

**Литейное  
материаловедение,  
специальные способы  
литья**

*Efficiency of use of plugs from grey and high-strength cast irons, received by a «Freezing-up» technology of continuous-iterative casting, as sliding friction bearings in the various hard loaded knots is shown.*

А. М. БОДЯКО, С. В. ГАЛАГАЕВ, А. А. БОДЯКО, А. А. СУПОНЕВ, УЧНПП «ТЕХНОЛИТ»

УДК 621.74

**НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА НАМОРАЖИВАНИЯ  
ПРИ ЛИТЬЕ ЧУГУНОВ**

В 2006 г. УЧНПП «Технолит» впервые в литейной практике освоил на промышленном уровне принципиально новую технологию непрерывно-циклического литья намораживанием (НЦЛН) полых цилиндрических заготовок из чугуна различного класса и марок (рис. 1, 2) [1]. Отливки используются для изготовления широкой гаммы поршневых и уплотнительных колец для ДВС, компрессоров и турбокомпрессоров, КПП и ГМП, а также для гильз цилиндров, втулок и других деталей типа тел вращения для различных машин, механизмов и агрегатов. Специалисты «Технолита» постоянно работают над совершенствованием этой уникальной и высокопроизводительной технологии литья и расширением границ ее использования. Устоявшиеся воззрения о свойствах отливок из чугуна, полученных традиционным способом в земляные формы либо центробежным литьем, не позволяли и, к сожалению, не позволяют в должной мере применять их в качестве полноценного конструкционного материала. Знания в области материаловедения и главной его составляющей металлловедении, накопленные за годы работы в науке, большой практический опыт работы с де-

талями, получаемыми из НЦЛН отливок и базирующаяся на этом смелость в принятии инженерных решений, позволили существенно расширить диапазон возможностей метода литья намораживанием, а это, в свою очередь, позволяет все больше развеивать негативное мнение о чугунах и повышать привлекательность к ним со стороны действующих производств. Так, в последнее время конструкторы РУП «МТЗ», ОАО «МАЗ», БелАЗ, МЗКТ, ОАО «БелКард», РУПП «Борисовский завод «Автогидроусилитель», «Бобруйксельмаш», Петербургского и Харьковского тракторных заводов, ряда других промышленных предприятий Беларуси и за ее пределами, а также специалисты железной дороги все чаще применяют комплектующие из наших специальных чугунов при разработке новых и совершенствовании действующих конструкций, в том числе и в тех узлах, где ранее применялись только стали или антифрикционные бронзы.

Текущий кризисный год отмечен освоением производства широкой гаммы втулок, применяемых в качестве подшипников скольжения в раз-



Рис. 1. Литейный цех УЧНПП «Технолит»

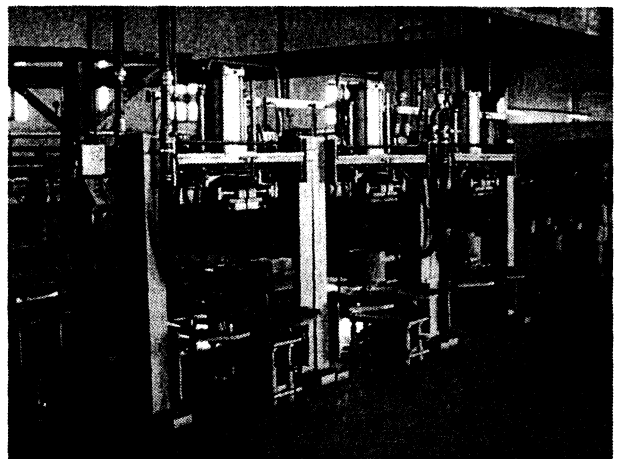


Рис. 2. Линия однопозиционных машин литья намораживанием

Т а б л и ц а

Применяемость	Наименование	Диаметр наружный, мм	Толщина стенки, мм	Высота, мм	Масса, кг
К-700	Втулка полурамы 744Р1-28.11.044	367	16	122	11,2
	Втулка полурамы 700А.28.02.079	305	10	120	5,8
ЦОМ БелАЗ	Направляющая верхняя 75212-8603371-11	350	12,5	55	4,1
	Направляющая верхняя 75212-8603370-11	300	12,5	55	3,5
	Направляющая (два полукольца) 75212-8603403-11	337	11	55	4,2
	Направляющая (два полукольца) 75212-8603401-11	287	11	55	3,4

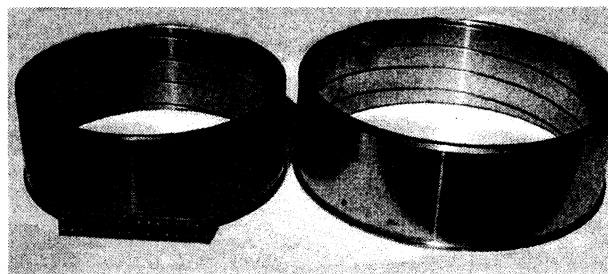


Рис. 3. Втулки полурамы трактора К-700

личных тяжело нагруженных узлах, в том числе достаточно крупногабаритных, таких, как втулки шарниров складывающейся рамы трактора К-700, направляющие втулки и полукольца цилиндров опрокидывающего механизма (ЦОМ) карьерных самосвалов БелАЗ. Геометрические параметры некоторых деталей приведены в таблице.

Втулки полурамы трактора К-700 (рис. 3) имеют конструкцию с тонким буртом и традиционно изготавливаются из сталей 45, 40Х с последующим упрочняющим воздействием – хромированием либо цементацией внутренней рабочей поверхности, закалкой. Втулки, полученные методом НЦЛН из ЧШГ следующего химического состава: С – 2,9–3,6%; Si – 2,4–3,2; Mn – до 0,6; Cr – до 0,1; Cu – 0,2–0,5; P – до 0,1; S – до 0,03%, обеспечивают заданные прочностные и износостойкие свойства в литом состоянии. При этом металлическая основа чугуна состоит из тонкопластинчатого перлита с включениями феррита, расположенного

в основном в виде оторочек вокруг глобулей графита (рис. 4). Твердость – 104–108 HRB.

Для получения в отливке шаровидного графита требуемой формы использовали модификатор ELMAG 5800 фирмы «Elkem» (Норвегия), вводимый в ковш методом сэндвич-процесса. Отжиг отливок проводили без дополнительного нагрева (за счет теплоты кристаллизации) в индивидуальных теплоизолированных камерах, футерованных газо-силикатными блоками, которые традиционно используются в строительстве, но оказались при этом неплохим, хорошо обрабатываемым и достаточно дешевым огнеупорным материалом. Перлитизацию матрицы проводили путем охлаждения отливок на воздухе в период эвтектоидных превращений.

Для контроля температуры расплава и отливок применяли бесконтактный пирометр инфракрасного излучения Cусlops 100 фирмы «Land» (Великобритания), для контроля химического состава, включая экспресс-анализ, – спектрометр Foundry-Master (Германия).

Значительные изменения произошли в обслуживании и эксплуатации индукционных печей ИСТ-0,4. Футеровка осуществляется огнеупорной смесью Dorig фирмы «Elkem». Спекание проводится в автоматическом режиме с поддержанием заданной во времени температуры, для этого нашими специалистами разработано и изготовлено специальное контрольно-управляющее устройство.

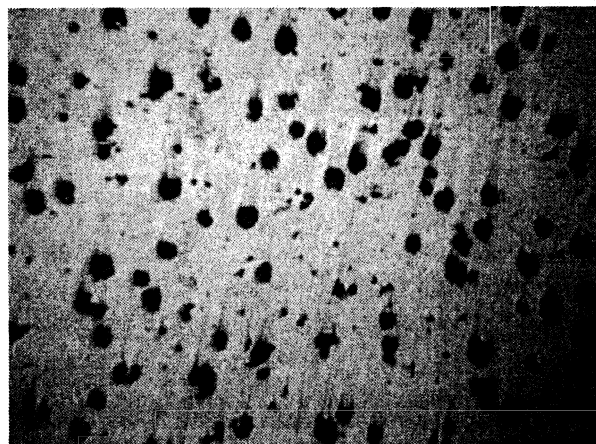
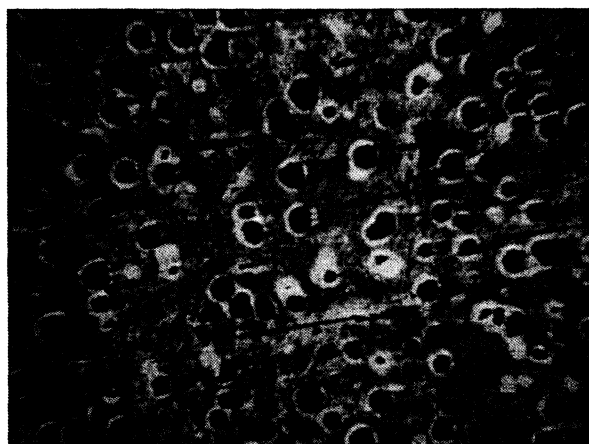


Рис. 4. Микроструктура втулок из ВЧШГ, полученных литьем намораживанием.  $\times 100$

В результате, несмотря на выпуск расплава небольшими порциями с выдержкой и подогревом остающегося в печи металла и полное остывание печей в перерывах между плавками, смогли обеспечить стойкость футеровки до перебивки на уровне 250 плавов.

Опрокидывающий механизм самосвалов МАЗ, БелАЗ и других состоит из телескопических ступенчатых цилиндров, обеспечивающих быстрый подъем платформы, опускание под собственной массой, а также остановку в любом положении. При этом детали цилиндров испытывают высокие контактные давления и динамические нагрузки. Поэтому для изготовления направляющих и уплотняющих элементов телескопических гидроцилиндров конструкторы вынуждены были применять высокопрочный чугун типа ВЧ45 и даже ковкий чугун, а для подобных деталей БелАЗ диаметром свыше 200 мм – стальные заготовки, в которые закатывалась бронзовая полоса.

Инженерно-техническим персоналом УЧНПП «Технолит» совместно с конструкторами ОАО «МАЗ» и БелАЗ было найдено техническое решение изготовления как небольших тонкостенных деталей для ЦОМ МАЗ, так и крупногабаритных элементов ЦОМ БелАЗ из специального чугуна

с пластинчато-вермикулярным графитом (ЧПВГ) взамен ВЧ, КЧ и сталелитейного подшипника (рис. 5).

Отливки, полученные методом НЦЛН для деталей такого типа характеризуются следующими параметрами (рис. 6). Химический состав чугуна: С – 2,8–3,4%; Si – 1,6–2,2; Mn – 0,6–1,2; Cu – 0,2–0,5; Ni – 0,15–0,45, Cr – до 0,15; P – до 0,2; S – до 0,04%; твердость 100–104 HRB; модуль упругости 130–150 ГПа.

Для получения графита такой формы использовали модификатор Varinos inoculant фирмы «Elkem». Отжиг и охлаждение отливок проводили по описанной выше технологии.

При испытаниях гидроцилиндров, проведенных службой главного конструктора МАЗ, установлено, что после 30 тыс. циклов износ на направляющих втулках, кольцах и полукольцах отсутствовал, задиров на сопрягаемых деталях нет. Чугунные комплектующие признаны годными для серийного производства.

Только для БелАЗ в 2009 г. освоено 12 наименований деталей, для МАЗ – 23 и для Петербургского тракторного завода – 64. И все они – взамен сталей, бронз и чугунов более высоких марок. Хорошие результаты получены при уста-

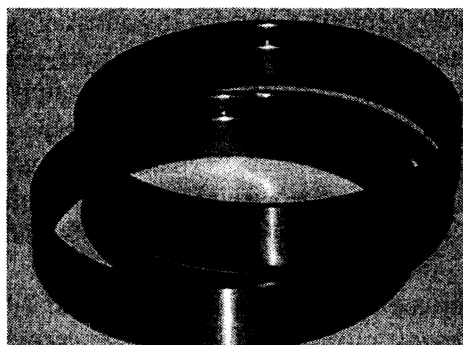
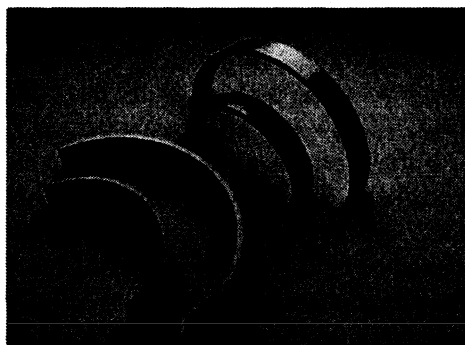


Рис. 5. Полукольца и направляющие ЦОМ самосвалов МАЗ и БелАЗ

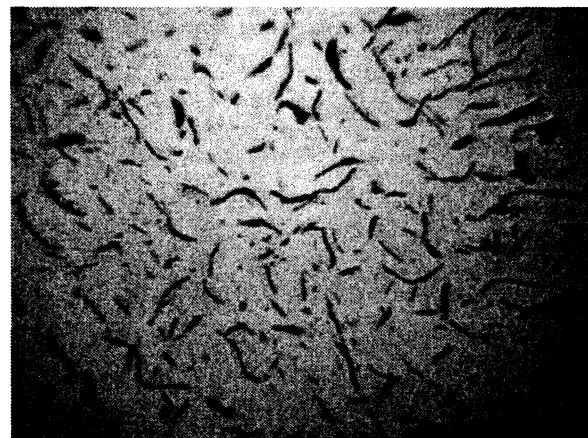
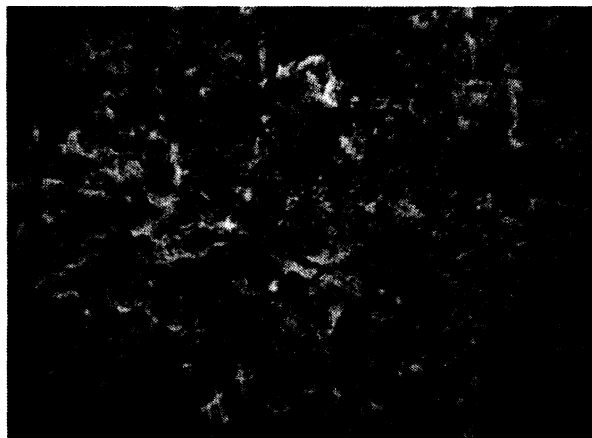


Рис. 6. Микроструктура направляющих ЦОМ, изготовленных методом НЦЛН из чугуна с пластинчато-вермикулярным графитом.  $\times 100$

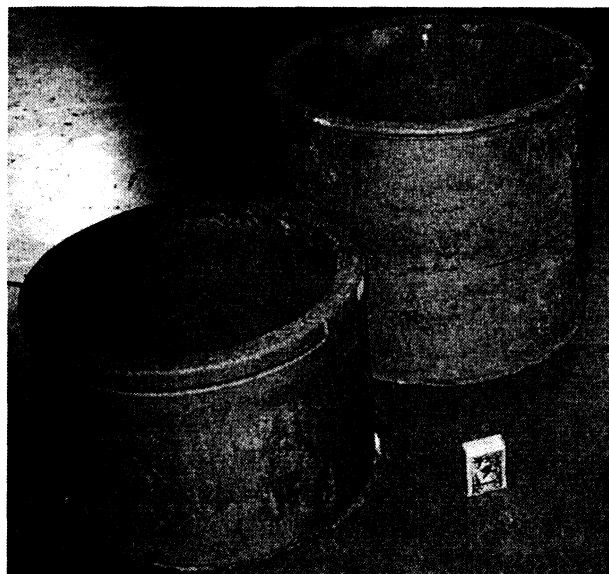


Рис. 7. Отливки, полученные методом НЦЛН, для втулок полурамы трактора К-700 и ЦОМ самосвала БелАЗ

новке втулок из ВЧШГ взамен сталей на оси балансира техники производства «Бобруйсксельмаш». Проходят промышленные испытания аналогичные втулки на балансирах самосвалов МАЗ и КАМАЗ, изготавливаемые соответственно из бронзы и полимерных материалов. Но, пожалуй, самым ярким моментом стала замена стали 110Г13Л на специальный высокопрочный чугун в люлечном подвешивании и рессорных опорах электровоза ВЛ80с.

При разработке технологии получения отливок для втулок полурамы К-700 и деталей ЦОМ (рис. 7) столкнулись с рядом особенностей литья больших диаметров, главной из которых является продолжительное время формирования отливки –

от 1 мин для СЧ до 1,45 мин для ВЧ. Это потребовало применения новых подходов в проектировании литейной технологической оснастки. Например, втулка кристаллизатора для получения крупногабаритного литья имеет принципиально новый подвод охлаждающей жидкости, более эффективный для условий продолжительного формирования отливок таких размеров и массы. Установили также, что известные ранее расчеты, применяемые для проектирования литниково-питающих систем, справедливы только для отливок с наружным диаметром до 250 мм. При увеличении диаметра отливки свыше этого предела увеличение элементов литниковой системы (диаметра заливочной чаши и ее глубины) не дает желаемого результата и становится нецелесообразным.

Таким образом, для обеспечения производства качественными отливками больших диаметров сконструированы и изготовлены кристаллизаторы и вся необходимая технологическая литейная оснастка, определены технологические параметры литья и режимы термообработки, оптимальное количество лигатуры и модификаторов.

В результате смогли успешно заменить дорогостоящие комплектующие на более доступные аналоги из специальных ЧПВГ и ЧШГ, обладающих при этом намного большим ресурсом работы в условиях трения скольжения. К тому же стоимость таких деталей, как правило, в 1,5–2,0 раза и более ниже. Учитывая, что все современные машины и механизмы, в особенности сельскохозяйственные и строительные, имеют множество шарнирных соединений в виде подшипников трения скольжения, применение таких чугунов в масштабах страны дало бы колоссальный экономический эффект.

### Литература

1. Бодяко А. М., Галагаев С. В. УЧНПП «Технолит» – от науки к производству // Литье и металлургия. 2007. № 1. С. 173–182.