



*There is shown that high-test cast iron with ball-shape graphite at casting in centrifugal way into coated chill molds has crystallization susceptibility in accordance with metastable diagram of iron-carbon alloys.*

Д. А. ВОЛКОВ, В. Л. РАССУДОВ, А. Д. ВОЛКОВ, А. С. ГЛАМАЗДИН,  
В. В. ТРЕТЬЯК, НП РУП «Институт БелНИИлит»

УДК 621.74

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА И СТРУКТУРА ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК СТОПОРНЫХ КОЛЕЦ ДЛЯ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРА К700

Требования к структуре и свойствам высокопрочного чугуна с шаровидным графитом для уплотнительных и стопорных колец, выработанные мировой практикой, в основном идентичны и связаны с необходимостью получения чугунных заготовок с определенным уровнем показателей твердости, упругости, маслостойкости и др. Отсутствует лишь единство взглядов по технологическим путям достижения указанных характеристик.

Структура и свойства чугуна с шаровидным графитом зависят от содержания химических элементов исходного расплава, наследственных свойств составляющих шихты, итогового содержания химических элементов, внепечной обработки и технологии производства отливок. Поэтому задачей настоящих исследований, предваряющих разработку технологии производства заготовок колец из чугуна с шаровидным графитом, является определение параметров технологии, ориентированной на центробежное производство трубных заготовок и изучение их влияния на структуру и свойства чугуна в изделиях и образцах-свидетелях.

Методика решения поставленной задачи предусматривала следующее. Исходный чугун плавил в индукционной высокочастотной тигельной печи ИСТ-016 с кислой футеровкой. Для обработки чугуна сфероидизирующей добавкой применяли «сэндвич-процесс», используя специальный ковш с соотношением высоты к диаметру 2:1. В камеру, размещенную в днище ковша, загружали модификатор ФСМг-7.0, покрывали его легковесными стальными отходами, после чего в ковш заливали исходный жидкий чугун с температурой около 1500–1550°C.

Разливку чугуна после вторичного модифицирования производили на двухроторной центробежной машине мод. 4986, получая при этом трубные заготовки с наружным диаметром 95–125 мм, толщиной стенки 10–12 мм и длиной

200 мм. По принятой технологии чугун заливали в чугунную форму, нагретую до 180–200°C и покрытую 2,5-миллиметровым слоем песчано-смоляной смеси с 1,0–1,4% пульвербакелита. Для сравнения отливали заготовки тех же размеров в сухие песчаные формы, изготовленные из холоднотвердеющей смеси. Попутно заливали клиновую пробу для определения склонности к отбелу и образцы для определения механических характеристик. Структуру определяли по пробам, вырезанным из стенки трубной заготовки. Ее исследовали в сечении отливки через каждые 1,5 мм от наружного слоя к внутреннему и от торца в глубину отливки. Полученные результаты приведены на рис. 1–5.

В массовом производстве трубных заготовок из ВЧШГ с целью получения в них максимально возможных прочностных и пластических характеристик и уменьшения расхода дорогостоящих сфероидизирующих реагентов в качестве шихтовых материалов применяют достаточно чистые по примесям литейные чугуны. Перед сфероидизирующей обработкой исходный чугун, содержащий 3,5–3,9% С, 1,7–2,3% Si, 0,1–0,4% Mn, должен подвергаться десульфурации. Чтобы исключить эту операцию, в экспериментальных плавках использовали низкосернистые чушковые чугуны украинского и российского производства, электродный бой, ферромарганец и металлический никель. Все заготовки, отлитые из чугуна, выплавляемого на чушковых чугунах при разном соотношении марок, имели низкую твердость (<200НВ). При использовании стального лома в количестве от 5 до 25% твердость заготовки повышалась от 207 до 295НВ и появлялась необходимость в термической обработке. Кроме того, с изменением состава шихты значительно изменялся коэффициент усвоения углерода, вводимого из электродного боя. Установлено, что с увеличением доли стального лома в шихте при

плавке в индукционной высокочастотной печи степень усвоения углерода уменьшалась, хотя теоретически должно быть наоборот.

Одной из особенностей центробежного литья, как отмечается в работе [1], является сегрегация графитных глобул под действием центробежных сил. Металлографические исследования показали, что для неподвергнутых термической обработке трубных центробежнолитых заготовок из высокопрочного чугуна характерна структурная неоднородность. В настоящей работе была предпринята попытка уменьшить или совсем исключить структурную неоднородность отливок с помощью технологических приемов, включающих температуру перегрева и заливки чугуна, временной промежуток между сфероидизирующей обработкой и заливкой дозы расплава, начальную температуру разогрева оснастки центробежной машины. На рис. 1 показано чередование структур графита по толщине заготовки в направлении от наружной поверхности к внутренней, полученных в результате подбора оптимальных значений упомянутых параметров. Как следует из рисунка, влияние поверхности кокиля центробежной машины, нагретой до 180–200 °С и покрытой слоем теплоизоляционного материала толщиной 2,5 мм, фактически не ощущается на структуре графита заготовок при содержании в чугуне 3,6% углерода и 2,82% кремния. На рис. 3 показано, например, что площадь, занятая графитом, колеблется от 12–14% по всему сечению отливки. Некоторое увеличение ее на полях 1–2 и 1–4 можно рассматривать как погрешности эксперимента. Такое равномерное распределение графитных включений стало возможным благодаря соблюдению следующих технологических параметров:

температура перегрева исходного чугуна, °С	1500–1550
температура заливки, °С	1400–1420
время от окончания сфероидизирующего модифицирования до заливки, мин	1–2
весовая скорость заливки, кг/с	5–6
начальная температура кокиля, °С	180–200
толщина теплоизолирующего слоя, мм	2,0–2,5

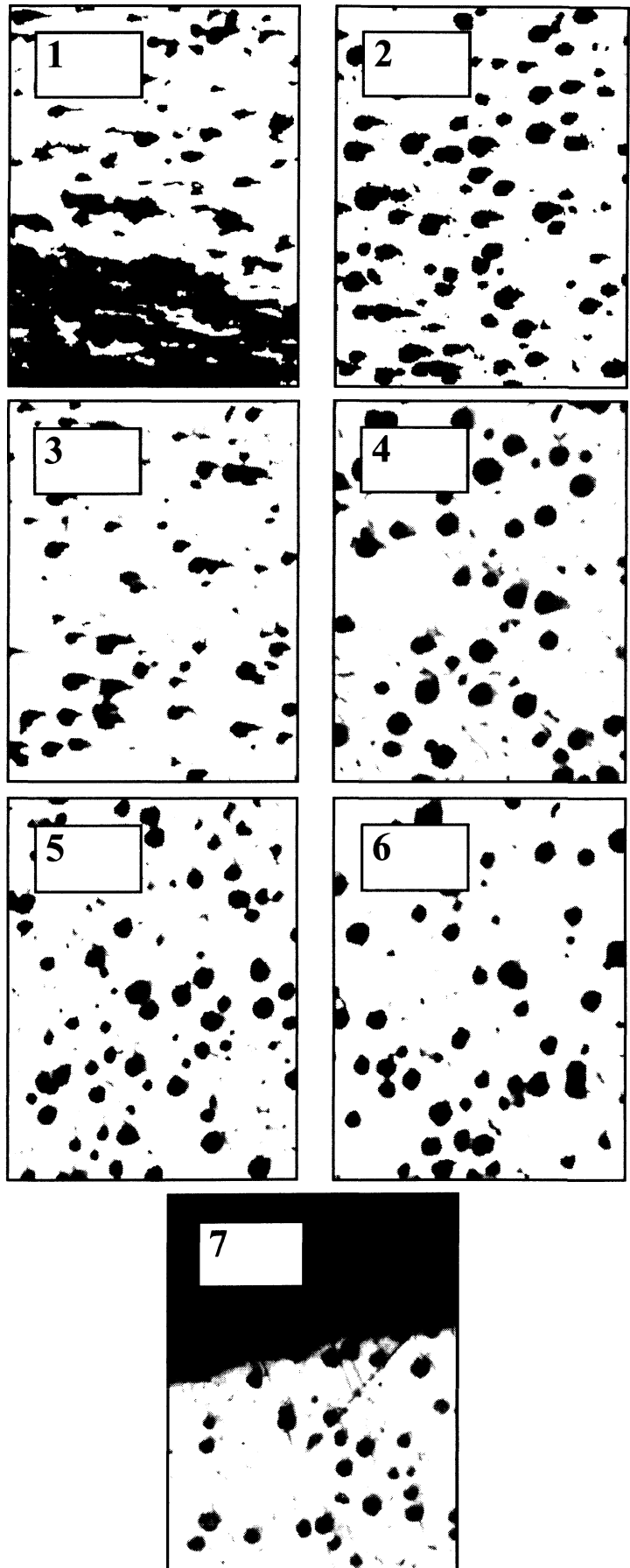


Рис. 1. Влияние наружной поверхности на структуру графита в заготовке стопорного кольца.  $\times 100$

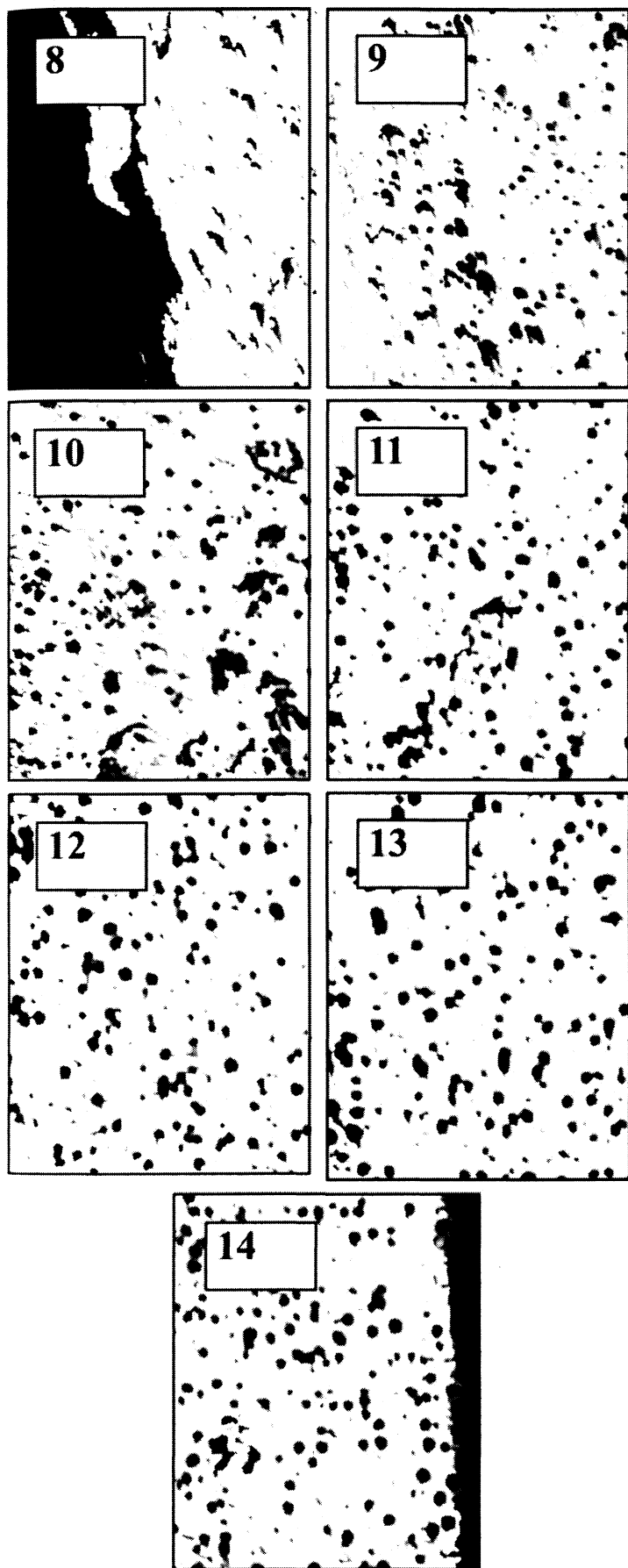


Рис. 2. Влияние торца отливки на структуру графита в заготовке стопорного кольца.  $\times 100$

Вторичное модифицирование в разливочном ковше, производимое перед самой разливкой (рис. 5), малоэффективно, поэтому в дальнейшем предполагается осуществлять его на желобе центробежной машины или вдувом порции измельченного модификатора в полость формы. Из рис. 5 видно, что микроструктура внешней поверхности трубной заготовки, прилегающей к облицованной поверхности кокиля, при содержании в чугунах 3,22% С и 2,62% Si состоит из мелких игл цементита и дендритов аустенита. В зоне центра сечения отливки среди ледибурита обнаруживаются дендриты аустенита. В слоях, прилегающих к внутренней поверхности трубной заготовки, количество дендритов аустенита несколько уменьшается. Максимальное количество цементита концентрируется в центральных слоях трубной заготовки, уменьшаясь до 3% во внутренних слоях. Перед разрезкой таких заготовок на кольца они подвергались краткосрочному отжигу ввиду высокой твердости. С повышением содержания С до 3,6% и Si до 2,8% количество цементита в структуре снижается, твердость уменьшается до 197 НВ и отливки подвергаются разрезке без предварительного отжига.

Подбор оптимальных параметров технологии центробежного литья трубных заготовок позволил снять влияние кокиля на распределение графита по сечению заготовки. Однако они не смогли нейтрализовать влияние заднего торца кокиля на структуру заготовки в торцевой части. Задний торец кокиля покрывается слоем теплоизолирующей краски толщиной 0,6–0,8 мм. Видимому, этой теплоизоляции недостаточно и, как видно из рис. 2, в зоне 2–8, прилегающей непосредственно к торцу кокиля, подавляется даже сфероидизирующее действие магниевого модификатора. Затем в слоях, расположенных вглубь стенки отливки, шаровидная форма графита восстанавливается, однако в сечении 2–10 наблюдается скачкообразное увеличение количества включений графита. Этот скачок можно наблюдать на рис. 4, показывающем влияние расстояния от торца заготовки на площадь, занятую графитом в заготовке из высокопрочного чугуна, содержащего 3,22% С и 2,62% Si. Чтобы исключить подобное явление, задний торец кокиля подвергали дополнительной теплоизоляции с помощью асбестовых вставок различной толщины. Однако это мероприятие оказалось настолько дорогостоящим, что было принято решение отрезать торцо-

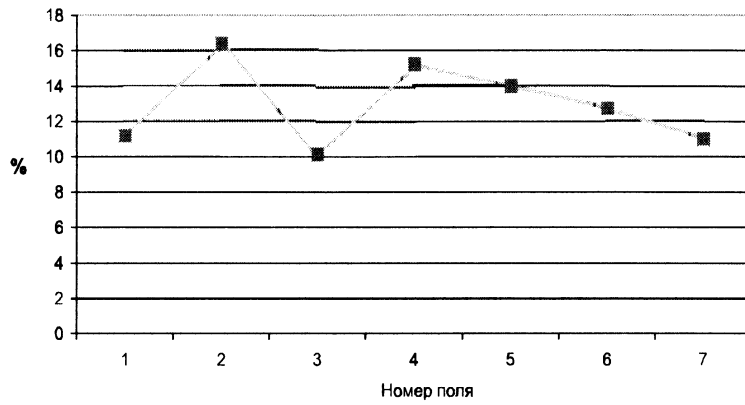


Рис. 3. Влияние наружной поверхности отливки на площадь, занятую графитом

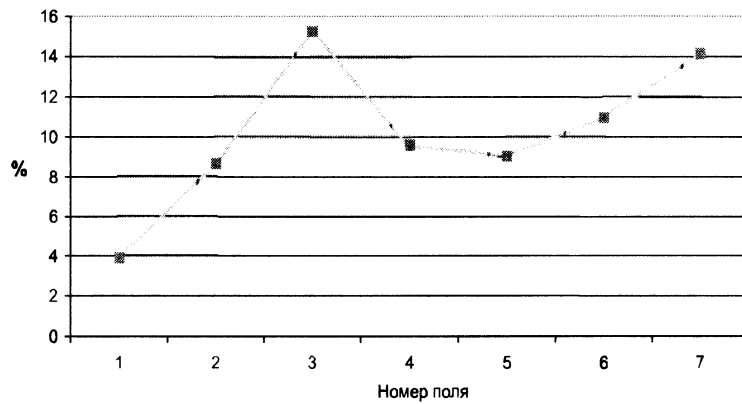
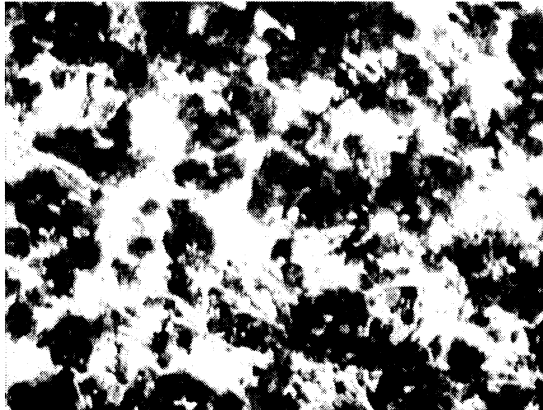
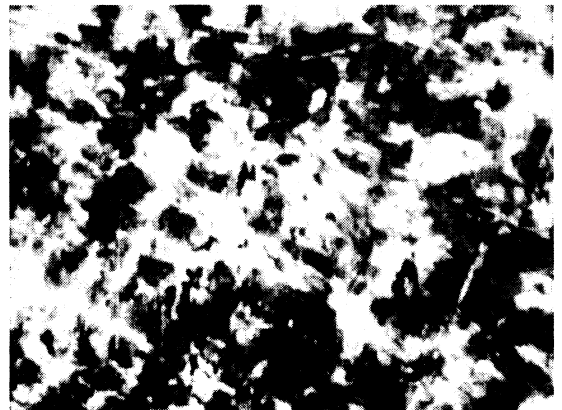


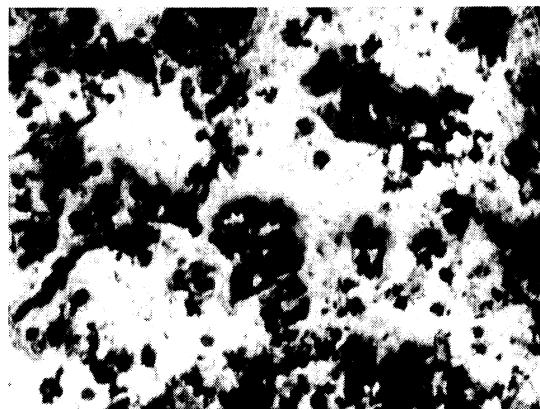
Рис. 4. Влияние торца отливки на площадь, занятую графитом



*a*



*б*



*в*

Рис. 5. Структура металлической матрицы заготовки стопорного кольца: *a* – наружная поверхность; *б* – центр; *в* – внутренняя поверхность.  $\times 100$

вую часть отливки на длину, включающую зону 2–11, чтобы исключить попадание таких колец.

Партии стопорных колец, изготовленные из трубных заготовок, полученных по разработанной технологии центробежного литья, были испытаны центральной заводской лабораторией Санкт-Петербургского завода им. Кирова и получили положительное заключение.

Таким образом, высокопрочный чугун с шаровидным графитом при литье центробежным способом в облицованные кокили имеет склонность к кристаллизации в соответствии с метастабильной диаграммой железоуглеродистых сплавов. Эту склонность несколько уменьшают вторичное

(графитизирующее) модифицирование и высокая начальная температура кокиля. Поэтому для получения годных с точки зрения структуры трубных заготовок стопорных колец необходим ряд дополнительных технологических мероприятий, включающих по возможности низкую температуру заливки, минимальный промежуток времени между вторичным модифицированием и заливкой и максимально возможную весовую скорость заливки.

#### Литература

1. Жуков А.А., Снежной Р.Л., Зволинская В.В. Производство отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. М.: НИИМАШ, 1980. С. 50–51.



**2-й Международный форум NEWCAST состоится 21–22 апреля 2005 г. в г. Инсбруке (Австрия) совместно с Международной торговой ассоциацией Германии, Австрии и Швейцарии при поддержке Messe Dusseldorf.**

Данный форум ориентируется на менеджеров-дизайнеров, проектировщиков, работающих в автомобильной и машиностроительной областях. Более подробную информацию можно получить по адресу: 40237 usseldorf, Contact: Ms. Ingeborg Klein, e-mail: [ingeborg.klein@vdg.de](mailto:ingeborg.klein@vdg.de) or telephone: 0211-6871-348 as well as the NEWCAST homepage at [www.newcast.de](http://www.newcast.de).

**4-я Международная технологическая выставка для Азии “Технология изготовления кокиля и пресс-формы” состоится с 7 по 10 сентября 2005 г. в г. Гуангжу (Китай).**

Организатор выставки: Business & Industrial Trade Fairs Ltd. Ожидается участие 250 компаний и поставщиков пресс-форм и более 8000 посетителей из 40 стран мира и регионов Китая.

Contact our office in Hong Kong Direct Tel: ++852-28623449 Fax: ++852-28661770  
E-mail: [Ling@bitf.com.hk](mailto:Ling@bitf.com.hk) Exhibition website: [www.mould-die.com](http://www.mould-die.com)

**12-й Международный конгресс по металлургии и материалам, а также сопутствующая ярмарка состоятся с 28 сентября по 2 октября 2005 г. в г. Стамбуле (Турция).**

Ожидается участие более 250 фирм и 40000 посетителей из Европы, Ближнего Востока, СНГ и США.

ISTANBUL TRADE FAIRS CNR EXPO Yesikoy 34149 Istanbul/Turkey  
Tel: +90 (212) 663 08 81 Fax: +90 (212) 663 09 73-74  
[www.itf-metallurji.com](http://www.itf-metallurji.com) [info@metallurji.com](mailto:info@metallurji.com)