



## ИНФОРМАЦИЯ О КОНФЕРЕНЦИИ В НАБЕРЕЖНЫХ ЧЕЛНАХ

Чугун с вермикулярным графитом (ЧВГ) является перспективным материалом автомобилестроения благодаря высокому комплексу физико-механических свойств. Расширение применения ЧВГ требует не только разработки методов его получения, но и методов контроля структуры, поскольку высокие свойства ЧВГ связаны со специфической формой графита. В отношении методов контроля структуры в настоящее время можно выделить ряд проблем: несоблюдение химического состава, наличие нерегламентированных примесей и т. п., что зачастую связано с низкой культурой производства и недобросовестностью поставщиков. Имеются также проблемы с системой добровольной сертификации, когда выдавались сертификаты на несуществующие марки материалов. В настоящее время ГОСТ на основные параметры структуры металлов и сплавов морально устарели, так как изменились технологии получения литых материалов. Структура ЧВГ регламентируется ГОСТ 3443.87. Иллюстративного материала, представленного в данном ГОСТ, по современным представлениям, явно недостаточно. Требуется несколько большее количество эталонных структур иного качества и при большем увеличении, поскольку увеличение 100 уже не позволяет адекватно анализировать структуру. Необходимо также уделить больше внимания компьютерным методам обработки и контроля изображений, на основе которых возможна разработка автоматических методов контроля структуры.

Задачами являются:

- Выработка дополнительных критериев анализа структуры металлов и сплавов из-за появления принципиально новых материалов и ужесточения требований к уже существующим.
- Разработка новых принципов анализа на основе компьютерной обработки изображений.
- Создание системы контроля за сертификатами на металлы и сплавы.

Для решения этого спектра задач 16–19 октября 2017 г. в Набережных Челнах состоялась научно-техническая конференция «Детали машиностроения из чугуна с вермикулярным графитом. Свойства. Технология. Контроль».

В конференции приняли участие российские и зарубежные ученые, представители предприятий-изготовителей изделий из чугуна и модификаторов чугуна, а также специалисты по контролю и стандартизации.

Конференция позволила провести широкое профессиональное обсуждение следующих проблем изготовления и расширения сферы применения отливок из ЧВГ:

- технология получения отливок из ЧВГ;
- оборудование и методы контроля структуры и состава;
- нормативная база металлографии и цифровой микроскопии.

Предлагаем читателям журнала ознакомиться с полным текстом решения конференции.



## РЕШЕНИЕ НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ДЕТАЛИ МАШИНОСТРОЕНИЯ ИЗ ЧУГУНА С ВЕРМИКУЛЯРНЫМ ГРАФИТОМ. СВОЙСТВА. ТЕХНОЛОГИЯ. КОНТРОЛЬ» (НАБЕРЕЖНЫЕ ЧЕЛНЫ, 16–19 ОКТЯБРЯ 2017 ГОДА)

*А. Г. АНИСОВИЧ, Физико-технический институт НАН Беларуси*

Международная научно-техническая конференция «Детали машиностроения из чугуна с вермикулярным графитом. Свойства. Технология, Контроль», состоявшаяся в Набережночелнинском филиале Казанского федерального университета с 16 по 19 октября 2017 г., позволила провести широкое профессиональное обсуждение проблем изготовления и расширения сферы применения отливок из ЧВГ.

В конференции приняли участие российские и зарубежные ученые (более 40 чел.), представители предприятий-изготовителей изделий из чугуна (более 60 чел.) и модификаторов чугуна (20 чел.), а также специалисты по контролю и стандартизации (17 чел.).

Участники конференции отметили, что теория формирования графита определенной формы продолжает отставать от практики литейного производства, требуется ее дальнейшее развитие.

Разработка технологии модифицирования чугуна предполагает обязательный учет ряда обстоятельств. Во-первых, основными элементами, контролирующими форму графита при кристаллизации в чугуне, являются поверхностно-активные (S, O, Mg, PЗМ, ШЗМ, Bi, Te, ...), их следует учитывать в микросоставе чугуна. Также следует учитывать все элементы, обладающие высоким к ним сродством, в частности, микропримесь азота, особенно при выплавке чугуна в дуговой печи. При длительной выдержке чугуна в печи с кислой футеровкой происходит накопление взвешенных в расплаве и трудно удаляемых из расплава оксидов кремния, повышающих содержание кислорода. Во-вторых, вермикулярный, так же как и шаровидный графит, может образовываться в чугуне при кристаллизации без специального модифицирования веществами (модификаторами). Условиями для реализации такой ситуации могут быть высокие скорости охлаждения при кристаллизации, низкие и короткие перегревы расплава, полученного из шихты, содержащей шаровидный и вермикулярный графит, и, наоборот, длительный высокотемпературный контакт расплава с магнезитовой футеровкой в дуговой печи с естественным рафинированием расплава и восстановлением магния из футеровки.

Выделяются следующие факторы, влияющие на структуру и свойства отливок из ЧВГ: наследственное структурное состояние расплава перед модифицированием (оцениваемая по жидкотекучести, склонности к отбелу и т. п.), условия модифицирования (температура, метод, размер и конструкция ковша, элементный, фазовый и фракционный составы сфероидизирующих и графитизирующих модификаторов), условия кристаллизации (материал и масса формы, конструкция литниково-питающей системы, характеристические сечения, разностенность и длинномерность отливок). Для получения стабильной структуры и свойств отливок необходимо стабилизировать параметры металлургического процесса на каждой операции либо использовать термический анализ предварительно модифицированного расплава с возможностью последующей домодифицирующей корректировки по результатам термоанализа.

Мировой опыт позволяет получить отливки из ЧВГ практически в любых условиях чугунолитейного производства, в том числе с приготовлением расплава в вагранках. Однако в последнем случае необходимо строже обычного учитывать качество используемого в технологическом процессе кокса.

Современные приборы дают возможность качественно и количественно оценивать неметаллические включения в сталях и чугунах методом оптической спектрометрии. Для развития теории кристаллизации чугуна представляет интерес исследование взаимосвязи качественного и количественного состава неметаллических включений с параметрами микроструктуры графита в ЧВГ.

Количественный химический анализ (КХА) чугунов с неотбеленной структурой с достаточной для литейного производства точностью принципиально возможен, в частности, методом индуктивно-свя-

занной плазмы. Экспресс-КХА методом оптической спектрометрии также возможен путем применения специальных электрических режимов, однако такой контроль современными методами может дать результат лишь с погрешностью, превышающей требования литейного производства, и может в перспективе рассматриваться как полуколичественный экспресс-метод. Для реализации перечисленных методов требуется продолжение исследований и разработка соответствующих методик и стандартных образцов.

ЧВГ могут иметь в ближайшем будущем широкие перспективы, по крайней мере, в двух направлениях их применения. Во-первых, для производства деталей, требующих его уникальных свойств, получаемых при высокой доле (более 80%) графита вермикулярной формы, особенно для высоконагруженных деталей, работающих в условиях термоциклического нагружения, даже при возрастающей при этом себестоимости 1 кг изделия. Во-вторых, для увеличения эксплуатационного ресурса, снижения массы, улучшения обрабатываемости, демпфирующей способности деталей, традиционно изготавливаемых из серых чугунов высоких марок, литые заготовки которых не склонны к литейной усадке при более высоком содержании в структуре ЧВГ графита шаровидной формы до 40% и более, что значительно расширяет технологическое окно литейного процесса, уменьшает количество брака отливок из ЧВГ и значительно меняет себестоимость 1 кг изделия. По мере накопления опыта и совершенствования технологии модифицирования ЧВГ, обеспечивающей стабильность процесса, в дальнейшем возможен выход на качественно новый уровень отечественного машиностроения и станкостроения за счет массового применения деталей из ЧВГ.

Отечественный ГОСТ 28394-89 в отличие от всех остальных мировых стандартов на отливки из ЧВГ, разработанных в аналогичный период времени, не подвергался модернизации с момента его создания и в настоящее время не отвечает современным требованиям. Необходимо его существенная переработка, в том числе с учетом проработанных на конференции решений.

Отечественный ГОСТ 3443-87 в части шкал для контроля микроструктуры ЧВГ также сильно устарел. Для объективной оценки микроструктуры ЧВГ его применять нельзя. При переработке стандарта необходимо учитывать последние достижения в области металлографии, в частности, цифровой микроскопии, которая дает возможность получения и обработки площади микрошлифа заданного размера и измерений большего количества параметров микроструктур.

По модификаторам чугуна не существует стандартов ни на их классификацию, ни на их терминологию, ни, тем более, на их марки, составы и свойства. Как следствие, не существует объективной отечественной нормативной документации как на модификаторы для ЧВГ, так и на стандартные образцы модификаторов, а также методики контроля параметров их качества. При этом методики КХА литых модификаторов физическими методами должны разрабатываться с учетом закономерностей явления структурной наследственности литых изделий. С применением метода индуктивно-связанной плазмы для КХА модификаторов можно избежать необходимости учета в методиках контроля особенностей структуры модификаторов, изготовленных различными методами. Однако для подтверждения этого вывода требуются дальнейшие исследования.

Несмотря на возможность перехода отечественного машиностроения на качественно новый уровень за счет массового освоения ЧВГ, проблема развития производства изделий из этого материала в России является достаточно сложной. Для решения ее ключевых аспектов требуются инвестиции, время, квалифицированные кадры. Полностью и быстро решить эту проблему без поддержки государства, по всей видимости, не удастся.

По результатам обсуждения пленарных и секционных докладов участниками конференции приняты следующие решения:

1. Распространить материалы по итогам работы конференции, в том числе по согласованию с редакциями опубликовать основные доклады участников в виде статей в журналах «Литейное производство» и «Литейщик России», а также издать монографию по современной теории и практике получения изделий из ЧВГ, для написания которой сформировать творческий коллектив из числа участников конференции в следующем составе: д-ра техн. наук – А. Г. Панов, В. В. Андреев, С. В. Давыдов, Д. А. Болдырев, канд. техн. наук – С. П. Королев, В. В. Степановских, В. А. Иванова, нач. отд. ООО НПП «Технология» А. А. Токарев, Dr. S. Dowson. При подготовке монографии принимать и учитывать предложения всех желающих принять участие в ее написании.

2. Разработать изменения в стандарт ГОСТ 28394-89 с целью его актуализации, в том числе с учетом результатов исследований влияния термической обработки на свойства ЧВГ, для чего сформировать рабочую группу из числа участников конференции в следующем составе: канд. техн. наук В. А. Ивано-

ва, д-ра техн. наук – А. Г. Панов, В. В., Андреев Д. А. Болдырев, С. В. Давыдов, инж. Д. А. Гуртовой, И. А. Мухоморов. Разработку вести в сотрудничестве со всеми желающими предприятиями, в том числе ПАО «КАМАЗ», ПАО «ГАЗ», ПАО «АВТОВАЗ», ООО «ФЛАКС», ООО «ФЕНИКС».

3. Разработать изменения в стандарт ГОСТ 3443-87 с целью его актуализации в части контроля микроструктуры чугуна с вермикулярным графитом, для чего сформировать рабочую группу из числа участников конференции в следующем составе: канд. техн. наук В. А. Иванова, д-ра техн. наук – А. Г. Панов, В. В. Андреев, вед. инж. ООО «СИАМС» Т. А. Сивкова, вед. инж. ООО «СИАМС» А. О. Гусев, д-р физ.-мат. наук А. Г. Анисович. Разработку вести в сотрудничестве со всеми желающими предприятиями, в том числе ПАО «КАМАЗ», ПАО «АВТОВАЗ», ООО «СИАМС».

4. С целью развития цифровой микроскопии в практическом металловедении в части анализа размеров и морфологии структурных составляющих НЧИ К(П)ФУ организовать специализированную конференцию (секцию конференции) по этому направлению. Основными вопросами конференции определить разработку стандартов для оценки структуры методами цифровой микроскопии.

5. Изучить международный опыт в области стандартизации модификаторов чугуна, для чего сформировать рабочую группу из числа участников конференции в следующем составе: канд. техн. наук В. А. Иванова, д-р техн. наук А. Г. Панов, управляющий ООО НПП «Технология» А. Я. Дынин. Разработку вести в сотрудничестве со всеми желающими предприятиями.

6. Изучить возможность применения и разработать методики КХА и стандартные образцы неотбеленных образцов ЧВГ, литых модификаторов на железокремниевой и железоникелевой основах, а также модификаторов на основе карбонатов щелочноземельных металлов, для чего сформировать рабочую группу из числа участников конференции в следующем составе: канд. техн. наук В. В. Степановских, канд. хим. наук Г. Л. Бухбиндер, нач. лаб. ПАО «Северсталь» В. И. Тюренкова. Разработку вести в сотрудничестве со всеми желающими предприятиями, в том числе ПАО «КАМАЗ», ПАО «ГАЗ», ПАО «АВТОВАЗ», ООО «НПП Технология», ОАО «НИИМ», ООО «МеталлТехноПром», ООО «Металлург», ООО «Фортуна».

7. Для стабилизации технологии модифицирования ЧВГ:

- 1) на этапе приготовления расплава – рекомендовать его обработку карбонатами щелочноземельных металлов с целью повышения его структурной стабильности;
- 2) на этапе модифицирования – рекомендовать для ковшевого модифицирования лигатуры на железо-никелевой основе с целью стабилизации усвоения магния и РЗМ;
- 3) изучить практический опыт экспресс-метода корректировки модифицирования SinterCast проволокой по результатам термоанализа как перспективный для особо ответственных деталей (головка блока цилиндра, тормозные диски электропоездов, тормозные барабаны грузовых автомобилей и т. п.);
- 4) максимально ограничить термовременную нагрузку на расплав при использовании печей с кислой футеровкой, как плавильных, так и ожидания, т. е. не допускать перегревов, передержек и т. д.;
- 5) изучить влияние размеров реакционной камеры и качества покровного материала при ковшевом модифицировании по сэндвич-процессу лигатурами на железо-кремниевой основе.

8. Продолжить исследования возможности повышения эксплуатационных свойств ЧВГ методом термической обработки, в том числе изотермической закалки.

9. Рекомендовать для улучшения обрабатываемости деталей из ЧВГ за счет исключения витой стружки увеличивать долю перлита в структуре его матрицы.

10. НЧИ К(П)ФУ изучить статистику производства на предприятиях России и СНГ отливок из чугуна с вермикулярной формой графита за последние пять лет, изучить потребность отечественных предприятий в объемах исследований и возможность получения грантов РФФИ по теме конференции, изучить возможность создания независимой лаборатории по контролю модификаторов, изучить возможность возобновления выпуска экспресс-информации и качественных переводов статей иностранных журналов по теме конференции.

11. Результаты работы по принятым решениям обсудить на следующей конференции в октябре 2018 г.