ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО РЕЦЕНЗЕНТА

на диссертацию Ревуцкого Александра Владимировича
на тему «Исследование по повышению качества технического бериллия и усовершенствование процессов порошковой металлургии»,
представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07202 – «Металлургия»

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (подчеркнуть один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента (замечания выделить курсивом)
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы); 2) диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы); **3) диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление).**	Тема диссертации соответствует приоритетному направлению развития науки «Геология, добыча и переработка минерального и углеводородного сырья, новые материалы, технологии, безопасные изделия и конструкции», утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан. Работа выполнена в направлении государственных программ индустриально-инновационного развития Республики Казахстан и плана научно-исследовательских работ НАО «Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева», направленных на расширение номенклатуры высокотехнологичной продукции. Тематика исследования отвечает стратегической задаче перехода бериллиевой отрасли Казахстана от экспорта полуфабрикатов (лигатур, горячепрессованных заготовок) к выпуску продукции с высокой добавленной стоимостью, в первую очередь приборных сортов бериллия.
2.	Важность для науки	Работа **вносит**/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность **хорошо раскрыта**/не раскрыта.	Работа вносит существенный вклад в науку, ее важность хорошо раскрыта. Диссертация развивает научные основы управления структурой и свойствами спеченного бериллия, получаемого методами порошковой металлургии. Принципиально важным является переосмысление роли оксида бериллия: оксидная фаза на границах зерен

			рассматривается автором не как вредная примесь, а как армирующий компонент, а сам порошковый бериллий – как дисперсно-упрочненный композиционный материал. Научная значимость работы состоит в следующем: 1. Предложен механизм формирования армирующей оксидной фазы на границах зерен как результат девитрификации (расстеклования) исходно аморфной поверхностной пленки BeO, что развивает существовавшие представления о ее растрескивании вследствие различия коэффициентов термического расширения металла и оксида. 2. Выявлена роль комплексного примесного фактора – отношения Si/Al, определяющего гомогенный или гетерогенный характер кристаллизации оксида и, как следствие, морфологию и упрочняющий эффект армирующей фазы. 3. Получены количественные зависимости условного предела текучести и прецизионного предела упругости от размера зерна, размера оксидных частиц и температуры горячего изостатического прессования, развивающие соотношение Холла–Петча с учетом вклада дисперсного (орованского) упрочнения.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: **1) высокий;** 2) средний; 3) низкий; 4) самостоятельности нет.	Уровень самостоятельности высокий. Личный вклад автора заключается в непосредственном участии во всех этапах работы: сборе и статистической обработке многолетних массивов данных аттестации промышленной продукции АО «УМЗ»; оценке воспроизводимости методов аттестации исходных порошков и готовой продукции; проведении лабораторных и опытно-промышленных исследований; выполнении металлографических и микрофрактографических исследований; разработке математических моделей управления механическими свойствами спеченного

			бериллия и технико-экономической оценке предложенных решений. Самостоятельность автора подтверждается также тем, что в большинстве публикаций по теме диссертации докторант является первым автором.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: **1) обоснована;** 2) частично обоснована; 3) не обоснована.	Актуальность обоснована. Бериллий является незаменимым материалом для ядерной и термоядерной техники, авиакосмической отрасли, металлооптики и гироскопического приборостроения. Казахстан обладает значительной долей мирового производства бериллия, однако номенклатура отечественной продукции ориентирована преимущественно на лигатуры и горячепрессованные заготовки с низкой добавленной стоимостью. Существующая технология вакуумного горячего прессования характеризуется нестабильностью свойств (уровень несоответствий по прочности достигал 15–20 %) и анизотропией, а возможности упрочнения за счет дальнейшего измельчения порошков исчерпаны из-за их окисления и пирофорности. Отсутствие обоснованного механизма формирования армирующей фазы и количественных зависимостей в системе «примесный состав – параметры консолидации – свойства» не позволяло создать стабильную технологию бериллия приборного назначения, что и определяет актуальность работы.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: **1) отражает;** 2) частично отражает; 3) не отражает.	Содержание диссертации полностью отражает ее тему. Работа охватывает как совершенствование действующего промышленного процесса вакуумного горячего прессования (статистический анализ качества продукции, корреляционный и регрессионный анализ, разработка гибкого технологического регламента), так и исследование механизма формирования армирующей фазы и количественных закономерностей упрочнения применительно к горячему изостатическому прессованию,

			что в совокупности соответствует заявленной теме «Исследование по повышению качества технического бериллия и усовершенствование процессов порошковой металлургии».
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: **1) соответствуют;** 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют.	Цель и задачи соответствуют теме диссертации. Цель работы – разработка новых научных принципов управления качеством спеченного бериллия и усовершенствование на этой основе технологий горячего компактирования порошков под давлением – полностью соответствует теме. Поставленные задачи (повышение прочностных свойств горячепрессованного бериллия; исследование механизма влияния примесей на формирование упрочняющей оксидной фазы; разработка количественных закономерностей управления свойствами при горячем изостатическом прессовании; оценка экономической эффективности) последовательно ведут к достижению поставленной цели.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: **1) полностью взаимосвязаны;** 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.	Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны. Работа выстроена последовательно: аналитический обзор и постановка задач (раздел 1) → методики исследований и оценка представительности результатов аттестации (раздел 2) → статистическое исследование промышленного процесса ВГП и разработка гибкого регламента (раздел 3) → выявление механизма формирования армирующей фазы (раздел 4) → количественные закономерности упрочнения при ГИП (раздел 5) → технико-экономическое обоснование (раздел 6). Выводы каждого раздела служат основой для задач последующего: установленная в разделе 3 значимость легкоплавких примесей послужила основой для поиска комплексного примесного фактора в разделе 4, а выявленный механизм девитрификации – для выбора

			соотношения Si/Al ≈ 0,5 при подготовке порошков для экспериментов по ГИП в разделе 5.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: **1) критический анализ есть;** 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов; 4) анализ отсутствует.	Критический анализ есть. В аналитическом обзоре автор сопоставляет два основных подхода к созданию конструкционного бериллия – получение высокочистого металла (харьковская школа) и порошковую металлургию с управлением структурой (ВНИИНМ им. А.А. Бочвара), а также критически оценивает возможности легирования, горячей деформационной обработки (возникновение текстуры и анизотропии), измельчения порошка менее 30 мкм и гидридной технологии получения нанокристаллического бериллия. Предложенный механизм девитрификации оксидной пленки аргументированно противопоставлен ранее существовавшим представлениям о растрескивании пленки вследствие различия коэффициентов термического расширения бериллия и его оксида; полученные данные о морфологии оксидной фазы согласуются с результатами зарубежных исследований (D. Webster и др.).
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? **1) полностью новые;** 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Научные результаты и положения являются новыми, в частности: – на основе статистических исследований качества промышленной продукции впервые разработана математическая модель управления механическими свойствами горячепрессованного бериллия, учитывающая химический и гранулометрический состав исходных порошков и температуру прессования; – впервые теоретически обоснован и экспериментально подтвержден механизм формирования армирующей фазы в спеченном бериллии как результат девитрификации аморфной поверхностной пленки BeO; – впервые установлена роль комплексного примесного фактора Si/Al: при Si/Al < 0,5 реализуется гомогенная кристаллизация с образованием дискретных упрочняющих

			частиц, а при Si/Al ≥ 1,0 – гетерогенная, ведущая к образованию оксидных кластеров, сцементированных легкоплавкой эвтектикой, и разупрочнению границ зерен; – впервые получены аналитические зависимости условного предела текучести и прецизионного предела упругости от размера зерна, размера оксидных частиц и температуры горячего изостатического прессования.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? **1) полностью новые;** 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Выводы диссертации являются новыми. Новым является вывод о том, что морфология армирующей оксидной фазы (дискретные частицы или кластеры) определяется не только температурой консолидации, но и соотношением легкоплавких примесей Si/Al, и что различия в морфологии могут обусловливать снижение прочности горячепрессованного бериллия до 20 % и появление некондиционной продукции. Новыми являются выводы о том, что при горячем изостатическом прессовании размер оксидных частиц определяется преимущественно температурой консолидации (от единиц нанометров при 800–900 °C до 300–400 нм при 1100 °C) и практически не зависит от дисперсности исходных порошков, а также о суперпозиции зернограничного и дисперсного (орованского) механизмов упрочнения спеченного бериллия.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: **1) полностью новые;** 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Технические и технологические решения являются новыми и обоснованными: – гибкий технологический регламент вакуумного горячего прессования, позволяющий рассчитывать температуру прессования по характеристикам исходных порошков для достижения заданного предела прочности; – рекомендации по ограничению отношения высоты к диаметру ХИП-заготовок (не более 2,0) и критерии входного контроля порошков по содержанию фракции «менее 20 мкм» и соотношению Si/Al;

			– выражение для расчета температуры ГИП, обеспечивающей заданный уровень прецизионного предела упругости; – технико-экономическое обоснование перехода к выпуску приборных сортов бериллия на имеющейся аппаратурной базе предприятия (гидростаты и газостаты).
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы **основаны**/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research (куолитатив ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).	Все основные выводы основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах. Они базируются на представительных массивах результатов аттестации промышленной продукции (многолетняя производственная статистика, годовая программа выпуска), прошедших предварительную оценку воспроизводимости методов анализа; на результатах лабораторных и опытно-промышленных экспериментов, обработанных методами корреляционного и регрессионного анализа; на термодинамическом анализе условий кристаллизации оксида (расчет поверхностной и межфазной энергий в системе «оксид бериллия – расплав»); а также на данных растровой и просвечивающей электронной микроскопии, микрорентгеноспектрального анализа и механических испытаний, включая определение прецизионного предела упругости.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? **1) доказано;** 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано; 5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно.	**Положение 1.** Математическая модель управления качеством горячепрессованного бериллия, ставшая основой гибкого регламента промышленного процесса горячего вакуумного прессования. 7.1.1 Положение доказано результатами статистической обработки представительных выборок аттестации промышленных заготовок ТГП-56, корреляционного (29 характеристик исходных порошков) и регрессионного анализа, а также сопоставлением прогнозных и фактических значений предела прочности для 15 промышленных

		7.2 Является ли тривиальным? 1) да; **2) нет;** 3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно.	заготовок (средняя погрешность прогноза не превышает 5 %). 7.2.1 Положение не является тривиальным: модель учитывает комплексное влияние химического и гранулометрического составов порошков и температуры прессования, тогда как ранее качество оценивалось по отдельным показателям. 7.3.1 Положение является новым. 7.4.1 Уровень применения широкий: модель позволяет назначать температуру прессования по результатам входного контроля порошков и адаптирована для инженерных расчетов на производстве. 7.5.1 Доказано и подтверждено в статьях: Ревуцкий А.В., Сырнев Б.В., Семилуцкая О.В. Влияние технологического регламента процесса вакуумного горячего прессования на качество спеченного бериллия // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. – 2020. – № 1 (87); Ревуцкий А.В., Сырнев Б.В., Семилуцкая О.В. Исследование причин нестабильности промышленного процесса вакуумного горячего прессования порошков бериллия // Вестник КазНИТУ. – 2021. – № 5; Revutskiy A.V., Syrnev B.V., Lopatin V.Yu. Development of a flexible technological regulation for quality control of hot-pressed beryllium // Наука и техника Казахстана. – 2026. – № 3. **Положение 2.** Механизм формирования упрочняющей оксидной фазы на границах зерен бериллия, представляющий собой процесс девитрификации аморфной оксидной пленки и определяющий морфологию, наноструктуру и упрочняющий эффект армирующей фазы. 7.1.2 Положение доказано результатами микрофрактографических исследований и микрорентгеноспектрального анализа образцов промышленных заготовок с различным соотношением Si/Al,
		7.3 Является ли новым? **1) да;** 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.	
		7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; **3) широкий;** 4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно.	
		7.5 Доказано ли в статье? **1) да;** 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	

			выявившими принципиально различные морфологические типы оксидной фазы (дискретные частицы и кластеры наночастиц, сцементированные эвтектикой на основе Si–Al–Fe); расчетом поверхностной и межфазной энергий в системе «оксид бериллия – расплав кремния», определяющих гомогенный или гетерогенный характер кристаллизации; а также данными просвечивающей электронной микроскопии о зарождении кристаллического оксида на аморфной пленке (локальные утолщения 6–10 нм после ГИП при 800–900 °C). 7.2.2 Положение не является тривиальным: предложенный механизм принципиально отличается от общепринятой модели растрескивания оксидной пленки. 7.3.2 Положение является новым. 7.4.2 Уровень применения широкий: представления о девитрификации поверхностных оксидных пленок и роли смачиваемости оксида легкоплавкой эвтектикой применимы к консолидации порошков других металлов, покрытых оксидной пленкой, а также к формулированию требований к исходным порошкам как приборных, так и реакторных сортов бериллия. 7.5.2 Доказано и подтверждено в статьях: Ревуцкий А.В., Сырнев Б.В., Семилуцкая О.В. Исследование формирования армирующей фазы на границах зерен спеченного бериллия // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2020. – № 3 (англоязычная версия: Revutskiy A.V., Syrnev B.V., Lopatin V.Yu., Semilutskaya O.V., Segeda T.A. Study of Reinforcing Phase Formation at the Grain Boundaries of Sintered Beryllium // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2021. – Vol. 62, No. 1. – P. 125); Revutsky A.V., Syrnev B.V., Semilutskaya O.V. Study of beryllium hardening obtained by powder metallurgy // Вестник Карагандинского университета. Серия «Физика». – 2021. – № 2 (102). – С. 40–49.

			Положение 3. Аналитические зависимости механических свойств спеченного бериллия (условный предел текучести, прецизионный предел упругости) от размера зерна микроструктуры, размера упрочняющих оксидных частиц и температуры консолидации порошков. 7.1.3 Положение доказано результатами систематических экспериментов по горячему изостатическому прессованию порошков четырех фракций (ПТБ-30, ПТБ-56, ПТБ-100, ПТБ-180) при температурах 800–1100 °C, механическими испытаниями с определением σ0,2 и σ0,005 и электронно-микроскопическими исследованиями морфологии оксидных частиц. Линейный характер зависимости условного предела текучести от размерного фактора $\ln(2r/b)/(\lambda-2r)$ (R^2 = 0,997) подтверждает орованский механизм взаимодействия дислокаций с армирующими частицами. 7.2.3 Положение не является тривиальным: полученные зависимости развивают соотношение Холла–Петча, учитывая не только размер зерна, но и дисперсность оксидной фазы и температуру консолидации. 7.3.3 Положение является новым. 7.4.3 Уровень применения широкий: зависимости позволяют прогнозировать прецизионный предел упругости и назначать температуру ГИП для получения бериллия с заданной размерной стабильностью; подход применим и к другим дисперсно-упрочненным порошковым материалам. 7.5.3 Доказано и подтверждено в статьях: Syrnev B., Revutskiy A., Semilutskaya O. Study on Hardening Potential of Isostatic Pressed Beryllium // Key Engineering Materials. – Vol. 842. – P. 199–204; Revutsky A.V., Syrnev B.V., Semilutskaya O.V. Study of beryllium hardening obtained by powder metallurgy // Вестник Карагандинского университета. Серия «Физика». – 2021. – № 2 (102). – С. 40–49.

8.	Принцип достоверности. Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана: **1) да;** 2) нет.	Методология обоснована и подробно описана. Исследование выполнено по двухэтапной схеме: на первом этапе изучены физико-химические процессы формирования структуры границ зерен в рамках действующего процесса вакуумного горячего прессования, на втором – возможности горячего изостатического прессования как инструмента управления качеством. Отбор проб выполнен по ГОСТ 23148-98, механические испытания – по ГОСТ 1497-2023, определение размера зерна – по ГОСТ 21073.1-75, химический и гранулометрический анализ – по аттестованным методикам выполнения измерений. Отдельного внимания заслуживает проведенная автором оценка воспроизводимости результатов аттестации (24 промышленные партии порошка, 23 контролируемых параметра, сопоставление испытательных машин), обеспечившая достоверность последующих статистических выводов.
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: **1) да;** 2) нет.	Результаты получены с использованием современных методов исследования: масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (Perkin Elmer Elan 9000), газового анализа (LECO CS-400, LECO TC-436), фотоседиментационного анализа (ФСХ-6), низкотемпературной адсорбции азота (БЭТ), оптической металлографии (Olympus GX51), растровой электронной микроскопии с энергодисперсионным микроанализом (JEOL JSM-5610), просвечивающей электронной микроскопии (JEM-2100), механических испытаний на машине Instron 1195, в том числе определения прецизионного предела упругости методом механического гистерезиса. Обработка данных выполнена с применением компьютерных методов корреляционного и регрессионного анализа.

		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): **1) да;** 2) нет.	Теоретические выводы и модели подтверждены экспериментально. Термодинамические представления о гомогенной и гетерогенной кристаллизации оксида подтверждены электронно-микроскопическими данными о морфологии оксидной фазы в образцах с различным соотношением Si/Al. Прогнозная регрессионная модель верифицирована на 15 промышленных заготовках. Зависимости упрочнения при ГИП подтверждены механическими испытаниями образцов, полученных при различных температурах из порошков различной дисперсности, и согласуются с уравнением Холла–Петча.
		8.4 Важные утверждения **подтверждены**/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Важные утверждения подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу, включая фундаментальные работы отечественных и зарубежных школ металловедения бериллия (ВНИИНМ им. А.А. Бочвара, ННЦ ХФТИ, НИЦ «Курчатовский институт», D. Webster и др.), а также данные о смачиваемости и межфазной энергии в системах «оксид – расплав».
		8.5 Использованные источники литературы **достаточны**/не достаточны для литературного обзора.	Список использованных источников включает 87 наименований, в том числе значительное число зарубежных публикаций, что достаточно для аналитического обзора по узкоспециальной тематике металловедения и технологии бериллия.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: **1) да;** 2) нет.	Да, диссертация имеет теоретическое значение. Развиты представления о механизме формирования и роли армирующей оксидной фазы в спеченном бериллии, установлена роль комплексного примесного фактора Si/Al и смачиваемости оксида легкоплавкой эвтектикой, получены аналитические зависимости, развивающие соотношение Холла–Петча с учетом дисперсного упрочнения. Совокупность этих результатов составляет научную основу управления свойствами порошкового бериллия.

		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: **1) да;** 2) нет.	Да, работа имеет практическое значение. Разработан гибкий технологический регламент вакуумного горячего прессования, обеспечивающий стабилизацию качества горячепрессованного бериллия и снижение брака; сформулированы рекомендации по ограничению отношения высоты к диаметру заготовок и критерии входного контроля порошков по гранулометрическому составу и соотношению Si/Al. По расчетам автора, снижение уровня брака ТГП-56 с 20 до 1 % позволяет увеличить отношение прибыли к себестоимости с 2,21 до 6,04 %. Получены экспериментальные образцы изостатически прессованного бериллия с прецизионным пределом упругости, на порядок превышающим значения для штатного ТГП-56, что обосновывает техническую возможность организации выпуска приборных сортов бериллия на имеющейся аппаратурной базе предприятия без дополнительных капитальных вложений.
		9.3 Предложения для практики являются новыми: **1) полностью новые;** 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Предложения для практики являются полностью новыми. К ним относятся расчетное назначение температуры горячего прессования по характеристикам исходных порошков (гибкий регламент), критерии входного контроля порошков по соотношению Si/Al, расчет температуры ГИП для обеспечения заданного прецизионного предела упругости, а также технологическая концепция выпуска приборного сорта бериллия по схеме ХИП–ГИП.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: **1) высокое;** 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Качество академического письма высокое. Диссертация изложена грамотным научным языком с корректным использованием терминологии в области металловедения и порошковой металлургии. Работа изложена на 95 страницах, содержит 52 рисунка, 15 таблиц и список использованных источников из 87 наименований. Иллюстративный материал (фрактограммы, электронно-микроскопические снимки, схема механизма

			девитрификации, графические зависимости) информативен и наглядно подтверждает основные положения работы.
11.	Замечания к диссертации	1. В уравнении регрессии σB(01,02) (раздел 3.5, с. 57) коэффициент при содержании алюминия положительный (+29,96), а при содержании кислорода отрицательный (–7,63). Получается, что по модели алюминий повышает прочность, а кислород ее снижает, тогда как в выводах к разделу 3 (с. 58) написано наоборот. Чем объясняется такое расхождение? 2. В научной новизне (с. 10, п. 3) и в заключении (с. 91) сказано, что при Si/Al < 0,5 образуются «упрочняющие моночастицы», но не уточнено, частицы чего имеются в виду. Если речь идет об оксиде бериллия, то в разделе 4 (с. 65–66, выводы на с. 70) такие частицы при Si/Al < 0,5 имеют размер около 1 мкм, а размер 120–150 нм получен в разделе 5 (с. 82) для частиц оксида после ГИП при 1000 °С. Какой размер частиц на самом деле соответствует гомогенной кристаллизации? 3. На с. 82 указано, что прецизионный предел упругости до 570 МПа получен при температуре ГИП 1100 °С, а на рисунке 5.9 (с. 81) такие значения соответствуют 800 °С. Где здесь опечатка? Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей высокой оценки диссертационной работы и научной ценности полученных результатов.	
12.	Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)	Научный уровень статей докторанта по теме исследования оценивается как высокий. По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ, в том числе: – статья в журнале «Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия» (2020, № 3) – ведущем издании по проблемам порошковой металлургии, рецензируемом ВАК РФ, – англоязычная версия которой опубликована в журнале Russian Journal of Non-Ferrous Metals (2021, Vol. 62, No. 1), индексируемом в базах данных Scopus и Web of Science; – статья в издании Key Engineering Materials (Vol. 842), индексируемом в базе данных Scopus, по материалам международной конференции по новым материалам и химической промышленности NMCI (г. Сямынь, Китай); – 5 статей в изданиях, рекомендованных КОКСНВО МНВО РК (Вестник ВКТУ им. Д. Серикбаева, Вестник КазНИТУ, Вестник Карагандинского университета. Серия «Физика», Наука и техника Казахстана). Публикации полностью соответствуют профилю исследования (металлургия, порошковая металлургия, металловедение). Результаты апробированы на международных научно-практических конференциях в г. Усть-Каменогорске, г. Москве и г. Сямыне (Китай). Требования к публикациям для защиты диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) выполнены.	
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Диссертационная работа Ревуцкого Александра Владимировича на тему «Исследование по повышению качества технического бериллия и усовершенствование процессов порошковой металлургии» является законченным научно-квалификационным трудом, выполненным на высоком научном уровне, в котором	

		решена актуальная научно-техническая задача управления качеством спеченного бериллия, имеющая важное значение для развития бериллиевой отрасли Республики Казахстан. Считаю, что диссертация в полной мере отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD), а ее автор, Ревуцкий Александр Владимирович, заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07202 – «Металлургия».

Официальный рецензент:
доктор философии (PhD) по образовательной программе
8D07202 – «Металлургия черных и цветных металлов»,
научный сотрудник «Nazarbayev University Research Administration»,
г. Астана, Республика Казахстан



_____ Ф.Е. Попов