

НИИ «Курчатовский институт» ЦНИИ КМ «Прометей»	
Вх. № 1602/17	в ДЕЛО
«26» 05 20 28 г.	№
Прил.	подп.

Отзыв
на автореферат диссертационной работы Жукова Антона Сергеевича на тему:
«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)»

Материалы из магнитотвердых и магнитомягких материалов во многом определяют технические и эксплуатационные параметры изделий в приборостроении, электронной и радиоэлектронной промышленности, авиационной и, соответственно, оборонной промышленности.

В связи с этим диссертационная работа Антона Сергеевича Жукова, посвященная разработке технологии селективного лазерного сплавления для изготовления конкретных элементов навигационной техники — постоянных магнитов и корпуса из магнитомягкого материала, взамен традиционным методам изготовления, является важной и весьма актуальной.

В автореферате А.С. Жукова представлены результаты работ по разработке технологии селективного лазерного сплавления для изготовления деталей гироскопа из магнитотвердых материалов на основе сплавов FeCr-Co (25X15KA по ГОСТ 24897-81), Fe-Ni-Al-Co (ЮНДК по ГОСТ 17809-72), магнитомягкого материала на основе сплава 80НХС (ГОСТ 10160-75), а также образцов из нержавеющей сталей.

В настоящее время постоянные магниты для гирокоординаторов изготавливаются литьем, а элементы экранирующих корпусов — точением из заготовок, полученных прокаткой. Эти методы изготовления имеют ряд недостатков: наличие литевых дефектов типа раковин, трещин, засоров, что снижает как магнитные, так механические свойства деталей, большое количество отходов при мелкосерийном производстве уникальных по форме изделий. Отмеченное выше определяет дополнительные издержки при подготовке производства для перехода на новые типоразмеры сложной формы.

Альтернативные методы изготовления указанных выше деталей до сих пор не нашли широкого применения. Предлагаемый в диссертационной работе подход — применение аддитивной технологии селективного лазерного сплавления (СЛС) —

позволит минимизировать механообработку, оптимизировать производственный цикл и сократить сроки освоения в производстве новых деталей.

В диссертационной работе А.С. Жукова получен ряд новых результатов, наиболее важными являются следующие:

- впервые исследованы и разработаны технологические режимы изготовления порошков магнитотвердых сплавов методом распыления расплава и методом струйного измельчения с получением порошков необходимой текучести и фракции менее 80 мкм, что позволило получить по технологии СЛС изделие кольцевой формы из сплава 25Х15К;
- впервые исследован и освоен технологический процесс изготовления СЛС порошка сплава 80НХС и получения на его основе экранирующих корпусов гироскопов с минимальными допусками на механическую обработку, требуемыми магнитными свойствами и вакуумной плотностью;
- на основании исследования формы порошков, определены, исходя из максимального выхода годной фракции порошков, основные параметры процесса атомизации: температура расплава, при которой происходит процесс распыления, время перегрева расплава, содержание кислорода в распыляющем газе, давление распыляющего газа на форсунке и другие, указанные в Таблице 1 автореферата;
- установлено, что параметры текучести, насыпной плотности и скорости истечения являются универсальными постоянными для каждой марки порошка с данным гранулометрическим составом и определяют его качество;
- показано, что для всех исследуемых и модельных сплавов прочностные свойства выше, чем у сплавов, аналогичного химического состава, получаемых традиционными металлургическими технологиями;
- установлено, что коэрцитивная сила H_c аддитивных ферромагнитных сплавов 80НХС, 25Х15КА выше, чем у аналогичных материалов, полученных прокаткой или литьем (3,1 А/м вместо 1,8 А/м, 45 кА/м вместо 40 кА/м, соответственно), что обусловлено тем, что размер зерна в сплавах, полученных методом СЛС, оказывается на порядок меньше.

Полученные в работе результаты обладают научной новизной и имеют практическую значимость.

Новизна полученных результатов подтверждена 3 патентами как на способ получения порошковых магнитотвердых сплавов на основе системы Fe-Cr-Co, так и на способы получения СЛС конкретных деталей – постоянных магнитов марки 25Х15КА и магнитных экранов из сплава 80НХС.

Практическая значимость и реализация результатов работы заключаются в том, что по оптимальным режимам СЛС изготовлены партии порошков прецизионных сплавов 25Х15К, ЮНДК и 80НХС, а из порошков 25Х15К и 80НХС изготовлены опытные партии деталей гироскопа.

Для получения порошков требуемого качества и повышения выхода годного в рамках диссертационной работы была разработана и изготовлена для доизмельчения порошков более 80 мкм установка - струйного мельница.

На процесс изготовления из сплава 25Х15К постоянных магнитов методом СЛС разработана Технологическая инструкция и освоен новый технологический процесс изготовления магнитов кольцевой формы с минимальными допусками на механическую обработку, не имеющих внутренних дефектов (раковин, трещин, засоров), исключением операции гомогенизирующего отжига и обеспечивающий требуемые магнитные свойства, в т.ч. к синусоидальной форме распределения магнитной индукции в контрольной системе. Подтверждено Актом внедрения на АО «Спецмагнит», Москва.

На процесс изготовления из сплава 80НХС экранирующих корпусов гироскопов методом СЛС разработана Технологическая инструкция и освоен технологический процесс изготовления с минимальными допусками на механическую обработку, требуемыми магнитными свойствами и вакуумной плотностью. Подтверждено актом внедрения на АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», г. Санкт-Петербург.

Таким образом, тематика диссертационной работы является перспективной и открывает возможности производства деталей из ферромагнитных сплавов для приборов и аппаратов в различных отраслях промышленности новым методом, методом СЛС.

Основные научные положения и выводы по работе, сделанные автором, представляются обоснованными. Обоснованность выводов подтверждается результатами исследований и испытаний образцов с использованием современных

методов исследований и современного исследовательского и опытно-производственного оборудования.

Автореферат полностью соответствует основным положениям диссертации. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, из них 9 статей в журналах, рекомендованных перечнем ВАК, 10 публикаций в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science. Результаты исследований докладывались на ведущих научных конференциях по тематике диссертации.

В качестве замечания по автореферату можно отметить отсутствие в тексте названия типов и марок научно-исследовательского оборудования, которое применялось для исследования размера частиц порошка, размера зерен и других элементов структуры образцов, фотографии которых представлены в автореферате, а также оборудование для измерения магнитных свойств.

Сделанное замечание никак не влияет на общую высокую оценку работы.

В целом, диссертационная работа полностью соответствует требованиям паспорта Специальности 2.6.17. «Материаловедение (технические науки)» и 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, а ее автор, Антон Сергеевич Жуков, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по Специальности 2.6.17. «Материаловедение (технические науки)».

Главный технолог

ООО «Полимагнит», К.Т.Н.

Виктор Александрович Сеин



Общество с ограниченной ответственностью «Полимагнит» (ООО «Полимагнит»)
108840, г. Москва, г. Троицк, ул. Промышленная, д.4.

Тел. 8-495-419-00-22, e-mail: magnet@amtc.org

ознакомлен
26.05.25