

ЛИТЕРАТУРА

1. Соломахо, В. Л., Цитович, Б. В. Практика применения стандартов общих допусков размеров, формы и расположения поверхностей. Стандартизация №2 – 2019. Минск., БелГИСС.
2. ГОСТ 24642-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения».
3. ГОСТ 24643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения».
4. ГОСТ 2.308-79 «Единая система конструкторской документации. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей».
5. РБ СТБ ISO 1101-2009 «Геометрические характеристики изделий. Установление геометрических допусков. Допуски на форму, ориентацию, расположение и биение».
6. ISO 1101:2004 «Geometrical Products Specification (GPS) — Geometrical tolerancing — Tolerances of form, orientation, location and run-out».
7. Соломахо, В. Л., Томилин, Р. И., Цитович, Б. В., Юдовин, Л. Г. Справочник конструктора-приборостроителя. Проектирование. Основные нормы. – Минск: Вышэйшая школа, 1988.
8. Соломахо, В. Л., Цитович, Б. В., Соколовский, С. С. Нормирование точности и технические измерения: учебник. – Минск: Вышэйшая школа, 2015.

Поступила 16.06.2020

УДК 669.018

Фролов И.С., Иващенко С.А., Фролов Ю.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛЕЙ ПОСЛЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ И УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Приведены результаты измерений намагниченности различных сталей как до, так и после механической обработки. Установлено, что наименьшей намагниченностью обладает аустенитная сталь 12X18H10T. Для данной стали предложены методы упрочнения, позволяющие сохранить ее немагнитность.

Введение. Магнитные свойства сталей не являются постоянными, а изменяются под действием целого ряда факторов. Некоторые методы термической и механической обработки деталей из аустенитных сталей приводят к увеличению их намагниченности [1, 2]. В тоже время к магнитным свойствам деталей (например, подшипниковых узлов, целого ряда приборов и специального оборудования) предъявляются весьма высокие требования. В частности, немагнитность деталей электронно-лучевых установок диктуется необходимостью снизить до минимума влияние паразитных электромагнитных полей на положение электронного пятна. В таких установках [3] допускаются следующие максимальные уровни электромагнитных помех в зоне обработки при величине ускоряющего напряжения 20 кВ: $H_n \leq 0,3$ А/м; $E_n \leq 1,6$ В/м. При этом величина отклонения электронного пятна составит менее 0,1 мкм. Все это делает актуальной задачу исследования влияния упрочняющей обработки на магнитные свойства деталей с покрытиями.

Методики исследований. Намагниченность образцов после механической и упрочняющей обработки определялась с помощью фотогальванометрического компенсационного микроверметра Ф-191. В качестве приемного устройства использовалась

специальная катушка, состоящая из П-образного сердечника и усиливающей обмотки. Структурная схема прибора представлена на рис. 1.

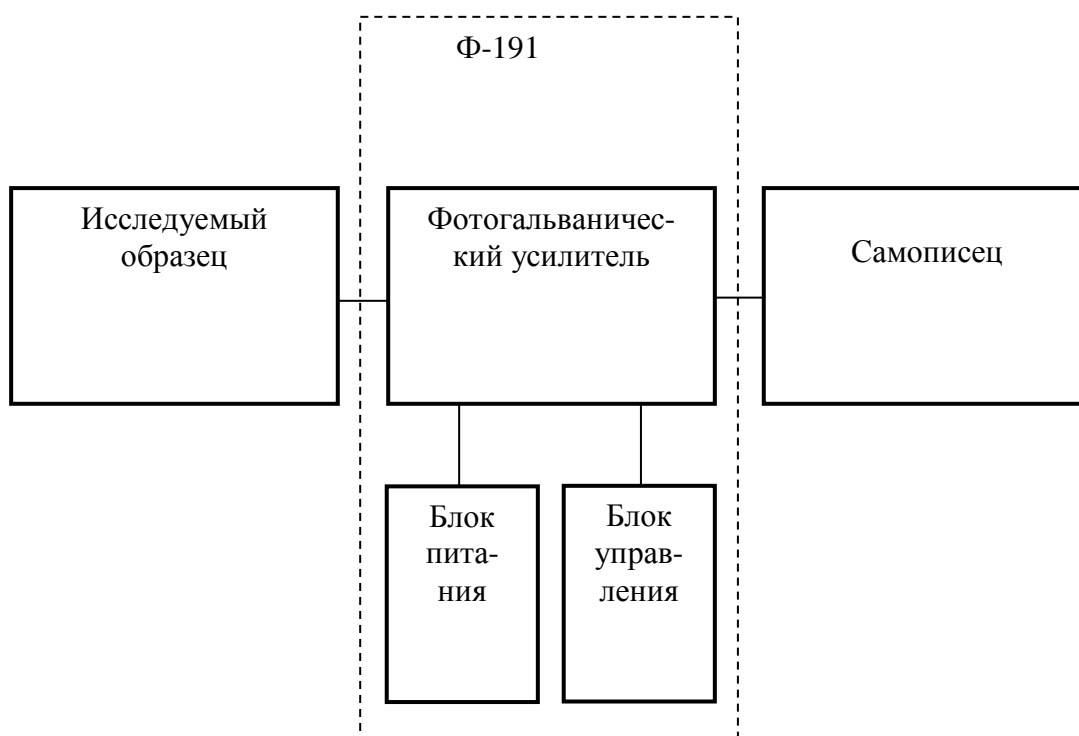


Рис. 1. Структурная схема прибора для измерения намагниченности материалов

Чтобы устранить влияние так называемого краевого эффекта на показания прибора, при измерении магнитного потока использовались образцы в виде прямоугольных параллелепипедов размером $60 \times 10 \times 10$ мм, причем измерения проводились в центральной части образца. В процессе измерения образец исследуемой поверхностью подвигался к плоскости катушки и плавно перемещался относительно плоскости катушки, находясь над ней. Показания микроверметра регистрировались визуально или с помощью самописца. На первом этапе исследований определялась намагниченность различных сталей в состоянии поставки и после механической обработки. Результаты измерений показаны на рис. 2.

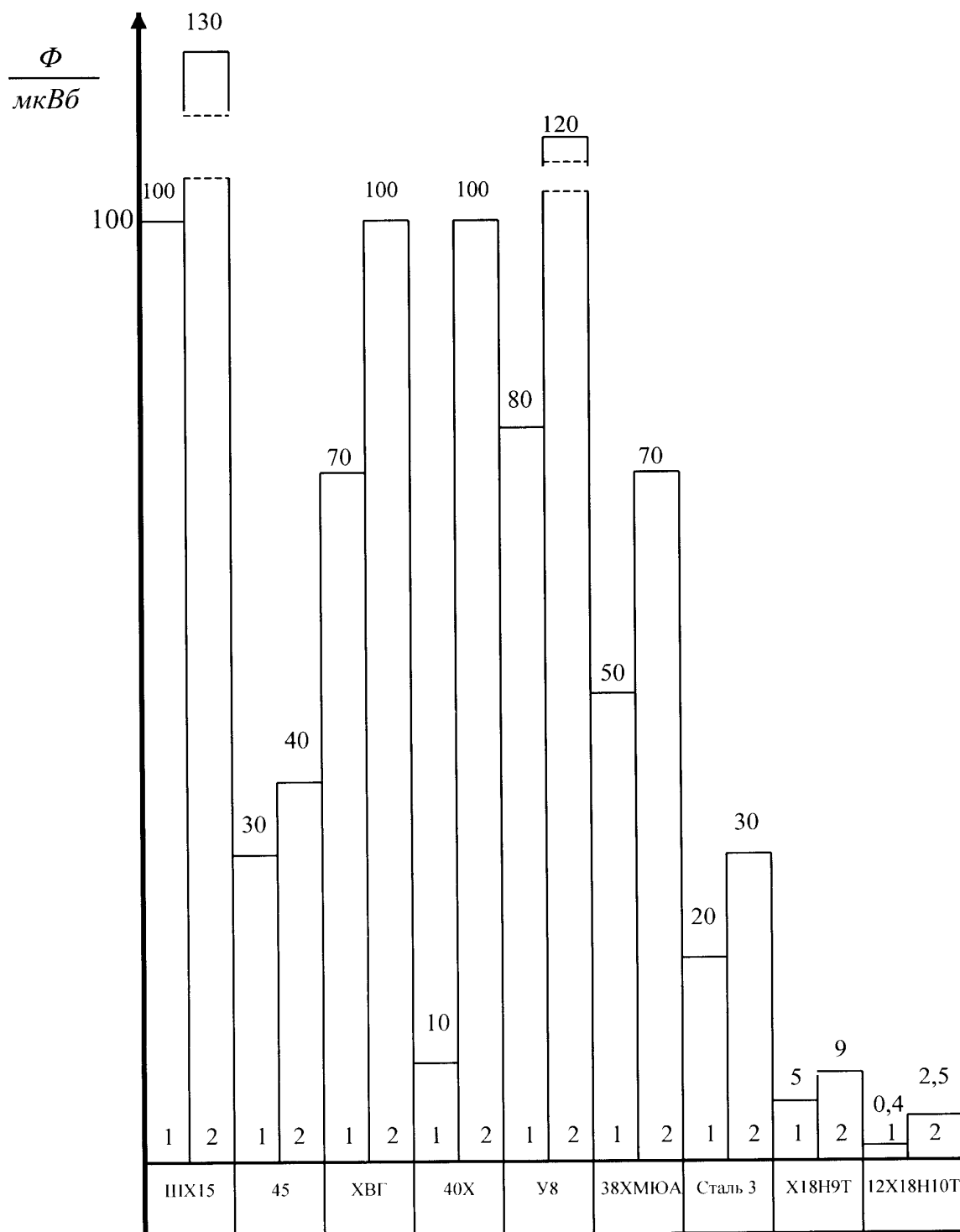


Рис. 2. Диаграммы намагниченности сталей в состоянии поставки (1) и после механической обработки (2)

Основные результаты. Анализ результатов измерений показал, что магнитные свойства всех исследуемых сталей кроме 12Х18Н10Т не удовлетворяют условиям электронно-лучевой обработки.

На втором этапе исследовалось влияние различных методов упрочнения (термическая и химико-термическая обработка, обкатка, нанесение покрытий) и механической обработки (шлифование и фрезерование) на изменение намагниченности аустенитной стали 12Х18Н10Т. Результаты измерений намагниченности образцов представлены на рис. 3.

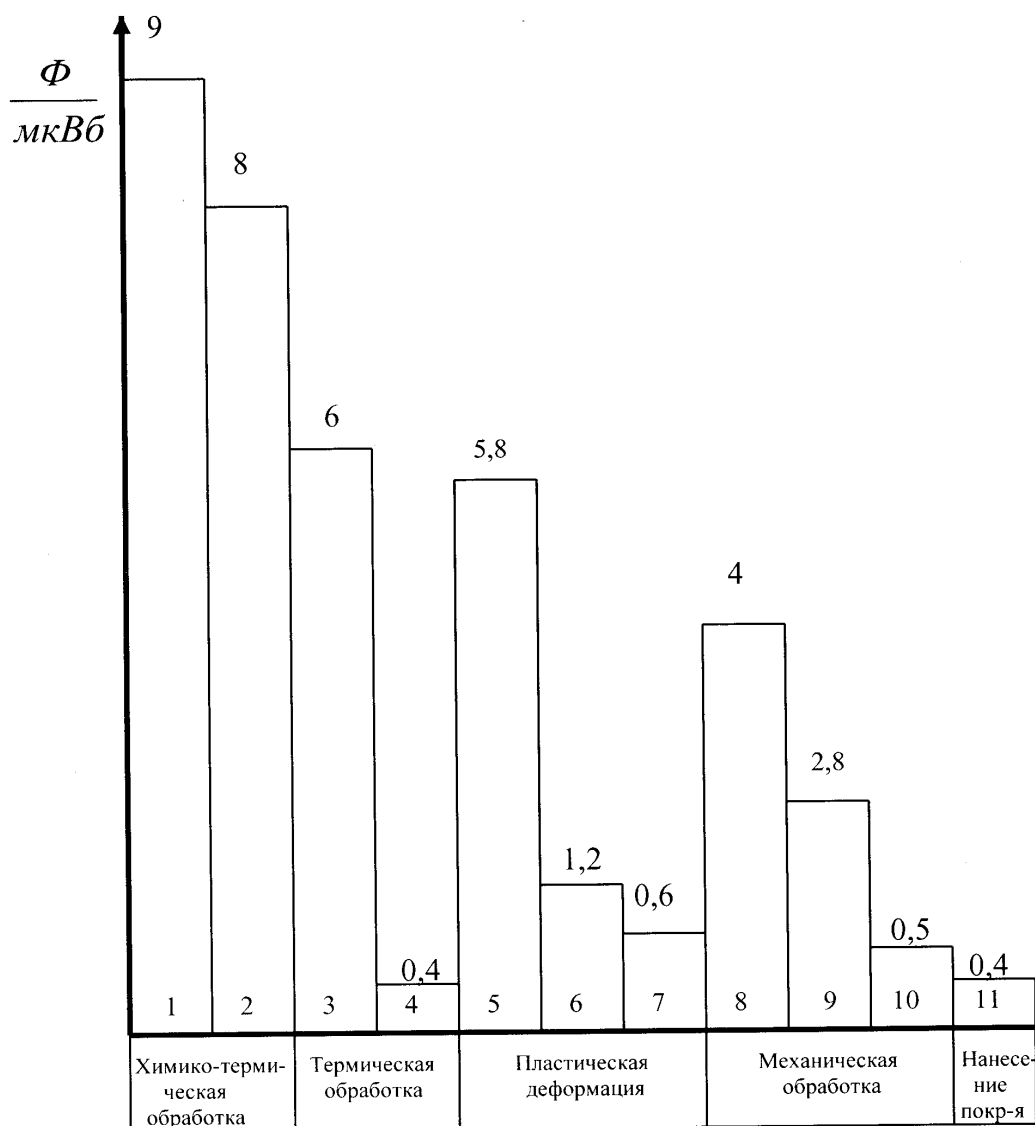


Рис. 3. Диаграммы намагниченности образцов из аустенитной стали 12X18H10T после различных методов упрочнения и механической обработки (1 – борирование; 2 – азотирование; 3 – обработка холодом в жидком азоте; 4 – отжиг в вакууме при температуре 1200 °С; 5, 6, 7 – пластическая деформация с обжатием 22, 15 и 7 % соответственно; 8 – шлифование; 9 – фрезерование; 10 – состояние поставки; 11 – нанесение покрытия из нитрида титана)

В результате исследований установлено, что химико-термическая обработка (азотирование и борирование) существенно повышает намагниченность аустенитной хромоникелевой стали 12X18H10T. Кроме того, рабочие поверхности образцов после борирования имели низкое качество, участки с покрытием чередовались с участками без покрытия, что связано с большой пассивирующей способностью аустенитной стали. Деформирование образцов даже при комнатной температуре также приводит к увеличению их намагниченности, причем намагниченность повышается с увеличением степени обжатия образцов. При обработке образцов в среде жидкого азота (–196 °С) магнитность образцов становится почти такой же, как и после обработки с обжатием 22 %. После механической обработки с режимами резания: шлифование – глубина резания 0,01 мм, скорость подачи 10 м/мин; фрезерование – глубина резания 1 мм, скорость

главного движения резания 5 м/с, скорость подачи 25 мм/мин, – намагниченность стали возрастает. Причем намагниченность образцов после шлифования несколько выше, чем после фрезерования. Это связано, вероятно, с преобладающим влиянием (при шлифовании) деформационных факторов над тепловыми, что приводит к интенсивному образованию α -фазы.

Результаты, которые характеризуют влияние упрочнения и механической обработки на магнитность стали 12X18H10T, свидетельствуют о протекании в ней процесса $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращения, приводящего к повышению магнитной проницаемости стали.

В образцах, которые взяты в состоянии поставки, обнаружено незначительное количество α -фазы. Практически немагнитной становится хромоникелевая сталь после отжига в вакууме, а также после нанесения покрытия из нитрида титана. Измеренные величины магнитного потока для данных видов обработки соответствуют нижнему пределу чувствительности микроверметра Ф-191. Нагрев хромоникелевой стали до высокой температуры с последующим охлаждением способствует протеканию процесса аустенизации и полному переходу имеющегося в поставляемом материале мартенсита в аустенит.

Упрочнение аустенитной хромоникелевой стали нанесением вакуумно-плазменного электродугового покрытия позволяет получить в ней практически полностью аустенитную структуру. Это связано, во-первых, с удалением дефектного поверхностного слоя, содержащего α -фазу, в процессе предварительной подготовки деталей методом электроимпульсного полирования [4], а, во-вторых, с превращением остаточного мартенсита в аустенит под действием высоких локальных температур, развивающихся в поверхностном слое при ионной бомбардировке.

Выводы. Таким образом, упрочнение рабочих поверхностей деталей посредством нанесения вакуумно-плазменных покрытий значительно упрощает технологию изготовления деталей из аустенитной стали 12X18H10T в тех случаях, когда кроме высокой твердости и износостойкости требуется немагнитность,

ЛИТЕРАТУРА

1. Липкин, Я. Н., Бершадская, Т. М. Химическое полирование металлов. – М.: Машиностроение, 1988. – 112 с.
2. Биронт, В. С., Сущих, В. А., Сидоров, Ф. К. Влияние низкотемпературной ультразвуковой обработки на свойства стали 12X18H10T // МиТОМ. – 1980. – № 2. – с. 47–48.
3. Глазков, И. М., Райхман, Я. А. Генераторы изображений в производстве интегральных микросхем. – Минск: Наука и техника, 1981. – 144 с.
4. Синькевич Ю. В., Фролов, И. С., Симонович, Л.П. Использование электроимпульсного полирования для повышения качества ионно-плазменных покрытий // Упрочнение и защита поверхностей газотермическим и вакуумным напылением: Материалы III Междунар. науч.-техн. конф., Киев, окт. 1990 г. / АН УССР. Ин-т электросварки им. Е. О. Патона. – Киев, 1991. – с. 111–115.

Поступила 12.10.2020