out the numerical solution procedure in Ansys and correctly set the boundary conditions.

Key word: balloon expandable stent, parametric optimization, recoil.

Адрес для переписки: Вечорко А.В., Сурганова 47/1, Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: artvechorko@gmail.com

В последние десятилетия в клинической практике для лечения атеросклеротического поражения сосудов хорошие результаты показывают эндоваскулярные технологии лечения и сегодня коронарному стентированию отводится основное место в лечении больных. Однако, несмотря на значительный успехи и широкое распространение коронарного стентирования, ему присущи ряд недостатков, лимитирующие его эффективность. Чаще всего это связано с перераздутием баллона во время стентирования, неправильно подобранных геометрических характеристик стента, неправильного раскрытия стента при раздувании, недостаточная поддержка стенки сосуда из-за рекойла. Поэтому, одним из основных требований, предъявляемых к коронарным стентам, является обеспечение механической прочности и целостности

конструкции на всех этапах его установки, в том числе при перемещении стента в место постановки, при расширении и поддержании просвета сосуда.

Материал и дизайн, толщина ламелей (элементов структуры), площадь контакта со стенкой сосуда (металлонасыщенность) определяют качество проведения операций и долговечность работы баллонорасширяемого стента. В связи с этим, оценка механических характеристик, оптимизация конструкции стентов для устранения недостатков, выявленных на практике их использования очень актуальна как для разработчиков и производителей, так и для потенциальных потребителей – врачей.

Следует отметить, что нельзя одновременно улучшить все выше перечисленные параметры