

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2017 • 4

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

REPORTS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.

PUBLISHED SINCE 1944



Бас редакторы
х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Редакция алқасы:

Адекенов С.М. проф., академик (Қазақстан) (бас ред. орынбасары)
Боос Э.Г. проф., академик (Қазақстан)
Величкин В.И. проф., корр.-мүшесі (Ресей)
Вольдемар Вуйцик проф. (Польша)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Гордиенко А.И. проф., академик (Белорус)
Дука Г. проф., академик (Молдова)
Илолов М.И. проф., академик (Тәжікстан),
Леска Богуслава проф. (Польша),
Локшин В.Н. проф. чл.-корр. (Қазақстан)
Нараев В.Н. проф. (Ресей)
Неклюдов И.М. проф., академик (Украина)
Нур Изура Удзир проф. (Малайзия)
Перни Стефано проф. (Ұлыбритания)
Потапов В.А. проф. (Украина)
Прокопович Полина проф. (Ұлыбритания)
Омбаев А.М. проф. (Қазақстан)
Өтелбаев М.О. проф., академик (Қазақстан)
Садыбеков М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сатаев М.И. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Северский И.В. проф., академик (Қазақстан)
Сикорски Марек проф., (Польша)
Рамазанов Т.С. проф., академик (Қазақстан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Харин С.Н. проф., академик (Қазақстан)
Чечин Л.М. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Харун Парлар проф. (Германия)
Энджун Гао проф. (Қытай)
Эркебаев А.Э. проф., академик (Қырғыстан)

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»
ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.)
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 01.06.2006 ж.
берілген №5540-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.
Тиражы: 2000 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
http://nauka-nanrk.kz_reports-science.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Главный редактор
д.х.н., проф., академик НАН РК **М. Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

Адекенов С.М. проф., академик (Казахстан) (зам. гл. ред.)
Боос Э.Г. проф., академик (Казахстан)
Величкин В.И. проф., чл.-корр. (Россия)
Вольдемар Вуйцик проф. (Польша)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Гордиенко А.И. проф., академик (Беларусь)
Дука Г. проф., академик (Молдова)
Илолов М.И. проф., академик (Таджикистан),
Леска Богуслава проф. (Польша),
Локшин В.Н. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Нараев В.Н. проф. (Россия)
Неклюдов И.М. проф., академик (Украина)
Нур Изура Удзир проф. (Малайзия)
Перни Стефано проф. (Великобритания)
Потапов В.А. проф. (Украина)
Прокопович Полина проф. (Великобритания)
Омбаев А.М. проф. (Казахстан)
Отелбаев М.О. проф., академик (Казахстан)
Садьбеков М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сатаев М.И. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Северский И.В. проф., академик (Казахстан)
Сикорски Марек проф., (Польша)
Рамазанов Т.С. проф., академик (Казахстан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.
Харин С.Н. проф., академик (Казахстан)
Чечин Л.М. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Харун Парлар проф. (Германия)
Энджун Гао проф. (Китай)
Эркебаев А.Э. проф., академик (Кыргызстан)

«Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»

ISSN 2518-1483 (Online),

ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://nauka-nanrk.kz> reports-science.kz

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017 г.

Адрес типографии: ИП «Аруна», г.Алматы, ул.Муратбаева, 75

E d i t o r i n c h i e fdoctor of chemistry, professor, academician of NAS RK **M.Zh. Zhurinov****E d i t o r i a l b o a r d :****Adekenov S.M.** prof., academician (Kazakhstan) (deputy editor in chief)**Boos E.G.** prof., academician (Kazakhstan)**Velichkin V.I.** prof., corr. member (Russia)**Voitsik Valdemar** prof. (Poland)**Goncharuk V.V.** prof., academician (Ukraine)**Gordiyenko A.I.** prof., academician (Belarus)**Duka G.** prof., academician (Moldova)**Ilov M.I.** prof., academician (Tadjikistan),**Leska Boguslava** prof. (Poland),**Lokshin V.N.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Narayev V.N.** prof. (Russia)**Nekludov I.M.** prof., academician (Ukraine)**Nur Izura Udzir** prof. (Malaysia)**Perni Stephano** prof. (Great Britain)**Potapov V.A.** prof. (Ukraine)**Prokopovich Polina** prof. (Great Britain)**Ombayev A.M.** prof. (Kazakhstan)**Otelbayv M.O.** prof., academician (Kazakhstan)**Sadybekov M.A.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Satayev M.I.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Severskyi I.V.** prof., academician (Kazakhstan)**Sikorski Marek** prof., (Poland)**Ramazanov T.S.** prof., academician (Kazakhstan)**Takibayev N.Zh.** prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief**Kharin S.N.** prof., academician (Kazakhstan)**Chechin L.M.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Kharun Parlar** prof. (Germany)**Endzhun Gao** prof. (China)**Erkebayev A.Ye.** prof., academician (Kyrgyzstan)**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.****ISSN 2224-5227****ISSN 2518-1483 (Online),****ISSN 2224-5227 (Print)**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz> / reports-science.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 4, Number 314 (2017), 41 – 47

UDC 621.771

A.B. Nayzabekov¹, I.E. Volokitina²¹Rudny Industrial Institute, Rudny, Kazakhstan;²Karaganda State Industrial University, Temirtau, Kazakhstanirinka.vav@mail.ru**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE ECAP ON
THE EVOLUTION OF THE MICROSTRUCTURE OF COPPER**

Abstract. The influence of intense plastic deformation by the method of equal channel angular pressing on the transformation of the structure and the change in the properties of technically pure copper of grade M1 is studied. After six cycles of equal-channel angular pressing at room temperature, a considerable refinement of the grain structure and an increase in the strength characteristics of copper occurs. It is established, that subsequent heating up to 160 °C allows preserving the ultrafine-grained structure, and heating up to 220°C leads to the formation in the copper sample of a completely recrystallized structure. The grain size is 10 - 20 microns, which is in 5 times smaller than the original structure before to ECAP. The obtained metallographic studies confirmed by mechanical tests on the microhardness.

Keywords: microstructure, ECA-pressing, copper, microhardness.

УДК 621.771

А.Б. Найзабеков¹, И.Е. Волокитина²¹Рудненский индустриальный институт, Рудный, Казахстан;²Карагандинский государственный индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РКУП НА ЭВОЛЮЦИЮ
МИКРОСТРУКТУРЫ МЕДИ**

Аннотация. Исследовано влияние интенсивной пластической деформации методом равноканального углового прессования на трансформацию структуры и изменение свойств технической чистой меди марки М1. После шести циклов равноканального углового прессования при комнатной температуре происходит значительное измельчение зеренной структуры и повышение прочностных характеристик меди. Установлено, что последующий нагрев до 160°C позволяет сохранить ультрамелкозернистую структуру, а нагрев до 220°C приводит к формированию в образце меди полностью рекристаллизованной структуры. Размер зерен составляет 10 – 20 мкм, что в 5 раз мельче, чем исходная структура до РКУП. Полученные металлографические исследования подтверждаются механическими испытаниями на микротвердость.

Ключевые слова: микроструктура; РКУ-прессование, медь, микротвердость.

Введение

Для осуществления планов, стоящих перед экономикой РК, в том числе по проведению выставки ЕХРО-2017, необходимо обеспечение основных отраслей промышленности качественной металлопродукцией. Среди материалов, используемых промышленностью, медь и её сплавы занимают особое место благодаря удачному сочетанию высоких технологических и эксплуатационных характеристик. Непрерывно увеличивающаяся потребность в этих материалах предъявляет всё более жёсткие требования к продукции, определяет необходимость выпуска новых сплавов со специальными свойствами и узкими пределами допусков по содержанию компонентов и примесей, а также производство прецизионного проката.

В последние десятилетия интенсивно развивается новое направление в материаловедении и обработке материалов, заключающееся в формировании в металлах и сплавах ультрадисперсных структурных состояний с помощью интенсивной пластической деформации (ИПД) [1-4]. Это позволяет резко повысить удельную прочность в области эксплуатационных температур, при этом в области температур обработки давлением существенно повышается технологическая пластичность. На базе этого направления можно создать принципиально новый комплекс физико-химических и механических свойств в обычных промышленных материалах [5-7].

Равноканальное угловое прессование (РКУП) в настоящее время является наиболее широко используемым методом ИПД [8-12]. Хотя на сегодняшний день существует много исследовательских работ, направленных на изучение процессов ИПД, но до сих пор осталось большое количество вопросов посвященных получению комплекса необходимых механических свойств металлических материалов после РКУП. Данная проблема основана на том, что при мегапластической деформации материал сильно упрочняется, но исчерпывает запас пластичности и в результате чего охрупчивается, что затрудняет возможность его практического применения в промышленности. Использование термической обработки позволит повысить пластичность и ударную вязкость такого материала [13-15]. Подбор оптимального режима термомеханического упрочнения методом РКУП в ступенчатой матрице необходимо производить индивидуально для каждого металлического материала, так как в разных материалах протекание процессов измельчения структуры и рекристаллизации различно [16-18].

Несмотря на все свои преимущества, процесс РКУП до сих пор не реализован в промышленных масштабах, и его исследование носит сугубо лабораторный характер. Также данный метод достаточно сложен технологически и до настоящего времени имеет очень ограниченное применение в прикладных технологических задачах. Поэтому поиски путей получения высокопрочных металлических материалов с применением дополнительных относительно простых технологий совместно с РКУП, например, таких как предварительная и окончательная термические обработки является актуальной задачей. Таким образом, актуальность статьи связана с более глубоким пониманием теоретических представлений и практических аспектов РКУП со структурообразованием с возможностью значительного расширения области применения меди за счет создания передовых технологических процессов получения ультрамелкозернистых полуфабрикатов и изделий с качественно новым уровнем физико-механических свойств.

Материал и методика исследования

Медь характеризуется отсутствием полиморфных превращений, что делает ее идеальным модельным материалом для установления особенностей холодной деформации при разработке новых схем деформирования. Поэтому для эталонного модельного материала используем технически чистую медь марки М1. Так в меди нет ни полиморфного, ни мартенситного превращений предварительную термическую обработку можно исключить.

Образцы квадратного сечения $15 \times 15 \times 70$ мм подвергали РКУП в обычной ступенчатой матрице с углом стыка каналов 125° [19] по маршруту Вс с кантовкой заготовки на 90° вокруг продольной оси [20] при комнатной температуре. Трение между инструментом и заготовкой снижалось применением пальмового масла в качестве смазки.

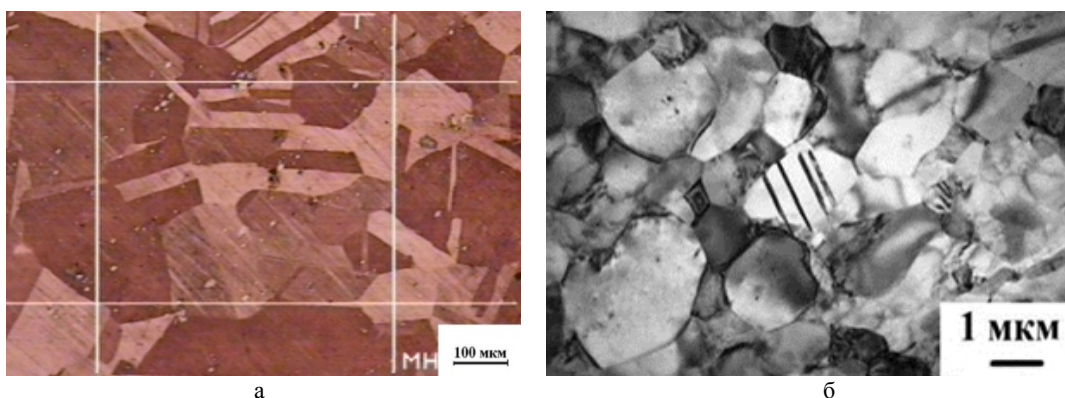
После РКУП проводили окончательную термическую обработку, так как неустойчивая структура пластически деформированного металла стремится освободиться от искажений кристаллической решетки и запаса остаточной энергии и перейти в устойчивое состояние. Также при больших степенях деформации в металле наблюдается раздробление и удлинение отдельных зерен и создается определенная их ориентация. При отжиге же деформированного металла происходит рекристаллизация, в результате чего создается качественно новая структура, т.е. образуются совершенно новые, чаще всего равноосные зерна.

Подготовка шлифов для металлографических исследований осуществлялась по стандартной методике. Обработанные образцы были изучены, используя электронный микроскоп JEM2100. Все образцы были исследованы в средней плоскости образца, чтобы избежать влияния периферийных областей. Получаемые образцы рассматривались в двух сечениях: поперечном и продольном.

Результаты исследований

На рис. 1а показана оптическая фотография микроструктуры исходной меди (катанный пруток), как видно из фотографии структура деформированной меди имеет большое количество двойников. В исходном состоянии средний размер зерна меди составлял 120 мкм; микротвердость - 580 МПа.

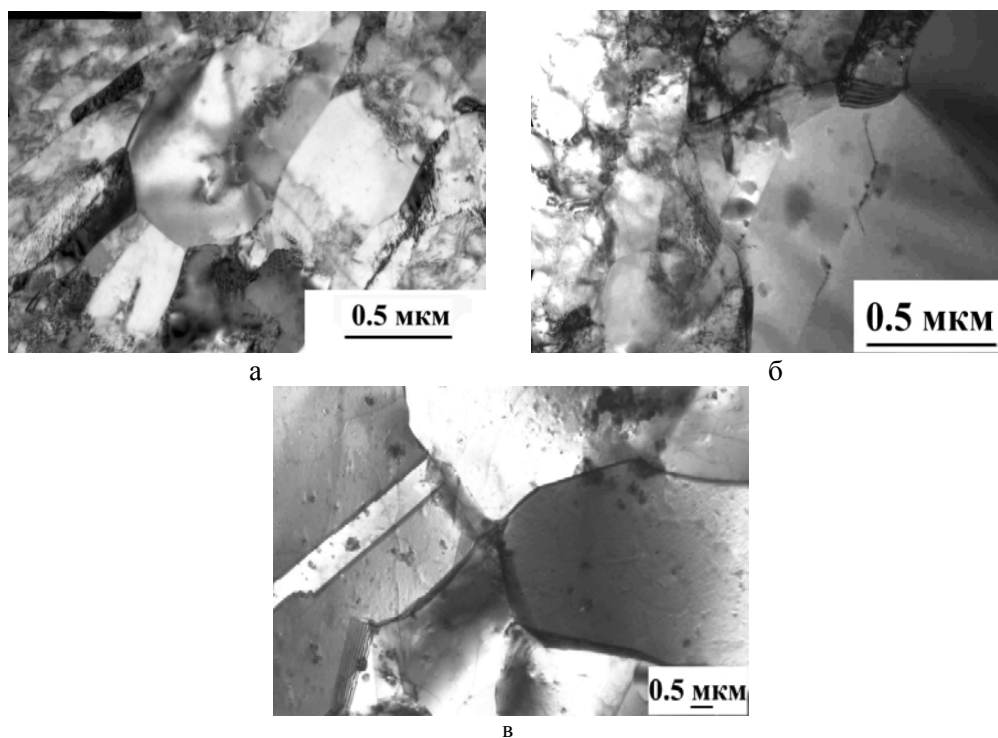
Для оценки эффективности РКУП, необходимо сравнить микроструктуру медных сплавов до и после деформирования. Изменения, происходящие в структуре меди, при РКУП были исследованы с помощью просвечивающей микроскопии (рисунок 2б).



а – исходная структура, полученная на оптическом электронном микроскопе;
б – РКУП (6 циклов), полученная на просвечивающем электронном микроскопе

Рисунок 1 - Микроструктура меди

Рассмотрим изменения, происходящие в структуре деформированной меди при нагреве на просвечивающем электронном микроскопе (рисунок 2).



а – 160°C; б – 220°C; в – 270°C

Рисунок 2 - Микроструктура меди после 6 проходов РКУП при комнатной температуре и отжига, полученная на просвечивающем электронном микроскопе

Для подтверждения металлографических исследований были проведены механические испытания на изменение микротвердости по Виккерсу на оптическом микроскопе Leica, оборудованном микротвердомером. Результаты определения микротвердости медного сплава М1 представлены в виде графика зависимости микротвердости от температуры нагрева, представленного на рисунке 3.

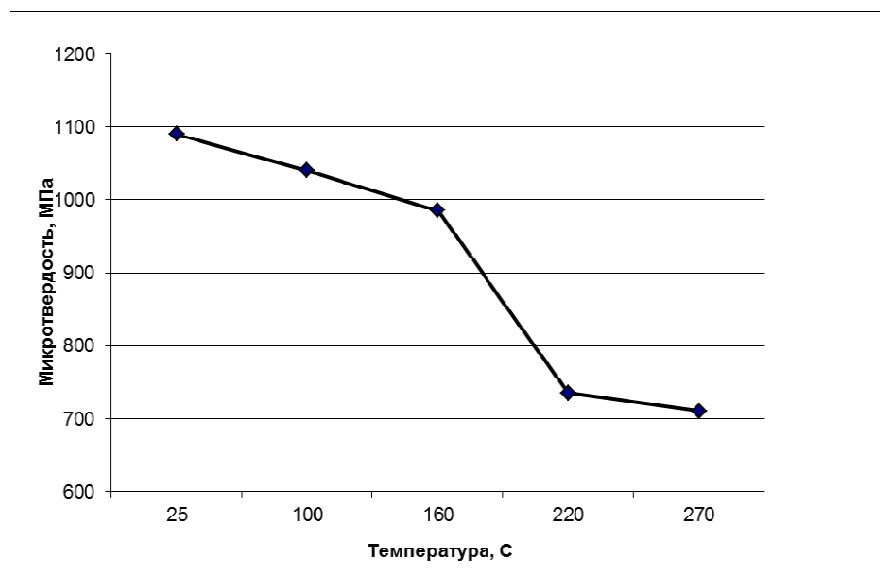


Рисунок 3 - Изменение микротвердости прессованных заготовок меди после нагрева

Обсуждение полученных результатов

Металлографический анализ меди после РКУП в ступенчатой матрице показал, что интенсивное измельчение зерна наблюдается после осуществления каждого цикла деформирования при обеих температурах прессования. На начальной стадии прессования исходные зерна ориентируются под углом к оси образца, но при этом субструктура исходных зерен не вытравливается. После третьего цикла структура представляет собой частично ячеистую, частично полигонизованную структуру. Также было обнаружено, что зеренная структура в поперечном направлении прорабатывается чуть более интенсивно, однако после осуществления 4-5 циклов прессования проработка структуры практически однородна как в поперечном, так и в продольном направлении. После 6 цикла деформирования была получена структура со средним зерном равноканальной ступенчатой матрицей, составляющей 1 мкм.

Анализ микроструктуры сплава М1 после нагрева показал, что при нагреве до 100°C не обнаружено заметного изменения структуры образца. При увеличении температуры нагрева до 160°C в структуре встречаются отдельные зерна с полосчатым контрастом на границах. Уменьшение доли зерен с внутренним сложным дислокационным контрастом указывает на некоторое снижение уровня внутренних напряжений (рисунок 2а). При дальнейшем нагреве в структуре наблюдаются единичные “зародыши” рекристаллизации размером 0,15 – 0,20 мкм, возникших на границах исходных деформированных зерен. То есть при температуре 160°C наблюдается начальная стадия рекристаллизации.

При повышении температуры отжига до 220°C в структуре образца произошли существенные изменения. При исследовании наблюдается смешанная структура, состоящая из областей, содержащих деформированные зерна и новые рекристаллизованные зерна размером 1 – 5 мкм (рисунок 2б). На границах новых рекристаллизованных зерен присутствует типичный полосчатый контраст, характерный для зерен, полученных в результате отжига.

Повышение температуры нагрева до 270°C приводит к формированию в образце меди полностью рекристаллизованной структуры (рисунок 2в). Размер зерен составляет 10 – 20 мкм. Зерна практически свободны от дислокаций. Внутри отдельных зерен видны двойники отжига.

Границы зерен имеют характерный полосчатый контраст. Дальнейший нагрев не приводит к существенному росту зерен.

Сопоставим описанные выше структурные изменения с результатами измерения микротвердости при нагреве образцов до температур 100–270°C в течение 60 мин.

Видно, что отжиг при 100°C незначительно снижает значение микротвердости образцов в среднем на 50 МПа (с 1090 до 1040 МПа), что может быть связано с процессами возврата. После отжига при 220°C микротвердость образца снижается существенно (на 30% - 735 МПа), по сравнению с микротвердостью образцов меди с ультрамелкозернистой структурой, полученной при РКУП. Такое резкое снижение величины микротвердости свидетельствует о развитии процесса рекристаллизации, что подтверждается приведенными выше структурными наблюдениями (рисунок 2). Повышение температуры отжига до 270°C приводит к дальнейшему снижению микротвердости и к приближению ее значения к постоянной величине, характерной для полностью отожженной крупнозернистой меди (710 МПа).

За температуру начала рекристаллизации была принята температура 220°C, после которой наблюдается резкое снижение микротвердости на 305 МПа (30%), что совпадает с появлением новых рекристаллизованных зерен.

Из графика видно, что максимальная термическая устойчивость соответствует минимальной степени деформации, что соответствует диаграмме рекристаллизации меди. Это означает, что несовершенная структура, соответствующая минимальной степени деформации, совершенствуется и становится зеренной в ходе нагрева, в то время как в остальных случаях имеет место рост зерен в преимущественно зеренной структуре, сформированной в ходе деформации.

Выводы

Подтверждена известная из литературы тенденция уменьшения размера зерна при РКУП. Обнаружено, что в исходно деформированной ультрадисперсной меди дополнительное измельчение элементов структуры при деформации сдвигом под давлением происходит на стадии деформационного упрочнения. РКУП приводит к формированию ультрамелкозернистой структуры с размером структурных элементов ~1 мкм.

Также наблюдается увеличение микротвердости после РКУП. Высокие значения микротвердости и ультрамелкозернистая структура сохраняются при отжигах вплоть до 220°C. Выше этой температуры механические свойства падают, что свидетельствует о начале действия рекристаллизационных процессов. Эти данные подтверждаются результатами электронно-микроскопических исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Degtyarev M.V., Chashchukhina T.I., Voronova L.M., Patselov A.M., Pilyugin V.P. (2007) Influence of the relaxation processes on the structure reformation in pure metals and alloys under high-pressure torsion, *Acta Mater*, 55:6039–6050. DOI: 10.1016/j.actamat.2007.04.017
- [2] Lezhnev S., Nayzabekov A., Volokitin A., Volokitina I. (2014) New combined process "pressing-drawing" and impact on properties of deformable aluminum wire, *Procedia Engineering*, 81: 1505 – 1510.
- [3] P. Frint, M.F.-X. Wagner, S. Weber, S. Seipp, S. Frint, T. Lampke. (2017) An experimental study on optimum lubrication for large-scale severe plastic deformation of aluminum-based alloys, *Journal of Materials Processing Technology*, 239:222–229, doi:10.1016/j.jmatprotec.2016.08.032.
- [4] Mashekova A. S. (2016) Bulletin of National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan [Vestnik Nacional'noj akademii nauk Respubliki Kazahstan] 5:107-121. (In Russian)
- [5] Kurapov G., Orlova E., Volokitina I., Turdaliev A. (2016) Plasticity as a physical-chemical process of deformation of crystalline solids, *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 51:451-457
- [6] Volodin A.M., Zaikovskii V.I., Kenzhin R.M., Bedilo A.F., Mishakov I.V., Vedyagin A.A. (2017) Synthesis of Nanocrystalline Calcium Aluminate C12A7 under Carbon Nanoreactor Conditions, *Materials Letters*, 189:210-212. DOI: 10.1016/j.matlet.2016.11.112
- [7] Lv Jinlongb, Luo Hongyuna, Liang Tongxiangb. (2016) Investigation of microstructure and corrosion behavior of burnished aluminum alloy by TEM, EWF, XPS and EIS techniques, *Materials Research Bulletin*, 83, doi:10.1016/j.materresbull.2016.05.013.
- [8] Naizabekov A.B., Lezhnev S.N., Kurapov G.G., Volokitina I.E., Orlova E.P. (2016) Bulletin of National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan [Vestnik Nacional'noj akademii nauk Respubliki Kazahstan] 2:95-102. (In Russian)
- [9] Murashkin M.Yu., Sabirov I., Kazykhanov V.U, Enhanced mechanical properties and electrical conductivity in ultrafine-grained Al alloy processed via ECAP-PC, *Journal of Materials Science* 48, 2013, 4501-4509. doi:10.1007/s10853-013-7279-8.

- [10] Qu S., An X.H., Yang H.J., Huang C.X., Yang G., Zang Q.S., Wang Z.G., Wu S.D., Zhang Z.F. (2009) Microstructural Evolution and Mechanical Properties of Cu-Al Alloys Subjected to Equal Channel Angular Pressing, *Acta Materialia*, 5:1586-1601.
- [11] Gazder A.A., Dalla Torre F., Gu C.F., Davies C.H., Pereloma E.V. (2006) Microstructure and Texture Evolution of bcc and fcc Metals Subjected to Equal Channel Angular Extrusion, *Materials Science and Engineering*, 415:126-139.
- [12] Qu S., An X.H., Yang H.J., Huang C.X., Yang G., Zang Q.S., Wang Z.G., Wu S.D., Zhang Z.F. (2009) Microstructural Evolution and Mechanical Properties of Cu-Al Alloys Subjected to Equal Channel Angular Pressing, *Acta Materialia*, 5: 1586-1601.
- [13] Yanqiu Zhanga, Shuyong Jianga, Sibing Wangb, Dong Sunb, Li Hub. (2017) Influence of partial static recrystallization on microstructures and mechanical properties of NiTiFe shape memory alloy subjected to severe plastic deformation. *Materials Research Bulletin*, 88, doi:10.1016/j.mater-resbull.2016.12.042.
- [14] Lezhnev S., Volokitina I., Koinov T. (2014), Research of influence equal channel angular pressing on the microstructure of copper, *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 49:621-630
- [15] V.D. Sitdikov, I.V. Alexandrov, M.M. Ganiev, E.I. Fakhretdinova, G.I. Raab. (2015) Effect of temperature on the evolution of structure, crystallographic texture and the anisotropy of strength properties in the Ti grade 4 alloy during continuous ECAP, *Rev. Adv. Mater. Sci.* 41:44-47.
- [16] Kyung-Tae Park, Chong Soo Lee, Dong Hyuk Shin. (2005) Strain hardenability of ultrafine grained low carbon steels processed by ECAP, *Rev. Adv. Mater. Sci.*, 10:133-137
- [17] Valiev R.Z., Alexandrov I.V. Nanostructured materials obtained by severe plastic deformation. Logos, Moscow. ISBN: 5-9221-0582-5, (2000).
- [18] Abdulazeez T. Lawal, (2016) Synthesis and utilization of carbon nanotubes for fabrication of electrochemical biosensors, *Materials Research*, 73, 308–350, doi:10.1016/j.materresbull.2015.08.037.
- [19] Patent RF № 2181314. Ustroystvo dlya obrabotki metallov davleniyem. Raab G.I., Kulyasov G.V., Polozovskiy V.A., Valiyev R.Z., 2002. (In Russian)
- [20] Naizabekov A.B., Lezhnev S.N., Volokitina I.E. (2015) Change in copper microstructure and mechanical properties with deformation in an equal channel stepped die, *Metal Science and Heat Treatment*, 57:5-6. DOI:10.1007/s11041-015-9870-x

REFERENCES

- [1] Degtyarev M.V., Chashchukhina T.I., Voronova L.M., Patselov A.M., Pilyugin V.P. (2007) Influence of the relaxation processes on the structure formation in pure metals and alloys under high-pressure torsion, *Acta Mater*, 55:6039–6050. DOI: 10.1016/j.actamat. 2007.04.017
- [2] Lezhnev S., Nayzabekov A., Volokitina A., Volokitina I. (2014) New combined process "pressing-drawing" and impact on properties of deformable aluminum wire, *Procedia Engineering*, 81: 1505 – 1510.
- [3] P. Frint, M.F.-X. Wagner, S. Weber, S. Seipp, S. Frint, T. Lampke. (2017) An experimental study on optimum lubrication for large-scale severe plastic deformation of aluminum-based alloys, *Journal of Materials Processing Technology*, 239:222–229, doi:10.1016/j.jmatprotec. 2016.08.032.
- [4] Mashekova A. S. (2016) Bulletin of National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan [Vestnik Nacional'noj akademii nauk Respubliki Kazahstan] 5:107-121. (In Russian)
- [5] Kurapov G., Orlova E., Volokitina I., Turdaliev A. (2016) Plasticity as a physical-chemical process of deformation of crystalline solids, *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 51:451-457
- [6] Volodin A.M., Zaikovskii V.I., Kenzhin R.M., Bedilo A.F., Mishakov I.V., Vedyagin A.A. (2017) Synthesis of Nanocrystalline Calcium Aluminate C12A7 under Carbon Nanoreactor Conditions, *Materials Letters*, 189:210-212. DOI: 10.1016/j.matlet. 2016.11.112
- [7] Lv Jinlongb, Luo Hongyuna, Liang Tongxiangb. (2016) Investigation of microstructure and corrosion behavior of burnished aluminum alloy by TEM, EWF, XPS and EIS techniques, *Materials Research Bulletin*, 83, doi:10.1016/j.materresbull. 2016.05.013.
- [8] Naizabekov A.B., Lezhnev S.N., Kurapov G.G., Volokitina I.E., Orlova E.P. (2016) Bulletin of National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan [Vestnik Nacional'noj akademii nauk Respubliki Kazahstan] 2:95-102. (In Russian)
- [9] Murashkin M.Yu., Sabirov I., Kazykhanov V.U, Enhanced mechanical properties and electrical conductivity in ultrafine-grained Al alloy processed via ECAP-PC, *Journal of Materials Science* 48, 2013, 4501-4509. doi:10.1007/s10853-013-7279-8.
- [10] Qu S., An X.H., Yang H.J., Huang C.X., Yang G., Zang Q.S., Wang Z.G., Wu S.D., Zhang Z.F. (2009) Microstructural Evolution and Mechanical Properties of Cu-Al Alloys Subjected to Equal Channel Angular Pressing, *Acta Materialia*, 5:1586-1601.
- [11] Gazder A.A., Dalla Torre F., Gu C.F., Davies C.H., Pereloma E.V. (2006) Microstructure and Texture Evolution of bcc and fcc Metals Subjected to Equal Channel Angular Extrusion, *Materials Science and Engineering*, 415:126-139.
- [12] Qu S., An X.H., Yang H.J., Huang C.X., Yang G., Zang Q.S., Wang Z.G., Wu S.D., Zhang Z.F. (2009) Microstructural Evolution and Mechanical Properties of Cu-Al Alloys Subjected to Equal Channel Angular Pressing, *Acta Materialia*, 5: 1586-1601.
- [13] Yanqiu Zhanga, Shuyong Jianga, Sibing Wangb, Dong Sunb, Li Hub. (2017) Influence of partial static recrystallization on microstructures and mechanical properties of NiTiFe shape memory alloy subjected to severe plastic deformation. *Materials Research Bulletin*, 88, doi:10.1016/j.mater-resbull. 2016.12.042.
- [14] Lezhnev S., Volokitina I., Koinov T. (2014), Research of influence equal channel angular pressing on the microstructure of copper, *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 49:621-630

[15] V.D. Sitdikov, I.V. Alexandrov, M.M. Ganiev, E.I. Fakhretdinova, G.I. Raab. (2015) Effect of temperature on the evolution of structure, crystallographic texture and the anisotropy of strength properties in the Ti grade 4 alloy during continuous ECAP, *Rev. Adv. Mater. Sci.* 41:44-47.

[16] Kyung-Tae Park, Chong Soo Lee, Dong Hyuk Shin. (2005) Strain hardenability of ultrafine grained low carbon steels processed by ECAP, *Rev. Adv. Mater. Sci.*, 10:133-137

[17] Valiev R.Z., Alexandrov I.V. Nanostructured materials obtained by severe plastic deformation. Logos, Moscow. ISBN: 5-9221-0582-5, (2000).

[18] Abdulazeez T. Lawal, (2016) Synthesis and utilization of carbon nanotubes for fabrication of electrochemical biosensors, *Materials Research*, 73, 308–350, doi:10.1016/j.materresbull .2015.08.037.

[19] Patent RF № 2181314. Ustroystvo dlya obrabotki metallov davleniyem. Raab G.I., Kulyasov G.V., Polozovskiy V.A., Valiyev R.Z., 2002. (In Russian)

[20] Naizabekov A.B., Lezhnev S.N., Volokitina I.E. (2015) Change in copper microstructure and mechanical properties with deformation in an equal channel stepped die, *Metal Science and Heat Treatment*, 57:5-6. DOI: 10.1007/s11041-015-9870-x

ӘОЖ: 621.771

А.Б. Найзабеков¹, И.Е. Волокитина²

¹Рудный индустриалық университеті, Рудный қ., Қазақстан;

²Қарағанды мемлекеттік индустриялық университеті, Теміртау қ., Қазақстан

E-mail: irinka.vav@mail.ru

МЫС МИКРОҚҰРЫЛЫМНЫҢ ЭВОЛЮЦИЯСЫНА ТКББ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. М1 маркалы техникалық таза мыстың қасиеттерінің өзгерісі және құрылымның трансформациясына теңаналды бұрышты баспалау әдісімен қарқынды илемді деформациялау әсері зерттелді. Теңбұрышты баспалауды алты циклдерінен кейін бөлмелі температурада мыстың түйіршікті құрылымы маңызды ұсатуы өтеді және беріктік сипаттамалары жоғарылайды. Келесі қыздыру 160°C дейін ұсақ түйіршікті құрылымды сақтауға мүмкіндік береді, ал 220°C-қа дейін қыздыру мыстың үлгісінде толығымен кристалданған құрылымды құрастыруға алып келуі орнатылған. Түйіршіктердің өлшемі 10 – 20 мкм-ді құрайды, ТКББқа дейін бастапқы құрылымға қарағанда 5 есе уағырақ. Алынған металлографиялық зерттеулер микроқаттылыққа механикалық сынаулармен расталады.

Түйін сөздер: микроқұрылым, ТКБ-баспалау, мыс, микроқаттылық.

Сведения об авторах:

Найзабеков А.Б. - Рудненский индустриальный институт, г. Рудный, Казахстан, д.т.н, профессор, +7701311686, info@rii.kz

Волокитина И.Е. - Карагандинский государственный индустриальный университет, г. Теміртау, Казахстан, докторант PhD, магистр, +77477115005, irinka.vav@mail.ru

МАЗМҰНЫ
Техникалық ғылымдар

Азаматов Б.Н., Ожикенев Қ.А., Азаматова Ж.Қ. ЖЭС гидравликалық күлжою жүйесінде геометриясы басқарылатын гидроциклондар батареясын автоматты басқару 5

Қоғамдық ғылымдар

Қалдыбай Қ.Қ., Пазылова Қ.А. Агрессия концепциясын теориялық тұрғыдан әлеуметтік-психологиялық талдау.... 14

Техникалық ғылымдар

Сахметова Г.Е., Бренер А.М., Калдыбаева Б.М., Абильмағжанов А.З. Биогазды өндіру үшін қондырғыларды жобалау кезінде ауқымды өтпе мәселелерінің режимдік аспектілері..... 21

Ахметов Б.С., Қартбаев Т.С., Досжанова А.А. Ақпараттарды нейрожелілік биометриялық қорғау құралдарына төнетін қауіпке қарсы тұру әдістері..... 28

Мукажанов Н.К., Кисанов А. М., Мусапирова Г.Д. Кеңістіктік объектілер образын тану бойынша зерттеу..... 35

Найзабеков А.Б., Волокитина И.Е. Мыс микроқұрылымның эволюциясына ТКББ әсерін зерттеу 41

Цекич Н. Қазіргі заманғы экологиялық қалалық сәулет кешенін жобалау..... 48

Ожикенов Қ.Ә., Рахметова П.М., Ожикен А.Қ. Манипуляциялық роботты адаптивті басқару жүйесіндегі динамикалық үрдістерді бейімді тұрақтандыру..... 58

Ракишев Б.Р., Прокопенко В.И., Череп А.Ю., Ковров А.С. Топты карьерлер жұмысы кезінде бұзылған жер бетін жөндеудің ерекшеліктері..... 66

Аграрлық ғылымдар

Баймұқанов Д.А., Баймұқанов А., Юлдашбаев Ю.А., Исхан К.Ж., Алиханов О., Дошанов Д. F₄ сүлесіндегі қазак дромедар түйесінің өнімділігі..... 74

Химия

Суербаев Х.А., Құдайбергенов Н.Ж., Елібай К.Б. Терминалды олефиндерді палладий фосфин комплекстері қатысында көмітек моноксидіжәне спирттермен карбонилдеу 85

Биология

Абайлдаев А.О., Неупокоева А.С., Рахымгожин М.Б., Ходаева А.С., Ботбаев Д.М., Аширбеков Е.Е., Куланбаев Е.М., Хансеитова А.К., Балмуханов Т.С., Айтхожина Н.А. Қазақстан популяциясындағы сүт безі ісігі диагнозына шалдыққан наукастардың *LSP1* гені өзгеріштігінің ассоциациясы..... 108

Қоғамдық ғылымдар

Кишибекова Г. К., Омарханова Ж. М. Қазақстан республикасы ауыл шаруашылығы дамуын қаржымен қамтамасыз ету..... 115

Абдулина Г.А., Сейтхамзина Г. Ж. Заманауи кәсіпорындардың әлеуметтік даму проблемалары 126

Абылкасимова Ж.А., Алибаева М.М., Орынбекова Г.А., Ракишев А.А. Қазіргі жағдайдағы Қазақстанның агроөнеркәсіп кешені субъектілерінің экономикалық интеграциясы..... 136

Азатбек Т.А., Байтеңізев Д.Т. Ғылыми білім жүйесіндегі өзін-өзі жұмыспен қамту 142

Аюпова З.К., Құсайынов Д.Ө. Қазақстан республикасының құқықтық саясаты мемлекеттілікті нығайтудың басты механизмі ретінде..... 150

Рамазанов А.А., Кажмуратова А.К., Тымбаева Ж.М. Қазақстан республикасының мұнай нарығының экономикалық өлшемі 157

Сембиева Л.М., Бекбенбетова Б.Б., Бейсенова Л.З. ЕЭҚ-тың Қазақстан кредиттік жүйесі проблемалары мен Келешегі..... 167

Удербаетова С.К. Орынбор ғылыми мұрағат комиссиясының «Еңбектер» жинағындығы орталық азияның көшпелі халықтарының тарихы..... 177

Болтаева А.А. Мемлекеттің бизнестің әлеуметтік жауапкершілігін жүзеге асырудағы ролі 189

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки	
<i>Азаматов Б.Н., Ожикенев К.А., Азаматова Ж.К.</i> АСУбатарей гидроциклонов с управляемой геометрией в системе ГЗУ ТЭС.....	5
Общественные науки	
<i>Калдыбай К.К., Пазылова К. А.</i> Социально-психологической анализ концепции агрессии.....	14
Технические науки	
<i>Сахметова Г.Е., Бренер А.М., Калдыбаева Б.М., Абиьмагжанов А.З.</i> Режимные аспекты проблемы масштабного перехода при проектировании установок для производства биогаза.....	21
<i>Ахметов Б.С., Картбаев Т.С., Досжанова А.А.</i> Методы противодействия средствам биометрико-нейросетевой защиты информации.....	28
<i>Мукажанов Н.К., Кисапов А. М., Мусатирова Г.Д.</i> Исследования по распознаванию образов пространственных объектов.....	35
<i>Найзабеков А.Б., Волокитина И.Е.</i> Исследование влияния круп на эволюцию микроструктуры меди.....	41
<i>Цекич Н.</i> Комплексное проектирование в современной экологической городской архитектуре.....	48
<i>Ожикенев К.А., Рахметова П.М., Ожикен А.К.</i> Адаптивная стабилизация динамических процессов в системе управления манипуляционным роботом.....	59
<i>Ракишев Б.Р., Прокопенко В.И., Череп А.Ю., Ковров А.С.</i> Особенности горнотехнической рекультивации нарушенных земель при разработке группы карьеров	66
Аграрные науки	
<i>Баймуканов Д. А., Баймуканов А., Юлдашбаев Ю. А., Исхан К., Алиханов О., Дошанов Д.</i> Продуктивность верблюдов дромедаров казахского типа F ₄	74
Химия	
<i>Суербаяв Х.А., Кудайбергенов Н.Ж., Елибай К.Б.</i> Карбонилирование терминальных олефинов монооксидом углерода и спиртами в присутствии фосфиновых комплексов палладия.....	85
Биология	
<i>Абайлдаев А.О., Неупокоева А.С., Рахымгожин М.Б., Ходаева А.С., Ботбаев Д.М., Аширбеков Е.Е., Куланбаев Е.М., Хансеитова А.К., Балмуханов Т.С., Айтхожина Н.А.</i> Ассоциация вариабельности в гене <i>LSP1U</i> пациентов с диагнозом рак молочной железы в популяциях казахстана.....	108
Общественные науки	
<i>Кишибекова Г. К., Омарханова Ж. М.</i> Финансовое обеспечение развития сельского хозяйства республики Казахстан.....	115
<i>Абдулина Г.А., Сейтхамзина Г. Ж.</i> Проблемы социального развития современных компаний.....	126
<i>Абылкасимова Ж.А., Алибаева М.М., Орынбекова Г.А., Ракишев А.А.</i> Экономическая интеграция субъектов агропромышленного комплекса Казахстана в современных условиях.....	136
<i>Азатбек Т.А., Байтенизов Д.Т.</i> Самозанятость в системе научного знания.....	142
<i>Аюпова З.К., Кусаинов Д.У.</i> Правовая политика республики Казахстан как важный механизм укрепления государственности.....	150
<i>Рамазанов А.А., Кажмуратова А.К., Тымбаева Ж.М.</i> Экономическое измерение нефтяного рынка Республики Казахстан	157
<i>Сембиева Л.М., Бекбенбетова Б.Б., Бейсенова Л.З.</i> Проблемы и перспективы развития кредитной системы Казахстана в рамках ЕАЭС.....	167
<i>Удербаяева С.К.</i> Отражение истории кочевых народов Центральной Азии в «Трудах» Оренбургской ученой архивной комиссии.....	177
<i>Болтаева А.А.</i> Роль государства в реализации социальной ответственности бизнеса.....	189

CONTENT

Technical sciences	
<i>Azamatov B.N., Ozhikenov K.A., Azamatova Zh. K.</i> ACS of the set of hydrocyclones with a variable geometry in the system of HAR TPP	5
Social Sciences	
<i>Kaldybay K.K., Pazylova K.A.</i> Socio-psychological analysis of the concept of aggression.....	14
Technical sciences	
<i>Sakhmetova G.E., Brener A.M., Kaldybaeva B.M., Abilmagzhanov A.Zh.</i> "Regime aspects of the scale -up problem while designing installations for biogas production	21
<i>Akhmetov B.S., Kartbayev T.S., Doszhanova A.A.</i> Methods of counteraction to means of biometric-neural network protection of information.....	28
<i>Mukazhanov N.K., Kisapov A.M., Musapirova G.D.</i> Studies on the recognition of images of spatial objects.....	35
<i>Nayzabekov A.B., Volokitina I.E.</i> Research of the influence of the ecap on the evolution of the microstructure of copper.....	41
<i>Cekic N.</i> Integrated design in contemporary ecological urban architecture.....	48
<i>Ozhikenov K.A., Rakhmetova P.M., Ozhiken A.K.</i> Adaptive stabilization of dynamic processes in the control system of a manipulation robot.....	59
<i>Rakishev B., Prokopenko V., Cherep A., Kovrov A.</i> Features of mining-technical recultivation of disturbed lands during development of mines.....	66
Agricultural science	
<i>Baimukanov D.A., Baimukanov A., Yuldashbaev Yu. A., Ishan K., Alikhanov O., Doshanov D.</i> Productivity of the camelsdromedary of kazakh type F ₄	74
Chemistry	
<i>Suerbaev Kh.A., Kudaibergenov N.Zh., Yelibay K.B.</i> Carbonylation of terminal olefines by carbon monoxide and alcohols in the presence of palladium phosphin complexes.....	85
Biology	
<i>Abaildayev A.O., Neupokoeva A.S., Rahymgozhin M.B., Khodayeva A.Y., Botbayev D.M., Ashirbekov Y.Y., Kulanbayev E.M., Khanseitova A.K., Balmuhanov T.S., Aitkhozhina N.A.</i> Association of variability of <i>ISP1</i> gene in patients with breast cancer from populations of Kazakhstan	108
Social Sciences	
<i>Kishibekova G. K., Omarkhanova Zh. M.</i> Financial security of development of agriculture of the republic of Kazakhstan.....	115
<i>Abdulina G.A., Seitkhamzina G.Zh.</i> Problems of social development of modern companies.....	126
<i>Abylkassimova Zh., Alibaeva M., Orynbekeva G., Rakishev A.</i> Economic integration of subjects of the agro-industrial complex of Kazakhstan in modern conditions.....	136
<i>Azatbek T.A., Baitenizov D.T.</i> Self-employment in the system of scientific knowledge.....	142
<i>Ayupova Z.K., Kussainov D.U.</i> Legal policy of the republic of Kazakhstan as important mechanism of strengthening of statehood.....	150
<i>Ramazanov A., Kazhuratova A., Tymbaeva Zh.</i> Economic measurement of the oil market of the Republic of Kazakhstan.....	157
<i>Sembiyeva L.M., Bekbenbetova B.B., Beisenova L.Z.</i> Problems and prospects for the development of the credit system of Kazakhstan within the framework of the EEU.....	167
<i>Uderbaeva C.K.</i> Reflection of the history of the nomadic peoples of Central Asia in the "Proceedings" of the Orenburg archival scientific commission.....	177
<i>Boltaeva A.A.</i> The role of the state in the implementation of social responsibility of business.....	189

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

<http://www.reports-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т.А. Апендиев*
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 15.08.2017.

Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
12,3 п.л. Тираж 2000. Заказ 4.