

REVIEW
of the scientific advisor Doctor of Physical and Mathematical Sciences
Professor A.M. Ilyin

for the thesis of Tulegenova Malika Askarovna

“Anticorrosion protective coatings based on graphene nanostructures”
submitted for the degree of Doctor of Philosophy (Ph.D.)
in the specialty
6D071000 – “Materials Science and Technology of New Materials”

Corrosion of metallic materials is a great economic and environmental problem of our time. When metallic materials and products are exposed to aggressive environmental factors, their performance characteristics deteriorate or even collapse occurs, which can lead to large economic losses. Also in the process of destruction, metal corrosion products contaminate the environment. Proper use of the world's metal stock and prevention of corrosion can be a solution to these economic and environmental problems. To solve this problem Nobel Prize winner K.S. Novoselov proposed the use of graphene nanostructures as a very effective ultrathin anticorrosion coating. Graphene nanostructures show excellent protective properties due to their chemical inertness and impermeability to standard gases, including even helium.

However, obtaining the perfect graphene film of large sizes on an industrial scale has certain unresolved technological problems. These problems can be circumvented by replacing graphene with functionalized graphene nanostructures (FGNS). Production of FGNS on an industrial scale is much easier, and their physical and mechanical properties can be close to those of graphene, which is an incentive for further research in this direction. One of the most prominent representatives of FGNS is graphene oxide (GO), which is easily enough applied to various surfaces, which is a great advantage in coating technologies.

Thesis work of Tulegenova M.A. “Anticorrosion protective coatings based on graphene nanostructures” is devoted to theoretical and experimental studies of the coatings. The theoretical part includes the computer simulation of graphene nanostructures, as well as calculating the effectiveness of their anticorrosion properties using the "first-principles" methods. During the experimental part, the anticorrosion protective coatings based on graphene nanostructures were obtained. The method of chemical vapor deposition (CVD) and the method of obtaining the graphene coating by carbon diffusion through nickel were chosen as the optimal methods for growing graphene coatings on the surfaces of copper and nickel. According to the results of energy dispersive X-ray spectroscopy it was found that graphene grown directly on the surface of copper and nickel by CVD method has a high resistance to corrosion, which agrees well with the quantum-mechanical calculations. When performing the thesis work Tulegenova M.A. developed a specialized Auger analyzer, which has a significant novelty in the presented work.


Thesis research of Tulegenova M.A. is a well-structured, coherent and complete work. According to the results it was determined that the anticorrosion protective coatings based on graphene nanostructures show high efficiency, which is of great practical interest for industrial, shipbuilding, oil and gas and other companies. The specialized Auger analyzer developed in the process of the thesis work has an important scientific and practical significance. Thanks to this method, the sensitive analysis to the light elements of thin near-surface layers of not only the coatings based on graphene nanostructures, but also other materials became possible.

Results of the thesis work of Tulegenova M.A. are reflected in 11 scientific publications, 4 of which were published in the proceedings of national and international conferences, 3 articles in journals recommended by the Committee for Control of Education and Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, 3 articles in international peer-reviewed journals included in the Scopus database and one article in an international journal.

Tulegenova M.A. showed curiosity, responsibility, diligence and independence during the performing thesis work. Her demonstrated personal qualities have contributed to the successful accomplishment of her tasks, which shows her to be a qualified specialist in her field. Tulegenova M.A. is able to independently conduct theoretical and experimental studies of anticorrosion protective coatings based on graphene nanostructures. She also completed a scientific internship from June 15 to September 15, 2019 under the guidance of Dr. G.W. Beall at Texas State University in San Marcos, Texas, USA.

Given the above, I believe that the level of results obtained in the thesis work, the personal qualities of the applicant, the thesis of Tulegenova Malika Askarovna “Anticorrosion protective coatings based on graphene nanostructures” consistent with the qualification requirements for the thesis for the degree of PhD, and Tulegenova M.A. deserves a PhD in the specialty 6D071000 – “Materials Science and Technology of New Materials”.

Scientific advisor
Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor

 A.M. Ilyin



ОТЗЫВ

**научного консультанта доктора физико-математических наук, профессор
А.М. Ильин**

на диссертационную работу Тулегеновой Малики Аскаровны

**«Антикоррозионные защитные покрытия на основе графеновых
наноструктур» представленную на соискание степени доктора философии
(PhD) по специальности**

6D071000 – «Материаловедение и технология новых материалов»

Коррозия металлических материалов представляет собой большую экономическую и экологическую проблему современности. При воздействии агрессивных факторов внешней среды на металлические материалы и изделия происходит ухудшение их эксплуатационных характеристик или даже разрушение, которое может привести к большим экономическим потерям. Также в процессе разрушения происходит загрязнение окружающей среды продуктами коррозии металла. Грамотное использование мирового металлического фонда и предотвращение коррозии может стать решением данных экономических и экологических проблем. Для решения этой проблемы лауреат Нобелевской премии К.С. Новоселов предложил использовать графеновые наноструктуры в качестве очень эффективного ультратонкого антикоррозионного покрытия. Графеновые наноструктуры показывают отличные защитные свойства благодаря своей химической инертности и непроницаемости к стандартным газам, включая даже гелий.

Однако, получение идеальной графеновой пленки больших размеров в промышленных масштабах имеет определенные нерешенные технологические проблемы. Данные проблемы можно обойти, заменив графен на функционализированные графеновые наноструктуры (ФГНС). Получение ФГНС в промышленных масштабах значительно проще, а по физико-механическим свойствам они могут быть близки к свойствам графена, что становится стимулом для дальнейших исследований в этом направлении. Одним из наиболее ярких представителей ФГНС является оксид графена (ОГ), который достаточно легко наносится на различные поверхности, что является большим преимуществом в технологиях покрытий.

Диссертационная работа Тулегеновой М.А. на тему «Антикоррозионные защитные покрытия на основе графеновых наноструктур» посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям покрытий. Теоретическая часть включает в себя компьютерное моделирование графеновых наноструктур, а также расчет эффективности их антикоррозионных свойств с использованием методов «из первых принципов». При выполнении экспериментальной части были получены антикоррозионные защитные покрытия на основе графеновых наноструктур. Метод парофазного химического осаждения (CVD) и метод получения графенового покрытия путем диффузии углерода через никель были выбраны оптимальными способами по выращиванию графеновых покрытий на поверхностях меди и никеля. По результатам энергодисперсионной спектроскопии выяснилось, что графен,

выращенный непосредственно на поверхности меди и никеля методом CVD обладает высокой устойчивостью к коррозии, что хорошо согласуется с квантово-механическими расчетами. При выполнении диссертационной работы Тулегеновой М.А. был разработан специализированный Оже-анализатор, который обладает существенной новизной в представленной работе.

Диссертационное исследование Тулегеновой М.А. представляет собой хорошо структурированную, целостную и законченную работу. Согласно полученным результатам было определено, что антикоррозионные защитные покрытия на основе графеновых наноструктур показывают высокую эффективность, что представляет большой практический интерес для промышленных, судостроительных, нефтегазовых и других компаний. Разработанный в процессе выполнения диссертационной работы специализированный Оже-анализатор обладает важной научно-практической значимостью. Благодаря данному методу стал возможен чувствительный анализ к легким элементам тонких приповерхностных слоев не только покрытий на основе графеновых наноструктур, но и других материалов.

Результаты выполненной диссертационной работы Тулегеновой М.А. отражены в 11 научных публикациях, 4 из которых были опубликованы в трудах национальных и международных конференций, 3 статьи в журналах, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки Министерства образования и науки РК, 3 статьи в международных рецензируемых журналах, входящих в базу данных Scopus и 1 статья в международном журнале.

Тулегенова М.А. при выполнении диссертационной работы проявила любознательность, ответственность, трудолюбие и самостоятельность. Проявленные личные качества способствовали успешному выполнению поставленных задач, что показывает ее квалифицированным специалистом в своей области. Тулегенова М.А. способна самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования антикоррозионных защитных покрытий на основе графеновых наноструктур. Также она проходила научную стажировку в период с 15 июня по 15 сентября 2019 года под руководством Dr. G.W. Veall в Техасском государственном университете г. Сан Маркос, штат Техас, США.

Учитывая выше сказанное, считаю, что по уровню полученных в диссертационной работе результатов, личных качеств соискателя, диссертационная работа Тулегеновой Малики Аскарловны «Антикоррозионные защитные покрытия на основе графеновых наноструктур», соответствует квалификационным требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии PhD, и Тулегенова М.А. заслуживает степени доктора философии PhD по специальности 6D071000 – «Материаловедение и технология новых материалов».

Научный руководитель
доктор физико-математических наук,
профессор

А.М. Ильин

Қолын растаймыз
Подпись заверяю

