

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТЛИВОК ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

Канд. техн. наук Л.И. Путятина, д-р техн. наук Л.А. Тимофеева

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВИЛИВКІВ З ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ

Канд. техн. наук Л.І. Путятіна, д-р техн. наук Л.А. Тимофеева

PARTICULARS APPLICATION OF DUCTILE IRON CASTINGS

Cand. of techn. sciences L. Putyatina, Doct. of techn. sciences L. Timofeeva

*В статье приведены результаты анализа взаимосвязи структуры и механических свойств отливок из высокопрочного чугуна с шаровидной формой графита, опыта и перспектив их промышленного применения. Показано, что рост объема производства отливок из высокопрочного чугуна обусловлен исключительно благоприятным сочетанием физико-механических, эксплуатационных и технологических свойств этого конструкционного материала, а также экономическими соображениями.*

**Ключевые слова:** высокопрочный чугун с шаровидным графитом, физико-механические свойства, модифицирование, термическая обработка, структура чугуна, номенклатура чугунных отливок.

*У статті наведено результати аналізу взаємозв'язку структури і механічних властивостей виливків з високоміцного чавуну з кулястою формою графіту, досвіду і перспектив їхнього промислового застосування. Показано, що зростання обсягу виробництва виливків з високоміцного чавуну обумовлено виключно сприятливим поєднанням фізико-механічних, експлуатаційних і технологічних властивостей цього конструкційного матеріалу, а також економічними міркуваннями.*

**Ключові слова:** високоміцний чавун з кулястим графітом, фізико-механічні властивості, модифікування, термічна обробка, структура чавуну, номенклатура чавунних виливків.

*The results of analysis of the relationship of structure and mechanical properties of ductile cast iron pots with globular graphite form, experience and perspectives of their industrial application. It is shown that the growth in the production of castings of ductile iron is caused exclusively by a favorable combination of physical, mechanical, operational and technological properties of this material, as well as economic considerations.*

*The main factors regulating the cast structure and level of physical, mechanical and operational characteristics of ductile iron are: the quality of the initial melt modification modes (including composition, quantity, method and sequence of input and additives), chemical composition and rate of solidification of the metal.*

*Heat treatment of ductile iron is more effective than iron with lamellar graphite, since graphite spherical than weakens the metal substrate than the plate. Castings from nodular iron are exposed to various types of heat treatment. The purpose of heat treatment - structurally free cementite decomposition in relatively thin sections of the casting (graphitizing joke) or hardening of pearlite matrix (normalization). Can be used combined heat treatment, the purpose of pursuing the expansion of structurally free cementite with subsequent normalization.*

**Keywords:** ductile cast iron with nodular graphite, physical and mechanical properties, modification, heat treatment, the structure of cast iron, iron casting range.

**Введение.** Высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ), характеризующийся сочетанием высоких технологических,

физико-механических и эксплуатационных характеристик, широко применяется взамен стального литья, поковок, штамповок, ковкого

и серого чугунов, обеспечивая надежность и долговечность изделий в различных режимах эксплуатации. Отличительные особенности ВЧШГ в сравнении со сталью – более высокое отношение предела текучести к пределу прочности при растяжении, равное 0,7-0,8 (против 0,50-0,55 для стали), достаточно высокий модуль упругости, низкая чувствительность к концентраторам напряжений, повышенная (в 1,5-3,5 раза) циклическая вязкость – позволяют считать этот конструкционный материал весьма перспективным. Высокая жидкотекучесть этого сплава открывает возможности расширить номенклатуру изделий из него, снизить сечение и массу отливок, повысив тем самым их жесткость. Широкое использование ВЧШГ в деталях машин, наряду с их надежностью, является мощным резервом снижения расхода материалов, энергозатрат, себестоимости изделий и улучшения показателей их работы [1, 2].

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами.** Промышленное освоение чугунов с шаровидным графитом начато в 1948-1949 гг., когда фирма «International Nickel Company» (INCO) (США) и Британская исследовательская ассоциация чугунного литья опубликовали первые патентные материалы по технологии получения нового сплава (патенты США № 2485760 и № 2488511). В тех же годах (1948-1949) в Киеве и Москве начинает активно развиваться это направление: создаются научные школы по разработке технологий получения ВЧШГ и изучению свойств высокопрочных чугунов. В настоящее время удельный вес отливок из высокопрочного чугуна в общем объеме чугунного литья можно считать весьма объективным показателем уровня развития литейного производства в стране.

**Анализ последних исследований и публикаций.** По теории и практике применения высокопрочного чугуна при изготовлении отливок опубликовано очень большое количество работ, как нашими, так и зарубежными учёными. Равно как и по исследованию механизмов получения высокопрочных чугунов.

Несмотря на обилие трудов на эту тему, до сих пор дискуссионными остаются такие важные вопросы, как оптимальный состав модификатора, условия и технологии

модифицирования, механизм образования графита, режимы термообработки и др.

Влияние структуры на механические свойства изделий из ВЧШГ также широко освещено в технической литературе и используется в практике металлургического производства. Однако в настоящее время еще нет систематизированных данных, позволяющих разработать технологический процесс производства изделий из деформированного чугуна с учетом характера изменения его структуры при различных методах ОМД, что часто приводит к снижению физико-механических свойств, а, следовательно, и ухудшению качества готовых изделий. Во многих случаях выбор схемы деформации определяется наличием оборудования. Например, попытки получения трубной заготовки из чугуна чаще всего осуществляют методом горячего прессования, что приводит к высокой анизотропии свойств и невозможности дальнейшего использования изделий при радиальных нагрузках, эксплуатации их под внутренним давлением [3-6].

**Определение цели и задачи исследования.** Целью данной работы является изучение и анализ взаимосвязи структуры и механических свойств отливок из ВЧШГ, опыта и перспектив их промышленного применения.

**Основная часть исследования.** Наиболее распространённым в мировой практике способом получения высокопрочного чугуна является магниевый процесс, основанный на введении в расплав металлического магния, магниевых лигатур и комплексных модификаторов, содержащих магний.

Основными факторами регулирования литой структуры и уровня физико-механических и эксплуатационных характеристик высокопрочного чугуна являются: качество исходного расплава, режимы модифицирования (включающие состав, количество, способ и очередность ввода присадок), химический состав и скорость затвердевания металла.

Для чугуна с шаровидным графитом характерна заметная пластичность и вязкость, которые обуславливаются шаровидной формой включений графита, получаемой в процессе изготовления отливок. Чугуны с шаровидным графитом имеют широкий диапазон

механических и эксплуатационных свойств. Механические свойства чугуна с шаровидным

графитом регламентируются ГОСТ 7293-85 (см. таблицу).

Таблица

Механические свойства чугуна с шаровидным графитом (ГОСТ 7293-85)

Чугун	Свойства			
	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ ,%	НВ
ВЧ 35	350	220	22	140-170
ВЧ 40	400	250	15	140-202
ВЧ 45	450	310	10	140-225
ВЧ 50	500	320	7	153-245
ВЧ 60	600	370	3	192-277
ВЧ 70	700	420	2	228-302
ВЧ 80	800	480	2	248-351
ВЧ 100	1000	700	2	270-360

В настоящее время все более широкое распространение на заводах находит термическая обработка чугуна. Отливки из высокопрочного чугуна подвергаются различным видам термической обработки: низкотемпературному и графитизирующему отжигу, нормализации, изотермической закалке, поверхностной закалке с нагревом ТВЧ. Одной из особенностей термической обработки чугуна, в отличие от стали и цветных металлов, является необходимость более строгого учета структуры и механических свойств материала в исходном состоянии. При термической обработке чугунные детали необходимо нагревать и охлаждать с такой скоростью, которая гарантировала бы от образования наружных и внутренних трещин и деформаций. В изделиях большого сечения и сложной конфигурации особенно рекомендуется пониженная скорость нагрева и охлаждения. Опасной является повышенная скорость нагрева в температурной области упругого состояния. Для чугуна этот интервал находится при температурах от 20 до 500°С. При более высоких температурах скорость нагрева может быть увеличена [7-9].

Номенклатура отливок из ВЧШГ, освоённая в мировом транспортном машиностроении, включает в себя коленчатые и распределительные валы, блоки цилиндров, кронштейны рессор, картеры заднего моста, дифференциала и делителя, шатуны, тормозные

барабаны, диски сцепления, маховики, выхлопные коллекторы, крышки подшипников, ступицы, зубчатые колеса, поршни, поршневые кольца, корпуса турбин, сервоцилиндры, кулаки заднего моста, поворотные шкворни, водила планетарного механизма конечной передачи, корпуса передней оси, рычаги поворотного кулака и др. Особо высокий технико-экономический эффект обеспечивает производство из бейнитного чугуна с шаровидным графитом коленчатых валов в автомобилестроении. Средние значения предела выносливости коленчатых валов при ступенчатых испытаниях на изгиб в случае бейнитного чугуна вдвое выше по сравнению с высокопрочным перлитным чугуном с шаровидным графитом. При одинаковой конструкции коленчатые валы из бейнитного чугуна имеют на 10 % меньшую массу и на 20 % меньший модуль упругости при одинаковых показателях относительного удлинения и твердости.

**Выводы на основании исследования и перспективы, дальнейшее развитие в данном направлении.** Проведенный анализ показал, что рост объема производства отливок из ВЧШГ обусловлен исключительно благоприятным сочетанием физико-механических, эксплуатационных и технологических свойств этого конструкционного материала, а также экономическими соображениями.

Наиболее актуальными для исследования в настоящее время являются вопросы, касающиеся оптимизации технологических параметров при получении, термообработке и поверхностном упрочнении ВЧШГ,

закономерностей структурообразования при горячей пластической деформации отливок из ВЧШГ, а также повышения эффективности и совершенствования процессов механической обработки чугунных заготовок.

### *Список использованных источников*

1. Бубликов, В.Б. Высокопрочному чугуны – 60 [Текст] / В.Б. Бубликов // Литейное производство. – 2008. – №11. – С. 2-8.
2. Солнцев, Л.А. Получение чугунов повышенной прочности [Текст] / Л.А. Солнцев, А.М. Зайденберг, А.Ф. Малый. – Харьков: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. – 152 с.
3. Корниенко, Э.Н. Перспективы производства отливок из ЧШГ аустенитно-бейнитного класса [Текст] / Э.Н. Корниенко, А.Г. Панов, Д.Ф. Хальфин // Литейщик России. – 2006. – № 2. – С. 22-25.
4. US2485760. Cast ferrous alloy. K.D. MILLIS AT AL.
5. Высококачественные чугуны для отливок [Текст] / В.С. Шумихин, В.П. Кугузов, А.И. Храменков [и др.]; под ред. Н.Н. Александрова. – М.: Машиностроение, 1982. – 222 с.
6. Любченко, А.П. Высокопрочные чугуны [Текст] / А.П. Любченко. – М.: Металлургия, 1982. – 120 с.
7. Литовка, В.И. Повышение качества высокопрочного чугуна в отливках [Текст] / В.И. Литовка. – К.: Наук. думка, 1987. – 208 с.
8. Захарченко, Э.В. Отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом [Текст] / Э.В. Захарченко, Ю.Н. Левченко, В.Г. Горенко, П.А. Вареник. – К.: Наук. думка, 1986. – 248 с.
9. Путятіна, Л.І. Формування поверхневого шару виробів з високоміцного чавуну у процесі комплексної механічної обробки [Текст] / Л.І. Путятіна // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2002. – Вип. 49. – С. 90-93.

---

Путятіна Лариса Іванівна, канд. техн. наук, доцент кафедри матеріалів та технологій виготовлення виробів транспортного призначення Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-49. E-mail: zdelanovklase@mail.ru.

Тимофеева Лариса Андріївна, д-р техн. наук, професор кафедри матеріалів та технологій виготовлення виробів транспортного призначення Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-49.

Putyatina Larisa Ivanovna, c-t of techn. science, docent department of materials and manufacturing techniques for transport purposes Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-49. E-mail: zdelanovklase@mail.ru.

Timofeeva Larisa Andreevna, d-r of techn. science, professor department of materials and manufacturing techniques for transport purposes Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-49.