

Металлургия

АШИНОСТРОЕНИЯ

№ 6
2019



• СОДЕРЖАНИЕ •

К 180-летию со дня рождения **Дмитрия Константиновича Чернова**. Выдающийся русский металлург. • *To the 180th anniversary of Dmitry Konstantinovich Chernov. The outstanding Russian metallurgist* ...2

ПЛАВКА. ОБРАБОТКА РАСПЛАВА • MELTING. MELT TREATMENT

Ровин А.Е., Ровин С.А., Насевич И.С. Технический прогресс в области ваграночной плавки
• *Rovin L.E., Rovin S.L., Nasevich I.S. Technical progress in cupola melting* ...5

Рудницкий Ф.И., Куликов С.А., Шумигай В.А. Использование энергии поверхности ультрадисперсных частиц при разработке наномодифицирующих комплексов
• *Rudnitskii F.I., Kulikov S.A., Shumigai V.A. The use of surface energy of ultrafine particles in the development of nanomodifying complexes* ...9

Сойфер В.М. О кислой футеровке дуговых сталеплавильных печей • *Soyfer V.M. On acid lining of the arc steel-melting furnaces* ...14

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ • MODERN MATERIALS

Афанасьев В.К., Долгова С.В., Попова М.В., Сагалакова М.М., Черныш А.П. О природе темного и светлого в микроструктуре чистого железа • *Afanasyev V.K., Dolgova S.V., Popova M.V., Sagalakova M.M., Chernysh A.P. On the nature of dark and light in the microstructure of pure iron* ...18

Котлярский Ф.М. Существующие представления о газоусадочных дефектах в отливках из алюминиевых сплавов • *Kotlyarsky F.M. Existing conceptions of gas shrinkage defects in castings made of aluminum alloys* ...24

Горохов Ю.В., Усков И.В., Губанов И.Ю., Губанова М.И. Получение мелкодисперсного порошка для припойных паст на основе алюминия • *Gorokhov Yu.V., Uskov I.V., Gubanov I.Yu., Gubanova M.I. Technology of obtaining fine dispersed powder for solders on the basis of aluminum* ...32

Ри Э.Х., Ерёмкина К.П., Беседин А.А. Микроструктура алюминидов никеля, полученных центробежной разливкой • *Ri E.H., Eremina K.P., Besedin A.A. Microstructure of nickel aluminid obtained by centrifugal-casting* ...34

ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА • XXI CENTURY TECHNOLOGIES

Чуманов И.В., Лутков В.Н., Сергеев Д.В. О моделировании процесса электрошлакового переплава при получении полой заготовки по одноэлектродной схеме • *Chumanov I.V., Lutkov V.N., Sergeev D.V. To the question of modeling the process of electroslag remelting when receiving a hollow workpiece on the single electrode scheme* ...36

Титова Ю.В., Майдан Д.А., Белова Г.С., Амосов А.П. Получение керамических нанопорошковых композиций по азидной технологии СВС • *Titova Yu.V., Maidan D.A., Belova G.S., Amosov A.P. Preparation of ceramic nanopowder compositions by the azide technology of SHS* ...41

ИНФОРМАЦИЯ. ХРОНИКА • INFORMATION. CHRONICLE

Указатель статей, опубликованных в журнале «Металлургия машиностроения» в 2019 г. ...45
Алфавитный указатель ...47

Самые ранние этапы взаимодействия Fe с окружающей средой, состоящей из HCNO – водорода, углерода, азота и кислорода (травление), называют выявлением микроструктуры. При увеличениях до $\times 750$ получают микроструктуру Fe двух крайних типов – темное (Т) и светлое (С), разделенные полусветлым и полутемным. Т и С – это две неразделимые части системы HCNO – основы построения Fe, т.е. темное в железе – это HCN, а светлое – NOH. Установлено, что необычные, с общепринятых позиций, нагревы до 40, 100 и 350°C в атмосфере воздушной и водяного пара могут существенно увеличить темное. Регулирование соотношения составляющих комплекса HCNO – это регулирование темного и светлого в микроструктуре, а следовательно, и всех свойств Fe.

Ключевые слова

Общность HCNO, чистое железо, микроструктура, травление.

АННОТАЦИЯ

SUMMARY

The earliest stages of the interaction of Fe with the environment containing from HCNO ("etching, h") are referred to as identification of the microstructure and the result of the chemical interaction of the microstructure. At magnifications of the optical microscope up to $\times 750$ there are two extreme types of microstructure Fe – Dark and Light, separated by semi-light and semi-dark. Dark and Light are two inseparable parts of the HCNO system, which is the basis for the construction of Fe, i.e. T in iron is HCN, and C is NOH. Found that unusual with the generally accepted positions of the heating at 40, 100 and 350°C with in the air and the atmosphere water vapor can significantly increase the dark. Regulation of the ratio of components of the HCNO complex is the regulation of T and C in the microstructure, and hence all properties of Fe.

Key words

Common HCNO, pure iron, microstructure, etching.

УДК 621.745.55: 669.14

- В.К. Афанасьев, С.В. Долгова, М.В. Попова, М.М. Сагалакова, А.П. Черныш
- V.K. Afanasyev, S.V. Dolgova, M.V. Popova, M.M. Sagalakova, A.P. Chernysh

О природе темного и светлого в микроструктуре чистого железа

On the nature of dark and light in the microstructure of pure iron

С позиций новой платформы будущей металлургии, любую углеродистую и легированную сталь необходимо рассматривать как систему Fe – H – N – O – C и легирующие элементы (ЛЭ) – H – N – O – C, и для получения нового поколения сплавов на основе Fe необходимо более тщательное изучение влияния разных технологических факторов на формирование свойств Fe, что надо делать с применением триады H – N – O [1]. Эта триада в системе Fe–C становится полным органо-генным комплексом HCNO.

Согласно работе [2], этот комплекс рождает HCN – *темное* и NOH – *светлое*. Постоянная и бесконечная цепь из HCNO, т.е.



– это жизнь одного и того же субъекта (металла, сплава и др.), заключающаяся в циклическом процессе $\text{T} \leftrightarrow \text{C}$ с посредниками из *серого* (полутемного и полусветлого).

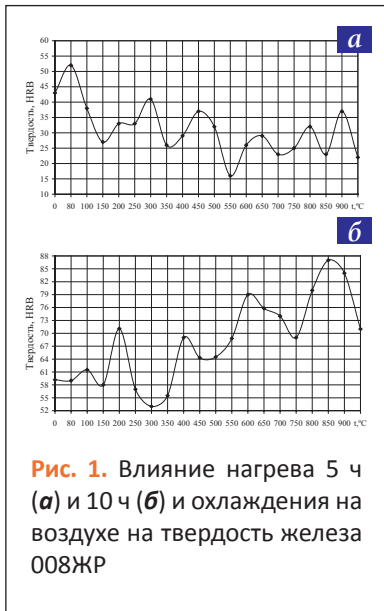
Земля живет по этому принципу, и мы все, вместе с планетой, переживаем:

рассвет – день – сумерки (закат) – ночь – рассвет – день – серое.....С серое Т серое С, и так и для Земли и нашего века.

При изучении влияния нагрева на содержание H, N и O и механические свойства Fe выявлены два интервала охрупчивания.

Первый интервал 200...400°C и *второй* 750...850°C.

В первом интервале образуется темное, за счет новых выделений (субструктуры), предположительно, образующихся



при взаимодействии водорода, азота и кислорода, количество которых после нагрева при 200°C наименьшее [1]. Другими словами, определяемые Н, N и О ушли на образование темного.

Второй интервал охрупчивания обусловлен образованием крупнозернистой микроструктуры, за счет увеличения количества азота и кислорода с соответствующим уменьшением водорода [1]. Здесь очень важно, что «осветление», т.е. уменьшение темного и увеличение светлого (образование крупнозернистой микроструктуры) происходит с увеличением содержания азота, кислорода и уменьшения водорода. Твердость Fe после нагрева при одних и тех же температурах подтверждает результаты работы [1] и позволяет сделать заключение, что Т – это мягкое, а С – твердое (рис. 1).

Высокий нагрев Fe до 1200...1500°C также, как и нагрев до 950°C [1], лишь регулирует соотношение Т и С, но не устраняет ни одного из них. Уже 0,5 ч при 1200...1500°C

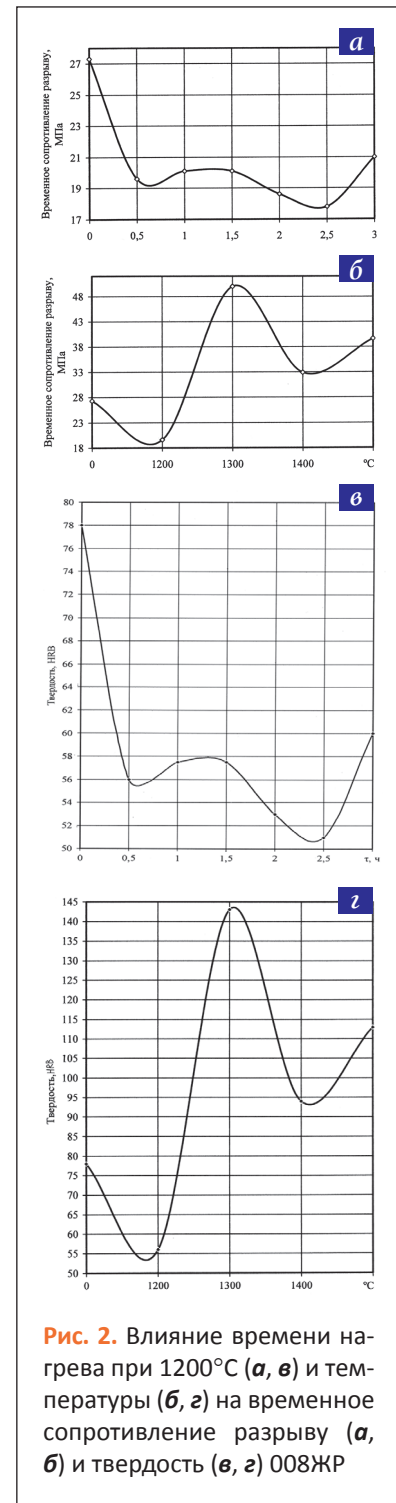
достаточно для получения важных результатов по изменению твердости и прочности. Получение $\sigma_B = 500$ МПа у чистого Fe – достижение, которое позволяет надеяться на возможность перевода его в высокопрочное состояние без традиционного легирования (рис. 2). Микроструктура после таких высоких нагревов колеблется от зернистой (малое количество Т) до высокотемпературной (рис. 3).

Для выполнения настоящей работы применяли методики из работы [1]. Темное и светлое изменяли в двух направлениях. Одно – *утемнение*, т.е. увеличение доли темного и второе – *осветление* – увеличение светлого.

Учитывая накопленный опыт жизни человека в железном веке, который длится много веков, необходимо, прежде всего, обратить внимание на внешнюю среду, которая окружает изучаемое железо. Она определяет соотношение Т и С в металлах и сплавах – разновидности стихии земля, или, по современному представлению, твердого состояния [2].

Смесь воды и воздуха с неконтролируемым содержанием химических элементов периодической системы Д.И. Менделеева называют атмосферой водяного пара (АВП). Металлургия металлов и сплавов реализуется в этой АВП. Отсюда следует ожидать, что Т ↔ С полностью от нее зависимо. История же появления и получения железа не является исключением [3].

На рис. 4 приведена микроструктура Fe после нагрева до 350°C, 8-ч выдержки и охлаждения с печью. Во время нагрева и охлаждения в контейнер



с образцами подавали водяной пар. Видно, что АВП сильно «утемняет» микроструктуру после единого времени травления шлифов в 5% HNO_3 в спирте (ВТ).

Поглощение HCNO из окружающей среды может

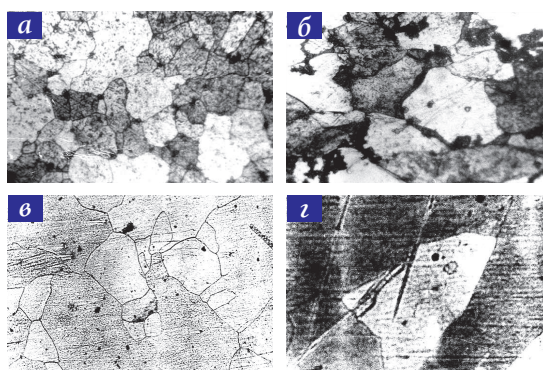


Рис. 3. Микроструктура Fe без (а) и после нагрева (0,5 ч, воздух) до 1200, 1300 и 1500°C – б...д, соответственно; $\times 260$. Травление в ВТ, 10 с

происходить по-разному, но наиболее весомо взаимодействие нагретого тела (образца, детали) с закалочной средой. В случае сплавов Fe–C предусматривают высокие нагревы под закалку, а поэтому взаимодействие нагретого тела с закалочной средой может быть значительным.

Для чистого Fe понятие *закалка* вообще не применяют, так как оно содержит очень малое количество углерода. Однако следует обратить особое внимание именно на чистое Fe, так как его поведение (реакция на охлаждающую среду) может внести коррективы в сам смысл понятия *закалка*.

Надо помнить, что при охлаждении металл реагирует с закалочной средой и, помимо скорости охлаждения, важную роль может сыграть скорость поглощения им из окружающей среды HCNO. В связи с этим на **рис. 5** показана микроструктура Fe после четырех закалок в воду с температуры 100°C. Столь низкий нагрев теряет общепринятый смысл, но, с позиций ведущей роли HCNO, он может быть полезен. Приведенное убеждает в том, что, уже начиная с низких температур нагретого тела, оно при контакте с внешней средой поглощает необходимое для образования темного. Возможно, это, прежде всего, касается водорода, так как для него 100°C – температура значимая.

В работе [4] приведены температурные интервалы существенного изменения состояния Fe–C. Наименее изучен, по сравнению с остальными, интервал *комнатная температура – 100°C*, в связи с чем изучали влияние условий нагрева до 40°C на микроструктуру Fe. Нагрев проводили

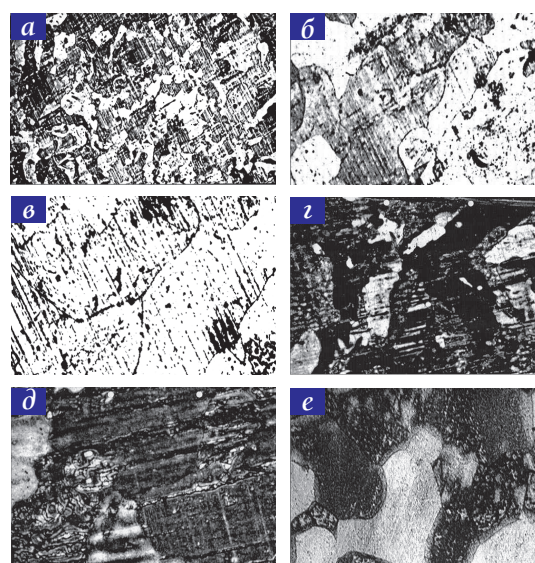


Рис. 4. Микроструктура Fe после нагрева 8 ч при 350°C и охлаждения с печью без (а...б) и с обдувкой водяным паром (г...е): а, г – $\times 80$; б, д – $\times 300$; в, е – $\times 750$. Травление в ВТ, 10 с

в мультиварке без и с АВП, которая создавалась за счет установки рядом с образцами емкости с водой или помещением образцов в мокрую среду. Установлено, что 40°C дает существенное изменение микроструктуры даже без АВП. Уже после 10 с травления в ВТ наблюдается, при 80, общее потемнение шлифа, на фоне которого видны сгустки темного произвольной формы, что усиливается созданием АВП. Увеличение времени пребывания шлифов в ВТ до 1 мин еще больше декорирует внутреннее строение Fe и выявляет действие нагрева при 40°C (**рис. 6**).

К комплексу HCNO обращались давно, но чаще это были указания на сильное влияние каждого члена этого комплекса раздельно. В научных понятиях химии уже укоренились представления об ионитах и об ионообменных смолах (ИС), синтетических органических ионитах. Матрица ИС – сетчатый полимер, в котором закреплены ионогенные группы (например, SO_3H , COOH , PO_3H_2 , $\text{N}^+(\text{CH}_3)_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$, N^+R_3 , NH_2), несущие электрические заряды, уравновешенные подвижными ионами противоположного знака (противоионами).

Из этого можно заключить, что именно эти ионогенные группы при определенном взаимном соотношении и составляют органогенный

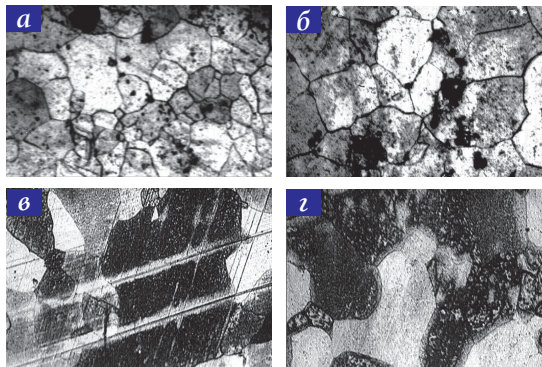


Рис. 5. Микроструктура Fe без (а, б) и после четырехразового охлаждения в воду со 100°C (в, з): а, в – $\times 300$; б, з – $\times 750$. Травление в ВТ

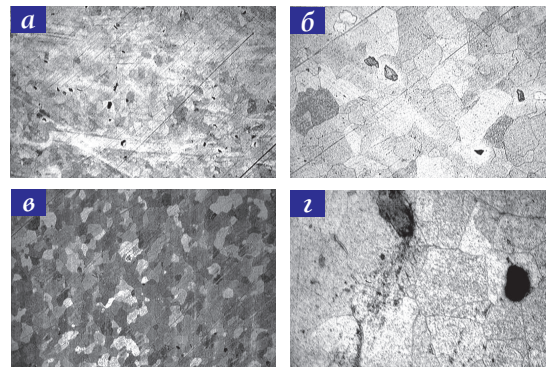


Рис. 6. Влияние нагрева до 40°C, 1 ч, без (а, б) и с АВП (в, з) на микроструктуру Fe: а, в – $\times 80$; б – $\times 300$; з – $\times 750$. Травление в ВТ, 10 с

комплекс HCNO , из чего следует необходимость закалки Fe в среды, содержащие HCNO . В качестве первоначальных исходных сред были взяты ВТ, имеющие присутственный состав $\text{H}_7\text{C}_2\text{NO}_4$, а также ледяная кислота CH_3COOH – комплекс без азота $\text{H}_4\text{C}_2\text{O}_2$ и концентрированная HNO_3 – комплекс с азотом, но без углерода. Нагрев под закалку с 1000°C проводили после коротких выдержек 0 мин (HNO_3) и 3 мин – остальные.

Наблюдение шлифов после полировки при всех увеличениях микроскопа ($\times 80$, $\times 300$, $\times 750$) выявляет лишь темные полосы скольжения и темные пятна. Закалка в ВТ и последующее 10-с травление выявляет много черных пятен и слабо выраженную зеренную структуру. А при $\times 300$ и $\times 750$ такая структура практически не видна, а полосы скольжения и черные пятна – более четкие.

При большем времени травления шлифов в течение 1 и 5 мин, при $\times 80$, наблюдаются мелкие зерна и светлые области на черном фоне. Эти области при большем увеличении видны как черное, серое и белое с ямками и фигурами травления. Такое изменение микроструктуры при контакте нагретого образца со средой ВТ свидетельствует о развитии процесса перехода *темное* $\rightarrow$ *серое* $\rightarrow$ *светлое*, т.е. об осветлении железа.

После трехкратной закалки Fe с 140...145°C в расплаве мочевины $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, содержащей 46% азота, следует ожидать более сильное превращение $\text{T} \rightarrow \text{C}$. Действительно, получено существенное укрупнение зерна с увеличением доли

серого и светлого, с соответствующим уменьшением темного.

Также проводили закалку в концентрированную ледяную кислоту, содержащую один из самых сильных ионитов COOH , но без азота. Несмотря на это, по сравнению с «сырым» железом, в микроструктуре закаленных образцов отчетливо видно уменьшение доли темных областей, а при $\times 750$ наблюдается крупнозернистая структура с темным только по границам зерен. Травление в течение 1 мин подтверждает осветляющее действие закалки, т.е. сохраняет переход темного, через серое, к светлому при всех увеличениях. Закалка в среду без азота не устранила ее осветляющее действие, возможно, потому, что закаленные образцы подвергали окончательному травлению в ВТ в течение необычно большого времени – 5 мин (рис. 7).

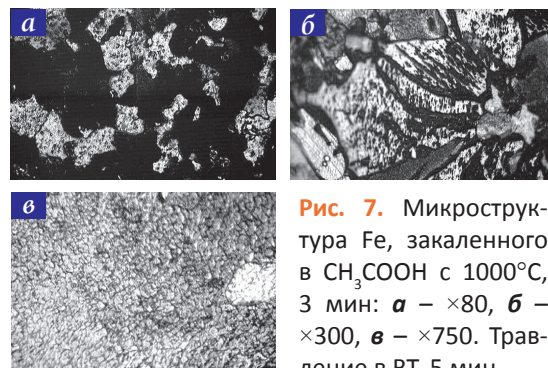


Рис. 7. Микроструктура Fe, закаленного в CH_3COOH с 1000°C, 3 мин: а – $\times 80$, б – $\times 300$, в – $\times 750$. Травление в ВТ, 5 мин

Для разработки режимов термической и химико-термической обработок необходимо выяснить действие закалки в HNO_3 , так как она входит в состав ВТ. Изучение микроструктуры показало, что и HNO_3 не является исключением и также приводит к осветлению шлифов. Дополнительно следует отметить, что, видимо, закалка в HNO_3 привела к упрочнению основы, так как в царапине стальной иглой темные области стали прочнее, и по ним царапина проскальзывает. Такую картину наблюдали при систематическом металлографическом изучении чугуна [5].

Подробное исследование изменения темного и светлого в железе позволяет сделать очень важное заключение для дальнейшего развития работ по повышению разных свойств наиболее перспективных высокоуглеродистых Fe-сплавов. Прежде всего, это касается сплавов, содержащих $> 0,8\%$ С, ибо до этой концентрации известно существенное повышение свойств железа после термообработки. Т.н. «эвтектоид» – это сплав с максимальным содержанием темного.

При большем содержании углерода начинается постепенное уменьшение темной массы с сопутствующим снижением прочности, что происходит, согласно общепринятому мнению, из-за процесса дробления темного на фрагменты, разделенные светлым. Уже в сплавах с 0,9 и 1% С (заэвтектоидной стали) эта сетка из светлого – значительная, само светлое называется *вторичным цементитом*, и это твердое светлое приводит к резкому падению прочности и пластичности.

При еще большем содержании углерода темного становится все меньше, и оно располагается в виде ручьев с притоками и без них; общее название такого темного – *пластинчатый графит* (серый чугун на ферритной основе). С позиций прочниста, такие ручейки из темного рассматриваются как трещины с малым радиусом закругления, т.е. способные к развитию при очень незначительных нагрузках. В результате сформировавшаяся поверхность разрушения образцов с повышенным содержанием водорода и азота приобретает серый цвет, т.е. цвет, состоящий из полутемного или полусветлого. Факт присутствия темного вещества в железе означает наличие в нем избыточного количества комплекса HCNO , приобретенного железом от концентрата, агломерата, а также в плавильных устройствах.

Такое рассмотрение темного вещества позволяет наметить наиважнейшие пути регулирования количества, формы и характера распределения темного и светлого с помощью изменения HCNO при подготовке шихты, обработке расплава, кристаллизации, последующей деформации, термообработке и др., что даст возможность получения качественных деформированных заготовок, а также высококачественных отливок из первородного доменного или какого-либо другого чугуна.

Развитие работ на платформе с признанием ведущей роли HCNO – следующий и очень важный шаг в развитии металлургии.

Выводы

- Самые ранние этапы взаимодействия Fe с окружающей средой, состоящей из HCNO (травление), называются выявлением микроструктуры, а результатом этого химического взаимодействия становится микроструктура.

- При увеличениях до $\times 750$ существует микроструктура Fe двух противоположных типов – *темное* и *светлое*, разделенные полусветлым и полутемным, которые циклически сменяют друг друга.

- Воздействия на Fe средами с разным соотношением составляющих комплекса HCNO , т.е. водорода, углерода, азота и кислорода, позволяют изменять соотношение *темного* (Т) и *светлого* (С).

- Т и С – это две неразделимые части системы HCNO – основы построения Fe, т.е. Т в железе – это HCN , а С – NOH .

- Установлено, что необычные, с общепринятых позиций, нагревы до 40, 100 и 350°C в атмосфере – воздушной и водяного пара могут существенно увеличить темное.

- Быстрое охлаждение с 1000°C в среды с высоким соотношением HCNO (ВТ, коцентрированные азотная и ледяная кислоты) увеличивают светлое.

Регулирование соотношения составляющих комплекса HCNO – это регулирование Т и С в микроструктуре, а следовательно, и всех свойств Fe.

СПИСОК

ЛИТЕРАТУРЫ

- Афанасьев В.К., Долгова С.В., Попова М.В. и др. О новом понимании микроструктуры чистого железа // Металлургия машиностроения. – 2017. – №2. – С. 29–34.

2. **Афанасьев В.К.** Водородная металлургия. Философия и практическая значимость // Металлургия машиностроения. – 2018. – №2. – С. 39–44.

3. **Афанасьев В.К., Герцен В.В., Долгова С.В. и др.** О влиянии водяного пара на формирование свойств высококремнистых Al-сплавов // Металлургия машиностроения. – 2015. – №5. – С. 17–21.

4. **Афанасьев В.К.** О диаграмме Fe–C // Металлургия машиностроения. – 2014. – №6. – С. 16–22.

5. **Афанасьев В.К., Долгова С.В., Попова М.В. и др.** Металлография чугуна. – СПб: Изд-во политехнического университета, 2016. – 482 с.

Сведения об авторах

В.К. Афанасьев – д-р техн. наук, проф. СибГИУ, г. Новокузнецк.

С.В. Долгова – мл. науч. сотр., там же.

М.В. Попова – д-р техн. наук, доцент, проф. СибГИУ.

М.М. Сагалакова – канд. техн. наук, доц. кафедры «Автомобильный транспорт и машиностроение», Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет.

А.П. Черныш – канд. техн. наук, доц., директор Кемеровского НИИ – филиал СФНЦ РАН.

Новая книга

Никитин К.В., Никитин В.И., Тимошкин И.Ю. Управление качеством литых изделий из алюминиевых сплавов на основе явления структурной наследственности. М.: Радунца, 2015. – 228 с.

В монографии изложены теоретические взгляды и практические подходы в использовании явления структурной наследственности, направленные на повышение эффективности производства литых изделий из алюминиевых сплавов функционального и конструкционного назначений. Представлена методология исследования явления структурной наследственности и методики определения плотности расплавов и пористости твердых алюминиевых сплавов.

Приведены результаты комплексного влияния физических способов воздействия на сплавы в твердом, жидком и кристаллизующемся состояниях на структуру и свойства алюминиевых сплавов. Разработаны ресурсосберегающие технологии получения микрокристаллических легирующих лигатур и модификаторов с максимальным использованием рециклируемых металлических отходов, которые прошли успешные опытно-промышленные испытания на многих предприятиях России. Приведены примеры практического применения технологий генной инженерии в производстве литейных и деформируемых сплавов, а также припоев.

Рекомендуется для бакалавров, магистров и аспирантов высших учебных заведений, слушателей курсов повышения квалификации, научных и инженерно-технических работников, занимающихся вопросами повышения качества литых изделий из алюминиевых сплавов различного назначения.

По вопросам приобретения монографии обращаться:
443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 133, 3-й корпус ФГБ

Выводы

- Таким образом, технология азидного СВС позволила получить в одну стадию перспективные керамические нитридно-карбидные микро- и нанопорошковые композиции $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-TiC}$ и AlN-SiC с использованием прекурсоров – галоидных солей азотируемых и карбидизируемых элементов.
- Синтезированные композиционные порошки $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-TiC}$ и AlN-SiC перспективны для использования при спекании соответствующих композиционных керамических материалов с повышенными свойствами, меньшей хрупкостью, хорошей обрабатываемостью, меньшими температурами спекания, по сравнению с однофазными керамическими материалами из нитридов или карбидов.

СПИСОК

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhang G.-J., Yang J.-F., Ando M., and Ohji T. J. Eur. Ceram. Soc., 2002. – Vol. 22. – No. 14-15. – pp. 2551–2554.
2. Guangming Zheng, Jun Zhao, Yonghui Zhou and Zhongjun Gao. Advanced Materials Research, 2011. – Vol. 152-153. – pp. 500-503.
3. Izhevskiy V.A., Genova L.A., Bressiani J.C. Mat. Res., 1999. – Vol. 2. – No. 4.
4. Qiao L., Zhou H.P., Xue H., Wang S.H. J. Eur. Ceram. Soc., 23(2003). – No. 1. – pp. 61.
5. Li J.-F., Asano M., Kobayashi Yoshimasa, Akira Kawasaki, Ryuzo Watanabe // Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, 1995. – Vol. 42. – Iss. 12. – pp. 1452-1456.
6. Poorteman M., Descamps P., Cambier F. Journal of the European Ceramic Society, 2003. – Vol. 23. – No. 13. – pp. 2361-2366.
7. Amosov A.P., Borovinskaya I.P., Mer-zhanov A.G., Sytchev, A.E. International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis, 2005. – Vol. 14. – No. 1. – pp. 165-186. –ISSN: 1061-3862 (Print), 1934-788X (Online).
8. Bichurov G.V. Nitride Ceramics: Combustion synthesis, properties, and applications. Eds. A.A. Gromov, L.N. Chukhlomina. Weinheim, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2015. – pp. 229–263.
9. Amosov A.P., Bichurov G.V., Kondrat'eva L.A., Kerson I.A. International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis, 2017. – Vol. 26. – No. 1. – pp. 11-21.

Сведения об авторах

Титова Юлия Владимировна – Самарский государственный технический университет. Тел.: +7 902 290-55-29. E-mail: tito-va600@mail.ru

Майдан Дмитрий Александрович – там же. Тел.: +7 906 340 09 35. E-mail: mtm.samgtu@mail.ru

Белова Галина Сергеевна – там же. Тел.: +7 937 174 24 71. E-mail: galya.belova.94@mail.ru

Амосов Александр Петрович – там же. Тел.: +7 917 815 33 89. E-mail: egundor@yandex.ru

УЧРЕДИТЕЛИ

- Н.И. Бех
- И.А. Яскевич

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

- **Бех Николай Иванович** (председатель)
Д-р техн. наук, проф.
- **Афанасьев Владимир Константинович**
Д-р техн. наук, проф. кафедры материаловедения, литейного и сварочного производства СибГИУ
- **Малиновский Владимир Сергеевич**
Канд. техн. наук, Президент ООО НТФ «Экта»
- **Марукович Евгений Игнатьевич**
Академик НАН Респ. Беларусь, зав. отделом ГНУ «Института технологии металлов НАН Беларуси»
- **Найдек Владимир Леонтьевич**
Академик НАН Украины, Советник директора Физико-технологического института металлов и сплавов НАН Украины
- **Петров Александр Юрьевич**
Канд. техн. наук, Генеральный директор ФГУП «Всероссийский электротехнический институт им. В.И. Ленина»
- **Поддубный Анатолий Никифорович**
Д-р техн. наук, Советник ген. директора ООО «ОЗНА-ОМЗ»
- **Ри Хосен**
Д-р техн. наук, проф. кафедры «Литейное производство и технология металлов» Тихоокеанского государственного университета
- **Тен Эдис Борисович**
Д-р техн. наук, проф. кафедры «Технологии литейных процессов» НИТУ «МИСиС»
- **Тихонов Аркадий Константинович**
Д-р техн. наук, проф., Советник ген. директора ГНЦ ФГУ «ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина»
- **Яскевич Инна Авдеевна**
Главный редактор

ИЗДАТЕЛЬ

ООО «Литейное производство»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

И.А. Яскевич

ЖУРНАЛ ГОТОВИЛИ

А.И. Батышев, А.Е. Зевакина, Е.В. Трушина

НАШ АДРЕС

111394, Москва,
ул. Мартеновская,
д. 39, корп. 2, офис 4

ТЕЛЕФОН/ФАКС

8 (495) 303-85-81

E-MAIL: lp@niit.ru

САЙТ www.foundrymag.ru

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале «Металлургия Машиностроения», осуществляется только с разрешения редакции

Сдано в набор 01.10.2019

Подписано в печать 01.11.2019

Формат 60×80 1/8

Отпечатано в типографии ИП Симаков С.В. 142300, Московская обл, г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1

Цена договорная