

Рисунок 2 – Микроструктуры массивного образца (а) и фольги (б) сплава 2

Таблица 2. Концентрация элементов в дендритах и междендритном пространстве

Сплавы	Концентрация элементов в α -Al, мас. %					
	Массив			Фольга		
	Al	Si	Cu	Al	Si	Cu
1	97,8	1,8	0,3	97,4	2,3	0,5
2	97,7	1,9	0,3	97,5	2,2	0,4
3	9,8	1,8	0,4	97,5	2,1	0,4
	Концентрация элементов в междендритном пространстве, масс. %					
	Al	Si	Cu	Al	Si	Cu
1	82,0	17,1	0,8	82,2	16,9	0,9
2	82,2	17,0	0,7	81,9	17,3	0,8
3	82,1	17,2	0,6	82,1	16,9	1,3

Показано, что при скоростях охлаждения расплава 10^2 и 10^5 К/с растворимость Si в Al составляет 1,8 и 2,2 мас. %, соответственно. Обнаружено, что независимо от скорости охлаждения расплава и от концентрации Si в исходном сплаве его содержание в междендритном пространстве составляет около 17 мас. %.

На рис. 3 приведены карты распределения кремния в фольге сплавов 1, 2 и 3 (а, б и в, соответственно). Установлено, что в сплаве 3, содержащем 13,6 мас. % Si, присутствуют частицы первичного кремния, участки α -Al, а также области смеси пластин Al и Si. Различие в микроструктуре доэвтектического и эвтектического сплавов заключается в уменьшении объемной доли дендритов первичного α -Al и увеличении объемной доли междендритного пространства, представляющего собой смесь пластин алюминия и кремния. Размер пластин кремния в междендритном пространстве слабо зависит от состава сплава, средняя длина пластин составляет 2–3 мкм, а их ширина не превышает 200 нм.

УДК 620.179.14

ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРУТКОВ АРМАТУРЫ ПРИ ОДНОПОЛЮСНОМ И ДВУХПОЛЮСНОМ НАМАГНИЧИВАНИИ ПОСТОЯННЫМ ПОЛЕМ МАГНИТОВ

Гусев А.П., Загорский И.Е., Полоневич А.А.

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

Аннотация. Выполнено экспериментальное исследование магнитного поля стальных прутков при однополюсном и двухполюсном намагничивании. Получены зависимости магнитной индукции В поля рассеяния от диаметра d прутков в пределах 6–19 мм и от расстояния h между прутком и намагничивающей системой в пределах 2–20 см. Показано, что модуль $|B|$ и степень локализации магнитного поля прутков при однополюсном намагничивании выше, чем при двухполюсном.

Ключевые слова: намагничивание прутков, магнитное поле.

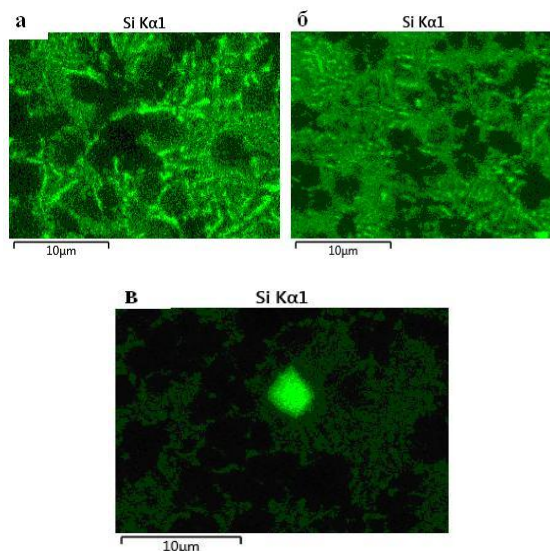


Рисунок 3 – Микроструктура и карта распределения кремния в фольге сплавах 1, 2 и 3

В результате проведенных исследований установлено, что повешение скорости охлаждения расплава до 10^5 К/с не приводит к существенному изменению концентрации компонент эвтектического состава. Микроструктура фольги эвтектического сплава, легированного медью обладает наименьшим объемом фазы α -Al.

Литература

1. Марукович, Е. И. Основные проблемы литья силуминов. Пути решения / Е. И. Марукович, В. Ю. Стеценко / Литье и металлургия. – 2016. – № 3. – С. 28–30.
2. Wang, S. Microstructure and Mechanical Properties of Al–12.6Si Eutectic Alloy Modified with Al–5Ti Master Alloy / Shuo Wang [et al.] // Adv. Eng. Mater. – 2017. – P. 1700495–1700500.
3. Влияние меди на микроструктуру и механические свойства силуминов / О. В. Гусакова [и др.] // Приборостроение–2019 : материалы 12 международной науч.-техн. конф., 18–20 ноября 2019 г., Минск, Белорус. нац. техн. ун-т / редкол. : О.К. Гусев [и др.]. – Минск : БНТУ, 2019. – С. 281–283.

CHARACTERISTICS OF THE MAGNETIC FIELD OF VALVE BARS AT ONE-POLE AND TWO-POLE MAGNETIZATION BY A CONSTANT FIELD OF MAGNETS

Gusev A., Zahorski I., Polonevich A.

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

Abstract. An experimental study of the magnetic field of steel bars with unipolar and bipolar magnetization has been carried out. The dependences of the magnetic induction B of the stray fields on the diameter d of the rods within 6–19 mm and on the distance h between the bar and the magnetizing system within 2–20 cm are obtained. It is shown that the modulus $|B|$ and the degree of localization of the magnetic field of the rods with one-pole magnetization is higher than with two-pole.

Key words: bar magnetization, magnetic field.

*Адрес для переписки: Гусев А.П., ул. Академическая, 16, г. Минск 220072, Республика Беларусь
e-mail: gusevap@iaph.bas-net.by*

С использованием магнитного метода [1, 2] разработаны и применяются приборы для контроля толщины h защитного слоя бетона или диаметра d прутков арматуры строительных конструкций, например: Profometer PM-600 [3] и PM-630/650 [4]; Elcometer Protovale 331 [5]; Profoskope [6]; ИПА-МГ4 [7]; ПОИСК-2.5 и 2.6 [8]; Rebar Locator TC100/TC110 [9] и другие.

Применение по назначению существующих измерителей возможно в случаях, если известен один из определяемых параметров, который обычно получают из проектной документации на контролируемый объект. Данное ограничение обусловлено применяемым однопараметровым методом измерений.

Более полным решением проблемы является метод, основанный на одновременном измерении двух характеристик вторичного магнитного поля. Физическим обоснованием двухпараметрового метода может служить независимость пространственного распределения индукции B магнитного диполя от величины его магнитного момента M . Поэтому пространственное распределение индукции поля рассеяния в зоне измерений определяется расстоянием h до магнитного диполя (при его фиксированной ориентации), а значение $|B|$ – расстоянием h и величиной M .

С использованием данных особенностей взаимосвязи расположения намагничиваемых тел и характеристик их магнитного поля рассеяния предложены два метода измерения параметров армирования железобетонных конструкций. В [10] показано, что по результатам регистрации распределения тангенциальной составляющей магнитного поля (метод экстремальных точек) возможно определение величины h толщины защитного слоя бетона, независимо от диаметра прутков, и с учетом полученного значения h – определение диаметра d прутков. В [11] предложен метод градуировочных сеток одновременного определения параметров армирования d и h по результатам изме-

рения в двух точках пространства напряженности поля рассеяния намагниченного прутка.

Однако, следует отметить, что достижение наилучших характеристик по чувствительности проектируемых средств контроля к параметрам d и h в значительной степени зависит от способа намагничивания прутков.

В связи с этим выполнены экспериментальные исследования пространственного распределения магнитного поля рассеяния прутков различных сталей при локальном однополюсном и двухполюсном намагничивании постоянным полем магнитов.

Экспериментальная модель (рис. 1) содержит пруток 1, намагничивающую систему 2 из двух наборов постоянных магнитов, расположенных вдоль прутка, и измерительный преобразователь 3. Магниты при однополюсном намагничивании одинаковыми полюсами повернуты в одну сторону, при двухполюсном намагничивании – в противоположные.

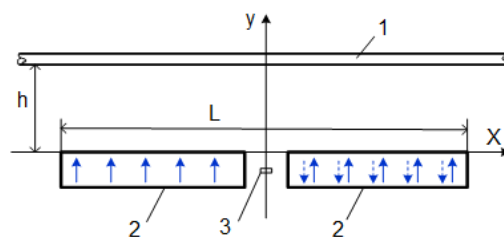


Рисунок 1 – Экспериментальная модель

Преобразователь в процессе измерений перемещается в плоскости YOZ параллельно оси OZ. При однополюсном намагничивании (длина намагничивающей системы L и $2L$) измерена составляющая B_y индукции магнитного поля намагничиваемого прутка, при двухполюсном намагничивании – составляющая B_x . На рис. 2 представлена зависимость средних значений B_y и B_x по набору прутков различного диаметра от их расстояния h до намагничивающей системы.

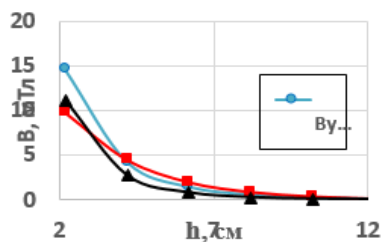


Рисунок 2 – Зависимость от h индукции магнитного поля рассеяния прутков при двух способах намагничивания. L – длина намагничивающей системы

Объяснение характеристик кривых на рис. 2 возможно на основе принципа суперпозиции магнитных полей. Намагниченность любого тела можно представить как одного или суммы нескольких магнитных диполей. Намагниченность прутка в неоднородном поле характеризуется поперечной и продольной составляющими, которые, с учетом принципа суперпозиции, можно считать поперечными и продольными магнитными диполями. При однополюсном поперечном намагничивании (рис. 1) намагниченность прутка имеет центральный поперечный магнитный диполь и два продольных, намагниченность которых направлена в противоположные стороны. При намагничивании двухполюсной системой магнитов имеем один центральный продольный магнитный диполь, два боковых поперечных и два боковых продольных. При этом следует иметь в виду, что из-за большого размагничивающего фактора прутка в поперечном направлении наибольший вклад в магнитное поле рассеяния вносят продольные магнитные диполи. В практике применения средств контроля параметров армирования железобетонных конструкций наибольший интерес по толщине защитного слоя бетона имеет диапазон $h > 4$ см. В этом диапазоне, как видно из рис. 2, преимущественное значение по величине индукции B поля рассеяния имеет однополюсное намагничивание системой, длина $2L$ которой находится в этом же диапазоне. Объясняется данное обстоятельство наличием в намагниченном прутке двух расположенных близко к зоне измерений продольных

магнитных диполей, вносящих наибольший вклад в поле рассеяния прутка.

Литература

1. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры : ГОСТ 22904-93.
2. Prefabricated reinforced components of light-weight aggregate concrete with open structure with structural or non-structural reinforcement : EN 1520:2011.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.proceq.com/ru/produkcija/kontrol-betona/lokator-sterzhnei-armatury-v-betone/profometer-pm-600.html>. – Дата доступа: 01.10.2021.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.proceq.com/ru/produkcija/kontrol-betona/lokator-sterzhnei-armatury-v-betone/profometer-pm-630-650.html>. – Дата доступа: 01.10.2021.
5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.elcometer.com/images/stories/PDFs/InstructionBooks/331_b.pdf. – Дата доступа: 01.10.2021.
6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.proceq.com/ru/produkcija/kontrol-betona/lokator-sterzhnei-armatury-v-betone/profoscope.html?pqf=5>. – Дата доступа: 01.10.2021.
7. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stroypribor.com/produkt/catalog/naprarm>. – Дата доступа: 01.10.2021.
8. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.interpribor.ru/measuring-the-thickness-of-the-protective-layer-of-concrete-poisk25>. – Дата доступа: 01.10.2021.
9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tgindt.com/products/concrete-testing-gauge/time-tc100-tc110-rebar-locator.html>. – Дата доступа: 01.10.2021.
10. Гусев, А. П. Двухпараметровый метод контроля армирования железобетонных конструкций / А. П. Гусев, Я. И. Шукевич, А. Л. Лукьянов // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов / Сборник статей Шестой междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 19–20 сентября 2017 г. / Белорусско-Российский университет. – С. 126–131.
11. Гусев, А. П. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и диаметра прутков арматуры строительных конструкций / А. П. Гусев, Я. И. Шукевич, А. В. Лукьянов // Техническая диагностика и неразрушающий контроль, 2017. – № 1. – С. 5–10.