

Дмитриев Э. А., Соболев Б. М., Рыбалкин А. А.
ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ ЧУГУНА С ШАРОВИДНОЙ ФОРМОЙ ГРАФИТА (ОБЗОР)

Дмитриев Э. А., Соболев Б. М., Рыбалкин А. А.
E.A.Dmitriyev, B.M.Sobolev, A.A.Rybalkin

**ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ ЧУГУНА С ШАРОВИДНОЙ ФОРМОЙ ГРАФИТА
(ОБЗОР)**

PESSURE TREATMENT OF CAST IRON WITH SPHEROIDAL GRAPHITE (review)

Дмитриев Эдуард Анатольевич – доктор технических наук, профессор, проректор по инновационной работе Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 8(4217) 24-11-07. E-mail: Innov@knastu.ru

Mr. Eduard A. Dmitriyev – Doctor of Engineering, Professor, Provost for Innovation, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur), tel.: + (74217) 24-11-07. E-mail: Innov@knastu.ru

Соболев Борис Михайлович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Машины и технология литейного производства» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: kmtlp@knastu.ru

Mr. Boris M. Sobolev – PhD in Engineering, Professor of the Department of Foundry Industrial Machinery and Technology, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: kmtlp@knastu.ru

Рыбалкин Антон Андреевич – аспирант кафедры «Машины и технология литейного производства» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: mmc727@rambler.ru

Mr. Anton A. Rybalkin – PhD Candidate, Department of Foundry Industrial Machinery and Technology, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: mmc727@rambler.ru

Аннотация. Проведен обзор литературы, касающейся обработки давлением чугуна с шаровидной формой графита. Обозначены проблемы в изготовлении деталей из высокопрочного чугуна с шаровидной формой графита (ВЧШГ) методом обработки металлов давлением (ОМД).

Summary. A review is offered of specialist literature concerning pressure treatment of ferritic nodular cast iron. Problems linked to pressure treatment of high-strength cast iron with spheroidal graphite are identified.

Ключевые слова: чугун с шаровидным графитом, металлическая структура, термообработка, деформация.

Key words: cast iron with spheroidal graphite, metal structure, thermal treatment, deformation.

УДК 621.74:669.131

В начале 80-х годов в мире производилось более 8 млн т. отливок из высокопрочного чугуна с шаровидной формой графита (ВЧШГ). По прогнозам специалистов в ближайшей перспективе производство ВЧШГ превысит 20 млн т и составит по массе более 25 % всех отливок, получаемых в мире [1].

В нашей стране крупнейшими производителями изделий из ВЧШГ являются автомобильные заводы.

ВЧШГ является уникальным конструкционным материалом, с которым по разнообразию его технического применения сейчас не может сравниться ни один металлический сплав. ВЧШГ обладает комплексом ценных физико-химических свойств, которые в сочетании с его

высокими прочностными характеристиками (от 400 до 1600 МПа) и, особенно, повышенной пластичностью до 25 % делают незаменимым его применение для производства изделий самого ответственного назначения [2]. Высокие механические свойства ВЧШГ при повышенных температурах, а также устойчивость к окислению позволяют использовать его для изготовления конструкционных элементов сушильных печей, деталей газовых и паровых турбин, корпусов насосов различного назначения и компрессоров. Другое отличительное свойство этих чугунов – высокое сопротивление усталости, что обуславливает его эффективное применение для коленвалов и других аналогичных деталей [1].

В чугунах форма графита оказывает определяющее влияние на прочностные характеристики материала. В ВЧШГ (рисунок 1) графитные включения имеют шаровидную форму, вследствие чего он по механическим свойствам превосходит серый и успешно конкурирует со сталью.

ВЧШГ отличается от стали хорошими литейными свойствами, такими, как высокая жидкотекучесть, малая склонность к образованию трещин, меньшая усадка и т.д., относительно простым процессом плавки и более низкой стоимостью. В связи с этим часто сталь заменяют ВЧШГ, что позволяет снизить себестоимость изделий без ухудшения качества.

Однако требования к конструкционным материалам непрерывно возрастают по мере увеличения нагрузок на детали в машинах и узлах. Кроме статической прочности, пластичности и твердости, для конструирования отдельного узла или детали все большее значение приобретают такие свойства, как сопротивление усталости при динамических и знакопеременных нагрузках и износостойкость. В некоторых случаях именно эти параметры и определяют выбор материала [1].

Значительно повысить свойства ВЧШГ возможно за счет устранения дефектов, присущих литому металлу, путем его обработки давлением.

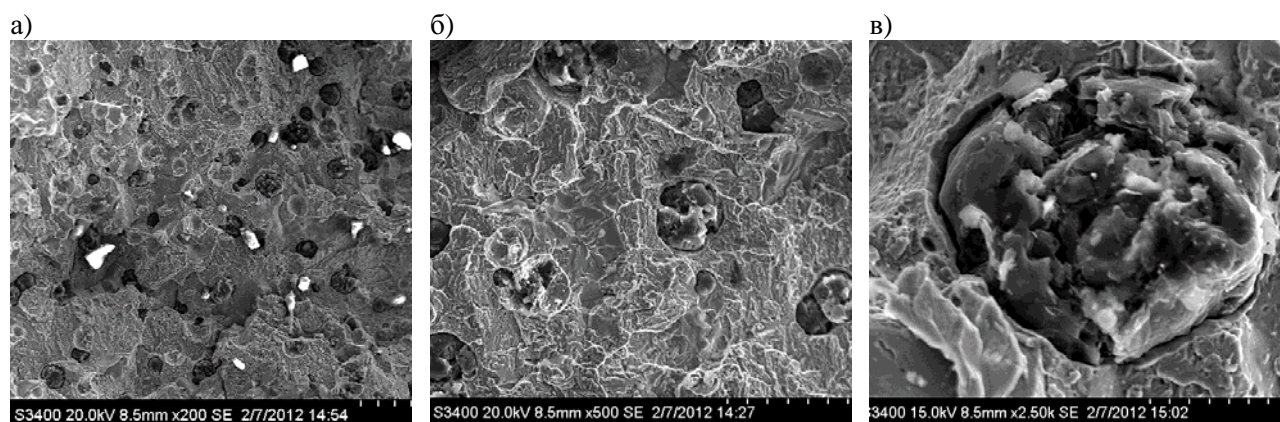


Рис. 1. Шаровидная форма графита, снимки получены на растровом электронном микроскопе HITACHI S3400N:

а – увеличение $\times 200$; б – увеличение $\times 500$; в – увеличение $\times 2500$

Возможность обработки давлением ВЧШГ впервые была исследована теоретически, начиная с 1931 г., а в 1983 г. были проведены экспериментальные исследования деформирования ВЧШГ на молоте, которые дали положительный результат [3].

В результате проведенных экспериментальных исследований был установлен нужный состав чугуна с шаровидным графитом, имеющий максимальные пластические свойства, необходимую температуру нагрева заготовок 600 – 650 °С, а также установлено, что качество получаемой поковки зависит от скорости приложения нагрузки (силы удара). После пластической деформации предел прочности чугуна увеличился на 12 – 40 %, относительное удлинение уменьшилось на 1,5 – 2,0 %. Твердость возросла на HB 55-142 [3].

Примерно через 20 лет вновь активизировались исследования в области обработки давлением ВЧШГ. Внимание уделялось поведению включений шаровидного графита (ШГ) при деформации. Многие свойства чугуна определяются именно формой графита. Известно, что деформация металлической основы (МО) вызывает деформацию включений ШГ – графитные включения становятся дискообразными. Перестройка ШГ весьма существенно влияет на тепло- и электропроводность чугуна. В результате было установлено, что деформирование ВЧШГ способно существенно повысить его теплопроводность и незначительно снизить электропроводность [4].

В процессе исследований изучалось влияние термообработки на деформируемость ВЧШГ. Благодаря ковке, прокатке, прессованию, в чугунах формируют однонаправленную структуру вытянутых графитных частиц (рисунок 2), что обеспечивает изготовленным из них изделиям повышенные прочность и плотность, сопротивление коррозии и износу. При выборе технологии деформирования чугуна, как правило, предусматривают предварительную термообработку (ТО), цель которой – повышение деформируемости. Для этого применяют субкритический отжиг, термоциклическую обработку или медленное охлаждение в интервале температур эвтектоидного превращения [5].

Следует отметить, что, несмотря на большое значение, влияние исходного состояния чугуна на его деформируемость изучено недостаточно. Это затрудняет выбор рациональных параметров технологии получения деформированного чугуна.

Установлено, что пластическая деформация многофазного материала может обеспечить спланированное изменение формы и распределения фаз, а последующая термообработка влияет на состав и микроструктуру. Термическая обработка литого чугуна определяет количество связанного углерода, а в результате – прочность, твёрдость, пластичность и вязкость чугуна. На свойства деформированного чугуна оказывает влияние графит шаровидной формы, который вытягивается вдоль деформации растяжения; в результате свойства в поперечном направлении ниже, чем в продольном, но выше, чем у литого металла.

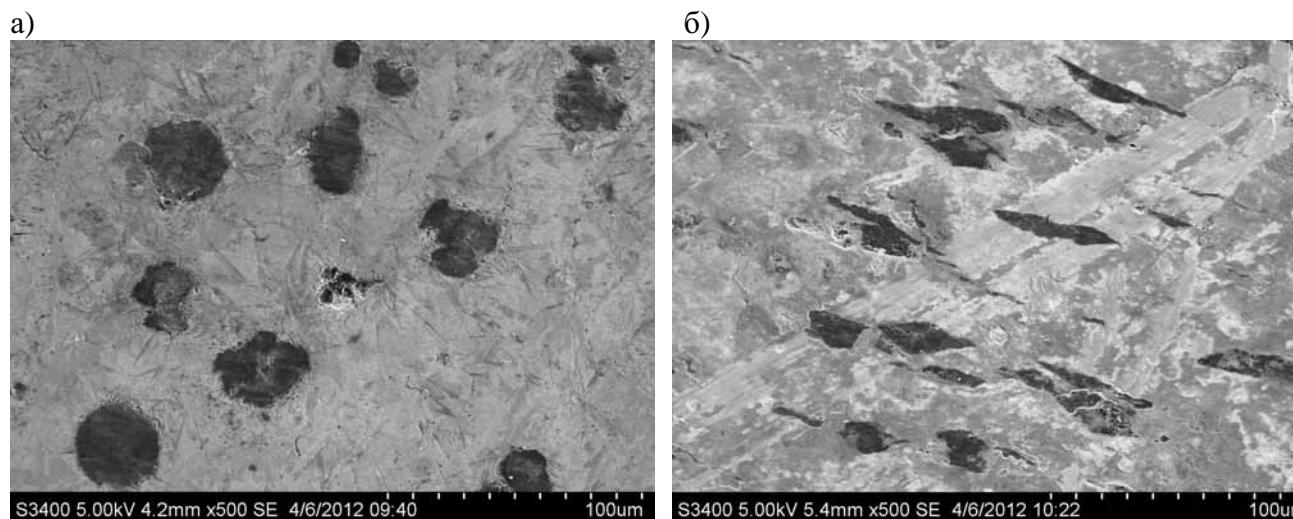


Рис. 2. Изменение формы шаровидного графита при деформации:
а – до деформации; б – после деформации

Эти исследования показали, что чугун с шаровидным графитом и исходной ферритной структурой матрицы обладает хорошей пластичностью и может подвергаться свободной ковке при степени одноразовой деформации до 25 – 30 % при температурах 850 – 1050 °С. Однако при охлаждении деформированного образца на воздухе на поверхности могут образовываться трещины и надрывы. Для предотвращения возможности их появления необходимо замедленное охлаждение после горячей деформации [6].



Несмотря на то, что к настоящему времени накоплен достаточный опыт изготовления изделий методом обработки давлением, вопросы получения таких чугунов еще до конца не изучены и полностью не раскрыты потенциальные возможности этого материала.

Полученные результаты не охватывают целый ряд проблем, которые присущи процессам деформации ВЧШГ. Подробно не изучены влияние степени горячей пластической деформации на структуру и свойства чугуна, не установлены критериальные зависимости между составляющими структуры и свойствами в виде диаграмм, необходимых для практического пользования при назначении режимов деформации высокопрочного чугуна.

Детально не установлены требования, предъявляемые к структуре, химическому составу и поверхности литой заготовки из ВЧШГ, необходимые для дальнейшей обработки давлением. Необходимо разработать методику прогнозирования механических свойств в зависимости от режимов горячей обработки давлением, позволяющую оценить их уровень в связи с изменением структуры чугуна. Необходимо создать деформационные технологические схемы получения изделий различного назначения с повышенными механическими и эксплуатационными свойствами из высокопрочного чугуна, включающие в себя нагрев заготовок, процесс обработки давлением и термообработку изделий. Данные схемы обеспечивают производство изделий различного назначения повышенного качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корниенко, Э. Н. Разработка и применение специальных высокопрочных чугунов / Э. Н. Корниенко // *Металлургия машиностроения*. – 2001. – № 1. – С. 18-26.
2. Александров, Н. Н. Высокопрочный чугун с шаровидным графитом – перспективный конструкционный материал XXI века / Н. Н. Александров // *Материалы в арматуростроении*. – 2008. – № 2. – С. 72-74.
3. Козлов, Л. Н. Деформирование чугуна с шаровидным графитом / Л. Н. Козлов, Н. Г. Власов // *Кузнечно-штамповочное производство*. – 1983. – № 2. – С. 12-13.
4. Худокормов, Д. А. Влияние горячей деформации на тепло- и электропроводность чугуна с шаровидным графитом / Д. А. Худокормов // *Металлургия машиностроения*. – 2002. – № 4. – С. 26-27.
5. Баранов, Д. А. Влияние термообработки на деформируемость высокопрочного чугуна / Д. А. Баранов // *Металлургия машиностроения*. – 2003. – № 4. – С. 32-36.
6. Дубинский, В. Н. Горячая деформация чугуна с шаровидным графитом / В. Н. Дубинский, И. О. Леушин // *Черные металлы*. – 2007. – № 4. – С. 17-19.