

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Тимченко Светланы Леонидовны «Управление физическими свойствами металлов и сплавов с помощью электрического и магнитного полей», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния

I. Актуальность темы

Известно, что электрический ток и магнитное поле способны оказывать влияние на процессы структурообразования и физические свойства металлов и сплавов. Однако эти способы воздействия на металл не находят пока широкого применения в производственной практике. Причиной этого является недостаточная изученность механизмов их влияния и, как следствие, плохая управляемость процессами структурообразования и плохая воспроизводимость результатов при литье, прокатке и других металлургических переделах, применяемых при изготовлении изделий машиностроения с использованием электрического тока и магнитного поля. В связи с этим тема диссертации Тимченко С.Л., посвящённая решению именно этих проблем, является актуальной.

II. Достоверность и новизна основных выводов диссертации

В работе установлена функциональная связь между напряжённостью электрического поля и относительной деформацией проводника. Была проведена оценка количества дислокаций, участвующих в структурных превращениях, при наложении электрического тока при пластической деформации металлической заготовки. Было показано, что гальваноупругие деформации пропорциональны плотности тока, подводимого к деформируемой заготовке. Этот вывод обладает научной новизной, и открывает новые возможности в технологии пластической деформации электропроводящих материалов.

Разработанный в работе количественный метод расчёта энергии, выделяемой при перестройке дислокационной структуры, основанный на анализе вольт-амперных характеристик проводников при высоких плотностях тока тоже можно отнести к научной новизне данной диссертационной работы.

Безусловной научной новизной отличается построенная диссертанткой модель движения фронта кристаллизации затвердевающей отливки при использовании электрического тока. Модель показывает возможность управления процессом затвердевания отливки из электропроводного материала при помощи электрического тока. Данный результат работы диссертантки имеет не только научное, но и значительное практическое значение.

Новизна результатов диссертационной работы Тимченко С.Л. подтверждается 4 авторскими свидетельствами и патентом Российской Федерации.

Достоверность полученных в работе результатов не вызывает сомнения, поскольку подтверждается использованием современных методик исследования, аттестованного исследовательского оборудования и приборов, а также применением методов статистической обработки экспериментальных данных. Текст диссертации и автореферат проверены на отсутствие плагиата с помощью программы «Антиплагиат».

III. Ценность диссертации для науки и практики

Разработанные в диссертационной работе методики расчёта характеристик ферромагнитного

резонанса в тонких магнитных плёнках и энергии, выделяемой при перестройке дислокационной структуры материала, имеют самостоятельное научное и практическое значение.

Ценным научным и практическим результатом является установленный в диссертационной работе факт обратимого характера влияния электрического тока на параметры ферромагнитного резонанса в тонких магнитных плёнках ферромагнетиков в условиях их интенсивного охлаждения. Данный факт является важным и должен учитываться при конструировании изделий специальной и общегражданской техники с использованием тонких плёнок ферромагнетиков.

Безусловно, интересным с практической точки зрения является метод контроля параметров процесса кристаллизации сплавов, находящихся под действием электрического тока, пропускаемого по металлическому образцу в процессе его затвердевания. Метод позволяет без измерения температуры затвердевающей отливки определять время начала кристаллизации сплава, а также скорость продвижения фронта кристаллизации, что даёт возможность определить скорость охлаждения сплава в интервале кристаллизации при данном режиме затвердевания. Метод также даёт возможность судить о теплопроводности сплава, как в жидком состоянии, так и на различных стадиях его кристаллизации (затвердевания), а также о теплоотдаче литейной формы. Данный результат имеет существенное практическое значение.

На примере алюминиевых сплавов в диссертационной работе Тимченко С.Л. было установлено влияние электрического тока на структуру и свойства отливок. Было показано, что пропускание постоянного электрического тока через материал затвердевающей отливки приводит к измельчению его дендритной структуры, уменьшению пористости, повышению твёрдости, а также к появлению в отливке кристаллической анизотропии. Эти данные подтверждают уже имеющиеся в технической литературе сведения о влиянии электрического тока на литейные процессы. Данные эти имеют как научную, так и большую практическую ценность. Научная ценность этих данных состоит в том, что они позволяют понять механизмы структурообразования при кристаллизации сплавов в условиях прохождения через них электрического тока. Практическая ценность этих данных заключается в возможности создания на их базе новых эффективных литейно-металлургических технологий.

Нельзя не отметить практическую ценность разработанных автором диссертации, Тимченко С.Л., способов управления свойствами кристаллизующихся токопроводящих материалов при помощи воздействия на них электрическим током и магнитным полем. Эти способы позволяют регулировать время перехода металла из жидкого состояния в твёрдое, величину температурного градиента на фронте кристаллизации, обеспечивать условия направленного затвердевания отливки и устранение риска возникновения в ней усадочной пористости, а также обеспечивать надёжное заполнение расплавом узких полостей отливки. Предложенный новый критерий для оценки вероятности образования микропористости в отливках может быть использован в производственной практике и при разработке программ компьютерного моделирования литейных процессов. Выявленный автором диссертации положительный эффект обработки алюмоматричных композиционных материалов электрическим током на механические свойства этих материалов также имеет практическую ценность.

Практическую ценность результатов диссертационной работы Тимченко С.Л. подтверждает их использование в деятельности промышленного предприятия ООО «Пульсатор» (г. Курган).

IV. Оценка содержания диссертации. Публикации.

Диссертация Тимченко С.Л. состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы и приложений, включающих документы об использовании результатов работы. Диссертация содержит 290 страниц машинописного текста, 84 рисунка и 16 таблиц. Список литературы включает 167 наименований.

В разделе «Введение» автор работы обосновывает актуальность темы диссертации, излагает её цели и задачи, научную новизну и практическую значимость, методы исследования, степень

достоверности результатов, личный вклад автора и положения, выносимые на защиту. Здесь же приведены сведения о публичных обсуждениях результатов работы на различных собраниях научно-технической общественности.

В первой главе диссертации приведены результаты информационно-патентных исследований по вопросам влияния электрического тока на процессы пластической деформации электропроводных материалов, а также по вопросам рекристаллизации металлов и сплавов. Обсуждаются вопросы воздействия электрического тока на процессы, протекающие при кристаллизации сплавов, а также преимущества этого воздействия. Исследования проведены достаточно полно, что позволило диссертантке обоснованно сформулировать задачи диссертационной работы.

Во второй главе диссертации приведены результаты экспериментальных исследований влияния электрического тока и магнитного поля на процесс деформирования металлов и сплавов. При этом была проведена оценка количества дислокаций, участвующих в структурных превращениях. Показана возможность косвенного наблюдения структурных изменений в токопроводящих средах. Анализ полученных результатов позволил диссертантке вычислить запасённую в дефектах энергию, которая выделяется при обработке исследуемых материалов электрическим током. Полученные данные позволили автору диссертации связать электропроводность металлов, напряжённость электрического поля и плотность тока аналитической зависимостью. Аргументация при формулировании данной зависимости представляется вполне логичной и обоснованной.

В третьей главе диссертации представлены результаты исследования влияния электрического тока (в том числе высокой плотности) и внешнего магнитного поля на параметры ферромагнитного резонанса и на электросопротивление образцов ферромагнитных материалов. Эксперименты проводили на тонких плёнках поликристаллического никеля. Было установлено обратимое влияние электрического тока на магнитные свойства ферромагнетиков в условиях их интенсивного охлаждения (жидкий азот), а также необратимое влияние электрического тока и внешнего магнитного поля на электросопротивление никелевых образцов, что вызвано их структурными изменениями. Все используемые экспериментальные методики описаны достаточно ясно, что не даёт повода к двойному толкованию результатов. Предлагаемые причины и механизмы влияния электрического тока и магнитного поля на магнитные и резистивные свойства исследуемых образцов логичны и непротиворечивы.

В четвёртой главе диссертации представлены результаты экспериментального исследования влияния электрического тока на процессы кристаллизации алюминиевых сплавов при их затвердевании в песчаной литейной форме. Работы проводились с использованием специальной экспериментальной установки. Была показана возможность определения скорости нарастания твёрдой фазы внутри температурного интервала кристаллизации, а также времени полного перехода металла из жидкого состояния в твёрдое по графикам изменения зависимости величины напряжения электрического тока от времени. Анализ изменения электрических характеристик показал возможность также определять коэффициенты теплопроводности сплавов, как в жидком состоянии, так и в процессе их кристаллизации. Полученные таким образом данные позволили диссертантке построить физическую модель процесса кристаллизации сплавов с участием электрического тока, которая даёт возможность оценить скорость продвижения фронта кристаллизации. Ценность полученных результатов состоит в том, что они могут быть использованы на практике при разработке новых технологий литья.

В пятой главе диссертации приведены результаты исследования структуры и свойств алюминиевых сплавов, затвердевавших в песчаных формах и в металлическом кокиле с участием постоянного электрического тока. Было показано, что пропускание постоянного электрического тока через кристаллизующуюся отливку приводит к измельчению дендритной структуры материала отливки (сплава), уменьшает пористость отливки и оказывает ориентирующее действие на фазовую и кристаллическую структуру отливки. Обнаружена

анизотропия электросопротивления в отливках из сплава АК12, затвердевавших в условиях пропускания через них электрического тока. Микротвёрдость сплава, обработанного постоянным электрическим током, была всегда выше, чем у сплава без такой обработки. Показано, что увеличение плотности тока приводит к увеличению микротвёрдости обрабатываемого током сплава. Выводы, сделанные автором диссертации о причинах изменения структуры и свойств сплавов под воздействием электрического тока, представляются логическими и обоснованными экспериментально.

В шестой главе диссертации рассмотрены способы воздействия на сплав электрическим током и магнитным полем на различных стадиях процесса изготовления отливки с целью повышения качества литья (снижение пористости, устранение недоливов) или повышения физико-механических свойств литого материала. Предложен новый критерий образования микропористости в отливках не связанный с тепловыми процессами их затвердевания. Все предлагаемые способы имеют чёткую практическую направленность и нацелены на создание новых эффективных литейно-металлургических технологий, включающих обработку жидкого или затвердевающего металла электрическим током и магнитным полем. Несмотря на очевидное увеличение себестоимости, эти новые технологии вполне могут быть реализованы в промышленности, например при выращивании монокристаллов из различных электропроводных материалов или при изготовлении отливок из металломатричных композиционных материалов. Кроме того предлагаемые способы и критерии целесообразно использовать при составлении компьютерных программ моделирования литейных процессов.

Выводы по диссертации представляются вполне обоснованными. Смысловое содержание выводов подтверждает решение поставленных в работе задач исследования.

Основное содержание диссертации изложено в 43 печатных работах, из которых 19 являются статьями из перечня ВАК и статьями, опубликованными в изданиях, индексируемых по базе данных Scopus, 17 – тезисами докладов и статьями в сборниках трудов международных научных конференций, 2- статьями в прочих печатных изданиях, 4 — авторскими свидетельствами РФ, 1 — патентом РФ.

Автореферат и публикации отражают основное содержание диссертации.

Тема диссертации соответствует специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния.

V. Замечания по диссертации

1. Отсутствует детальный металлографический анализ структуры материала образцов — никелевых фольг, в которых косвенно наблюдали необратимые структурные изменения, выражающиеся в изменении магнетосопротивления в условиях магниторезистивного эффекта (глава 2 и 3).
2. Отсутствуют данные о структуре медных проволок, для которых проведены исследования зависимости электросопротивления при высокой плотности электрического тока (глава 2).
3. Не указаны способы измерения температуры образцов при проведении экспериментов по деформированию проволок и фольг при высоких плотностях тока (главы 2 и 3), а также при кристаллизации (главы 4, 5 и 6).

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности работы, не затрагивают её основных положений и выводов, не влияют на достоверность полученных результатов.

Заключение.

Автором диссертационной работы сформулировано содержание научной проблемы - создание электропроводной материальной среды с управляемыми электрическим током и

магнитным полем физическими свойствами, выполнены постановка задач исследования и их решение. Создана установка для исследования магнитных свойств ферромагнетиков методом магниторезистивного эффекта, проведены исследования электрических свойств анизотропных тонких магнитных пленок. Создана установка для изучения процессов кристаллизации алюминиевых сплавов в присутствии электрического тока. Проведено исследование свойств и параметров структуры алюминиевых сплавов, кристаллизация которых происходила при воздействии электрического тока. Проведена обработка, апробация и анализ полученных результатов. Приоритет автора зафиксирован в четырех авторских свидетельствах и одном патенте.

Диссертация Тимченко С. Л. «Управление физическими свойствами металлов и сплавов с помощью электрического и магнитного полей», представленная на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния, отвечает требованиям п.9 «Положение о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, а её автор, Тимченко Светлана Леонидовна, заслуживает присвоения ей учёной степени доктора технических наук по специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный
университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых»,
профессор кафедры
Технологии машиностроения

Беляев Игорь Васильевич

Место работы: ВлГУ
Адрес: 600000, г. Владимир,
ул. Горького, 87
тел. +79107793542
e-mail: belyaev-iv54@ yandex.ru

14.09.2021г

