



СТАРТ
РОСАТОМ

Акционерное общество «Федеральный
научно-производственный центр
«Производственное объединение
«Старт» имени М.В. Проценко»
(АО «ФНПЦ «ПО «Старт»
им. М.В. Проценко»)

Проспект Мира, д.1, г. Заречный
Пензенской обл., 442960
Тел.: (8412) 23-28-55, факс: (8412) 65-17-58
E-mail: director@startatom.ru
ОКПО 25990854, ОГРН 1185835003221
ИНН 5838013374, КПП 583801001

17.04.2025 № 20-14/409
На № _____ от _____

Об отзыве на автореферат

В диссертационный совет 75.1.018.01

Шпалерная ул., 49, Санкт-Петербург
191015, Россия
opnk-prometey@crism.ru

НИИ «Курчатовский институт»- ЦНИИ КМ «Прометей»		
ДОУ	Вх. № 1314/17	в ДЕЛО
	«24» окт 2025 г.	№ _____
	Осн. 4 л.	подп. _____
	Прил. — л.	

Отзыв

на автореферат диссертации Жукова Антона Сергеевича

**«Разработка технологии селективного лазерного сплавления
ферромагнитных материалов системы Fe-Cr-Ni(-Co) для получения на
их основе элементов навигационной техники»,**
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки)

В автореферате Антона Сергеевича Жукова представлены результаты работ по разработке технологии селективного лазерного сплавления ферромагнитных материалов системы Fe-Cr-Ni(-Co) для получения на их основе элементов навигационной техники.

Актуальность диссертации не вызывает сомнения: проблема применения технологии селективного лазерного сплавления (СЛС) для изготовления деталей из прецизионных магнитотвердых и магнитомягких сплавов обусловлена рядом факторов, связанных с современными требованиями к производству, материалам и функциональным характеристикам изделий. Во-первых, СЛС позволяет создавать сложные

геометрические формы, которые невозможно или крайне затруднительно получить традиционными методами обработки, такими как литье или механическая обработка. Это особенно важно для деталей, используемых в высокотехнологичных отраслях, таких как аэрокосмическая промышленность, энергетика, робототехника и микроэлектроника, где требуются компоненты с уникальными магнитными свойствами и точными размерами.

Во-вторых, магнитотвердые сплавы обладают высокой коэрцитивной силой, что делает их незаменимыми для производства постоянных магнитов, сердечников трансформаторов, датчиков и других устройств. А магнитомягкие сплавы обладают высокой магнитной проницаемостью, поэтому хорошо экранируют внешнее магнитное поле. Технология СЛС позволяет точно контролировать микроструктуру материала в процессе изготовления, что обеспечивает достижение оптимальных магнитных характеристик и минимизацию потерь энергии.

В-третьих, технология СЛС способствует сокращению отходов материала, так как используется метод послойного нанесения, что особенно важно при работе с дорогостоящими прецизионными сплавами. Кроме того, СЛС позволяет изготавливать детали с минимальной постобработкой, что снижает трудоемкость и сроки производства.

Наконец, развитие аддитивных технологий, включая СЛС, соответствует глобальным трендам в области цифровизации производства и перехода к индивидуальному и мелкосерийному производству. Это открывает новые возможности для создания инновационных продуктов с улучшенными характеристиками, что особенно актуально в условиях растущей конкуренции и необходимости постоянного совершенствования технологий.

Таким образом, тематика диссертационной работы является перспективным направлением, которое позволяет решать задачи, связанные с повышением эффективности, точности и функциональности изделий, а также способствует развитию современных высокотехнологичных отраслей промышленности.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения.

Результаты в автореферате чётко структурированы и хорошо описаны, в частности, для возможности их понимания даже не специалистом в области исследования.

В диссертации были получены экспериментальные зависимости пористости прецизионных сплавов 80НХС, 25Х15К и ЮНДК, изготовленных СЛС, от гранулометрического состава сплавляемых порошков соответствующих марок и параметров энерговложения. При этом необходимо отметить, что был предложен метод повышения коэффициента использования порошка прецизионного сплава 25Х15К за счет доизмельчения сферического порошка дисперсностью более 80 мкм и смешивания получаемого осколочного порошка дисперсностью менее 80 мкм со сферическим порошком дисперсностью менее 80 мкм.

Широкий круг исследований проведен в направлении термической обработки прецизионных сплавов. С помощью выбора режимов термической обработки удалось укрупнить размер зерна аддитивных ферромагнитных сплавов. Для сплава 80НХС режим термической обработки с выдержкой 9 ч при температуре 1300 °С позволил получить средний размер зерна 300 мкм, что обеспечивает достижение максимальной магнитной проницаемости 35710 Гс/Э.

В процессе исследований микроструктур аддитивных образцов прецизионных сплавов было установлено, что коэрцитивная сила H_c аддитивных ферромагнитных сплавов 80НХС, 25Х15КА и ПЖРВ выше, чем у аналогичных материалов, полученных литьем или деформационной обработкой (3,1 А/м вместо 1,8 А/м, 45 кА/м вместо 40 кА/м и 582 А/м вместо 95 А/м, соответственно), поскольку размер зерна в ферромагнитных сплавах, полученных методом селективного лазерного сплавления, оказывается на порядок меньше.

Рассмотрев практическую значимость диссертации, можно сделать вывод о большом объеме проделанных работ по выстраиванию технологических цепочек от технологий получения порошков прецизионных сплавов до получения готовых изделий из них с помощью технологий СЛС, подтверждаемых не только выпущенными нормативными документами, но и

изготовленным уникальным технологическим оборудованием.

Полученные результаты опубликованы в ведущих научных журналах, докладывались на ведущих научных конференциях по тематике диссертации. При чтении автореферата сложилось хорошее впечатление об объеме и успешности проведенных в диссертации работ. Автореферат свидетельствует о высокой научной и прикладной значимости работ, составляющих диссертацию, правильно отражает содержание опубликованных работ, а Антон Сергеевич Жуков, несомненно, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

В целом, диссертационная работа полностью соответствует требованиям паспорта специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки), а также п. 9 Положения о порядке присуждений ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями, утвержденными Постановлениями Правительства РФ, однако содержит два небольших недостатка:

- не показано, почему для порошка сплава 25X15KA плотность СЛС материала слабо зависит от энерговложения;
- в автореферате неверно указан номер ГОСТа на сплав 80НХС;
- в автореферате не было уточнено, на основании каких соображений была исключена стадия гомогенизационного отжига для сплава 25X15KA.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Заместитель главного металлурга
по аддитивным технологиям и
порошковой металлургии, к.т.н.



А.С. Никиткин

Александр М.

29.04.25