

УДК 621.74.046

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЕЙ С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ СТРУКТУРОЙ ЛИТЬЯ НА ПРИМЕРЕ СТЕКЛОФОРМУЮЩЕЙ ОСНАСТКИ

И.О. Леушин¹, Д.Г. Чистяков¹, В.А. Володин²

¹Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
603650, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24

²ОАО «Нормаль»
603002, г. Нижний Новгород, ул. Литвинова, 74

Рассмотрены материалы, применяемые для изготовления деталей стеклоформирующей оснастки. Представлена дифференцированная структура чугуна, позволяющая повысить эксплуатационную стойкость деталей стеклоформ. Описана технологическая цепочка изготовления данных деталей на производстве. Обозначены преимущества применения гетерогенной (по сечению заготовки) и дифференцированной по структурно-свободному цементиту и форме графита структуры для деталей машиностроения.

Ключевые слова: дифференцированная структура, чугун, отливка, стеклоформа.

подавляющее большинство деталей современных агрегатов работает в нестационарных термомеханических условиях, когда определенные части и узлы литых деталей подвергаются более интенсивному износу, чем основная их масса. Это может быть обусловлено как формированием фрикционных механизмов разрушения ответственных поверхностей, так и структурной трансформацией материала изделия за счет термомеханических нагрузок и протекающих в этих условиях превращениях. Все это способствует тому, что наиболее ответственная часть (узел) литой детали разрушается, а основная масса металлоконструкции остается невредимой или имеет незначительные повреждения. Однако обеспечить ремонт таких деталей современными средствами (газовая наплавка, поверхностная лазерная закалка и т. п.) не представляется возможным (ввиду появления микронесплошностей или изменения массы и размеров ответственных узлов), и такие детали отбраковываются в металлолом с дальнейшей их утилизацией (как правило, переплав в металлургических печах).

Решение данной проблемы становится очевидным при рассмотрении тела любой детали как композита со слоистой структурой, несущей в каждом отдельном слое свой комплекс технологических и функциональных свойств используемого материала. Например, детали стеклоформ испытывают высокие циклические тепловые (до 750...850 °С) и ударные механические (до 1,5...2,5 атм) нагрузки со стороны расплавленного стекла и компонуемых узлов на момент изготовления стеклянного изделия. При этом (в 99 % случаев) детали стеклоформ выходят из строя по причине нарушения сплошности материала на глубину не более 10 мм от рабочей поверхности, основная же масса формового комплекта

Игорь Олегович Леушин (д.т.н., проф.), заведующий кафедрой «Металлургические технологии и оборудование».

Дмитрий Геннадьевич Чистяков, аспирант.

Вячеслав Анатольевич Володин (д.т.н.), генеральный директор.

остаётся невредимой и пригодной для дальнейшей эксплуатации. Подобным же образом (циклический нестационарный тепловой режим) эксплуатируются кокили, изложницы, пресс-формы для пластикового литья и т. д., то есть детали конструкций, в которых в «жестких» условиях эксплуатации находятся лишь ее отдельные узлы, блоки или части.

Сказанное выше подтверждает тот факт, что моносплавные (состоящие из сплава одной марки) конструкции таких деталей в современных условиях оказываются технически неудовлетворительными в эксплуатации, экономически невыгодными при бесперебойном (вплоть до капремонта) принципе работы оборудования и имеющими невысокий экологический приоритет (за счет постоянной переработки образующегося металлолома или его утилизации).

Постановка задачи

Особый интерес для исследования представляют детали стеклоформ, изготавливаемые из чугунов с различной морфологией графита и применяемые для массового производства стеклянной тары. Общеизвестно, что самым распространенным материалом для деталей данного типа является серый чугун с пластинчатой формой графита (СЧПГ). Также внедрен ряд технологий, позволяющих получить «двухслойную» структуру литья [1]. А ввиду специальной технологии изготовления литых заготовок (принцип литья расплава чугуна в песчано-глинистую форму с предварительно помещенным в нее металлическим холодильником) и получения дифференцированных структур (типа «белый чугун (БЧ) – графитизированный чугун (ГЧ)», «чугун с шаровидной формой графита (ЧШГ) – чугун с вермикулярной формой графита (ЧВГ)») данный способ получил широкое распространение как у нас, так и за рубежом (рис. 1).



Рис. 1. Технология изготовления литых заготовок стеклоформ

Применение дифференцированной (слоистой) структуры деталей по аналогии с биметаллическими конструкциями (например, «сталь – чугун») при производстве труб центробежным способом позволяет разграничить функциональные возможности ответственных узлов стеклоформирующего оборудования (работающего в термоциклическом режиме с тактом 0,3...2,0 с) и частей деталей, отвечающих за отвод излишков тепловой энергии в окружающую среду цеха.

Ввиду этого важным аспектом технологии изготовления деталей стеклоформ является получение литой заготовки с микроструктурой, которая дает возможность достижения фазового и концентрационного равновесия еще в процессе изготовления, позволяющего эксплуатировать уже готовое изделие в условиях агрессивных сред и высоких температур без протекания трансформационных процессов в структуре чугуна [2].

Исследование литых заготовок деталей

В настоящей работе исследовалось изменение структуры стеклоформы в различных слоях отливки и закономерности формирования отдельных фаз при различных технологиях изготовления заготовок стеклоформ (рис. 2).



Рис. 2. Литые заготовки стеклоформ с прибылями

Разнородность фазовых составов и распределения структурных составляющих в отдельных слоях отливки (рис. 3) связана, во-первых, с присутствием в технологическом процессе производства стеклоформ внешних металлических холодильников, формирующих рабочий отбеленный слой на внутренней поверхности заготовки, во-вторых, с применением сфероидизирующих графитовую фазу модификаторов, и в-третьих, с заключительной термической обработкой заготовок, приводящей матрицу и элементы графитовой фазы чугуна к структуре, пригодной для работы в условиях термоциклического нагружения.

Присутствие первого звена в цикле изготовления стеклоформ оказывает качественное воздействие на первичную (литую) структуру изделия и определяет весь дальнейший комплекс его эксплуатационных свойств. При этом основными мотивами использования металлических холодильников в производстве стеклоформ являются:

- облегчение процесса формовки и изготовления заготовок;
- упрочнение рабочего слоя изделия;
- измельчение графитовой фазы чугуна;
- превращение части структурного графита в прочные сложнокомпонентные карбиды.

Использование второго звена в технологической цепи производства стеклоформ обеспечивает получение графитовой фазы чугуна необходимых размеров, форм и распределения.

Третье звено производственного цикла определяет конечную структуру готовой к эксплуатации стеклоформы. Первоопределяющими причинами применения данного этапа в технологической цепочке производства стеклоформ являются:

- снятие внутренних напряжений, образовавшихся в процессе затвердевания чугуна;
- гомогенизация металлической основы;
- измельчение включений карбидов и снижение их общего количества;
- повышение пластичности металлической основы чугуна.

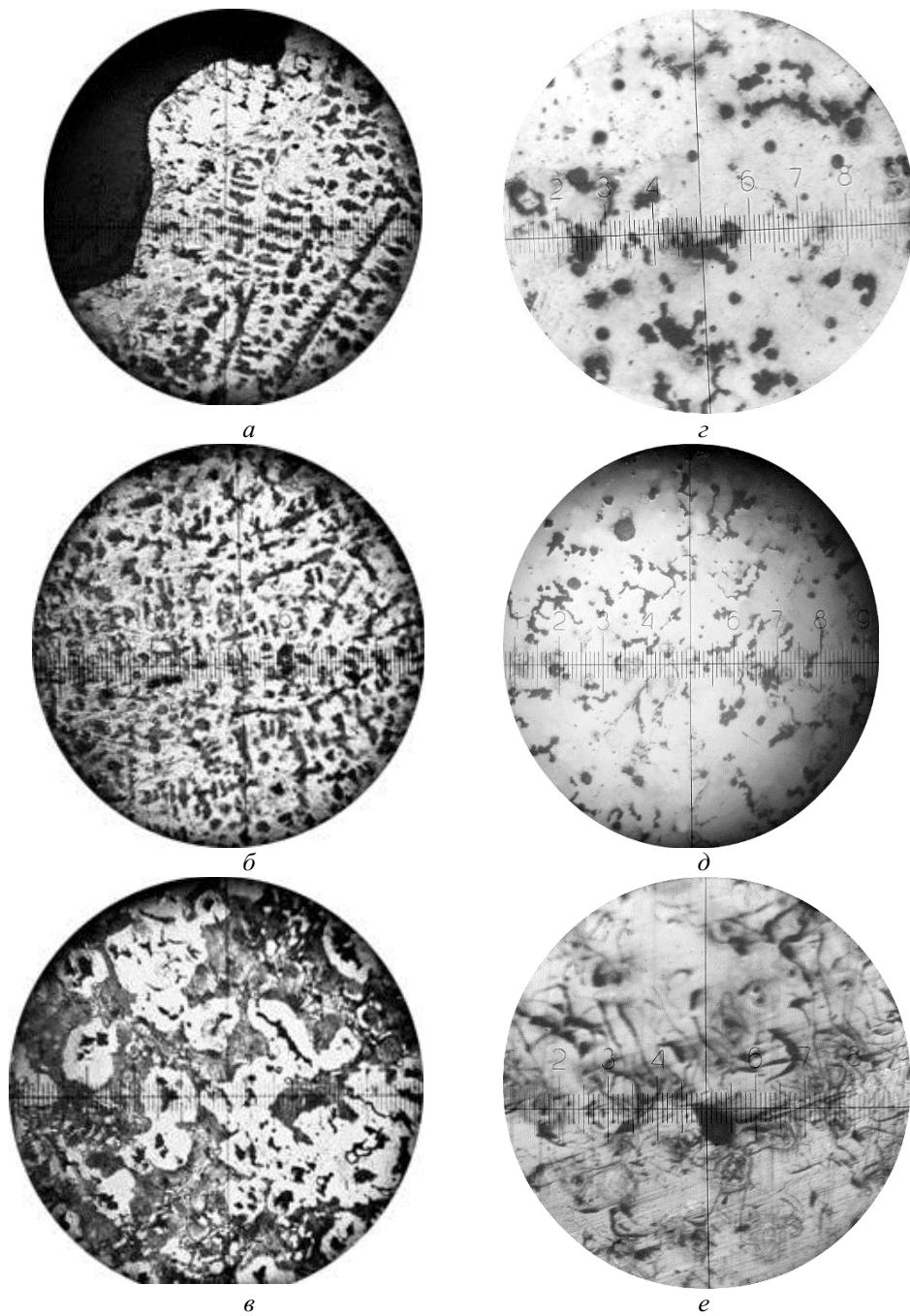


Рис. 3. Микроструктура чугуна в различных слоях одной литой заготовки, $\times 100$: *a*, *б*, *в* – дифференцированная по структурно-свободному цементиту; *z*, *д*, *е* – дифференцированная по форме графита

Варианты применения дифференцированной структуры чугуных деталей

Аналогично деталям стеклоформ подавляющее большинство современных агрегатов работает в нестационарных термомеханических условиях [3].

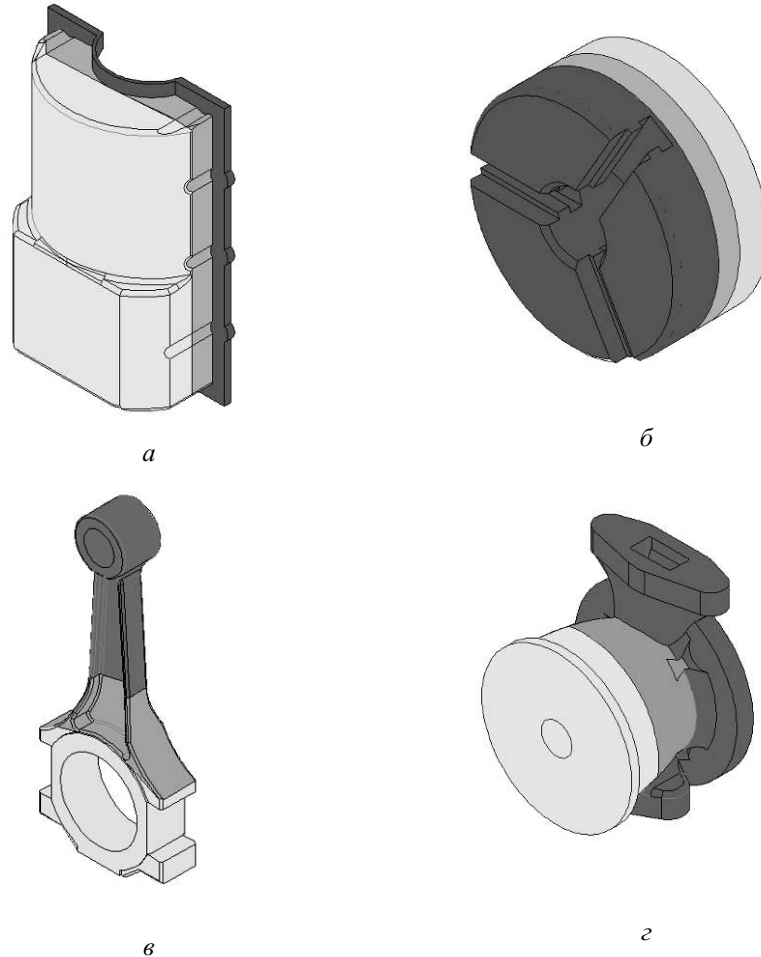


Рис. 4. Детали с дифференцированной структурой литья типа ЧШГ→ЧВГ→СЧПГ¹:

а – толстостенные картеры; *б* – «кулаки» механообрабатывающих станков; *в* – шатуны (тяговые дышла) поршневых двигателей; *г* – гидроузлы паровых агрегатов

В качестве примеров деталей, работающих при высоких скоростях износа рабочих поверхностей и повышенных температурах, выступают рабочие механизмы двигателей внутреннего сгорания (рис. 4, *а*), станочного оборудования (рис. 4, *б*), агрегатов металлургических цехов и т. д. Конструкции данных агрегатов в большинстве случаев моносплавны. Например, шатун поршневых двигателей (рис. 4, *в*) изготавливают из легированных сталей, титановых сплавов, реже – из алюминиевых сплавов со вставками из материалов с большей термостойкостью, чем алюминий. Для меньшего износа шатунных шеек коленчатого вала между ними и шатунами помещают специальные вкладыши, которые имеют ан-

¹ Условно обозначено: темный цвет – зона ЧШГ, серый цвет – зона СЧПГ, переходная зона – зона ЧВГ.

тифрикционные свойства и препятствуют быстрому выходу шатуна из строя. В первую очередь это связано с характером эксплуатации шатуна: определенная моноструктура детали, отличающаяся низкой плотностью и массой (тенденция к снижению которой, с одной стороны, приводит к уменьшению инерционных нагрузок на сопрягаемые детали, с другой – балансирует на грани предела прочности материала) и выступающая в роли передатчика излишков тепловой энергии от поршня к картеру двигателя, а далее в окружающую среду, должна – с одной стороны – обладать высокой вязкостью разрушения, а с другой – высокой теплопроводностью и прочностью. Таким же требованиям должны удовлетворять детали, например, гидроузлов паровых агрегатов, в которых присутствуют рабочая часть (эксплуатирующаяся по принципу «открытия – закрытия» задвижек) и зона высокой отдачи излишков тепла в окружающую среду цеха (рис. 4, з). До настоящего времени основным материалом деталей данного типа является сталь, и замена данного материала на экономно легированный чугун с дифференцированной структурой обеспечит ряд преимуществ как готовому изделию, так и технологии его изготовления. Основными положительными эффектами применения чугуна с дифференцированной структурой литья типа ЧШГ→ЧВГ→СЧПГ по сравнению со стальными отливками будут являться [4]:

- меньшая суммарная масса агрегата – плотность такого материала на 8...12 % меньше, чем у стали, то есть произойдет облегчение конструкции узла;
- высокая жидкотекучесть сплава (в 1,1...1,5 раза выше, чем у стали), то есть литая заготовка будет менее подвержена браку по газовым раковинам и порам;
- более низкая температура заливки сплава, чем у стали, что позволит применять более дешевые формовочные материалы.

Заключение

Дифференцированная структура чугуна с различным соотношением слоев (отличающихся по металлической матрице, цементиту, графиту) в одной литой заготовке детали обеспечивает ее широким комплексом свойств (ростостойчивость, жаро-, термо-, износостойкость) без усложнения технологической цепочки изготовления детали, уменьшая себестоимость производства, повышая конкурентоспособность отечественной металлопродукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александров М.В., Чистяков Д.Г. Повышение эффективности модифицирования чугуна для отливок стеклоформ интенсификацией процесса графитообразования // *Литейщик России*. – 2013. – № 5. – С. 19–21.
2. Леушин И.О., Чистяков Д.Г. Влияние структурообразования и фазового состава чугуновых отливок стеклоформ на эксплуатационные свойства готовых изделий // *Известия вузов. – Черные металлы*. – 2013. – № 5. – С. 19–23.
3. Третьяченко Г.Н., Карпинос Б.С. Прочность и долговечность материалов при циклических тепловых воздействиях. – Киев: Наукова думка, 1990. – 256 с.
4. Чистяков Д.Г. Разработка технологии изготовления чугуновых отливок стеклоформ с повышенным эксплуатационным ресурсом: Автореф. ... дисс. канд. техн. наук. – Н. Новгород, 2014. – 18 с.

Статья поступила в редакцию 3 марта 2015 г.

PROSPECTS OF APPLICATION THE CAST IRON OF DETAILS WITH A DIFFERENTIATED CAST STRUCTURE ON THE EXAMPLE OF THE GLASS-FORMING TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

I.O. Leushin¹, D.G. Chistyakov¹, V.A. Volodin²

¹Nizhny Novgorod state technical University n.a. R. Y. Alexeev
24, Minin st., Nizhny Novgorod, 603650, Russian Federation

²OJSC "Normal"
74, Litvinov st., Nizhny Novgorod, 603002, Russian Federation

The paper describes the materials are used for the manufacture of glass forming equipment. The differentiated structure of cast iron, which allows to increase the wear resistance of the details glass-press-molds is presented. The technological chain of details production is described. The advantages of using the heterogeneous (the cross-section of the workpiece) and differentiated by structural-free cementite and graphite form-structures for details of mechanical engineering are highlighted.

Keywords: *differentiated structure, cast iron, casting, glass-press-mold.*

*Igor O. Leushin (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.
Dmitry G. Chistyakov, Postgraduate Student.
Vyacheslav A. Volodin (Dr. Sci. (Techn.)), General Manager.*