



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

Sede amministrativa
via Gradenigo 6/a
35131 Padova
www.dii.unipd.it
CF 80006480281
P.IVA 00742430283

Prof. Irene Calliari
tel. +39 049 8275500
fax +39 049 8275499
irene.calliari@unipd.it
Sede M:
via Marzolo, 9
35131 Padova

To whom it may concern

REVIEW

on thesis work of Shuhratjon Nazarov on theme “Physical and chemical properties of aluminum alloy Al + 6% Li with rare-earth metals” for the degree of Candidate of Technical Sciences specialty 02.00.04-Physical chemistry.

I am glad to confirm that:

from November 2015 until September 2016 Shuhratjon Nazarov conducted research in laboratory of Industrial Engineering Department at the University of Padua in the frame of Erasmus-Mundus Silkroad program.

The scientific activity was performed under the supervision of prof. Irene Calliari, Associate Professor of Metallurgy at Department of Industrial Engineering, University of Padua.

The activity consisted mainly in measurement of thermo-physical properties, metallographic studies, X-ray diffraction and corrosion tests of Al + 6% Li alloy with rare earth elements. This activity is as part of the thesis work on the topic "Physical and chemical properties of aluminum alloy Al + 6% Li, with rare earth metals (Y, La, Ce, Pr, Nd)".

Statement of the research activity:

Thesis work was performed at a good scientific level. The conclusions reported in the paper are substantiated by various independent physical and chemical research methods, and the thesis work itself is a complete scientific research. As a result of the research conducted by Shuhratjon Nazarov, a technology for producing aluminum-lithium alloys with rare-earth metals could be developed. The Al+6%Li alloys has been successfully obtained by a vacuum process, with low porosities and impurities. X-ray microanalysis of alloys Al+6%Li + Y (La, Ce, Pr, Nd) confirm that the composition of the alloys is close to the charge composition, with the exception of a small deviation from the specified composition of lithium. The addition of different amounts of rare earths results in hardness increasing. This fact can be ascribed both to the reduction of the grain size and the precipitation hardening mechanism. Also the influence of the RE addition on the corrosion resistance was evaluated and a maximum in the corrosion properties at 0.05% of RE was found. This fact is linked with the dimension and distribution of the precipitates that produce a generalized corrosion for low quantity of RE and local galvanic corrosion for high RE content.



Using STEREOSCAN440 SEM scanning electron microscope, the effect of rare-earth metals on the microstructure of Al + 6% Li alloy was established and it was shown that small additions of rare earth metals significantly refine the eutectic structure (α -Al + AlLi) in alloys.

The effect of rare-earths on the specific heat of the Al + 6% Li alloy was studied using a differential scanning calorimeter. The addition of 0.5 wt. % yttrium and neodymium to the alloy Al + 6% Li increase its specific heat, but at the same time reduce the thermal conductivity of the alloy Al + 6% Li, as expected. All the alloys have an increase in specific heat and thermal conductivity as a function of temperature. Thermal diffusivity of alloys decrease slightly and thermal conductivity is anticorrelated with the hardness.

The committee suggests to Nazarov Sh.A to continue the research project by studying the alloys after homogenization heat treatments, at about 450-500°C. The effect of different holding times and temperatures has to be tested. These thermo-mechanical treatments are parts of the production process of industrial alloys, so the investigations of Al-Li +RE alloys in forged conditions would be more valuable from the industrial point of view.

Author's personal participation.

The author's personal involvement consists in the analysis of literary data, the formulation and solution of research problems, the preparation and conduction of experimental research in the laboratory, the analysis of the obtained results, the formulation of the main theses and conclusions of the thesis. The writing of the main works was carried out Nazarov Sh.A. with co-authors. The collection and analysis of literary sources, their processing and design, the generalization of the results of the work in the thesis and its main ideas were carried out jointly with the supervisor.

Dissemination

Preliminary results were presented at international conferences and published on journals.

1. **Nazarov Sh. A.**/ IR thermography for the assessment of the thermal conductivity of aluminum alloys// Nazarov Sh.A., Rossi S., Bison P., Calliari I.// Thermosense: Thermal Infrared Applications XXXIX, PROCEEDINGS OF SPIE Defence+ Commercial Sensing 2017/, Anaheim California USA P9.
2. **Nazarov Sh.A.** Metallographic studies of aluminum-lithium alloys added with rare earths/ Nazarov Sh.A., Calliari I., Pezzato L.// International conference: High tech die casting 2016 Venice (Italy) 2016 p. 10-14.
3. **Nazarov Sh.A.**, Solid-State Oxidation Kinetics of a Lanthanum-Modified Al+6% Li Alloy/ Nazarov Sh.A., Ganiev I.N., Calliari I., Berdiev A.E., Ganieva N.I.//Metally. 2018 #1, P. 29-34.

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

4. **Nazarov S h.A.**, Influence of rare earths addition on the properties of Al-Li alloy/ Nazarov Sh.A., Rossi S., Bison P., Pezzato L., Calliari I., Ganiev I.N.// Physics of Metals and Metallography 2019 T. 120. #4. P. 433-441.

The thesis of Nazarov Shuhratjon Abduglomovich is an independently carried out research work, which is of great importance for the understanding of metallurgical processes and their management, the development of new promising technical materials. The thesis meets the criteria for the award of the degree of Candidate of Technical Sciences in the specialty 02.00.04- Physical Chemistry.

Sincerely,



Irene Calliari

Padova 11th March 2019

Irene Calliari
Associate Professor,
Department Industrial Engineering
University of Padova
Via Marzolo,9
Padova, Italy

Для предъявления по месту требования

ОТЗЫВ

На работу Назарова Шухратджона Абдугуломовича на тему «Физико-химические свойства алюминиевого сплава Al+6%Li с редкоземельными металлами (Y, La, Ce, Pr, Nd) », на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 02.00.04- Физическая химия

Я рада подтвердить, что:

с ноября 2015 года по сентябрь 2016 года Шухратджон Назаров проводил исследование в лаборатории кафедры индустриальной инженерии Падуанского университета в рамках программы Эразмус-Мундус Шёлковый путь.

Научная деятельность осуществлялась под руководством проф. Ирэн Калляри, профессора кафедры металлургии департамента индустриальной инженерии Падуанского университета.

Эта деятельность состояла из измерения теплофизических свойств, металлографических исследований, рентгеноструктурных и коррозионных испытаний сплава Al+6% Li с редкоземельными металлами. Данная деятельность является частью диссертационной работы на тему «Физико-химические свойства алюминиевого сплава Al+6%Li с редкоземельными металлами (Y, La, Ce, Pr, Nd)».

Отчет об исследовательской деятельности:

Диссертационная работа выполнена на научном уровне. Выводы, представленные в статье, подтверждаются различными независимыми физическими и химическими методами исследования, а сама диссертационная работа является полным научным исследованием. В результате исследований, проведенных Шухратджоном Назаровым, может быть разработана технология получения алюминиево-литиевых сплавов с редкоземельными металлами. Сплавы Al+6% Li были успешно получены вакуумным способом с низкими пористостями и примесями. Рентгеновские микроанализы сплавов Al+6% Li + Y (La, Ce, Pr, Nd) подтверждают, что состав сплавов близок к зарядовому составу, за исключением небольшого отклонения от указанного состава лития. Добавление различных количеств редкоземельных элементов приводит к увеличению твердости. Этот факт можно объяснить, как уменьшением размера зерна, так и механизмом осаждения при твердении. Также было оценено влияние добавленного редкоземельного элемента на коррозионную стойкость, и был найден максимум в коррозионных свойствах при 0,05% редкоземельного элемента. Этот факт связан с размером и распределением осадков, которые вызывают генерализованную коррозию для небольшого количества РЗЭ и локальную гальваническую коррозию для высокого содержания редкоземельных элементов.

С помощью сканирующего электронного микроскопа STEREOSCAN440 SEM было установлено влияние редкоземельных металлов на микроструктуру сплава Al+6% Li, и было показано, что небольшие добавки редкоземельных металлов значительно улучшают эвтектическую структуру (α -Al + AlLi) сплавов.

Влияние редкоземельных металлов на удельную теплоемкость сплава Al + 6% Li изучали с использованием дифференциального сканирующего калориметра. Добавка 0,5 мас. % иттрия и неодима в сплаве Al+6% Li увеличивают его удельную теплоемкость, но в то же время снижают теплопроводность сплава Al+6% Li, как и ожидалось. Все сплавы имеют увеличение удельной теплоемкости и теплопроводности в зависимости от температуры. Температуропроводность сплавов несколько уменьшается, а теплопроводность антикоррелирует с твердостью.

Учёный совет Комитета предлагает Назарову Ш.А. продолжить исследовательский проект, изучив сплавы после гомогенизирующей термообработки, при температуре около 450-500 °С. Влияние различных времен выдержки и температуры должно быть проверено. Эти термомеханические обработки являются частью процесса производства промышленных сплавов, поэтому исследования Al-Li + редкоземельных сплавов в кованых условиях были бы более ценными с промышленной точки зрения.

Личный вклад автора

Личный вклад автора заключается в анализе литературных данных, постановке и решении задач исследований, подготовке и проведении экспериментальных исследований в лабораторных условиях, анализе полученных результатов, формулировке основных положений и выводов диссертации. Сбор и анализ литературных источников, их обработка и оформление, обобщение результатов работы и ее основных идей проводились совместно с научным руководителем.

Рассылка

Предварительные результаты были представлены на международных конференциях и опубликованы в журналах.

1. **Nazarov Sh. A.**/ IR thermography for the assessment of the thermal conductivity of aluminum alloys// Nazarov Sh.A., Rossi S., Bison P., Calliari I.// Thermosense: Thermal Infrared Applications XXXIX, PROCEEDINGS OF SPIE Defence+ Commercial Sensing 2017/, Anaheim California USA P9.
2. **Nazarov Sh.A.** Metallographic studies of aluminum-lithium alloys added with rare earths/ Nazarov Sh.A., Calliari I., Pezzato L.// International conference: High tech die casting 2016 Venice (Italy) 2016 p. 10-14.
3. **Nazarov Sh.A.**, Solid-State Oxidation Kinetics of a Lanthanum-Modified Al+6% Li Alloy/ Nazarov Sh.A., Ganiev I.N., Calliari I., Berdiev A.E., Ganieva N.I.//Metally. 2018 #1, P. 29-34.
Назаров Ш.А., Кинетика окисления сплава Al+6%Li, модифицированного лантаном, в твердом состоянии/ Назаров Ш.А. Ганиев И.Н., И. Калляри. Бердиев А.Э., Ганиева Н.И.// Металлы, 2018/ №1. С. 34-40.
4. **Nazarov Sh.A.**, Influence of rare earths addition on the properties of Al-Li alloy/ Nazarov Sh.A., Rossi S., Bison P., Pezzato L., Calliari I., Ganiev I.N.// Physics of Metals and Metallography 2019 T. 120. #4. P. 433-441.

Назаров Ш.А., Влияние добавок редкоземельных элементов на свойства сплавов Al-Li/ Назаров Ш.А., Росси С., Бисон П., Пеззато Л., Каллиари И., Ганиев И.Н.// Физика металлов и металловедение, 2019/№4. С. 433-441.

Диссертация Назарова Шухратджона Абдугуломовича - это самостоятельно проведенная исследовательская работа, которая имеет большое значение для понимания металлургических процессов и их управления, разработки новых перспективных технических материалов. Работа соответствует критериям для присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 02.00.04- физическая химия.

С уважением,

Ирен Калляри

профессор Металлургии
департамента индустриальной инженерии
Падуанского университета
Виа Марцоло, 9

тел. +39 049 8275500; факс +39 049 8275499

E-mail: irene.calliari@unipd.

Падуя 11 Марта 2019