Dipartimento di Scienze e Tecnologie Aerospaziali
Department of Aerospace Science and Technology

POLITECNICO DI MILANO

To al-Farabi Kazakh
National University

The thesis developed by **Assem Kaliyeva Mukhtarkhanovna**, titled: *"Obtaining and investigation of composite materials for flameless heaters"*, in order to obtain the Doctor of Philosophy (PhD) degree in Chemical Technology of Explosives and Pyrotechnics (6D073900), is a very interesting and significant work. It involves flameless heaters, important tools where and when it is impossible to use fire, electricity or natural gas, or in cases where the use of these heat sources is limited due to adverse factors. Chemical powders based on energy-intensive metals (magnesium, calcium, iron, aluminum, or their mixtures) carrying out exothermic reactions, are used to equip such autonomous heating devices, widely used in military places for heating or cooking. It is important to note that flameless heaters are also widely used in medicine.

The exothermic powders need to be improved, depending on the type of application. Due to this, the aim of the research is to obtain and investigate energy-intensive composites for flameless heaters based on calcium oxide, magnesium chloride and sodium bicarbonate, obtained by mechano-chemical synthesis, using finely dispersed aluminum powders. Advanced laboratory instruments and equipments are used to develop the scientific research on the topic of the dissertation, such as Retsch PM100 planetary mill, Pulverisette 5 planetary mill, QUANTA 3D 200i microscope (SEM). The research activity also involves the use of NASA-CEA and TERRA codes for thermodynamic calculations ofthermal effects.
The good and very appreciated logic of the thesis implies the development of the following important tasks. The first is the study of aluminum powders, the production of highly dispersed aluminum powders by preliminary mechanical and chemical processing and the investigation of its physical and chemical properties. The use of aluminum powders also has a number of advantages, such as high performance, low cost, safety of use, transportation, storage, disposal, minimum weight and long shelf life. The second is the determination of the optimal ratios of the exothermic composite A_S-Al_F-MnO_2-SiO for highly dispersed flameless heaters based on Al, and the investigation of the effect of mechano- chemical activation on the reactivity of the composite. The third important task is the determination of the optimal ratios of the $MgCl_2$-NaOH-H_2O composite for water-activated flameless heaters, and the study of their physico-chemical parameters.

The research is focused on high-energy, exothermic, dispersed aluminum-based powders obtained by mechanochemical activation, investigating the processes of exothermic reactions of flameless heaters using the developed composites based on dispersed aluminum. The dissertation consists of an introduction, of 5 chapters, conclusions and applications. The work is presented and discussed in 105 pages of text, containing 21 tables and 41 figures. The list of sources referenced includes 112 items.

I have known the candidate Assem Kaliyeva Muhtarhanovna for one year during her stages at the Aerospace Science and Technology Department of Politecnico di Milano. I had the opportunity to appreciate her competence when he attended the stages, when she proved herself to be a very good student, with a good competence in the specific fields of the thesis. She is really motivated and determined to attend and to achieve a PhD degree, due to her very strong interest in this area. I can confirm Assem Kaliyeva Mukhtarkhanovna's passion, and I can confirm that she is a reliable person, responsible and serious, suitable for team work; she is an outgoing and practical person, curious and sensitive. I wish to underline the rich personality of the candidate, shown during her experience at Politecnico di Milano.
I appreciate her thesis, which is a very nice and good work.
If you need any further information, please contact me at the following address.
Best regards.

Luciano Galfetti

lucianogalfetti

Milano, 10 February 2022.

Prof. Luciano Galfetti
Politecnico di Milano
Aerospace Science and Technology Department
SPLab, Space Propulsion Laboratory
Via La Masa, 34
I-20156 Milano, Italy
ph: +39 02 2399 8526
fax: +39 02 2399 8334
e-mail: luciano.galfetti@polimi.it
web site: http://www.splab.polimi.it

DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE AEROSPAZIALI

ХИМИЯ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯ ФАКУЛЬТЕТІ

Департамент аэрокосмических наук и технологий
Миланский политехнический университет

(печать)

Казахскому Национальному
Университету им. аль-Фараби

Диссертация, выполненная Асем Калиевой Мухтархановной под названием "Получение и исследование композиционных материалов для беспламенных нагревателей", для получения степени доктора философии (PhD) в области химической технологии взрывчатых веществ и пиротехники (6D073900), является очень интересной и значимой работой. Это включает в себя беспламенные нагреватели пользуются большим спросом в тех случаях, когда невозможно использовать огонь, электричество или природный газ, на открытом воздухе, в полевых условиях или использование этих источников тепла ограничено из-за природных и различных неблагоприятных факторов. Химические порошки на основе энергоемких металлов (магния, кальция, железа, алюминия или их смесей), осуществляющие экзотермические реакции, используются для оснащения таких автономных нагревательных устройств, широко используемых в военных местах для обогрева или приготовления пищи. Важно отметить, что беспламенные нагреватели также широко используются в медицине.

Экзотермические порошки нуждаются в улучшении, в зависимости от типа применения. В связи с этим целью исследования является получение и исследование энергоемких композитов для беспламенных нагревателей на основе оксида кальция, хлорида магния и бикарбоната натрия, полученных механохимическим синтезом с использованием мелкодисперсных порошков алюминия. Для разработки научных исследований по теме диссертации используются передовые лабораторные приборы и оборудования, такие как планетарная мельница Retsch PM100, планетарная мельница Pulverisette 5, микроскоп QUANTA 3D 200i (SEM). Исследовательская деятельность также включает использование кодов NASA-CEA и TERRA для термодинамических расчетов тепловых эффектов.

Хорошая и очень ценная логика диссертации подразумевает разработку следующих важных задач. Первый - это изучение алюминиевых порошков, получение высокодисперсных алюминиевых порошков путем предварительной механической и химической обработки и исследование их физических и химических свойств. Использование алюминиевых порошков также имеет ряд преимуществ, таких как высокая производительность, низкая стоимость, безопасность использования, транспортировки, хранения, утилизации, минимальный вес и длительный срок годности. Вторым является определение оптимальных соотношений экзотермического композита Al_S-AL_F-MnO_2- SiO для высокодисперсных беспламенных нагревателей на основе Al и исследование влияния механохимической активации на реакционную способность композита. Третьей важной задачей является определение оптимальных соотношений композита $MgCl_2$-NaOH-H_2O для

ПАРАҚТЫҢ АРҒЫ ЖАҒЫНА ҚАРАҢЫЗ
СМ. НА ОБОРОТНОЙ СТОРОНЕ

водо-активируемых беспламенных нагревателей и изучение их физико-химических параметров.

Исследование сосредоточено на высокоэнергетических экзотермических дисперсных порошках на основе алюминия, полученных путем механохимической активации, исследуя процессы экзотермических реакций беспламенных нагревателей с использованием разработанных композитов на основе дисперсного алюминия. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов и приложений. Работа представлена и обсуждается на 105 страницах текста, содержащего 21 таблицу и 41 рисунок. Список источников, на которые ссылаются, включает 112 пунктов.

Я знаком с кандидатом Асем Калиевой Мухтархановной в течение одного года во время ее обучения на факультете аэрокосмической науки и техники Миланского Политехнического Университета. У меня была возможность оценить ее компетентность, когда она присутствовала на этапах выполнения своей диссертации, она показала себя очень хорошей студенткой, обладающей хорошей компетенцией в конкретных областях диссертации. Она действительно мотивирована и достойно получить степень доктора философии, благодаря ее очень сильным интересам к этой области. Я могу подтвердить старания и труд Асем Калиевой Мухтархановны, и я могу подтвердить, что она надежный человек, ответственный и серьезный, подходящий для командной работы; она общительный и практичный человек, любознательный и чувствительный. Я хочу подчеркнуть богатую индивидуальность кандидата, проявленную во время ее учебы в Миланском Политехническом Университете.

Я ценю ее диссертацию, которая является очень хорошей и достойной.

Если вам нужна какая-либо дополнительная информация, пожалуйста, свяжитесь со мной по следующему адресу. С уважением.

Лучано Галфетти
(подпись, печать)

Милан, 10 февраля 2022 года

Проф. Лучано Галфетти
Миланский политехнический университет
Лаборатория отделов аэрокосмической науки и
техники, Лаборатория космического движения
Виа Ла Маса, 34
I-20156 Милан, Италия
тел.: +39 02 2399 8526
факс: +39 02 2399 8334
электронная почта: luciano.galfetti@polimi.it
веб-сайт: http://www.splab.polimi.it

ПАРАҚТЫҢ АРҒЫ ЖАҒЫНА ҚАРАҢЫЗ
СМ. НА ОБОРОТНОЙ СТОРОНЕ

Республика Казахстан, город Алматы, четвертое марта две тысячи двадцать второго года. Текст-перевод документа с английского языка на русский язык был выполнен переводчиком Мейрбек Құралай Мейрбекқызы, 18.02.1996 года рождения, ИИН 960218400219.

Подпись _____

_____

Республика Казахстан, город Алматы, четвертое марта две тысячи двадцать второго года. Я, Кан Елизавета Герасимовна, нотариус города Алматы, действующий на основании государственной лицензии № 0000354 от 20.01.2006 года, выданной Комитетом по организации правовой помощи и оказанию юридических услуг, населению МЮ РК свидетельствую подлинность подписи переводчика Мейрбек Құралай Мейрбекқызы. Личность переводчика установлена, дееспособность и полномочия проверены.

Зарегистрировано в реестре за № 5497
Взыскано 92 тенге

Нотариус _____
Кан Елизавета Герасимовна

ES60013092203040935 24G158827
Нотариаттық іс-әрекеттің бірегей нөмірі / Уникальный номер нотариального действия