



РФЯЦ ВНИИЭФ  
ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА

Федеральное государственное  
унитарное предприятие  
**РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР**  
Всероссийский  
научно-исследовательский институт  
экспериментальной физики  
(ФГУП «РФЯЦ–ВНИИЭФ»)

Конструкторское бюро по  
разработке СБЧ  
(КБ-2)  
Отделение 16

Телефон (83130) 2-60-90,  
факс (83130) 2-60-91  
E-mail: [tilkunova@dep16.vniief.ru](mailto:tilkunova@dep16.vniief.ru)  
пр. Мира, д.37, г. Саров, Нижегородская  
обл., 607188

№ \_\_\_\_\_  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

О направлении отзыва

Отзыв на автореферат диссертации Тимченко Светланы Леонидовны «Управление физическими свойствами металлов и сплавов с помощью электрического и магнитного полей», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности  
1.3.8. – Физика конденсированного состояния

Как показывает практика, большинство сред, в том числе проводящих, обладает существенными неоднородностями, что сказывается на их свойствах. Так как электромагнитное воздействие позволяет влиять на свойства металлов и сплавов в твердом и жидком состояниях, а также в состоянии фазового перехода, поэтому целесообразно использовать данное воздействие при создании материалов. В этой связи **актуальными** являются исследования поведения электропроводных сред при протекании по ним электрического тока и при воздействии на указанные среды магнитного поля, как в твердом состоянии, так и в состоянии фазового перехода, когда непосредственно происходит формирование кристаллической структуры.

Проанализирую основные достижения, полученные автором диссертации, определяющие ее **научную новизну, фундаментальную и практическую ценность.**

В первую очередь следует отметить насыщенность экспериментальной части работы.

В главе 2, представленной в автореферате, экспериментально доказано, что электрический ток высокой плотности ( $j \leq 10^9$  А/м<sup>2</sup>) в условиях интенсивного охлаждения вызывает структурные изменения в проводнике. По сути, это было известно и ранее, в рамках исследований электропластического эффекта. Однако, есть одно принципиальное отличие. Для того чтобы исключить влияние нагрева, было осуществлено интенсивное охлаждение проводников. В ходе данных экспериментов, в которых в качестве объектов исследования были использованы никелевые и медные тонкослойные образцы, была установлена аналитическая форма закона электропроводности металлов в широком диапазоне плотности тока, вплоть до разрушения образцов. А именно, получена связь напряженности электрического поля и плотности тока, а также связь между напряженностью электрического поля в металле и его гальваномеханическими деформациями.

Дополнительно, в результате анализа вольтамперных характеристик проводников (*Ni* – фольга, *Cu* – проволока) была рассчитана энергия, выделяемая при перестройке дислокационной структуры. В рамках теории пластического деформирования под действием электрического тока проведена оценка количества дислокаций, участвующих в структурных превращениях.

При использовании метода ферромагнитного резонанса, экспериментально установлен обратимый характер влияния электрического тока на параметры ферромагнитного резонанса в пленках пермаллоя (*86Ni14Fe* толщиной 1 мкм на стеклянной подложке) с большим значением поля наведенной магнитной анизотропии ( $H_k \sim 1600$  А/м), где электрический ток пропусклся ортогонально оси легкого намагничивания, и с малым полем наведенной магнитной анизотропии ( $H_k \sim 160$  А/м), где электрический ток пропусклся вдоль оси легкого намагничивания при различной ориентации поля подмагничивания  $H_0$  относительно оси легкого намагничивания. Установлено, что при  $\theta \approx 30^\circ$  пропускание тока в пленке ( $j = (0,2 \dots 2) \cdot 10^9$  А/м<sup>2</sup>) не влияло на величину резонансного поля  $H_r$ . То есть влияние электрического тока на высокочастотные свойства ферромагнетика носит анизотропный характер.

При исследовании магнитных свойств ферромагнитных металлов с помощью магниторезистивного эффекта обнаружено аномальное изменение магнетосопротивления образцов, что, скорее всего, связано с их неоднородной структурой. Экспериментально обнаружено аномальное возрастание величины магниторезистивного эффекта в фольгах поликристаллического *Ni* при пропускании электрического тока плотностью  $j \approx (0,5 - 5) \cdot 10^8$  А/м<sup>2</sup> при внешнем магнитном поле  $H_0 = 0,5 \cdot 10^5$  А/м и при воздействии внешним магнитным полем ( $H_0 = (0,5 - 6) \cdot 10^5$  А/м) при фиксированном токе в образце. По-видимому, данный результат может найти свое применение в микроэлектронике, IT-инженерии, в элементах устройств, работа которых основана на считывании информации, которая хранится в доменах.



Исследования параметров структуры, физических и эксплуатационных свойств образцов из силуминов, подтверждают, что электрический ток влияет на интенсивность массопереноса, газосодержание металлов, растворимость примесных компонент, размер и содержание газовых пор уменьшается, а эксплуатационные свойства улучшаются. Указанные изменения обусловлены механическими напряжениями, энергией электрического и магнитного полей.

Обнаружено уменьшение газовой пористости в сплавах *AK 12* и *AK12M2MzH* при их кристаллизации под действием электрического тока и предложена физическая модель, объясняющая полученный результат.

Предложен метод электромагнитоимпульсного заполнения микроформ расплавом. Метод предназначен для улучшения условий заполнения фасонной литейной формы малым объемом жидкого металла, когда доминируют силы поверхностного натяжения и сопротивления движению. Данная схема воздействия имеет практическое значение не только как метод управления движением объема, но и позволяет измерить коэффициент сопротивления жидкого металла и формы, что может быть использовано в инженерных расчетах, связанных с движением жидкого электропроводного материала.

Получен новый критерий образования микропористости в отливках, имеющий безразмерную форму и учитывающий не только термические условия процесса затвердевания, но и технологические параметры, такие как атмосферное и металлостатическое давление, газонасыщенность сплава. Предложена схема анализа условия образования пористости на основе графической интерпретации модельных неравенств, позволяющая наглядно представить влияние термических и технологических параметров и не требующая проведения натурального эксперимента.

**Достоверность и обоснованность** результатов, полученных в работе, обеспечиваются воспроизводимостью, применением современных, апробированных методов исследования, корректностью постановок задач, большим объемом экспериментальных данных, подтверждающих результаты.

**Результаты работы опубликованы** в **43** печатных работах, **19** из которых - научные статьи, опубликованные в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов научных работ соискателей ученой степени доктора наук.

В качестве замечаний следует отметить необходимость представления результатов анализа структурных изменений, которые автор отмечал в экспериментах с деформированием электрическим током высокой плотности проволок и фольг и которые описаны в главе 2.

Представленные в автореферате результаты характеризуются научной и практической значимостью. Замечание, сделанное выше, ни в коей мере не снижает научную и практическую значимость результатов диссертационной работы.

Таким образом, на основании рассмотрения автореферата считаю, что диссертация «Управление физическими свойствами металлов и сплавов с помощью электрического и магнитного полей», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, является оригинальным, законченным исследованием, удовлетворяющим критерию, указанному в первом абзаце п.9, а также требованиям п.п. 10, 11 и 13 (Постановления Правительства РФ №842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения ученых степеней»), т.к. в ней изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, направленные на создание методов управления физическими свойствами электропроводных материалов, внедрение которых вносит вклад в развитие физики металлов, металловедение, а сам автор, Тимченко Светлана Леонидовна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния.

Даю согласие на обработку персональных данных.

Герасимов Сергей Иванович,  
доктор физ.-мат. наук, профессор  
приборы и методы экспериментальной физики

24.09.21

Подпись доктора физ.-мат. наук, профессора Герасимова С.И. заверяю

Алексеев Олег Германович,  
кандидат физ.-мат. наук, ученый секретарь  
секции №2 научно технического совета РФЯЦ-  
ВНИИЭФ

24.09.21