

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Сибирский государственный индустриальный университет

*Посвящается 90-летию Сибирского
государственного индустриального университета*

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
«Металлургия – 2019»**

23 – 24 октября 2019 г.

*Труды
XXI Международной научно-практической конференции
Часть 2*

**Новокузнецк
2019**

УДК 669(06)+658.012.056(06)
М 540

Редакционная коллегия
академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор М.В. Темлянцев, д.т.н., профессор Г.В. Галевский,
д.т.н., профессор Н.А. Козырев, д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский,
к.т.н., доцент С.Г. Коротков

М 540 Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XXI Международной
научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 2 / под ред. Е.В. Протопопова;
Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – 463 с. : ил.

ISSN 2542-1670

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и
технологии производства, обработки и сварки металлов, энергоресурсосбережения,
рециклинга и экологии в металлургии.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Администрация Кемеровской области
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
АО «ЕВРАЗ ЗСМК»
АО «Русал Новокузнецк»
АО «Кузнецкие ферросплавы»
ОАО «Черметинформация»
Издательство Сибирского отделения РАН
Журнал «Известия вузов. Черная металлургия»
Журнал «Вестник СибГИУ»
Журнал «IOP conference series: materials science and engineering»
АО «Кузбасский технопарк»
Западно – Сибирское отделение Российской Академии естественных наук
Совет молодых ученых Кузбасса

ISSN 2542-1670

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2019

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИДА НИКЕЛЯ, ЛЕГИРОВАННОГО ЦИРКОНИЕМ, ПОЛУЧЕННОГО SPS-МЕТОДОМ <i>Немолочнов Д.А., Шевицова Л.И., Скороход К.А., Зимоглядова Т.А., Черкасова Н.Ю.</i>	200
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЕРВИЧНЫХ ЛИТЕЙНЫХ СИЛУМИНОВ <i>Немчинова Н.В., Кузьмин М.П., Тимофеев А.А.</i>	205
ИНСТРУМЕНТ ИЗ ДОМЕНННОГО ЧУГУНА БЕЗ ВЫДЕЛЕНИЙ ГРАФИТА <i>Афанасьев В.К., Попова М.В., Сагалакова М.М., Черныш А.П.</i>	209
ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ, ОТЖИГ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ 10 <i>Прудников А.Н., Прудников В.А.</i>	214
ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ АСУ КАЧЕСТВОМ ОТЛИВОК <i>Князев С.В., Усольцев А.А., Скопич Д.В., Соколов Б.М., Ознобихина Н.В.</i>	220
КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ БЕЛОГО НЕЛЕГИРОВАННОГО ДОМЕНННОГО ЧУГУНА <i>Афанасьев В.К., Попова М.В., Черныш А.П., Сагалакова М.М., Прудников А.Н.</i>	224
ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ И ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ AL-SI-CU <i>Афанасьев В. К., Попова М.В., Малюх М.А.</i>	228
ОБРАБОТКА СТАЛИ НАНОСЕКУНДНЫМИ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ <i>Ноздрина О.В., Мельников А.Г., Зыков И.Ю., Ципилев В.П.</i>	235
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ2.18 С ПРАЗЕОДИМОМ <i>Эсанов Н.Р., Ганиев И.Н., Хакимов А.Х.¹, Иброхимов Н.Ф.</i>	240
ВЛИЯНИИ ДОБАВОК СВИНЦА НА КИНЕТИКУ ОКИСЛЕНИЯ СПЛАВА АЖ4.5, В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ <i>Ганиев И.Н., Сафаров А.Г., Одинаев Ф.Р., Якубов У.Ш.¹, Ганиева Н.И.</i>	245
ВЛИЯНИИ ДОБАВОК ИТТРИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМКОСТИ И ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ МАРОК АМГ2, АМГ3 И АМГ4	250
<i>Ганиев И.Н., Норова М.Т., Иброхимов Н.Ф., Иброхимов С.Ж.</i>	250
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ СПЛАВОВ СВИНЦА С БЕРИЛЛИЕМ, МАГНИЕМ И АЛЮМИНИЕМ <i>Ганиев И.Н., Умаров М.А., Махмадуллозода Х., Муллоева Н.М.</i>	255
КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ5К10 С КАЛЬЦИЕМ <i>Якубов У.Ш., Ганиев И.Н., Хакимов А.Х., Ганиева Н.И., Джайлоев Дж.Х.</i>	260
КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ СВИНЦОВОГО СПЛАВА ССУЗ С КАЛЬЦИЕМ, В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ <i>Ганиев И.Н., Ниезов О.Х., Муллоева Н.М., Якубов У.Ш.</i>	265
СЕКЦИЯ 3: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ, ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ	271
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА В НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ <i>Ширяева Л.С., Галевский Г.В., Саркенов Б.Б., Гладких И.В.</i>	271
КЛАССИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПРОИЗВОДСТВА И СФЕР ПРИМЕНЕНИЯ ПОРОШКА МОЛИБДЕНА <i>Ширяева Л.С., Галевский Г.В., Саркенов Б.Б., Гладких И.В.</i>	276
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ <i>Ким К.К., Иванов С.Н.</i>	280
ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО РАЗРЯДА ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ ПОЛУЧЕНИИ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА НИКЕЛЯ <i>Ким С.В., Байкенов М.И., Ибишев К.С.</i>	287
О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ТУГОПЛАВКИХ БЕСКИСЛОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СИСТЕМАХ В ₄ C-MEВ ₂ (ME = TI, V, CR, ZR) <i>Гудыма Т.С., Крутский Ю.Л., Уваров Н.Ф., Крутская Т.М., Дубровская М.В., Саломатина А.А.</i>	290
ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БРОНЗОВЫХ ПОКРЫТИЙ, НАНЕСЕННЫХ НА КОНСТРУКЦИОННУЮ СТАЛЬ ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ ЛЕГИРОВАНИЕМ <i>Куксёнова Л.И., Козлов Д.А.</i>	294

2018. – Vol. 61. – Nos. 11–12. – P. 1016–1022. DOI: 10.1007/s11015-018-0601-6

5. Mann V., Buzunov V., Pitertsev N., Chesnyak V., Polyakov P. Reduction in Power Consumption at UC RUSAL's Smelters 2012–2014 // Light Metals. – 2015. – P. 757–762. DOI: 10.1007/978-3-319-48248-4_128.

6. Виноградов А.М., Пинаев А.А., Виноградов Д.А., Пузин А.В., Шадрин В.Г., Зорько Н.В., Сомов В.В. Повышение эффективности укрытия электролизеров Содерберга // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. – 2017. – № 1. – С. 19–30. DOI: <https://doi.org/10.17073/0021-3438-2017-1-19-30>

7. Бурдонов А.Е., Зелинская Е.В., Гавриленко Л.В., Гавриленко А.А. Изучение вещественного состава глиноземсодержащего материала алюминиевых электролизеров для использования в технологии первичного алюминия // Цветные металлы. – 2018. – № 3. – С. 32–38.

8. Зенкин Е.Ю., Гавриленко А.А., Немчинова Н.В. О переработке отходов производства первичного алюминия ОАО «РУСАЛ Братск» // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21, № 3. – С. 123–132. DOI: 10.21285/1814-3520-2017-3-123-132.

9. Кузьмин П.Б., Кузьмина М.Ю. О производстве чушек первичных силуминов, модифицированных стронцием // Литейное производство. – 2014. – № 8. – С. 2–5.

10. Kuz'min M.P., Kondratiev V.V., Larionov L.M., Kuz'mina M.Yu., Ivanchik N.N. Possibility of Preparing Alloys of the Al–Si System Using Amorphous Microsilica // Metallurgist. – 2017. – Vol.61, Issue 1–2. – P. 86–91. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11015-017-0458-0>

11. Зельберг Б.И., Рагозин Л.В., Баранцев А.Г., Ясевич О.И., Григорьев В.Г., Баранов А.Н. Справочник металлурга. Производство алюминия и сплавов на его основе. – 2-е изд. испр. и перераб. – СПб.: Изд-во МАНЭБ. – 2013. – 676 с.

12. Тимофеев А.А., Кузьмин М.П. Виды флюсов и технологии их производства // Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов: материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 24–26 апреля 2019 г.). – Иркутск, 2019. – С. 3–7.

УДК 669.13:621.753.5

ИНСТРУМЕНТ ИЗ ДОМЕННОГО ЧУГУНА БЕЗ ВЫДЕЛЕНИЙ ГРАФИТА

Афанасьев В.К.¹, Попова М.В.¹, Сагалакова М.М.², Черныш А.П.³

¹*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия, m.popova@rdtc.ru*

²*Хакасский технический институт-филиал ФГАОУ ВО СФУ,
г. Абакан, Россия*

³*Кемеровский научно-исследовательский институт-филиал СФНЦА РАН,
г. Кемерово, Россия*

Аннотация. Разработаны способы обработки расплава доменного чугуна, позволяющие предотвратить появление выделений графита в нем и, тем самым, получить нелегированный белый чугун с высокой твердостью. Проведены экспериментальные исследования по влиянию различных режимов обработки расплава и термической обработки на твердость доменного чугуна без выделений графита. Показано, что термообработанные резцы из этого чугуна имеют твердость 64–66 HRC, что позволяет обрабатывать древесину, древесностружечные композиции, низкоуглеродистые стали.

Ключевые слова: доменный чугун, графит, обработка расплава, термическая обработка, инструмент, микроструктура, твердость.

BLAST FURNACE IRON TOOL NO GRAPHITE EMISSIONS

Abstract. *Methods have been developed for processing the melt of blast furnace iron to prevent the release of graphite therein and thereby obtain unalloyed white iron with high hardness. Experimental studies were carried out on the effect of different melt and heat treatment modes on the hardness of blast iron without graphite release. It is shown that heat treated cutters from this cast iron have hardness of 64-66 HRC, which allows to treat wood, particle compositions, low-carbon steels.*

Keywords: *blast furnace iron, graphite, melt treatment, heat treatment, cutting tool, micro-structure, hardness.*

Выделения графита существенно влияют на свойства доменного чугуна [1]. Они значительно ухудшают прочность, жаропрочность, износостойкость, коррозионную стойкость, жаростойкость и другие специальные свойства. О возможности удаления графита из чугуновых отливок упоминалось еще в 1898 году А. Ледебуром. Использование фтор-, кислород- и углеродсодержащих веществ с целью обработки расплава чугунов. Эти вещества эффективны в составе модификаторов для измельчения структурных составляющих и, следовательно, улучшения их механических свойств. Для получения специального высококачественного железоуглеродистого сплава может применяться и термоциклическая обработка расплава [2, 3].

В условиях различных предприятий (ОАО «ЗСМК», Кузнецкий машиностроительный завод, Юргинский машиностроительный завод, ЗАО «Томский инструмент») были разработаны режимы высокотемпературной термоциклической обработки доменного чугуна [4, 5]. После такой обработки, при последующей кристаллизации с любой скоростью, графит в чугуне не образуется. Отливки из такого чугуна имеют следующие механические свойства: временное сопротивление $\sigma_B = 490$ МПа, предел текучести $\sigma_{0,2} = 408$ МПа, относительное удлинение $\delta = 0,7\%$, твердость 51-52 HRC.

В индукционных печах Кузнецкого машиностроительного завода была проведена дегазирующая термоциклическая обработка доменного чугуна производства ЗСМК. В отличие от обычного переплава чугун при следующем составе, масс. %: углерод 3,7; кремний 1,65; марганец 0,44; фосфор 0,085; сера 0,075 имеет ледебуритную структуру без выделений графита. Методом литья по выплавляемым моделям из него были получены ножи для наборных фрез размером 15×20×50 мм. Твердость ножей до термической обработки составляла 36-38 HRC. Литые ножи подвергались закалке с 500-1000 °С после выдержки 3-60 мин в проточную воду.

Чугун с ледебуритной структурой имеет низкую теплопроводность и на ножах, закаленных с 550-1100 °С, наблюдалось трещинообразование. Микроструктура после выдержки при нагреве в течение 3-5 мин практически не изменяется, однако твердость существенно возрастает. Наибольшие значения твердости определены у ножей для наборных фрез, закаленных с 800 °С, и составляют 65-67 HRC. Закалка с температур ниже 700 °С в меньшей степени повышает твердость. Для устранения закалочных трещин применялось охлаждение в масле. Твердость в этом случае повышалась до 52-55 HRC и сохранялась после отпуска при 250-400 °С.

Также была проведена обработка расплава комплексным модификатором (оксидом кремния и шлаком, получающимся при выплавке синтетического силумина) в количестве 0,5; 1,0; 1,5 и 2% от веса расплава. После обработки 0,5 и 1%-ным модификатором получены резцы различных размеров. В микроструктуре отливок в этом случае не обнаруживаются выделения графита, а химический состав получен следующий, масс. %: углерод 4,28; крем-

ний 0,35; марганец 0,45; фосфор 0,16; сера 0,031. Твердость литых резцов после обработки расплава составляла:

Количество модификатора, %	Переплав	0,5	1,0	1,5	2,0
HRC	51,0	53,5	51,0	44,0	42,0

После закалки с 900°C ($\tau = 15$ мин) в холодной воде резцы имели твердость на уровне 62 HRC, а твердость остальных находилась в пределах 57-60 HRC, несмотря на существенные различия в микроструктуре [6]. Закалка в воду сопровождалась образованием глубоких трещин.

При изучении нового материала естественным является определение особенностей его поведения с изменением температуры нагрева. В связи с этим исследованы микроструктура и твердость резцов после нагрева в интервале 750-1000°C (время выдержки 15 мин, охлаждение в холодной воде). Обнаружено, что максимум твердости 64-66 HRC может быть получен после закалки с 850°C. Дальнейшее повышение температуры нецелесообразно, так как приводит к развитию пережога, выражающегося в появлении графита и развитии пористости. Ледебурит растворяется и после нагрева при 950 и 1000°C, в микроструктуре резцов наблюдаются лишь его «места».

Увеличение времени выдержки снижает температуру оптимального нагрева и повышает твердость. Так, после выдержки в течение 1,5 ч получена твердость 64,5-65,0 HRC у резцов из переплавленного чугуна и 62-63 HRC у чугуна, модифицированного 0,5% смеси. Закалка с 800°C после увеличения времени выдержки от 45 мин до 1,5 ч дает твердость 64,0-65,5 HRC и 65,0-66,5 HRC для резцов из переплавленного чугуна и модифицированного 0,5% смеси соответственно. Наконец, после закалки с 850°C максимальная твердость 64-66 HRC может быть получена за более короткое время выдержки (15-30 мин).

Максимальное значение твердости 62 HRC получено на резцах с 0,5% модификатора после закалки в кипящей воде.

Также было изучено влияние закалки в масле после нагрева в соляных ваннах и воздушной среде на твердость литых резцов. Для резцов из доменного чугуна с ледебуритной структурой проведен систематический поиск режимов нагрева и охлаждения с целью разработки технологии термической обработки нового материала (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние нагрева в соляной ванне на твердость закаленных резцов

Температура нагрева, °C; время выдержки; среда охлаждения	HRC		Режим отпуска $t, ^\circ\text{C}$, 1ч, воздух	HRC	
	Режущая часть	Остальное		Режущая часть	Остальное
900, 3', вода	64-65	64-65	100	63-64	61-64
1000, 3', вода	64-67	64-66	150	63-66	61-64
1100, 2', закалка с 900, вода	64-66	64-66	200	64-65	64-65
1150, 2', закалка с 900, вода	65-66	65-66	250	64-66	63-65
1200, 2', закалка с 900, вода	65-66	65-66	300	64-67	61-63
Изотерм. отжиг 1050°, 1ч, закалка с 900, 1', вода	65-67	64-66	350	61-64	61-63
Изотерм. отжиг 1100°, 1ч, закалка с 900, 3', вода	65-67	64-66	400	58-59	57-58
Изотерм. отжиг 1150°, 1ч, закалка с 900, вода	63-66	61-65	450	52-53	52-56
900, 3', вода	64-65	61-63	500	50-52	50-52
900, 5', вода	63-66	61-66	600	45-47	46-48
900, 10', вода	64-66	58-62	700	42-47	43-46

Приведенные результаты подтверждают возможность получения высоких значений твердости с использованием воздушной печной атмосферы и более низких температур нагрева, равных или превышающих значения твердости высоколегированной быстрорежущей стали.

В условиях ЗАО «Томский инструмент» была получена партия слитков из термоциклированного доменного чугуна, из которой изготовлены сверла с помощью горячего прессования. Установлено, что под влиянием нагрева в соляной ванне до 800 °С чугун способен деформироваться с получением качественных сверл больших диаметров и длин.

Для изделий из доменного чугуна без выделений графита, содержащего 3,8-4,5 % углерода, важным является вопрос о закалочных средах. Анализ существующего опыта в практике термообработки сталей и легированных чугунов позволил подойти к начальному решению этого вопроса следующим образом. Недостаток известных закалочных сред состоит в том, что при закалке инструмента из чугуна происходит трещинообразование. Кроме того, закалывающая способность их падает с повышением температуры. Поэтому была поставлена задача разработать состав среды, которая бы при повышении ее температуры сохраняла закалывающую способность, за счет чего исключалось бы образование трещин при закалке инструмента из чугуна. Для этого в среду, содержащую медный купорос и воду, дополнительно вводили ледяную кислоту, хлористый натрий и нитрат натрия при следующем соотношении компонентов, масс. %: медный купорос 0,4-3,0; ледяная кислота 1-12; хлористый натрий 2,8-4,5; нитрат натрия 3,0-3,6; вода – остальное [7]. Водные растворы указанных компонентов ускоряют срыв паровой пленки на охлаждаемой поверхности закалываемых изделий и способствуют быстрому отводу тела в интервале наименьшей устойчивости аустенита и более мягко охлаждают в интервале начала мартенситного превращения.

Проводили термическую обработку ножей дисковых фрез размером 42×26×14,6 мм из чугуна следующего химического состава, масс. %: углерод 3,94; кремний 0,22; марганец 0,3; сера 0,001. Закалывающую способность среды оценивали по твердости поверхности ножей и их сердцевина. После закалки ножи проверяли на наличие трещин на магнитном дефектоскопе. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние закалочной среды на твердость резцов из чугуна

Закалочная среда		Режим термообработки		Наличие трещин	Твердость, HRC	
Состав, мас. %	t, °C	t, °C	Выдержка, мин		Поверхность	Сердцевина
1	2	3	4	4	4	4
Медный купорос 0,4; ледяная кислота 1,0; хлористый натрий 2,8; нитрат натрия 3,0; вода остальное	18	850	15	нет	59	57
		900	15	нет	58	57
		1000	15	нет	60	57
Медный купорос 0,4; ледяная кислота 1,0; хлористый натрий 2,8; нитрат натрия 3,0; вода остальное	18	850	15	нет	59	56
		900	15	нет	59	57
		1000	15	нет	59	57
1	2	3	4	5	6	7
Медный купорос 0,4; ледяная кислота 1,0; хлористый натрий 2,8; нитрат натрия 3,0; вода остальное	80	850	15	нет	57	56
		900	15	нет	57	56
		1000	15	нет	57	56
Медный купорос 0,4; ледяная кислота 1,0; хлористый натрий 2,8; нитрат натрия 3,0; вода остальное	80	950	15	нет	57	56
		900	15	нет	58	57
		1000	15	нет	58	57

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	4	4	4
Медный купорос 0,4; ледяная кислота 1,0; хлористый натрий 2,8; нитрат натрия 3,0; вода остальное	95	850	15	нет	56	55
		900	15	нет	57	56
		1000	15	нет	56	55

Из приведенных данных следует, что разработанная закалочная среда может быть эффективно использована для качественной термической обработки различного инструмента из доменного чугуна с ледебуритной структурой [8].

Результаты работы позволяют считать возможным получение режущего инструмента из такого доступного и дешевого материала, как пердедельный чугун, имеющего после термической обработки высокую твердость и хорошие режущие свойства – не ниже, чем у инструмента из углеродистых сталей [9, 10]. Такой инструмент может быть использован для обработки пластмасс, дерева, цветных металлов и низкоуглеродистых сталей.

Библиографический список

1. Чугун: справ. изд. / под ред. А.Д. Шермана, А.А. Жукова. – Москва: Металлургия, 1991. – 576 с.
2. Афанасьев В.К. Прогрессивные способы повышения свойств доменного чугуна / Афанасьев В.К., Айзатулов Р.С., Кустов Б.А., Чибряков М.В. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 1999. – 258 с.
3. Афанасьев В.К. Эффект обработки расплава линейного расширения чугуна / В.К. Афанасьев, О.В. Исаенко, М.М. Сагалакова, М.В. Чибряков, М.В. Попова // Литейное производство. – 2001. – № 9. – С. 8-9.
4. Афанасьев В.К. Доменный чугун – металл будущего / В.К. Афанасьев, С.А. Гладышев, Л.А. Годик, А.А. Золотовский, А.И. Катунин, В.Я. Келлер, Н.М. Кулагин, Б.А. Кустов, В.А. Моксинов, Л.М. Полторацкий, М.В. Попова, А.В. Сочнев, Ю.А. Селезнев, А.Н. Смирнов, В.Н. Толстогузов, М.А. Усов, В.Я. Целлермаер, М.В. Чибряков, В.И. Чичков. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2005. – 343 с.
5. Афанасьев В.К. Доменный чугун без выделений графита – новый материал многоцелевого назначения / В.К. Афанасьев, М.В. Попова, А.В. Кольба, М.М. Сагалакова, Г.Е. Громов, А.В. Сочнев // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2003. – № 2 (18). – С. 14-16.
6. Афанасьев В.К. О влиянии термической обработки на микроструктуру режущего инструмента из доменного чугуна без выделений графита (сообщение 2). / В.К. Афанасьев, А.В. Кольба, М.В. Чибряков // Инструмент Сибири. – 2001. – № 6. – С. 20-21.
7. Патент РФ № 2130083, МКИ6 C21D1/60. Закалочная среда / В.К. Афанасьев, М.М. Сагалакова, М.В. Чибряков, М.К. Сарлин, М.В. Попова. – Заявл. 08.06.98. – Оpubл. 10.05.99. – БИ №13.
8. Афанасьев В.К. О некоторых особенностях поведения чугунных ножей для фрез при термической обработке / В.К. Афанасьев, М.В. Чибряков, М.М. Сагалакова // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 1999. – № 6. – С. 33.
9. Афанасьев В.К. Чугунный инструмент. Часть I. Инструмент для неметаллов: учебное пособие / В.К. Афанасьев, А.В. Кольба, М.В. Попова, С.М. Никитенко, А.А. Загородний, С.Ю. Евсеев, С.В. Долгова, Н.Б. Лаврова. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического университета, 2011. – 319 с.
10. Afanasyev V.K. Restoration of agricultural machines surfaces by white cast iron with the formation of technological repair units / V.K. Afanasyev, S.V. Dolgova, A.P. Chernysh // Materials Science Forum. – 2018. – V. 927 MSF. – P. 43-47.