

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
ООО «Объединённая компания Сибшахтострой»
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс»
ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»
Кузбасский научный центр СО АИН им. А.М. Прохорова**

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2021**

**ТРУДЫ XIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
(с международным участием)**

2 – 3 декабря 2021 г.

**Новокузнецк
2021**

УДК 658.011.56
С 409

Редакционная коллегия

д.т.н., профессор Н.А. Козырев, д.т.н., профессор С.М. Кулаков,
д.т.н., профессор Л.П. Мышляев, к.т.н. О.В. Михайлова,
к.т.н., доцент В.А. Кубарев

С 409 Системы автоматизации (в образовании, науке и производстве) :
AS'2021 : труды XIII Всероссийской научно-практической
конференции (с международным участием) 2 – 3 декабря 2021 г. /
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации ,
Сибирский государственный индустриальный университет ; под общей
ред. : С. М. Кулакова, Л. П. Мышляева. – Новокузнецк : Издательский
центр СибГИУ, 2021. - 417 с. : ил.

ISBN 978-5-7806-0583-6

Труды конференции посвящены научным и практическим вопро-
сам автоматизации управления технологическими процессами и пред-
приятиями, социально-экономическими системами, образованием и ис-
следованиями. Представлены результаты исследования, разработки и
внедрения методического, математического, программного, техниче-
ского и организационного обеспечения систем автоматизации и инфор-
мационно-управляющих систем в различных сферах деятельности.

Сборник трудов ориентирован на широкий круг исследователей,
научных работников, инженерно-технический персонал предприятий и
научно-исследовательских лабораторий, преподавателей вузов, аспиран-
тов и студентов.

УДК 658.011.56

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
ООО «Объединённая компания «Сибшахтострой» (г. Новокузнецк)
ООО «Научно-исследовательский центр систем управления» (г. Новокузнецк)
ООО «ЕвразТехника» (г. Новокузнецк)
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс» (г. Кемерово)
Журналы: «Известия вузов. Чёрная металлургия» (г. Москва, Новокузнецк),
«Вестник СибГИУ» (г. Новокузнецк)

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2021

тельности, а также задачей тренировки студентов на данном комплексе и исследований протекающего процесса на объекте. В дальнейшем на примере данного комплекса студенты смогут изучать: системы управления, контроля и регулирования, технические средства автоматизации и принцип их работы, проектирование систем автоматизации, монтаж, программирование контроллеров.

Библиографический список

1. Погода в шахте: сайт. – URL: <https://coal-liza.livejournal.com/38015.html> (дата обращения: 10.11.2021). – Текст: электронный.
2. Байпас // Википедия. [2021]. Дата обновления: 24.02.2021. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=2516412&oldid=112590113> (дата обращения: 10.11.2021).
3. Радиатор // Википедия. [2021]. Дата обновления: 08.09.2021. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=120070&oldid=116531222> (дата обращения: 10.11.2021).
4. Циркуляция // Википедия. [2013]. Дата обновления: 14.03.2013. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=1264151&oldid=53536543> (дата обращения: 10.11.2021).
5. Вентилятор // Википедия. [2021]. Дата обновления: 16.09.2021. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=42197&oldid=116675028> (дата обращения: 10.11.2021).
6. Центробежный насос // Википедия. [2021]. Дата обновления: 30.04.2021. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=474300&oldid=113918880> (дата обращения: 10.11.2021).
7. Регулирование // Викисловарь. [2018 – 2018]. Дата обновления: 01.02.2018. URL: <https://ru.wiktionary.org/w/index.php?title=%D1%80%D0%B5%D0%B3%D1%83%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5&oldid=9612773> (дата обращения: 10.11.2021).
8. Контроль // Википедия. [2021]. Дата обновления: 07.07.2021. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=3464563&oldid=115340273> (дата обращения: 10.11.2021).
9. Канальный нагреватель // Википедия. [2021]. Дата обновления: 24.07.2021. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=2677965&oldid=115643226> (дата обращения: 10.11.2021).

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ КОВКИ МОДЕЛЬНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ-КРЕМНИЙ

Прудников А.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецк, Россия, a.prudnikov@mail.ru*

Аннотация. Оптимизация режимов модельных сплавов является важным фактором повышения механических свойств сплавов системы алюминий – кремний и позволяет провести деформацию высококремнистых силуминов. Статья рассматривает новые подходы к ковке и термической обработке заэвтектических сплавов, что актуально для производств цветной металлургии.

Ключевые слова: заэвтектический силумин, модельный сплав, ковка, отжиг, оптимизация.

Abstract. Optimization of the modes of model alloys is an important factor in improving the mechanical properties of alloys of the aluminum - silicon system and allows deformation of high-silicon silumins. The article considers new approaches to forging and heat treatment of hypereutectic alloys, which is important for nonferrous metallurgy industries.

Keywords: hypereutectic silumin, model alloy, forging, annealing, optimization.

Введение

Заэвтектические алюминий-кремниевые сплавы (силумины) обладают уникальным комплексом физико-механических свойств, в частности малым удельным весом, низ-

ким температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР), хорошей теплопроводностью, износостойкостью, твердостью, удовлетворительными характеристиками прочности, а также невысокой стоимостью по сравнению с другими алюминиевыми сплавами. Это делает их незаменимым материалом для изготовления ряда деталей специального назначения, например, поршней двигателей внутреннего сгорания, деталей, требующих малых значений ТКЛР для аэрокосмической, приборной и электровакуумной техники. До настоящего времени в промышленности детали и заготовки из заэвтектических алюминиево-кремниевых сплавов получают методом литья. Использование технологий обработки давлением для заэвтектических силуминов не представляется возможным в связи с их низкой пластичностью, которая обусловлена наличием в их структуре крупных кристаллов первичного кремния (КПК). Достигнутый уровень измельчения КПК за счет использования модифицирования заэвтектических силуминов соединениями фосфора, из которых наиболее часто в промышленности используется фосфористая медь (МФ-1), по-прежнему не позволяет качественно (радикально) изменить сложившуюся ситуацию к лучшему. В последние десятилетия появились работы [1-3], посвященные установлению связи химического состава заэвтектических силуминов с ресурсом пластичности и с энергосиловыми и термостойкими параметрами процесса горячего прессования, осуществляемого различными способами, и поперечно-винтовой прокатки. Однако работ такой направленности в области заэвтектических силуминов выполнено недостаточно. Кроме того, во многих металлах и сплавах, в том числе алюминиевых, обязательно присутствует водород, который составляет 60–90 % от общего объема содержащихся газов [4]. Водород попадает в сплавы с шихтовыми материалами, за счет адсорбции его расплавом из печной атмосферы и при разливке жидкого металла. На основе анализа работ, посвященных распаду пересыщенных водородом твердых растворов в деформируемых алюминиевых сплавах, показано, что скорости перемещения водорода при повышенных температурах настолько велики, что необходимо считаться с возможностью взаимодействия металла с водородом в процессах деформации при получении полуфабрикатов из алюминиевых сплавов [5]. Однако сведения, приводимые в литературе, в основном носят отрывочный характер и, в подавляющем большинстве, не учитывают связь содержания водорода со структурой и механическими свойствами при деформации заэвтектических силуминов.

В связи с вышеизложенным, представляют интерес исследования, посвященные комплексному воздействию отжига и термоциклическойковки на микроструктуру, содержание водорода и механические свойства заэвтектических силуминов с содержанием кремния 15÷30 % (вес.), модифицированных промышленным способом (добавкой фосфористой меди).

1. Материалы и методы исследования

Для исследований были приготовлены бинарные заэвтектические силумины, содержащие 15, 20, 25 и 30 % (вес.) кремния. Сплавы готовили в электрической печи сопротивления с карбидо-кремниевыми нагревателями в тигле из нержавеющей стали, окрашенном огнеупорным составом на основе оксида цинка и мела. В качестве шихты использовали технически чистые алюминий А6 и кремний Кр0. После приготовления расплава проводили его модифицирование фосфористой медью МФ-1 (среднее содержание фосфора 10 %) в количестве 0,1 % от веса расплава для всех исследуемых составов силуминов. При введении в расплав такого количества фосфористой меди в сплаве содержится 0,008÷0,011 % модифицирующего реагента фосфора. Для определения содержания кремния и фосфора использовали эмиссионный спектрометр ARL 4460. Расплав заливали в алюминиевую форму квадратного сечения со стороной 80 мм и высотой 250 мм. Вес слитка составлял $4,3 \pm 0,05$ кг. Для изготовления заготовок под деформацию от слитка отрезали прибыльную часть (темплет высотой 50 мм) и донную часть (темплет высотой 15 мм). Вес заготовки равнялся $3,2 \pm 0,05$ кг. Заготовки перед ковкой подвергали гомогенизирующему отжигу при температуре 500 ± 10 °С в течение 2 часов. Термоциклическую ковку осуществляли по схеме протяжки с кантовкой плоскими бойками прямоугольных

заготовок на пневматическом молоте МВ 412 с номинальной массой падающих частей 150 кг. Эффективная кинетическая энергия падающих частей при ударе составляла не менее 2,5 кДж, а скорость в момент удара 5,6 м/с. Сплав, содержащий 15 % Si, обладает достаточной пластичностью, поэтому заготовки из этого сплава были прокованы на пруток сечением 15 × 15 мм (коэффициент уковки K=28) без промежуточных отжигов. Заготовки из сплавов с 20 и 30 % Si проковывали в горячую за 3–5 циклов в зависимости от содержания кремния. Между циклами ковки проводили промежуточные отжиги для заготовок из сплавов с 20 и 25 % Si при 500±10 °С в течение 1 часа, для заготовок из сплава с 30 % Si при 540±10 °С в течение 1,5 часа. Конечным сечением поковок из всех сплавов является квадрат со стороной 15 мм. Общий коэффициент уковки определяли по формуле

$$K_{\text{общ}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_n,$$

где K₁, K₂, K₃, ..., K_n – коэффициенты уковки для каждого цикла деформации.

Коэффициенты уковки для каждого цикла рассчитывали, как:

$$K = F_0 / F_k$$

где F₀, F_k – исходная и конечная площадь поперечного сечения заготовок

Величина общего коэффициента уковки составляла 28 для поковок из всех исследуемых сплавов. Причем степени деформации заготовки за первый удар составляла 3 %, так как деформация менее 2 % за первый удар локализуется только в поверхностных слоях металла. После завершения последнего цикла ковки прутки отжигали при 520±10 °С в течение 2 часов.

Для исследования микроструктуры сплавов и определения объемных долей структурных составляющих использовали оптический структурный анализатор «EPIQUANT» фирмы «Karl Zeiss» Jena.

Механические характеристики поковок определяли испытаниями на статическое растяжение в соответствии с ГОСТ 1497-84 на цилиндрических пятикратных образцах с диаметром рабочей части 6 мм на машине «Instron 3369». Для измерения микротвердости структурных составляющих сплавов использовали прибор ПМТ-5.

Рентгеноструктурный анализ проводили с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН-3,0 в кобальтовом K α -излучении с длиной волны $\lambda = 0,1790$ нм. Для расчета параметра решетки α -твердого раствора алюминия использовали линию (331) α с поправками на преломление и поглощение.

Содержание водорода определяли методом нагрева образцов диаметром 8 мм и длиной 45 мм в токе инертного газа-носителя (аргон) на газоанализаторе В-1.

2. Результаты и их обсуждение

Структура и содержание водорода

Результаты исследования содержания водорода в литых, отожженных и термоциклически прокованных заготовках, а также подвергнутых постдеформационному отжигу из заэвтектических силуминов, содержащих 15÷30 % Si. Из полученных результатов видно, что отжиг литых заготовок при 500 °С в течение 2 часов незначительно снижает количество водорода в заэвтектических силуминах. Однако горячая термоциклическая ковка отожженных заготовок совместно с промежуточными отжигами (500 °С, 1 ч) резко увеличивает количество экстрагированного из них водорода. Причем, в поковках с большим содержанием кремния это увеличение значительнее, чем для прутков, изготовленных из силуминов с меньшим количеством кремния. Так, если в заготовках из сплава Al - 15% Si термоциклическая ковка увеличивает содержание водорода от 0,4 до 1,2 см³/100 г, то для сплава Al - 20% Si она повышает его количество от 0,6 до 3,5 см³/100 г. Отжиг кованных заготовок при 520 °С в течение 2 часов дегазирует их до уровня 0,5÷0,8 см³/100 г.

В литературе имеются сведения о том, что в алюминиевых сплавах со структурой твердого раствора после горячей пластической деформации содержание водорода уменьшается [6]. Однако для объяснения полученных результатов необходимо учитывать наличие в

структуре заэвтектических силуминов не только α -твердого раствора алюминия, но и фазы β -Si, которая представлена кристаллами первичного кремния (КПК) и эвтектикой (Al+Si). В заэвтектических силуминах большая часть водорода методом вакуумной экстракции не определяется, так как он находится не только в твердом растворе на основе алюминия, но и растворен в выделениях фазы β -Si и связан на межфазных границах [5,7]. Увеличение экстрагированного количества водорода в 3–5 раз после термоциклическойковки заготовок по сравнению с отожженным состоянием, видимо, связано с его перераспределением внутри металла. При деформации заэвтектических силуминов за каждый циклковки под действием повышенных температур и напряжений, возникающих в металле, часть водорода, растворенного в выделениях фазы β -Si и сегрегированного на межфазных границах, переходит в матричный твердый раствор алюминия. Этот процесс вызывает резкое увеличение экстрагированного количества водорода в деформированном силумине. В то же время при горячей деформации протекает процесс дегазации, то есть выхода водорода из твердого раствора алюминия в атмосферу. По-видимому, соотношение интенсивностей протекания этих процессов и определяет содержание водорода в заготовке после ее деформации.

С увеличением содержания кремния в исследуемых силуминах от 15 до 30 % в их структуре увеличивается объемная доля кристаллов первичного и эвтектического кремния и, следовательно, возрастает количество водорода, связанного в них. Такое положение при ковке отожженных сплавов приводит к более интенсивному росту содержания экстрагированного водорода в деформированных заготовках, имеющих в своем составе большее количество кремния. Для силуминов с содержанием кремния 25 и 30 % уже при небольших степенях деформации, соответствующих коэффициенту уковки $K=1,3\div 1,7$ (первая ковка), содержание водорода в твердом растворе возрастает в 2–3 раза и составляет 1,1 и 1,5 см³/100 г соответственно.

Комплексное воздействие отжигов и термоциклическойковки на заготовки из заэвтектических силуминов приводит существенным изменениям в их структуре. Можно констатировать, что термоциклическая ковка совместно с отжигами заготовок из сплава Al-20 % Si приводит к измельчению в их структуре КПК, сфероидизации, а после постдеформационного отжига и коагуляции выделений кремния в эвтектике, а также к значительному увеличению количества α -твердого раствора. С увеличением общего коэффициента уковки усиливается строчечное распределение как первичных, так и эвтектических выделений кремния в структуре поковок. Причем, в их центральной зоне формируется структура с минимальным количеством КПК и более мелкой глобулированной эвтектикой, чем в остальных зонах, что объясняется наличием максимальных деформаций в этой зоне при данной схемековки (протяжка с кантовкой). Использование промежуточных и постдеформационного отжигов уменьшает структурные различия между зонами поковок из заэвтектических силуминов. Аналогичная тенденция изменений структуры после термоциклическойковки и отжигов сохраняется для других исследуемых составов заэвтектических силуминов.

Полученные данные подтверждают возможность измельчения КПК в структуре заготовок из заэвтектических силуминов после их гомогенизирующего отжига, термоциклическойковки и промежуточных отжигов. Причем, средний размер КПК уменьшается тем значительнее, чем больше общий коэффициент уковки заготовок. Так, если для сплава с 20 % кремния средний размер КПК в структуре отожженной заготовки составляет 118 мкм, а после второйковки (Кобщ.=4,1) размер кристаллов уменьшается до 105 мкм, то уже после третьейковки (Кобщ.=28) он составляет около 50 мкм. С увеличением содержания кремния в силуминах до 30 % степень измельчения КПК несколько снижается при тех же коэффициентах уковки. В то же время на основе диаграмм изменения объемных долей структурных составляющих для заэвтектических силуминов в различных состояниях, можно сделать вывод о том, что термоциклическая ковка с промежуточными отжигами увеличивает в структуре заготовок объемную долю α -твердого раствора, уменьшая при этом количество эвтектики (Al+Si). Доля α -твердого раствора после термоциклическойковки увеличивается в 2–2,8 раза по сравнению с гомогенизированным со-

стоянием заготовок. Так, термоциклическая ковка заготовок из сплава Al - 20% Si (Кобщ.=28) увеличивает объемную долю α -твердого раствора от 15,0 % до 41,7 % при уменьшении количества эвтектики от 62,4 % до 40,0 %. При этом снижение объемной доли КПК В структуре заготовок составляет $2 \div 4$ %, что находится в пределах ошибки измерения. Постдеформационный отжиг при 520 °С в течение 2 ч приводит только к коагуляции эвтектического кремния в структуре заготовок. Изменения объемных долей структурных составляющих в заэвтектических силуминах после комплексного воздействия отжигов и термоциклическойковки можно связать с процессами растворения β -Si в α -твердом растворе, а также сфероидизации и коагуляции эвтектического кремния, происходящих под действием повышенных температур и напряжений.

Указанные изменения, происходящие в микроструктуре заэвтектических силуминов при совместном воздействии отжигов и термоциклическойковки, определяются величиной общего коэффициента уковки и позволяют говорить о растворении части кремния в α -твердом растворе алюминия. Рентгеноструктурный анализ образцов, вырезанных из силуминовых поковок, показал, что после гомогенизирующего отжига и термоциклическойковки с промежуточными отжигами происходит некоторое уменьшение параметра решетки α -твердого раствора алюминия. Такое уменьшение параметра решетки α -твердого раствора в заэвтектических силуминах можно объяснить одновременным протеканием нескольких процессов, идущих при горячей деформации. Прежде всего, происходит растворение части кремния в алюминиевой матрице, тем самым уменьшая параметр ее кристаллической решетки. Это уменьшение связано с тем, что кремний образует в алюминии твердый раствор замещения, а его радиус атома меньше, чем у атома основы. Наряду с этим, при разложении кристаллов кремния под действием температуры и напряжений, возникающих при деформации, происходит выделение водорода, растворенного в них и находящегося на межфазных границах, в твердый раствор и последующий его выход из решетки алюминия в атмосферу. Если переход водорода в α -твердый раствор алюминия увеличивает параметр решетки последнего, то удаление его в атмосферу оказывает противоположное действие. Данные по микротвердости α -твердого раствора алюминия для силуминов с содержанием кремния 15÷30 % подтвердили возможность его упрочнения за счет растворения в нем части кремния в процессе деформации сплавов. Для заэвтектических силуминов упрочнение твердого раствора после деформации составило $8 \div 17$ %.

Свойства

Результаты определения механических характеристик при растяжении образцов, изготовленных из литых и деформированных силуминов, приведены на рисунке 1.

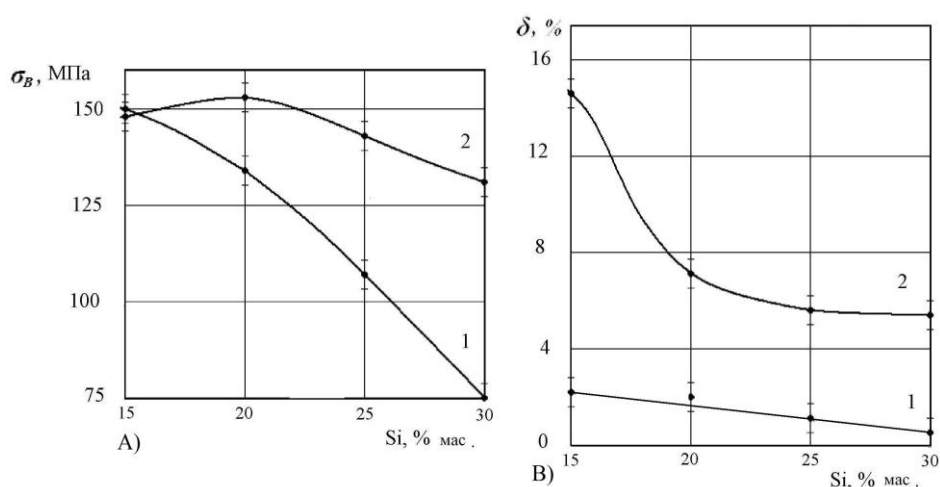


Рисунок 1 – Влияние гомогенизирующего отжига (500°С, 2 ч) и термоциклическойковки (Кобщ.=28) на временное сопротивление разрыву (а) и относительное удлинение (б) заготовок из силуминов, содержащих 15÷30% Si, 1 – литое состояние; 2 – после отжига и термоциклическойковки с промежуточными отжигами

Можно отметить, что горячая деформация оказывает положительное влияние на механические свойства, особенно на пластичность силуминов. Причиной такого повышения является улучшение структуры при деформации, прежде всего, измельчение и сфероидизация КПК и эвтектических выделений. Так, поковки, полученные из силуминов с содержанием кремния 20÷30 % (с общим коэффициентом уковки равным 28), имеют временное сопротивление разрыву на 15-75 % выше, чем сплавы в литом состоянии. Отсутствие прироста прочности для поковок, содержащих 15 % кремния, объясняется влиянием динамической рекристаллизации, протекающей при температуре горячей деформации, и промежуточных отжигов, снижающих эффект наклепа и измельчения КПК. Следует отметить, что в сплаве с 15 % кремния доля КПК невелика и вклад их измельчения в характеристики прочности минимален по сравнению с другими исследуемыми силуминами. Относительное удлинение поковок из всех исследуемых силуминов возрастает от 0,6÷4,8 % до 5,3÷17 % по сравнению с литым состоянием. В связи с устранением макро- и микропористости, а также уменьшением общего газосодержания в деформированном металле удельный вес поковок из заэвтектических силуминов после совместного воздействия отжигов и термоциклическойковки увеличивается. Так, после гомогенизирующего отжига при 500 °С, 2 ч и горячейковки (Кобщ.=28) удельный вес сплава Al-15% Si возрастает от 2622,4 до 2634,0 кг/м³, а для силумина с 20 % кремния после отжига и термоциклическойковки (Кобщ.=28) с промежуточными отжигами (500°С, 1 ч) увеличивается от 2601,9 до 2614,7 кг/м³.

Выводы:

1. Установлено, что деформация высококремнистых силуминов приводит к увеличению определяемого вакуумной экстракцией количества водорода, что объясняется его перераспределением из β-кремния в α-твердый раствор.
2. Количественный микроструктурный анализ сплавов показал, что горячая деформация заэвтектических силуминов приводит к измельчению и сфероидизации КПК и эвтектики. При этом объемная доля твердого раствора в структуре горячедеформированных сплавов возрастает, а доля β-кремния уменьшается.
3. Указанные изменения структуры, происходящие при горячей деформации силуминов, обеспечивают значительное повышение их уровня механических характеристик, что открывает перспективы использования этих сплавов в деформированном состоянии.

Библиографический список

1. Елисеев А.Н., Щерба В.Н. Эскин Г.И., Пименов Ю.П. Особенности горячего прессования заэвтектических силуминов//Изв. ВУЗов. Цветная металлургия. 1996. №4. С. 25–29.
2. Эскин Г.И., Артес А. ЕЭ., Панов Е.И. и др. Исследование технологии изготовления деформированных полуфабрикатов из заэвтектических силумина 01392 с использованием поперечно-винтовой прокатки // Технология легких сплавов. 2008. №1. С. 83–89.
3. Эскин Г.И., Бочвар С.Г., Ялфимов В.И. Новые тенденции в технологии литья и деформирования заэвтектических силуминов // Металлургия машиностроения. 2009. №4. С. 21–24.
4. Газы в цветных металлах и сплавах. Чернега Д.Ф., Бялик С.М., Иванчук Д.Ф. и др. М.: Металлургия, 1982. 176 с.
5. Газы и окислы в алюминиевых деформируемых сплавах. Добаткин В.И., Габидуллин Р.М., Колачев Б.А. и др. М.: Металлургия, 1976. 264 с.
6. Гельд П.В. Рябов Р.А. Водород в металлах и сплавах. М.: Металлургия, 1974. 272 с.
7. Чернега Д.Ф. Массоперенос водорода в алюминии и сплавах на его основе /. Водородная экономика и водородная обработка материалов Донецк, Украина 21-25 мая .2007: Сб. трудов V межд. конф., Донецк: изд-во ДонНГУ, 2007. т. 2. С. 651–654.

ИТЕРАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЯ И АЛГОРИТМ РАБОТЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СИСТЕМЫ, КАК КОМПОНЕНТЫ «УМНОГО ДОМА»	
Гусев С.С.	202
РАЗРАБОТКА АСУТП ВОДОСБРОСОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	
Темнохудов Д.Р., Куликов Е.С., Сазонова Г.А.	209
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОГРАММНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОЧНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ	
Исаев Э.В., Михайлова О.В.	214
ПОСТРОЕНИЕ АСУТП НА БАЗЕ КОНЦЕПЦИИ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ	
Куликов Е.С., Сазонова Г.А., Темнохудов Д.Р.	220
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ РИСКАМИ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ	
Сергушин К. В.	224
РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА ШАХТНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ	
Прищепа Я.И.	228
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ КОВКИ МОДЕЛЬНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ-КРЕМНИЙ	
Прудников А.Н.	232
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЯ ПРИ НАСТУПЛЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ	
Гусев С.С.	238
СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ В ЭЛЕКТРОННО- ЛУЧЕВОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ПЛАВКИ ОСОБОЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ	
Авдеев М.К., Девярых Е.А.	246
СЕКЦИЯ 3 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ УЧЕБНОГО И СОЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	251
ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ РАСПИСАНИЙ	
Клеванский Н.Н., Красников А.А., Петрова Т.Ю.	253
ИНТЕРАКТИВНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ МОДУЛИ ДЛЯ ПОРТАЛА НЕПРЕРЫВНОГО МЕДИЦИНСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ	
Жилина Н.М., Чеченин Г.И., Власенко А.Е., Сизикова И.Л., Климантова И.П., Захарова Е.В., Якушева О.Н.	260
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА SCHNEIDER ELECTRIC	
Кубарев В.А., Аврангшоев А.Б., Кучик М.М., Сарсембин А.О., Галлямова О.Р.	263